



Desarrollo de competencias docentes en maestros en formación en el Área de Tecnología e Informática: Diseño de un instrumento científico como estrategia didáctica posibilitadora

Jimmy William Ramírez Cano

Universidad Pedagógica Nacional
Doctorado Interinstitucional en Educación
Bogotá, Colombia
2019

Desarrollo de competencias docentes en maestros en formación en el Área de Tecnología e Informática: Diseño de un instrumento científico como estrategia didáctica posibilitadora

Jimmy William Ramírez Cano

Tesis doctoral presentada como requisito para optar al título de:

Doctor en Educación

Director:

William Manuel Mora Penagos, PhD.

Línea de Investigación:

Educación en Ciencias

Grupo de Investigación:

Alternancias

Universidad Pedagógica Nacional
Doctorado Interinstitucional en Educación
Bogotá, Colombia

2019

A Yah,
Herlinda,
Guillermo,
Mary,
Davo y
Emilio.

Agradecimientos

Al culminar este arduo trabajo, es imprescindible reconocer que no habría sido posible el alcanzar las metas propuestas sin la participación de importantes personas e instituciones que favorecieron las cosas para que esta investigación llegara a feliz término. Por ello, emplearé este espacio para ser justo y consecuente con ellas al expresarles mis sinceros agradecimientos.

Inicialmente, quiero mencionar que me encuentro inmensamente agradecido con el Dr. William Manuel Mora Penagos. Reconozco que este trabajo no habría sido plausible llevarlo a cabo sin su aceptación para realizar esta tesis bajo su tutoría. Durante este tiempo, su constante apoyo, rigurosidad, orientación, colaboración, generosidad, asistencia, continuas recomendaciones y valiosos aportes propiciaron el que encontráramos una salida conjunta a las dificultades que se nos presentaron en el avance de la pesquisa. Ante todo, deseo gratificar la confianza depositada en mi labor. Sin ella no habría sido viable comprometerme con tan intrincada tarea.

En este orden de ideas, deseo agradecer a la Universidad Pedagógica Nacional por su apoyo. Además, por concederme una comisión de estudios para adelantar esta tesis. Sin ella no habría sido factible el alcanzar las metas fijadas. También deseo reconocer la contribución que tuvo la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, especialmente, al Dr. Álvaro García por el tiempo empleado en analizar mi trabajo y las sugerencias que me compartió para mejorar lo realizado. De igual forma, es mi deseo gratificar a la Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) por permitirme realizar la pasantía doctoral en sus instalaciones. Esto no habría sido posible sin la constante asistencia de las Doctoras Ângela Zanon y Shirley Takeco Gobara quienes emplearon tiempo valioso en conocer mi estudio y apoyaron mi pesquisa con sus recomendaciones. Adicionalmente, me encuentro agradecido con las maestras Vera de Mattos y Celina Piazza, además, con el maestro Dario Pires y, mi querida amiga, Alessandra Maciel Gonçalves por su ininterrumpida colaboración. Asimismo, es mi deseo distinguir la continua ayuda que me brindaron mis compañeros Silvia, Kelisson, Jackeline, Luis, Marcos, Melissa, Suelen y Milton. De la misma manera, quiero retribuir a Renan Davalos Vilalba, Alejandro Lasso, Daniel Manrique, Aline Fernandes y Leticia Brambilla por su amistad, compañía, respaldo y permitirme aprender portugués a su lado.

Sea propicio este momento para referirme a mi amigo y hermano Ivancho Martínez. Quiero agradecerle su apoyo y compañía incondicional. Sin sus valiosos aportes no habría sido viable la construcción del prototipo y, claro está, el alcance de las metas de esta investigación. De igual forma, quiero agradecer a mis grandes amigos Hugo Marín, Vladimir Barrero, Carlos Vivas, Luis Jorge

Herrera, Diego Rivera, Leonardo Martínez, Harold Córdoba, Carito Rodriguez, Magnolia Sana-bria, Ingrith Álvarez, Alberto Donado, Giovanni Gutierrez, Jorge Páez, Edward Jacinto, Alejandra Ramos, Vanessa Garrido, Katherine Vargas, Erika Tole, Albita, Ángela Vargas, Otto Gómez, Pedro Guillem, Lisbeth Medina, Margarita Coca, Luz Marina Mora, Liliana Ortiz, Luis López, Diana Marroquín y Luz Ángela López por sus valiosas sugerencias y amparo permanente.

De igual forma, deseo agradecerle a Andrea Bautista, mi querido Juliancho Fajardo, Santiago Fajardo, David Nuñez, Stefanny Gómez, Steiner Valencia, Isabel Garzón, Sthefany Pachón, Francisco Malagón, Juan Carlos Bustos, Nilson Valencia, Edgar Mendoza, Guillermo Gómez, Mauricio Bautista, Ximena Ibañez, Lida Mora y Claudia Salomón por sus constantes palabras de motivación y colaboración en pro de alcanzar las metas propuestas y no desistir en el camino.

Es mi pretención reconocer la gran ayuda brindada por los estudiantes del grupo de Comunicaciones II de la UPN. Extiendo mi gratificación a Leonardo, Sergio, Juan Ángel, Nelson, Ferney, Brandon, Tatiana, Oscar, David, Omar, y, como cariñosamente llamamos, al “gato” y “soldado”. Sin su generosidad y desinteresada colaboración no habría conseguido culminar los objetivos propuestos.

No podría abandonar este espacio sin agradecer a mi motivación y apoyo constante y a quienes debo y dedico este triunfo, la voluntad de mi Dios, a mi esposa Mary y mi hijo Davo. Igualmente, a mi madre Herlinda, mi padre José Guillermo y mi hermano de corazón, Emilio, que aunque no se encuentre presente, su energía me acompaña en todo momento.

Finalmente, agradezco a quien lee este espacio y demás apartes de mi tesis, por permitir que mi experiencia, investigación y conocimiento incurra en su intención de conocer lo que he preparado para usted.

Resumen

La investigación realizada busca la formación de competencias docentes en futuros maestros para el Área de Tecnología e Informática (AT&I). Para tal fin, se dispuso de una unidad didáctica que vincula la educación en ciencias y la educación en tecnología mediante una estrategia didáctica que centra su atención en el diseño, uso y construcción de instrumentos de laboratorio, específicamente, un generador y detector de ondas de radiofrecuencia. Este instrumento sitúa históricamente los estudios de Heinrich Rudolf Hertz sobre el tema en el periodo de 1887 a 1890 y los toma como referencia en el desarrollo del problema.

El problema de investigación busca responder la pregunta: *¿Cómo las competencias docentes se forman al implementar una unidad didáctica en la que los maestros en formación para el área de Tecnología e Informática se ven involucrados en la construcción de instrumentos científicos?* La pregunta se origina al analizar las orientaciones que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) y la Secretaría de Educación del Distrito (SED) han generado, dentro de las cuales se encuentra el diseño de currículos para el A&I. Sin embargo, ante la falta de claridad sobre la forma en la que se implementarán estas orientaciones surgen vacíos que dan lugar a múltiples interpretaciones. Esta falta de claridad conlleva a tener dificultades en el momento de diseñar currículos para el área, dificultades que trascienden la educación básica y media y que se extienden a la educación superior, especialmente en los programas de formación de maestros. Esta situación se convierte en un ciclo de vacíos que origina que las competencias que se esperan desarrollar en la formación del área propuestas por el MEN no se conecten con las competencias propuestas por la SED y en ese orden de ideas, con las competencias que se desarrollan en los programas de formación de maestros para esta área. En consecuencia, al no tener claridad en las orientaciones para el diseño curricular para el AT&I y no disponer de estándares básicos de competencias, surgen dificultades relacionadas con la enseñanza del área. Estas dificultades se acentúan al no disponer de recursos e instrumentos necesarios para la orientación del área. Como resultado de estas situaciones, la educación en tecnología en Colombia no alcanza el objetivo de cambio que Colombia requiere, en particular, al desarrollo económico, humano y social, metas primordiales en los diferentes Planes Nacionales de Desarrollo y del Consejo Nacional de Política Económica y Social. Producto de este panorama, se requiere de una formación en competencias para el AT&I en los futuros maestros que permita vincular la ciencia en el aula de clases, propuesta que sugiere el MEN pero que no indica en el “cómo” hacerlo.

Para responder a esta necesidad se diseñó una metodología que parte de la pregunta de investigación. Para responderla, se propone una *metodología mixta*. La investigación se ubica dentro de una estrategia de investigación abductiva. Se eligió emplear el *método de estudio de caso (Único)*. El estudio de caso es una de las estrategias más usadas en la investigación social, en especial si se pretende responder a preguntas relacionadas con el “porqué”, “quién”, “qué”, “dónde” o “cómo”, situación que coincide con la pregunta que orienta esta investigación.

En este proceso fue necesario definir una Unidad Didáctica (UD). La UD reúne actividades que apuntan al desarrollo del espacio académico de comunicaciones II y al diseño, construcción y uso de un instrumento científico para emitir y recibir señales de radiofrecuencia a 27MHz. Esta UD fue implementada en el espacio académico que pertenece a un programa de formación de maestros para el Área de Tecnología e Informática, específicamente, la Licenciatura en Electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional. El grupo en total se compone de 12 estudiantes, del cual se generó un grupo focal de 4 estudiantes que lo conforman los líderes de los equipos de trabajo. Se estableció *dos fases* para la implementación de la UD, una inicial de 10 semanas y una final que inicia al terminar la fase inicial y va hasta la semana 16.

En el proceso de análisis de la información cualitativa se empleó una concepción filosófica hermenéutica en una metodología de estudio de caso y una fundamentación abductiva. Como estrategia de análisis de datos se usó el análisis de contenido y éste fue asistido por la herramienta ATLAS TI. Para el análisis cuantitativo de la información, primero se buscó medir la fiabilidad de los cuestionarios empleando la medida *alfa de Cronbach* empleando SPSS de IBM. Con este valor se hizo el *análisis descriptivo y de correlación* de la información. Para apoyar este análisis se empleó el software HUDAP (Hebrew University Data Analysis Package), específicamente, las herramientas WSSA1 y POSAC. Se definieron dos fases en el análisis de los datos que corresponden a la estrategia de implementación de la UD.

Una de las conclusiones encontradas en el estudio muestra que, en el análisis de los datos obtenidos de los instrumentos durante el proceso de implementación de la UD, se propuso una estrategia de análisis que buscó profundizar sobre el objeto de estudio y, asimismo, tener una mirada abarcadora sobre el fenómeno. Por esta razón, la estrategia permitió hacer un análisis en varias vías que logró una construcción teórica enriquecida desde diferentes puntos de vista. Además, permitió exponer una investigación que se ajusta a los criterios de Credibilidad, Transferibilidad y Dependencia y que la dotan de rigor y calidad. Dentro de los hallazgos más importantes se encuentra que los estudiantes poseen las condiciones mínimas para enfrentar el reto de diseñar y construir un instrumento científico para la generación y detección de ondas de radio frecuencia, pero requieren mayor trabajo práctico en otros espacios del programa, especialmente, en la fase de fundamentación. Por esto, el proyecto es útil al permitir el vínculo de la teoría con la práctica. Además, favorece el trabajo en equipo, la organización, el respeto, el emplear herramientas TIC, el desarrollo de actividades de simulación, la lectura de información en segunda lengua, la actividad crítica en el aula de clases, el reconocimiento de las potencialidades de los miembros del equipo y la discusión con fines de resolver los problemas.

Índice general

1. Introducción	14
1.0.1. Resultados nacionales prueba Saber Pro para el Área de Tecnología e Informática	22
1.0.2. Resultados prueba Saber Pro para el Área de Tecnología e Informática en el programa de Licenciatura en Electrónica.	28
1.1. Formulación de la pregunta general y las preguntas específicas	40
1.2. Formulación del objetivo general y los objetivos específicos	40
2. Estado de arte	42
3. Justificación	65
4. Referente conceptual	68
4.1. La Tecnología, la educación en Tecnología e Ingeniería	69
4.1.1. La educación en tecnología en Colombia: Contexto normativo del área . . .	75
4.1.2. La normatividad en el contexto de formación de maestros	77
4.2. Integración de la Ciencia y la Tecnología	78
4.3. Currículo	83
4.3.1. Educar en Tecnología en Colombia: organización del currículo para el área	86
4.4. Competencias	90
4.4.1. El sentido de calidad en la educación colombiana y el enfoque por competencias en el Área de Tecnología e Informática en Colombia	100
4.5. La solución de problemas como estrategia (PBL)	104
4.5.1. El constructivismo en la educación en ciencias y tecnología	107
4.6. Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM)	112
4.7. El instrumento, el experimento y el laboratorio	114
4.7.1. El instrumento científico en la actividad experimental y su relación con la educación en tecnología y la educación en ciencias	117
4.8. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)	120
4.9. Procesamiento de señales	122

4.9.1. Concepciones y elementos necesarios para la construcción fenomenológica de las ondas de radiofrecuencia en el diseño de la unidad didáctica	122
4.10. Diseño de unidades didácticas	128
5. Metodología de la investigación	148
5.1. Marco metodológico	148
5.2. Estrategia de investigación	151
5.3. Método de investigación	152
5.3.1. Diseño de la investigación	153
5.4. Instrumentos de recolección de datos y técnicas de procesamiento	159
5.5. Criterios de validez y rigor en el ejercicio de la investigación	168
5.6. Fases de la investigación	171
5.7. Impacto de la investigación y criterios de ética	172
5.8. Recursos: Humanos, materiales y financieros	173
6. Características para el desarrollo de un generador y receptor de ondas de radiofrecuencia	177
6.1. Aspecto técnico	178
6.1.1. El oscilador	180
6.1.2. El amplificador	191
6.1.3. La antena	198
6.1.4. El oscilador resonante	203
6.1.5. Amplificación y filtrado de la señal	205
6.1.6. La construcción del fenómeno de ondas de radiofrecuencia de Heinrich Rudolf Hertz y su relación con el diseño del instrumento científico	206
6.2. Aspecto de construcción	215
6.3. Aspecto de uso	222
7. Diseño de la Unidad Didáctica	226
7.1. Referente conceptual para el diseño de la Unidad Didáctica	227
7.2. Consideraciones macro-curriculares	230
7.3. Consideraciones meso-curriculares	233
7.4. Actividad micro-curricular - Unidad Didáctica diseñada	235
7.4.1. Información General	237
7.4.2. Propósito del espacio académico	237
7.4.3. Capacidades y Competencias	238
7.4.4. Objetivo general	239
7.4.5. Metodología	240
7.4.6. Contenido programático	241
7.4.7. Recursos	243

7.4.8. Evaluación	243
7.4.9. Bibliografía sugerida	245
8. Análisis de la implementación de la Unidad Didáctica	248
8.1. Organización epistemológica para el análisis de los datos	248
8.2. Fase Inicial	251
8.2.1. Primer cuestionario	252
8.2.2. Primera prueba específica	255
8.2.3. Primera entrevista	256
8.2.4. Análisis cualitativo fase inicial	257
8.2.5. Análisis cuantitativo fase inicial	267
8.3. Fase final	300
8.3.1. Segundo cuestionario	300
8.3.2. Segunda prueba específica	303
8.3.3. Segunda entrevista	304
8.3.4. Análisis cualitativo fase final	305
8.3.5. Análisis cuantitativo fase final	321
8.4. Inferencias del proceso de análisis de datos	348
9. Conclusiones, retos y prospectivas	359
Referencias	374

Índice de figuras

1.1. Síntesis del planteamiento del problema.	15
1.2. Número de programas de formación de maestros para el AT&I.	25
1.3. Número de estudiantes que presentaron la prueba Saber Pro para el AT&I.	26
1.4. Resultados de competencias generales evaluadas en la prueba Saber Pro para el AT&I.	27
1.5. Resultados prueba Saber Pro de conocimientos generales para la Licenciatura en Electrónica.	29
1.6. Resultados competencias de conocimiento específicos en prueba Saber Pro para la Licenciatura en Electrónica.	30
1.7. Resultados de conocimientos generales prueba Saber Pro comparados con el grupo de referencia y el promedio nacional para la Licenciatura en Electrónica.	30
1.8. Resultados de conocimientos específicos prueba Saber Pro comparados con el gru- po de referencia y el promedio nacional para la Licenciatura en Electrónica.	31
1.9. Síntesis de las propuestas de competencias en el panorama internacional y nacional.	36
2.1. Hoja de ruta para la construcción del Estado del Arte (Mora, 2018).	43
2.2. Primeros resultados de aplicación de los descriptores del tesoro. (Ramírez, 2017c).	44
2.3. Resultados de búsqueda en bases de datos de tesis doctorales. (Ramírez, 2017b). . .	45
2.4. Campos diligenciados del muestreo documental. (Ramírez, 2017e).	46
2.5. Proceso para el uso de ATLAS TI	48
2.6. Familia de documentos primarios: Competencias Científicas y Tecnológicas	48
2.7. Familia de documentos primarios: Desarrollo de Competencias Docentes	49
2.8. Familia de documentos primarios: Diseño curricular y desarrollo de competencias en tecnología.	49
2.9. Familia de documentos primarios: Diseño de instrumentos científicos y modelización.	50
2.10. Listado de códigos emergentes y super códigos.	53
2.11. Relaciones entre códigos emergentes.	55
2.12. Secuencia de codificación realizada en ATLAS TI.	56
2.13. Relaciones de la categoría nodal <i>El experimento en el aula de clase</i> con las cate- gorías de la codificación axial.	57

2.14. Relaciones de la categoría nodal <i>Diseño de currículos</i> con las categorías de la codificación axial.	58
2.15. Relaciones de la categoría nodal <i>Competencias del maestro</i> con las categorías de la codificación axial.	59
2.16. Relaciones de la categoría nodal <i>Competencias científicas y tecnológicas</i> con las categorías de la codificación axial.	60
3.1. Síntesis de las ideas que justifican la investigación.	65
4.1. Síntesis de los campos teóricos identificados en el Referente Conceptual.	68
4.2. Representaciones de EDUTECH en diferentes países (Jones et al., 2013).	72
4.3. Cinco competencias claves en ESD y cómo se conectan con investigaciones de sostenibilidad y solución de problemas (Wiek et al., 2011).	93
4.4. Propuesta de enlace de las competencias clave con las competencias generales (Wiek et al., 2011).	94
4.5. Modelo de evaluación de competencias de Schreiber-Theyßen.	95
4.6. Modelo de competencias Curriculum Sustainable Development, Competences, Teacher Training (CSCT), (Bertschy et al., 2013).	97
4.7. Modelo para la acción profesional competente (Bertschy et al., 2013).	98
4.8. Resumen de problemas pequeños que pueden darse a estudiantes para el área de telecomunicaciones. (Mitchell et al., 2010).	105
4.9. Síntesis de la propuesta de Vygotsky en la que se forma un concepto. (Vygotsky et al., 2008).	109
4.10. Modelo de educación STEM enfocado en matemáticas y ciencias. (Corlu et al., 2014).	113
4.11. Países que han incluido la educación STEM en sus planes de estudio (Ritz y Fan, 2015).	114
4.12. Comparación entre laboratorios físicos, plataformas reales y laboratorios QoS. (Gomez-Sacristan et al., 2016).	117
4.13. Relación de los elementos didácticos en el diseño de la enseñanza. (Cañal, 1997).	129
4.14. Esquema general de elaboración de una unidad didáctica desde una perspectiva sistémica. (Fernández et al., 1999).	129
4.15. Esquema de integración de elementos para el diseño de una UD. (Cañal, 1997).	130
4.16. Guía para el diseño de UD experimentales. (Pozuelos, 1997).	131
4.17. Organización del conocimiento. Ideas y relaciones en el diseño de una UD. (Pozuelos, 1997).	132
4.18. Ciclo empleado para mejorar el aprendizaje por resolución de problemas (Reforma Curricular). (Teodorescu et al., 2014).	135
4.19. Comparación entre diseño en ingeniería y solución de problemas tecnológicos (Smith, 2006).	136
4.20. Procesos mentales identificados en la resolución de problemas (Smith, 2006).	136

4.21. Conocimientos que requiere el maestro para integrar STEM (Ntemngwa y Oliver, 2018).	138
4.22. Aspectos del diseño en ingeniería que estudiantes de secundaria entienden y pueden usar en la resolución de problemas tecnológicos (Wicklein et al., 2009).	139
5.1. Enfoques de la investigación. (Hernández et al., 2010).	149
5.2. Tipología de los métodos mixtos en el diseño de una investigación. (Leech y Onwuegbuzie, 2009).	150
5.3. a) Secuencia para la obtención de los datos. b) Secuencia de los objetivos. (Campos, 2009).	151
5.4. a. Procedimiento de la investigación abductiva. b. Dinámica de la investigación abductiva. (Verd y Lozares, 2016, p. 47-71).	152
5.5. Organización de los espacios académicos del programa de Licenciatura en Electrónica.	155
5.6. Tipos básicos de diseño de estudios de caso (Yin, 2003, p. 40).	157
5.7. Diseño de la investigación Vs Recopilación de datos (Yin, 2003, p. 76).	158
5.8. Comparación de las características de los datos obtenidos con video en relación con otras formas de obtención de datos (Wang y Lien, 2013)	162
5.9. Relación entre la muestra total esperada y el grupo focal.	163
5.10. Relación de los instrumentos con la muestra total y el grupo focal.	163
5.11. Ejemplo de gráfica obtenida con HUDAP-WSSA1.	167
5.12. Ejemplo de gráfica obtenida con HUDAP-POSAC.	168
5.13. Síntesis de los criterios de validez para una investigación de calidad (Whittemore et al., 2001)	169
5.14. Criterios de calidad de la investigación cualitativa. (Tójar, 2006).	169
5.15. Criterios de rigor de la metodología constructivista-cualitativa por Guba y Lincoln. (Latorre et al., 2003).	170
5.16. Modelo de validación de una investigación cualitativa. (Onwuegbuzie y Collins, 2007).	171
6.1. Síntesis del desarrollo de los campos asociados al diseño, construcción y uso del instrumento científico.	178
6.2. Síntesis del aspecto técnico.	178
6.3. Síntesis del método Scrum.	180
6.4. Representación de un sistema retroalimentado por bloques (Vivas, 2017b).	181
6.5. Representación del ancho de banda con ganancia en lazo cerrado y abierto (Vivas, 2017b).	184
6.6. Representación de la parte real e imaginaria de la función de transferencia (Vivas, 2017b).	185
6.7. Representación esquemática del oscilador (Vivas, 2017b).	187

6.8. Esquema eléctrico, esquema eléctrico equivalente y curva de reactancia de un cristal (Matthys, 1992).	189
6.9. Esquemático del oscilador diseñado con los valores empleados.	191
6.10. Esquemático de un amplificador clase A Vivas (2017a).	192
6.11. Esquemático por bloques de un amplificador clase B Vivas (2017a).	193
6.12. a) Representación de la salida de los amplificadores de acuerdo con su configuración. b) Representación en el dominio de la frecuencia de la señal de salida (señal fundamental y armónicos).	196
6.13. Representación esquemática de un amplificador en clase C Vivas (2017a).	196
6.14. Representación esquemática de un circuito híbrido equivalente del amplificador clase C Vivas (2017a).	197
6.15. Esquemático del diseño final del circuito pre-amplificador y del amplificador de potencia.	198
6.16. Representación de una señal electromagnética y su relación con propagación, longitud de onda y frecuencia.	199
6.17. Representación de un sistema de transmisión acoplado (generador y antena).	201
6.18. Representación del diagrama de radiación de una antena dipolo simple.	202
6.19. Diagrama de radiación y distribución de corrientes en un alambre para antenas $\frac{\lambda}{2}$	202
6.20. Esquema del diseño final de la antena en $\frac{\lambda}{2}$ (conexión con el generador).	203
6.21. Esquemático del circuito tanque resonante.	204
6.22. Esquemático del circuito resonante - oscilador - amplificador diseñado.	205
6.23. Esquemático del circuito resonante - oscilador - amplificador - filtrado - visualización diseñado.	206
6.24. Instrumento para elevar el voltaje empleando bobinas (Buchwald, 1994)	207
6.25. Diseño de un circuito elevador de voltaje (Buchwald, 1994).	208
6.26. Diseño de un condensador variable por Hertz (Buchwald, 1994).	208
6.27. Diseño del conmutador de Hertz (Buchwald, 1994).	209
6.28. Diseño de un condensador con dieléctrico por Hertz (Buchwald, 1994).	210
6.29. Diseño de un detector de intermitencia (Buchwald, 1994).	211
6.30. Diseño de un conversor de espiral en un dispositivo de comportamiento lineal (Buchwald, 1994).	211
6.31. Prueba del potencial a lo largo de la descarga de un circuito con el micrómetro de Riess (Buchwald, 1994).	212
6.32. Prueba que la resistencia no afecta el comportamiento resonante (Mulligan, 1994).	213
6.33. Diagrama del dispositivo original diseñado por Hertz (Buchwald, 1994).	213
6.34. Resultados de la medición directa de las ondas generadas realizada por Hertz (Mulligan, 1994).	214
6.35. Circuito eléctrico oscilador en el instrumento científico.	216
6.36. Señal de salida obtenida del oscilador.	216

6.37. Circuito eléctrico oscilador interconectado con el amplificador en el instrumento científico.	218
6.38. Ajuste del circuito para disipar calor entre los componentes.	219
6.39. Circuito eléctrico generador (oscilador - Amplificador interconectados).	220
6.40. Antena dipolo simple construída.	220
6.41. Circuito eléctrico receptor de prueba (Resonador - Amplificador interconectados).	221
6.42. Circuito eléctrico receptor con soldadura superficial (Resonador - Amplificador interconectados).	222
6.43. Circuito prototipo eléctrico generador (Resonador - Amplificador interconectados).	223
6.44. Circuito prototipo eléctrico receptor (Resonador - Amplificador interconectados).	223
6.45. Fuente de alimentación para el sistema 9V-24V.	224
6.46. Prototipo del instrumento científico generador y receptor de ondas de radiofrecuencia.	224
7.1. Síntesis del diseño de la Unidad Didáctica.	226
7.2. Modelos de estructuración del Syllabus. a) Modelo por secciones y vínculo de UD. b) Modelo estructurado por un núcleo problema.	236
8.1. Síntesis de la información a desarrollar en el análisis de la implementación de la Unidad Didáctica.	249
8.2. Síntesis del proceso de combinación de la información cualitativa y cuantitativa obtenida.	251
8.3. Síntesis del diseño metodológico para la investigación.	252
8.4. Familia de documentos primarios Cuestionarios Fase 1 - Consentimientos.	258
8.5. Familia de documentos primarios Entrevista Primera Fase.	258
8.6. Familia de documentos primarios Entrevista Primera Fase.	259
8.7. Familia de documentos primarios Entrevista Lab_Ondas.	259
8.8. Familia de documentos primarios Entrevista Lab_Ondas.	260
8.9. Familia de documentos primarios Sesión Diseño Osciladores (Apoyo).	261
8.10. Familia de documentos primarios Sesión Diseño Osciladores (Apoyo).	261
8.11. Categorías emergentes en codificación abierta.	262
8.12. Síntesis del proceso de los casos para Importancia en la fase inicial.	268
8.13. Resultado de aplicar el coeficiente de Alfa de Cronbach en Importancia en la fase inicial.	269
8.14. Estadística total de las variables incluyendo coeficiente de Alfa de Cronbach a Importancia en la fase inicial.	269
8.15. Síntesis estadística de todas las variables del análisis para Importancia en la fase inicial.	270
8.16. Comportamiento general de la Importancia en la fase inicial en cada aspecto encuestado.	271
8.17. Matriz de coeficientes de correlación Pearson para Importancia en la fase inicial.	273

8.18. Matriz de coeficientes de alienación en Importancia para la fase inicial.	274
8.19. Matriz de estructuras de correlación semejantes en Importancia en la fase inicial. . .	275
8.20. Regiones y categorías delimitadas en la matriz de estructuras de correlación semejantes en Importancia para la fase inicial.	277
8.21. Matriz de perfiles creados por POSAC en Importancia en la fase inicial.	278
8.22. Matriz de distribución de los perfiles creados en POSAC para Importancia en la fase inicial.	279
8.23. Escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial. . .	279
8.24. Regiones delimitadas en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.	281
8.25. Valoración del grupo 2 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.	282
8.26. Valoración del grupo 1 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.	283
8.27. Valoración del grupo 3 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.	284
8.28. Valoración del grupo 4 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.	285
8.29. Resultado de aplicar el coeficiente de Alfa de Cronbach en Satisfacción en la fase inicial.	285
8.30. Estadística total de las variables incluyendo coeficiente de Alfa de Cronbach a Satisfacción en la fase inicial.	286
8.31. Síntesis estadística de todas las variables del análisis para Satisfacción en la fase inicial.	287
8.32. Comportamiento general de la Satisfacción en la fase inicial en cada aspecto encuestado.	287
8.33. Matriz de coeficientes de correlación Pearson para Satisfacción en la fase inicial. . .	288
8.34. Matriz de coeficientes de alienación para Satisfacción en la fase inicial.	289
8.35. Matriz de estructuras de correlación semejantes en Satisfacción para la fase inicial.	290
8.36. Regiones y categorías delimitadas en la matriz de estructuras de correlación semejantes en Satisfacción para la fase inicial.	291
8.37. Matriz de perfiles creados en POSAC para Satisfacción para la fase inicial.	292
8.38. Escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial. . .	292
8.39. Regiones delimitadas en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial.	293
8.40. Valoración del grupo 2 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial.	295
8.41. Valoración del grupo 1 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial.	296

8.42. Valoración del grupo 3 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción para la fase inicial.	297
8.43. Valoración del grupo 4 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial.	298
8.44. Diferencia entre la valoración de Importancia en relación con Satisfacción en la fase inicial.	298
8.45. Datos de carácter descriptivo en la diferencia entre Importancia y Satisfacción en la fase inicial.	299
8.46. Diferencia entre el promedio de la valoración de Importancia en relación con el promedio de la valoración para Satisfacción en la fase inicial.	299
8.47. Promedio de las respuestas a la pregunta global en la fase inicial.	300
8.48. Listado de familias de documentos primarios conformadas para el análisis.	305
8.49. Familia de documentos primarios, cuestionarios aplicados en la fase final.	306
8.50. Familia de documentos primarios, bitácoras y videos del instrumento científico construido.	306
8.51. Familia de documentos primarios, exámenes finales del espacio académico de comunicaciones II.	307
8.52. Familias de documentos primarios. Izquierda, entrevista en la fase final. Derecha, sesión de apoyo de diseño de amplificadores.	308
8.53. Listado de categorías. Izquierda, categorías emergentes con fundamentación y densidad. Derecha, Categorías codificación axial y nodal.	309
8.54. Relaciones de la categoría axial <i>Ciencia</i> con las categorías emegentes.	311
8.55. Relaciones de la categoría nodal <i>Conocimiento</i> con las categorías de la codificación axial.	312
8.56. Relaciones de la categoría nodal <i>Solución_Problemas</i> con las categorías de la codificación axial.	313
8.57. Relaciones de la categoría nodal <i>Competencias</i> con las categorías de la codificación axial.	314
8.58. Resultado de aplicar el coeficiente de Alfa de Cronbach en Importancia para fase final.	321
8.59. Estadística total de las variables incluyendo coeficiente de Alfa de Cronbach a Importancia en la fase final.	322
8.60. Síntesis estadística de todas las variables del análisis para Importancia en la fase final.	322
8.61. Comportamiento general de la Importancia en cada aspecto encuestado de la fase final.	323
8.62. Matriz de coeficientes de correlación Pearson para Importancia en la fase final.	324
8.63. Matriz de coeficientes de alienación en Importancia para fase final.	324
8.64. Matriz de estructuras de correlación semejantes en Importancia para la fase final.	325

8.65. Regiones y categorías delimitadas en la matriz de estructuras de correlación semejantes en Importancia para la fase final.	326
8.66. Matriz de distribución de los perfiles creados en POSAC para Importancia para la fase final.	327
8.67. Escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final. . . .	328
8.68. Regiones delimitadas en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.	329
8.69. Valoración del grupo 2 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.	330
8.70. Valoración del grupo 1 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.	331
8.71. Valoración del grupo 3 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.	331
8.72. Valoración del grupo 4 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.	332
8.73. Resultado de aplicar el coeficiente de Alfa de Cronbach en Satisfacción para la fase final.	333
8.74. Estadística total de las variables incluyendo coeficiente de Alfa de Cronbach a Satisfacción en la fase final.	333
8.75. Síntesis estadística de todas las variables del análisis para Satisfacción en la fase final.	334
8.76. Comportamiento general de la Satisfacción en la fase final en cada aspecto encuestado.	335
8.77. Matriz de coeficientes de correlación Pearson para Satisfacción en la fase final. . .	335
8.78. Matriz de coeficientes de alienación para Satisfacción en la fase final.	336
8.79. Matriz de estructuras de correlación semejantes en Satisfacción para la fase final. .	336
8.80. Regiones y categorías delimitadas en la matriz de estructuras de correlación semejantes en Satisfacción en la fase final.	337
8.81. Matriz de perfiles creados por POSAC en Satisfacción en la fase final.	339
8.82. Escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final. . . .	339
8.83. Regiones delimitadas en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.	340
8.84. Valoración del grupo 2 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.	342
8.85. Valoración del grupo 1 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.	343
8.86. Valoración del grupo 3 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.	343
8.87. Valoración del grupo 4 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.	344

8.88. Diferencia entre la valoración de Importancia en relación con Satisfacción para la fase final.	345
8.89. Datos de carácter descriptivo en la diferencia entre Importancia y Satisfacción. . .	346
8.90. Diferencia entre el promedio de la valoración de Importancia en relación con el promedio de la valoración para Satisfacción para la fase final.	346
8.91. Promedio de las respuestas a la pregunta global para la segunda fase.	347

Índice de cuadros

1.1. Programas nacionales que favorecen el uso de TIC en la EDUTEC	18
1.2. Síntesis del planteamiento del problema	40
1.3. Síntesis de la formulación del problema	41
2.1. Fase 1. Procedimiento de la investigación	42
4.1. Organización de componentes y competencias para la formación de maestros. . . .	79
4.2. Competencias para el siglo XXI. (Pešaković et al., 2014).	85
4.3. Estructura general para la elaboración de planes de estudio en el AT&I.	89
4.4. Síntesis de la propuesta curricular de la SED para el AT&I en Bogotá.	90
4.5. Organización de componentes y competencias para el AT&I MEN (2014).	103
5.1. Metodología de la investigación	148
5.2. Fases en la organización del currículo. Programa de Licenciatura en Electrónica. . .	155
5.3. Instrumentos de recolección de datos e información a recopilar.	164
5.4. Fase 2. Procedimiento de la investigación.	164
5.5. Triangulación concurrente. Creswell y otros (2003, p. 224) citado en Campos (2009).170	
5.6. Fases propuestas para el desarrollo de la investigación	172
5.7. Impacto de la investigación.	175
5.8. Criterios de ética	176
5.9. Presupuesto	176
7.1. Organización de componentes y competencias para la formación de maestros. . . .	239
7.2. Distribución del contenido programático de la UD para Comunicaciones II presen- tado por semanas.	244
7.3. Síntesis de la valoración de las competencias.	245
7.4. Síntesis de instrumentos y porcentajes de evaluación.	245
8.1. Listado de categorías emergentes en codificación abierta para análisis cualitativo de la primera fase.	263

Capítulo 1

Introducción

Para el desarrollo de este capítulo se exponen tres ideas generales. La primera presenta la educación en tecnología centrando la atención en Colombia para luego enfocarse en el cómo se dispone a nivel nacional, a partir de las orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática (AT&I) dadas a conocer por el Ministerio de Educación Nacional y por la Secretaría de Educación del Distrito, en el caso de la capital. La segunda expone algunas dificultades que traen las orientaciones para diseñar currículos para el AT&I y para la formación de maestros en esta área. Para profundizar en este aspecto, se revelará un análisis de los resultados de la evaluación de competencias de la prueba Saber Pro para maestros en formación para el AT&I a nivel nacional y para un programa de formación de maestros específico. Con estas dificultades se centra la atención en las implicaciones del instrumento científico y el experimento en la enseñanza de la tecnología ante el auge en el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC. Finalmente, la tercera idea aborda el impacto que tiene la educación en ciencias y la educación en tecnología en la política pública en Ciencia, Tecnología e Innovación y en el desarrollo del país con el resultado de algunas investigaciones. Estas ideas conllevarán a la formulación del problema. La figura 1.1 amplía estas tres ideas que plantean el problema y sugiere algunas conexiones entre éstas¹.

Observando la figura 1.1 es posible determinar que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) y la Secretaría de Educación del Distrito (SED) han generado unas orientaciones, dentro de las cuales se encuentra el diseño de currículos para el AT&I. Sin embargo, ante la falta claridad sobre la forma en la que se implementarán estas orientaciones surgen vacíos que dan lugar a múltiples interpretaciones. Esta falta de claridad conlleva a tener dificultades en el momento de diseñar currículos para el área, dificultades que trascienden la educación básica y media y que se extienden a la educación superior, especialmente en los programas de formación de maestros. Esta situación se convierte en un ciclo de vacíos que origina que las competencias que se esperan desarrollar en la formación del área propuestas por el MEN no se conecten con las competencias propuestas por la

¹Las gráficas de este capítulo se encuentran vectorizadas. Por esta razón, es posible acercarse al interior de las imágenes para apreciar con mayor detalle lo que ellas presentan.

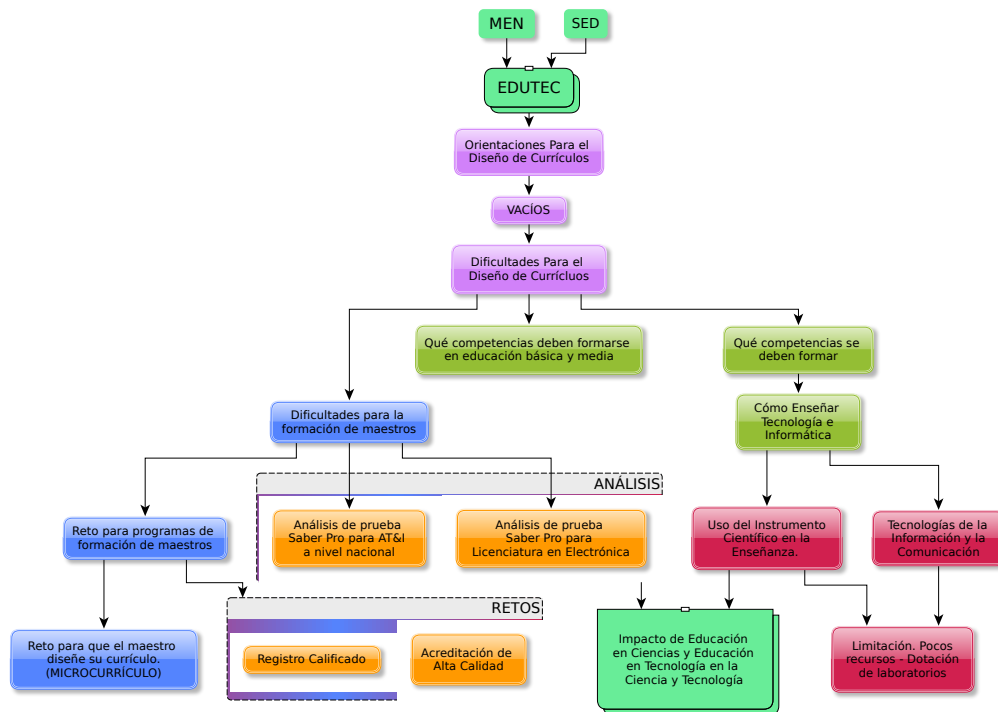


Figura 1.1: Síntesis del planteamiento del problema.

SED y en ese orden de ideas, con las competencias que se desarrollan en los programas de formación de maestros para esta área. En consecuencia, al no tener claridad en las orientaciones para el diseño curricular en el AT&I y no disponer de estándares básicos de competencias surgen dificultades relacionadas con la enseñanza del área. Estas dificultades se acentúan al no disponer de recursos e instrumentos necesarios para la orientación del área. Como resultado de estas situaciones, la educación en tecnología en Colombia no alcanza el objetivo de cambio que el país requiere, en particular, al desarrollo económico, humano y social, metas primordiales en los diferentes Planes Nacionales de Desarrollo y del Consejo Nacional de Política Económica y Social. Producto de este panorama, se requiere de una formación en competencias para el AT&I en los futuros maestros que permita vincular la ciencia en el aula de clases, propuesta que sugiere el MEN (2008) pero que no indica en el “cómo”. Conforme a esta necesidad, esta investigación propone el diseño de una unidad didáctica que asocia el diseño de instrumentos científicos y vincula la educación en ciencias y la educación en tecnología para aportar en el campo de la didáctica de la educación en tecnología. Estas ideas serán ampliadas a continuación.

Para iniciar, la incorporación de la educación en tecnología (EDUTECH) a principios de los años 90, en la educación básica y media, es considerada un hecho relevante en la educación (Gilbert, 1995), especialmente en países como Inglaterra, España y Estados Unidos de América en los que se originan estas iniciativas (SED, 2006b). Ramírez et al. (2008) afirman que las propuestas de

integración en los planes de estudio en Latinoamérica se generan inicialmente en Chile en 1992² y Argentina en 1993³. Posteriormente en Bolivia en 1994⁴ y Colombia en el mismo año. A partir de este momento se difundió en el resto de Latinoamérica.

En el caso colombiano la EDUTECH es definida como Área de Tecnología e Informática con la ley 115 de 1994. Esta área es fundamental y obligatoria en el plan de estudios. El estado coordina, a través del MEN, las orientaciones para el diseño de currículos mediante la Resolución 2343 de junio 5 de 1996 “por la cual se adopta un diseño de lineamientos generales de los procesos curriculares del servicio público educativo y se establecen los indicadores de logros curriculares para la educación formal” y el Programa de Educación en Tecnología para el siglo XXI o PET XXI *que desde entonces ha orientado la política en EDUTECH* (MEN, 1996a). Estas orientaciones son actualizadas con el MEN (2006) y posteriormente con la guía n° 30 “orientaciones generales para la educación en tecnología, ser competente en tecnología: ¡una necesidad para el desarrollo!” (MEN, 2008). La síntesis de la propuesta se encuentra en el cuadro 4.3. Es importante mencionar que desde el 2008 no ha habido actualizaciones en las orientaciones, además, para las restantes ocho áreas fundamentales en la educación colombiana existen estándares curriculares, sin embargo, para el AT&I solo se han emitido lineamientos y orientaciones curriculares (Ramírez, 2016).

En este sentido, 11 años después continúa siendo el documento MEN (2008) el que orienta la EDUTECH en Colombia. Es importante resaltar que el AT&I se considera transversal a las demás áreas fundamentales y obligatorias en la educación colombiana. Por esta razón, el AT&I se ha convertido en un área interdisciplinar que la dota de un sentido especial dentro del plan de estudios para la educación colombiana. Para proporcionar de transversalidad la EDUTECH, el MEN (2008) indica que la tecnología debe relacionarse con: *la técnica; la ciencia; la innovación, la invención y el descubrimiento; el diseño; la informática; y la ética*. Sin embargo, el MEN (2008) no amplía información necesaria que clarifique la forma en la que se pueden vincular estas relaciones en el diseño de currículos para el AT&I. En consecuencia, no es posible que el área pueda ser verdaderamente interdisciplinar. Por otro lado, el referente conceptual que el estado expone sobre las relaciones es muy superficial. Esta situación favorece la diversidad de interpretaciones ante los muchos vacíos que dejan las orientaciones. Esta diversidad de posturas impiden *generar un currículo en contexto*, puesto que cada interpretación es considerada en sí una posibilidad de currículo y se encuentra sujeta a la postura del maestro quien es el que lo propone.

²Tomando como referencia el proyecto enlaces, creado por el Ministerio de Educación en 1992 con 12 escuelas en Santiago y se expande en 1993 a la región de la Araucanía con 100 escuelas, el proyecto se fortalece en 2005 con la creación del centro de educación y tecnología de Chile.

³Tomando como referencia la Ley 24.195, ley federal de educación Argentina de abril 14 de 1993; en ese marco se disuelve el CoNET y se crea el Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

⁴Tomando como referencia la Ley 1565 de la reforma educativa de 1994, en particular el artículo 2 y el literal 6; como fines de la educación boliviana el desarrollar capacidades en lenguaje, matemática, ciencia y tecnología.

Esta condición fue expuesta veintitrés años atrás por Gilbert (1995), de manera que los lineamientos alimentan un inconveniente que ha sido expuesto desde el siglo pasado. Adicional a esta situación, el MEN (2008) no presenta ejemplos que permitan comprender y proyectar una articulación para el AT&I. Esto impide que se comprenda la dimensión e intenciones que el estado tiene previstas para el área, en consecuencia, el maestro recurre a su experiencia, o a lo que se encuentre a su alcance para dar orientación al área, lo que conlleva a que se trabaje de manera individual o se centre la atención en el manejo del computador y el uso de software para el uso en oficina o para la presentación de trabajos SED (2015). Con un tratamiento del área visto de esta forma, se puede afirmar que *las intenciones del estado pueden ir en sentidos divergentes de lo que en el aula de clases sucede*.

Asimismo, es importante citar que, en la ley general de educación, en el capítulo 2 (currículo y plan de estudios) específicamente en el artículo 77, se indica que las orientaciones para el diseño de currículos se encontrarán a cargo de las administraciones educativas departamentales. Éstas tomarán como partida los lineamientos y estándares que el estado haya emitido para las diferentes áreas. Como se indicó, falta claridad en las orientaciones para el diseño de currículos, en consecuencia, las orientaciones que emitirá la administración educativa departamental partirán de iniciativas que podrían no conectarse con la realidad y motivaciones que el estado tiene para el AT&I. En el caso de Bogotá la encargada es la SED (Secretaría de Educación Distrital). Ésta ha propuesto la conformación de ambientes de aprendizaje para el AT&I en SED (2006a, 2007), las orientaciones para la construcción de una política distrital de educación en tecnología en SED (2006b), la propuesta de orientaciones para el desarrollo curricular del AT&I en colegios Distritales en SED (2009), la caracterización del sector educativo del distrito capital en SED (2015) y usos y apropiación de la tecnología en los colegios distritales, proyecto C4 Ciencia y tecnología para Crear, Colaborar y Compartir en SED y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana (2015).

Sobre estos documentos es relevante afirmar que el SED (2009) sigue aún vigente dentro de las orientaciones para el AT&I en Bogotá. La síntesis de la propuesta se encuentra en el cuadro 4.4. De este cuadro, es importante señalar que la propuesta plantea como espacios de la tecnología: Tecnología; Informática; Artes Industriales; y Gestión empresarial y diseño. Sugiere algunos ejes para articular estos espacios, sin embargo, nuevamente falta claridad en los alcances para el área y al no proponer ejemplos para articular los espacios con los ejes, deja vacíos que son interpretados nuevamente por los maestros de acuerdo a su experiencia o intención. Además, como caso particular, no son contempladas las telecomunicaciones dentro de la propuesta. Este es un tema de gran trascendencia actual, así como transversal, que ha sido señalado como destacado y a tener en cuenta dentro de una propuesta para la EDUTEC por la capacidad de integración de saberes y la relación que tiene el tema con la cotidianidad, entre otros aspectos (Gilbert, 1995). Sobre la nueva propuesta de la SED y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana (2015) se puede indicar que adopta algunos planteamientos de las anteriores orientaciones. Sin embargo, el centro de atención

es ahora la robótica educativa (un eje de la anterior propuesta) y el uso del computador dentro de las herramientas de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). La propuesta de emplear TIC para la EDUTECH ha tomado fuerza en el país y se ha fortalecido con el apoyo de programas como los resumidos en el cuadro 1.1. Es importante señalar que esta propuesta no ha sido ampliamente difundida. Por esta razón, la propuesta del 2009 sigue siendo la orientación para el diseño de currículos vigente en muchas instituciones, lo que conlleva a mantener al maestro en una estructura de trabajo desactualizada y descontextualizada a las dinámicas actuales.

Cuadro 1.1: Programas nacionales que favorecen el uso de TIC en la EDUTECH

Programa	Descripción
Computadores Para Educar	Es el Programa del Gobierno Nacional de mayor impacto social que genera equidad a través de las TIC, fomentando la calidad de la educación bajo un modelo sostenible. Es una asociación integrada por la Presidencia de la República, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC, el Ministerio de Educación Nacional, el Fondo TIC y el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, para promover las TIC como un factor de desarrollo equitativo y sostenible en Colombia. Pone las TIC al alcance de las comunidades educativas, especialmente en las sedes educativas públicas del país, mediante la entrega de equipos de cómputo y la formación a los docentes para su máximo aprovechamiento. Adelanta esta labor de forma ambientalmente responsable, siendo un referente de aprovechamiento de residuos electrónicos como sector público, a nivel latinoamericano. Disponible en http://www.computadoresparaeducar.gov.co/PaginaWeb/index.php/es/nosotros-2/que-es-computadores-para-educar .
Colombia Aprende	El Portal Educativo Colombia Aprende se lanzó el 24 de mayo de 2004, dentro del proyecto de Nuevas Tecnologías del Ministerio de Educación Nacional y en la actualidad es dirigido por la Oficina de Innovación Educativa con el Uso de Nuevas Tecnologías del Ministerio de Educación Nacional. En 2014 se inició un proceso de modernización en diseño, aplicaciones, nuevos servicios y plataforma, entre otros aspectos, para llegar a la comunidad educativa con un Portal innovador que busca responder a las necesidades de sus usuarios. De esta forma, el 27 de abril de 2015, se lanza una nueva versión del Portal Colombia Aprende. Disponible en http://aprende.colombiaaprende.edu.co/es/sobre-colombia-aprende/sobre-nosotros
Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC-	El apoyo desde la política pública se realiza con la ley 1341 de julio de 2009 “por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC-, se crea la Agencia Nacional del Espectro y se dictan otras disposiciones”.

En consecuencia, se puede afirmar que las propuestas para el diseño de currículos no se ajustan al contexto de las diferentes zonas del municipio, pues muy pocas tienen los recursos para la implementación de éstas. Además, el centrar el uso de TIC para el AT&I aleja al estudiante del diseño, construcción y uso del artefacto e impide la formación de competencias propias de la tecnología

que con las TIC no se pueden lograr (Andrade, 1994; Davies y Gilbert, 2003; Gilbert, 1992, 1995; Gilbert et al., 2000; Gilbert y Stocklmayer, 2001; Jones et al., 2013; Petrina, 2008; Ramírez, 2016; Ritz y Fan, 2015; Shumba et al., 2016; Sjøberg, 2002; Stokes, 2010; Williams, 2013, 2016; Williams et al., 2000). Sobre esta afirmación es importante aclarar que *TIC no implica lo mismo que EDUTEC, existe una diferencia en la educación con tecnología a la educación en tecnología*. Las TIC se focalizan en ámbitos de la informática dentro del espacio del AT&I, lo cual implica una condición epistemológica diferente en comparación con la EDUTEC. Las TIC permiten interactuar únicamente con instrumentos o artefactos tecnológicos ligados al manejo de la información y los que permiten difundirla, por lo que usualmente se centra en el uso de computadores.

Como situación especial sobre los recursos, la propuesta para el desarrollo curricular del AT&I en colegios distritales sugerida por SED (2009) encontró en el estudio que realizó para la implementación de sus orientaciones que, existe una “baja dotación de laboratorios necesarios para la enseñanza” (p.14). Además, para el 2009 tan solo se “cubre el 27 % de los colegios del distrito” (p. 6). Por otro lado, la propuesta de aulas realizada por la SED contempla espacios de aproximadamente 76 m² en los que se ubican cuatro (4) bancos de trabajo pesado, ocho (8) bancos móviles de tecnología secundaria, una (1) caneca de aula especializada, una (1) cartelera papelógrafo múltiple, cuarenta (40) sillas de banco móvil, un (1) mueble integral laboratorios, un (1) mueble móvil de proyecciones, un (1) tablero acrílico principal, un (1) mesón para cinco (5) equipos de cómputo y dos (2) estantes metálicos. Es importante resaltar que el mueble integral de laboratorios es básicamente una mesa y sin razón alguna no se especifica que instrumentos de laboratorio serán los que se doten para este espacio, en pocas palabras, el aula de clases para tecnología propone un espacio sin que se especifique los instrumentos o artefactos necesarios para la enseñanza de la tecnología. Esta situación es contradictoria a lo que propone SED (2009), en particular, se afirma la necesidad de dotación de aulas especializadas ante los “rápidos avances de la tecnología que generan una situación de insuficiencia con respecto a los recursos y dotaciones de los equipamientos indispensables para el adecuado desarrollo del aprendizaje” (p.21).

Por consiguiente, si no hay espacios de laboratorios donde los estudiantes puedan desarrollar las habilidades propias de la EDUTEC, es muy probable que la enseñanza de los temas se realice con exposiciones de manera magistral. Esta metodología impide que el estudiante interactúe con los temas a desarrollar, además, dificulta que el estudiante realice un análisis a profundidad de lo que le es presentado, en consecuencia, esta metodología propicia la memorización de los contenidos y se aleja de experiencias que favorecen el aprendizaje de ciencia y tecnología. Una consecuencia de este hecho es que el estudiante muy probablemente olvide lo que ha memorizado al poco tiempo y tenga que recurrir constantemente a la información entregada para dar cuenta de lo que se le indaga o propone. White y Richard (1999) sugieren que esta situación se presenta en vista que la forma en la que se le ha enseñado al estudiante no hace parte de la forma en la cual comprendemos.

Una actividad que favorece la construcción de conocimiento e impide la memorización sin sentido se encuentra en la actividad experimental. Sobre este punto Romero y Aguilar (2013) afirman que “recientes estudios históricos y filosóficos de la física han revalorado la importancia que ha tenido el experimento en el desarrollo de esta disciplina” (p.5). A pesar de la importancia que tiene en la enseñanza, no solo de la física, muchos currículos separan la teoría del experimento. Como ejemplo, en el currículo de ingeniería electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el área de física se encuentra dividida en dos espacios académicos independientes, la teoría se desarrolla en uno y en otro la actividad de laboratorio. En esta división la actividad de laboratorio busca demostrar lo que en la teoría ya se ha presentado.

Sobre el particular, Romero y Aguilar (2013) afirman que esta actividad, con fines comprobatorios de lo que la teoría ha afirmado, impide una adecuada comprensión del proceso de construcción conceptual que es propio de la actividad científica. Esta afirmación sugiere que el modo en el que se debe emplear la actividad experimental debe propender porque el estudiante se acerque más a los modos en los que se construye el conocimiento científico y tecnológico. En consecuencia se requiere *emplear una metodología ligada a la construcción de explicaciones y conceptos a través de la interacción con el instrumento, dada la importancia que éste tiene en la enseñanza de la ciencia y la tecnología* (Brenni, 2012; Cagiltay et al., 2011; Consonni y Silva, 2010; Couto y Romão, 2009; Davies y Gilbert, 2003; Ferreirós y Ordoñez, 2002; Gilbert et al., 2000; Gomez-Sacristan et al., 2016; Justi y Gilbert, 2002; Kaçar y Bayılmış, 2013; Laut et al., 2015; Linn, 2012; Lumori y Kim, 2010; Malagón et al., 2013; Martínez, 1995; Mora y García, 1998; Mora y García, 1998; Parga y Mora, 2000; Priem et al., 2011; Ramírez y Mora, 2015, 2018; Reiner y Gilbert, 2000; Romero y Aguilar, 2013; Shapin y Schaffer, 2005; Williams et al., 2000).

Por otro lado, en cuanto a la relación de la tecnología con la ética también sugerida por el MEN (2008), las orientaciones no amplían las formas en las que se puede aportar a este eje. Es el caso del papel que puede dar el conocimiento científico y tecnológico en la formación de opiniones democráticas, tan importante en el fortalecimiento de las competencias ciudadanas evaluadas por la prueba Saber Pro. Al respecto se puede decir que este papel no es claro, en especial si se observa desde la política educativa. Seoane (2010) afirma que el problema de la educación para la democracia constituye un gran nudo en las actuales sociedades, en especial en sociedades con crecientes tendencias autoritarias en sus gobiernos. Este compromiso de formar al individuo “ha sido relegado a la familia, los mass media y los diferentes entes comunitarios, ya que en ellos se desenvuelve su vida política”, empero, “el aparato escolar resulta el mejor medio educativo del que dispone para tratar de garantizar una sociedad democratizada” (p. 2). Esta afirmación se puede sustentar desde diferentes frentes ligados al objeto de la educación, sin embargo, el aporte a la formación de opiniones democráticas desde la educación en ciencia (EDUCIENCIA) y la EDUTEC se puede soportar desde los hechos de observación ligados a la imagen empiropositivista que se tiene de la ciencia (Ramírez y Mora, 2019; Romero y Aguilar, 2013). Estos hechos son considerados una

herramienta que promueve la atribución causal, en otras palabras, permite la naturaleza explicativa del fenómeno en observación.

Como consecuencia de la EDUCIENCIA y la EDUTECH, la naturaleza explicativa consolida un comportamiento racional y causal que en la actualidad se enriquece al adoptar los adelantos en ciencia y tecnología (CyT) (Ramírez y Mora, 2019). Esto se realiza al incorporar una nueva rama de la ética en la que las cuestiones sociocientíficas y sociotecnológicas se consideran un eje alternativo para fortalecer la consolidación de ese comportamiento racional y causal. En esta metodología el individuo hace parte del proceso de aceptación o no de un adelanto tecnológico, pues según Seoane (2010), el individuo adopta un sentido de responsabilidad como parte del eje moral y legitimador de la actividad científica y tecnológica. Esta responsabilidad le permite emitir juicios críticos y autocríticos, en una postura cercana a la sugerida por John Dewey en la que se plantea la relación por un lado, de la educación, las ciencias y la tecnología en un fuerte vínculo (Echeverría, 2003; Martínez y Suarez, 2008) y, por otro, la formación de una personalidad democrática.

Pasando al campo de la formación de maestros, el MEN (2012) emitió las políticas de formación y desarrollo profesional docente. Como complemento, la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017 también determina las características que debe tener un currículo en programas de formación de maestros. Éstas son presentadas en el cuadro 4.1. Para el caso particular del AT&I, el MEN (2014) presentó las orientaciones con los instrumentos que serán empleados para evaluar, medir y clasificar a los maestros, directivos e instituciones. Estas orientaciones definen las competencias que debe tener el maestro para el AT&I y que serán evaluadas para procesos de ascenso y reubicación salarial. Estas competencias son organizadas en el cuadro 4.5. Al observar los cuadros 4.5 y 4.1 es importante anotar que las competencias, presentadas con los componentes, que se esperan formar en los futuros maestros *no son las mismas que le son evaluadas por el MEN en los procesos de recategorización y reubicación salarial*. Esta conclusión resulta sustancial si se espera que la formación que reciben los maestros sea la que pongan en ejercicio en su labor como profesionales y sea ésta la que les sea evaluada. Al no ser así, se genera una fuerte contradicción.

Como consecuencia, los vacíos que se originan desde las orientaciones y la política pública educativa para el AT&I expuestos se convierten en dificultades al momento de diseñar currículos no solo para la educación básica y media, también lo son para el diseño de currículos en programas de formación de maestros, en particular, para la formación de maestros para el AT&I. Aunado a esta situación, la implementación de la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017 trajo nuevos retos a los programas de formación de maestros. Estos programas se vieron obligados a atender procesos de acreditación de alta calidad y de registro único calificado en cortos periodos de tiempo con altos estándares de evaluación, que surgen como estrategias para asegurar la calidad de los programas de licenciatura en el país. Como resultado de esta dinámica muchos programas de formación de maestros han sido cerrados, afectando la cobertura y la disponibilidad de maestros

para ejercer su labor en las diferentes instituciones del país. En este punto los más afectados han sido los programas de formación de maestros para el AT&I. Varios de éstos han sido cerrados a nivel nacional, muy a pesar de que sea una de las áreas con menor número de programas asociados en Colombia.

Todas estas dificultades de las orientaciones para el diseño de currículos para la EDUTECH han trascendido en el marco de la formación en competencias para el AT&I, en particular en la formación de maestros. Para ilustrar mejor esta situación se presentará un análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de competencias para el AT&I realizada con la prueba *Saber Pro* a nivel nacional y posteriormente de uno de los programas de formación de maestros para el AT&I de más trayectoria en Colombia. Estos resultados serán comparados posteriormente para establecer y conectar nuevas problemáticas.

1.0.1. Resultados nacionales prueba Saber Pro para el Área de Tecnología e Informática

El examen de estado de la calidad de la educación superior, Saber Pro, es un “instrumento estandarizado para la evaluación externa de la calidad de la educación superior” (MEN, 2016, p. 7) y es diseñada por el ICFES (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación). Como instrumento busca constatar el nivel de desarrollo de las competencias de los estudiantes próximos a graduarse en programas de pregrado, además, genera indicadores de valor agregado de la educación superior. Estos indicadores se traducen en información para la construcción de nuevos indicadores de evaluación de calidad para los programas de las diferentes Instituciones de Educación Superior (IES).

Para la comprensión de los resultados a presentar es importante comprender que la prueba Saber Pro se encuentra constituida por la evaluación de competencias generales y específicas. Las generales son las que se espera que todos los estudiantes desarrollen independiente de su formación disciplinar. Las específicas son presentadas por los estudiantes de acuerdo con su área de formación profesional.

En relación con los módulos de competencias genéricas, se puede afirmar que éstos han evolucionado en tres periodos. Para el periodo 2009 – 2011 todos los programas presentaron los *módulos de inglés y comprensión lectora*. Ya en el 2011-2 se adicionaron las *competencias de razonamiento cuantitativo y comunicación escrita* y la competencia de comprensión lectora se transformó en *lectura crítica*. Para el periodo 2012 – 2015 la prueba se complementó con el *módulo de competencias ciudadanas* (MEN, 2016). Debido a que no es posible comparar los resultados en los diferentes periodos por la diferencia de módulos, se opta por hacer el análisis en el periodo de 2012 – 2015, por cuanto contiene todos los módulos que al momento se evalúan en la prueba. Además, en la

actualidad las instituciones no pueden disponer de los resultados de cada estudiante sin el debido consentimiento de ellos, como sucedía años atrás. Esta es una nueva razón para centrar la atención en ese periodo propuesto por cuanto se dispone de información veraz que puede ser soportada con facilidad.

Los módulos de competencias genéricas contienen 35 preguntas de selección múltiple con una única respuesta, exceptuando el módulo de comunicación escrita que contiene una única pregunta abierta cuyo tema central es de interés nacional y de actualidad en el periodo evaluado. Los módulos de competencias específicas contienen entre 40 y 60 preguntas. Estos módulos son seleccionados por las IES de acuerdo con la disciplina con la que se inscribe el programa, así el programa es inscrito en un grupo de referencia que permitirá la comparación de resultados por cada módulo con otros programas que pertenecen a este grupo. Al final de la evaluación, se entrega al evaluado este reporte junto con el resultado del promedio nacional sobre cada módulo, lo que permite tener una mirada general del resultado obtenido en la prueba por parte del estudiante y de la institución (MEN, 2016).

Las competencias genéricas a evaluar son: comunicación escrita (evalúa la capacidad de comunicar ideas de forma escrita); razonamiento cuantitativo (evalúa las competencias relacionadas con habilidades matemáticas); lectura crítica (evalúa competencias para entender, interpretar y evaluar textos); inglés (evalúa competencias para comunicarse en inglés); y competencias ciudadanas (evalúa conocimientos y habilidades que permiten la construcción de marcos de comprensión del entorno acorde con la Constitución Política de Colombia).

La prueba Saber Pro tiene dos conjuntos de indicadores, los básicos y los de contexto. En relación con los básicos, se incluye un valor promedio para cada módulo de competencia genérica que ha sido normalizado a una media de 10 puntos y una desviación estándar de 1 punto. Además, se incluyen niveles de desempeño para el módulo de inglés (ubica al estudiante en uno de los niveles A-, A1, A2, B1 y B+), de comunicación escrita (se ubica al estudiante entre 8 niveles de acuerdo a la calidad del escrito presentado), de razonamiento cuantitativo (se ubica al estudiante en uno de los tres niveles de acuerdo al razonamiento matemático presentado) y lectura crítica (se ubica al estudiante en uno de los tres niveles de acuerdo al razonamiento mostrado en el módulo). Es importante anotar que el módulo de competencias ciudadanas no tiene niveles de desempeño.

Adicional a estos indicadores el estudiante es ubicado en un quintil. Esta medición corresponde a un grupo que resulta de dividir en cinco partes el total de los estudiantes de referencia que presentó cada módulo, siendo el quintil uno el puntaje más bajo y el quinto el más alto. En cuanto a los niveles de contexto, los estudiantes diligencian un cuestionario que busca obtener información sobre el contexto familiar, social y académico, información que posteriormente es desagregada en información de género y sector.

La información por presentar toma las competencias generales y ha sido obtenida de la base de datos del ICFES, disponible de forma gratuita a través de su portal. Para la organización de la información relacionada con el número de programas relacionados con el AT&I a nivel nacional, se filtró la base de datos por el nombre de grupo en “educación” y posteriormente con los nombres de programas por licenciatura para obtener el total de programas a nivel nacional. Un nuevo filtro permitió identificar los programas con denominaciones sugeridas por el MEN bajo la resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017 para el AT&I, además, se incluyó programas relacionados con tecnología y con informática en el estudio. Los programas encontrados se organizaron por ciudades y se relacionaron con los departamentos de estas ciudades. Posteriormente se reorganizaron en 7 regiones como lo muestra la figura 1.2: Bogotá; Antioquia – Chocó (Antioquia - Chocó); Caribe (Atlántico, Guajira, Córdoba, Sucre, Magdalena, Cesar y Bolívar); Centro Sur (Meta, Caquetá, Huila y Putumayo); Eje Cafetero (Quindío, Tolima, Caldas y Risaralda), Nororiente (Santander, Norte de Santander, Boyacá y Cundinamarca); y Sur Occidente (Cauca, Valle del Cauca y Nariño). Esta organización por regiones toma como referencia el documento (Foro_Nacional, 2017). Finalmente, se filtró la información por el nombre de la prueba que relaciona los módulos de evaluación de competencias genéricas para ser presentada.

La figura 1.2⁵ muestra la división por regiones en el mapa político de Colombia del estudio realizado a nivel nacional. Esta división permitirá relacionar los resultados obtenidos con una ubicación geográfica. Además de las zonas demarcadas en el estudio, se ha delimitado una zona que no fue incluida en el estudio, a pesar de ser muy grande en extensión. Esto se debe a que no existe un número considerable de habitantes y, por tanto, no hay universidades y estudiantes, solo algunas pequeñas sedes por lo que los valores son despreciables. Por esta razón, se puede afirmar que la mayoría de la población en Colombia se ubica sobre la zona andina y va disminuyendo hacia las zonas costeras, siendo más poblada la zona atlántica en relación con la zona pacífica. Seguido de la nomenclatura de las regiones se ubicó una tabla en la que es posible identificar el número de programas de formación de maestros promedio por áreas en los años del estudio. Se incluyen las áreas obligatorias y las complementarias. Es posible afirmar que, de las áreas obligatorias en el plan de estudios colombiano, el AT&I es el que cuenta con el menor porcentaje de programas de formación de maestros.

Para hacer un análisis más detallado en lo relacionado con el AT&I se ubicó una tabla en la parte inferior de la figura 1.2 un gráfico que muestra el número de programas de formación de maestros para el AT&I distribuida por regiones. Además, muestra estos programas delimitados por los años del estudio. De este estudio es posible identificar que la región que tiene mayor número de programas es Bogotá, seguido de Antioquia – Chocó, Caribe, Sur Occidente, Nororiente, Eje Cafetero y, finalmente, Centro Sur que no cuenta con ningún programa. El periodo que más programas

⁵Esta figura toma como base el gráfico de la página web <https://publicdomainvectors.org/es/vectoriales-gratuitas/Vector-de-la-imagen-de-mapa-de-las-regiones-de-Colombia/17198.html>

se identificó fue en el 2012 con 27 programas, manteniéndose en 24 para los años 2013 y 2014 y finalizando en 21 programas para el 2015. Si la media de los programas de formación de maestros a nivel nacional se encuentra sobre los 501 programas en el periodo evaluado, se puede afirmar que se pasó del 5.39 % al 4.19 % del total de programas de formación de maestros en el país. Esta cifra es reducida si se considera que el AT&I es un área fundamental y obligatoria en el plan de estudios de la educación colombiana.

División de regiones; Número programas de formación de maestros a nivel nacional y Número de programas de formación de maestros en formación para AT&I

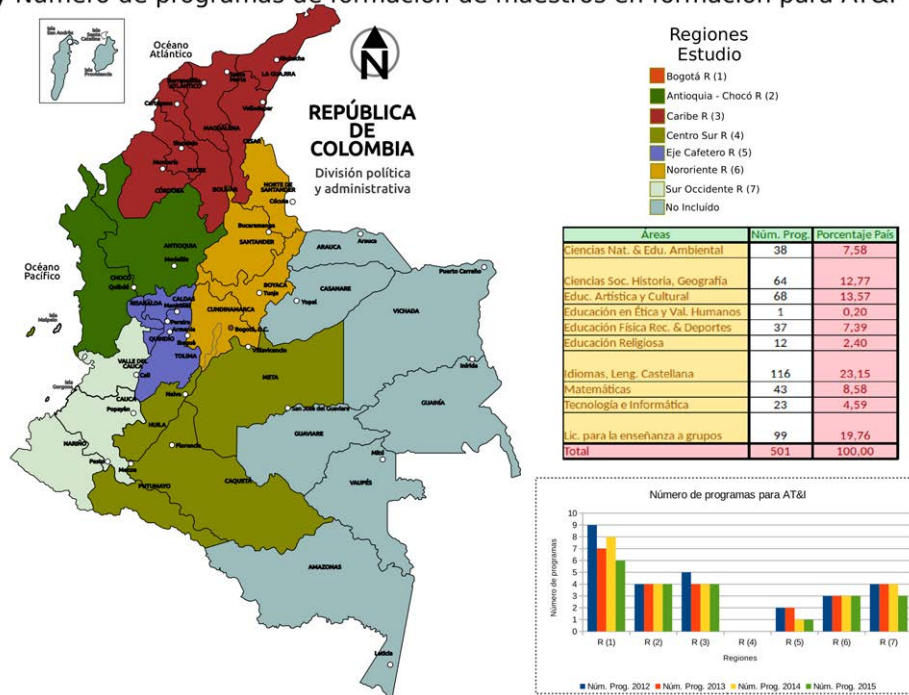


Figura 1.2: Número de programas de formación de maestros para el AT&I.

Siguiendo la estrategia de la figura 1.2, la figura 1.3 centra la atención en el número de maestros en formación asociados a los programas de formación de maestros. En la parte superior de ésta se puede identificar el número de estudiantes que presentaron las pruebas Saber Pro en el periodo de estudio, a nivel nacional. Este número de estudiantes fueron desagregados por cada área, obligatoria o no, del plan de estudios de la educación colombiana. Además, se puede apreciar el porcentaje de estudiantes que presentan la prueba en relación con la totalidad de éstos. De esta información se puede observar que nuevamente el AT&I es la que posee el menor porcentaje de estudiantes dentro de las áreas obligatorias de la educación en Colombia. Para precisar, en la parte inferior se encuentra el número de estudiantes para el AT&I desagregado por regiones. De esta información es posible afirmar que el mayor número de estudiantes inscritos en programas de licenciatura para el AT&I se encuentran en la región Caribe con un total de 2089 estudiantes en el periodo observado, seguido de Bogotá con 753, Nororiente con 566, Eje Cafetero con 356, Antioquia- Chocó con

329, Sur Occidente con 271 y Centro Sur sin estudiantes. Es relevante anotar que aun cuando la región caribe tiene 4 programas de formación en promedio, inscribe aproximadamente tres veces más maestros en formación que Bogotá, quien tiene el mayor número de programas. Igualmente es muy notorio que en todas las regiones el número de futuros maestros para el AT&I ha decrecido significativamente, siendo Bogotá, Antioquia – Chocó y Eje Cafetero las regiones que más disminuyó. Específicamente, Bogotá en el 2013 presentó 279 estudiantes, mientras en el 2015 presentó 57, lo que representa una reducción de 490 % de estudiantes.

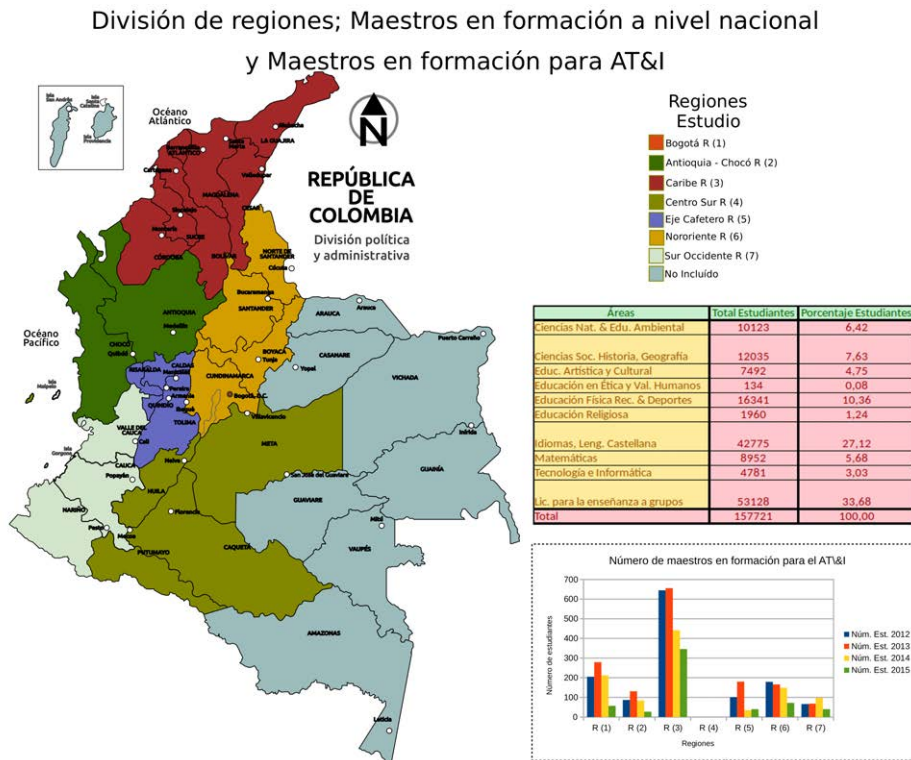


Figura 1.3: Número de estudiantes que presentaron la prueba Saber Pro para el AT&I.

La figura 1.4 centra la atención en las competencias generales evaluadas. En la parte superior se puede observar los resultados de los promedios obtenidos en la prueba Saber Pro presentada por los programas de formación de maestros en el país. En el promedio nacional se puede observar que la competencia que menor desempeño presenta es razonamiento cuantitativo, seguida de competencias ciudadanas. En mejor desempeño la competencia de lectura crítica seguida de inglés y, finalmente, comunicación escrita. Para complementar en la parte inferior se ubican los resultados obtenidos en la prueba Saber Pro de los programas de formación de maestros en el AT&I. De estos datos se puede apreciar que la competencia de comunicación escrita es la mejor valorada en el promedio de los observados, seguido de la lectura crítica, inglés, razonamiento cuantitativo y competencias ciudadanas. Así mismo, es la competencia de comunicación escrita la que permanece con menos cambios en relación con las demás. Es relevante indicar que la tendencia en relación

con el desempeño en las competencias coincide con el estudio a nivel nacional, sin embargo, los resultados obtenidos solo para el AT&I son levemente superiores a los obtenidos por los programas de formación de maestros en el país.

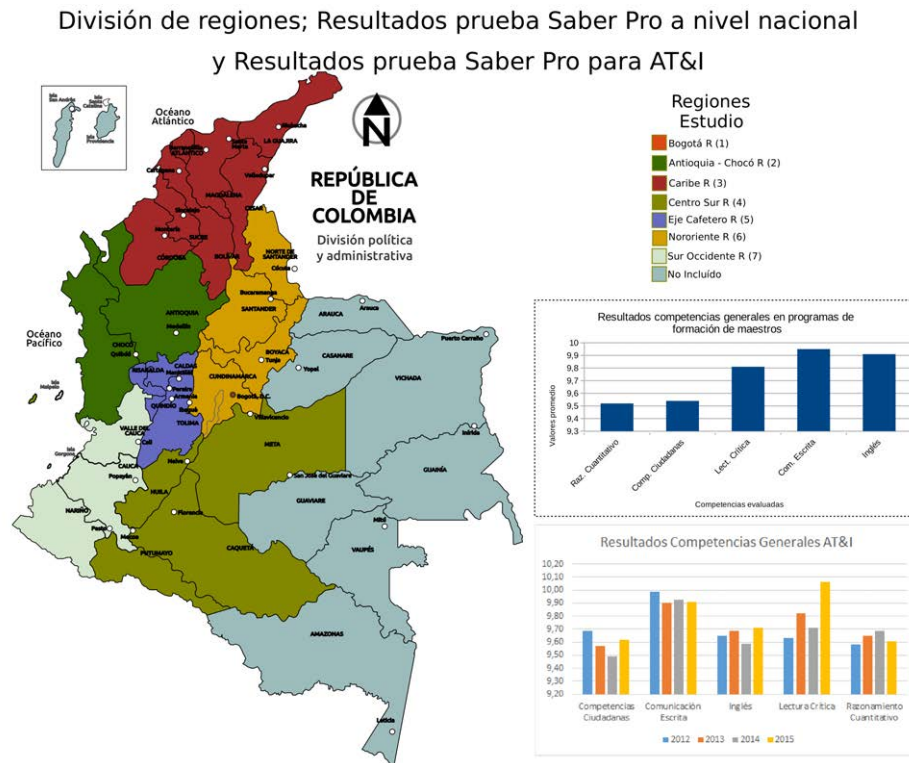


Figura 1.4: Resultados de competencias generales evaluadas en la prueba Saber Pro para el AT&I.

En este orden de ideas, se evidencia un incremento significativo en la valoración de la competencia de lectura crítica para el año 2015 siendo el mejor valor reportado en el periodo de observación. Un progreso en los resultados de los estudiantes menos notorio se observa en las restantes competencias evaluadas. El módulo de razonamiento cuantitativo es la excepción, tuvo un decremento de 0.08 puntos para el año 2015.

Adicional a estos resultados, y producto de la observación del comportamiento de los programas de formación de maestros para el AT&I, es posible indicar que *la mayoría de los estudiantes evaluados se encuentran ubicados en el primer, segundo y tercer quintil, seguidos del cuarto y quinto quintil en un porcentaje menor, lo que permite afirmar que la mayoría de estudiantes se encuentran en resultados muy bajos, bajos y regular mientras que un promedio menor de estudiantes se ubican en resultados buenos y excelentes*. Del periodo evaluado, el año 2014 presentó resultados con menor dispersión. El año 2015 denotó menor ubicación de los estudiantes en los quintiles cuarto y quinto, resaltando que fue este año el que menos estudiantes presentaron el examen.

En cuanto a la competencia de inglés se puede indicar que cerca del 60 % de los estudiantes se ubican en los niveles A- y A1, seguido de un porcentaje menos significativo en A2. El resto de los estudiantes se encuentran en los niveles B1 y B+ con un porcentaje cercano al 15 %. En este sentido, la competencia de comunicación escrita ubica a cerca del 60 % de los estudiantes en los niveles 3, 4 y 5, seguido del nivel 6 y los restantes entre los niveles 7, 8, 2 y 1, respectivamente.

En conclusión, un gran porcentaje de los maestros en formación requieren de incentivar principalmente la formación en las competencias ciudadanas, razonamiento cuantitativo e inglés, sin embargo, las competencias de comunicación escrita y lectura crítica, a pesar de estar mejor valoradas, requieren de trabajo pues se encuentran por debajo del promedio nacional como lo muestra el estudio realizado por el Foro Nacional (2017). Para dar profundidad a esta información se complementará el análisis con los resultados obtenidos por uno de los programas con más tradición en la EDUTECH en Colombia.

1.0.2. Resultados prueba Saber Pro para el Área de Tecnología e Informática en el programa de Licenciatura en Electrónica.

La Licenciatura en Electrónica (LeE) es considerado un caso particular en los programas de formación de maestros para el AT&I, inicialmente por ser único en el país con esa denominación y enfoque. Además, su denominación es aceptada dentro de las orientaciones dadas en la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017. El programa tiene una tradición de décadas en la formación de maestros para el área técnica y, ahora, tecnológica. Modificó su currículo para acogerse a un nuevo horizonte desde la EDUTECH. Asimismo, *es el único que forma maestros para el AT&I desde la electrónica, fortaleciendo sus procesos en líneas importantes como los sistemas de telecomunicaciones, sistemas de control y automatización, sistemas análogos y digitales, entre otros, líneas muy actuales que guardan relación con la tecnología y los productos tecnológicos.*

Los resultados a continuación expuestos mantienen los criterios de selección, filtro de información y ventana de observación, con los que se analizaron las pruebas Saber Pro para los programas de formación de maestros para el AT&I. El total de la muestra de estudiantes es de 27 para el año 2015 y se obtiene un promedio de 23 estudiantes en el periodo observado.

Para dar un contexto a la ubicación de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), en la que se encuentra adscrito el programa de LeE, se ha realizado la figura 1.5⁶. En la parte superior izquierda se encuentra el mapa de Colombia. Se señaló en él la región sobre la que se ubica la capital, Bogotá. Se amplió la zona para mostrar el mapa de la ciudad acompañado de los diferentes municipios que la rodean. La zona delimitada con color rojo permite identificar la extensión del distrito capital, un

⁶Este gráfico toma como base el gráfico de la página web https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Mapa_de_Bogot%C3%A1_DC_%28configuraci%C3%B3n_territorial%29.svg

espacio en el que conviven cerca de 9 millones de personas. En la parte superior se encuentra fijado un punto de color rojo que ubica el lugar aproximado en el que se encuentra la UPN. En la parte inferior se ubica un cuadro que muestra los resultados obtenidos por la LeE para las competencias de conocimientos generales evaluadas por la prueba Saber Pro. En este gráfico es posible observar que la competencia de razonamiento cuantitativo es la que obtiene el mejor desempeño en la ventana de observación seguido de la lectura crítica, inglés, competencias ciudadanas y comunicación escrita, respectivamente. También es evidente que los mejores resultados se obtuvieron en los años 2013 y 2015, siendo notorio una tendencia a mejorar en los resultados.

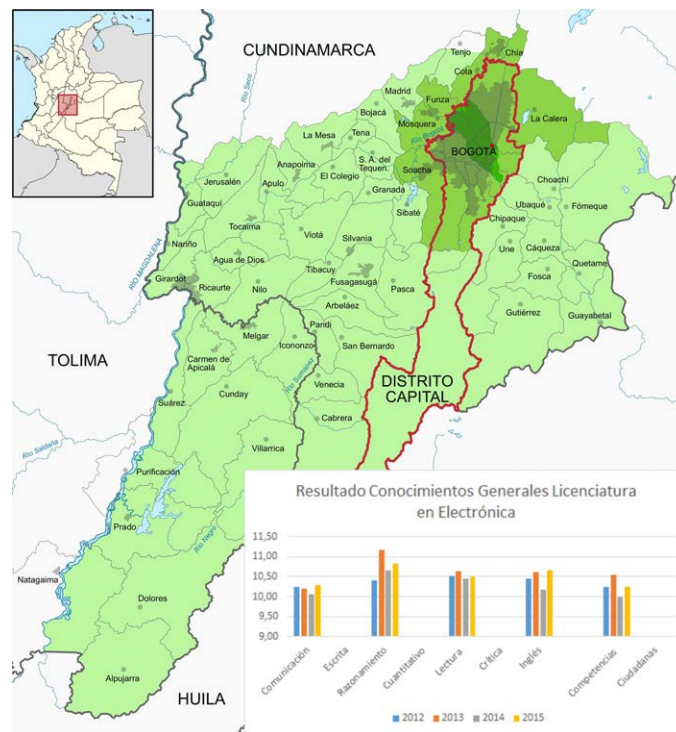


Figura 1.5: Resultados prueba Saber Pro de conocimientos generales para la Licenciatura en Electrónica.

La figura 1.6 muestra los resultados de las competencias de conocimientos específicos evaluadas por la prueba Saber Pro. Esta información es complementaria a la mostrada en los resultados para el país. En el gráfico es posible observar que los mejores resultados se encuentran en la competencia de enseñanza seguido de formación y evaluación, respectivamente. Es notorio que los mejores resultados se encuentran en los años 2013 y 2014 y disminuyen significativamente para el año 2015, siendo el resultado más bajo en la ventana de observación.

La figura 1.7 muestra el promedio obtenido en los resultados de conocimientos generales comparado con el promedio en el mismo periodo de observación del grupo de referencia y el promedio nacional. En la gráfica se puede observar que el programa de LeE se encuentra por encima del pro-

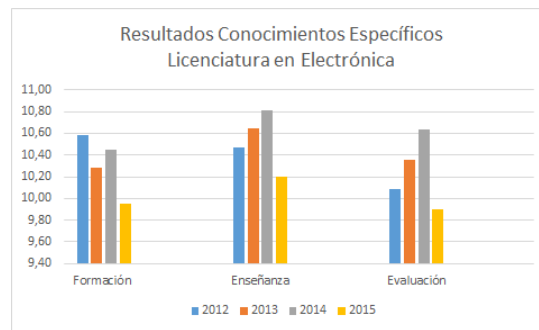


Figura 1.6: Resultados competencias de conocimiento específicos en prueba Saber Pro para la Licenciatura en Electrónica.

medio del grupo de referencia y del promedio nacional. Así mismo, sigue siendo el razonamiento cuantitativo el de mejor comportamiento seguido de la lectura crítica, inglés, competencias ciudadanas y comunicación escrita, respectivamente. Igualmente, se resalta que los resultados obtenidos por el grupo de referencia siguen siendo superiores al promedio nacional en todas las competencias evaluadas. De esta forma, se puede afirmar que el programa de LeE en la evaluación de conocimientos generales se encuentra en un nivel superior con relación al promedio nacional, por tanto, responde en su formación a los conocimientos generales.

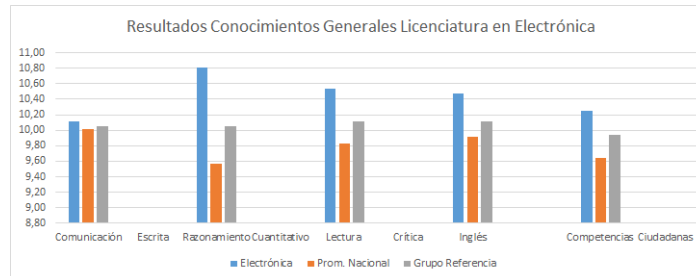


Figura 1.7: Resultados de conocimientos generales prueba Saber Pro comparados con el grupo de referencia y el promedio nacional para la Licenciatura en Electrónica.

Por último, la figura 1.8 muestra los resultados de conocimientos específicos comparado con el promedio en el mismo periodo de observación del grupo de referencia y el promedio nacional. De la gráfica se puede observar que el programa de LeE se encuentra por encima del promedio del grupo de referencia y del promedio nacional. En ese orden de ideas es la prueba de conocimientos en enseñanza la mejor valorada seguido de formación y evaluación respectivamente. Así mismo se aprecia que el promedio nacional y del grupo de referencia es el mismo en las pruebas de conocimientos de formación y enseñanza, y levemente superior el promedio nacional con respecto al grupo de referencia en la prueba de evaluación. Es posible reconocer que en el periodo analizado el promedio del programa se encuentra por encima del promedio del grupo de referencia y del promedio nacional, por lo que se puede afirmar que el programa en promedio responde en su formación a

las competencias específicas.

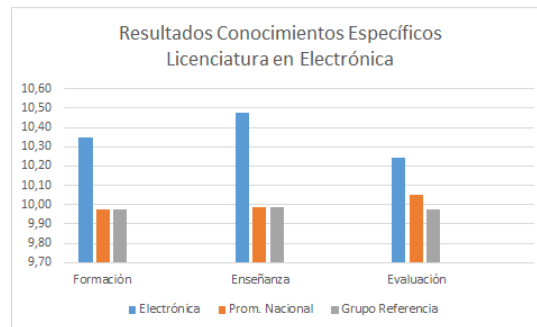


Figura 1.8: Resultados de conocimientos específicos prueba Saber Pro comparados con el grupo de referencia y el promedio nacional para la Licenciatura en Electrónica.

De este análisis se puede concluir que el programa de LeE se encuentra ubicado en formación de competencias generales y específicas sobre el promedio del grupo de referencia y el promedio nacional, sin embargo, se encuentra mejor posicionado en las competencias específicas en relación con los mismos grupos comparados. Por otro lado, luego de la revisión de la evaluación de competencias generales y específicas para el AT&I en la prueba Saber Pro, vistas desde el programa de LeE, es relevante indicar que *no se aprecia una relación directa de estas competencias con las competencias que son evaluadas a los maestros en ejercicio y las competencias que sugiere el MEN para la formación de maestros*, como se puede apreciar en comparación con los cuadros 4.5 y 4.1.

Como casos particulares de la evaluación se encontró que, en el año 2015, en el módulo enseñanza el 92,5 %, que equivale a 25 estudiantes de 27 en total del programa de LeE que presentaron la prueba, se ubican en quintiles III, IV y V, que son considerados los de mayor desempeño. En relación con el módulo de evaluación el 63 %, que equivale a 17 estudiantes del programa se ubican en los quintiles de mayor desempeño. En el módulo de formación el 51 %, que equivale a 14 estudiantes del programa, se ubican en los mismos niveles de mayor desempeño. En una mirada holística de los resultados del programa en los módulos de enseñar, formar y evaluar el 78 %, que equivale a 21 estudiantes, se ubican en los quintiles de mayor desempeño.

De igual forma, en los resultados de la evaluación de competencias generales, en el módulo de comunicación escrita, el 81 % (22 estudiantes) se ubicó en los niveles más altos (cuarto al sexto). Dentro de estos niveles 18 estudiantes, que equivale al 66 %, se ubicaron en los quintiles de mejor desempeño. Así, en el módulo de competencias ciudadanas el 70 % (19 estudiantes) se ubicó en los quintiles de mejor desempeño. En el módulo de inglés, el 74 % (20 estudiantes) se ubicó en el quinto quintil con un nivel B+. En el módulo de lectura crítica, el 81 % (22 estudiantes) se ubicó en los quintiles más altos, cuarto y quinto. En el módulo de razonamiento cuantitativo, el 89 % (24 estudiantes) se situó en los quintiles más altos. Es relevante indicar que, en este periodo 2015, cin-

co estudiantes del programa lograron hacer parte del listado de mejores resultados en las pruebas Saber Pro a nivel nacional.

Estos resultados muestran que el programa ha venido mejorando sus procesos de calidad, sin embargo, es necesario prestar atención a la formación de competencias de conocimientos generales, especialmente en la comunicación escrita, las competencias ciudadanas e inglés, no desconociendo que es importante fortalecer todas las competencias de conocimiento general y específico en razón a que el resultado obtenido lo sitúa sobre el promedio del grupo de referencia y el promedio nacional, no obstante, esta situación impacta directamente sobre el desempeño de la EDUTEC en educación básica y media y entre mejores resultados se obtengan mejor formación recibirán los estudiantes y el impacto en CyT será más positivo.

En este orden de ideas, muchos programas de formación de maestros para el AT&I deben realizar modificaciones a sus currículos y ajustarlos a las exigencias que existen para la educación básica y media. Éstos deben tomar las indicaciones expresas en la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017 y las orientaciones, lineamientos y estándares curriculares definidos por el MEN para esta área. Sin embargo, como se expuso, los documentos que orientan la construcción del currículo para el AT&I tienen algunos vacíos que dificultan esta actividad. En consecuencia, estos vacíos impiden que los currículos se conecten con las directrices nacionales originando un ciclo en el que el problema perdura. Esta situación afecta la construcción del currículo para la LeE. Por un lado, en el diseño del macro-curriculum, la participación colectiva favorece fijar metas comunes que se conectan con las necesidades del país. Estas metas son ajustadas a los objetivos del meso-curriculum, pero al momento en el que el maestro diseña su enseñanza como actividad del micro-curriculum, *las dificultades para conectar y diseñar las actividades en tecnología emergen de nuevo en vista que los vacíos mencionados no permiten dar la claridad al maestro para que pueda realizar su actividad con seguridad, lo que conlleva a que el maestro diseñe las actividades como considera que se deben conectar con los objetivos fijados. Desde otro punto de vista, esta situación logra que el estudiante no tenga una mirada clara de lo que debe ser un currículo para tecnología, porque vivencia diversas miradas que solo tienen supervisión en el cumplimiento de los temas acordados, temas en los que se puede obtener buenos resultados como lo muestra la prueba Saber Pro, pero que en trasfondo no pueden mostrar si el estudiante tiene las competencias docentes para ejercer su labor como maestro. En consecuencia, cuando en su quehacer profesional él tenga que diseñar su currículo no sabrá cómo debe hacerlo, situación que configura un nuevo ciclo de vacíos.*

El panorama internacional no es muy distante del panorama nacional. Se puede afirmar que no existe un consenso sobre cuáles son las competencias y capacidades que se deben fortalecer para la EDUTEC. Es posible rastrear algunas propuestas como la de competencias para el siglo XXI de Pešaković et al. (2014), resumida en la tabla 4.2 o propuestas alternas como las de Mohan et al. (2010); Theyßen et al. (2014); Thompson et al. (2013). Es importante mencionar que estas pro-

puestas no constituyen un cuerpo de competencias y capacidades consensuadas por una comunidad académica, son entendidas como tal, como propuestas que pueden ser utilizadas en la EDUTECH para contextos semejantes en los que fueron implementados estos diseños.

Para favorecer el desarrollo de capacidades y la formación de competencias en EDUTECH se propone que el trabajo conceptual debe estar unido al trabajo procedimental (Leppavirta et al., 2011). De la misma manera, se deben vincular problemas a resolver en un esquema de aprendizaje basado en problemas (PBL) y trabajo en equipo cooperativo (Davies y Gilbert, 2003; Shakouri et al., 2013; Williams et al., 2000). También es adecuado abordar problemas que requieran usar la robótica por su fuerte vínculo con la cibernética (Laut et al., 2015). En este campo es importante mencionar que una alternativa en boga que tiene mucha fuerza en el mundo es el vincular las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas (STEM) y Artes (STEAM) alrededor de problemas que vinculen estas áreas (Corlu et al., 2014; Marginson et al., 2013; Ritz y Fan, 2015; Sanders, 2015). Estas son las propuestas más empleadas para el desarrollo curricular en EDUTECH. No obstante, es relevante indicar que no existe un único enfoque a ser implementado, cada una de las propuestas es una alternativa a tener en cuenta.

La propuesta de abordar problemas y que éstos guarden relación con el contexto es tema central en todas las estrategias para el desarrollo de currículos en EDUTECH, sin embargo, no es posible encontrar una propuesta que una las competencias con la estrategia. Por esta razón, se ha identificado un ejercicio académico que trata las competencias con el planteamiento de problemas y es tema de actual debate académico por su pertinencia. La propuesta se centra en la Educación para el Desarrollo Sostenible (ESD). Los modelos identificados serán tratados con mayor profundidad en el espacio de referente conceptual, subtema competencias. Los modelos por citar parten de identificar ¿Qué competencias necesitan los profesores para implementar y desarrollar ofertas educacionales en el campo de la educación para el desarrollo sostenible (ESD)?

El primer modelo, Curriculum Sustainable Development, Competences, Teacher Training (CSCT) es propuesto para ser implementado en todos los niveles educativos escolares. Es producto de la organización internacional ENSI (Environment and School Initiatives) y es parte del proyecto Comenius-2 que se desarrolla con la participación de miembros de 15 universidades europeas. El modelo CSCT es referido a los objetivos generales de la educación. En su planteamiento propone tres dimensiones de competencias que se vinculan con cinco ámbitos en los que se presentan estas competencias (Bertschy et al., 2013).

Un segundo modelo se plantea como aprendizaje para el futuro, the Competences in Education for Sustainable Development (ECE) o modelo ECE. Este modelo fue desarrollado en el 2012 por un grupo de expertos internacionales que proyectó un modelo para los educadores en general y no sólo para los profesores. La propuesta busca integrar la educación para el desarrollo sostenible en

las actividades de cuidado y educación de los niños. Este modelo debe servir a la política, al desarrollo institucional y a las tareas educativas como una orientación que favorezca el desarrollo hacia la sostenibilidad. A diferencia del modelo CSCT, éste se dirige a personas, grupos e instituciones con una función multiplicadora en lo que respecta a la aplicación del desarrollo sostenible, y en particular, se dirige también a los educadores de los maestros (Bertschy et al., 2013).

Un tercer modelo paralelo a CSCT y ECE es el modelo de competencias de acción profesional de Baumert y Kunter. Este modelo parte de los trabajos teóricos sobre el conocimiento profesional de los profesores. También se relaciona con el enfoque estadounidense orientado por la National Board for Professional Teaching Standards (NBPTS). En este modelo es posible identificar que las competencias para la acción se consideran como una interacción de conocimientos y habilidades; de la competencia en sentido estricto, con orientación motivacional, de valores (convicción) y componentes de autorregulación que actúan como una condición crucial para la voluntad de actuar. En este modelo se resaltan dos aspectos de competencias que favorecen el diseño de la educación en las instituciones de formación de maestros: el *aspecto de la motivación y voluntad* y el *aspecto conocimiento y habilidad*. A estos dos aspectos se les asigna competencia particular y unos componentes acordes con las dimensiones de los conocimientos profesionales (Bertschy et al., 2013).

Es importante mencionar que un elemento central y medular en los modelos es el trabajo con proyectos. Lo más importante de este planteamiento es que los problemas surgen de las necesidades locales, es decir, son parte del contexto. Por esta razón existe un mayor compromiso de análisis, diseño y construcción de alternativas por parte de los estudiantes, familia, docentes y directivos a resolverlos, lo que constituye un aprendizaje propio de la experiencia del contexto social, cultural y académico y se constituye en un conocimiento que se mantiene por estar más vinculado con la forma en la que aprendemos (Driver, 1986). Esta forma de aprender está muy conectada con la que se requiere en la EDUTEC.

Paralelamente a estos modelos, en el análisis documental de las características de los currículos para la EDUTEC en la educación básica, específicamente en los países de Inglaterra, Bélgica (Flandes) y Noruega, Aesaert et al. (2013) encontraron que los objetivos específicos con el que se diseñan los currículos se centran principalmente en el uso crítico de la tecnología educativa; el uso seguro y responsable de la tecnología educativa; la recuperación, el procesamiento y la producción de información; la comunicación mediante el uso de la tecnología educativa y el uso de la tecnología educativa para el aprendizaje de asignaturas, en otras palabras, se centran en el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Por esta razón existe una propuesta de capacidades y competencias ligadas al uso de este tipo de herramientas. Esta es una nueva condición en el trabajo para la EDUTEC, sin embargo, como se afirmó anteriormente, existe una gran diferencia entre la educación con tecnología a la educación en tecnología.

Hablar de competencias en la EDUTECH es un tema espinoso y a su vez difuso. Wiek et al. (2011) señalan en este punto que en la literatura educativa sobre competencias en general son vinculados una gran cantidad de términos ambiguos asociados a las “competencias”, por ejemplo, se relacionan las competencias con habilidades, destrezas, habilidades, “capabilities”, “capacities”, cualificaciones y otros conceptos. Sin embargo, en muchos casos estos términos son tratados de manera indistinta. Esta situación termina afectando muchos campos en la educación, especialmente *aquellos que guardan estrecha relación con el diseño de currículos*. Por esta razón, es necesario el desarrollo de un cuerpo de competencias que sea útil como marco de trabajo en la investigación (Mora, 2015). No obstante, en la EDUTECH este marco de competencias no ha sido definido como tal. Es posible identificar propuestas de competencias para el trabajo en Diseño y Tecnología, propio de Inglaterra y países británicos. También, propuestas desde el aprendizaje basado en problemas y lo es también para STEM y áreas relacionadas con la ingeniería. Sin embargo, no se constituyen un marco de referencia o denominado “key competences” para el desarrollo académico.

En este panorama nacional e internacional, la figura 1.9 sintetiza las propuestas identificadas. En el panorama nacional se ubican las propuestas del MEN y la SED y las pruebas que se realizan para medir el aprendizaje de los estudiantes en Colombia. En el panorama internacional se ubican las propuestas de DeSeCo (2005); el Modelo de Razonamiento y Acción Pedagógica y el conocimiento didáctico del contenido (CDC-PCK) (Bolívar, 2011); el Modelo Technological, Pedagogical And Content Knowledge (TPACK) (Salas-Rueda, 2018); el bildung de Wolfgang Klaski (Roith, 2006); el proyecto Accreditation Board Engineering and Technology (ABET) de USA; el modelo CDIO (MIT en USA); el Occupational Standards Council for Engineering - OSCEng del Reino Unido; el modelo de la European Society for Engineering Education (SEFI); el Proyecto TUNING Europa y TUNING América Latina (Bravo, 2007); el Proyecto Ingeniero de las Américas; el proyecto CONFEDI (Argentina); el Proyecto 6x4 UEALC; la propuesta de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de Ingeniería (ASIBEI); la propuesta de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI); los modelos enfocados en ESD y finalmente, algunas propuestas de autores específicos en EDUTECH.

En este importante punto de las competencias, Wiek et al. (2011) sugieren la importancia de definir un marco de competencias, en primer lugar, porque se necesita, a través de justificaciones teóricas, dar a entender por qué se proponen las competencias y por qué son fundamentales para la investigación. En segundo lugar, para apoyar las competencias propuestas con evidencia empírica que demuestren que permiten el éxito en la investigación. Tercero, para promover estudios de seguimiento que expliquen los detalles específicos de las competencias propuestas, incluido el tipo de conocimientos metodológicos específicos que ellos aspiran y también necesitan. Por último, *las competencias clave proporcionan un sistema de referencia para evaluar de forma transparente la eficacia del aprendizaje y la enseñanza de los estudiantes*. Este factor es considerado una debilidad en la EDUTECH, pues como se indicó, no existe una propuesta de competencias y capacidades

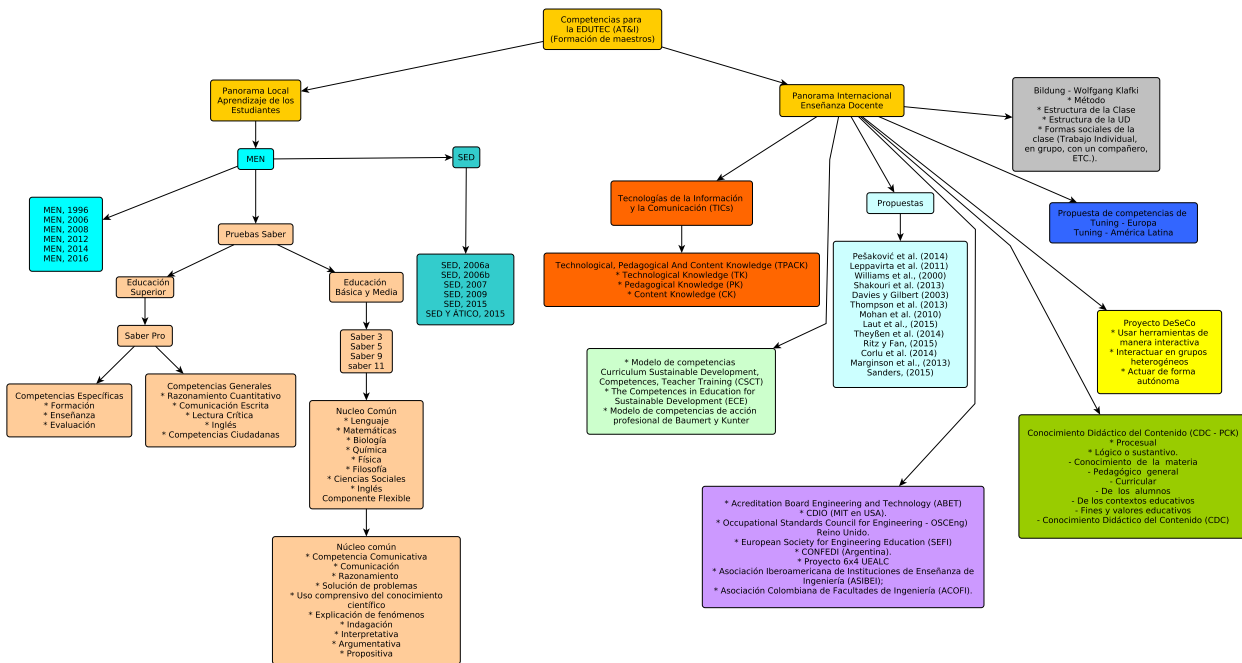


Figura 1.9: Síntesis de las propuestas de competencias en el panorama internacional y nacional.

consensuadas por una comunidad académica en el área, razón por la que se justifica indagar sobre el tema.

Retornando al panorama nacional se puede afirmar que no tener claridad sobre la forma en la que se deben diseñar los currículos para el AT&I, así como no disponer de un marco de competencias que permita la misma formación de competencias y el desarrollo de diferentes capacidades en los diferentes niveles educativos (básico, medio, formación de maestros), además, carecer de este marco de competencias que dificulta la evaluación en los diferentes niveles educativos, también tiene efectos en la proyección del país, en particular, si la educación es considerada un eje transversal para los planes de desarrollo y la política pública. En este caso, el Plan Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (COLCIENCIAS, 2006) afirma, que “existe una insuficiente valoración de la sociedad colombiana de las actividades CT+I. Existe un bajo nivel general de formación, tanto en el sector público como en el privado, especialmente a nivel de postgrado y formación avanzada, lo cual redundo en que se concede poco valor al componente de conocimiento. La educación es un pilar fundamental para sustentar el cambio de modelos mentales hacia la ciencia, la tecnología y la innovación” (p. 20). Esta es una valoración negativa que tiene incidencia con la percepción que tienen los colombianos sobre la CyT, una percepción que se origina en las aulas de clase al ser el primer escenario de contacto con la CyT desde la EDUCIENCIA y la EDUTEC.

Estudios similares exponen resultados semejantes a los que se citan desde el PND. Es el caso de la investigación realizada por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES,

2015). Dentro de las conclusiones de la investigación se encontró un bajo impacto en la formación en CyT que ha derivado en que en las “diferentes regiones del país no se haya logrado impulsar el desarrollo económico y social a través de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación” (p. 24). Paralelamente, otro estudio sobre el desarrollo económico y social a través de la CTI realizado por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), muestra que “los colombianos tienen una baja percepción en el uso que se puede dar al conocimiento científico y tecnológico, especialmente en la formación de opiniones políticas, democráticas y sociales” (Daza et al., 2014, p. 91, 302). Estos resultados van de la mano con los cuestionamientos hechos a las orientaciones del MEN (2008), en particular, porque una baja inversión en la educación genera una baja percepción de utilidad del conocimiento científico y tecnológico. En consecuencia, esta baja percepción genera un bajo impacto en el desarrollo en CTI, y un bajo impacto en CTI afecta el bienestar y la calidad de vida de los colombianos.

Sumado a esto, el PND considera que “la CT+I (Ciencia, Tecnología e Innovación) cumple un rol fundamental en la transformación productiva del país, en facilitar y acelerar el acceso de Colombia a la sociedad y economía del conocimiento. La CT+I es un factor fundamental para el desarrollo humano y social, puesto que permite la liberación del talento y la capacidad creadora, la elevación del bienestar y la calidad de vida, la solución de muchos problemas de los derivados de la pobreza y el conflicto social y político que afecta a los colombianos” (COLCIENCIAS, 2006, p. 12). Tomando en consideración esta afirmación, la CT+I son considerados factor fundamental para el desarrollo económico, humano y social, y la educación es el mejor medio para alcanzar estas metas. Sin embargo, dificultades como las que son citadas en este espacio impiden que la formación que reciben nuestros estudiantes se vincule con las necesidades del país y del mundo y aporten significativamente al cambio que Colombia necesita.

Por último, una situación que se ha hecho evidente luego de esta exposición es la dificultad para llevar al aula de clases los componentes, *competencias* y desempeños que sugiere el MEN (2008). Estas dificultades se trasladan al ejercicio del maestro pues para que él diseñe su enseñanza debe tener claridad sobre la forma en la que debe interpretar y trasponer estas orientaciones y que, dados los cuestionamientos hechos con antelación, existen dificultades para hacerlo.

Alliaud y Feeney (2015) consideran como objetivo primordial que un maestro tenga la *competencia* para diseñar su enseñanza, una actividad que le permite imaginar lo que puede suceder en el proceso de aprendizaje por parte de sus estudiantes y de él mismo. Esta preparación pre-activa de la clase necesita de la elaboración de materiales didácticos que faciliten el desarrollo del proceso educativo que se pensó, en consecuencia, le permitirá evaluar si los estudiantes han logrado aprender los objetivos y contenidos diseñados en la preparación (Furió y Furió, 2009). Sin embargo, como se ha mostrado, el no tener claridad de cómo llevar al aula de clases la EDUTECH, así como no tener claridad en las competencias que requieren los maestros en formación para mejorar su labor, entre

otras dificultades, impiden que se logre este objetivo. Por esta razón, esta actividad se convierte en parte fundamental de la investigación.

Otro factor no menos importante se encuentra ligado a los procesos de registro calificado y acreditación de alta calidad de los programas de formación de maestros, en particular, para el AT&I. En estos procesos, los programas recibieron las resoluciones que acreditan el cumplimiento de los requisitos basados en un esquema de trabajo por competencias. No obstante, *en el actuar, el enfoque que se emplea es el de objetivos y no competencias*. Este es un punto que requiere de mucha atención. Como se mencionó, la mayoría de los programas de formación de maestros en el país presentaron estos procesos en el 2017 por la aplicación de la Resolución 2041 de 2016 (derogada posteriormente con la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017). Por esta razón, muchos de los programas estarán próximos a presentar los resultados de los procesos de evaluación y mejoramiento con fines de renovación del registro calificado y la acreditación de alta calidad. Esta situación no es ajena al programa de LeE. En este momento se encuentra realizando evaluación y ajustes al Proyecto Educativo del Programa (PEP), razón por la que aportar a este proceso desde la investigación será un valor agregado y motivacional para un cambio que requiere el programa.

Como síntesis, el capítulo ha mostrado el panorama de la EDUTECH en Colombia, en particular, se desarrolló su creación como AT&I y se presentaron algunas dificultades que trajo la incorporación del área en el plan de estudios de la educación colombiana. Específicamente, se revelaron algunos vacíos que se encuentran en las orientaciones para el diseño de currículos en el AT&I. Así mismo, los vacíos se extienden al tratamiento que dan las orientaciones al tema de desarrollo de capacidades y formación de competencias para el área. En este punto se hizo énfasis en la falta de cohesión y claridad de las orientaciones que impiden que se puedan llevar las intenciones y proyecciones gubernamentales al AT&I y a su vez, al aula de clases. Especialmente, estas dificultades impiden traducir las intenciones y proyecciones estatales en el diseño de currículos y alternativas de enseñanza para la EDUTECH, para la formación de maestros para esta área y para el educador del AT&I. También se mostró la falta de espacios y equipos de laboratorio necesarios para la enseñanza del área. Aunado a estas situaciones, se resalta el hecho de la falta de actualización de estas orientaciones. Esto conlleva a que el problema no avance hacia una solución y por consiguiente, se mantenga en un letargo regulatorio académico sobre el tema. Para contextualizar el inconveniente se realizó un análisis de los resultados obtenidos por los programas de formación de maestros en el AT&I en el país y se centró la atención en un programa específico, la Licenciatura en Electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional.

Además de la perspectiva nacional, se mostró que el panorama internacional no se aleja de las dificultades que muestra el país. En particular, se centró la atención sobre el tema de desarrollo de capacidades y formación de competencias desde las propuestas mundiales que buscan integrar la EDUTECH en los planes de estudios. Fue posible identificar que falta investigación en el tema y por

ello, existe la necesidad de emplear la experiencia de áreas más desarrolladas como las ciencias o la Educación para el Desarrollo Sostenible como alternativas para desarrollar currículos para el AT&I centrandolo la atención en la solución de problemas.

El hecho de que el AT&I no tenga la acogida que esperaba el Ministerio de Educación Nacional y que los objetivos y proyecciones del área no se traduzcan en el aula de clases ha impactado significativamente en los planes de desarrollo y la política pública, especialmente, en lo relacionado con Ciencia, Tecnología e Innovación. Lo desarrollado en el capítulo se conecta con lo expuesto en la figura 1.1.

De acuerdo con las ideas expuestas, se ha puesto de manifiesto la necesidad de investigar en la didáctica de la EDUTECH. En especial, la necesidad de vincular el instrumento científico en los procesos de formación. No obstante, este camino no ha de ser transitado solo con las orientaciones gubernamentales, se requiere el apoyo de experiencias exitosas que encaminen significativamente a la formación de maestros y ciudadanos integrales y con *competencias* para tomar decisiones y posturas críticas en diversos ámbitos. Derivado de esta situación se espera un impacto positivo en el desarrollo de la CTI que tanto necesita Colombia. En vista que la experiencia mostrada en el diseño de currículos para el AT&I no es la mejor y que el MEN (2008) plantea la necesidad de vincular la ciencia en la EDUTECH, se sugiere que el apoyo para esta investigación debe hacerse desde la experiencia con la que cuenta la EDUCIENCIA, situación que promueve un escenario novedoso y, por tanto, uno de los puntos que hace relevante el investigar sobre esta propuesta.

Resultado de este planteamiento de vincular la CyT en la actividad de la EDUTECH, será necesario proponer un fenómeno en el que converja el conocimiento científico y tecnológico y permita desarrollar las *competencias* que emplea el futuro maestro para el AT&I, en especial, aquellas que se relacionan con el diseño, construcción y uso del artefacto y que para la EDUCIENCIA se abordará desde el instrumento científico. En este artefacto se encontrarán vinculadas la tecnología, la ciencia, la técnica, la sociedad y el medio ambiente, entre otros, aspectos que se integran y relacionan fuertemente entre sí como afirman Echeverría (2003); Esteban (2003); Fernández et al. (2003) y Martínez y Suarez (2008) y que el MEN propone para ser articulados dentro del plan de estudios de la educación básica y media en EDUTECH. Además, se convierten en un aspecto importante en la formación de maestros en el AT&I. Este planteamiento es considerado un escenario novedoso y relevante para la investigación.

Presentado este panorama del AT&I es adecuado formular la pregunta general y las preguntas específicas que delimitarán la investigación. Enunciadas éstas, se definirán las metas a llevar a cabo. Luego de culminar la operacionalización del problema y la correspondencia con la metodología a desarrollar se presentará el siguiente capítulo, el estado de arte de la investigación.

1.1. Formulación de la pregunta general y las preguntas específicas

El problema de investigación que se pretende abordar se define con la pregunta general. Para precisar este problema se plantean unas preguntas específicas. El cuadro 1.2 presenta una síntesis del planteamiento del problema. Con esta información se realiza la operacionalización del problema.

Cuadro 1.2: Síntesis del planteamiento del problema

Operacionalización del problema	
Pregunta General	Preguntas Específicas
¿Cómo las competencias docentes se forman al implementar una unidad didáctica en la que los maestros en formación para el área de Tecnología e Informática se ven involucrados en la construcción de instrumentos científicos?	1). ¿Qué características se requieren para construir un instrumento científico que permita estudiar la generación y detección de ondas de radiofrecuencia al emplear antenas dipolo simple tomando como referencia los estudios de Heinrich Rudolf Hertz sobre el tema en el periodo de 1887 a 1890 con estudiantes del programa de Licenciatura en Electrónica que estén cursando el área de comunicaciones?
	2). ¿Cómo diseñar una unidad didáctica teórico - experimental que involucre la construcción de instrumentos científicos, para ser implementada y evaluada con maestros en formación para el área de Tecnología e Informática, específicamente, con estudiantes del programa de Licenciatura en Electrónica que estén cursando el área de comunicaciones?
	3). ¿Qué competencias docentes se desprenden del análisis de la implementación de la unidad didáctica teórica – experimental en maestros en formación para el área de Tecnología e Informática, específicamente, los Licenciados en Electrónica que están cursando el área de comunicaciones?

1.2. Formulación del objetivo general y los objetivos específicos

El planteamiento del problema de este proyecto de investigación dio lugar a unas metas que se han consolidado en el objetivo general. Se ha realizado la operacionalización del objetivo general con la propuesta de unos objetivos específicos. Esta información se encuentra en el cuadro 1.3. Aun cuando el proyecto no precisa del planteamiento de hipótesis, para establecer una relación de la operacionalización con la metodología planteada se ha incluido en el cuadro un espacio que presenta unos supuestos. Estos supuestos son considerados ideas guía del trabajo que se derivan del estado de arte y que serán útiles a la hora de analizar la información. Además, con el ánimo de dar claridad del lugar en el que se encuentra el desarrollo de cada meta, se proporciona información de la fase de investigación propuesta y de los instrumentos a emplear.

Cuadro 1.3: Síntesis de la formulación del problema

Operacionalización del objetivo general		Operacionalización y correspondencia con la metodología		
Objetivo General	Objetivos Específicos	Supuestos en la investigación	Fases de investigación	Instrumentos
Identificar las competencias docentes que se forman al implementar una unidad didáctica en la que los maestros en formación para el área de tecnología e informática se ven involucrados en la construcción de instrumentos científicos.	1). Determinar las características para construir un instrumento científico que permita estudiar la generación y detección de ondas de radiofrecuencia al emplear antenas dipolo simple tomando como referencia los estudios de Heinrich Rudolf Hertz sobre el tema en el periodo de 1887 a 1890 con estudiantes del programa de Licenciatura en Electrónica que estén cursando el área de comunicaciones.	La consecución de un laboratorio de bajo costo para la generación de ondas de radiofrecuencia posibilita acercar este fenómeno a los estudiantes. Además, favorece el vínculo de varias disciplinas propias de la electrónica en su diseño, construcción y uso. La actividad requiere de emplear competencias docentes para su consecución. Estas actividades son propias de la tecnología y posibilitarán la construcción de conocimiento científico y tecnológico.	Fase 2: Trabajo de campo y análisis. Cuadro 5.6.	Cuestionario y Pruebas específicas. Cuadro 5.3.
	2). Diseñar una unidad didáctica teórico - experimental que involucre la construcción de instrumentos científicos, para ser implementada y evaluada con maestros en formación para el área de Tecnología e Informática, específicamente, con estudiantes del programa de Licenciatura en Electrónica que estén cursando el área de comunicaciones.	La unidad didáctica vinculará elementos teóricos y experimentales que permitirán la consecución del laboratorio de bajo costo para la generación de ondas de radiofrecuencia. Los contenidos organizados como una secuencia facilitarán que los estudiantes adelanten los temas progresivamente. El seguimiento de las actividades favorecerá el vínculo de las disciplinas y el desarrollo de las competencias docentes.	Fase 2: Trabajo de campo y análisis. Cuadro 5.6.	Cuestionario, Pruebas específicas y Entrevistas. Cuadro 5.3.
	3). Señalar las competencias docentes que se desprenden del análisis de la implementación de la unidad didáctica teórica - experimental en maestros en formación para el área de Tecnología e Informática, específicamente, los Licenciados en Electrónica que están cursando el área de comunicaciones.	El seguimiento de las actividades permitirá descubrir qué competencias emplean los maestros en formación al diseñar, construir y usar un instrumento de laboratorio de bajo costo para la generación y detección de ondas de radiofrecuencia.	Fase 3: Informativa. Cuadro 5.6.	Cuestionario, Pruebas específicas y Entrevistas. Cuadro 5.3.

Capítulo 2

Estado de arte

Para el desarrollo de este estado del arte se ha dispuesto de una concepción filosófica *hermenéutica*. La metodología empleada es de *estado de arte* fortalecida desde un fundamento *abductivo*. El tipo de análisis de datos empleado es el *análisis de contenido* y fue asistido por *ATLAS TI*¹. El cuadro 2.1 resume la forma en la que se desarrolló esta primera fase de la investigación.

Cuadro 2.1: Fase 1. Procedimiento de la investigación

Fase	Concepción Filosófica	Metodología	Fundamento	Análisis de Datos	Herramienta
1	Hermenéutica	Estado de Arte	Abductivo	Análisis de Contenido	Asistido por ATLAS TI

Con el ánimo de establecer una validación interna y externa en el ejercicio de elaborar el estado de arte de la investigación se proponen los siguientes criterios a tener en cuenta. Como criterios de rigor y calidad serán adoptados los propuestos por Guba y Lincoln (Tójar, 2006): Credibilidad, Transferibilidad, Dependencia y Confirmabilidad. Específicamente, en este proceso serán empleados los criterios de *credibilidad*, *transferibilidad* y *dependencia*. Para dar cumplimiento al criterio de credibilidad se empleará el método de triangulación (Campos, 2009; Moran-Ellis et al., 2006; Oleinik, 2011; Sayago, 2015; Tójar, 2006). En el criterio de transferibilidad se empleará el método de saturación (Bowen, 2008). Finalmente, en el criterio de dependencia se busca dar fiabilidad a la investigación. Para dar cuenta de este criterio se dejarán pistas de revisión y el acceso a los documentos con los que se desarrolla el ejercicio del estado del arte². Esta acción se realiza con el ánimo de mostrar transparencia, además, brindar al investigador la opción de consulta de aquellos fragmentos que destacaron la saturación y la densidad.

¹ATLAS TI es un software privativo con licenciamiento pago. Actualmente se encuentra en la versión 8.0. No obstante, para el desarrollo de la investigación se empleó la versión 7.0 inicialmente descargada de manera gratuita en la página <https://atlasti.com/> Posteriormente, se asoció a una licencia de carácter estudiantil (TSM-G2P-64C).

²Todos los documentos creados en el desarrollo del estado de arte se encuentran como anexos en archivos adjuntos a esta comunicación. En el desarrollo de este capítulo serán etiquetados y organizados para que sea más fácil su consulta.

Definidos los criterios de rigor se estableció una ruta de reflexión crítica que pretende mostrar, en forma descriptiva y explicativa, un diagnóstico de lo que ha avanzado el conocimiento en el tema propuesto de la investigación. Esta ruta es diseñada tomando como punto de partida los documentos Mora (2015); Öchsner (2013) y Mora (2018). La ruta a desarrollar se encuentra descrita en la figura 2.1.

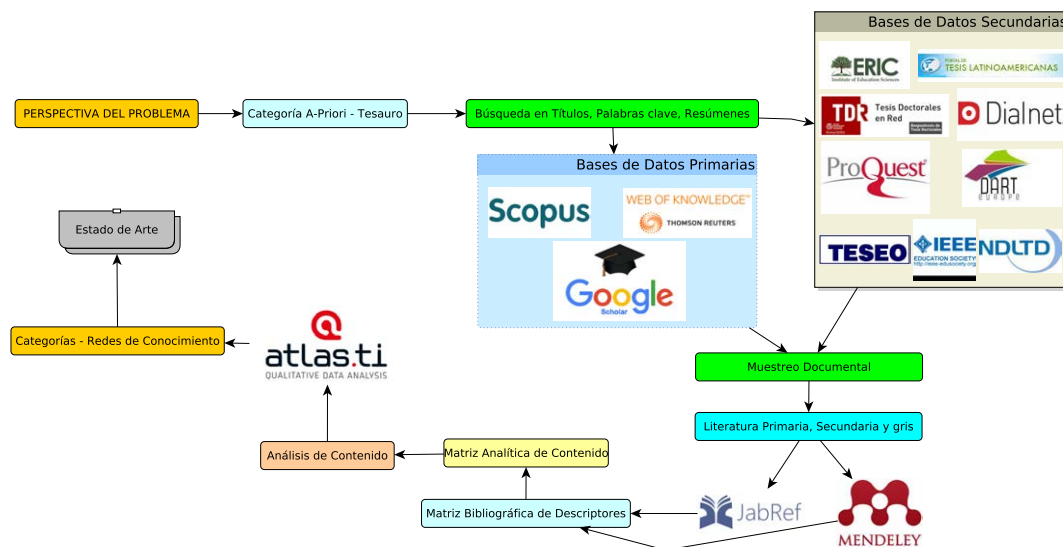


Figura 2.1: Hoja de ruta para la construcción del Estado del Arte (Mora, 2018).

Para ampliar, en vista que este proceso se considera una investigación documental, se definieron unas categorías a-priori del tema de la investigación. Estas categorías permitieron la definición de los descriptores del tesauro. Estos descriptores de consulta fueron: *Educación en tecnología*; *Educación en Ingeniería*; *Diseño curricular y desarrollo de competencias en tecnología*; *Competencias científicas y tecnológicas*; *Diseño de instrumentos científicos y modelización* y *Desarrollo de competencias docentes*. Definidos los descriptores se procede a realizar un *muestreo documental*. Öchsner (2013) sugiere que se debe iniciar con la consulta de las bases de datos más importantes que denomina principales y posteriormente algunas bases de datos secundarias. En este sentido, fueron consultadas las bases de datos principales *Scopus*, *Web of Knowledge* y *Google Scholar*³ y posteriormente las denominadas secundarias internacionales *ERIC*, *Teseo*, *Tesis Latinoamericanas*,

³Debido a la diversidad de bases de datos internacionales se optó por tomar como ruta de trabajo la propuesta por Öchsner (2013). Es importante emplear las bases que tienen un amplio espectro de cobertura sobre las publicaciones de punta a nivel mundial. En este caso, SCOPUS es una base de datos bibliográfica que cubre aproximadamente 18000 títulos de más de 5000 editoriales. Además, incluye 16500 revistas en la que participan diferentes pares evaluadores de diferentes áreas. Dentro de estas áreas se encuentran las relacionadas con el ámbito de este proyecto de investigación. WEB OF SCIENCE es una plataforma en línea de información científica, suministrado por Thomson Reuters e integrado en ISI Web of Knowledge. En este portal es posible acceder a un número significativo de referencias científicas centradas en libros, revistas y otros materiales impresos. Finalmente, SCHOLAR ACADEMIC hace parte de la base de datos de Google. Por su posicionamiento en el mercado es considerado el motor de búsqueda más importante en el mundo. En él es posible acceder a miles de documentos científicos en diversos temas de interés investigativo, dentro de los que se encuentra el formulado en esta investigación.

TDR, ProQuest, Dialnet, Dart y NDLTD⁴.

La figura 2.2 muestra el resultado del primer muestreo documental. Son presentados el número de documentos que se encuentran luego de aplicar los descriptores del tesoro. Además, se muestran los autores más relevantes y los países que más publicaciones tienen sobre el descriptor consultado (Ramírez, 2017c)⁵.

Descriptores Tesoro	Bases de Datos									
	Web Science	Autor	País	Scopus	Autor	País	Scholar Google	ERIC	Autor	País
Educación en Tecnología	8066	TSAI C.C. SELWYN N.	USA (1938) ENGLAND (749)	23340	HWANG G. TSAI C.	USA (6810) U. KINGDOM (1979)	56100	4689	ROMAN, H. FLOWERS, J.	CANADÁ (250) USA (130)
Educación en Ingeniería	4	BLASCO, X. MACKECHNIE J.	SPAIN (2) USA (1)	22978	CASTRO M. CARDELLA M.	USA (8394) CHINA (4031)	43600	10597	BASTA, N. FELDER, R.	AUSTRALIA (219) UK(182)
Diseño Curricular y Desarrollo de Competencias en Tecnología	7	CALRO M. VALIATAGA T.	USA (9) SPAIN (3)	22	RAWI A.J. ANDERSON P.	USA (14) AUSTRALIA (1)	13600	2314	SIMONSON, M. MAKENNEY, S.	AUSTRALIA (225) CANADÁ (158)
Competencias Científicas y Tecnológicas	42	RANNIKMAE M. POTKONIAK V.	USA (7) SPAIN (4)	9	AGRUSTI F. ALICIA G.	USA (3) UNDEFINED (2)	15500	492	AUTIO, O. GAMSE, B.	USA (18) AUSTRALIA (17)
Diseño de Instrumentos Científicos y de Modelización	311	MOTTOLA S. MINEO T.	USA (96) GERMANY (49)	205	BLOCK J. GLEN J.	USA (63) ITALY (31)	14600	15	ACHARYA, S. ANANDARAJAH, H.	TURKIA (2) USA (1)
Desarrollo de competencias Docentes	1835	HWANG GJ YANG YTC	USA (479) AUSTRALIA (225)	2767	BEAGON U. CONOLLY T.	USA (51) AUSTRALIA (18)	37900	73	GLIESSMAN, D. AHIATROGAH, P.	UK (3) AUSTRALIA (2)
Total Documentos por Base de Datos	10265			49321			181300	18180		
TOTAL						259066				

Figura 2.2: Primeros resultados de aplicación de los descriptores del tesoro. (Ramírez, 2017c).

Posterior a este primer muestreo documental se procedió a aplicar los descriptores del tesoro a las bases de datos de tesis doctorales para indagar si existen tesis realizadas sobre el tema de investigación propuesto. Para esta consulta el descriptor se encuentra directamente ligado a la pregunta

⁴En el proceso de elegir las bases de datos secundarias se empleó inicialmente ERIC por ser una de las bases de datos bibliográficas más importantes sobre enseñanza, formación y educación. ERIC fue elaborada con el soporte del Instituto de Ciencias de la Educación del Departamento de Educación de EEUU, la National Library of Education y la Office of Educational Research and Improvement. En este motor de búsqueda académico se puede encontrar cerca de 1.000 revistas incluidas en el CIJE Current Index of Journals in Education y en el RIE Resources in Education Index. Como complemento a las bases de datos secundarias se consultó las bases de datos de tesis doctorales. Inicialmente DIALNET, que es considerada la mayor hemeroteca de artículos científicos hispanos en Internet. En la base de datos participan más de 50 universidades que comparten las tesis doctorales y revistas científicas. Seguido de DART-EUROPE, un portal de E-Tesis en asociación con bibliotecas de investigación y de consorcios bibliotecarios que buscan mejorar el acceso a las tesis doctorales europeas. Luego, Networked Digital Library of Theses and Dissertations (NDLTD) que es un portal de catálogos de tesis de diversas partes del mundo con 5,049,503 registros de tesis doctorales. El portal emplea herramientas de buscadores como Scirus que aplica a su base de datos para hacer más efectiva la búsqueda. Varias de las universidades más importantes de USA, Alemania, Australia, Canadá, Perú, Inglaterra, India, Francia, Hong Kong, entre otras, pertenecen a la red. Además, se consultó la base de Tesis Doctorales en Red (TDR), un repositorio que contiene las tesis defendidas de Catalunya y de otras universidades autónomas en forma digital. Esta base de datos hace parte en el ámbito internacional de la Networked Digital Library of Theses and Dissertations. También se consultó la base de datos TESEO que permite recuperar información sobre las tesis doctorales defendidas en las universidades españolas desde 1976. La información por consultar es brindada por el consejo de coordinación universitaria de las comisiones de doctorado de las diferentes universidades. Adicionalmente se consultó ProQuest, una empresa con más de 75 años y con presencia en varios países que proporciona contenidos y tecnologías innovadoras para incrementar el trabajo investigativo. Finalmente, la base de datos de TESIS LATINOAMERICANAS permite consultar la información de las tesis doctorales defendidas de algunas universidades de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela.

⁵Esta información, y otra adicional, se encuentra soportada en el documento Información_Bases de datos_Estadísticas en la carpeta Anexos - Estado.de.arte.

de investigación de este proyecto. Luego de aplicar los descriptores a las diferentes bases de datos se encontró la siguiente información resumida en la figura 2.3 (Ramírez, 2017b)⁶.

Descriptores	Bases de Datos de Tesis Doctorales						
	Teseo	Tesis Latinas	TDR	ProQuest	Dialnet	Dart	NDLTD
Cómo las competencias docentes se ponen en juego al implementar una unidad didáctica en la que los maestros en formación para el área de Tecnología e Informática se ven involucrados en la construcción de instrumentos científicos.	No se encontraron	No se encontraron	2387	No se encontraron	1	No se han encontrado	50
	encontraron	encontraron		encontraron		encontrado	
	resultados	resultados	Ningún	resultados	Ningún	resultados	Ningún
	coincidentes	coincidentes	documento	coincidentes	documento	coincidentes	documento
			coincidente		coincidente		coincidente

Figura 2.3: Resultados de búsqueda en bases de datos de tesis doctorales. (Ramírez, 2017b).

Luego de realizar este muestreo documental se puede observar que el número de documentos encontrados es significativamente alto. Este es uno de los argumentos que se expone para dar cumplimiento al criterio de saturación, la recogida de abundante información (Bowen, 2008; Latorre et al., 2003). Dentro de esta información se localizaron handbook especializados, revistas especializadas, libros, memorias de conferencias, congresos, seminarios, entre otros. Las fuentes documentales encontradas se pueden organizar en tres grandes campos: literatura primaria (Textos originales, informes de investigación, artículos de revistas, monografías, bases de datos), literatura secundaria (resúmenes o referencias de la literatura primaria, catálogos, handbooks, enciclopedias, índices de impacto, resúmenes de disertaciones) y literatura gris (Comunicaciones, videos, actas, normas, multimedia) (Mora, 2015, 2018).

En una segunda fase, para determinar los documentos que más se relacionan con el objeto de la investigación fue necesario la aplicación de filtros a esta primera consulta. Luego de aplicar estos filtros se notó una reducción de éstos. Sin embargo, muchos de estos documentos no guardan relación directa con el objeto de la investigación. Por esta razón, la atención se centra en un nuevo proceso de análisis de la información obtenida. En este proceso de análisis se centró la atención en revisar el título, resumen, autor, palabras clave y en algunos documentos, las conclusiones. Luego de la revisión de todos los documentos, se logró identificar 174 elementos. Estos documentos ingresaron a una primera base bibliográfica que se administra con la herramienta *JabRef*. Luego de consolidar esta base documental se copió la información en *Mendeley*. Este proceso es importante para realizar las posteriores referencias de los documentos. Adicionalmente, se procedió a la organización de éstos en una matriz denominada de descriptores y resúmenes analíticos en la que se registraron las categorías a-priori, la citación APA, el nombre del documento, el autor, el Identificador del Objeto Digital (DOI), las palabras clave, el objetivo que muestra el documento, la metodología (diseño, enfoque, instrumentos, tipo de análisis), los vacíos, tendencias y las proyecciones investigativas en el tema consultado. El cuadro (figura 2.4) muestra los campos diligenciados en esta primera matriz (Ramírez, 2017e)⁷.

⁶Esta información, y otra adicional, se encuentra soportada en el documento Consulta_Resultados_Tesis Doctorales en la carpeta Anexos - Estado.de arte.

⁷Los resultados de este proceso se encuentran soportados en el documento Matriz Bibliográfica_Descriptores_Raes

Categoría usada. Teórica o A priori	Citación APA	Nombre Documento	Autor	Doi Ubicación	Palabras Clave del Autor	Objetivo	Metodología: Diseño, Enfoque Instrumentos, tipo de análisis	Aporte: Impacto Valor	Limitaciones, vacíos tendencias
--	-----------------	---------------------	-------	------------------	-----------------------------	----------	--	--------------------------	------------------------------------

Figura 2.4: Campos diligenciados del muestreo documental. (Ramírez, 2017e).

Es importante señalar que dentro de la información encontrada las fuentes más representativas en el campo de la educación en ingeniería son *Frontiers In Education (FIE)* con 1106 títulos, seguida de *Lectures in Computer Science* con 1023 documentos e *International Journal of Engineering Education* con 112 elementos. Además, las conferencias de FIE, Annual Conference And Exposition Conference Proceedings ASEE e IEEE Global Engineering Education Conference EDUCON publican gran parte de sus artículos mejor valorados en el capítulo de *IEEE Transactions on Education*.

Identificada la importancia que tiene el Journal *IEEE Transactions on Education* en el desarrollo de la investigación, se procedió a realizar una revisión de todos los artículos relacionados con los descriptores de consulta que fueron publicados en el periodo de 2007 a 2017. Con los documentos encontrados se procedió a identificar los que guardaran más relación con el objeto de la investigación. Producto de esta nueva revisión se rastrearon 67 artículos. Con ellos se creó una nueva base bibliográfica en *JabRef* y *Mendeley*, además, se realizó una nueva matriz de descriptores y resúmenes analíticos en la que los campos diligenciados concuerdan con los que se muestran en el cuadro (figura 2.4) (Ramírez, 2017a)⁸.

Luego de realizar las dos matrices de descriptores y resúmenes analíticos se procedió a consolidar una única matriz que contiene 241 elementos. Los documentos identificados serán la base para realizar la matriz de contenido. En esta matriz se ubicaron los productos de la literatura primaria, secundaria y gris que guardan mayor relación con el objeto de la investigación. Además, se busca que este material sea útil para dar cumplimiento al criterio de saturación (Bowen, 2008; Latorre et al., 2003). Luego de revisar los 241 elementos de la matriz consolidada de descriptores y resúmenes analíticos se identificaron 46 documentos. Con estos elementos se realizó una matriz analítica de contenido que adiciona los documentos más relevantes organizados por artículos, tesis, handbooks, congresos y libros. De este material se realizó una base bibliográfica administrada por *JabRef* y *Mendeley* (Ramírez, 2017d)⁹.

Es importante señalar que dentro de esta matriz analítica de contenido solo se incluyó una tesis doctoral que relaciona uno de los descriptores de consulta, en vista que como fue expuesto en

en la carpeta Anexos - Estado_de_arte.

⁸Los resultados de este proceso se encuentran soportados en el documento Matriz Antecedentes_Frontiers_In_Education en la carpeta Anexos - Estado_de_arte.

⁹Los resultados de este proceso se encuentran soportados en el documento Matriz Analítica del Contenido en la carpeta Anexos - Estado_de_arte.

Ramírez (2017b), no se encuentra alguna coincidencia con el planteamiento de problema de esta investigación. Esta afirmación es útil para emplearla como primer argumento que evidencia la novedad y originalidad de la investigación.

Luego de obtener los 46 documentos completos se procedió a realizar el análisis de contenido de esa información. En este proceso fue necesario identificar unas nuevas categorías denominadas *categorías emergentes*, categorías que harán parte de la matriz de contenido. Para determinar estas nuevas categorías fue necesario navegar entre los documentos, y empleando una lectura minuciosa, se interpretó la información que es presentada. En este proceso interpretativo se generan unas citas y se asigna una(s) categoría(s) que identifica(n) el contenido de esa información. En este proceso, la cita da peso a la categoría o categorías formuladas y viceversa.

Para realizar esta actividad se empleó el software ATLAS TI. El programa es considerado una fuerte herramienta para realizar análisis cualitativo de información. Además, se ajusta de manera ideal a la metodología propuesta para adelantar este estado de arte, en especial a lo que refiere al análisis de contenido (Finfgeld-Connett, 2014)¹⁰. La figura 2.5 resume el procedimiento a realizar empleando la herramienta¹¹. En esta síntesis del procedimiento se debe crear una unidad hermenéutica a la que se le asignarán unos documentos primarios. En este ejercicio, los documentos primarios se obtienen de la matriz analítica de contenido. En el proceso de lectura se identificaron los pasajes más relevantes relacionados con el objeto de la investigación. A estos pasajes les fue asignado un código y además un memo para especificar información adicional del pasaje. El código es interpretado como la categoría emergente. Con esta información se construirá la teoría y conceptos que proceden de redes que el software genera. Con la teoría generada se elaborará el informe.

El análisis de contenido en este estado de arte requiere de dos procedimientos. El primero de ellos relacionado con la definición de las familias de los documentos primarios y el segundo ligado a la definición de las categorías emergentes y procedimiento del análisis de contenido como tal.

En el primer proceso, se asignaron los documentos recopilados de acuerdo con los descriptores de tesoro con los que fueron inicialmente identificados. Con este procedimiento se generaron cuatro familias de documentos primarios. La figura 2.6 muestra la familia competencias científicas

¹⁰En esta herramienta es posible reunir diversos tipos de datos dentro de los que se encuentran los de tipo textual, de audio, gráficos y video. Al emplear las herramientas con las que dispone el software es posible organizar, reagrupar y gestionar el material de una forma sistemática empleando citas, códigos y anotaciones abiertas. En un nuevo proceso de análisis es posible agrupar estos códigos-categorías que emergen en familias de códigos o también super-códigos. Estos códigos y familias pueden ser reagrupados nuevamente en super-familias, de tal forma que en cada nivel de análisis se realiza un proceso de codificación axial y nodal que sintetizan la información. La definición de los códigos-categorías, super-códigos, familias y super-familias depende de la estrategia que se escoge para el tratamiento y síntesis de la información. La presentación final de esta síntesis se realiza por medio de gráficos de nodos que muestran las relaciones encontradas.

¹¹Disponible en <http://slideplayer.es/3134987/11/images/15/Proceso+para+uso+del+Atlas.ti.jpg>

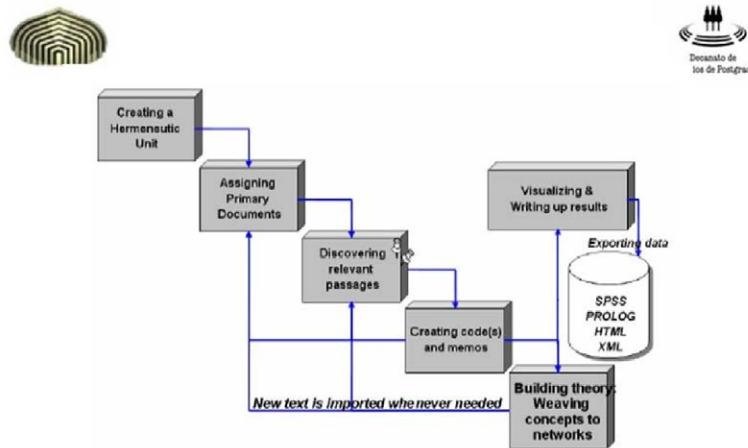


Figura 2.5: Proceso para el uso de ATLAS TI

y tecnológicas y los *documentos primarios asociados a esta familia*. En el gráfico es posible identificar el nombre del artículo, libro, conferencia, entre otros y su respectiva codificación al interior de ATLAS TI en la unidad hermenéutica creada.¹².

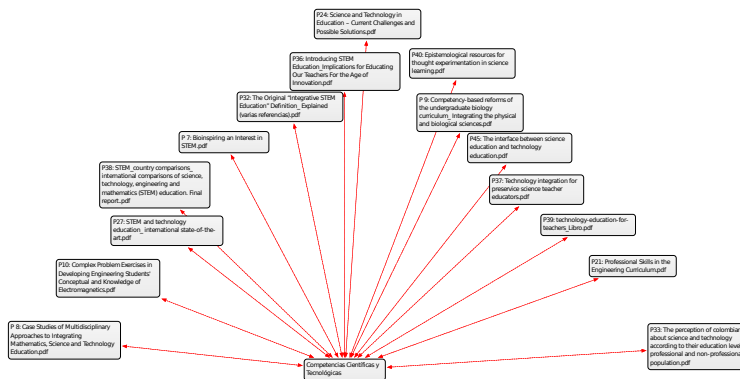


Figura 2.6: Familia de documentos primarios: Competencias Científicas y Tecnológicas

La figura 2.7 muestra la familia desarrollo de competencias docentes con cada uno de los documentos primarios asociados a esta familia. De igual manera, la figura 2.8 muestra la familia diseño curricular y desarrollo de competencias en tecnología con cada uno de los documentos primarios asociados a esta familia. Finalmente, la figura 2.9 muestra la familia diseño de instrumentos científicos y modelización con cada uno de los documentos primarios asociados a esta familia.

En el segundo proceso, como protocolo de análisis documental (Finfgeld-Connett, 2014), se realizó la lectura de cada uno de estos documentos y se fueron señalando citas sobre el texto, si-

¹²Las cuatro figuras se encuentran vectorizadas, por tanto, es posible acercarse al interior de las imágenes sin perder la resolución.

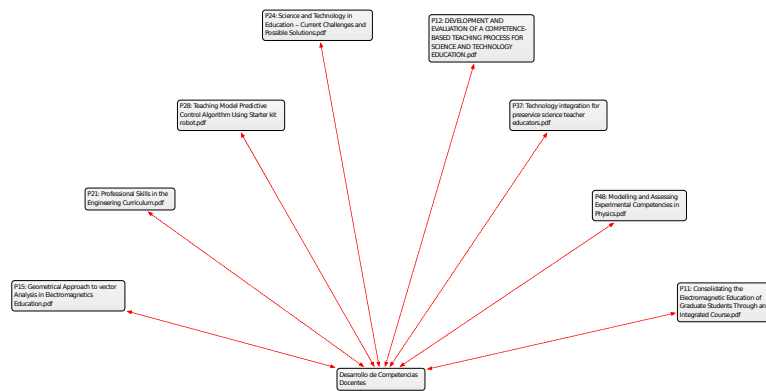


Figura 2.7: Familia de documentos primarios: Desarrollo de Competencias Docentes

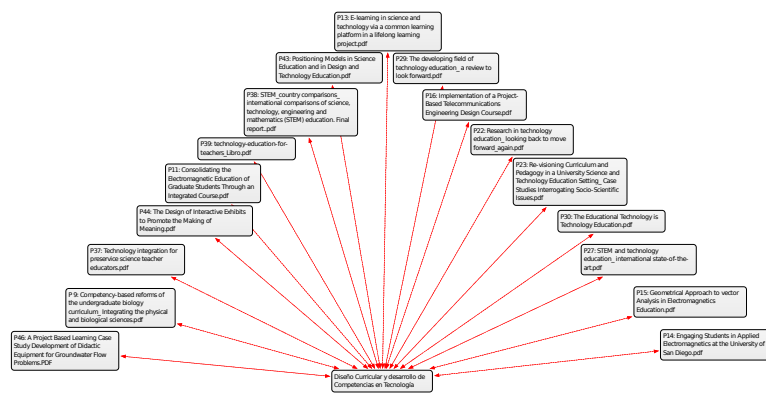


Figura 2.8: Familia de documentos primarios: Diseño curricular y desarrollo de competencias en tecnología.

guiendo el procedimiento descrito en la figura 2.5. Dependiendo de la idea expuesta en el párrafo, gráfico o línea señalada se fue asignando un *código abierto*. Este código tiene como función generar una primera categoría que es definida como emergente, en vista que se obtiene dentro de la lectura de cada documento. Para el desarrollo de la investigación, estos códigos serán entendidos como categorías emergentes. En este proceso fue posible identificar 28 categorías emergentes. Ante el número significativo de categorías fue necesario realizar una primera agrupación de ellas. Como criterio para esta agrupación se tuvo en cuenta las relaciones fuertes entre las categorías emergentes encontradas y el enfoque que le dieron los autores al documento. Por esta razón, producto de esta primera agrupación surgen categorías como Profesor-Enseñanza, Aprendizaje-Modelamiento, Profesor-Estudiante, entre otras.

Este primer agrupamiento es considerado una *codificación axial*. Por consiguiente, es la base de la siguiente reagrupación en el proceso de análisis. La figura 2.10 muestra las categorías emergentes de este proceso en forma de listado. El total de categorías emergentes del primer agrupamiento es de 17. Las categorías emergentes de codificación axial han sido organizadas siguiendo el siguiente criterio de agrupación:

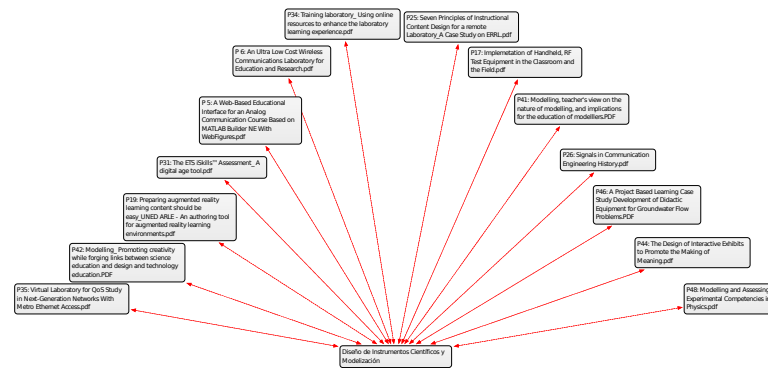


Figura 2.9: Familia de documentos primarios: Diseño de instrumentos científicos y modelización.

- **Aprendizaje – Modelamiento:** En esta categoría se ubican las citas de los documentos que hablan de los diferentes procesos para modificar un comportamiento, una destreza, una competencia o una conducta. Este proceso es categorizado como aprendizaje. Algunos de los documentos hacen una relación fuerte del modelamiento, tanto en la educación en las ciencias como en la educación en tecnología, con este proceso.
- **Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas (STEM):** En esta categoría se ubican las citas de los documentos que tratan el tema de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Algunos de estos documentos lo hacen desde el punto de integrador de temas y contenidos, otros hacen análisis de los resultados obtenidos desde su implementación, otros desde las dificultades que ha tenido el programa y algunos relacionan a STEM con políticas para ser regulados con su implementación en los diferentes países.
- **Competencias:** En esta categoría se ubican las citas de los documentos que guardan relación con el tema de competencias. Estos pueden ubicarse dentro del espacio de necesidad de formar competencias básicas y específicas, el uso de competencias básicas o específicas para la resolución de problemas, la identificación de algunas competencias específicas en un proceso determinado o la evaluación de competencias.
- **Conocimiento Científico – Aprender:** En esta categoría se ubican las citas de los documentos que emplean el conocimiento científico en sus postulados. Algunos de los documentos lo hacen como finalidad, es decir, sugieren un currículo o una estrategia de enseñanza para que el estudiante llegue al conocimiento científico, en otros casos, el uso del conocimiento científico se hace necesario para la resolución de un problema o también es el complemento de lo que se requiere para la educación en tecnología.
- **Constructivismo:** En esta categoría se ubican las citas de los documentos que sugieren al constructivismo como corriente pedagógica para la construcción del conocimiento. Son po-

cos los documentos que se relacionan con este planteamiento, sin embargo, los que se encontraron guardan estrecha relación con la solución a problemas como estrategia de enseñanza.

- *Currículo – Integración*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que realizan un planteamiento sobre el currículo, ya sea para la educación en ciencias o la educación en tecnología. En la mayoría de los documentos se encontró la necesidad de integrar conocimientos, especialmente porque en la mayoría de los documentos relacionados con esta categoría, el planteamiento de aprendizaje basado en problemas es recurrente. En vista que los problemas guardan relación con el contexto, la necesidad de integración en el currículo es latente.
- *Educación con tecnología – Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que hacen uso de herramientas virtuales en la enseñanza. Las herramientas propuestas se enmarcan en el espacio de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, por esta razón los documentos de esta categoría son considerados como la tecnología al servicio de la educación, en otras palabras, educación con tecnología.
- *Educación en Ciencias*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que tienen como eje central la enseñanza de las ciencias. Algunos de estos documentos se relacionan con planteamientos de incluir la educación en tecnología para complementar las competencias que se esperan fortalecer en los estudiantes. Especialmente, desde el modelamiento como elemento central en la ciencia en la construcción de explicaciones y teorías y en la tecnología como potenciador de la creatividad.
- *Educación en Ingeniería*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que tienen como eje central la educación en tecnología. La mayoría de estos documentos tienen una relación con el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación para la enseñanza de temas propios en la disciplina de la ingeniería. No se encuentra alguno que desarrolle una idea de lo que en el currículo de ingeniería debería orientarse. El más cercano es el que plantea las competencias para ingeniería.
- *Educación en Tecnología – Tecnología*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que tienen como eje central el tratamiento de la educación en tecnología. Algunos de estos documentos toman como punto de partida una relación de la filosofía de la tecnología con la educación en tecnología y el diseño. Todo esto para realizar un planteamiento de lo que el autor comprende sobre tecnología y con ello generar los planteamientos de lo que debería ser contemplado en la enseñanza de esta área.
- *Evaluación – Satisfactorio*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que realizan una evaluación de su propuesta. Algunos de éstos se relacionan con la implementación de una estrategia de enseñanza o la evaluación de un instrumento de laboratorio, la evaluación

de un documento o la implementación de un instrumento para validación de los resultados expuestos, entre otros. Producto de esta evaluación, en la mayoría de los casos, se muestran resultados positivos o significativos que son considerados satisfactorios en la revisión de esta investigación.

- *Laboratorio – Experimento – Instrumento*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que guardan relación con el uso de laboratorio en la enseñanza. Algunos de estos documentos plantean la necesidad de experimentación para la enseñanza de un fenómeno, sin embargo, éste en la mayoría de los casos requiere del uso de instrumentos científicos o tecnológicos que hacen parte del laboratorio.
- *Procesamiento de Señales*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que plantean dentro de los proyectos la necesidad del procesamiento de señales para ser resuelto el problema planteado a los estudiantes. Se encuentra particularmente presente en los documentos relacionados con la enseñanza de las telecomunicaciones, pues el procesar señales es una parte esencial de esta área.
- *Profesor – Enseñanza*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que sugieren al maestro o profesor como orientador de la enseñanza, en otras palabras, es sobre él que recae la responsabilidad de orientación de los conocimientos.
- *Profesor – Estudiante*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que dentro de su estrategia de enseñanza sugieren una relación entre el maestro o profesor y el estudiante.
- *Relación Conocimiento – Cultura – Contexto*: En esta categoría se ubican las citas de los documentos que plantean que el conocimiento se genera tomando en cuenta una relación con el contexto y la cultura. Es útil en el planteamiento de los problemas, pues éstos con frecuencia se conectan profundamente con el mundo real, por tanto, están conectados fuertemente con la cultura y un contexto determinados.
- *Solución de Problemas – Proyectos – PBL – Trabajo en equipo*: Esta categoría ubica todas las citas de los documentos que mencionan el uso de problemas y proyectos dentro de las estrategias de enseñanza, dentro de los currículos o como planteamiento metodológico. También se vinculan a la categoría las estrategias que plantean o emplean el Aprendizaje Basado en Problemas, también en proyectos, o PBL (Project Based Learning). En este método, el aprendizaje de conocimientos tiene la misma importancia que la adquisición de competencias y actitudes. Todos los documentos que se ubican en esta categoría sugieren el trabajo en equipo para la resolución de los problemas, razón por la que también se incluye dentro de la categoría.

Nombre	Fundament...	Densidad
Evaluación; Satisfactorio~	97	13
Competencias~	157	14
Currículo - Integración~	108	9
Conocimiento - Científico Aprender~	59	6
Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemátic...	73	8
Laboratorio ; Experimento ; Instrumento~	79	9
Educación en Ingeniería~	31	7
Solución de Problemas - Proyectos - PBL - Tra...	108	8
Procesamiento de Señales~	21	1
Educación con Tecnología; Tecnologías de la...	79	4
Relación Conocimiento - Cultura - Contexto~	49	4
Relación entre Competencias Científicas y Te...	73	0
Constructivismo~	3	3
Relación Desarrollo de competencias docent...	49	0
Relación de Diseño de Instrumentos Científi...	72	0
Relación de Diseño Curricular y desarrollo d...	157	0
Educación en Ciencias~	66	9
Educación en Tecnología - Tecnología~	126	12
Profesor - Enseñanza~	52	10
Aprendizaje - Modelamiento~	72	13
Profesor - Estudiante~	25	10

Figura 2.10: Listado de códigos emergentes y super códigos.

De la figura 2.10 es posible observar que cada una de estas categorías se encuentra fundamentada, siendo “Competencias” la mayor fuente de fundamentación con (157) y “Constructivismo” la que menos posee con (3). Se entiende como fundamentación al número de citas o referencias que han sido señaladas. Éstas se encuentran dentro de los 46 documentos leídos. En este proceso, la fundamentación se ajusta a los criterios de saturación expuestos por Bowen (2008), por esta razón la fundamentación será entendida como saturación. La categoría más saturada es aquella que contiene más citas que la soportan como código o categoría.

Luego de haber definido las categorías fue necesario fijar la densidad entre éstas. Estos valores se pueden observar en la columna densidad frente a la categoría emergente en la figura 2.10. La densidad se refiere a las relaciones que existen entre una u otra categoría. Como ejemplo, la categoría competencias guarda relación con la categoría currículo - integración. En la categoría competencias, Thompson et al. (2013) sugieren que en el concepto de evaluación de los componentes de la electricidad se encontró que los estudiantes desarrollaron la competencia para aplicar los principios físicos y el razonamiento cuantitativo para resolver problemas bioquímicos, biológicos y biomédicos. En ese orden de ideas, Pešaković et al. (2014) sugieren que las sociedades actuales tienen competencias generales que se complementan con otras áreas. Estas competencias y el conocimiento técnico-vocacional deben ser tenidos en cuenta en los modelos de calidad de la enseñanza contemplados por Progress in International Reading Literacy Study (PIRLS). Las competencias se traducen en dimensiones a tener en cuenta para mejorar la calidad de la enseñanza (currículo). Estas dimensiones son: la dimensión intelectual, el ambiente de aprendizaje y hacer significativo el aprendizaje. Como se puede observar estos dos documentos relacionan ideas acerca de las competencias, sin embargo, también emergen ideas como la evaluación, el currículo y la integración de dimensiones. En este ejemplo es visible una nueva relación entre categorías, en este caso, las categorías de Evaluación-Satisfactorio y currículo-integración.

Un segundo ejemplo parte del análisis de algunos documentos primarios en los que se afirma que al momento de diseñar un currículo, por ejemplo, para educación en tecnología, se requiere que éste tenga elementos que lo integren con otras áreas del conocimiento. Algunas de las propuestas se centran en el desarrollo y solución de problemas, especialmente desde un enfoque de aprendizaje basado en problemas (PBL). El trabajo con problemas desarrolla unas competencias específicas que no se desarrollan desde la enseñanza basada en la teoría únicamente. De esta forma el diseño de este currículo se encuentra relacionado con las competencias (Corlu et al., 2014; Davies y Gilbert, 2003; Fazio et al., 2017; Gilbert, 1992; Gilbert et al., 2000; Justi y Gilbert, 2002; Shumba et al., 2016; Theyßen et al., 2014), lo cual se traduce en una relación entre estas categorías.

Este grado de cohesión se encuentra presente entre las diferentes categorías emergentes. Tomando como base las ideas de los autores, las citas y categorías asignadas en el proceso de saturación, se establecieron las diferentes relaciones de cohesión, denominadas *densidad*. Nuevos ejemplos de estas relaciones se encuentran en el capítulo “Referente conceptual”. Como se mostrará, la definición de los elementos teóricos toma como punto de partida las categorías emergentes, las citas y los documentos primarios, todo como un conjunto.

La figura 2.11 muestra la densidad de las categorías vistas en conjunto. Las relaciones son identificadas por flechas que salen de una categoría y se conectan con otra. Al adentrarse en la figura es posible ver cómo algunas de estas relaciones se muestran como “está asociada con” otra categoría, sin embargo, existen otras que muestran ser “causa de” otra categoría o que una categoría “es parte” de otra. En concordancia con la figura 2.10, se puede notar que la categoría emergente que más densidad posee es “Competencias”, seguida de “Aprendizaje – Modelamiento” y “Evaluación – Satisfactorio”. Los colores asociados a las categorías diferencian el número de densidades de una categoría a otra¹³.

Posterior a este proceso se hizo necesario agrupar nuevamente las categorías emergentes. Para ello, la estrategia es definir una familia de códigos. Esta nueva codificación es considerada una *codificación nodal*. Para realizar esta codificación fue necesario apoyarse en unos super-códigos o códigos de orden superior. Las super-categorías definidas son:

- *Relación de Diseño Curricular y desarrollo de competencias en Tecnología con Competencias, STEM y Educación en ciencias, ingeniería y tecnología*: Este super-código relaciona la familia de códigos emergentes Diseño Curricular y desarrollo de competencias en Tecnología CON Competencias, STEM y Educación en ciencias, ingeniería y tecnología.
- *Relación de Diseño de Instrumentos Científicos y Modelamiento con Competencias, Laboratorio, Procesamiento de señales y Aprendizaje*: Este super-código relaciona la familia de

¹³La figura se encuentra vectorizada, por tanto, es posible acercarse al interior de la imagen sin perder la resolución.

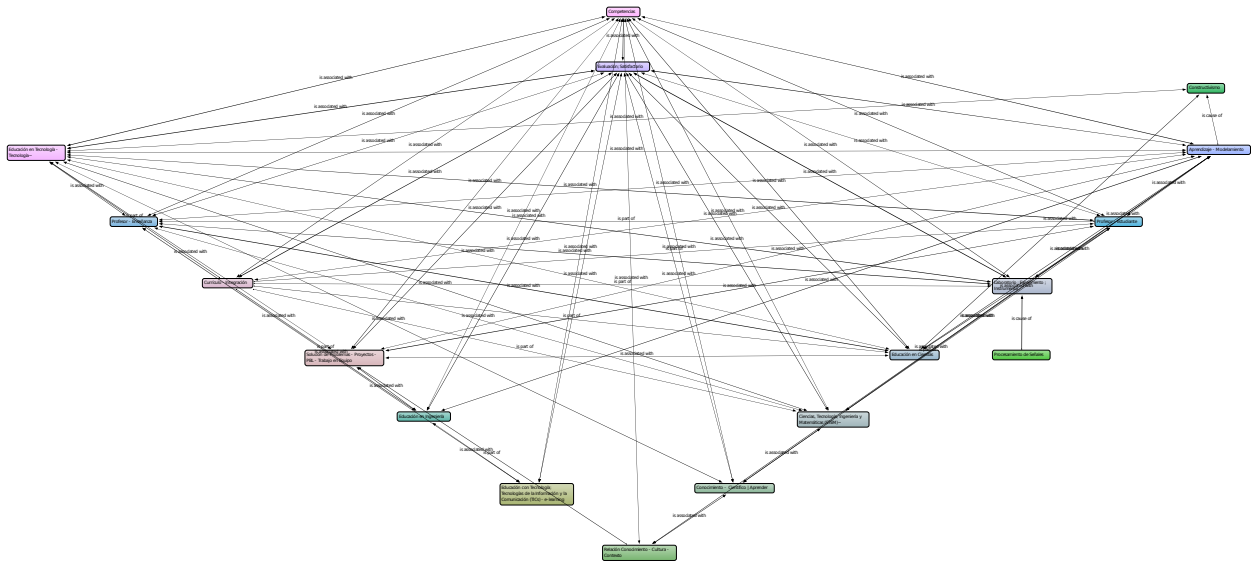


Figura 2.11: Relaciones entre códigos emergentes.

códigos emergentes Diseño de Instrumentos Científicos y Modelamiento CON Competencias, Laboratorio, Procesamiento de señales y Aprendizaje.

- *Relación Desarrollo de competencias docentes con Conocimiento y cultura, Profesor y estudiante, Profesor y Enseñanza y Evaluación:* Este super-código relaciona la familia de códigos emergentes Diseño de Instrumentos Científicos y Modelamiento CON Competencias, Laboratorio, Procesamiento de señales y Aprendizaje.
- *Relación entre Competencias Científicas y Tecnológicas con la educación en Ciencias, Tecnología, STEM, Aprendizaje y Conocimiento Científico:* Este super-código relaciona la familia de códigos emergentes Competencias Científicas y Tecnológicas CON la educación en Ciencias, Tecnología, STEM, Aprendizaje y Conocimiento Científico

Los super-códigos permitieron centrar la atención en la saturación de las diferentes categorías emergentes y las relaciones que se establecieron entre sí. Con estos super-códigos fue posible tener una mirada holística de las categorías ya establecidas para proceder a reagruparlas empleando las familias de códigos. La figura 2.12 muestra el proceso empleado para llegar a las familias o la codificación nodal empleada en esta investigación.

De la figura 2.12 se puede observar que en la medida en que se avanza en la codificación el número de categorías disminuye, por tanto, las categorías que se ubican en la codificación nodal poseen mayores interrelaciones que sus antecesores, en otras palabras, abarcan un mayor número de categorías entre sí. Estas categorías surgen del análisis de las diferentes relaciones existentes en la codificación axial y la codificación abierta. Además, fueron vinculadas las relaciones de las super-categorías. En consecuencia, las categorías que emergen de esta codificación nodal son:

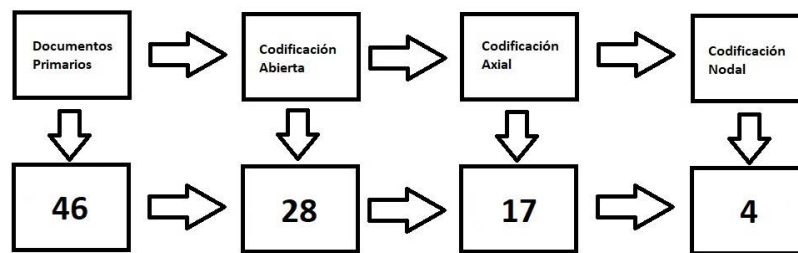


Figura 2.12: Secuencia de codificación realizada en ATLAS TI.

- *El experimento en el aula de clases.* Esta familia de códigos agrupa a las categorías emergentes que guardan relación con la actividad experimental en el aula de clase. Para ello, se apoya del aprendizaje y en el idear o modelar con el ánimo de diseñar. Los instrumentos tienen la finalidad de ser empleados en el aula de clases a modo de laboratorio.
- *Diseño de currículos.* Esta familia de códigos agrupa a las categorías emergentes que guardan relación con el diseño de un currículo. En particular, en el diseño de currículos se espera el desarrollo de competencias específicas. Para tal efecto esas competencias se orientan al área de tecnología, STEM, la educación en ciencias y la educación en ingeniería.
- *Competencias del maestro.* Esta familia de códigos agrupa a las categorías emergentes que guardan relación con el desarrollo de competencias docentes. En especial, el maestro debe relacionarse culturalmente y en contexto para el diseño de su enseñanza. En estas relaciones emergen otras relaciones como el maestro y el estudiante, el maestro y su enseñanza y la evaluación.
- *Competencias científicas y tecnológicas.* Esta familia de códigos agrupa a las categorías emergentes que guardan relación con el desarrollo de competencias científicas y tecnológicas. Especialmente, el uso del conocimiento tecnológico para resolver problemas en contexto. La educación en ciencias, tecnología e ingeniería juegan un papel fundamental en aportar al desarrollo de estas competencias.

La figura 2.13 amplía información relevante sobre las relaciones que existen entre la familia *El experimento en el aula de clases* con algunas categorías emergentes del proceso de codificación axial. Los números que aparecen anidados entre categoría y categoría asocian a una cita perteneciente a uno de los documentos primarios. Estas citas pueden estar asociadas a dos o más categorías. El primer número alude al documento y el segundo a la cita generada. Se han incluido algunas citas en el gráfico para apoyar el criterio de fiabilidad (dependencia). Estas citas hacen parte de las pistas de revisión que fueron mencionadas en la parte inicial de este capítulo. Es importante mencionar que en el proceso de saturación se ha demostrado que existe un gran número de citas asociado a cada código, por ello, para facilitar la legibilidad entre las relaciones, solo se incluyen algunas citas.

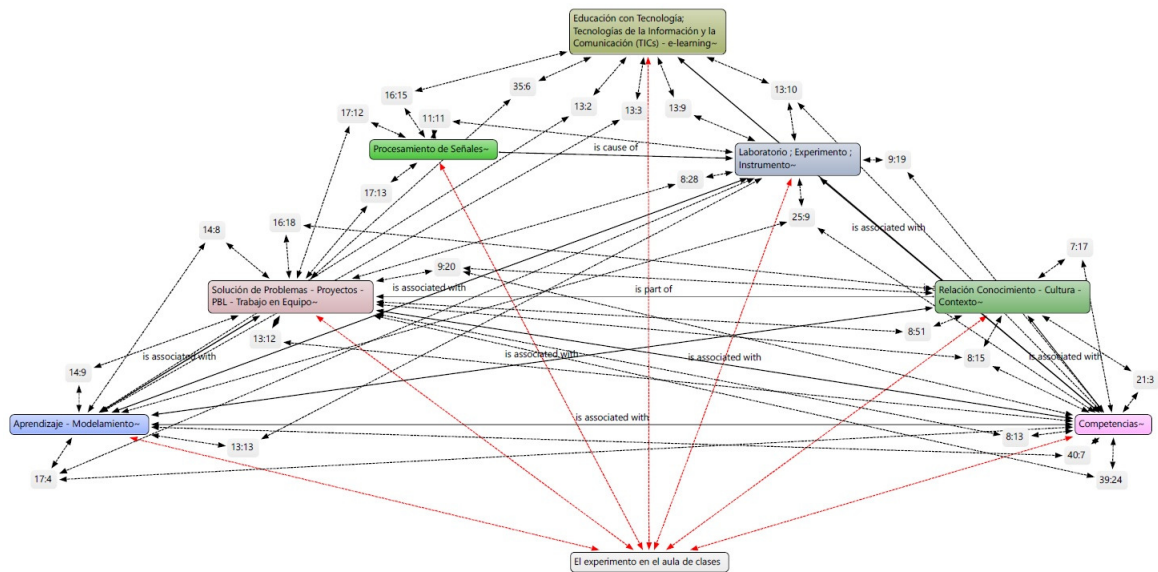


Figura 2.13: Relaciones de la categoría nodal *El experimento en el aula de clase* con las categorías de la codificación axial.

La figura 2.14 amplía información relevante sobre las relaciones que existen entre la familia *Diseño de currículos* con algunas categorías emergentes del proceso de codificación axial. Se han incluido algunas citas en el gráfico para apoyar el criterio de fiabilidad (dependencia). Estas citas hacen parte de las pistas de revisión. De nuevo, es necesario indicar que en el proceso de saturación se ha demostrado que existe un gran número de citas asociado a cada código, por ello, para facilitar la legibilidad entre las relaciones, solo se incluyen algunas citas.

La figura 2.15 amplía información relevante sobre las relaciones que existen entre la familia *Competencias del maestro* con algunas categorías emergentes del proceso de codificación axial. Se han incluido algunas citas en el gráfico para apoyar el criterio de fiabilidad (dependencia), citas que hacen parte de las pistas de revisión. De nuevo, es necesario recordar que en el proceso de saturación se ha demostrado que existe un gran número de citas asociado a cada código, por ello, para facilitar la legibilidad entre las relaciones, solo se incluyen algunas citas.

Por último, la figura 2.16 amplía información relevante sobre las relaciones que existen entre la familia *Competencias científicas y tecnológicas* con algunas categorías emergentes del proceso de codificación axial. También se han incluido algunas citas en el gráfico para apoyar el criterio de fiabilidad (dependencia). Estas citas hacen parte de las pistas de revisión. Una vez más, es necesario señalar que en el proceso de saturación se ha demostrado que existe un gran número de citas asociado a cada código, por ello, para facilitar la legibilidad entre las relaciones, solo se incluyen algunas citas.

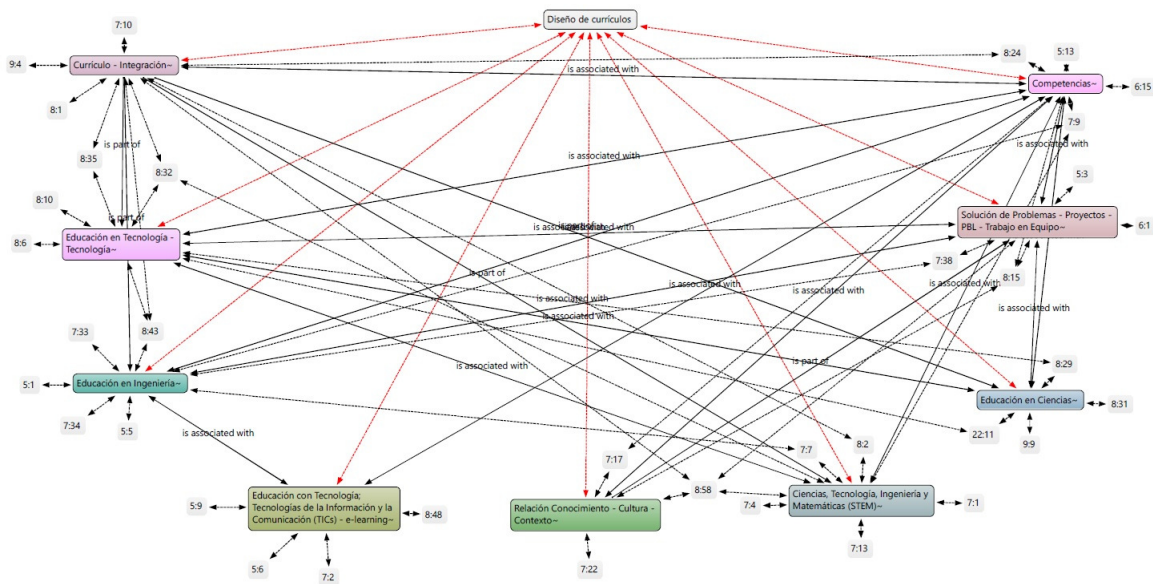


Figura 2.14: Relaciones de la categoría nodal *Diseño de currículos* con las categorías de la codificación axial.

Finalmente, para dar cumplimiento al criterio de credibilidad en el desarrollo de este estado de arte se empleó el método de triangulación. Inicialmente se compartió la información sobre el proceso realizado en ATLAS TI¹⁴. Se realizó una primera revisión de los resultados con el Dr. William Mora Penagos para determinar la organización de la investigación y dialogar sobre lo que se encontró. De esta reunión se realizaron algunas modificaciones al análisis que permitió la organización y depuración de este capítulo. Es importante mencionar que la base del análisis realizado concordó con las sugerencias dadas por el Dr. Mora al momento de ser confrontadas.

En un segundo proceso, se invitó al profesor Hugo Daniel Marín Sanabria¹⁵ para que realizara una revisión a la información. Le fue compartido el archivo con la información sobre el proceso realizado en ATLAS TI y se le solicitó que, como concedor del proceso en el uso del software, realizara una revisión de lo encontrado, en particular, que centrara la atención en la definición de las categorías. Posteriormente, se realizaría una reunión para dialogar sobre lo que encontró. En esta reunión se presentaron los resultados y evaluaciones, tanto los del profesor Marín como las mías. Luego de dialogar se encontró que era acertado la forma de presentación de los resultados y las relaciones existentes entre las categorías. Además, se resaltó como acierto las sugerencias hechas

¹⁴Esta información esta soportada en el archivo análisis de contenido_Final.hpr7 en la carpeta Anexos - Estado.de.arte - Atlas_TI.

¹⁵El profesor Hugo Marín es Licenciado en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, especialista en Matemáticas aplicadas de la Universidad Sergio Arboleda y Magister en Tecnologías de la Información y la Comunicación aplicadas a la Educación. Actualmente se desempeña como decano de la Facultad de Ciencia y Tecnología y fue coordinador del programa de Licenciatura en Electrónica, en el Departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional. El profesor Marín ha estado presto a colaborar con la investigación porque ésta aporta elementos en el actual proceso de evaluación del programa con fines de renovación del registro calificado y la acreditación de alta calidad.

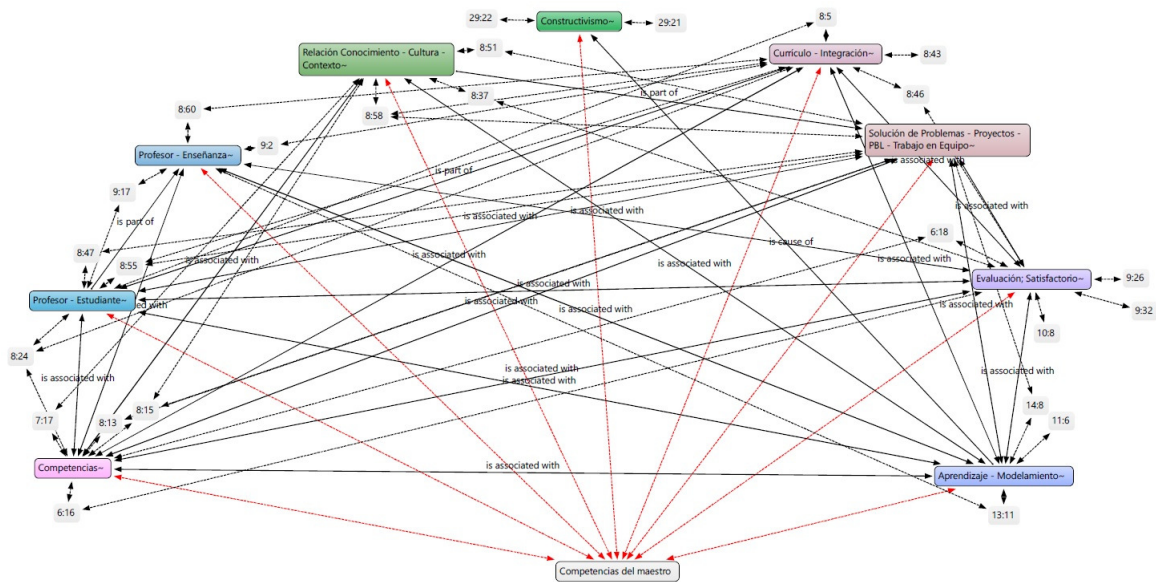


Figura 2.15: Relaciones de la categoría nodal *Competencias del maestro* con las categorías de la codificación axial.

por el Dr. Mora en relación con la forma en la que se organizó y exhibió la información. Con estos dos procesos se han verificado los hallazgos para ser ajustados en el desarrollo de este informe. Con esto se da cumplimiento al criterio de credibilidad de la información suministrada. Además de este proceso, como se mostró en este capítulo, existe un alto nivel de saturación de la información presentada, por esto, se puede afirmar que se da cumplimiento al criterio de transferibilidad.

A manera de síntesis, y luego del progreso en el estado de arte, se puede afirmar que se logró realizar un diagnóstico de la información que es útil para el desarrollo de la investigación. Definidos los descriptores de consulta se identificó un total de 259.016 títulos entre literatura primaria, secundaria y gris. Este resultado favorece el cumplimiento del criterio de saturación fijado como meta en este capítulo. Luego de aplicar filtros a estos títulos se identificaron 241 documentos pertinentes con el estudio. Con ellos se elaboró una matriz bibliográfica de descriptores que permitió la organización de la información. En el progreso del análisis de esta información se consolidó una matriz analítica del contenido en el que se consolidaron 46 documentos finales y con los que se realizó un análisis de contenido de estos.

Una primera conclusión, luego de consultar 7 bases de datos mundiales sobre tesis doctorales, es que no se encontraron documentos relacionados con el objeto de la investigación. Esta afirmación es posible sustentarla con los resultados mostrados en la figura 2.3. Para hacer una revisión de cómo varió la información en el tiempo, qué dificultades fueron identificadas, qué fuentes de información son las más reconocidas, qué países aportan más contenido al tema, qué temas son identificados dentro de las publicaciones, qué vacíos presentaron los documentos, así como, qué

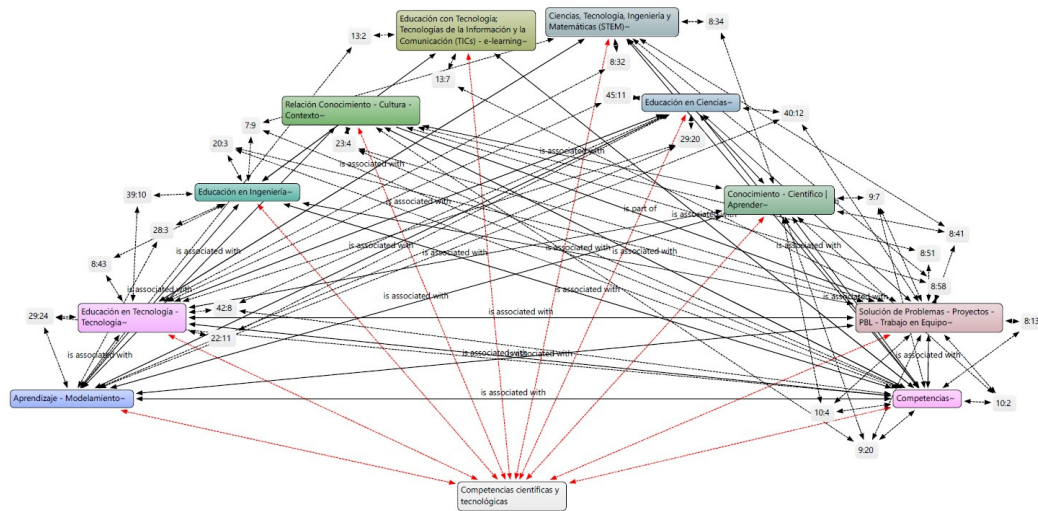


Figura 2.16: Relaciones de la categoría nodal *Competencias científicas y tecnológicas* con las categorías de la codificación axial.

tendencias fueron reconocidas, se empleará como estrategia de organización los descriptores de tesaurus con los que se realizó la consulta.

Inicialmente, en relación al descriptor *diseño curricular y desarrollo de competencias en tecnología* se encontró que los años en los que se realizaron más publicaciones fueron el 2008, 2009, 2011, 2012 y 2016. Las revistas más reconocidas para este descriptor son: Proceedings frontiers in education; Educational technology and society y Electrónica library. Estados Unidos de América (EUA) se consolida como el país que más aportes realiza el tema seguido de España, Australia y Canadá. De la información consultada el 68.2 % corresponde a documentos presentados en conferencias, el 13.6 % en artículos, el 9 % en libros y capítulos de libro y un 9 % en revisiones.

En cuanto al descriptor de *Educación en ingeniería* se encontró que los años más productivos en el tema fueron el 2007, 2010, 2012 y 2015. Las revistas más reconocidas en el tema son: Proceedings frontiers in education; Lecture notes in computer science, Lecture notes in electrical engineering, International SAMPE (Society for the Advancement of Material and Process Engineering), y Advances in intelligent systems. Es EUA el país que más aportes realiza al tema seguido de China, Australia, Reino Unido, España e India. El 57.8 % de la información corresponde a temas de ingeniería, seguido de ciencias sociales, ciencias de la computación matemáticas, materiales negocios y física.

Para el descriptor de *Educación en tecnología* se encontró que los años más productivos en el tema son el 2015, 2016 y 2017. Las revistas más reconocidas en el área son Turkish online journal of education, computers and education, British journal of educational technology, Educational technology and society y Technology Pedagogy and Education. Nuevamente EUA es el país que más

aportes realiza seguido del Reino Unido, Canadá, Australia y España. El 84.2 % de la información en el tema corresponde a las ciencias sociales, seguido de ingeniería, ciencias de la computación, artes y humanidades, medicina y negocios y administración.

En la búsqueda sobre *Competencias científicas y tecnológicas* los años en los que se rastreó más información fueron el 2009, 2014 y 2016. Las revistas más relevantes fueron: ACM International Conference Proceedings, Acta astronáutica y Archives of Pathology and Laboratory Medicine Online. EUA es el país que más aportes realiza al tema seguido de Azerbaijan, Australia y España. El 44.4 % de la información se encuentra relacionada con medicina, ciencias de la computación, ingeniería, ciencias sociales, negocios y administración y decisiones científicas.

Para la búsqueda de información relacionada con el *Diseño de instrumentos científicos y modelización* los años en los que más se ubica información son el 2006, 2012, 2014 y 2015. Las revistas más destacadas en el tema son: Proceedings of SPIE the international conference on space optics, Lecture notes in computer science, IEEE transactions on geoscience, Advanced science letters y European space agency special portal. Los países que más aportan al tema son: EUA, Italia, Francia, Turquía y Alemania. El 45.4 % de la información se vincula con el área de ingeniería, seguido de ciencias de la computación, física y astronomía, la tierra y los planetas, matemática, materiales científicos, ciencias ambientales y ciencias sociales.

Por último en la búsqueda de información sobre el *Desarrollo de competencias docentes* los años más productivos sobre el tema son del 2010 - 2017. Las revistas más relevantes sobre el tema son: Issues in educational research, journal for nurses in staff development, journal of applied behavior analysis, Journal of environmental studies y Journal of mental health training, education and practice. EUA se consolida como el país que más aporta al tema, seguido del Reino Unido, Australia y Canadá. El área que más se vincula con las publicaciones son las ciencias sociales seguido de ciencias de la computación, artes y humanidades, medicina, ingeniería, psicología y enfermería.

Como se puede apreciar, muchos de los temas vinculados con los documentos encontrados no se relacionan directamente con el objeto y el descriptor de la investigación. Esta situación motivó a la implementación de los filtros a los que se hace mención y que dieron origen a la matriz bibliográfica y a la matriz de contenido.

En la lectura de los documentos se encontró como aporte y tendencia el uso de productos tecnológicos en los procesos de enseñanza -aprendizaje. Se evidencian resultados favorables en la implementación de estos productos (Couto y Romão, 2009; Cubillo et al., 2015; Mohan et al., 2010; Petrina, 2008; Priem et al., 2011; Stokes, 2010), especialmente en la educación en ingeniería. Además, estos resultados son complementados con iniciativas de diseño de currículos interdisciplinarios en los que se requiere que los estudiantes empleen habilidades cognitivas de orden superior

en la solución de problemas específicos (Thompson et al., 2013). Para el diseño de estos currículos se ha optado como estrategia el desarrollo de competencias. Sin embargo, la literatura no lo hace en específico para la educación en tecnología (EDUTECH), lo plantea desde la educación en ciencias (EDUCIENCIAS). Las propuestas que se encontraron buscan responder la pregunta ¿Qué principios de diseño usan los profesores al proyectar el trabajo práctico? (Spaan y van den Berg, 2017). Es relevante indicar que es poco el material que propone la formación de competencias en la EDUTECH. Se identifican propuestas de evaluación que buscan medir la educación desde estándares internacionales en los que se asegura la dificultad para realizar esta evaluación (Pešaković et al., 2014; Theyßen et al., 2014).

Como complemento a estas propuestas curriculares se recomienda el uso de la experimentación y el laboratorio en la EDUTECH. Esta actividad tiene un fuerte desarrollo en la EDUCIENCIAS, no obstante, en la ciencia y tecnología (CyT) resulta ser un factor primordial en los procesos de enseñanza - aprendizaje. Se sugiere que esta actividad se enriquezca desde actividades que conecten la historia en el tema en desarrollo. El vínculo histórico permite que el estudiante comprenda el contexto en el que se dieron estos avances y aprenda de las dificultades presentes en el proceso, en especial, en la actividad de medición y matematización (Parga y Mora, 2000; Romero y Aguilar, 2013). Este factor favorece el desarrollo de capacidades propias de la CyT (Delgado-Hurtado et al., 2016; Priem et al., 2011; Reiner y Gilbert, 2000; Sjøberg, 2002; Theyßen et al., 2014). Es relevante mencionar que, al igual que en el panorama nacional, se encuentra que a nivel internacional existen dificultades para acceder a equipos necesarios para la enseñanza de la CyT (Couto y Romão, 2009), por esta razón se exploran alternativas de uso de TIC para mediar el inconveniente, una propuesta que se convierte en tendencia.

En la EDUTECH se pueden encontrar diferentes posturas filosóficas sobre la tecnología. En estas posturas no se identifica con claridad el papel que juega la ciencia. Esto conlleva a que la tecnología sea vista como ciencia aplicada, o viceversa, la ciencia al servicio de la tecnología, entre otras formas de ver esta relación. Esta situación conlleva a dificultades al momento de diseñar currículos para la EDUTECH, y lo es más cuando se busca plantear alternativas de vínculo entre la CyT. Es posible afirmar que dentro del trabajo en EDUTECH propiamente dicho no se encuentran muchas propuestas, si se compara con el trabajo que se puede rastrear desde la EDUCIENCIAS. Los autores más reconocidos en el área son Davies y Gilbert (2003); Gilbert (1992); Gilbert et al. (2000); Gilbert y Stocklmayer (2001); Jones et al. (2013); Justi y Gilbert (2002); Reiner y Gilbert (2000); Williams (2013); Williams et al. (2000) y Williams (2016), en especial desde propuestas que vinculan el diseño tecnológico en la solución de un problema desde la estrategia denominada diseño y tecnología (D&T). Desde propuestas ligadas al aprendizaje basado en problemas (PBL) en la EDUTECH, los autores representativos son Aliakbarian et al. (2014); Mitchell et al. (2010); Somerville et al. (2008) y Shumba et al. (2016). Por último, la tendencia que más toma fuerza en el mundo actualmente es el vínculo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las matemáticas (STEM) y las

artes (STEAM - STEM-A) en la que los autores más representativos son Corlu et al. (2014); Marginson et al. (2013); Ritz y Fan (2015); Sanders (2009, 2015) y Laut et al. (2015).

Un elemento no menos importante dentro de la formación para la EDUTEC y la EDUCIENCIA es la modelización. Para representar lo que implica el modelado, Justi y Gilbert (2002) proponen un marco de "modelo de modelado". En este marco se establecen cinco fases para avanzar hacia una capacidad completa de modelado producto de la revisión documental sobre el tema, estas fases son: modelos de aprendizaje; aprender a usar modelos; aprendiendo a revisar modelos; aprendiendo a reconstruir modelos; aprendiendo a construir modelos de nuevo. Es posible entrever en la propuesta un eje transversal ligado al diseño, construcción y uso de artefactos (Carvajal, 2013). Este eje se encuentra conectado con una de las definiciones más empleadas en la EDUTEC sobre la tecnología.

En este diagnóstico de la información se encontró que el tema de electromagnetismo es muy relevante para la educación en ingeniería, la EDUCIENCIAS y la EDUTEC. Es considerado un tema de actualidad y propio de los contextos presentes y futuros. Además, en él convergen muchos saberes por esto, es propicio para el planteamiento de problemas que requieran de su uso en la solución del inconveniente. Un tema que se encuentra directamente ligado al electromagnetismo es el procesamiento de señales. En el campo de la educación en ingeniería fue posible identificar varias propuestas que buscan el uso del experimento y el laboratorio para favorecer la comprensión del tema (Consonni y Silva, 2010; Frolik, 2007; Gómez et al., 2007; Leppavirta et al., 2011; Lumori y Kim, 2010; Notaroš, 2013; Tartarini et al., 2013). También se encontró una propuesta que busca el vínculo de los sistemas de control y algoritmos predictivos que favorecen el uso de TIC en la EDUTEC en el desarrollo de pensamiento sistémico (Shakouri et al., 2013). Como fue citado, existen dificultades para acceder a equipos de laboratorio para realizar la actividad experimental en el aula de clase. Como tendencia se encontró el diseño de laboratorios remotos en los que los estudiantes acceden por conexión a internet y pueden tomar los resultados en la actividad de laboratorio (Cagiltay et al., 2011; Gomez-Sacristan et al., 2016; Kaçar y Bayılmış, 2013; Linn, 2012; Nikolic, 2014).

En el plano del uso de herramientas TIC en la EDUTEC se encuentra como dificultad el diseño de objetos virtuales, especialmente en 3D. Estas actividades son relevantes para acercar un comportamiento de un fenómeno que no es de fácil comprensión para los estudiantes. Las dificultades se encuentran ligadas al costo de inicial de los equipos y software necesarios para su funcionamiento. Por otro lado, en el plano de STEM y STEAM se evidencian dificultades para consolidar un cuerpo de problemas que permitan el vínculo entre las áreas de ciencias, matemáticas, ingeniería, tecnología y artes. Además, gran parte de los problemas que se proponen a los estudiantes no hacen parte de su contexto, reduciendo con ello el impacto que tendría la solución del problema.

Es relevante indicar que en este diagnóstico de información no se encontró información relacionada con la definición de competencias clave para la EDUTEC. Este es un hallazgo muy importante

porque hace evidentes las dificultades que existen al momento para el diseño de currículos en competencias para el área, además, el atraso que tiene el área en relación a otras que son tendencia en la educación. Esta situación también se conecta con el panorama nacional en relación con las orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática.

Se cita como vacíos importantes en los documentos, la falta de una descripción metodológica para la obtención de los resultados. De la literatura consultada solo se encontró que los documentos de Fazio et al. (2017) y Theyßen et al. (2014) hacen mención a un análisis cuantitativo para la obtención de los resultados. El documento de Ritz y Fan (2015) alude a una metodología cualitativa para sustentar los resultados y el documento de Somerville et al. (2008) a una metodología mixta. Del resto de documentos no se indica con claridad la metodología empleada, sin embargo, la mayoría de los títulos consultados evidencian un tratamiento cuantitativo de la información.

Pasando a la etapa de *análisis de contenido* de los documentos, este proceso fue asistido por computador con el software ATLAS TI. En el proceso de definición de las categorías emergentes se logró identificar las categorías de: aprendizaje-modelamiento; STEM; Competencias; conocimiento científico - aprender; constructivismo; currículo - integración; educación con tecnología TIC; educación en ciencias; educación en ingeniería; educación en tecnología - tecnología; Evaluación - satisfactorio; Laboratorio - experimento - instrumento; procesamiento de señales; profesor-enseñanza; profesor - estudiante; conocimiento - cultura - contexto; solución de problemas - PBL - trabajo en equipo. La información contenida en cada una de estas categorías favoreció la elaboración del referente conceptual. Estas categorías permitieron la organización de 10 campos conceptuales. Para dotar de sentido estos campos, se tomaron las citas más representativas de las categorías y se procedió a conformar este referente conceptual, partiendo de la información que se obtiene del estado de arte. A su vez, esta información propició la justificación del problema de investigación. Esta justificación toma razones de índole mundial, local y personal. Estas razones serán descritas a continuación.

Capítulo 3

Justificación

Luego de presentar el estado de arte se puede afirmar que *el problema de investigación se justifica* al indagar las siguientes razones. Para especificar serán presentadas razones de índole mundial, local y personal. La figura 3.1 muestra una síntesis de estas razones a ser abordadas en este capítulo.

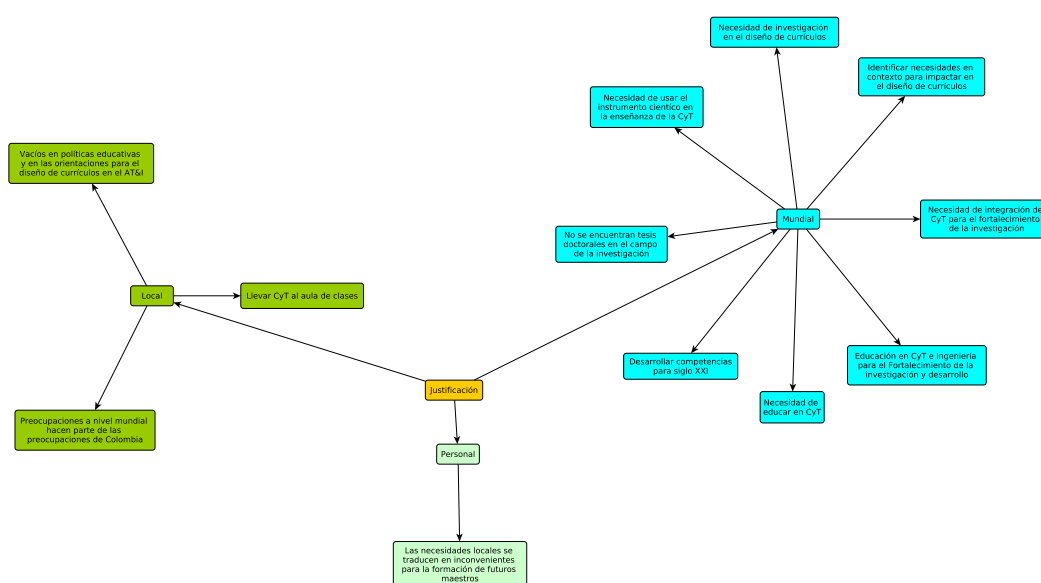


Figura 3.1: Síntesis de las ideas que justifican la investigación.

Mundialmente ha sido aceptado la necesidad de educar en ciencia y tecnología (CyT) y desarrollar competencias para enfrentar el siglo XXI. Esta afirmación se soporta desde los diferentes handbook, revistas, libros, memorias de conferencias, congresos, seminarios, entre otros, consultados en la revisión de las bases de datos WEB SCIENCE, SCOPUS, SCHOLAR GOOGLE y bases de datos secundarias. Esta información se presentó en el capítulo de estado de arte y se resume en la figura 2.2. Ramírez (2017a,c,d,e) y Ramírez (2017b) recopilan esta información.

La educación en ciencia, tecnología e ingeniería son las áreas que permitirán el fortalecimiento de la investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías. Las tendencias futuras para la investigación en educación en CyT continuarán siendo diversas y deberán enfocarse a abordar las necesidades de la población en contextos específicos, por ello la relevancia de indagar en este aspecto (Acevedo, 2002; Andrade, 1994; Casacuberta y Estany, 2011; Corlu et al., 2014; Davies y Gilbert, 2003; Díaz et al., 2003; Doval y Gay, 1995; Echeverría, 2003; Gilbert, 1992, 1995; Gilbert et al., 2000; Gilbert y Stockmayer, 2001; Hassler, 2016; Jones et al., 2013; Junyent, 1997; Kuhn, 1996; Llinás, 2000; Marginson et al., 2013; Munevar, 2013; Petrina, 2008; Ramírez, 2016; Ritz y Fan, 2015; Sanders, 2009, 2015; Shumba et al., 2016; Sjøberg, 2002; Stokes, 2010; Williams, 2013, 2016; Williams et al., 2000).

Para el fortalecimiento de la investigación será necesario la integración de la CyT. Esto impedirá que trabajen de forma desagregada como actualmente se enfoca en muchos de los programas educativos en diversos países en el mundo. Algunas alternativas de integración en la actualidad se enfocan desde la investigación científica, tecnológica, de ingeniería y matemática (STEM). El trabajo integrado en contexto permitirá resolver problemas específicos y desarrollará competencias específicas que se requieren para enfrentar el siglo XXI, tema en debate y de referente investigativo en la actualidad (Acevedo, 2002; Davies y Gilbert, 2003; Daza et al., 2014; Delgado-Hurtado et al., 2016; Díaz et al., 2003; Esteban, 2003; Gilbert, 1992, 1995; Gilbert et al., 2000; Gilbert y Stockmayer, 2001; Laut et al., 2015; Llinás, 2000; McDermott, 1991; Seoane, 2010; Sjøberg, 2002).

Para lograr la integración de la CyT desde la educación se requiere de una fuerte investigación en currículo. Las innovaciones curriculares lograrán que los estudiantes puedan conectar los conocimientos escolares en su vida cotidiana. Esta acción favorecerá la formación de competencias y generará conocimientos técnico-vocacionales. Por ello, es importante que sean tratados desde temas muy actuales (Leppavirta et al., 2011; Lumori y Kim, 2010; Pešaković et al., 2014; Sjøberg, 2002; Tartarini et al., 2013; Thompson et al., 2013; Vásquez et al., 2005; Williams et al., 2000; Young, 2016). Uno de estos temas a tratar puede ser las telecomunicaciones.

Emplear temas actuales en los currículos y que se conecten con la cotidianidad de los estudiantes facilita identificar necesidades en contexto. Estas situaciones requieren de atención y son susceptibles a ser abordadas desde la educación en CyT. En consecuencia, la estrategia de aprender basado en problemas (PBL) resulta adecuado para educar en CyT y genera una fuente de investigación (Davies y Gilbert, 2003; Duschl, 1997; Laut et al., 2015; Leppavirta et al., 2011; MEN, 2006, 2014; Mohan et al., 2010; Mora, 2015; Pešaković et al., 2014; Shakouri et al., 2013; Theyßen et al., 2014; Thompson et al., 2013; Tobón, 2006; Vallejo, 2014; Williams et al., 2000). Un elemento no menos importante es que la estrategia de PBL favorece la formación de competencias necesarias para abordar el siglo XXI, una razón adicional para fomentar la investigación en este aspecto (Gil-

bert et al., 2000; Leppavirta et al., 2011; Mitchell et al., 2010; Pešaković et al., 2014; Ritz y Fan, 2015; Shumba et al., 2016; Thompson et al., 2013; Williams et al., 2000).

Es notable mencionar que mundialmente es reconocido el valor que tiene el instrumento científico en la enseñanza de la CyT. Especialmente la experimentación es considerada una acertada alternativa para que el estudiante aprenda, pues con su uso se puede motivar la construcción de explicaciones y la formación de competencias que solo se pueden lograr con su uso (Brenni, 2012; Cagiltay et al., 2011; Casacuberta y Estany, 2011; Consonni y Silva, 2010; Couto y Romão, 2009; Davies y Gilbert, 2003; Ferreirós y Ordoñez, 2002; Frolik, 2007; Gilbert et al., 2000; Gomez-Sacristan et al., 2016; Hacking, 1996; Justi y Gilbert, 2002; Kaçar y Bayılmış, 2013; Laut et al., 2015; Linn, 2012; Lumori y Kim, 2010; Malagón et al., 2013; Martínez, 1995; Mora y García, 1998; Mora y García, 1998; Nikolic, 2014; Parga y Mora, 2000; Priem et al., 2011; Reiner y Gilbert, 2000; Romero y Aguilar, 2013; Shapin y Schaffer, 2005; Spaan y van den Berg, 2017; Williams et al., 2000). Vincular el uso del instrumento en el currículo es considerado una nueva fuente de investigación.

Es necesario destacar que dentro de los referentes mundiales consultados no se encuentran tesis doctorales que se vinculen con el objeto de la investigación como se aprecia en la figura 2.3 (Ramírez, 2017a), por tanto, el tema propuesto es considerado novedoso en el campo de la formación de maestros y la educación en CyT.

A nivel *local* es posible afirmar que las preocupaciones citadas a nivel mundial hacen parte de las inquietudes que tiene el estado colombiano, a través del Ministerio de Educación y las Secretarías de Educación, para llevar la educación en CyT a las aulas de clase en las diferentes instituciones a nivel nacional. Esto se traduce en vacíos en políticas educativas y en las orientaciones para el diseño de currículos en las áreas de CyT en los diferentes niveles en la educación nacional (MEN, 1996a,b, 2006, 2008, 2012, 2014, 2016; SED, 2006a,b, 2007, 2009, 2015; SED y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana, 2015; SED, 2014). Producto de esta situación, el maestro tiene la dificultad para diseñar currículos y con ello fuertes inconvenientes para llevar el diseño de su enseñanza al aula de clases.

Estas dificultades locales se traducen en inconvenientes para la formación de los futuros maestros para el Área de Tecnología e Informática (AT&I) (Ramírez et al., 2008; Ramírez, 2013, 2016). En consecuencia, se convierten en una necesidad imperativa de investigación a nivel *personal*, en especial, por ser educador de educadores.

Presentadas las razones de índole mundial, local y personal que justifican esta investigación, será necesario definir un referente conceptual que conduzca el estudio. Como se indicó, este referente parte de los hallazgos hechos en el estado de arte y se conectan con otros documentos que soportan y dan fiabilidad a la información recopilada. El referente será presentado a continuación.

Capítulo 4

Referente conceptual

Para la definición de los elementos teóricos de la investigación se tomó como punto de partida principalmente la información obtenida del estado de arte y se completó con otros títulos consultados durante el proceso. Para consolidar este aporte teórico se tomaron las citas más relevantes producto de la codificación abierta, la codificación axial y la codificación nodal del estado del arte y se apoyaron con otros aportes teóricos de los títulos mencionados. Con estas citas e información se organizaron ideas, que se conectan con las categorías encontradas en el estado de arte, para convertirlas luego en grandes campos conceptuales. En el desarrollo de estos campos se logró consolidar diez grandes referentes conceptuales. La figura 4.1 muestra una síntesis del proceso realizado acompañado de los campos a desarrollar.

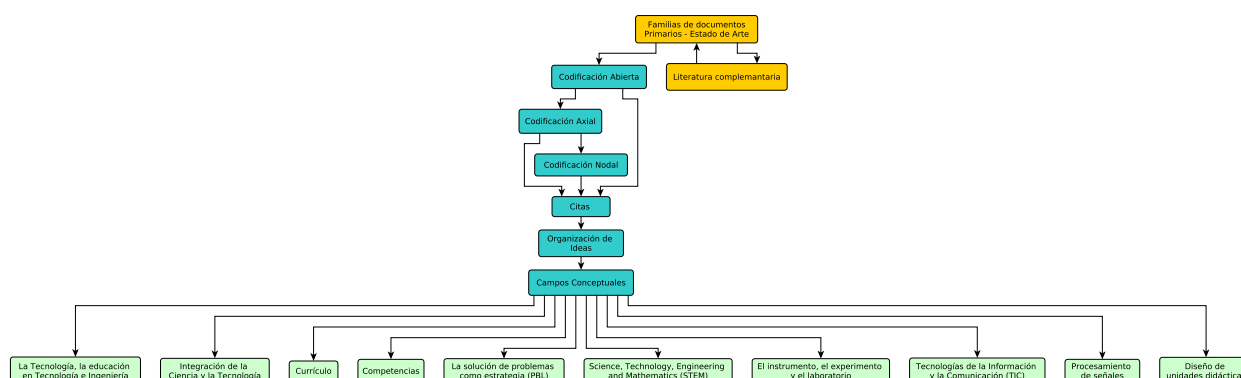


Figura 4.1: Síntesis de los campos teóricos identificados en el Referente Conceptual.

Para ampliar, de los campos presentados en la figura 4.1 se prestará atención en ampliar ideas en cada campo como se describe a continuación:

1. **La Tecnología, la educación en Tecnología e Ingeniería**, se centrará la atención en aspectos normativos para el AT&I y la formación de maestros.

2. **Integración de la Ciencia y la Tecnología**, se ampliará información relacionada con las necesidades actuales de integración de la CyT especialmente desde la educación.
3. **Currículo**, se prestará atención en el aspecto de educar en tecnología en Colombia y la organización del currículo para el AT&I.
4. **Competencias**, se tendrá interés en el enfoque por competencias para el AT&I.
5. **La solución de problemas como estrategia (PBL)**, el tema será apoyado con la estrategia de constructivismo en la educación en ciencias y tecnología.
6. **Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM)**, se presentará la estrategia de integración en CyT que más fuerza ha tomado en el mundo acompañada de sus dificultades de implementación.
7. **El instrumento, el experimento y el laboratorio**, se centrará la atención en el instrumento científico en la actividad experimental y su relación con la educación en tecnología y la educación en ciencias.
8. **Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)**, se buscará mostrar a las TICs como gran aliada en los procesos que permiten reforzar los conocimientos y las habilidades.
9. **Procesamiento de señales**, prestando atención en las concepciones y elementos necesarios para la construcción fenomenológica de las ondas de radiofrecuencia en el diseño de la unidad didáctica.
10. **Diseño de unidades didácticas**, se mostrarán elementos necesarios en el diseño de unidades didácticas para la educación en ciencias que pueden ser útiles en el diseño de unidades didácticas en la educación en tecnología.

A continuación, se presentará cada uno de los campos conceptuales.

4.1. La Tecnología, la educación en Tecnología e Ingeniería

Para reflexionar sobre la educación en tecnología se requiere partir de cómo entendemos la tecnología. Desde el punto de vista filosófico, la tecnología se relaciona profundamente con el arte de manufacturar, o hacer. Mitcham sugiere que la tecnología se ha desarrollado dentro de cuatro categorías: La tecnología del artefacto, el conocimiento, las actividades y un aspecto ligado a la humanidad. (Jones et al., 2013; Williams, 2013)

Por este último aspecto, la tecnología es vista como un elemento característico de la humanidad. Existen profundas relaciones de la tecnología con los seres humanos. Estas relaciones son estudiadas desde la mirada de los fenomenólogos. Otro planteamiento pone a la tecnología como una

forma de instrumentalización. En este espacio surge como el éxito de la práctica, el lugar en el que se materializan las ideas. Existen miradas contemporáneas que proponen que la tecnología juega un papel desde lo real y lo virtual, por ejemplo, internet. En algunos casos, incluso dentro de este lugar, también se afirma que hay poca acción humana en la tecnología (Jones et al., 2013).

Dentro de este amplio panorama, la tecnología también es vista como conocimiento. Este conocimiento se relaciona con el saber hacer y esto lo diferencia del conocimiento científico. Jones et al. (2013) afirman que la tecnología como conocimiento, es relevante para la educación en tecnología, ya que aclara la naturaleza del conocimiento tecnológico diferenciándolo de otros tipos de conocimiento. Entre sus diferencias más llamativas se encuentra la normatividad en el conocimiento tecnológico, en el cual el conocimiento de las funciones de los artefactos se centra en lo que deben hacer y no en lo que hacen.

Si la tecnología es vista como conocimiento es susceptible a ser enseñado. Por ello vincular el hecho de que la tecnología sea considerada una construcción social, así como lo es la ciencia (Gilbert, 1992), nos permite pensarnos en una didáctica propia de este saber. Un aspecto que podría orientarlo es que la tecnología está fuertemente enlazada con la solución de problemas. Por esta razón se considera que los problemas son útiles para la enseñanza de la tecnología, en vista que éstos permiten la interacción y el aprendizaje haciendo. En la interacción y el hacer surgen procesos y fases que permiten que el estudiante desarrolle unas competencias que son consideradas propias de la tecnología (Williams, 2013).

De esta forma surge la educación en tecnología (EDUTECH). De la necesidad de formar en el aprender haciendo mediado por la interacción y la posibilidad de desarrollar competencias propias que son necesarias para el desarrollo económico, social, cultural, entre otros, de un país. En este orden de ideas, al ser la tecnología una disciplina en sí, la EDUTECH rechaza la mirada de que sea la tecnología la división entre el intelecto, la teoría y la práctica (Williams, 2013). Por esta razón, Jones et al. (2013) sugieren que la tecnología como actividad, tiene su relevancia principalmente en el análisis de procesos de diseño. Aquí la filosofía de la tecnología puede enseñar lecciones importantes sobre el papel de los gráficos de diseño, los métodos de diseño, la interacción entre el conocimiento y el diseño, y la forma en que el diseño debe cumplir una amplia variedad de condiciones técnicas y no técnicas.

Se puede afirmar que el currículo para la EDUTECH proviene de los años 90 y se centró en el diseño (Jones et al., 2013). Sin embargo, ha habido algunos cambios desde ese momento. El más relevante se encuentra en el 2009 cuando la EDUTECH vincula una mirada sociocultural en el conocimiento tecnológico. Un aspecto importante que parte de concebir que la tecnología no está ausente de valores y que, debido a lo cual, le permite enseñar a evaluar críticamente a la tecnología y sus productos (Martínez y Suarez, 2008; Ramírez y Mora, 2019). Esta perspectiva se mantiene

en muchos currículos en EDUTECH, porque la tecnología es en sí multimodal y envuelve múltiples perspectivas en las que se ven inmersos diversos contextos.

A pesar de estas generalidades y la oportunidad de desarrollar currículos para la EDUTECH en contexto, se puede afirmar que el currículo en EDUTECH es muy frágil en muchas instituciones en el mundo. Las relaciones entre tecnología y EDUTECH son tensas, dependen de la forma en la que lo entiende cada país. Como afirma Williams (2013), a pesar de los avances que se han logrado, la posición de la educación en tecnología sigue siendo frágil en muchos currículos escolares, con autoridades educativas luchando por equilibrar las iniciativas de lectoescritura y aritmética con otras áreas. En este sentido, la tecnología ha reclamado un lugar como disciplina por sí misma. Iniciativas como STEM en Estados Unidos de América (EUA) y el Reino Unido y VET en Australia pueden hacer que resulte como parte de estudios integrados o en un subconjunto de otras disciplinas. Por consiguiente, Williams (2013) menciona que ahora existen iniciativas complementarias para abordar la EDUTECH. Sin embargo, no es posible que se vea fortalecida si no se refuerza con el Contenido del Conocimiento Pedagógico (PCK). Ante esta afirmación, *el currículo sigue siendo el elemento a indagar en EDUTECH*. Para reforzar, a medida que la educación en tecnología se ha convertido en un componente más seguro de la educación escolar, la preocupación por el plan de estudios parece menos necesaria y se ha superado para permitir a los investigadores ampliar su agenda (Williams, 2016).

Para dar sentido a la anterior afirmación, una mirada de las investigaciones y conferencias más importantes en el mundo sobre EDUTECH nos muestra que los temas más representativos se centran en competencias, enseñanza en artes industriales, diseño, tecnología como ciencia aplicada, tecnología integrada con ciencia, STEM, tecnologías múltiples y literatura en tecnología, sin embargo, *el currículo no es un tema nombrado*. En otras palabras, Jones et al. (2013) lo afirma de la siguiente manera: para demostrar esto, el handbook internacional (International Journal of Technology and Design Education) describe el desarrollo histórico de la asignatura en diez países, incluidos Inglaterra (Benson 2009), Francia (Ginestie, 2009a), Finlandia (Kananoja 2009), EE. UU. (Dugger 2009), Canadá (Hill 2009), Australia (Middleton 2009), Nueva Zelanda (Jones y Compton 2009), India (Natarajan y Chunawala 2009), China continental (Ding 2009) y Sudáfrica (Stevens 2009). A partir del análisis de estos ejemplos, se pueden identificar siete representaciones de la educación en tecnología: habilidades y temas de arte con un enfoque de género; artes industriales y / o formación profesional; tecnología informada por diseño; la tecnología como ciencia aplicada; tecnología integrada con Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM); múltiples tecnologías (tecnologías de proceso, fabricación, agrotecnología, biotecnología, etc.) y alfabetización tecnológica.

La figura 4.2 muestra el énfasis en EDUTECH que se da en los currículos de algunos países en el mundo basados en la información encontrada en los handbook (Jones et al., 2013). En este gráfico la letra E se asocia con el nivel “Elementary” (1-8 años) y S con el nivel “Secondary” (9-12 años).

Es importante anotar que algunos de estos énfasis abarcan varias propuestas y otros solo toman una de estas alternativas.

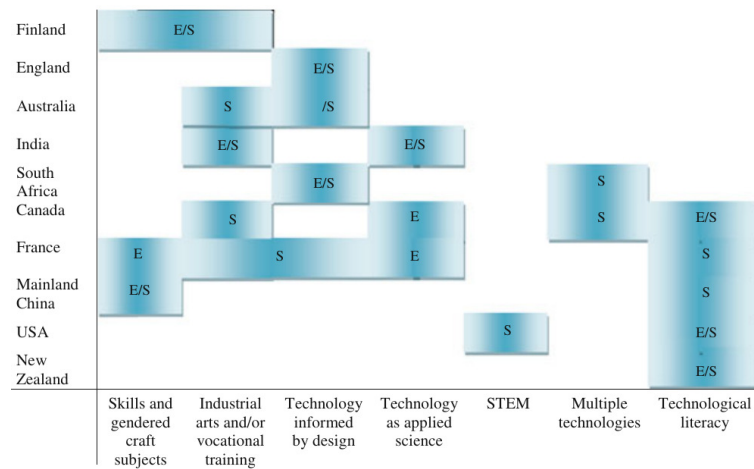


Figura 4.2: Representaciones de EDUTECH en diferentes países (Jones et al., 2013).

Un elemento adicional a la dificultad para encontrar literatura relacionada con el currículo en la EDUTECH se encuentra en que no se da claridad entre la ciencia y la tecnología. En muchos casos se sigue viendo como ciencia aplicada y no como una disciplina en sí. Esto ha logrado que la tecnología tampoco se logre diferenciar con la ingeniería, teniendo un trato ambiguo, en la mayoría de los casos, lo que ha generado dicotomías. El tema de las dicotomías se ha ampliado hasta el punto de que autores como Petrina (2008) y Stokes (2010) afirman que desde los años 80 y 90 la EDUTECH es igual a la educación con tecnología (TIC). Al respecto Sjøberg (2002) afirma que la definición curricular de “tecnología” es a menudo confusa e incoherente. En algunos países, la tecnología se ubica en un contexto de “diseño y tecnología” (D&T en el Reino Unido). En otros, el término tecnología implica tecnología de la información moderna y TIC. En algunos lugares, el énfasis está en el aspecto técnico y científico subyacente de la tecnología y en otras naciones, el peso se pone en las relaciones humanas con la tecnología, la sociedad y la tecnología, entre otros.

Sin embargo, hace mucho que la tecnología rompió las orillas de la ingeniería (o ciencia aplicada) y se extendió por las ciencias naturales, sociales y humanas. Los defensores de la tecnología como disciplina se quedan con la anomalía de una disciplina interdisciplinaria. La interdisciplinariedad de la tecnología es vital para que pueda alcanzar su máximo potencial y mantener su amplia base de conocimiento. sobre esto, algunos argumentarían que la interdisciplinariedad de la tecnología lo descalifica como disciplina. Esto debido a que involucra la aplicación selectiva del conocimiento a situaciones problemáticas específicas y a que el cuerpo crucial de conocimiento no puede definirse para todas las situaciones (Williams, 2013).

Ante el panorama de que la tecnología sea en sí una disciplina y que sea interdisciplinar, los

autores más representativos en EDUTECH, Williams y Gilbert, sugieren que la EDUTECH debe buscar que las personas comprendan:

- Cómo funciona la tecnología en las personas en el día a día
- Cómo la tecnología crea nueva tecnología
- Cómo la tecnología produce nuevos productos y servicios
- Cómo las personas usan la tecnología y conocen las necesidades humanas y lo que quieren
- Cómo las personas entienden el impacto de la tecnología en ellos mismos, en el medio ambiente y en la cultura

Además, como alternativas para vincular la ingeniería a la EDUTECH, Williams et al. (2000) plantean que el estudiante debe:

- Interpretar principios matemáticos y científicos
- Aplicar la tecnología para resolver problemas naturales y artificiales
- Sintetizar las matemáticas, la ciencia y las técnicas tecnológicas para ayudar en la resolución de problemas
- Evaluar soluciones de ingeniería
- Apreciar el amplio espectro de conocimiento y aplicación requerido en ingeniería
- Aceptar la responsabilidad de la automotivación y el autoaprendizaje de las matemáticas, la ciencia y la tecnología en el ámbito de la ingeniería

Las actividades de EDUTECH buscan siempre ampliar conceptos complejos. Sin embargo, la naturaleza de la EDUTECH se encuentra en el hacer, se aprende haciendo, por eso la EDUTECH se convierte en un puente entre lo que se aprende y lo que el estudiante usa en su vida (Jones et al., 2013). El contenido y las actividades de educación en tecnología han utilizado contenidos y principios de ciencias, matemática e ingeniería para mejorar el aprendizaje de los alumnos sobre conceptos complejos. La naturaleza práctica de esta materia escolar ha permitido que el aprendizaje se convierta en conceptualizar el conocimiento para los estudiantes y usarlo en el mundo real. Esto tiene mucho que ofrecer a los esfuerzos de la reforma educativa de STEM. Además, fueron algunas conclusiones a las que llegó el estudio realizado por Ritz y Fan (2015), en el que las investigaciones buscaron comprender mejor el rol de la educación en tecnología y de la ingeniería en el movimiento de reforma educativa STEM, al preguntar a un selecto grupo de académicos internacionales.

Por ser un puente entre lo que se aprende y lo que se usa a diario, la EDUTECH se muestra como una de las áreas con mayor desarrollo. En 2013 se publicó una revisión de revistas y publicaciones

de conferencias en educación en tecnología de 2006 a 2010. Un elemento de esa revisión fue una predicción de tendencias, a partir de los hallazgos, para especular sobre qué áreas de investigación pueden desarrollarse y volverse más significativas y comunes en el futuro. Esta predicción se integró con experiencias personales y conocimientos para dar lugar a una discusión especulativa de tendencias futuras dentro de la que se encuentra la EDUTECH (Williams, 2016).

En adición, se ha afirmado que la EDUTECH es un área con gran desarrollo, sin embargo, se puede indicar que las tendencias en EDUTECH se mueven en la actualidad en 4 temas a tratar: STEM, sustentabilidad y medio ambiente, diseño y tecnología, y aprendizaje en línea. Para Williams (2016), los temas de investigación más comunes que se han cubierto en las revistas durante el período (2006-2013) son en su mayoría explicables:

- *Journal of Technology Education*: el hecho de que los temas STEM se cubrieron con mayor frecuencia (16 %, lo mismo que en 2006-2010) no es sorprendente dado el énfasis que se está aplicando a las iniciativas STEM en los EUA.
- *International Journal of Technology and Design Education*: el tema de investigación publicado con mayor frecuencia fue sobre sostenibilidad / medio ambiente en educación en tecnología en 2006-2010 (10 %) y en torno al aprendizaje en 2006-2013 (10 %).
- *Design and Technology Education*: esta revista internacional publicó frecuentemente una investigación relacionada con el diseño (10 % en 2006-2010 a 13 % en 2006-2013); no es sorprendente en un contexto curricular donde la materia escolar en Inglaterra se llama Diseño y Tecnología (D&T).
- El tema de publicación más común en el *Journal of Technology Studies* (2011-2013) se relacionó con el aprendizaje móvil y en línea (15 %).

Es importante resaltar el hecho de incluir en la EDUTECH el tema del desarrollo sostenible que no había sido contemplado en el diseño de currículos de los años 90. Este tema se ha potenciado significativamente y existen evidencias de experiencias exitosas, como sucede en África. Al respecto Shumba et al. (2016) indica que se requerirá fortalecer la investigación científica, tecnológica, de ingeniería y matemática (STEM) y la educación basada en la investigación en los próximos diez años, como afirman el Banco Mundial y Elsevier. Por lo tanto, es importante que los investigadores continúen evaluando la contribución de la educación para el desarrollo sostenible (ESD) hacia la “re-visión” del currículo y la pedagogía en los entornos de educación científica y tecnológica, así como la calidad y relevancia de las prácticas educativas para todos.

Por otro lado, en relación a la EDUTECH se prevé que gran parte del *contenido se relacione con el contenido del área de ciencias*. Las tendencias de investigación en EDUTECH incluyen el aumento de la investigación en STEM, tecnologías de la información, problemas de sostenibilidad

y aprendizaje móvil; y menos investigación en alfabetización tecnológica y valores. Las tendencias futuras para la investigación en EDUTECH continuarán siendo diversas para abordar las necesidades de esta profesión en desarrollo.

4.1.1. La educación en tecnología en Colombia: Contexto normativo del área

Las ideas expuestas en este espacio son producto de esta investigación y han sido divulgadas en Ramírez (2016). Para iniciar, es el Decreto 1419 de julio de 1978 “por el cual se señalan las normas y orientaciones básicas para la administración curricular en los niveles de educación preescolar básica (primaria y secundaria) media vocacional e intermedia profesional”, especialmente en los artículos 3, 9 y 10, el primero que menciona la tecnología dentro del plan de estudios, en particular, con la intención de promover la capacidad de crear, adoptar y transferir la tecnología para el desarrollo del país. Sin embargo, en este decreto la tecnología solo se proyecta dentro del currículo más no se incluyen orientaciones que permitan desarrollar y conectar la tecnología dentro del plan de estudios (Ramírez, 2016).

Una modificación a esta norma da lugar al Decreto 1002 de abril 24 de 1984 “por el cual se establece el plan de estudios para la educación preescolar, básica (primaria y secundaria) y media vocacional de la educación formal Colombiana”, esta reglamentación es considerada la primera en formular la EDUTECH con la intención de contribuir a la formación personal y el desarrollo nacional dentro de las áreas comunes de la educación colombiana, específicamente los artículos 6 y 7 plantean el área de EDUTECH, sin embargo, su implementación es proyectada únicamente para el nivel de educación de media vocacional (Ramírez, 2016).

Martínez (2004) afirma que un punto que cambia significativamente la historia de la educación en Colombia se da con la emisión de la Constitución Política de Colombia en 1991. Este documento es el que rige políticamente a la nación desde entonces y parte de las tesis de la posguerra fría que dio origen a un nuevo modelo económico y político que es acogido por Colombia para ubicarse dentro de un nuevo modelo globalizado. Es importante resaltar que luego que el derecho a la educación fuere concebido en el Decreto 88 de 1976 “por el cual se reestructura el sistema educativo y se reorganiza el Ministerio de Educación Nacional”, es con la constitución política que los derechos fundamentales se convierten en realidad, además, se confiere especial atención a la formación para el mejoramiento democrático, cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente.

En consecuencia, expedida la constitución política, es la Ley 115 del 8 de febrero de 1994 “por la cual se expide la ley general de educación” la que adopta la política pública conferida en la constitución y la traduce en un enfoque de política educativa. En este orden de ideas, la ley crea una nueva área que tiene como finalidad aportar al desarrollo del país y la definió como área fun-

damental y obligatoria, denominándola Área de Tecnología e Informática (AT&I). Esta área se rige bajo los artículos 5, 23, 26, 28, 31 y 32 de la misma ley y obedece a las recomendaciones hechas en 1993 por la misión conformada en ese entonces para analizar los temas de Ciencia, Educación y Desarrollo en Colombia denominada “misión de sabios” (Ramírez, 2016).

Definida el área como fundamental y obligatoria, se emiten las orientaciones para el diseño de currículos en el AT&I, proceso que tiene lugar con la Resolución 2343 de junio 5 de 1996 “por la cual se adopta un diseño de lineamientos generales de los procesos curriculares del servicio público educativo y se establecen los indicadores de logros curriculares para la educación formal” (MEN, 1996b). Con esta resolución se emiten los lineamientos generales para los procesos curriculares y se definen los indicadores de logro curricular por conjuntos de grados para las áreas y los diferentes niveles de educación formal como lo dispuso la Ley 115. Como acompañamiento a esta disposición se emite el Programa de Educación en Tecnología para el siglo XXI o PET XXI (MEN, 1996a), que desde entonces ha orientado la política en EDUTECH.

Una actualización a los lineamientos generales para el AT&I se realiza con MEN (2006). Este documento organiza los estándares básicos de competencias en tecnología, que fueron modificados posteriormente con MEN (2008). Este documento ha sido denominado la guía No 30 “orientaciones generales para la educación en tecnología, ser competente en tecnología: ¡una necesidad para el desarrollo!”. Es relevante indicar que desde el 2008 no ha habido actualizaciones de estos documentos que orientan el área, además, para las restantes ocho áreas fundamentales en la educación colombiana existen estándares curriculares, sin embargo, para el AT&I solo se han emitido lineamientos y orientaciones curriculares (Ramírez, 2016).

Como complemento a estas orientaciones, el MEN (2012) emite las políticas de formación y desarrollo profesional docente. Posteriormente son actualizadas para el AT&I con el MEN (2014). Este documento centra la atención en la evaluación de maestros en el AT&I regidos por la ley 1278 de 2002. Un elemento adicional a este contexto normativo se encuentra en la ley general de educación, en el capítulo 2 (currículo y plan de estudios) específicamente en el artículo 77, que indica que el diseño de currículos se encontrará a cargo de las administraciones educativas departamentales. En el caso de Bogotá es la Secretaría de Educación Distrital (SED). Ésta ha propuesto la conformación de ambientes de aprendizaje para el AT&I en SED (2006a, 2007), las orientaciones para la construcción de una política distrital de educación en tecnología en SED (2006b), la propuesta de orientaciones para el desarrollo curricular del AT&I en colegios Distritales con SED (2009), la caracterización del sector educativo del distrito capital con SED (2015) y usos y apropiación de la tecnología en los colegios distritales, proyecto C4 Ciencia y Tecnología para Crear, Colaborar y Compartir en SED y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana (2015). Otros documentos que complementan este trayecto normativo son Maldonado y Maldonado (2000) y Munevar (2013).

4.1.2. La normatividad en el contexto de formación de maestros

En el contexto de la formación de maestros, el Foro Nacional (2017) indica que los criterios de calidad son definidos inicialmente por la Ley 30 de 1992 “por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior” y la Ley general de educación, especialmente los artículos 4 y 109 en los que se define que el estado debe atender permanentemente los factores que favorecen la calidad y mejoramiento de la educación, además, fija los saberes fundamentales del educador. Adicionalmente, en el artículo 113 se define que las facultades de educación deben ofrecer programas de actualización y formación de posgrado para los maestros y éstos deben acreditarse bajo las disposiciones del CESU (Consejo Nacional de Educación Superior).

Es el Decreto 2904 de 1994 “por el cual se reglamentan los artículos 53 y 54 de la Ley 30 de 1992” el que crea el Sistema Nacional de Acreditación para las instituciones de educación superior, partiendo de la premisa que la acreditación es un instrumento para el mejoramiento de la calidad de la educación superior. Posteriormente, mediante el Decreto 272 de 1998 “por el cual se establecen los requisitos de creación y funcionamiento de los programas académicos de pregrado y posgrado en educación ofrecidos por las universidades y las instituciones universitarias, se establece la nomenclatura de los títulos y se dictan otras disposiciones” se definen los principios curriculares, títulos y perfiles de los programas y se otorga un periodo de dos años para obtener la acreditación. Estos principios fueron derogados con el Decreto 2566 de 2003 “Por el cual se establecen las condiciones mínimas de calidad y demás requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior y se dictan otras disposiciones”.

El Decreto 2566 de 2003 es posteriormente derogado con la Ley 1188 de 2008 “por la cual se regula el registro calificado de programas de educación superior y se dictan otras disposiciones” regulaciones que se reglamentan con el Decreto 1295 de 2010. Esta normatividad fue posteriormente ampliada y complejizada con el ánimo de precisar los aspectos a tener cada programa para la obtención del registro calificado.

En un tiempo más cercano, la Ley 1753 de 2015 “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2014 –2018” define un cambio significativo en el Sistema Nacional de Acreditación y establece los criterios para la obtención del registro calificado y de calidad para los programas de licenciatura. Tomando como referencia esta ley se emite el Decreto 2450 de 2015 “por el cual reglamenta las condiciones de calidad para el otorgamiento y renovación del registro calificado de los programas académicos de licenciaturas y los enfocados a la educación”. Esta norma define las condiciones de calidad para obtener o renovar el registro calificado para los programas de formación de maestros y surge luego de que el PND aprobara la acreditación de calidad obligatoria para estos programas. En complemento a este Decreto, se emite la Resolución 2041 de 2016 que establece en el artículo 2 las características específicas de calidad de los programas de licenciatura para

la obtención, renovación o modificación del registro calificado. Esta norma además de definir las características que obligan a los programas de licenciatura a obtener la acreditación de alta calidad, afecta directamente la autonomía académica y genera inequidad en el proceso de evaluación de los diferentes programas de formación profesional, pues con esta norma las licenciaturas se someten a un marco normativo más exigente que el de otros programas profesionales. Esta norma fue derogada con la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017. Es relevante indicar que esta nueva norma contiene gran parte de la información presentada por su predecesora, pero dentro de las modificaciones relevantes se encuentra la disminución del del número de créditos para la actividad de práctica educativa en las licenciaturas.

Es importante anotar que la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017 también determina las características que debe tener un currículo en programas de formación de maestros. Especialmente define que los futuros licenciados deben encontrarse en capacidad de demostrar la apropiación de los estándares básicos de competencias, los lineamientos curriculares y los referentes de calidad para fortalecer los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Además, este currículo debe estar diseñado de tal forma que permita formar en: valores, conocimientos, competencias profesionales del futuro educador, y el uso de buenas prácticas de enseñanza de las disciplinas a cargo del docente. Estas características formativas han sido organizadas por *componentes y competencias* en el cuadro 4.1.

Al respecto de la implementación de la Resolución 2041 de 2016 se puede afirmar que ésta trajo nuevos retos a los programas de formación de maestros. Estos programas se vieron obligados a atender procesos de acreditación de alta calidad y de registro único calificado en cortos periodos de tiempo con altos estándares de evaluación, que surgen como estrategias para asegurar la calidad de los programas de licenciatura en el país.

4.2. Integración de la Ciencia y la Tecnología

Las ideas expuestas en éste espacio son producto de esta investigación y algunas han sido divulgadas en Ramírez y Mora (2018). Para iniciar, se presentará una mirada del conocimiento científico y tecnológico de forma diferenciada, para posteriormente mostrar algunas alternativas de integración. Sobre este punto, el MEN (2008) considera que la ciencia busca entender el mundo natural y la tecnología modifica el mundo para satisfacer necesidades humanas. Sin embargo, éstas se afectan mutuamente y comparten procesos de construcción de conocimiento. Es notable indicar que esta relación presentada de esta forma carece de profundidad y no permite comprender el enfoque que debe tener la EDUTECH en relación con la EDUCIENCIAS, si bien, se indica que la EDUTECH es un área transversal al resto. Al respecto Díaz et al. (2003) sugieren que la mayoría de los intentos por incluir conocimientos de tecnología en la enseñanza de las ciencias, desde la perspectiva de ciencia integrada con la tecnología, han logrado que se identifique a la tecnología subordinada a

Cuadro 4.1: Organización de componentes y competencias para la formación de maestros.

Componente de Fundamentos Generales	Componente de saberes específicos y disciplinares	Componente de pedagogía y ciencias de la educación	Componente de didácticas de las disciplinas
<p>Competencias:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comunicativas en español, manejo de lectura, escritura y argumentación 2. Matemáticas y de razonamiento cuantitativo 3. Científicas 4. Ciudadanas 5. En el uso de las TIC (Tecnologías de la Información y comunicación) y 6. Comunicativas en inglés 	<p>Competencia de: Investigación, innovación y profundización autónomamente en el conocimiento de los fundamentos conceptuales y disciplinares. Se apoya con:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Apropiar la trayectoria histórica y los fundamentos epistemológicos del campo disciplinar ▪ Dominar los referentes y formas de investigar del campo disciplinar y ▪ Desarrollar actitudes y disposiciones frente al trabajo académico. 	<p>Competencia para: Utilizar los conocimientos pedagógicos y de las ciencias de la educación que permitan crear ambientes para la formación integral y el aprendizaje de los estudiantes. Se apoya con:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dominar tendencias pedagógicas y didácticas ▪ Comprender el contexto y características de los estudiantes ▪ Conocer las diferentes formas de valorar, conocer y aprender de los niños ▪ Importancia del desarrollo humano y cultural de los estudiantes en el desarrollo de las prácticas educativas ▪ Importancia en el desarrollo profesional y búsqueda de mejoramiento continuo ▪ Vincular las prácticas educativas con el reconocimiento de la institución ▪ Competencias para evaluar, comprender, reflexionar, hacer seguimiento y tomar decisiones sobre los procesos formativos 	<p>Competencias para:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aprender y apropiarse del contenido disciplinar desde la perspectiva de enseñarlo y como objeto de enseñanza y 2. Trabajar a partir de proyectos concretos de formación en el aula <p>Se apoya de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Saber cuáles son las mejores prácticas pedagógicas y didácticas para enseñar un contenido ▪ Investigar, interrogar y apropiarse del contexto educativo, pedagógico y didáctico de la disciplina ▪ Comprender desde distintos marcos la enseñanza de la disciplina ▪ Estructurar y representar contenidos académicos ▪ Estar familiarizado con preconcepciones y dificultades que los estudiantes tienen para aprender ▪ Incorporar el uso de las TIC en los procesos educativos

la ciencia o tener una mirada errónea de ésta como ciencia aplicada. Esta imagen se ha arraigado popularmente y se ha extendido a otras prácticas en las que se encuentra la enseñanza y la didáctica de las ciencias experimentales, imagen que no se ha podido aclarar y que ha impedido clarificar las relaciones y diferencias entre la ciencia y la tecnología (CyT), a pesar de la intención de dotar de sentido de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) los currículos.

Sobre el particular, Díaz et al. (2003) proponen que la EDUTECH se puede enfocar a la: enseñanza de la tecnología desde la dimensión técnica; enseñanza sobre la tecnología enfocada a las cuestiones sociotecnológicas; y enseñanza en la tecnología que vincula las dos anteriores y agrega los valores, la ética y las finalidades de la tecnología. Díaz et al. (2003) sugieren que es posible extender este planteamiento en la enseñanza de la ciencia. Esta propuesta parte del esquema de práctica tecnológica y científica que se organiza en tres dimensiones: técnica, organizativa, e ideológica-cultural.

En cuanto al conocimiento científico, Acevedo (2002) afirma que éste debe alejarse de los prejuicios de tipo personal, es decir, debe mantenerse al margen de razones distintas a las científicas.

cas, lo que ha denominado *universalismo*. Además, el conocimiento científico debe considerarse público o lo que es considerado como un conocimiento *comunalismo*. A su vez, el conocimiento científico debe progresar sin depender de intereses particulares o mantener *desinterés*. Por último, el conocimiento científico debe ser examinado crítica y objetivamente, considerando provisional cualquier hipótesis no verificada por los métodos que la ciencia ha ofrecido, lo que es entendido como *escepticismo organizado*. Es relevante afirmar que el fruto de la investigación científica es el conocimiento científico y éste contiene información avanzada que está disponible públicamente en revistas especializadas, por esto, se facilita acceder a él.

En relación al conocimiento tecnológico, Acevedo (2002) expone que éste es esencialmente interdisciplinar y pragmático y se encuentra orientado a la resolución de problemas complejos y la toma de decisiones sobre cuestiones que afectan la sociedad. Este conocimiento se compone de: *conceptos científicos*, que se adaptan a las necesidades y contexto del proyecto en desarrollo; *conocimiento problemático*, que contempla los posibles impactos sociales y medioambientales de una tecnología en su diseño o al ser transferida a un contexto cultural particular; *teoría tecnológica*, que alude a los conocimientos que usa métodos experimentales sistemáticos, semejantes a la ciencia, pero que se centran en el diseño, construcción y comportamiento de artefactos y sistemas tecnológicos; y *pericia técnica o Know-how*, que vincula los conocimientos técnicos con instrumentos y máquinas, un conocimiento que es en sí tácito. Es relevante indicar que la divulgación de la investigación tecnológica se concentra en justificar productos tecnológicos y catálogos de productos y anuncios publicitarios. Esto se debe a las múltiples restricciones que tienen los proyectos por ser éstos financiados por muchas corporaciones. Esta afirmación hace evidentes formas diferentes de organización al interior de la investigación científica y tecnológica

Sobre las características expuestas del conocimiento científico y tecnológico, Echeverría (2003) propone que esta brecha se ha venido disminuyendo dado el carácter militar e industrial con el que se ha dotado gran parte de las investigaciones del siglo XX y XXI que se orientan con finalidad tecnológica. Esta condición ha logrado también que se diferencien los laboratorios de la ciencia, cada vez más destinados a la publicación de artículos en revistas especializadas, mientras que los laboratorios tecnológicos se ubican en el campo industrial y militar y gozan de un interés comercial al estar conectados con la producción de artefactos.

A este momento se han expuesto tres (3) criterios que permiten analizar las diferencias y relaciones entre la ciencia y la tecnología: las características del conocimiento tecnológico; el carácter de la información que se divulga en forma de publicaciones y la finalidad de los laboratorios. Es importante mencionar que esta información no es abordada por el MEN, pero es considerada necesaria para el diseño de currículos para el AT&I y la integración de la ciencia y la tecnología en el aula de clases.

En este orden de ideas, nuestras sociedades se ven permeadas por las ideas y experiencias que han traído los artefactos producto de la CyT. Es muy probable que la influencia de las ciencias y la tecnología continúe aumentando en los próximos años. Los conocimientos, habilidades y artefactos científicos y tecnológicos “invaden” todos los ámbitos en la sociedad moderna: el lugar de trabajo y la esfera pública dependen cada vez más de tecnologías nuevas y más establecidas. También lo son en la esfera privada y el tiempo libre. El conocimiento y las habilidades en CyT son cruciales para la mayoría de las acciones y decisiones (Sjøberg, 2002).

No obstante, no son solo los productos de la CyT lo que necesitamos. En nuestras sociedades existen otros ámbitos en los que es requerido el conocimiento en CyT. Sjøberg (2002) sugiere los siguientes:

- La Industria
- Las Universidades e instituciones de investigación
- Las escuelas (en particular, necesitan de profesores cualificados)
- Un mercado laboral
- Ciudadanos que participen democráticamente

Esta importancia ha sido el derrotero de muchas propuestas que han buscado la integración en CyT en el aula de clases, de manera que sean potenciados conocimientos y habilidades necesarios en éstos y otros ámbitos. La propuesta de vincular la CyT en el aula de clase no es nueva y se encuentran en algunos planteamientos como los de Gilbert et al. (2000) y Gilbert y Stocklmayer (2001). Sin embargo, existe la posibilidad de relacionarlas desde los artefactos. Desde este espacio se puede afirmar que los artefactos han sido importantes en el desarrollo de las ciencias (Gilbert, 1992) y han tenido un apoyo mutuo que se puede traducir desde el uso de instrumento y el experimento en el desarrollo de conocimiento científico y tecnológico. Empero, en el campo de la educación esta fortaleza no se ha traducido en el currículo. Por otro lado, una alternativa paralela a esta, que surge de esta revisión, es que un puente entre la EDUTEK y la educación en ciencias (EDUCIENCIAS) puede ser el uso de modelos como los que se emplean en la enseñanza de las ciencias (Gilbert et al., 2000; Ramírez y Mora, 2018) y las analogías (Gilbert y Stocklmayer, 2001).

Sobre este punto, es claro que la EDUCIENCIAS ha tenido más desarrollo. Esto se debe en gran parte a que existe un número significativo de investigadores e investigaciones con amplia proyección. Los resultados de estas investigaciones se han retomado en propuestas curriculares para otras áreas, dentro de las que se encuentra la EDUTEK. Por esta razón, se puede afirmar que la EDUCIENCIAS tiene más experiencia investigativa que la EDUTEK, pero es posible emplear esa experiencia en beneficio de la EDUTEK, propendiendo por el desarrollo de las dos áreas.

Sobre este particular, Davies y Gilbert (2003) presentan cinco argumentos que muestran por que se favorece relacionar la CyT en el aula y vincular la experiencia de la EDUCIENCIAS con la EDUTECH. Estos argumentos se amplían a continuación:

1. Ambos requieren que el alumno reflexione sobre su práctica. Esto es difícil en la educación en ciencias: dado que, por regla general, los experimentos se llevan a cabo una sola vez, a menudo hay poco en el macro dominio (evidencia concreta) para reflexionar. La educación en diseño y tecnología (D&T) proporciona esta evidencia concreta. Los alumnos deben realizar pruebas de sus productos educativos de D&T, una habilidad ampliamente desarrollada en la educación en ciencias.
2. Se podría desarrollar un enfoque consistente para la promoción de la metacognición (la capacidad de pensar sobre el propio pensamiento) a través de los dos temas debido al alto grado de congruencia epistemológica entre ellos.
3. Ambas asignaturas requieren que los alumnos desarrollen la capacidad de visualizar lo que no se puede ver o no se ha visto todavía.
4. Los conceptos explicativos de la educación en ciencias, como la fuerza y la energía, se utilizan a menudo para dar solución a los resúmenes de diseño de educación en D&T.
5. El uso de contextos tecnológicos puede ser motivador en la enseñanza de las ciencias, ya que estos contextos proporcionan razones utilitarias por las cuales los conceptos abstractos, a menudo difíciles, de las ciencias deben ser dominados por los estudiantes.

Este vínculo entre la CyT en el aula de clases puede beneficiar a otras propuestas que plantean la integración de currículos, como el caso de STEM desde la ingeniería. Para ampliar, el programa integra la ciencia y la tecnología para ofrecer una perspectiva única sobre el pensamiento de ingeniería que destaca sus raíces y la posibilidad de llevarlo como potencial en biología (Laut et al., 2015). No obstante, al ser disciplinas diferentes surgen diferencias al momento de integrarse en los currículos. Para Sjøberg (2002), las dificultades para vincular la EDUCIENCIAS y la EDUTECH están relacionadas con:

- El currículo
- Dificultad para entender la ciencia
- La falta de maestros calificados
- Tendencias anti y cuasi científicas
- Ataques postmodernos a la Ciencia y la Tecnología
- Imagen estereotípica de científicos e ingenieros

- Desacuerdo entre los investigadores percibidos como un problema (cuestiones socio-científicas)
- Problemas de valores y ética en la ciencia
- No hay un gusto por una ciencia ambiciosa
- La nueva imagen de Bigscience y tecnociencia
- Los científicos e ingenieros no son vistos como héroes
- Los nuevos roles sociales que no están en ciencia y tecnología (deportes o lo que genere dinero)
- Las distancias entre la comunicación científica y el público

El desarrollo de la CyT se ve fuertemente influenciado por la EDUCIENCIAS y la EDUTEC. Éstas a su vez deben permear a la población, pero ¿cómo lo hacen en el caso colombiano? Para determinar la percepción de los colombianos sobre CyT, Colciencias aplicó una encuesta a 6113 personas. De esta muestra, 1,245 fueron profesionales (20.37 %) y 4,868 no profesionales (79.63 %). Como resultado se encontró que la percepción de los colombianos es muy baja en relación a que existen políticas ligadas a la CyT. Además, sobre las políticas en Ciencia y Tecnología, el 79 % de los encuestados considera que en Colombia las personas hacen ciencia mientras que un 21 % considera lo contrario. Al preguntar si los colombianos hacen tecnología, el 32.18 % considera que *no* y solo el 48.13 % considera lo contrario. El 93.73 % de los encuestados piensa que es importante hacer ciencia y el 92.24 % hacer tecnología. Por este motivo, es consistente concluir que, para la población que accede a fuentes educativas, el nivel educativo representa una característica significativa en la percepción sobre CyT. En el futuro, se requerirá un enfoque basado en estudios diferenciales de mayor profundidad, abordar nuevas hipótesis sobre el papel de las diferentes poblaciones en la sociedad y la relación entre esto, además, el reconocimiento de la importancia de la difusión de la ciencia y la tecnología (Delgado-Hurtado et al., 2016).

4.3. Currículo

Williams et al. (2000) consideran que el currículo se encuentra tradicionalmente basado en el concepto que la instrucción debería separar los temas en subtemas para hacer más fácil la comprensión de éstos y luego integrarlos cuando se requiere aplicaciones más complejas. La importancia se encuentra en que los estudiantes puedan conectar nuevamente esos conocimientos escolares para darles uso en un contexto fuera del aula de clases. Existen investigaciones recientes que corroboran esta creencia. El concepto curricular de integrar o conectar áreas temáticas escolares ha recibido una atención significativa en los últimos años como una solución recomendable para desarrollar un

enfoque más relevante de la enseñanza y el aprendizaje (Adelman, 1989; Departamento de Trabajo, 1991 y Cheek, 1992) en Williams et al. (2000). La atención específica dentro del campo de la EDUTECH se ha dirigido a la integración de las matemáticas, la ciencia y la tecnología, por ello, existe la necesidad de desarrollar programas exploratorios donde se pueda realizar una evaluación para determinar el valor de un currículo integrador (Williams et al., 2000).

Thompson et al. (2013) consideran que una parte vital del currículo es el desarrollo de procesos. Es necesario examinar qué es lo que significa ser competente dentro del proyecto, cómo se pueden medir esas competencias y cómo se diseña un currículo que pueda ser evaluado de manera que los estudiantes adquieran esas competencias. El proyecto de currículo deberá ser diseñado y estructurado para facilitar la comunicación de las metas estratégicas institucionales.

Centrando la atención en el diseño de currículos para la EDUTECH, Pešaković et al. (2014) plantean que para organizar este currículo se debe tener en cuenta:

- Habilidades y conocimientos técnico-vocacionales acorde con los parámetros generados por la UNESCO. Los resultados del Progreso en el Estudio Internacional de Progreso en Comprensión Lectora (PIRLS) sugieren que el modelo de enseñanza de calidad se compone de tres dimensiones fundamentales, cada una de las cuales está compuesta por 6 elementos:
 - Dimensión intelectual (Elementos: conocimiento profundo, comprensión profunda, conocimiento problemático, pensamiento de orden superior, metalenguaje, comunicación sustantiva)
 - Entorno de aprendizaje (Elementos: criterios explícitos de calidad, compromiso, altas expectativas, apoyo mutuo, autocontrol de los estudiantes, decisiones conjuntas entre estudiantes y docentes) y
 - Hacer que el aprendizaje sea significativo (Elementos: conocimiento previo, sofisticación cultural, integración del conocimiento, inclusión, narración).

La tabla 4.2 resume las competencias necesarias para abordar el siglo XXI. Estas están subdivididas en habilidades analíticas, interpersonales, de realización, de procesamiento de información y la habilidad para el cambio y el aprendizaje.

En ese orden de ideas, Sjøberg (2002) sugiere que las tendencias y retos actuales para el desarrollo de currículos en EDUTECH y EDUCIENCIAS se deben centrar en:

- Ciencia para todos
- Integración de más temas
- Ampliación de perspectivas

Cuadro 4.2: Competencias para el siglo XXI. (Pešaković et al., 2014).

Competencias para el siglo XXI				
Habilidades analíticas	Habilidades interpersonales	Habilidades de realización	Procesamiento de información	Habilidad para el cambio / aprendizaje
Pensamiento crítico	Comunicación / Mensajería	Iniciativa / Autoregulación	Alfabetización informativa	Creatividad / Innovación
Solución de problemas	Colaboración	Productividad	Alfabetización en medios	Adaptabilidad
		Eficiencia		Aprender a aprender
Toma de decisiones	Liderazgo y responsabilidad		Ciudadanía digital	Flexibilidad
Investigación y desarrollo			Procedimientos en TIC y conceptos	

- La naturaleza de las ciencias
- La importancia de los contextos
- Lo concerniente al medio ambiente
- Amplias definiciones de tecnología
- Ciencia - Tecnología - Sociedad
- La ética en la CyT
- Currículos menos densos
- Las TIC son un tema de herramientas de ayuda

Centrando la atención en un tema particular, por ejemplo, en el campo de la enseñanza del electromagnetismo (EM), existen diferentes propuestas de temas a incluir. Sin embargo, todas las propuestas parten del hecho de que el aprendizaje de la teoría de este tema es complejo y difícil, pero la relevancia para el desarrollo de aplicaciones de índole tecnológico es amplia por su fuerte conexión con instrumentos de la cotidianidad. Al respecto, Tartarini et al. (2013) sugieren que fenómenos electromagnéticos son necesarios para comprender diversas tecnologías de transmisión, entre muchas otras. La mayoría de los estudiantes de pregrado a menudo perciben que el aprendizaje de la teoría electromagnética es complicado y problemático. Esta dificultad intrínseca, junto con la falsa percepción de que el electromagnetismo tiene poca relevancia para las aplicaciones tecnológicas que apoyan cada vez más la vida cotidiana, ha llevado a algunas universidades a eliminar o reducir cursos en los fundamentos de la electromagnética (especialmente en programas educativos no relacionados estrictamente con el área de telecomunicaciones) o simplemente para proporcionar a los estudiantes algunos elementos incompletos y dispersos de teoría de electromagnetismo en lugar de una educación sólida, amplia y bien fundada.

Como en muchos casos, el tema de EM entonces se convierte en una gran dificultad que en algunos casos es abandonado por esta razón. Contrario a esta situación, se debería analizar con detenimiento, investigar y proponer alternativas innovadoras que acerquen el fenómeno a los estudiantes. De manera que, en el aprendizaje del fenómeno electromagnético se requiere, además, el conocimiento conceptual y de procedimiento. El conocimiento conceptual se define como la comprensión de conceptos físicos, operaciones y relaciones de electricidad y magnetismo. El conocimiento del estudiante y su comprensión de los hechos y métodos se organizan de manera coherente. En este aspecto el alumno sabe cómo los conceptos son interdependientes y cómo se aplican en diferentes contextos. El conocimiento procedimental, que se considera como “saber cómo”, denota una utilización dinámica y exitosa del conocimiento, los métodos y las reglas dentro de las formas de representación relevantes (Leppavirta et al., 2011).

Para reafirmar, el EM es un tema relevante y vital para el desarrollo de las telecomunicaciones, tan presentes y relevantes en el desarrollo de los países. Cursos diseñados específicamente para la enseñanza de las telecomunicaciones sugieren que este currículo debería incluir clases semanales de 3 horas, tareas, cuestionarios y ejercicios y ejemplos en clase. Los temas del curso cubiertos en la experiencia de Lumori y Kim (2010) fueron: 1) vectores complejos; 2) las ecuaciones de Maxwell; 3) ondas planas uniformes; 4) reflexión y transmisión de ondas; 5) guías de onda y resonadores; 6) líneas de transmisión y 7) antenas.

La propuesta complementaria de currículo en telecomunicaciones de Notaroš (2013) sugiere que estos temas pueden ser mejorados con: Campos electrostáticos, corrientes eléctricas estables, campos magnetostáticos, campos electromagnéticos lentamente variables en el tiempo (baja frecuencia), campos electromagnéticos rápidamente variables en el tiempo (alta frecuencia), ondas electromagnéticas planas uniformes, líneas de transmisión, guías de onda y resonadores de cavidad y antenas y radiación.

4.3.1. Educar en Tecnología en Colombia: organización del currículo para el área

La organización del currículo para el AT&I parte de saber ¿qué entiende el estado colombiano cuando se habla de educar en tecnología? El MEN (2008) indica que la tecnología ha sido entendida como una actividad humana que “busca resolver problemas y satisfacer necesidades individuales y sociales, transformando el entorno y la naturaleza mediante la utilización racional, crítica y creativa de recursos y conocimientos” (p. 5) y que se materializa en el diseño y construcción de artefactos tangibles e intangibles. Para lograrlo, el individuo debe hacer uso de conocimientos, procesos y sistemas que le permiten no solo crear los artefactos sino también usarlos, conocimientos que se ubican dentro de un “saber hacer” y un “saber cómo”.

En ese orden de ideas, el MEN (2008) considera que la EDUTECH debe ser un área transversal a las demás áreas fundamentales y obligatorias en la educación colombiana, por esta razón ésta se convierte en un área interdisciplinar. Para lograr esa interdisciplinariedad, el MEN (2008) indica que la tecnología se debe interrelacionar con: *la técnica; la ciencia; la innovación, la invención y el descubrimiento; el diseño; la informática; y la ética*. Debido a este planteamiento es necesario ampliar información al respecto de estas relaciones. Esta información facilitará comprender cómo el MEN articula las interrelaciones y las materializa en competencias y desempeños que debe tener el maestro para el AT&I, parte esencial de esta investigación. Además, estas competencias y desempeños se convierten en la guía con la que se diseñan los currículos para el área. Con estos elementos formativos se debe fortalecer la educación básica, media y superior apoyada de la EDUTECH.

La primera interrelación es la tecnología con la técnica. Para clarificar, Ortega y Gasset (1939) afirma que la técnica nos lleva a la “invención de un procedimiento que nos permite, dentro de ciertos límites, obtener con seguridad, a nuestro antojo y conveniencia, lo que no hay en la naturaleza, pero que necesitamos” (p. 7). En otras palabras, lo que la naturaleza no entrega al ser humano éste lo crea en beneficio propio, una habilidad empírica que le permite hacer y saber hacer y que ha sido entendido en el mundo antiguo como “*techne*”. La tecnología requiere de este conocimiento lo aplica, pero le agrega un conocimiento adicional denominado “*logos*”, un conocimiento que permite darle un nuevo sentido a la técnica y que responde al saber cómo hacer y por qué se hace, un conocimiento que se encuentra más relacionado con la ciencia y que origina la segunda interrelación (Acevedo, 2002; Díaz et al., 2003; MEN, 2008).

En lo que respecta a la integración de la CyT se ha presentado un aparte dedicado a este punto y es considerado que tiene la profundidad necesaria para no retomarlo en este aparte. En consecuencia, establecidos los criterios que permiten diferenciar la tecnología de la ciencia, nos conectamos con la siguiente interrelación: la innovación, invención y descubrimiento.

Partiendo del hecho que el producto tecnológico se materializa en un artefacto, proceso o sistema, para el MEN (2008) la innovación se compromete a incluir cambios para mejorarlos significativamente. En la invención se espera obtener un nuevo artefacto, proceso o sistema, en otras palabras, se considera el primero de todos. En relación con el descubrimiento se enfoca a encontrar un nuevo fenómeno que ha permanecido oculto o desconocido. En ese orden de ideas, la educación en tecnología puede partir del análisis de artefactos, procesos o sistemas para mejorarlos en un proceso innovador, o aportar elementos que permitan la invención o el descubrimiento. Para lograrlo se requiere de una organización especial, es decir, de un diseño. Con esta idea se enlaza la siguiente interrelación, tecnología y diseño.

Al hablar de diseño se habla del método, es decir, vincular procesos de pensamiento que permitan dar respuesta al problema identificado. Para el MEN (2008), el diseño también genera preguntas,

identifica necesidades, restricciones o especificaciones, además, determina oportunidades y permite plantear diferentes alternativas de solución, evaluación y desarrollo al problema en cuestión. Por esta razón, los resultados que se encuentran no son siempre los mismos, es decir, se pueden obtener diferentes artefactos, procesos o sistemas que responden a una misma necesidad. Durante el proceso de diseño se hace necesario la búsqueda, selección y manejo de información que permite la organización de las ideas y la clasificación de las alternativas de solución, razón que introduce la informática y que conecta la siguiente interrelación.

Para el MEN (2008) la informática es el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos que permiten la búsqueda, acceso y uso de la información por medio de computadores, por lo que comúnmente ha sido relacionado con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). En este campo, la informática permite procesos de simulación, de diseño asistido, de manufactura y de trabajo colaborativo, entre otras posibilidades, que aportan significativamente a la construcción del artefacto, proceso o sistema. Es relevante indicar que el campo de las TIC abarca a la informática, siendo ésta un pequeño campo dentro de las TIC.

Finalmente, en las relaciones de la tecnología se encuentra la ética. El cuestionamiento de la tecnología en aspectos éticos usualmente conlleva a discusiones políticas contemporáneas. Una de las razones se encuentra en que los productos tecnológicos aportan a la sociedad, pero a su vez generan dilemas por las consecuencias que tienen éstos sobre el medio ambiente, la salud de las personas, la confidencialidad de la información, los derechos de propiedad sobre los artefactos, procesos o sistemas diseñados, la responsabilidad sobre el impacto de éstos, la inequidad social que genera el acceder o no a un producto tecnológico, entre muchos otros más.

Producto de estas relaciones, el MEN propone una organización que permite el diseño de los currículos y define los objetivos de aprendizaje que deben ser contemplados por cada uno de los Proyectos Educativos Institucionales (PEI). Esta organización plantea cuatro componentes generales para toda la educación básica y media, y desagrega para cada uno de ellos unas competencias y unos desempeños. El cuadro 4.3 resume esta organización.

Como se mencionó, cada componente tiene asociado una competencia. Estas son modificadas para cada grupo de grados en la educación colombiana. Sin embargo, estas competencias se pueden resumir así: para el primer componente, las competencias se han centrado en el reconocimiento de principios y conocimientos científicos y tecnológicos y la descripción evolutiva que se tienen de algunos artefactos y sistemas tecnológicos en el desarrollo de las actividades cotidianas. Para el segundo componente, las competencias se centran en el reconocimiento de características de funcionamiento de algunos productos tecnológicos que permitan el análisis de los principios de funcionamiento, además, que estas características permitan definir criterios de selección para el uso eficiente de artefactos, productos, servicios, procesos y sistemas tecnológicos. En el tercer compo-

Cuadro 4.3: Estructura general para la elaboración de planes de estudio en el AT&I.

Componente de naturaleza y evolución de la tecnología	Componente de apropiación y uso de la tecnología	Componente de solución de problemas con tecnología	Componente de Tecnología y sociedad
Refiere a las características y objetivos de la tecnología, sus conceptos fundamentales y las relaciones con otras disciplinas.	Contempla el uso adecuado, crítico y conveniente de la tecnología.	Se relaciona con las estrategias que permiten la identificación, formulación y solución de problemas, así como la caracterización de las alternativas de solución planteadas.	Plantea tres elementos: las actitudes de los estudiantes hacia la tecnología; la valoración social que el estudiante hace de la tecnología; y la participación social que involucra temas como la ética, responsabilidad social, comunicación y participación, entre otras.
Competencia	Competencia	Competencia	Competencia
Desempeño	Desempeño	Desempeño	Desempeño

nente, las competencias se centran en resolver problemas tecnológicos identificando y evaluando soluciones que requieren de conocimientos tecnológicos, además, se debe tener en cuenta las condiciones, restricciones y especificaciones del problema. Por último, en el cuarto componente las competencias se enfocan a identificar situaciones en las que se evidencian efectos sociales y/o ambientales con el uso de la tecnología. Estas situaciones deben permitir reconocer las causas, efectos, implicaciones éticas, sociales y ambientales de las manifestaciones tecnológicas del mundo.

Ahora bien, con cada una de las competencias por componente y modificadas en cada grupo de grados, se definen varios desempeños por componente-competencia. Para el MEN (2008) los desempeños son entendidos como una señales o pistas que le ayudan al docente a valorar la competencia en sus estudiantes. Estos desempeños contienen elementos, conocimientos, acciones, destrezas o actitudes que se requieren para alcanzar la competencia y que pueden ser entendidas como capacidades, aunque el documento no haga referencias a ellas. A su vez los desempeños permiten diferenciar los niveles que debe tener cada ciclo educativo.

Como fue citado, el diseño de currículos se encontrará a cargo de las administraciones educativas departamentales. Tomando como referencia la estructura general para la elaboración de planes de estudios cada Secretaría de Educación debe diseñar los currículos. Para el caso de Bogotá, la SED realizó la propuesta que delimita el ámbito de desempeño de la tecnología en cuatro espacios y propone articularlos desde 3 ámbitos; adicionalmente, sugiere 10 ejes temáticos para implementar en la educación media y básica, estructurando 3 ejes transversales a la propuesta, como se muestra en el cuadro 4.4 (SED, 2009). Es importante resaltar que las telecomunicaciones no hacen parte de los ejes temáticos ni de los ejes transversales de ésta. Este es un hecho a resaltar dada la importancia del tema por su carácter integrador de contenido, las posibilidades de trabajo alrededor de problemas, el contacto que tienen los estudiantes con el tema, entre muchos otros más.

Esta propuesta fue actualizada en el 2015 con el documento SED y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana (2015), sin embargo, su enfoque se encuentra en el uso de herramientas TIC.

Cuadro 4.4: Síntesis de la propuesta curricular de la SED para el AT&I en Bogotá.

Espacios de la Tecnología	Articulación de los Espacios	Ejes Temáticos
Tecnología; Informática; Artes Industriales; y Gestión empresarial y diseño.	El análisis semiótico; La gestión del conocimiento; y La proyección de transformaciones.	Diseño y construcción de estructuras; Transmisión; Transformación y control de movimiento; Manejo de fuentes de energía convencionales y renovables; Control y automatización de procesos (robótica); Uso de software para diseño; Simulación y obtención de información; Representación y comunicación gráfica; Procesos técnicos básicos; y Tecnología en el contexto social.
Ejes Transversales: La comunicación, el arte y los lenguajes; la ética, proyecto de vida y formación ciudadana; y comprensión y transformación de la realidad natural y social.		

Esta propuesta se encuentra en fase de transición, razón por la que la anterior propuesta sigue vigente en la mayoría de las instituciones de la ciudad.

4.4. Competencias

Existen muchas definiciones sobre competencias en la literatura académica sobre el tema. En este documento se emplea la definición de competencia como un complejo de conocimiento funcionalmente vinculado con habilidades y actitudes que permiten realizar tareas con éxito y la resolución de problemas. Como caso particular, el aplicar competencias evoca complejos de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten el desempeño exitoso de las tareas y la resolución de problemas con respecto a los problemas del mundo real, desafíos y oportunidades (Wiek et al., 2011). Esta competencia general es usualmente conceptualizada como tener las capacidades, las competencias y los conocimientos que favorecen promulgar cambios en las políticas económicas, ecológicas y de comportamiento social en los que tales cambios usualmente resultan una mera reacción de problemas preexistentes.

En cuanto a las competencias para la EDUTECH, se cita la propuesta de Pešaković et al. (2014) sobre las competencias necesarias para abordar el siglo XXI. Éstas se han centrado en las competencias analíticas, interpersonales, de razonamiento, de procesamiento de información y la habilidad para aprender o cambiar, como se mostró en la tabla 4.2. Para el desarrollo de estas competencias, Leppavirta et al. (2011) sugieren que es necesario dotar las actividades de enseñanza con contenido que propenda por generar conocimiento conceptual y procedimental. Este conocimiento está relacionado con las teorías del aprendizaje avanzado y el pensamiento, el aprendizaje situado (contexto), la transferencia del conocimiento aprendido, la naturaleza de los problemas a resolver y el trabajo en equipos cooperativos (Williams et al., 2000). Por esta razón las actividades que vinculen la solución de problemas permitirán la formación de competencias necesarias para identificar y resolver problemas en contexto, competencias propias de la EDUTECH.

Para la formación de competencias en EDUTECH se ha sugerido el aprendizaje basado en problemas y proyectos, sin embargo, es posible traer la investigación orientada para estos procesos,

una estrategia que ha sido probada ampliamente en la EDUCIENCIAS con significativos resultados positivos. Al respecto, Shakouri et al. (2013) afirman que tanto el aprendizaje basado en la consulta como el aprendizaje basado en el problema pueden llevar a construir el conocimiento de la asignatura. Por consiguiente, los métodos y las habilidades de investigación no solo deberían ser progresivos, sino que deberían ofrecer una variedad de métodos y habilidades, como el caso de la investigación orientada.

En relación a las competencias particulares que desarrolla la EDUTECH se puede afirmar que son importantes en situaciones donde problemas complejos deben ser resueltos bajo condiciones inconstantes. De hecho, a lo largo de sus vidas, los graduados de formación profesional se encontrarán con una diversa gama de problemas personales y de trabajo que son complejos, ambiguos y que no pueden resolverse utilizando las mismas soluciones todas las veces. Spiro y Jehng (1990), en Williams et al. (2000), se refieren a estas situaciones o entornos “mal estructurados”. Al examinar esta relación, los alumnos comprenden mejor la aplicabilidad de varias áreas temáticas para resolver problemas de ciencias.

Sin embargo, para identificar y resolver estos problemas propios de la EDUTECH, los estudiantes necesitan usar herramientas matemáticas potentes, por ejemplo, álgebra vectorial y cálculo diferencial e integral apropiadamente. Necesitan conocer conceptos abstractos de los sistemas físicos, por ejemplo, estructuras de campo eléctricas y magnéticas, y también necesitan comprender representaciones visuales de principios y aplicaciones. Además, los estudiantes de ingeniería deben desarrollar habilidades prácticas de resolución de problemas para construir un vínculo fundamental entre la disciplina de la ingeniería y la teoría (Leppavirta et al., 2011).

A pesar de haber sido propuestas las herramientas necesarias para resolver problemas en contexto, se hace necesaria otra competencia importante en este proceso, la creatividad. Davies y Gilbert (2003) proponen seis características necesarias que deben estar presentes en los diferentes ambientes de aprendizaje para promover la creatividad individual y grupal. Éstas son:

1. Confianza
2. Libertad para actuar
3. Variaciones del contexto
4. El correcto balance entre competencias y cambio
5. Intercambio de conocimiento e ideas
6. Resultados acorde con circunstancias de la vida real

Es reconocido que el conocimiento científico es muy importante para el desarrollo de la tecnología y la EDUTECH. Existen diversas propuestas de competencias científicas necesarias en el siglo XXI, pero, según Thompson et al. (2013) las competencias de las ciencias físicas se resumen en: *Concepto fundacional 1. Los organismos vivos complejos transportan materiales, detectan su entorno, procesan señales y responden a los cambios utilizando procesos que se entienden en términos de principios físicos. (1A. Movimiento traslacional, fuerzas, trabajo, energía y equilibrio en los sistemas vivos 1B. Importancia de los fluidos para la circulación de sangre, movimiento de gas e intercambio de gases 1C. Electroquímica y circuitos eléctricos y sus elementos 1D. Cómo interactúan la luz y el sonido con la materia. 1E: átomos, descomposición nuclear, estructura electrónica y comportamiento químico atómico). Investigación científica y habilidad de razonamiento 2. Razonamiento científico y resolución de problemas basado en la evidencia de investigación científica y habilidad de razonamiento 3. Razonamiento sobre el diseño y la ejecución de la investigación científica y habilidad de razonamiento 4. Razonamiento estadístico y basado en datos.*

Como caso particular para la EDUTECH, y citado como ejemplo de integración de estos planteamientos, se resalta un tema muy propio y difundido ampliamente en la actualidad, la robótica y en particular, la robótica escolar. Estos temas permiten la integración de diferentes conocimientos y el planteamiento de diversos problemas que son susceptibles a ser adaptados en el contexto. Un elemento no menos importante es que parte de las soluciones que ofrece la robótica se encuentran integrados los comportamientos de los seres vivos para la solución de algunos problemas, un tema muy actual y que se encuentra fuertemente ligado a la cibernética (Laut et al., 2015).

Al momento se ha presentado un panorama de lo que respecta a las competencias que se requiere formar en los estudiantes, a pesar de que para el desarrollo de esas competencias se requiere de la presencia de un maestro que oriente el proceso. Hablando de competencias docentes, se afirma que éstas no solo son importantes para el maestro en sí, sino que deben estar presentes en la formación de otras disciplinas, como el caso de la ingeniería. Una competencia que poco se desarrolla en otras áreas es la *comunicación*, tan importante en cualquier campo y resaltada dentro de las competencias necesarias en el siglo XXI por Pešaković et al. (2014). Sobre el particular, Mohan et al. (2010) afirman que las habilidades de enseñanza son cada vez más importantes para encontrar trabajos de ingeniería en la academia y la industria. Cada vez más, el “maestro” exitoso (o líder / gerente del equipo) es un coach más que un profesor y debe poder variar los estilos dependiendo de los patrones de aprendizaje de los estudiantes o del equipo / personal. Si la enseñanza es principalmente impartir hechos, la tutoría imparte procedimientos: formas de pensar, realizar investigaciones y abordar nuevos problemas. Una buena relación con un mentor es personal: un aprendiz debe tener la oportunidad de discutir temas de interés ético, ideológico y filosófico, así como asuntos más prácticos.

El tema de las competencias docentes en la formación de otras disciplinas no es tan desarrollado.

Sobre el particular, Mohan et al. (2010) sugiere introducir a los estudiantes de ingeniería formalmente a las habilidades profesionales a través de cuatro categorías temáticas: pedagogía y habilidades de comunicación interpersonal, formación de equipos y habilidades personales, desarrollo de propuestas, globalización y adquisición de experiencia internacional. La encuesta retro-piloto que implementó Mohan et al. (2010) reveló que la instrucción sostenida (incluida la metacognición) en estas categorías temáticas aumentó la conciencia y la comprensión de la importancia de las habilidades profesionales.

Como fue mencionado en la formulación del problema no existe un planteamiento de competencias clave para la EDUTECH. Por ello, en el vínculo de la CyT se propone emplear, o tener en cuenta, como base las competencias clave para la EDUCIENCIAS, de las que existen investigaciones y propuestas desde diferentes puntos de vista. Es de resaltar que en estos planteamientos de competencias clave las que mejor se conectan con el espíritu de la EDUTECH, y en sí de este proyecto, son las competencias en Educación para el Desarrollo Sostenible (ESD). En el caso, para la ESD Wiek et al. (2011) sugieren que las competencias clave son: competencia en pensamiento sistémico, competencia de anticipación, competencia normativa, competencia estratégica y la competencia interpersonal. Estas competencias se pueden hacer evidentes en la solución de un problema, como se muestra en la figura 4.3

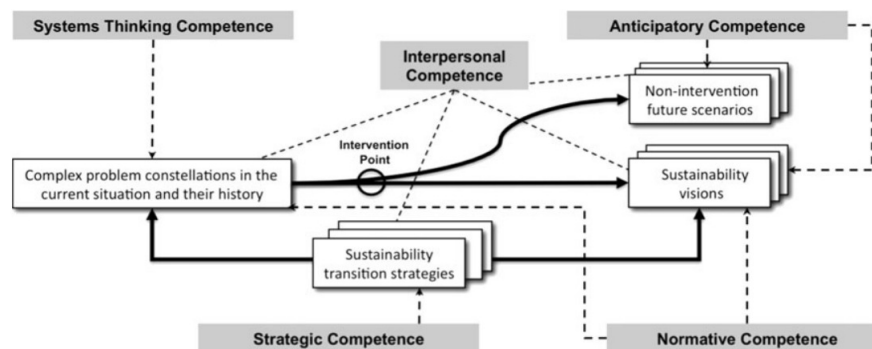


Figura 4.3: Cinco competencias claves en ESD y cómo se conectan con investigaciones de sostenibilidad y solución de problemas (Wiek et al., 2011).

En la figura 4.3, la competencia de pensamiento sistémico es entendida como la capacidad de analizar colectivamente sistemas complejos a través de diferentes dominios (sociedad, medio ambiente, economía, etc.) y en diferentes escalas (local a global), por lo que se consideran los casos efectos de cadencia, inercia, bucles de retroalimentación y otros efectos sistémicos. Estas características son relacionadas con los temas de sostenibilidad en el marco de la solución de problemas.

Así mismo, la competencia de anticipación es la capacidad de analizar colectivamente, evaluar y elaborar “gráficos” enriquecidos con una imagen futura de lo relacionado con los temas de sostenibilidad.

nibilidad y la sostenibilidad en el marco de la solución de problemas.

La competencia normativa es la capacidad de mapear, especificar, aplicar, reconciliar y negociar colectivamente valores, principios, metas y objetivos de sostenibilidad en el marco de la solución de problemas.

La competencia estratégica es la capacidad de diseñar e implementar intervenciones, transiciones y estrategias de gobierno transformador hacia la sostenibilidad y la solución de problemas de forma colectiva. Por último, la competencia interpersonal es la capacidad de motivar, habilitar y facilitar la colaboración y la participación de la investigación sobre la sostenibilidad y la solución de problemas.

Para acoplar las competencias clave con las competencias generales se requiere de una estrategia. La figura 4.4 propone una alternativa. Este modelo pretende el vínculo entre las competencias clave en la sostenibilidad y las competencias académicas “regulares”; la necesidad de evidencia, profundidad y rigor en la elaboración de las competencias clave; aspectos ideológicos de las competencias clave en la sostenibilidad (el conflicto percibido entre la inclusión de en los esfuerzos científicos y el rigor en el mantenimiento de los valores académicos); la integración de las competencias clave en una investigación global sobre sostenibilidad y solución de problemas y, por último, los requisitos y los desafíos para los estudiantes al adquirir el conjunto completo de competencias clave en sostenibilidad.



Figura 4.4: Propuesta de enlace de las competencias clave con las competencias generales (Wiek et al., 2011).

Se ha hablado de las competencias que deben estar presentes en la EDUTECH y en la EDUCIENCIAS, así como las estrategias para desarrollarlas desde la ESD. También, la presencia de las competencias docentes en la formación de disciplinas cercanas a la EDUTECH como la ingeniería. No obstante, no se ha hablado de cómo medirlas. Theyßen et al. (2014) afirman que medir competencias es un proceso complejo, en especial si se tratan de competencias experimentales, pero, es posible hacerlo empleando test y simulaciones. Cuando se usen test, es posible aplicar cuestionarios con subescalas SLEI y apoyado de un recurso fílmico. La figura 4.5 muestra el modelo que propone

Schreiber-Theyßen para medir competencias experimentales. Este modelo ha sido validado y entrega fuertes herramientas para emplearlo en otras mediciones, como el caso de esta investigación.

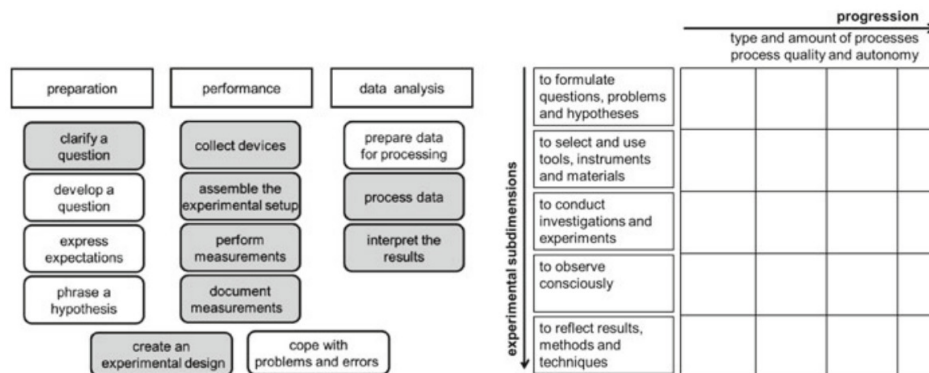


Fig. 20.1 Models of experimental competencies (*left*: according to Schreiber, Theyßen and Schecker (2012), for the *grey* components see Sect. 5.2; *right*: according to Gut and Labudde (2010))

Figura 4.5: Modelo de evaluación de competencias de Schreiber-Theyßen.

Para correlacionar los datos y dar peso y sentido a la investigación que se realice, Theyßen et al. (2014) plantean complementar el análisis de los datos con regresiones lineales de los resultados para mirar la correlación de las técnicas. Es importante que dentro de las actividades a evaluar integren la teoría, simulación y la práctica de laboratorio propiamente dicha. Además, hay que prestar atención al diseño previo que realice el alumno en el papel.

Para el caso del análisis de las competencias experimentales, Theyßen et al. (2014) proponen como criterios los siguientes aspectos:

- Expandir las conclusiones y resultados que provienen del problema
- Formular y tener congruencia de las diferentes fuentes
- Esclarecer los procedimientos de la evaluación

Para vincular estos aspectos Theyßen et al. (2014) sugieren el uso de rúbricas. Estas rúbricas pueden ser extendidas al hecho de evaluar otro tipo de competencias. Sobre este particular, el planteamiento resulta relevante para ser empleado en la investigación.

Es importante señalar que abordar problemas y que éstos guarden relación con el contexto es tema central en todas las estrategias para el desarrollo de currículos en EDUTEC, sin embargo, no es posible encontrar una propuesta que una las competencias con la estrategia, como fue mencionado en la introducción. Por ello, *se propone dentro de este espacio un ejercicio académico que trata las competencias con el planteamiento de problemas y es tema de actual debate académico*

por su pertinencia. La propuesta se centra en la Educación para el Desarrollo Sostenible (ESD). Las alternativas a mostrar a continuación parten de identificar ¿Qué competencias necesitan los profesores para implementar y desarrollar ofertas educativas en el campo de la educación para el desarrollo sostenible (ESD)? En respuesta, el modelo Curriculum Sustainable Development, Competences, Teacher Training (CSCT) es propuesto para ser implementado en todos los niveles educativos escolares. Es producto de la organización internacional ENSI (Environment and School Initiatives) y es parte del proyecto Comenius-2 que se desarrolla con la participación de miembros de 15 universidades europeas (Bertschy et al., 2013).

El modelo CSCT es referido a los objetivos generales de la educación:

- La competencia para comprender y cambiar las propias condiciones de vida
- La competencia para participar en las decisiones colectivas
- La capacidad de ser solidario con aquellos que por diversas razones son incapaces de controlar su propia vida

El modelo diferencia tres dimensiones de competencias: *enseñanza-comunicación; reflexión-visión; trabajo en red.* Estas tres dimensiones contienen cinco ámbitos de las competencias: *el conocimiento, el pensamiento sistémico, las emociones, los valores y la ética, y la acción.* La figura 4.6 amplía información sobre la forma en la que interactúa el modelo CSCT. Nótese que el modelo se encuentra compuesto por dos triángulos. Uno de ellos se vincula con las dimensiones profesionales del maestro: *el maestro en sociedad, el maestro como individuo y el maestro en la institución educativa.* Este triángulo se cruza con las competencias generales: *enseñanza, reflexión - visión y trabajo en red.* Los cinco ámbitos en los que se encierran las competencias favorecen los procesos de aprendizaje. Sobre el modelo CSCT es importante mencionar que se enfoca a los maestros en particular, además, la orientación se hace sólo para individuos, no para grupos¹.

Un segundo modelo es propuesto como aprendizaje para el futuro, the Competences in Education for Sustainable Development (ECE) o modelo ECE. Este modelo fue desarrollado en el 2012 por un grupo de expertos internacionales que proyectó un modelo para los educadores en general y no sólo para los profesores. La propuesta busca integrar la educación para el desarrollo sostenible en las actividades de cuidado y educación de los niños (Bertschy et al., 2013).

Este modelo debe servir a la política, al desarrollo institucional y a las tareas educativas como una orientación que favorezca el desarrollo hacia la sostenibilidad. A diferencia del modelo CSCT, éste se dirige a personas, grupos e instituciones con una función multiplicadora en lo que respecta

¹Basado en [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/inf.meeting.docs/EGonInd/8mtg/CSCT %20Handbook_Extract.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/inf.meeting.docs/EGonInd/8mtg/CSCT%20Handbook_Extract.pdf)

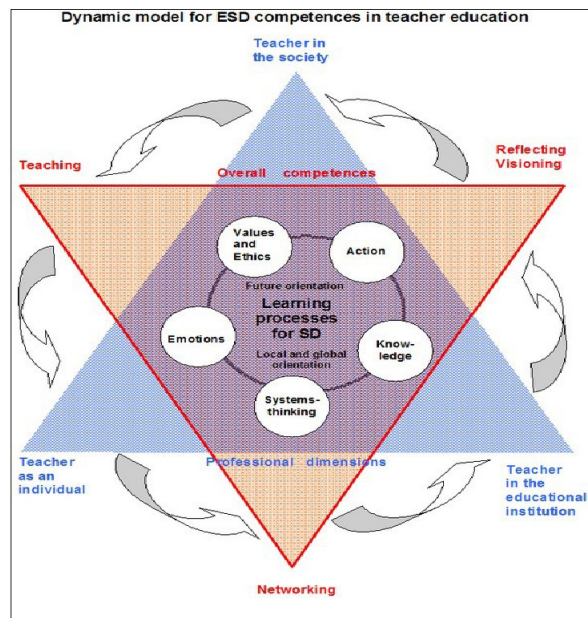


Figura 4.6: Modelo de competencias Curriculum Sustainable Development, Competences, Teacher Training (CSCT), (Bertschy et al., 2013).

a la aplicación del desarrollo sostenible, y en particular, se dirige también a los educadores de los maestros. El modelo también incluye el diseño de lecciones y el desarrollo de ofertas educativas concretas en la enseñanza de competencias específicas para el desarrollo sostenible, sin embargo, no son el eje central de la propuesta.

El modelo se vincula con cuatro ámbitos, o denominados ámbitos de competencia, que definen lo que el educador debe hacer:

- *entiende....y*
- *es capaz de....; y que ellos*
- *trabajen con otros en formas que... y*
- *debe aprender a ser (el maestro es alguien que...)*

Estos cuatro ámbitos son divididos en tres áreas de competencia, de acuerdo con los tres siguientes objetivos:

- *Enfoque holístico:* Pensamiento integral en red.
- *Imaginando el cambio:* Aprender del pasado, inspirarse para actuar en el presente, teniendo en cuenta visiones y alternativas para el futuro.

- *Lograr la transformación*: Cambio en las actitudes y acciones de los maestros, implementando nuevas metas y poniendo en práctica nuevos procedimientos. Es también importante la reorientación y la alineación de la educación hacia la sostenibilidad en todos los niveles.

En el modelo ECE, a cada uno de los campos objetivo le son asignados algunas competencias brevemente descritas en cuatro puntos: *aprendiendo a conocer*, *aprendiendo a hacer*, *aprendiendo a vivir* y *aprendiendo a ser*. En este orden de ideas, el maestro “está motivado para hacer una contribución positiva a otras personas y a su entorno social y cultural, medio ambiente natural, a nivel local y mundial” (Bertschy et al., 2013, p. 5072).

Un modelo paralelo a CSCT y ECE es el modelo de competencias de acción profesional de Baumert y Kunter. Este modelo parte de los trabajos teóricos sobre el conocimiento profesional de los profesores. También se relaciona con el enfoque estadounidense orientado por la National Board for Professional Teaching Standards (NBPTS). Este modelo se amplía en la figura 4.7. Es posible observar que las competencias para la acción se consideran como una interacción de conocimientos y habilidades; de la competencia en sentido estricto, con orientación motivacional, de valores (convicción) y componentes de autorregulación que actúan como una condición crucial para la voluntad de actuar (Bertschy et al., 2013).

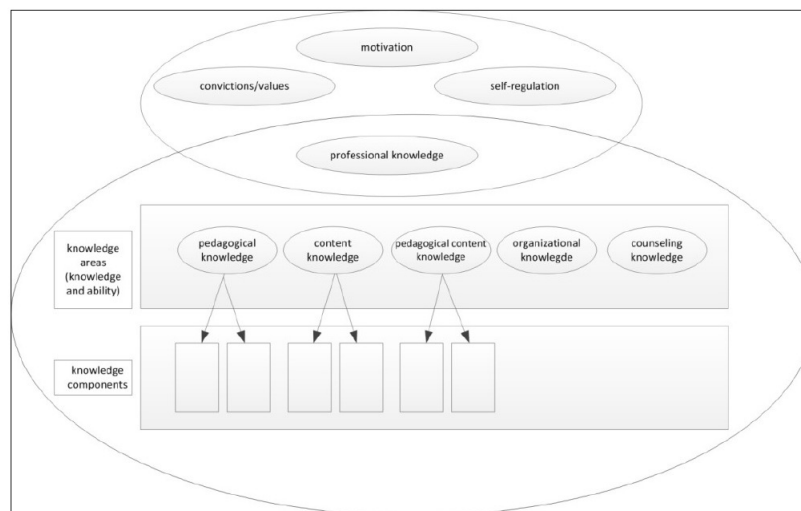


Figura 4.7: Modelo para la acción profesional competente (Bertschy et al., 2013).

En el modelo de acción se resaltan dos aspectos de competencias que favorecen el diseño de la educación en las instituciones de formación de maestros. Estos aspectos son: el *aspecto de la motivación y voluntad* y el *aspecto de conocimiento y habilidad*. A estos dos aspectos se les asigna una competencia particular y unos componentes acorde con las dimensiones de los conocimientos profesionales. En estos modelos en desarrollo se puede afirmar que son una respuesta a las necesidades existentes y previstas, problemas complejos como el cambio climático, la desertificación. la

pobreza, las pandemias, la guerra, entre otros, tienen alto grado de complejidad, potencial de daño, y urgencia. Además, todos ellos no poseen una solución óptima obvia. Para resolver estos y otros problemas, que vinculan aspectos de sostenibilidad, se integra y vincula el conocimiento inspirado en el uso para la transformación en las actividades participativas, deliberativas y de adaptación (Bertschy et al., 2013).

En este panorama internacional de las competencias también se encuentra el Proyecto de Definición y Selección de Competencias (DeSeCo) de la OCDE. Éste proporciona un marco que puede guiar una extensión, a más largo plazo, de evaluaciones de nuevos dominios de competencias (DeSeCo, 2005). Estas evaluaciones son organizadas desde el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE (PISA). Las pruebas PISA comenzaron con la comparación del conocimiento y las destrezas de los estudiantes en las áreas de lectura, matemáticas y resolución de problemas y se fueron ampliando debido a que el desempeño de un estudiante depende de un rango mucho más amplio de competencias.

En este mismo panorama se encontró el “Modelo de Razonamiento y Acción Pedagógica” propuesto por Shulman y que provee un conjunto de categorías y procesos con los que es posible analizar la enseñanza de los profesores, específicamente en sus dos componentes: procesual (fases o ciclos en el razonamiento y acción didáctica); y lógico o sustantivo (siete categorías de conocimiento requeridas para la enseñanza): conocimiento de la materia, pedagógico general, curricular, de los alumnos, de los contextos educativos, fines y valores educativos, y conocimiento didáctico del contenido (CDC) o también entendido como “Pedagogical Content Knowledge” (PCK). El PCK muestra “una especie de amalgama de contenido y didáctica”. Esto es posible debido a que el modelo pretende describir cómo los profesores comprenden la materia y la transforman didácticamente en algo “enseñable”, adicional a los restantes componentes, es clave en este proceso el paso del “conocimiento de la materia” al CDC (Bolívar, 2011).

También se identificó el modelo Technological, Pedagogical And Content Knowledge (TPACK). El modelo TPACK es un modelo que promueve el uso de las herramientas tecnológicas considerando los conocimientos pedagógicos y disciplinares. El modelo está compuesto por tres conocimientos fundamentales: Technological Knowledge (TK), Pedagogical Knowledge (PK) y Content Knowledge (CK). Es empleado por algunas instituciones educativas para lograr una integración de las TIC durante la realización del proceso de enseñanza - aprendizaje. También, permite comprender e identificar el conocimiento que necesitan los maestros para incorporar la tecnología en la enseñanza y analizar las prácticas educativas existentes. Es importante indicar que algunas universidades están empezando a utilizar este modelo pedagógico, tecnológico y disciplinar para mejorar la planeación y organización de las actividades escolares (Salas-Rueda, 2018).

En el panorama alemán, el “bildung” de Wolfgang Klafki, el autor crea un símbolo que pre-

tende dar significado a la creación de una teoría pedagógica basada en la crítica de la sociedad en la que se respeta la autonomía relativa y la responsabilidad de esta ciencia. Klafki se ha destacado por un estilo argumentativo en el que combina elementos filosóficos y pedagógicos generales y los relaciona con problemas prácticos de la escuela. En el planteamiento, Klafki sugiere que la crítica favorece la construcción. Por ello, sus planteamientos teóricos implican siempre propuestas y reivindicaciones concretas referidas a la política educativa, a la organización escolar o a la práctica docente. En otras palabras, Klafki representa la unidad de teoría y praxis (Roith, 2006).

A nivel europeo y Latinoamericano se identificó el Proyecto Tuning. El proyecto tuvo sus comienzos en un ambiente de reflexión sobre la educación superior, por consecuencia de un acelerado cambio social. El proyecto centra su atención especialmente en Sorbona, Bolonia, Praga y Berlín. Se busca crear un área de educación superior integrada en Europa con un eje transversal ligado a la economía europea en el que se articulan las necesidades de compatibilidad, comparabilidad y competitividad de los estudiantes ante la creciente movilidad (Bravo, 2007). Bajo este esquema el proyecto se expandió en América Latina, amparado por el tema de los créditos y el creciente ámbito de movilidad académico citado.

Finalmente, se puede afirmar que existe un amplio panorama de estudio sobre competencias a nivel internacional y a nivel nacional, como es posible apreciarlo en la figura 1.9. Sin embargo, *no se identifica un cuerpo académico dedicado al panorama de la EDUTEC*. Es posible mencionar en este aspecto las investigaciones sobre STEM y STEAM que pretenden orientar la implementación del modelo en los diferentes planes de estudio de la educación básica, media y algunas experiencias en la educación superior. En relación con la necesidad de definir competencias clave se puede decir que es un esfuerzo que se traduce en que las competencias propuestas proporcionen un marco de referencia explícito y compartido. Se considera que este marco genera alternativas para el desarrollo de programas distintos y reconocibles en el campo académico, las escuelas, los graduados, las profesiones, y así sucesivamente. Además, las competencias clave proporcionan un sistema de referencia para evaluar de forma transparente la eficacia del aprendizaje y la enseñanza de los estudiantes (Wiek et al., 2011).

4.4.1. El sentido de calidad en la educación colombiana y el enfoque por competencias en el Área de Tecnología e Informática en Colombia

Definir e implementar las características que permitan dar cuenta de la calidad de las instituciones y programas de formación no es considerada una tarea sencilla (Foro_Nacional, 2017). Una de las razones se debe a que el campo de la educación es constantemente dinámico por cuanto se vinculan diferentes variables difícilmente controlables, producto de varias disciplinas en su interior como la sociología de la educación, la antropología de la educación, la historia de la educación, la psicología de la educación, la pedagogía, la didáctica, la filosofía de la educación, la economía

de la educación, entre otras (Zuluaga et al., 1988). Esta situación ha logrado que existan diferentes significados sobre el campo de la educación, lo que ha dado lugar a diferentes intereses ligados a su uso creando con ello un continuo debate.

El carácter del debate permanente se encuentra relacionado con la mirada que de calidad se hace, pues esta usualmente es centrada sobre las formas de asumir la educación y el rol que deben tomar los actores “en relación con unas expectativas y proyecciones que varían en función de los contextos, momentos históricos y de la relación que se haya configurado entre estado e instituciones educativas” (Foro_Nacional, 2017, p. 3). De tal forma que, las posturas al interior del debate serán distintas en su concepción de la educación y las finalidades y efectos desde los que se argumenta el impulso de la calidad. Esta situación es relevante porque en esta diversidad se encuentran los elementos que permiten la definición de la política educativa y con ello, el sentido de la formación en la educación.

El Foro_Nacional (2017) plantea dos orientaciones que reúnen estas posturas. La primera resalta los valores educativos dentro de los que se resalta “la autonomía, los intereses colectivos y el carácter público de la educación” (p. 5), valores que permiten centrar la atención en lo académico, en la investigación y en lo que la universidad ha construido históricamente. Estos valores configuran un proyecto de formación integral que permite la interpretación crítica de las necesidades y potenciales sociales y hace conscientes a los ciudadanos de su papel histórico, una formación que apunta por fortalecer las potencialidades individuales y colectivas desde la educación, contribuyendo a la disminución de desigualdades y a exaltar los principios de justicia social. Este enfoque es entendido como enfoque por “capacidades”.

La segunda postura se centra en la formación de capital humano al servicio del desarrollo económico. En esta mirada el estado se obliga a realizar una inversión, sin embargo, esta inversión se debe traducir en incremento de los niveles de productividad, innovación y competitividad para que disminuyan los índices de inequidad (Álvarez, 2014). Este enfoque se ha denominado por “competencias”. Sobre este enfoque, Mora (2015) muestra que una mirada de capital humano ubica a la educación en un plano instrumental que permite potenciar las capacidades del individuo y con ello transformarlo en un sujeto productivo. Es importante mencionar que bajo esta postura han sido definidos los mecanismos para asegurar la calidad, así como los instrumentos que serán empleados para evaluar, medir y clasificar a estudiantes, profesores, directivos e instituciones. Sobre estos mecanismos, Martínez (2004) sugiere que se han traducido en el cumplimiento de estándares y lineamientos curriculares y, referentes de calidad bajo el enfoque por competencias.

Las competencias centradas en el concepto de capital humano han sido empleadas para generar las reformas en la política educativa de las últimas décadas en Colombia y muchos países en el mundo. Estas reformas son fuertemente influenciadas por organismos internacionales como la

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el banco mundial, entre otros, tesis ampliamente desarrollada por Martínez (2004). En consecuencia, se puede afirmar que las reformas en la política educativa se encuentran conectadas fuertemente con la política pública. Un caso particular se encuentra en el PND (Plan Nacional de desarrollo) 2014 – 2018, en este plan se ha reconocido la importancia de la oferta y el desarrollo de programas académicos pertenecientes al área de conocimiento del campo de la educación, contemplando así la necesidad de una política de mejoramiento del sistema educativo del país. En esta política se indica que para impactar positivamente en la educación es importante adecuar las condiciones necesarias para la formación de quienes se preparan profesionalmente para realizar el ejercicio docente. Esta directriz tiene como intención la excelencia de los educadores como factor que permita garantizar la calidad de la educación, en consecuencia, esta política pública obligó a realizar modificaciones en la política educativa y dio lugar a la emisión de algunas normas que permiten regular los programas de formación de maestros.

En un primer plano la política educativa afecta la oferta y desarrollo de programas académicos, sin embargo, en un segundo plano propone disciplinas necesarias para el desarrollo del país. Un evento específico es el Plan Decenal de Educación (PDE). En los periodos 1996 – 2005, 2006 – 2015 y 2016 – 2025, el estado ha mostrado un gran interés por integrar la ciencia y la tecnología (CyT) al sistema educativo. El estado propone que la CyT son herramientas que permiten transformar el entorno y mejorar la calidad de vida de los colombianos, sin embargo, también manifiesta la necesidad de ajustarse a los requerimientos internacionales que promueven una mejor educación en CyT (MEN, 2008).

En el primer periodo del PND, la ciencia ya se encontraba en los planes de estudio, sin embargo, no fue así con la tecnología. La estrategia que surge para acercar el conocimiento tecnológico a las aulas de clase se denominó EDUTECH. Por consiguiente, el estado a través del Ministerio de Educación Nacional (MEN) crea en 1994 el área de Tecnología e Informática (AT&I) como *área fundamental, obligatoria y transversal* a las áreas de: ciencias naturales y educación ambiental; ciencias sociales, historia, geografía y constitución política y democrática; educación artística; educación ética y en valores humanos; educación física, recreación y deportes; educación religiosa; humanidades, lengua castellana e idiomas extranjeros; y matemáticas. Estas áreas también son fundamentales y obligatorias en la educación básica y media de la educación colombiana.

Con la creación del AT&I, el MEN regula el área con los estándares básicos, lineamientos y orientaciones para su supervisión bajo el enfoque de competencias, esto en razón a que éstas constituyen el eje articulador de todo el sistema educativo colombiano (MEN, 2008). Para el estado colombiano las competencias son entendidas como las habilidades, conocimientos, actitudes, comprensiones y disposiciones cognitivas, metacognitivas y psicomotoras que se encuentran relacionadas entre sí para favorecer un desempeño flexible, eficaz y con sentido en el desarrollo de una

tarea o una actividad. Estas competencias fueron articuladas en una estructura para el diseño de planes de estudios y presentadas previamente en el cuadro 4.1.

En este orden de ideas, el MEN (2014) presentó las orientaciones con los instrumentos (competencias) que serán empleados para evaluar, medir y clasificar a los maestros, directivos e instituciones. Estas orientaciones definen las competencias que debe tener el maestro para el AT&I y que serán evaluadas para procesos de ascenso y reubicación salarial en procesos que se encuentran ligados a la calidad. Estas competencias son organizadas en tres componentes: disciplinar, pedagógico y comportamental. El cuadro 4.5 resume las competencias y los componentes de las orientaciones.

Cuadro 4.5: Organización de componentes y competencias para el AT&I MEN (2014).

Componente disciplinar	Componente Pedagógico	Componente Comportamental
<p>Competencias en:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Domino conceptual 2. Planeación y Organización Académica 3. Didáctica y 4. Evaluación. 	<p>Competencias en:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Planeación de la práctica educativa escolar 2. Desarrollo de la práctica educativa escolar 3. Seguimiento y mejora de la práctica educativa <p>Las competencias se apoyan de tres indicadores u objetos de reflexión pedagógica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Currículo. ▪ Didáctica y metodología. ▪ Evaluación 	<p>Competencias en:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño y construcción de estructuras 2. Transmisión 3. Transformación y control de movimiento 4. Manejo de fuentes de energía convencionales y renovables 5. Control y automatización de procesos (robótica) 6. Uso de software para diseño 7. Simulación y obtención de información 8. Representación y comunicación gráfica 9. Procesos técnicos básicos y 10. Tecnología en el contexto social

Es importante mencionar que *las competencias que evalúa el MEN a los maestros en los procesos de recategorización y reubicación salarial, no son las mismas* en comparación con las competencias a desarrollar en los maestros. Al observar los cuadros 4.5 y 4.1 se puede observar que las competencias que se esperan desarrollar en la formación de maestros difieren con las que se evalúan en procesos de recategorización. Esta conclusión resulta sustancial si se espera que la formación que reciben los maestros sea la que pongan en ejercicio en su labor como profesionales y sea ésta la que les sea evaluada. En vista que no es así, esta investigación centró su atención sobre los aspectos formativos para futuros maestros que exige el MEN a través de la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017, descrita con antelación.

4.5. La solución de problemas como estrategia (PBL)

La estrategia de aprendizaje basado en problemas o PBL ha sido la más recomendada por los autores de esta fundamentación conceptual para el desarrollo de la EDUTEC y de las competencias asociadas a esta disciplina. Para tal efecto Williams et al. (2000) afirman que la cultura ha sido fragmentada y ha tenido la necesidad de resolver problemas desarrollando la capacidad de usar más de un criterio en la respuesta a problemas complejos. Desde muy temprana edad, nos enseñaron a separar los problemas, a fragmentar el mundo. Aparentemente, esto hace que tareas y temas complejos sean más manejables, pero pagamos un precio oculto y enorme. Ya no podemos ver las consecuencias de nuestras acciones, perdemos nuestro sentido intrínseco de conexión a un todo más grande. Cuando tratamos de ver el “panorama general”, tratamos de reunir los fragmentos en nuestras mentes, de listar y organizar todas las piezas.

En lo que respecta a PBL (Problem/Project Based Learning) podemos estar hablando del aprendizaje basado en la solución de problemas o proyectos, por el mismo hecho que las siglas coinciden. Esto en momentos puede ser algo confuso. La razón se encuentra en que tienen muchos puntos en común. No obstante, en el Aprendizaje Basado en Problemas, la presentación del problema puede ser considerado un caso. Usualmente, se emplea un modelo de preguntas y el resultado no implica la presentación de un producto, tan solo responder al cuestionamiento. En algunos casos, la situación presentada puede ser un caso hipotético que puede ser resuelto empleando modelos o simulación. En contraparte, el Aprendizaje Basado en Proyectos si requiere la creación de un proyecto final, un artefacto que puede ser considerado un prototipo².

Al respecto, Pešaković et al. (2014) sugieren que existen *tres tipos de aprendizaje basado en problemas que probablemente estén relacionados con la enseñanza basada en competencias para el siglo XXI. Estos son: aprendizaje basado en proyectos, basado en problemas y basado en la investigación.* Estos tipos de aprendizaje proporcionarán a los estudiantes un aprendizaje más integral con el fin de poder utilizar las competencias obtenidas en la escuela (conocimientos, habilidades, etc.) para la resolución de problemas en la vida real.

Centrado en resolver problemas de la vida real, es importante reconocer que los estudiantes están dispuestos a reconocer, cognitivamente hablando, las tareas que demanda el reto que les es sugerido. Luego que identifica estas tareas, propone ideas discretas que se vinculan en un conjunto de esquemas que le permiten diseñar diferentes aproximaciones de solución al reto que le es planteado. Lo importante de este proceso se encuentra en que estas ideas discretas dependen del contexto en el que se encuentre el individuo (Thompson et al., 2013). Por esto, el planteamiento de los problemas que le son presentados al estudiante deben estar ligados al contexto del estudiante

²Basado en <https://blog.vicensvives.com/abp-aprendizaje-basado-en-problemas-o-en-proyectos> por Ingrid Mosquera Gende.

y las soluciones que puede presentar el problema debe considerar ideas discretas que solo pueden encontrarse en el contexto de este estudiante (Ritz y Fan, 2015).

Mitchell et al. (2010) plantean que el aprendizaje basado en problemas hace énfasis en transferir las competencias que pueden desarrollarse en el contenido disciplinar del área en desarrollo, en este caso la EDUTECH. Como complemento, PBL enfatiza en el desarrollo de habilidades transferibles junto con la cobertura de contenido disciplinario y, por lo tanto, es un enfoque que satisface las múltiples demandas que ahora se hacen de la educación de pregrado. El diseño de cursos PBL puede ser un reto ya que los profesores integran material de la asignatura, habilidades transferibles y nuevos métodos de enseñanza.

Como ejemplo de esta afirmación, la figura 4.8 presenta una síntesis de ejemplos de problemas pequeños que son susceptibles de ser presentados a los estudiantes, específicamente para el área de las telecomunicaciones.

Summary of Problem Brief	Technical Knowledge	Engineering Specific Skills
Produce a reference wiki for an engineering team working on a radio communications project	Radio Propagation, Noise in Radio Systems	Ability to specify search criteria for scientific/ engineering literature, evaluate the information, synthesize into a clear and concise form.
Design a system to send and receive two channels of Composite Video from a 75Ω feed over a digital link.	Sampling, quantization, filter specification, digital signals, multiplexing / demultiplexing	Ability to analyze, synthesize and evaluate specification documents and component datasheets
Design a radio link operating at 50Mbit/s over 275m given the components specified.	Digital signals, signal design, error coding, digital modulation, noise	Ability to analyze specification documents and follow good practice in engineering design to create a prototype
Specify the components to form three optical links.	Fibre Principles, Detectors and Receivers, Optical Systems.	All of the above

Figura 4.8: Resumen de problemas pequeños que pueden darse a estudiantes para el área de telecomunicaciones. (Mitchell et al., 2010).

En adición al caso particular de las telecomunicaciones, Leppavirta et al. (2011) realizaron un estudio en el que se requirió la solución de problemas. Los ejercicios propuestos para el curso introductorio en EM fueron diseñados para desarrollar habilidades complejas. Los ejercicios no eran problemas estándar de los textos que podían resolverse mediante reconocimiento y recuerdo. La solución de estos problemas requería la capacidad de identificar y formular el problema preciso a partir del escenario dado. En su estudio, esta experiencia permitió que los problemas incluyeran varios procedimientos que involucraron la aplicación exitosa de conceptos fundamentales.

Mitchell et al. (2010) indican que al estudiar un curso de ingeniería basado en PBL fue posible identificar algunas competencias genéricas, que al ser presentadas guardan mucha relación e importancia con al EDUTECH. Estas competencias son:

- Criticidad: trabajar con información incompleta

- Creatividad: soluciones innovadoras
- Solución de problemas: localizar y replantear problemas en un contexto más amplio
- Desarrollo académico: comunicación oral / escrita, habilidades para manejar la información
- Desarrollo personal y profesional: trabajo en equipo, manejo del tiempo, colaboración

Visto de esta forma es indudable que el trabajo por proyectos es muy importante porque permite vincular los problemas en el contexto de la vida de sus habitantes con los modelos pedagógicos y soluciones que se pueden dar a estas problemáticas. Esta estrategia permite el desarrollo de habilidades especiales que no se logran con la presentación tradicional de contenidos, lo que representa un gran beneficio en lo que a educación se refiere (Gilbert et al., 2000). Para ampliar, Shumba et al. (2016) plantean que los estudios de caso empleados en su investigación, siguieron el modelo pedagógico del aprendizaje basado en proyectos en el que se enfrentan y abordan problemas de la vida real, por ende, es posible tener una mezcla de los enfoques de aprendizaje basado en problemas y en proyectos. También se menciona que, este modelo brinda una oportunidad para que los estudiantes investigadores enfrenten problemas del mundo real y los prepare para resolver desafíos en la sociedad al finalizar la universidad. Las experiencias de PBL tuvieron los siguientes beneficios:

- Los proyectos mejoraron la comprensión científica y tecnológica de los estudiantes sobre los problemas y aumentaron su conciencia ambiental.
- Un supervisor señaló que el alumno fue capaz de entrelazar el concepto de compensaciones de carbono como un mecanismo de desarrollo limpio y lo adaptó a su investigación.
- Los investigadores consideraron que los proyectos proporcionaban experiencias educativas únicas para sus estudiantes con respecto a su capacidad para dibujar y usar el conocimiento de varias disciplinas para resolver un problema de actualidad. Por ejemplo, se señaló: “En este estudio, el alumno identifica un problema que afecta la economía de la institución (consumo de electricidad) y lo vincula a problemas ambientales de emisiones de carbono. La adquisición del conocimiento interconectado se desarrolla en el estudiante”.
- Los investigadores reflejaron que la participación de estudiantes investigadores en proyectos de esta naturaleza tenía el potencial de transformar aspectos de las prácticas del currículo local de dos maneras: integrar la investigación y el contenido temático de la investigación en el currículo; conectar contenido científico y tecnológico a contextos de la vida real (incluidos los contextos sociales), mejorando así la relevancia del plan de estudios.
- Hubo innovaciones potenciales y/o ideas prácticas que surgieron de los proyectos de investigación; por ejemplo, diseñar proyectos de cambio, medidas para ahorrar costos, integrar cuestiones socio-científicas en la enseñanza y el aprendizaje y crear lecciones basadas en las TIC y multimedia (Shumba et al., 2016).

4.5.1. El constructivismo en la educación en ciencias y tecnología

Cuando los estudios epistemológicos son llevados al aula en diseños de enseñanza, una alternativa para hacerlo se encuentra desde la escuela epistemológica del constructivismo tecnológico social, una alternativa que nos hace pensar en una relación con el constructivismo en las ciencias. Una forma de vínculo para estas dos corrientes se encuentra bajo el predominio empirista de la ciencia, sin embargo, su aplicación en el aula permite entender la razón por la cual los contenidos ofrecidos en la educación han sido tratados como un cuerpo inalterable de conocimientos preexistentes. Moreno y Waldegg (1998) proponen que supuestos de memorización, repetición y tareas rutinarias son consideradas la forma para que estos conocimientos sean llevados al estudiante, sin embargo, se ha observado que los resultados de esta estrategia no han sido los mejores, si bien las exigencias actuales van más allá de relatar lo previamente memorizado o transmitido, razón por la cual se considera una mejor alternativa que el estudiante construya conocimiento con sus propios medios y con el acompañamiento del docente.

Moreno y Waldegg (1998) no descartan la importancia del empirismo en la educación. Bajo este paradigma el sujeto aprende en buena medida por su percepción y relación con el objeto. En este caso, el conocimiento es un reflejo de la realidad estructurada. Kant critica este razonamiento sugiriendo que el sujeto al interactuar con el objeto recibe impresiones sensibles que son organizadas con estructuras cognitivas innatas, es decir, el conocimiento se ajusta a la forma del individuo como el agua en un recipiente. Bajo este enfoque, el conocimiento deja de ser visto desde una realidad externa, solo se ve desde una relación desde la experiencia del individuo con su actividad cognitiva. Este planteamiento considera que las estructuras cognitivas se generan y evolucionan con el tiempo dando origen a la epistemología constructivista del conocimiento, idea que subyace en la naturaleza dinámica y cambiante de las cosas y su estudio a través del tiempo (*evolutivo*), postura defendida ampliamente en la epistemología genética.

Al plantear la importancia del empirismo en la educación, Moreno y Waldegg (1998) proyectan una conexión epistemológica con el constructivismo, esta escuela plantea que el individuo como tal, se construye como consecuencia de las relaciones entre lo cognitivo, afectivo y social, no solo por el medio ambiente o las condiciones internas del individuo. Desde el constructivismo, Carretero (2005) infiere que el conocimiento es siempre el conocimiento que una persona construye a partir de la reflexión de sus propias acciones, no sería una copia de la realidad sino una “construcción” en manos del ser humano, basado en esquemas individuales que guardan relación con su entorno. La construcción de este conocimiento se encuentra fuertemente ligada a la representación que se obtiene de la nueva información recabada y una acción, interna o externa, en relación con esa información.

En la construcción epistemológica del constructivismo, los aportes de Piaget y Vygotsky han

sido primordiales. La idea que la inteligencia transita por fases cualitativamente distintas se atribuye a Piaget, sin embargo, sus orígenes se encuentran en Juan Jacobo Rousseau. La esencia de la idea subyace en que las diferencias entre una fase y otra no es únicamente de orden cuantitativo sino es complementada por el orden cualitativo. Así la diferencia entre una fase y otra no es la acumulación de condiciones que se van sumando, sino que, se presenta una estructura distinta que permite organizar la realidad en otra forma.

Un aporte significativo a la teoría de Piaget plantea que el conocimiento es producto de la interacción social y cultural, idea que Vygotsky afirma desde una línea marxista en la que se observa al individuo como sujeto social. Esta tesis ha permitido el descubrimiento de procesos cognitivos en los que se sugiere que la comunicación, lenguaje, análisis, entre otros procesos psicológicos superiores (percepción - atención - memoria), se desarrollan en un contexto social y posteriormente son interiorizados en un proceso que guarda relación con el ámbito social y cultural (Vygotsky et al., 2008). La figura 4.9 presenta una síntesis de la propuesta de Vygotsky en la formación de un concepto. Es importante resaltar que el concepto se forma en la resolución de un problema y éste tiene significado al ser un acuerdo, por tanto, es una construcción, una construcción social. Para la construcción del concepto existen dos caminos. El primero de ellos parte de la agregación sincrética hasta la formulación del concepto basado en una lógica real. El segundo, desarrolla la idea de conceptos potenciales.

Como complemento a estas ideas, Carretero (2005) afirma que resolver un problema implica la capacidad del estudiante para hacerlo y un nivel de desarrollo potencial ligado a la colaboración de otra persona, que para este caso puede ser el docente o un compañero que ha desarrollado esa habilidad, situación que ha sido denominada zona de desarrollo próximo en la que el lenguaje juega un papel preponderante en el desarrollo cognitivo del alumno y que en la EDUTECH puede jugar un papel notable.

Pozo (1999) y Moreno y Waldegg (1998) plantean que en estos cambios cognitivos se hace necesario fijar la atención del estudiante en el proceso, comprender que no son fundamentalmente diferentes de los científicos como pensadores y aprendices, si bien aprender implica cambiar el tipo de procesos y representaciones desde los que son abordados los problemas y situaciones a los que nos vemos enfrentados en nuestra cotidianidad. En consecuencia, evolucionar de posiciones menos realistas a posiciones más constructivistas transformando la complejidad con las que son abordadas la interacción y el equilibrio. Adicionalmente, es necesario disponer de lenguajes o códigos que hagan posible que las nuevas representaciones sean asimiladas por las estructuras preexistentes. Carretero (2005) indica que en cualquier ámbito educativo es relevante considerar el conocimiento previo del estudiante para determinar qué se desea enseñar, así como es importante definir la mejor forma para hacerlo. En palabras de Ausubel, el conocimiento, en un ambiente de aprendizaje, debe estar estructurado en sí mismo y con respecto al conocimiento del estudiante, y no deben verse de

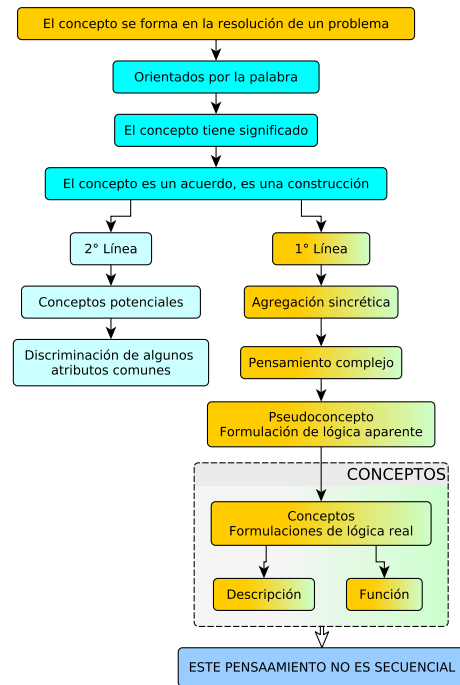


Figura 4.9: Síntesis de la propuesta de Vygotsky en la que se forma un concepto. (Vygotsky et al., 2008).

forma estática y definitiva, por cuanto debe ser susceptible a ser modificado.

Aun cuando las propuestas constructivistas no constituyen una receta, si se encuentra que algunas de éstas suelen apoyarse “en la convicción, más bien estólida, de que la aplicación de fórmulas del tipo *tomemos los conocimientos previos del alumno, planteémosle conflictos cognitivos y modifiquémoslos*, solucionará muchos problemas educativos”(Gil et al., 1999, p. 504). Gil et al. (1999, 2002b) plantean que en el diseño de propuestas constructivistas se hace necesario el considerar las formas de razonamiento de los alumnos y superar con ello el reduccionismo conceptual, haciendo esencial *asociar la construcción de conocimientos a problemas tomando en cuenta las ideas que se tienen como simples hipótesis que serán ubicadas y controladas con el ánimo que emerjan unas nuevas, más complejas y elaboradas que sustituirán a las anteriores*. Esta afirmación hace necesario que se plantee el aprendizaje como el tratamiento de situaciones problemáticas abiertas y que los estudiantes puedan considerar de su interés. De esta forma, el aprendizaje será visto como un cambio conceptual, metodológico y a su vez axiológico.

Carretero (2005) propone que en la concepción constructivista de la enseñanza de la ciencia debe primar:

- La interacción entre la dificultad de los contenidos científicos y la capacidad de los alumnos vinculando sus ideas previas.

- Se debe considerar las ideas espontáneas o previas sobre el fenómeno o tema a desarrollar de tal forma que sean susceptibles a transformarlas por parte del docente.
- El aprendizaje implica no solo su presentación externa sino la elaboración interna del estudiante.
- La enseñanza de la ciencia debe perseguir el cambio conceptual teniendo en cuenta que el proceso implica avances y retrocesos.
- El conflicto cognitivo no es suficiente para el cambio conceptual.
- El método científico no debe enseñarse de forma rigurosa, se sugiere en los últimos cursos cuando se hayan potenciado las estrategias para resolver los problemas inherentes en el proceso.
- La enseñanza de las ciencias debe propender por un carácter interdisciplinario.
- La actividad de enseñanza debe ser estimulante para que el estudiante encuentre relaciones con los problemas de su interés.
- La enseñanza de la ciencia requiere de mucha actividad de laboratorio para su comprensión, razón por la que debe tenerse en cuenta en el diseño de currículos.
- Deben contemplarse los problemas reales con las estrategias y actividades diseñadas.

Al revisar esta propuesta, se hace evidente una fuerte conexión con la EDUTECH, en particular, si se tienen en cuenta al momento de proponer problemas que sean susceptibles de ser resueltos desde la tecnología. Por esta razón, en un planteamiento en el que las situaciones problemáticas abiertas medien el proceso de aprendizaje, se debe evitar reducir el proceso a fórmulas, esquemas o principios generales. Pozo (1999) contempla que el estudiante debe ser ayudado a construir su esquema en dominios o contextos específicos, partiendo de una actividad que es abierta y que media la creatividad en todo momento, bajo la participación activa y orientadora del docente como conocedor de la disciplina, y que apoyado de su experiencia, pretende el cambio conceptual, metodológico y axiológico, aspectos propios de una *investigación orientada* que deben ser tenidos en cuenta en el diseño de una unidad didáctica.

Gil et al. (1999) y Gil et al. (2002b) sugieren tener en cuenta las siguientes consideraciones en el proceso de aprendizaje:

- La consideración del posible interés y relevancia de las situaciones propuestas que den sentido al trabajo y permitan proponer una situación en la que se formen ideas motivadoras.
- El estudio cualitativo de las situaciones problemáticas propuestas que permita al estudiante hacer explícito sus concepciones.

- La invención de conceptos y generación de hipótesis, espacio en el que las ideas previas pueden generar nuevas y ser sometidas a prueba.
- La elaboración de estrategias de resolución, que vinculan el diseño y puesta en desarrollo de actividades experimentales y construcción de instrumentos y artefactos que permitirán poner a prueba las hipótesis generadas.
- La resolución y análisis de los resultados, compartiendo su experiencia con los demás miembros del curso y cotejándolos con lo que la comunidad científica ha desarrollado en el particular.
- El manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones que permitan poner en consideración las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente, propiciar actividades de síntesis, elaboración de productos y el diseño de nuevos problemas.

Estas sugerencias permiten organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos y responde a una investigación orientada. Un proceso que permite la re-construcción de conocimientos científicos y también tecnológicos que en la cotidianidad se enseñan como conocimientos ya terminados. Bajo esta propuesta se espera un aprendizaje más significativo y acorde con las motivaciones de los estudiantes, en la que sus aportes pueden ser reforzados, matizados o cuestionados por la CyT, haciéndolos pasar por situaciones en las que usualmente se ven expuestos los científicos y tecnólogos y que permite familiarizarlos con el trabajo tecnocientífico y sus resultados (Gil et al., 1999).

Tomando estas consideraciones, el diseño de la unidad didáctica debe recurrir al diseño de secuencias de enseñanza que permitan conectar epistemológicamente al constructivismo, así mismo, deberá contar con un *fenómeno susceptible a ser estudiado y que permita el vínculo de las intenciones señaladas con antelación*. El enfoque propuesto para ser tenido en cuenta en el diseño de unidades didácticas ha sido empleado en países como Singapur en el que prácticas asociadas al aprendizaje orientado han logrado que la educación se convierta en un pilar para el desarrollo del país, elevando la competitividad en sus estudiantes mediante estrategias que posibilitan la construcción del conocimiento y no privilegian la memorización. Estos enfoques ofertan alternativas que flexibilizan el aprendizaje y permiten que el maestro sea preparado y valorado. Las experiencias de aprendizaje de prácticas orientadas no son exclusivas de la educación técnica, se extienden en diferentes ámbitos en los que los estudiantes aplican el conocimiento en contextos de su realidad, lo que permite el desarrollo de habilidades y cualidades propias para el desarrollo de ese país³.

Otras experiencias exitosas del enfoque propuesto se encuentran en Irlanda, Suecia, Reino Unido, Israel, Portugal, Chipre, Austria, Francia, Holanda, España, Estonia, y Hungría. Estas experiencias se presentan a través de centros de investigación de estos países vinculados al proyecto

³Disponible en <https://www.moe.gov.sg/education/secondary/applied-learning>

PARRISE (Promoting Attainment of Responsible Research & Innovation in Science Education). Bajo esta iniciativa la educación es proyectada a través de la investigación orientada en temas relacionados con CyT, promoviendo el debate a través de cuestiones socio-científicas que contribuyen a la comprensión de los procesos y productos de la ciencia y la tecnología y el esfuerzo humano. Por otro lado, ayuda a que el estudiante tenga un balance entre los hechos, intereses, valores, costos y beneficios ligados a la CyT, lo que favorece la comprensión del concepto de investigación e innovación responsable y fortalece habilidades democráticas en los estudiantes⁴.

4.6. Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM)

Como se ha mencionado, STEM se ha convertido en la estrategia que más dinámica ha tomado en la actualidad para la EDUTEC. STEM surge luego de la segunda guerra mundial para desarrollar competencias especiales en los estudiantes, especialmente las ligadas a la ingeniería. Ritz y Fan (2015) proponen que desde la Segunda Guerra Mundial, la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas han sido consideradas como conocimiento y habilidades vitales que deben ser dominadas por los ciudadanos (tanto estudiantes como trabajadores) y como una base para la competitividad nacional. La alfabetización STEM requiere que las personas desarrollen el conocimiento, actitudes y habilidades para identificar problemas del mundo real, que comprendan las características de las áreas de STEM, desarrollen una conciencia y capacidad de explicar el mundo natural y diseñado con este conocimiento y ganen la voluntad de participar y reflexionar sobre cuestiones relacionadas con STEM como ciudadano global.

Laut et al. (2015) afirman que a pesar del impulso que se ha dado a esta área en el mundo, estudios muestran que en la última década hay un decrecimiento significativo en el número de estudiantes que se vinculan a programas de ingeniería, ciencias, tecnología o matemáticas. Estos son los profesionales que actualmente demanda la industria. Por ello, se ha intensificado la investigación en STEM. Esto con el ánimo de: 1) aumentar el interés de los estudiantes en asignaturas y carreras STEM, especialmente aquellas relacionadas con la ingeniería; 2) aumentar la conciencia del estudiante sobre los roles de la ingeniería y el acceso a las profesiones de ingeniería; 3) reforzar y ampliar las lecciones aprendidas en clase; y 4) enfatizar la interacción de la ingeniería y la naturaleza a través de la bioinspiración.

Corlu et al. (2014) han identificado otras dificultades ligadas a la implementación de STEM en las instituciones. Esta dificultad se encuentra en vincular las matemáticas a STEM. Esta dificultad se presenta porque las matemáticas son abstractas mientras las ciencias son concretas. Como respuesta a este inconveniente, Corlu et al. (2014) proponen que existe una manera de relacionarlas fuertemente y esto se logra desde la rigurosidad que tiene el trabajo matemático en la EDUCIEN-

⁴Disponible en <http://www.parrise.eu/about-parrise/>

CIAS. Esta propuesta se desarrolla en la figura 4.10. Nótese que existe un vínculo en el conjunto entre las matemáticas y las ciencias. Ese espacio alude al uso que da las ciencias a la matemática y es el recurso de esta propuesta.

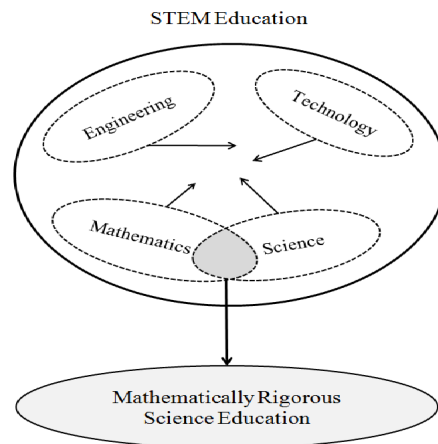


Figura 4.10: Modelo de educación STEM enfocado en matemáticas y ciencias. (Corlu et al., 2014).

Una dificultad adicional a STEM se encuentra en que no hay claridad en los contenidos propuestos. En otras palabras, las propuestas curriculares para la implementación de STEM en las instituciones aún no se conectan con los problemas en contexto y la literatura que existe para orientar el diseño de la enseñanza y lo relacionado con la didáctica es escasa (Marginson et al., 2013; Ritz y Fan, 2015). Además, es incierto la interdisciplinariedad de estas áreas en los currículos, por lo que se sugiere un planteamiento más desde la integración de contenidos (Sanders, 2015).

A pesar de las dificultades existe diversidad de países que si han implementado la educación STEM dentro de sus planes de estudios. La figura 4.11 resume los países más representativos dentro de STEM. Esta caracterización fue realizada en un estudio realizado por Australia para determinar las dificultades y aciertos que ha tenido STEM a nivel mundial en aras de mejorar lo que existe en su país (Marginson et al., 2013). Es importante anotar que Latinoamérica no ha ingresado en esta dinámica, como se aprecia de la figura 4.11. Los estudios sobre la implementación de estas propuestas en América Latina son lejanos y actualmente se centran en el uso de TIC como reemplazo de la EDUTECH.

Para culminar esta subsección, se presentan las revistas que más difunden conocimiento en educación STEM: “Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education. The United States publishes Journal of STEM Education: Innovations and Research, Journal of STEM Teacher Education, and International Journal of STEM Education” (Ritz y Fan, 2015).

Countries				
Australia	Belgium	Canada	China	England
Finland	France	India	Ireland	Israel
Japan	The Netherlands	New Zealand	Scotland	Singapore
South Africa	South Korea	Sweden	Taiwan	United States

Figura 4.11: Países que han incluido la educación STEM en sus planes de estudio (Ritz y Fan, 2015).

4.7. El instrumento, el experimento y el laboratorio

La experiencia del laboratorio es esencial en la EDUCIENCIAS, la EDUTEC y también en la educación en ingeniería. Aun cuando existan en el mercado alternativas de laboratorios virtuales, éstas no resuelven las competencias que se requieren al momento de trabajar en el laboratorio (Cagiltay et al., 2011; Couto y Romão, 2009; Nikolic, 2014). Como afirma Kaçar y Bayılmış (2013), las aplicaciones y experimentos que se proponen a los estudiantes provén de una experiencia que les permite resolver problemas prácticos. Visto de esta forma, no es posible que esta experiencia de aprender haciendo pueda ser adquirida únicamente con ejercicios de simulación, ni mucho menos, con una presentación teórica de los contenidos (Laut et al., 2015). En adición, si bien las simulaciones de software son útiles y pueden emplearse, no existe un verdadero sustituto para las implementaciones de hardware y la verificación experimental para la docencia y la investigación (Linn, 2012).

Se reconoce la importancia de diseñar una buena práctica de laboratorio para el aula de clases. Sin embargo, la mayoría de los maestros no logran una aproximación efectiva de esta labor. Los maestros tienen una forma particular de ver la actividad de experimentación y difiere entre ellos. Muchos la emplean como instrumento de verificación de la teoría, otros como instrumento para la construcción de una explicación, o como una parte de la teoría y algunos no la tienen en cuenta (Lumori y Kim, 2010; Spaan y van den Berg, 2017).

A pesar de las grandes ventajas cognitivas y de enseñanza que tiene el uso del instrumento en la actividad experimental, actualmente hay dificultades para acceder a él, lo que se considera una fuerte limitación (Williams et al., 2000). Una razón para esto es la dificultad para acceder a equipo especializado y los altos costos asociados a estos equipos (Priem et al., 2011).

Dadas las limitaciones que se presentan para acceder a equipo especializado, se ha recurrido a mostrar la importancia que tiene el pensamiento experimental en la EDUCIENCIAS. Esta importancia se ha transpuesto en la educación y se ha convertido en parte vital desde el modelamiento. Este pensamiento experimental puede ser imaginado en una situación particular o también la suposición de que ocurrirá algo en ese experimento mental. El modelamiento hace uso de ejercicios

mentales que se traducen en modelos. Esta actividad se convierte en una competencia. En particular, hay una habilidad que emerge al imaginarse la situación (Ramírez y Mora, 2015; Rivera-Pinzón et al., 2018). Esto ayuda a que se ensamble cada una de las hipótesis lanzadas. La actividad mental cobra importancia porque para resolver un experimento en la mente se requiere del diseño que soporte el objetivo de la actividad. Este diseño debe basarse en la experiencia, los conceptos a-priori y además, debe ser coherente. En el estudiante, el modelamiento genera una transformación que se da por:

- La inspección de las imágenes
- La transformación de las imágenes concatenadas

En este sentido, el conocimiento que proviene de la experiencia del cuerpo le permite ajustar lo que la mente imagina. Eso hace parte del modelamiento al resolver un problema. La habilidad de conectar el conocimiento corporal con el de la imaginación. Esto se denomina el fenómeno primitivo. A este fenómeno se suman las reacciones que el cuerpo trae previamente, es decir, un conocimiento previo. Presentada como alternativa para acercar el conocimiento científico al conocimiento experiencial, es posible emplearlo para construir explicaciones sobre fenómenos como el eléctrico y el magnético, fenómenos en los que es difícil construir un concepto (Gilbert et al., 2000; Justi y Gilbert, 2002; Reiner y Gilbert, 2000).

Como se afirmó, construir un modelo se convierte en una competencia que permite generar conocimiento experimental. Justi y Gilbert (2002) afirman que crear modelos implica poner en juego varias competencias. Para ello es importante diferenciar un fenómeno del que no lo es y tener la capacidad de producirlo o representarlo de manera formal, de tal forma que las representaciones simplifiquen el comportamiento estudiado. Los estudios muestran que para generar estas competencias se requiere de:

- Consensuar el aprendizaje. Crear modelos curriculares a partir de los modelos de enseñanza
- Aprender a usar los modelos
- Aprender cómo se revisa un modelo
- Aprender a reconstruir un modelo
- Aprender a construir modelos de nuevo
- Se pueden reconstruir modelos empleando TIC, como en el caso de la realidad virtual

Justi y Gilbert (2002) sugieren que modelar es importante en la EDUCIENCIAS porque permite:

- Aprender ciencia: revisando los modelos que se han construido para construir explicaciones

- Aprender acerca de la ciencia: se puede aprender el cómo se investiga en la ciencia
- Aprender cómo se hace ciencia: el estudiante puede crear sus propios modelos

Para Gilbert et al. (2000), el modelo puede ser:

- Concreto
- Verbal
- Matemático
- Visual
- Simbólico
- Gestual

El uso del modelo en la EDUTEC ha sido planteado por Davies y Gilbert (2003). La necesidad de crecimiento horizontal y vertical en las instituciones requiere de construir conocimiento basado en sociedad. Los modelos son empleados en la EDUCIENCIAS para actividades de laboratorio. Sin embargo, en la EDUTEC pueden ser empleados para visualizar un producto o para visualizar un diseño. Es relevante indicar que esta propuesta no ha sido contemplada dentro de la literatura relacionada con el diseño de currículos para la EDUTEC (Gilbert et al., 2000), pero, puede ser una estrategia que ayude a desarrollar otras competencias que serán importantes en la industria, el desarrollo económico, social, cultural y democrático de un país.

En el caso particular de la enseñanza de las telecomunicaciones, Lumori y Kim (2010) muestran como las diferentes especificaciones de un equipo de laboratorio para este tema lo hacen muy costoso. Por ejemplo, el uso de Klystron para generar las ondas requiere de un oscilador de estado sólido que tiene un costo elevado. Para Frolik (2007) los generadores de radiofrecuencia y los analizadores de espectro tienen un costo muy elevado para dotar a cada estudiante con uno de ellos. Aliakbarian et al. (2014) proponen una alternativa de equipo para la enseñanza de telecomunicaciones. Ha sido planteada como parte de un curso de telecomunicaciones desde un enfoque PBL. Los estudiantes se ven convocados a diseñar, simular y construir el equipo, sin embargo, el costo de los elementos necesarios para el desarrollo de esta iniciativa es alto, aproximadamente de US\$1500 por equipo de trabajo. Esta inversión es solo para comprar los componentes adicionales del proyecto. Ante estos costos, se ve inviable la aplicación de esta iniciativa en muchas de las instituciones del país y del mundo.

Debido a los altos costos para la implementación de un laboratorio de telecomunicaciones, la alternativa de emplear herramientas TIC suena como variable para *resolver parcialmente el problema*, no obstante, las TIC se encuentran aún distantes para reemplazar el uso de instrumentos de

laboratorio en la enseñanza. La figura 4.12 muestra una comparación entre los equipos de laboratorio y las alternativas de simulación que ofrece el mercado.

Attributes	Traditional Lab	Platform over Internet	QoSLab
Cost	Very high	High	Low
Simultaneous users	Few	Limited	Unlimited
Upgrade (obsolescence)	Hardware + Software	Hardware + Software	Software
Set-up environment	Complex	Medium	Medium
Easy to use	Low	Low	Medium
Coverage of QoS subject	Medium	Medium	Full
Graphic environment	Limited	Yes	Yes
QoS blocks packet tracing	No	No	Yes
Set of data results for further analysis	Partial	Partial	Full
Lecturer supervision	Necessary	Partial	Partial
Remote access / work at home	No	Yes	Yes
Real environment simulation	Yes	Yes	Very accurate

Figura 4.12: Comparación entre laboratorios físicos, plataformas reales y laboratorios QoS. (Gomez-Sacristan et al., 2016).

4.7.1. El instrumento científico en la actividad experimental y su relación con la educación en tecnología y la educación en ciencias

Luego de estudiar los documentos del MEN, la SED y algunos proyectos curriculares de formación de maestros como el programa de Licenciatura en Electrónica, se puede apreciar que en la enseñanza de la tecnología se privilegian aspectos memorísticos. Esta forma de enseñar conlleva a obtener bajos niveles de comprensión y que los temas sean organizados dando una visión acumulativa y simplista. Fernández et al. (2003) indica que una propuesta como la descrita muestra erróneamente un crecimiento lineal de este conocimiento y evita una observación analítica y profunda producto de procesos complejos que tardan años y en la mayoría de los casos siglos. Por esta razón, al poco tiempo se olvida lo “aprendido” en vista a que, como plantea White y Richard (1999), la forma en la que se enseña no hace parte de la naturaleza de nuestro entendimiento. Esto se debe a que se indaga en el estudiante sobre lo que se ha memorizado mas no se cuestiona sobre lo que él ha llegado a *construir* en conocimiento (Marín et al., 2009; Marín-Sanabria et al., 2018; Moreno y Waldegg, 1998).

Una educación vista de esta forma genera ideas empiristas que solo se apoyan con demostraciones experimentales de lo que la teoría indica, ideas que son soportadas desde una mirada conductista y empírico asociacionista criticada por Piaget, pues desconoce la participación activa del estudiante en la *construcción de su conocimiento* y el origen sensorial de los conocimientos científicos (Piaget, 1970)⁵. Esta situación genera deficiencias en el estudiante sobre la comprensión de los conceptos y dificultades para razonar y construir explicaciones, además, impide el aprendizaje significativo al no tener en cuenta las preconcepciones que vienen del aprendizaje escolar y su entorno. En consecuencia, se aumentan las dificultades para la comprensión (Driver, 1986; Martínez y Suarez, 2008)

⁵Citado en Osuna (2007)

y (Wandersee et al., 1994)⁶.

Frente a una estrategia de enseñanza conductista que privilegia la memorización de teorías y que, en algunos casos, se fortalece con actividades demostrativas, se hace necesario un cambio en la actividad experimental en el aula. Para Hacking (1996) ésta es parte esencial de la actividad científica y tecnológica y que, ante su importancia Romero y Aguilar (2013) y Fernández et al. (2003) hacen relevante incluir en los procesos de enseñanza - aprendizaje. Martínez (1995); Sánchez y Valcárcel (1993) y de Pro Bueno (1998) proponen que los profesores de ciencias y tecnología consideran al experimento como una actividad notable en la enseñanza. Sin embargo, Ferreirós y Ordoñez (2002) sugieren que su uso se da con fines comprobatorios al ser visto como una actividad en la que se toman datos para posteriormente ser manipulados y comparados con lo visto desde la teoría. Al experimento, visto de esta forma, se le atribuye un carácter falsacionista en palabras de Popper (Ramírez y Mora, 2019). Por lo tanto, se genera un sesgo en la construcción de conocimiento, dando origen a miradas absolutas y erróneas. Malagón et al. (2013) sugieren que esta forma de asumir la experimentación presenta fuertes tensiones en vista que no hace parte de un adecuado proceso que permita la comprensión, construcción de mediciones y explicaciones propias de la actividad científica.

Una metodología como la descrita favorece que el estudiante separe la teoría del experimento. Sin embargo, desde la pedagogía de la tecnología se hace evidente la sólida dependencia con el artefacto, lo que conlleva a una clara contradicción, en especial si se analiza a la luz de propuestas filosóficas como Hacking (1996); Kuhn (1996); Olivé y Pérez (2005); Ramírez y Mora (2019); Torretti (2012) que resaltan este vínculo y lo hacen propio de la epistemología de la ciencia y la tecnología (Martínez y Suarez, 2008). En esta separación se desconoce a la teoría en los procesos de diseño de actividades experimentales y en caso contrario, que la actividad experimental interviene en la consecución de teorías por cuanto ésta es una actividad de toma de mediciones y datos para su posterior manipulación. Por consiguiente, las relaciones entre teoría – experimento indican que en cada imagen de conocimiento y que es producto de estas relaciones, se encuentra oculto un modo particular de esta relación, que es necesario explorar para mejorar la comprensión del fenómeno en estudio (Sauvé, 2010), afirmación que contiene relevantes consecuencias, pero que en la práctica no se aplica. En consecuencia, al no llevarse a cabo logran disminuir la interacción con el fenómeno en estudio y con ello la posibilidad de que el estudiante construya su pensar a partir de la experiencia y lo comunique a otros para interactuar y favorecer la comprensión colectiva (Duschl, 1997; García y Cañal de León, 1995; Gil, 1983; Gil y Martínez, 1987).

En la importancia de las relaciones teoría – experimento en la construcción de conocimiento, emergen los instrumentos científicos como elementos preponderantes dentro de la actividad experimental propiamente dicha. Para Sievers (1999) el instrumento facilita la objetividad en el reconoci-

⁶Citado en Osuna (2007)

miento de las percepciones que provienen de los sentidos, se considera un gran aliado en el proceso de enseñar a estudiantes a que reconozcan lo que otros reconocieron anteriormente, además, genera alternativas metodológicas de enseñanza que se alejan de actividades que centran la atención en la memorización de contenidos.

Dentro de la actividad experimental, específicamente en el proceso de observación, también se plantean nuevos problemas conceptuales y se da origen a nuevas formas de organización de la experiencia. Adicionalmente, como los primeros momentos en la construcción de la explicación se basan en cualificar lo observado, se anima al estudiante a plantear estrategias que permitan la modificación del instrumento o la creación de uno nuevo, situación que permite la construcción de magnitudes y alternativas de medición (Romero y Aguilar, 2013). Estas nuevas construcciones son necesarias en los procesos de resolución de problemas propios de la EDUTEC por esto, su diseño, construcción y uso ligado al experimento lo convertirán en un “medio sistemático para generar conocimiento sobre la naturaleza” (Shapin y Schaffer, 2005, p. 30). Por consiguiente, no contar con el instrumento es una gran limitación en el proceso de enseñanza – aprendizaje para el AT&I, pues no posibilita la interacción del estudiante con el objeto de estudio e impide el aprender haciendo que tanto requiere la EDUTEC.

Otro elemento por resaltar es la importancia que tiene el instrumento en la construcción de conocimiento científico. Debido a la interacción con el instrumento se favorece el cambio ontológico en los procesos cognitivos. Un aspecto que ha sido incluido dentro de las relaciones de la tecnología como innovación, invención, descubrimiento, ética y valores. Al respecto, el uso del instrumento proporciona alternativas de aprendizaje y desarrolla capacidades y formas de pensamiento que solo se pueden alcanzar bajo su uso, diseño y construcción. En consecuencia, como sugiere Casacuberta y Estany (2011), “hemos pasado de una cognición centrada en el cerebro individual a una centrada en la interacción entre individuos y entre éstos y artefactos tecnológicos”, en otras palabras, el conocimiento ha dejado de ser una actividad individual propia del científico del siglo XIX y ha pasado a ser una actividad social cognitiva mediada por artefactos producto de la tecnología. Ante esta situación la “tecnología no solo interviene como mente extendida” (p. 194) sino, también tiene un papel en cuanto “hace posible la interacción entre los individuos que forman parte de un mismo sistema cognitivo” (p. 195).

En los componentes del AT&I propuestos para la educación colombiana, específicamente en algunas competencias y desempeños, se propone que el maestro y estudiante deberán estar en capacidad de reconocer las características de funcionamiento de algunos productos tecnológicos para comprender su funcionamiento, con estas características se pueden definir algunos criterios de selección de los artefactos que empleará en la solución de un problema. Conocer esas características implica también conocer la transformación de estos instrumentos, así como en qué contextos se desarrollaron y cómo éstos se modifican a partir de nuevos problemas.

Ante esta situación, el instrumento se dota de un carácter integrador importante para la EDUTEC. El instrumento permite vincular elementos históricos y contextuales que posibilitan discusiones, construcción de explicaciones, diseños, organización de información empleando computadores, elaboraciones de nuevos instrumentos, entre otros, propios de nuestro actual contexto. Las relaciones que posibilita el instrumento favorecen llevar al estudiante a niveles de aprendizaje más complejos en una interacción entre el maestro y el estudiante. En otras palabras, se ayuda a que el estudiante comprenda cómo el pensamiento y la razón humana surgen de la interacción entre cerebros materiales, cuerpos materiales y entornos culturales y tecnológicos que convergen en ámbitos mediados por los computadores. Este espacio es fértil para comprender los procesos de representación del conocimiento de cómo almacenamos, estructuramos y recuperamos la información. En estos procesos convergen nuevos espacios relacionales que no se reducen a propiedades físicas sino que, contemplan nuevos objetivos, planes e intereses del sujeto que interactúa con estos espacios, un proceso al que Casacuberta y Estany (2011, p. 207, 210) denominan, de los andamiajes a los affordances.

El efecto del instrumento en el aula de clases resulta entonces muy fructífero para la construcción de conocimiento científico y tecnológico. Para Taub (2009), hablar del instrumento no se reduce a hablar del elemento que emplea un científico. El término ha evolucionado y contempla también los elementos que hacen parte de la enseñanza de la ciencia, ya que muchos instrumentos y herramientas empleados en las ciencias han evolucionado con fines didácticos para la práctica en la educación. Por lo cual, dado el carácter integrador del instrumento, nos faculta no solo para estudiarlo sino también para modificarlo.

Por último, para Brenni (2012) la reconstrucción o modificación de un instrumento configura un nuevo instrumento científico, entonces se consideraría un nuevo conocimiento en vista que “aprender ciencia es también cambiar el tipo de procesos y representaciones desde los que se abordan los problemas y situaciones a los que nos enfrentamos” (Pozo, 1999, p. 2). Si desarrollamos la habilidad de modificar los instrumentos y adaptarlos a nuestras necesidades, estaríamos produciendo también conocimiento tecnológico. Esta actividad debe hacer parte activa de los elementos a integrar en el diseño de una unidad didáctica para la EDUTEC.

4.8. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

Partiendo de la propuesta de emplear herramientas producto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el aula de clases para la EDUCIENCIAS, la EDUTEC y la educación en ingeniería, es importante aclarar que el uso de TICs es relevante para reforzar los conocimientos y habilidades que se requieren en la aplicación de una actividad planteada. Esta actividad puede ser de laboratorio, muy común en estos ámbitos de formación. El uso de simuladores se considera una

preparación previa a la actividad, lo cual trae consigo muchos beneficios. Por un lado, los estudiantes están más familiarizados con la herramienta y las expectativas del trabajo. Por otro, se esperaría que el estudiante pueda reflexionar más sobre lo que espera ver en el laboratorio (Nikolic, 2014).

Algunas herramientas y actividades por desarrollar con TIC son importantes en el proceso de enseñanza, vistas como apoyo al proceso de aprendizaje. Dentro de ellas se encuentran las herramientas y entornos educativos basados en la web para la enseñanza práctica (Kaçar y Bayılmış, 2013), la posibilidad de plantear actividades que involucren la realidad aumentada o la visión artificial (Cubillo et al., 2015; Ramírez y Mora, 2015) y las actividades de aprendizaje mixto. En estas actividades es posible proponer problemas a los estudiantes para que sean resueltos con actividades de simulación y bajo la autonomía y responsabilidad del aprendizaje por parte del estudiante (Priem et al., 2011).

Para Somerville et al. (2008), con el uso de las TIC se adquieren habilidades para:

- Definir un problema
- Acceder a información necesaria
- Evaluar la información, determinar la relevancia de tiempos e información necesaria
- Administrar la información encontrada
- Integrar las diferentes fuentes de información consultadas
- Crear información nueva para diferentes ambientes
- Comunicar sus ideas

A pesar de las facilidades que ofrece el uso del computador para la enseñanza de las ciencias, no siempre es sencillo. Existen dificultades ligadas a la necesidad del trabajo en el laboratorio. Sin embargo, se prevé el desarrollo de muchas herramientas a futuro para la enseñanza de temas inherentes a la EDUCIENCIAS (Stokes, 2010) y la EDUTECH (Ramírez y Mora, 2015).

Por último, es importante resaltar que en la enseñanza de la EDUTECH se ha fortalecido el uso de las TIC (SED y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana, 2015) ante las limitaciones relacionadas con espacios, instrumentación y trabajo en el laboratorio. Sin embargo, si la tecnología se relaciona con el uso, diseño y construcción de un instrumento (Williams, 2013), no es claro que la tecnología pueda concebirse solamente desde las TIC. Por otro lado, el conocimiento científico es importante en la EDUTECH, no obstante, es muy relevante complementarlo con el aprender haciendo.

4.9. Procesamiento de señales

En la literatura consultada para la enseñanza del fenómeno electromagnético, el uso del laboratorio se relacionó con el procesamiento de señales, en particular, desde el ámbito de la enseñanza de las telecomunicaciones. Para Consonni y Silva (2010), las señales eléctricas comenzaron a usarse para transmitir información en los telégrafos de Wheatstone (1837) hasta la llegada de la era de la comunicación de alta fidelidad (1936) debido al ingenio de Armstrong. Desde ese momento, muchas transformaciones ocurrieron en formas de onda de señal y sus espectros correspondientes.

En el caso de la enseñanza de las telecomunicaciones análogas el laboratorio de procesamiento de señales se hace desde la Amplitud Modulada (AM) y la Modulación en Fase (PM) que vincula la Modulación en Frecuencia (FM). Para ampliar, en la enseñanza de las comunicaciones análogas la modulación de amplitud se puede diversificar aún más como banda lateral doble (DSB), doble banda lateral con portadora suprimida (DSB-SC), banda lateral única (SSB) y banda lateral vestigial (VSB). Las fórmulas matemáticas y los espectros de frecuencia generales para las técnicas de modulación de amplitud se dan en el dominio de tiempo y frecuencia. Hay dos tipos de técnicas de modulación angular: modulación de frecuencia (FM) y modulación de fase (PM). Estas técnicas de modulación son operaciones matemáticas, efectivas en el dominio de la frecuencia, ya que las componentes de la señal modulada se pueden ver claramente en el espectro de frecuencia (Kaçar y Bayılmış, 2013; Ramírez, 2013).

En el caso de la enseñanza de las telecomunicaciones digitales los temas se desarrollan con el uso de laboratorio que requiere de un generador de secuencia de datos, un modulador, un emulador de canal (adición de ruido gaussiano, el desvanecimiento lento también se puede emular), y un demodulador (se puede configurar como coherente o diferencial). El demodulador incluye una tasa de errores de bit (BER) y circuitos de medición de relación señal / ruido (SNR). Las combinaciones de modulación / demodulación actualmente admitidas son BPSK, QPSK (4-QAM), 8-PSK, 16-PSK, DBPSK, DQPSK, D8PSK, D16PSK, QAM-16, QAM-64, QAM-256, -QPSK, -8-PSK, -DQPSK, and -D8PSK (Linn, 2012). Estos temas, desarrollados en el campo de las telecomunicaciones y relacionados con el espacio a investigar, serán tenidos en cuenta en el diseño de la unidad didáctica.

4.9.1. Concepciones y elementos necesarios para la construcción fenomenológica de las ondas de radiofrecuencia en el diseño de la unidad didáctica

El objeto de estudio en la unidad didáctica es denominado el *fenómeno*. Torretti (2012) considera que es un suceso o proceso que es tipificable y reproducible, existe porque es posible cualificarlo, se piensa sobre él, de lo contrario no existiría. El fenómeno se presenta tal como es, porque se aparece, manifiesta o simplemente se hace presente, por ello la organización de este solo se puede dar

como es percibido. Malagón et al. (2013) afirman que, dado que se muestra, requiere de una conciencia o de alguien ante quien aparecer, sin ocultar un ser verdadero de carácter total o absoluto. Es posible organizarlo y reproducirlo, y se encontrará sujeto a la mirada de aquel que desea indagarlo, por esta razón, el fenómeno no es estático y da origen a lo que se denominaría “fenomenología”.

Malagón et al. (2013) suponen que la *fenomenología* exige la organización de experiencias y observaciones intencionadas que describen detalladamente al fenómeno, experiencias que se encuentran ligadas a la actividad experimental. Para Bachelard, la fenomenología guarda estrecha relación con lo que él concibe como “fenomenotecnia”, un espacio en el que el fenómeno requiere de la tecnología y el diseño para convertirlo en ciencia. Torretti (2012) considera que esta ciencia es vista como un proceso interactivo, albergado y alentado por científicos. En el proceso, algunos desarrollos se materializan en conceptos matemáticos y otros producen, en laboratorio, fenómenos que se ajustan a los modelos construidos, lo cual supone una alta destreza técnica.

Para que la “fenomenotecnia” emerja como un arte sano de producir nuevos fenómenos se necesita de la experiencia en la organización que se da, pues ésta, debe tener una clara intención y debe relacionar conceptos y construcciones de las ciencias y la tecnología. Ferreirós y Ordoñez (2002); Romero y Aguilar (2013); Torretti (2012) y Malagón et al. (2013) consideran que la conformación de la fenomenología debe permitir, por medio de la organización experimental, la construcción y formalización de magnitudes y formas de medida, experiencias que se entrelazarán con los conceptos y construcciones físicas de las cuales se partió. Esta actividad no es sencilla para aquellos fenómenos que no son fáciles de observar o interactuar con los sentidos y que requieren de diseños de material adicional o necesitan de una destreza técnica. Además, requieren de un buen análisis que permita la interpretación de resultados. Esta situación se encuentra presente en el estudio del fenómeno de ondas electromagnéticas propuesto en la investigación.

Ferreirós y Ordoñez (2002) afirman que, en un trabajo complejo se debe contemplar actividades en las que deben converger lo conceptual y lo teórico, influidos por la actividad experimental. Malagón et al. (2013) y Romero y Aguilar (2013) sugieren que estas actividades evidenciarán la dificultad para saber el momento en el que culmina lo cualitativo e inicia lo cuantitativo y deberán permitir la construcción y formalización de magnitudes, todo esto, con la finalidad de vincular la comprensión a la ampliación y la organización de la experiencia de los diferentes sujetos partícipes del proceso, que parte necesariamente de lo macro y que puede contemplar explicaciones de lo micro.

Por otro lado, en la construcción del conocimiento científico se requiere de la *experiencia*, esta aporta datos vírgenes y teorías que pueden y deben representarlos. Larrosa (2003) afirma que la experiencia se encuentra ligada a la vida misma del sujeto, éste lo dota de sentido y significado a partir de lo que le pasa, sin embargo, esta experiencia es individual y no es repetible, lo que la hace única.

Ante la dificultad de hablar de la experiencia se puede enriquecer el término desde categorías que definen lo que no sería una experiencia, por ejemplo, no es un seudo conocimiento porque genera autoridad, no es un experimento porque no se puede repetir, no se busca una definición operativa, porque delimitaría un campo, no es un conocimiento ingenuo, no es un acontecimiento en vista que se acoge a cómo se vive, por tanto, es subjetivo, es transformador, ligado al relato lo que lo dota de un elemento cognitivo y emocional y relevante para la propuesta, si bien, siempre se construye en relación al otro. Si la experiencia se ve de esta forma entonces, las afirmaciones científicas se establecen y justifican comparándolas con otras afirmaciones, razón por la que metodológicamente es importante acercarse al estudiante para conocer su experiencia. Una alternativa se encuentra bajo la construcción de explicaciones de un fenómeno que, en el caso del proyecto de investigación, se considera de difícil conceptualización.

Centrando la atención en el fenómeno de las ondas de radiofrecuencia a estudiar, los trabajos de Heinrich Rudolf Hertz parten de las ecuaciones unificadoras sobre las teorías de la electricidad, el magnetismo y la luz propuesta por de James Clerk Maxwell en su obra tratado de electricidad y magnetismo de 1873. Beléndez (2008) menciona que a comienzos del siglo XIX estos tres fenómenos eran considerados independientes, y gracias a los descubrimientos de la fuente de corriente continua o pila de Volta , la demostración de los efectos magnéticos producidos por corrientes eléctricas realizados por Oersted y Ampere y el fenómeno de inducción electromagnética de Faraday, fue que el electromagnetismo moderno emergió. El fenómeno de la electricidad fue conocido desde la antigua Grecia, relatos muestran que trozos de ámbar al ser frotados tenían la capacidad de atraer otros más pequeños, acción semejante al frotar pedazos de vidrio. El realizar experimentos sobre este comportamiento permitió concluir que existían dos tipos de electricidad, afirmación que llevó al estudio de las propiedades de la electricidad siglos más tarde por Charles Dufay. Para esta misma época, Stephen gray descubre la posibilidad de transmitir electricidad por un hilo conductor, la misma que luego pudo ser almacenada por un dispositivo que se denominó la botella de Leyden y fue desarrollada por Pieter van Musschenbroek. Fue solo hasta que Benjamín Franklin concluyó que solo existe un fluido eléctrico y dos estados de electrificación, que denominó como positivo y negativo, que el tema tomó un giro importante. Se suman a estos descubrimientos el concepto de carga eléctrica y resistencia propuesto por Henry Cavendish, concepto que permitió dar la medida de la capacidad de un condensador.

Beléndez (2008) describe que la ley que rige las fuerzas de atracción o rechazo entre cargas fue propuesta por Charles Augustin Coulomb y el concepto de potencial eléctrico se alude a Simeón Denis Poisson. El precursor de la corriente eléctrica fue Luigi Galvani gracias a sus experimentos con cobre y hierro que empleaba para generar movimientos en las patas de ranas. Estos experimentos dieron lugar simultáneamente a la pila de corriente continua de Volta y que permitieron establecer las relaciones entre voltaje, corriente y resistencia hechas por Gerorge Simon Ohm. De manera semejante sucedió con el magnetismo, conocido desde la antigua Grecia en observaciones

que describían las propiedades de un mineral llamado magnetita que podía atraer trozos de hierro. Siglos más tarde, Pierre Maricourt descubrió que una aguja imantada se orienta a lo largo de líneas imaginarias que rodean el imán, lo que dio origen posteriormente a la brújula y la identificación de los polos magnéticos. Estos descubrimientos permitieron asociarlos con los de la tierra y posteriormente fueron publicados por William Gilbert y estudiados por Karl Friedrich Gauss. Por analogía con la electricidad se propuso la existencia de dos fluidos magnéticos, sin embargo, es de resaltar que los experimentos no mostraron interacción entre sí.

En relación con la luz, en la Grecia antigua se consideraba que ésta era una emisión de cuerpos luminosos no siendo claro si partían del ojo o del cuerpo iluminado. Beléndez (2008) encontró que con Euclides se formaliza y aplica la geometría a las leyes de la óptica. Los árabes realizaron estudios de forma paralela y gracias a Alhazen dieron origen al concepto de reflexión y estudios sobre cuerpos esféricos y parabólicos. La naturaleza de la luz entonces se dividió en dos corrientes: la ondulatoria y la corpuscular. La teoría ondulatoria considera a la luz como un fenómeno ondulatorio semejante al sonido, y que hasta entonces se conocían como ondas mecánicas y requerían de un medio para propagarse, para este caso particular el *éter luminoso*. Esta tesis fue defendida ampliamente por Christian Huygens y Robert Hooke.

La otra corriente propuesta por Isaac Newton considera a la luz formada por partículas luminosas emitidas por los cuerpos, teoría que tuvo gran aceptación gracias a la autoridad que ejerció Newton en la filosofía de la naturaleza. Es gracias a los estudios de Thomas Young y Augustin Jean Fresnel, en Inglaterra y Francia respectivamente, que se retoma la teoría de ondulación de la luz y se introducen nuevos conceptos como el de difracción y el de interferencia. Este último deviene de la superposición de ondas que provienen de fuentes luminosas puntuales. Estudios paralelos realizados por Etienne Louis Malus permitieron descubrir el fenómeno de polarización de la luz, tan importante para el desarrollo de nuevas teorías sobre el particular y en el que Michael Faraday hace evidente la influencia de un campo magnético sobre un haz de luz polarizada dando origen al fenómeno magneto-óptico. Esta es la primera relación entre la luz y la fuerza magnética. Es importante resaltar que gracias a la introducción del concepto de campo se permitió un marco común a las teorías eléctrica, magnética y óptica (Beléndez, 2008).

Partiendo de los trabajos de Faraday, James Clerk Maxwell acepta las ideas de campos eléctricos y magnéticos y el concepto de líneas de fuerza. Además, abandona las ideas de fuerzas a distancia, y propone veinte (20) ecuaciones que relacionan las variables de campos eléctricos y magnéticos que rigen la interacción electromagnética. Fue Oliver Heaviside quien sintetizó su trabajo en las cuatro ecuaciones que se conocen actualmente, como a continuación se muestran (Johnk, 1975; Sadiku, 2010):

$$\nabla \cdot D = \rho_v ; \oint_s D \cdot ds = \int_v \rho_v dv \text{ (Ley de Gauss)} \quad (4.1)$$

$$\nabla \cdot B = 0 ; \oint_s B \cdot dS = 0 \text{ (Inexistencia del monopolo magnético)} \quad (4.2)$$

$$\nabla \times E = 0 ; \oint_L E \cdot dI = 0 \text{ (Conservatividad del campo electrostático)} \quad (4.3)$$

$$\nabla \times H = J ; \oint_L E \cdot dI = \int_s J \cdot dS \text{ (Ley de Ampere-Maxwell)} \quad (4.4)$$

El trabajo de Maxwell demostró que las ecuaciones del campo electromagnético podían combinarse para dar origen a una ecuación de onda que cumple con la teoría de campo eléctrico y magnético. Con esto *propuso la existencia de ondas electromagnéticas*. Calculando la velocidad de propagación de estas ondas encontró el valor de la velocidad de la luz, lo que le permitió concluir que la luz es también una onda electromagnética. Estas ondas fueron producidas inicialmente por Heinrich Rudolf Hertz y se materializaron en artículos. En este recorrido es importante mencionar que los estudios de Hendrik A. Lorentz permitieron explicar fenómenos asociados a las ondas electromagnéticas, tales como la reflexión, refracción de la luz y el carácter corpuscular de la electricidad. Para la investigación, la atención se centrará en los estudios realizados por Hertz en el periodo de 1887 a 1890 (Buchwald, 1994; Mulligan, 1994). Con estos estudios se enriquecerá la unidad didáctica, posibilitando reflexiones sobre el tema y centrando la atención en la creación del efecto científico en el aula de clases (Buchwald, 1998). El estudio es considerado relevante en vista que los estudios realizados son considerados la base de las telecomunicaciones actuales. Éstas contemplan la transmisión de señales de radiofrecuencia o igualmente conocidas como sin cables.

En el caso particular de ondas electromagnéticas, también denominado ondas de radio, se puede afirmar que siempre que se aplica una diferencia de potencial eléctrico en los terminales de la antena se genera un campo eléctrico. Al mismo tiempo el voltaje hará circular una corriente en la antena, lo que producirá un campo magnético. El campo eléctrico y magnético se encontrarán en ángulos rectos, lo que se denomina campos ortogonales entre sí. Este principio se puede demostrar desde las series de Fourier empleando las señales sinusoidales, tema a desarrollar en el currículo para el espacio académico de sistemas de comunicaciones II. La señal, ahora electromagnética, será propagada. Sin embargo, para que esto suceda se requiere de la fuerza y la dirección del campo magnético y éste a su vez, depende de la magnitud y dirección del flujo de la corriente. La fuerza del campo magnético (H) producida por la antena de alambre, en este caso de la antena dipolo simple, estará expresa por:

$$H = \frac{I}{2\pi d} \quad (4.5)$$

donde I = corriente medida en Amperios y d = distancia del alambre medida en metros (Frenzel,

2003).

En igual condición el campo eléctrico (E) generado se expresa por:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon d^2} \quad (4.6)$$

donde q = carga entre los dos puntos del conductor que forma la antena; ϵ = permitividad o constante dieléctrica del material entre los conductores y d = distancia entre los conductores medida en metros (Frenzel, 2003).

Esta consideración puede aplicarse tanto en líneas de transmisión como para antenas. Para el caso particular de una antena, si se deja abierta una línea de transmisión de conductores paralelos, el campo electromagnético generado se propagará en el espacio desde el extremo de la línea de transmisión. Esta radiación desde los conductores paralelos no es confiable para una transmisión y recepción eficaz. Sin embargo, al doblar los conductores de manera que queden formando un ángulo recto con la línea de transmisión se mejorará significativamente el proceso de transmisión y recepción de las ondas. Esta modificación constituye la variación más sencilla de una antena y es el principio de una antena dipolo simple, o también denominada *antena Hertz*. La radiación óptima se realizará cuando el segmento del conductor de la línea de transmisión, convertido en antena, posee un cuarto de la longitud de onda de la frecuencia que se desea operar (Frenzel, 2003).

En la mayor parte de las aplicaciones las antenas se encuentran distanciadas tanto del transmisor como del receptor. Se emplea una línea de transmisión para llevar la señal y la alimentación a la antena, razón por la cual es usualmente considerada una carga a la fuente. Esta carga es asimilada como una impedancia por estar sometida a señales sinusoidales y cuya medida se realizará en Ohmios (Ω). También es posible conectar directamente los conductores al generador o transmisor. Es relevante mencionar que, los campos magnéticos generados variarán dependiendo de la señal que sea aplicada por el generador, situación semejante en el campo eléctrico (Frenzel, 2003).

Un fenómeno asociado a la propagación de ondas de radiofrecuencia es la polarización. El término hace referencia a la orientación que se hace de los campos eléctricos y magnéticos con respecto a un punto de referencia, que usualmente es la tierra. Si un campo es paralelo a ella, se dirá que la onda electromagnética se encuentra polarizada horizontalmente, en caso contrario, si el campo es perpendicular la onda electromagnética se encontrará polarizada verticalmente. Un caso particular se encuentra en las polarizaciones circulares, en éstas los campos eléctricos y magnéticos giran al dejar la antena, situación que se podría observar como si una antena se encontrara conectada al aspa de un ventilador. Un elemento relevante por citar en el proceso de generar, emitir y recibir una onda de radiofrecuencia es que para que este proceso se dé se requiere que las antenas emisora y receptora se encuentren con la misma polarización. En otras palabras, ambas antenas deberán

posicionarse en polarización horizontal o vertical, según sea el caso (Frenzel, 2003). Aspectos técnicos para el diseño de antenas en frecuencias VHF, HF, UHF, dipolos en HF, antenas para bandas duales VHF/UHF, entre otros, se pueden ampliar en Hautchinson y Straw (2002).

4.10. Diseño de unidades didácticas

La información a presentar en este ítem tomará dos puntos de vista: planteamientos para diseñar Unidades Didácticas en EDUCIENCIAS y consideraciones para el diseño de Unidades Didácticas en EDUTECH. Esta información es obtenida del proceso de elaboración del estado de arte, sin embargo, la mayoría de los títulos fueron obtenidos de la base de datos de ERIC.

Para iniciar, desde la EDUCIENCIAS, Couso (2013) define que las Unidades Didácticas (UD), también denominadas Secuencias de Enseñanza - Aprendizaje (SEA), *pretenden preparar y organizar los conocimientos a enseñar en un aula de clases*. Sin embargo, no se orientan a cualquier aula, ésta debe ser un *aula sistematizada*. Cañal (1997) sugiere que este tipo de aulas son vistas como un sistema en el que se procesa información y se orienta hacia la construcción de aprendizajes. Esta mirada sugiere una relación cercana a la teoría general de sistemas de Von Bertalanffy que posteriormente introdujo sistemas de control para mejorar sus procesos con los aportes de Norbert Wiener y que, por características relacionadas con los sistemas dinámicos, fue llevado a las ciencias sociales por Parsons y Luhmann, estudios que continúan en desarrollo. En este sistema, se disponen de muchas variables y en especial, muchas relaciones dentro de las cuales están las relaciones de poder, afectivas, entre muchas otras.

Por las relaciones dinámicas entre las múltiples variables, se busca que éstas se puedan regular. Para tal efecto, se debe disponer de UD que preparen los conocimientos a enseñar y una guía que puede ser entendida como una planificación. En el diseño de la enseñanza se sugiere tener en cuenta una orientación de la enseñanza, unas actividades y una organización de la enseñanza. En esta última, se requiere una estrategia y la regulación de esta enseñanza. Para ampliar, la figura 4.13 muestra una forma en la que se pueden relacionar estos elementos. Como se puede apreciar, el esquema pone en un balance la estrategia de enseñanza y la regulación de ésta, mientras ubica la orientación como fortaleza sobre las actividades.

A pesar de las sugerencias a tener en cuenta en el diseño de la enseñanza, se puede afirmar que “no hay una receta para elaborar unidades didácticas” (Fernández et al., 1999, p. 17). No obstante, es posible exponer algunos de los elementos más significativos a disponer en el momento de diseñar una UD. En consecuencia, se entiende que la “UD es un conjunto de ideas en forma de hipótesis de trabajo” a realizar (Fernández et al., 1999, p. 19). Estas ideas pretenden organizar la práctica de la enseñanza y el aprendizaje de manera eficiente. No obstante, Couso (2013) plantea que lo primero a tener en este proceso debe ser el “Qué”, “Para qué”, y “Cómo” enseñar y aprender.



Figura 4.13: Relación de los elementos didácticos en el diseño de la enseñanza. (Cañal, 1997).

Con estos elementos primordiales, se vinculan tres elementos no menos importantes: el cómo actuar significativamente; qué contextos serán tenidos en cuenta; y seleccionar y problematizar el contenido, para finalmente sí realizar una secuencia de éstos y hacer un seguimiento en el avance de la SEA. Además, es importante no perder de vista el punto al que nosotros queremos llegar con nuestra UD (Martínez et al., 2013). La figura 4.14 propone un esquema general para realizar UD desde una perspectiva sistémica. Nótese que el punto de partida se encuentra en la elección del fenómeno a desarrollar. Además, contempla las ideas de maestros y estudiantes. Con estos elementos se pueden proyectar los contenidos, problemas, actividades y su respectiva programación, proceso que culmina con la experimentación y puesta en marcha de la práctica. Es relevante mencionar que todo el proceso se encuentra en una continua evaluación.

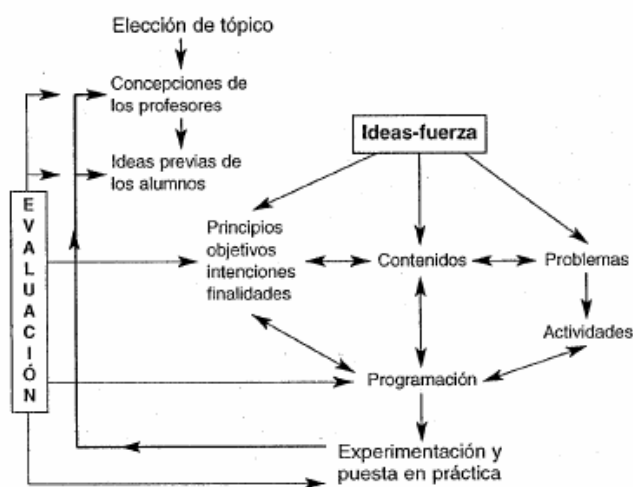


Figura 4.14: Esquema general de elaboración de una unidad didáctica desde una perspectiva sistémica. (Fernández et al., 1999).

Para integrar los elementos anteriormente descritos se propone el siguiente esquema de la figura 4.15 que secuencia los elementos a tener en cuenta al diseñar una UD desde la propuesta de

Martínez et al. (2013). Nótese que los elementos son integrados de forma secuencial, pero a su vez, todos ellos hacen parte de la propuesta de UD.

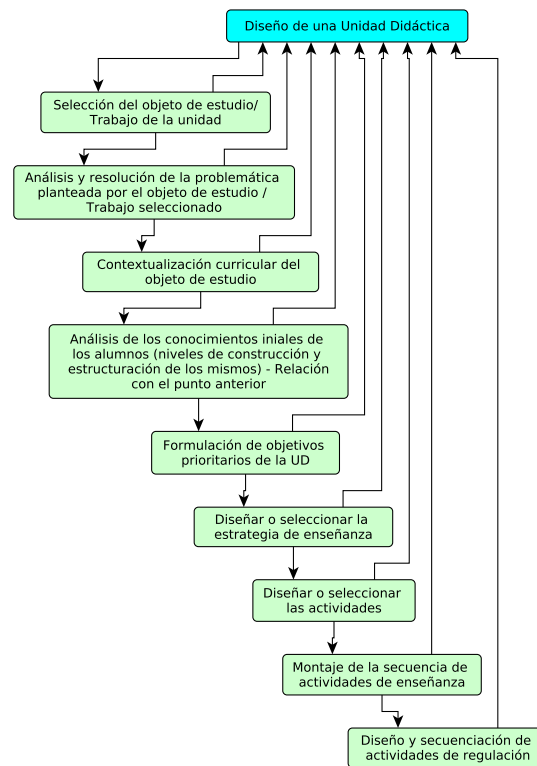


Figura 4.15: Esquema de integración de elementos para el diseño de una UD. (Cañal, 1997).

En coherencia con este planteamiento se propone una nueva organización de la UD como una unidad de trabajo. Esta UD es relativa a un proceso completo de enseñanza-aprendizaje que vincula contenidos diversos y que tiene sentido en sí misma. Un elemento no menos importante en el proceso de diseño de la UD se encuentra en vincular los procesos sociales y culturales útiles para que la secuencia se adapte a una realidad en contexto. Esto favorecerá la comprensión de los conceptos y el avance en el desarrollo de la UD. En esta nueva propuesta se deben integrar la justificación, información, elementos de articulación, recursos y materiales curriculares, organización, investigación y evaluación (Pozuelos, 1997). Esta propuesta relaciona los elementos propuestos por Martínez et al. (2013), pero los integra en nuevas categorías. La figura 4.16 ilustra la forma en la que se relacionan las categorías propuestas por Pozuelos (1997).

Como se ha señalado, la idea es que la elaboración del programa-guía, SEA o UD, favorezca, a través de las actividades, que los alumnos construyan y afiancen conocimientos propios sobre el tema que se desea proponer. En este orden de ideas, los estudiantes se familiarizarán con las características básicas del trabajo científico y favorecerá el interés crítico por la ciencia y sus re-

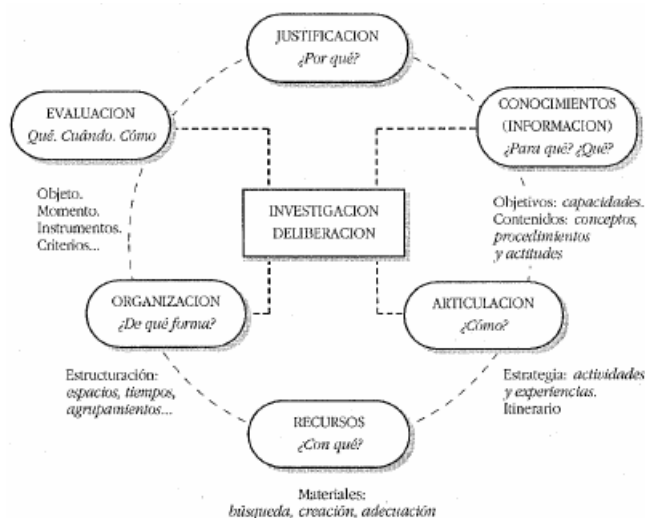


Figura 4.16: Guía para el diseño de UD experimentales. (Pozuelos, 1997).

percusiones (Gil et al., 2002a). Además, se propenderá por que el estudiante trabaje en equipo, una gran necesidad actual. A pesar de esto, organizar este conocimiento no es una tarea sencilla, aun cuando existen diversas opciones para hacerlo. La figura 4.17 propone una alternativa de hacerlo y establece algunas relaciones entre las ideas a organizar. En la primera etapa el tiempo es importante. Con esta condición se elaboran las tramas conceptuales, en otras palabras, se elaboran gráficos y relaciones que se establecen en el proceso y que ayudan a organizar y acotar los contenidos para elaborar el currículo. Estas tramas ayudan a aprender significativamente, finalidad del proceso.

Existe una riqueza documental relacionada con el diseño de UD, sin embargo, es apremiante la necesidad de conceptualizar sobre currículo y diseño curricular (Fonseca y Gamboa, 2017). Para mejorar los avances al momento encontrados, se requiere indagar especialmente en la observación del aprendizaje, en las reformas al currículo, el diagnóstico al mismo, enriquecerlo con un fundamento filosófico, que los planteamientos sean relacionados con un contexto social y cultural, psicológico y epistemológico (Adúriz-Bravo y Izquierdo-Aymerich, 2005; Álvarez de Zayas, 1996). Además, y no menos importante, vincular al maestro en este proceso, esto en vista que *no hay preparación para el trabajo por competencias para el profesorado* (Martínez et al., 2013).

En el caso del diseño de UD para un programa de formación universitario, Constantino (2015) sugiere que es necesario articularlo desde tres niveles de diseño *macro, meso y micro*. Contemplar este conjunto constituye un cambio cualitativo en el docente que se traduce en una área, región o familia de saberes. Desde este planteamiento el nivel macro en esta investigación podría ser ubicado en las proyecciones que tiene la Universidad Pedagógica Nacional, o las proyecciones que tiene la Facultad de Ciencia y Tecnología en relación con la formación de sus estudiantes. A nivel meso podría ubicarse las proyecciones que sobre este punto dispone el Departamento de Tecnología. Para

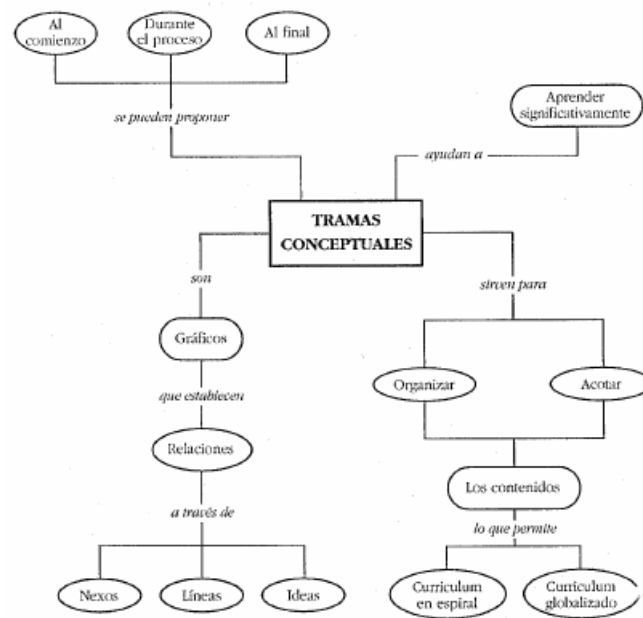


Figura 4.17: Organización del conocimiento. Ideas y relaciones en el diseño de una UD. (Pozuelos, 1997).

culminar, en el nivel micro se sitúa el programa de Licenciatura en Electrónica, el área de sistemas de comunicaciones ó el curso de comunicaciones II. Estos niveles pueden ser tomados en orden ascendente dependiendo de la necesidad que se tenga, en otras palabras, como ejemplo a nivel micro puede verse el curso de comunicaciones II, a nivel meso el área de comunicaciones y a nivel macro el departamento de tecnología. Lo importante es que se establezcan los niveles para darle cohesión a la propuesta.

En el planteamiento de Constantino (2015) el espacio micro-curricular se compondrá de tríadas modulares interdisciplinarias que pretenden representar una concepción integrada del conocimiento, a la que se suman tres aspectos cruciales. El primero es una estructura constituida por tres ejes *histórico-epistemológico, didáctico y laboratorio*. Sobre el aspecto histórico-epistémico Ariza et al. (2016) y Martínez (2018) afirman que la filosofía de las ciencias en la investigación didáctica, en la educación del maestro de ciencias, en el diseño del currículo, y en la práctica de todos los niveles de la educación en ciencias, debe estar presente. Como caso especial de este aspecto se resalta al laboratorio. Éste se considera un elemento preponderante en la enseñanza de la CyT (Bell, 2014) por esto, debe ser un eje fundamental en el currículo. Desde este aspecto se pretende conectar características propias de los modelos constructivistas, que se logran a través de la reflexión, de la asociación que se puede hacer de estos tres ejes (Borges et al., 2018). En estos ejes se puede afirmar que es posible la fragmentación curricular para potenciar los esquemas de conocimiento (García y Montes, 2013).

Continuando con el segundo aspecto, se puede decir que está constituido por los Modelos de Organización Docente (MOD). Éstos se relacionan con los modos posibles de interacción entre las personas, los objetos de aprendizaje y los servicios didácticos concretos (Torres et al., 2015). En este punto de las relaciones es relevante citar la relación de los principios con los artefactos. Esta relación es parte de un continuo debate en que se obtienen propuestas estrictamente vinculantes y alternativas de separación de estos. De acuerdo con la facilidad de vínculo con el currículo es posible optar por la opción de separación de los principios y el artefacto, buscando que sea el estudiante el que los vincule en desarrollo del trabajo a realizar (Machanick, 2003).

El tercer aspecto es la modalidad online que expande y transforma el currículo restringido en un currículo abierto. Este vínculo se verá potenciado por el uso de herramientas WEB 2.0 y que se pueden incluir dentro del desarrollo del currículo. Sobre este aspecto Linn (1988) y Marulcu y Barnett (2016) sugieren que el uso de herramientas virtuales en la enseñanza de las ciencias potencia la naturaleza del entendimiento y favorecen que se adelante este entendimiento a la actividad de instrucción.

Por último, dentro del diseño de las UD, y como complemento a estos aspectos, se propone emplear la literatura primaria del fenómeno en estudio en el currículo. El uso de esta literatura propende por mejorar el razonamiento y acercar al estudiante a procesos más ligados a la forma en la que se hace la CyT (Ford, 2009).

En el caso de diseño de UD para la EDUTECH se puede afirmar que existe un creciente interés por desarrollar el pensamiento tecnológico desde actividades de diseño por su estrecho vínculo con áreas como los negocios, la ciencia, la tecnología e ingeniería. Wrigley y Straker (2017) afirman que este tipo de actividades mejoran las habilidades y los procesos. En particular, el diseño ayuda a incrementar la creatividad, la innovación y la competitividad, de forma individual, cultural y social.

En un estudio realizado en 51 cursos relacionados con el diseño en ingeniería, en 28 universidades internacionales, Wrigley y Straker (2017) determinaron que los temas que desarrollan el pensamiento en diseño se pueden ubicar en cinco categorías: *teorías, métodos y filosofías; enfoque de producto; administración de diseño; administración de negocios; y desarrollo profesional y liderazgo*. Cada una de estas categorías puede ser subdividida en niveles para ser desarrollada. Estos niveles están directamente conectados con las habilidades que se esperan fortalecer. Los niveles propuestos son: *comprensión de conocimiento* (factual); *aplicación* (conceptual); *análisis* (conceptual); *síntesis* (procedimental); y *evaluación* (metacognitivo).

En este orden de ideas, al diseñar una UD que tenga un enfoque en el Diseño y Tecnología (D&T), se sugiere que la SEA debe estar enfocada al modelo de *diseñar - hacer - evaluar* (Meh-

rotra et al., 2009). Este modelo es útil en vista que para resolver un D&T el estudiante debe hacer uso de estas habilidades.

En el proceso del diseño existe una historia que parte de germinar una idea, ésta que existe en los ojos y mente del diseñador. En el diseño no solo se desarrolla una historia, se vuelve tangible una idea que culmina con un objeto físico que puede ser manipulado y evaluado. En este proceso, los usuarios interactúan con un prototipo que es fruto de la imaginación (Hardy, 2018), razón por la que como estrategia es fructífera en ámbitos de la EDUTECH.

En este aspecto, la pedagogía confía en las construcciones didácticas que buscan establecer un protocolo para resolver problemas, secuencias de instrucciones y clasificación de esquemas que se desarrollan para implementar en un curso y nivel particular. Estas secuencias pueden ser desarrolladas a partir de problemas tradicionales que incrementan la dificultad gradualmente. Estos problemas requieren de procesos cognitivos para ser resueltos. Es posible apoyarse de rubricas o claves para ayudar a resolver el problema. Estas rúbricas no solo aportan claves, también facilitan la supervisión del proceso en avance. El desarrollo de este proceso, especialmente en el diseño de la SEA, debería incluir actividades preparatorias, lecturas, sustentaciones orales por parte de los estudiantes del avance en el proceso y de la comprensión del fenómeno a estudiar, tareas, laboratorios y exámenes (Teodorescu et al., 2014). La figura 4.18 realiza una síntesis del proceso.

Como complemento, el currículo debe tener en cuenta las habilidades que se desean fortalecer. Con esta información de base, en el diseño de la UD se buscará que los estudiantes aprendan y apliquen las habilidades en un dominio específico, ese para el cual se diseñan las actividades (Teodorescu et al., 2014). En otras palabras, los estudiantes hacen uso de las habilidades para diseñar, hacer y evaluar (Mehrotra et al., 2009).

Un punto no menos importante dentro de la propuesta de Teodorescu et al. (2014) se centra en el laboratorio. Parga y Mora (2000); Theyßen et al. (2014) y Gårdebjer et al. (2017) plantean que el uso tradicional que se da a este proceso es la verificación de lo que la teoría ha divulgado. Por esta razón, se sugiere un tratamiento diferente a éste, como se ha mencionado. Como complemento a las propuestas de uso diferente en el espacio de laboratorio, Gårdebjer et al. (2017) proponen la integración de tres unidades al proceso. Una lectura inicial que oriente al estudiante sobre el fenómeno a desarrollar. En este tipo de lecturas es útil trabajar con lecturas primarias. Seguido de las lecturas, se debe realizar una sesión de laboratorio. En esta sesión se buscará la presentación del fenómeno desde su comportamiento, alejándose de miradas verificadoras. La última unidad de trabajo busca cerrar el tema con una charla o conferencia de cierre. En esta etapa se discuten los resultados con los estudiantes y se busca atender las dudas que surgen en el proceso.

Dentro de los procesos de alfabetización tecnológica, en niveles de educación secundaria desde

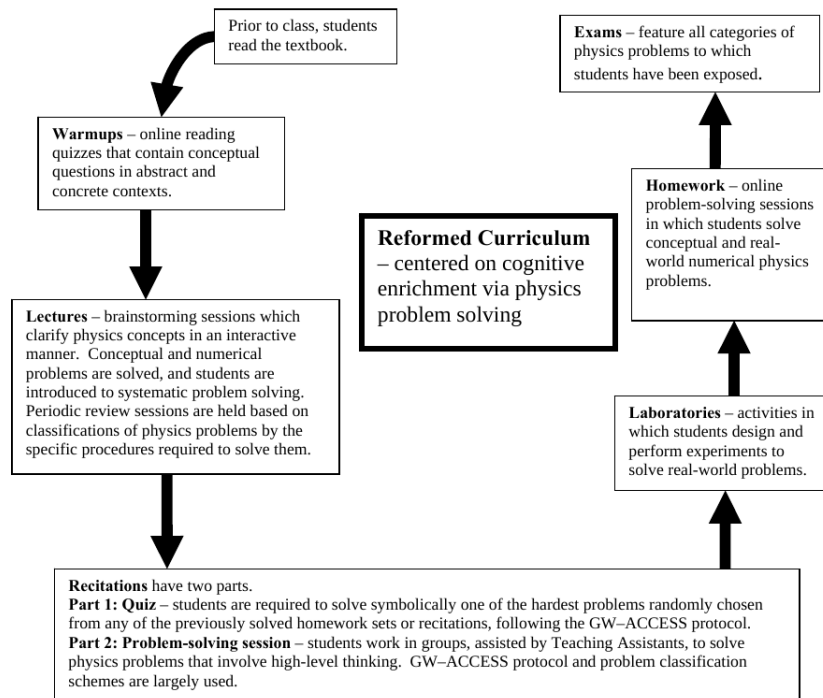


Figura 4.18: Ciclo empleado para mejorar el aprendizaje por resolución de problemas (Reforma Curricular). (Teodorescu et al., 2014).

el enfoque de D&T, se busca la integración de los contenidos y la metodología desde la mirada de procesos de diseño en ingeniería que puedan ser llevados a la EDUTEC en un currículo integrador de saberes (Smith, 2006). Para ello es importante determinar los alcances en los procesos desde el enfoque de diseño en ingeniería en relación con los alcances en los procesos desde el diseño en la EDUTEC. La figura 4.19 muestra una comparación entre estos dos procesos.

De la figura 4.19 se puede apreciar que los procesos desde el diseño en la ingeniería parten de la identificación de una necesidad, mientras en los procesos en la EDUTEC parten de la definición de un problema. Además, en los procesos de diseño en ingeniería se incluyen el análisis, la predicción matemática y la optimización como áreas que no se incorporan dentro del diseño en la EDUTEC.

Como complemento a estos procesos caracterizados, Smith (2006) identificó los procesos mentales que se emplean al momento de resolver un problema en la EDUTEC. Estos procesos fueron determinados luego de aplicar la técnica DELPHI a un grupo de control. La figura 4.20 resume estos procesos mentales. Usualmente se muestran solo algunos de estos procesos a tener en cuenta en el diseño de UD y currículos, sin embargo, es posible identificar muchos más procesos que son relevantes para el diseño de una UD y de un currículo.

Engineering Design Process (Eide, Jenison, Mashaw, & Northup, 2001)	Technology Education Design Process (Hailey et Al., 2005)
Identify the Need	Defining a Problem
Define the Problem	Brainstorming
Search for Solutions	Researching and Generating Ideas
Identify Constraints	Identifying Criteria
Specify Evaluation Criteria	Specifying Constraints
Generate Alternative Solutions	Exploring Possibilities
Analysis	Select an Approach and Develop a Design Proposal
Mathematical Predictions	Building a Model or Prototype
Optimization	Testing & Evaluating the Design
Decision	Refining the Design
Design Specifications	Communicating Results
Communication	

Figura 4.19: Comparación entre diseño en ingeniería y solución de problemas tecnológicos (Smith, 2006).

Analyzing	Modeling
Communicating	Models/Prototypes
Computing	Monitoring Data
Contexts	Observing
Creating	Predicting
Customer Analysis	Questions/Hypotheses
Defining Problem(s)	Researching
Designing	Searching for Solutions
Establishing Need	Technology Review
Experimenting	Testing
Innovating	Transfer/Transformation
Interpreting Data	Values
Managing	Visualizing
Measuring	

Figura 4.20: Procesos mentales identificados en la resolución de problemas (Smith, 2006).

Una propuesta no menos significativa se encuentra en el aprendizaje basado en problemas (PBL). Como fue mencionado, es una de las estrategias recomendadas para el diseño de currículos en la EDUTECH. Como actividad integradora de las ciencias con el uso de herramientas tecnológicas, se encontró una experiencia significativa enfocada a la educación de la física (PE) para la vida “PE for life”. La propuesta buscó involucrar estudiantes de diferentes niveles de formación en el ámbito de la grabación de videos a modo de entrevistas que permiten divulgar a la comunidad aspectos relacionados con la educación de la física desde actividades que se conectan con el contexto y realidad de los estudiantes. Cox y Meaney (2018) encontraron en la aplicación de la propuesta que el desarrollo de las actividades motivó a la comunidad académica a participar activamente. Además, evidenció una mejor comprensión de los temas en los diferentes niveles que participaron en la investigación. Esta es una muestra de cómo las herramientas tecnológicas pueden ser empleadas como apoyo al desarrollo de otras áreas obligatorias dentro de los diferentes planes de estudios. Sin embargo, la experiencia es útil también para mostrar que en muchos casos existe una delgada línea entre la EDUTECH y la educación con tecnología, y que aunque existen diferencias bien mar-

casas, en momentos terminan siendo vinculados al hablarse indistintamente de uno u otro campo, situación que fue expuesta con antelación.

En este orden de ideas, también es útil emplear los recursos tecnológicos multimodales (Blended Learning ó B-Learning; Electronic Learning ó E-Learning y Mobile Learning ó M-Learning) en apoyo a la perspectiva de aprendizaje conectivista (Aldana et al., 2012). Esta estrategia facilita la evaluación constante del proceso, favorece la comunicación entre los miembros del equipo de trabajo y permite la participación activa del equipo con propuestas que pueden diversificar la inicialmente planteada. Esta es una alternativa para enriquecer el planteamiento de Constantino (2015) sobre el diseño de UD, específicamente en lo que tiene que ver con el tercer eje de su propuesta: expandir y transformar el currículo restringido en un currículo abierto.

En adición, Işık (2018) sugiere que el uso de herramientas tecnológicas de manipulación de información promueve el desarrollo de habilidades cognitivas en aproximaciones constructivistas de construcción de conocimiento. Esto es posible gracias a que el estudiante desarrolla la capacidad de acceder a fuentes de información, la formación de experiencias, apoyo al aprendizaje individual, apoyo al aprendizaje permanente, la evaluación del proceso de capacitación, la comunicación, permitir asegurar el aprendizaje activo, permitir la interacción, proporcionar orientación, proporcionar flexibilidad en el currículo, apoyar el uso de habilidades cognitivas de alto orden, desarrollar habilidades, organizar los entornos de aprendizaje, apoyar el aprendizaje basado en actividades y apoyar la construcción de una actitud positiva hacia el aprendizaje.

Hemos citado dos alternativas para vincular la EDUTECH con otras áreas dentro del plan de estudios, el D&T y PBL. No obstante, una de las alternativas más empleadas en la actualidad es STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) y STEM-A ó STEAM (Science, Technology, Engineering, Mathematics and Arts). Dentro de esta estrategia se ha identificado que, ante la dificultad de integrar todas las áreas, algunas propuestas lo hacen únicamente desde el área de las ciencias. En una investigación realizada por Ntemngwa y Oliver (2018) se interrogó a los maestros y estudiantes sobre las percepciones que tienen ellos al momento de integrar STEM ó STEAM en el plan de estudios. Además, se indagó sobre la naturaleza de la instrucción, el tipo de ayudas, el cambio en los maestros luego de integrar la estrategia y la interacción con otros maestros. Dentro de los resultados obtenidos se caracterizaron algunos conocimientos que son requeridos por parte de los maestros para poder realizar la integración de STEM. La gráfica 4.21 muestra una síntesis de estos conocimientos. Es importante resaltar que en el conocimiento del maestro se requiere de pedagogía, tecnología, programar, reconocer las habilidades de los estudiantes, organizar las actividades de acuerdo con los objetivos de las ciencias, experiencia, recursos como internet y ante todo, desarrollo profesional.

En EUA la EDUTECH se encuentra enfocada únicamente desde STEM y STEAM. No obstante,

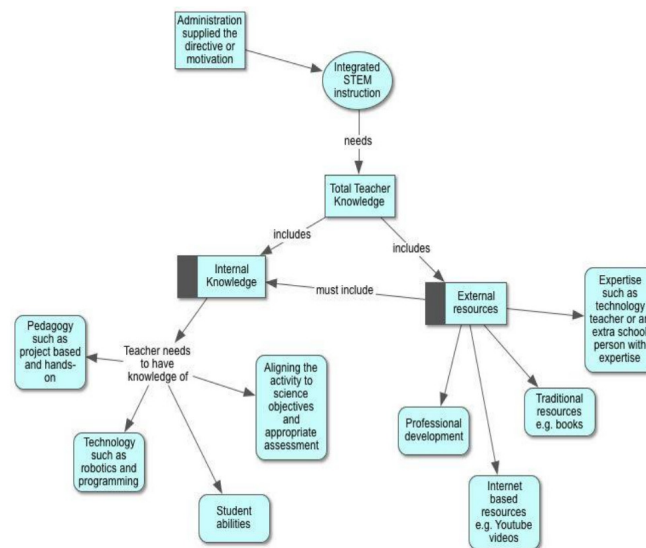


Figura 4.21: Conocimientos que requiere el maestro para integrar STEM (Ntemngwa y Oliver, 2018).

ésta se imparte únicamente en 38 estados de los 50 actuales. Para el desarrollo del área, se cuenta con aproximadamente 35909 profesores en nivel de educación básica secundaria y media.⁷ Es importante resaltar que usualmente STEM o STEAM son cursos electivos dentro del plan de estudios de EUA (Wicklein et al., 2009). Gran parte de las propuestas centran la atención en la solución de problemas que integran estas áreas, pero como se mencionó, aún hay inconvenientes para vincular los temas con las áreas y el contexto de las diferentes propuestas. Motivado por la falta de difusión del área, los inconvenientes mencionados y con la intención de identificar aspectos que permitan generar nuevos problemas para STEM, Wicklein et al. (2009) realizaron un estudio empleando la técnica DELPHI con 22 expertos en el campo de la ingeniería y les indagó sobre la naturaleza del diseño en la ingeniería y cómo se podría pensar en llevarlo a estudiantes de nivel secundaria. La información caracterizada permitió, identificar los aspectos que los estudiantes de secundaria entienden y pueden usar para resolver problemas tecnológicos, entre otros aspectos. La figura 4.22 muestra los resultados de este aspecto indagado.

De la figura 4.22 es importante resaltar como aspectos el trabajo en equipo, el concepto de diseño, el pensamiento crítico, la ética, la comunicación gráfica y escrita, el uso de recursos basados en internet entre otros. Como caso particular dentro de este último aspecto, Herro et al. (2018) realizaron una investigación cualitativa, de estrategia estudio de caso, en el que participaron maestros de matemáticas y ciencias de diferentes escuelas de educación básica (middle schools). El número total de participantes fue 21 de los cuales 5 fueron hombres y 16 mujeres. La motivación de

⁷En el estudio la ubicación de maestros se hace para los niveles de Middle y High School. Se presenta una relación con el contexto colombiano.

Item	Item #	Mean	Mean Shift (%)	Median	SD	IQR
Ability to handle open-ended/ill defined problems	15	5.77	5.65	6	0.439	6
Acceptance of multiple solutions to a single problem	17	5.77	2.75	6	0.439 0.480	6
Systems thinking	38	5.69	7.20	6		5-6
Oral communication	8	5.54	0.03	6	0.519	5-6
Graphical/pictorial communication	9	5.54	5.91	6	0.519	5-6
Understand problem identification/formulation/development of requirements lists	1	5.38	7.97	6	1.387	5-6
Teamwork	5	5.31	1.51	5	0.630	5-6
Conceptual design	19	5.23	3.45	5	0.725	5-6
Critical thinking	35	5.23	0.01	5	0.832	5-6
Ability to break down complex problems in manageable pieces	14	5.17	3.40	5	0.718	5-6
Personal ethics	12	5.15	3.00	5	0.689	5-6
Brainstorming and innovative concept generation	18	5.15	3.00	5	0.801	5-6
Written communication	7	5.08	4.38	5	0.900	5-6
Ability to integrate multiple domains of knowledge	16	5.08	4.29	5	1.115	5-6
Understanding of customer needs	3	5.00	5.80	5	1.414	5-6

Figura 4.22: Aspectos del diseño en ingeniería que estudiantes de secundaria entienden y pueden usar en la resolución de problemas tecnológicos (Wicklein et al., 2009).

la investigación se centró en identificar cómo los maestros integran STEAM en el aula de clases. Como resultado se encontró que 17 de los 21 participantes integraron la tecnología en el aula *desde el uso de uso de herramientas informáticas, especialmente, para la administración de información*. Además, se encontró que en el desarrollo de las actividades se involucran una o más áreas del plan de estudios desde enfoques instructivos o que dan guía al avance de la actividad. También se involucró el aspecto evaluativo y la participación de los estudiantes al emplear herramientas tecnológicas que mediaron el proceso. Dentro de las conclusiones de la indagación se resalta la integración de herramientas tecnológicas en la enseñanza con STEAM en vista que éstas fomentan la diversidad de actividades para la enseñanza. En este punto es importante resaltar que el aspecto de EDUTEK con el uso de productos tecnológicos en la enseñanza es vinculado sin distinción clara entre uno u otro campo.

En el caso de Inglaterra, la EDUTEK se realiza desde el D&T. Hardy (2018) muestra que la experiencia del diseño tecnológico en el aula de clases pretende que los niños, específicamente entre los 5 y los 12 años, se encuentren motivados por aprender cómo se usan diferentes materiales, específicamente, metal, plástico, textiles, madera y algunos elementos electrónicos. Por ello, el currículo Inglés de D&T hace énfasis en la importancia de enseñar a los niños sobre los diferentes desarrollos tecnológicos que ellos están en capacidad de comprender. Además, la capacidad de emplearlos y realizar críticas sobre ellos. Entre los cambios de cada nivel educativo y la interacción con los diferentes problemas, emergen tecnologías que no se encuentran disponibles en el aula de clase para que los niños puedan manipular, evaluar, explorar, y diseñar con ellas. En este punto se

propone una estrategia de enseñanza de D&T en el que la ficción juega un rol central. Dado que enseñar a los estudiantes sobre las nuevas tecnologías no debe ser descontextualizada del aula de clases, el diseño con ficción favorece que el maestro contextualice a los estudiantes sobre la teoría, en otras palabras, se desarrolla la habilidad de imaginar lo que no es tangible. De las historias generadas se crean nuevos objetos y sistemas que son susceptibles a ser diseñados. Esta es una de las experiencias exitosas que se muestra como integradora de saberes y habilidades en este país.

Uno de los puntos más álgidos al hablar de EDUTECH es que usualmente se remite a proferir la formación en competencias, sin embargo, poco se habla de evaluar las competencias a formar. Cyrs Jr (1978) afirma que los currículos están llenos de trivialidades y que las modificaciones apuntan a mejorar los objetivos existentes en el currículo. Por otro lado, las pruebas buscan en su mayoría medir el alcance de esos objetivos y usualmente son pruebas escritas. Si se busca indagar la comprensión de un tema la mejor forma es hacerlo desde la competencia. La competencia, en este caso, es definida como un conjunto de capacidades intelectuales, actitudinales y/o motrices derivadas de un rol y un entorno específico y expresadas en términos cualitativos. Por esto, la evaluación debe ser holística y llevarse a cabo en un entorno que simule el entorno y el papel del mundo real en el que se espera que se produzca el desempeño, y del que se deriva la competencia. Esta medida es compleja y debe contemplar comportamientos multidimensionales que requieren de la práctica en un mundo real que se aleja de lo que se puede obtener con actividades escritas que redundan en lo gramatical. Con la simulación se puede aproximar a algunos procedimientos que se obtienen en la práctica, especialmente de laboratorio, sin embargo, son insuficientes para alcanzar las capacidades que solo se desarrollan en la experiencia (Cagiltay et al., 2011; Couto y Romão, 2009; Kaçar y Bayılmış, 2013; Nikolic, 2014). Existe variedad de alternativas de evaluación, dentro de las cuales se encuentran los exámenes escritos, alternativas que procuren evaluar lo actitudinal y cognitivo, lo individual y lo grupal, pero, ante todo, que permitan mejorar la observación realizada sobre el estudiante. Además, que esta mirada holística tenga un impacto en el currículo. Para Cyrs Jr (1978), en el diseño del currículo se puede iniciar por identificar las competencias profesionales requeridas, luego realizar un análisis de contenido conductual. Posteriormente, preparar procedimientos de evaluación confiables y válidos que permitirán diseñar la instrucción e implementar el programa. Finalmente, se debe evaluar el programa partiendo de un modelo de currículo comprensivo.

Para culminar este capítulo se realizará una síntesis de los ítems desarrollados. Dado la extensión de lo expuesto se presentarán las ideas más relevantes separadas por cada uno de los ítems abordados.

La Tecnología, la educación en Tecnología e Ingeniería.

La tecnología está vinculada con el arte de manufacturar. Mitcham sugiere que se ha definido desde 4 categorías: La tecnología del artefacto, el conocimiento, las actividades y un aspecto ligado

a la humanidad, por esta razón la tecnología es una construcción social y se relaciona fuertemente con el hombre (Jones et al., 2013; Williams, 2013). Por otro lado, la tecnología como conocimiento se relaciona con el saber hacer, a diferencia del saber científico. Por esto, se puede afirmar que es susceptible a ser enseñado (Gilbert, 1992; Williams, 2013). La tecnología está relacionada con la solución de problemas, por ello, los problemas son útiles para enseñar tecnología. De estas ideas nace la Educación en Tecnología (EDUTEC). Es importante mencionar que la EDUTEC sigue siendo frágil en los currículos escolares. Por ende, lo es en los currículos de formación de profesores.

Se puede afirmar que los temas más representativos en EDUTEC se centran en competencias, enseñanza en artes industriales, diseño, tecnología como ciencia aplicada, tecnología integrada con ciencia, STEM, tecnologías múltiples y literatura en tecnología, sin embargo, el currículo no es un tema nombrado y se requiere investigación al respecto. Además, las relaciones entre ciencia y tecnología no son claras. Esta situación genera fraccionamientos que impiden claridad sobre el alcance de uno u otro, claridades que se extienden al ámbito de la ingeniería.

El contenido y las actividades de la EDUTEC han tomado contenidos y principios de ciencias, matemática, e ingeniería (Jones et al., 2013). Por su naturaleza, interdisciplinariedad y conexión con la realidad, la EDUTEC se podrá convertir en una de las áreas más significativas a futuro Williams (2016). Se puede afirmar que la tendencia en EDUTEC es STEM. Además, gran parte del contenido en la EDUTEC se relacionará con las ciencias.

En Colombia se habla de EDUTEC desde 1978, sin embargo, es hasta 1994 que se consolida el Área de Tecnología e Informática con la ley general de educación. Actualmente los documentos que orientan el desarrollo del área son MEN (2008, 2012, 2014) y en Bogotá SED (2009); SED y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana (2015). En cuanto a la formación de maestros la educación se regula con la Ley 30 de 1992, el Decreto 2904 de 1994, el decreto 2566 de 2003, la Ley 1753 de 2015 y la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017.

Integración de la Ciencia y la Tecnología.

No se puede negar la influencia de la ciencia y tecnología en nuestras sociedades, por ello, la importancia de fortalecer las habilidades y conocimientos de éstas áreas (Sjøberg, 2002). Esta condición favorece propuestas de vincularlas en el aula de clase (Gilbert et al., 2000; Gilbert y Stockmayer, 2001). No obstante, es posible afirmar que la EDUCIENCIAS tiene un camino en el que se ha indagado más que la EDUTEC, razón por la que es útil emplear esa experiencia en el desarrollo de las dos áreas. Una alternativa puede ser desde el diseño, construcción y uso de instrumentos, esto debido al estrecho vínculo entre estas dos disciplinas, dentro del que se destaca una congruencia epistemológica (Davies y Gilbert, 2003).

Currículo.

Las propuestas curriculares en EDUTECH buscan la integración de las matemáticas, la ciencia y la tecnología. Sin embargo, lo vital del currículo es el desarrollo de procesos. Para ello, es necesario la revisión de lo que significa ser competente dentro de un proyecto y cómo es posible medir esas competencias (Thompson et al., 2013).

Pešaković et al. (2014) consideran que en el diseño del currículo será necesario tener en cuenta las habilidades y conocimientos técnico – vocacionales que se articulan con la dimensión intelectual, el entorno de aprendizaje y el hacer que el aprendizaje sea significativo. En este punto es importante reconocer las dificultades que trae la enseñanza del electromagnetismo y su relación con los sistemas de telecomunicaciones, así mismo, se muestra que existen varias propuestas para articular estos temas desde la educación, especialmente en ingeniería.

En el caso de la organización del currículo para el AT&I desde el MEN (2008) se afirma que la tecnología guarda relación con una actividad que busca resolver problemas y satisfacer necesidades individuales y sociales mediante la transformación de la naturaleza. Para ello se requiere de conocer y especialmente, de saber hacer y saber cómo. Como complemento, es necesario incluir en el diseño del currículo las relaciones de la tecnología con la técnica; la ciencia; la innovación, la invención y el descubrimiento; el diseño; la informática y la ética.

Competencias.

En este documento se emplea la definición de competencia como un complejo de conocimiento funcionalmente vinculado con habilidades y actitudes que permiten realizar tareas con éxito y la resolución de problemas. Como caso particular, el aplicar competencias evoca complejos de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten el desempeño exitoso de las tareas y la resolución de problemas con respecto a los problemas del mundo real, desafíos y oportunidades (Wiek et al., 2011).

En vista que no existen competencias clave para la EDUTECH, es posible emplear las que provienen de la Educación para el Desarrollo Sostenible en vista que se relacionan fuertemente con la solución de problemas en contexto. Estas competencias clave son: competencia en pensamiento sistémico, competencia de anticipación, competencia normativa, competencia estratégica y la competencia interpersonal.

Una propuesta alterna son las competencias propuestas por Pešaković et al. (2014) resumidas en la tabla 4.2. Estas se pueden complementar con la propuesta de Davies y Gilbert (2003) para ambientes de aprendizaje en EDUTECH. En el caso de las competencias docentes no se ha desarrollado

en este campo, sin embargo, Mohan et al. (2010) sugiere introducir a los estudiantes de ingeniería formalmente a las habilidades profesionales a través de cuatro categorías: pedagogía y habilidades de comunicación interpersonal, formación de equipos y habilidades personales, desarrollo de propuestas, globalización y adquisición de experiencia internacional.

Para unir la propuesta de competencias con la estrategia se proponen tres modelos. El modelo Curriculum Sustainable Development, Competences, Teacher Training (CSCT), the Competences in Education for Sustainable Development (ECE) o modelo ECE y el modelo de competencias de acción profesional de Baumert y Kunter (Bertschy et al., 2013). En ese panorama internacional también se encuentran las propuestas de competencias de DeSeCo, el Modelo de Razonamiento y Acción Pedagógica, el modelo Technological, Pedagogical And Content Knowledge (TPACK), el “bildung” de Wolfgang Klafki y el Proyecto Tuning.

A pesar de ser posible emplear el enfoque por capacidades en el diseño de currículos para la formación de maestros, el departamento de tecnología y el programa de Licenciatura en Electrónica, y la gran mayoría de programas en el país y el mundo, usan el enfoque por competencias. El cuadro 4.5 resume las competencias y los componentes de las orientaciones emitidos por el MEN (2014) a tener en cuenta en el diseño curricular para programas de formación de maestros para el AT&I. Es importante resaltar que las competencias que evalúa el MEN en los procesos de recategorización y reubicación salarial de los profesores, no son las mismas en comparación con las competencias a desarrollar en los maestros. Por esta razón, esta investigación toma los aspectos formativos para futuros maestros que exige el MEN a través de la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017.

La solución de problemas como estrategia (PBL).

La estrategia de aprendizaje basado en problemas o PBL ha sido la más recomendada por los autores de esta fundamentación conceptual para el desarrollo de la EDUTECH. Pešaković et al. (2014) sugieren tres tipos de aprendizaje basado en problemas: aprendizaje basado en proyectos, basado en problemas y basado en la investigación. En el proceso de resolver un problema el estudiante identifica, propone ideas discretas que se conectan con aproximaciones de diseño del problema sugerido. Es importante que los problemas se relacionen con el contexto para que las ideas discretas se conecten con el escenario en el que el estudiante vivencia el problema (Mitchell et al., 2010; Thompson et al., 2013), de esa forma, las soluciones también harán parte de su contexto (Ritz y Fan, 2015).

Es importante mencionar que la estrategia de PBL favorece la formación de competencias necesarias en la EDUTECH. Esto es posible porque los proyectos permiten vincular los problemas en el contexto de la vida de sus habitantes con los modelos pedagógicos y soluciones que se pueden dar a estas problemáticas (Gilbert et al., 2000). En este proceso el estudiante construye su conoci-

miento y evita la memorización de contenidos con la finalidad de realizar tareas rutinarias que en muchas ocasiones no tienen sentido y que al poco tiempo se olvidan Moreno y Waldegg (1998). Estas ideas están conectadas con el empirismo en la educación las cuales proyectan una conexión epistemológica con el constructivismo. En esta escuela el individuo se construye como consecuencia de las relaciones entre lo cognitivo, afectivo y social y no solo por el medio ambiente o las condiciones internas del individuo.

En la construcción epistemológica del constructivismo se reconocen los aportes de Piaget (la inteligencia transita por fases cualitativas, la diferencia entre una fase y otra no es la acumulación de condiciones que se van sumando, sino que, se presenta una estructura distinta que permite organizar la realidad en otra forma) y Vygotsky (el conocimiento es producto de la interacción social y cultural, en esta interacción emergen procesos cognitivos en los que se sugiere que la comunicación, lenguaje, análisis, entre otros denominados procesos psicológicos superiores (percepción - atención - memoria), se desarrollan en un contexto social y posteriormente son interiorizados en un proceso que guarda relación con el ámbito social y cultural). En el diseño de una unidad didáctica para EDUTECH se sugiere emplear esta estrategia mediada por una investigación orientada debido a los buenos resultados obtenidos en la implementación de estas unidades en varios países.

Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM).

STEM se ha convertido en la estrategia que más dinámica ha tomado en la actualidad para la EDUTECH. Surge posterior a la Segunda Guerra Mundial con el ánimo de desarrollar competencias especiales en los estudiantes, especialmente las ligadas a la ingeniería. Desde el punto de vista de STEM, se requiere que las personas desarrollen el conocimiento, actitudes y habilidades para identificar problemas del mundo real. Además, que comprendan las características de las áreas de STEM, desarrollen una conciencia y capacidad de explicar el mundo natural y diseñado con este conocimiento y ganen la voluntad de participar y reflexionar sobre cuestiones relacionadas con STEM actuando como ciudadano global.

En el proceso de implementación de STEM se han identificado dificultades para articular las matemáticas con las demás áreas. Además, no hay claridad en el cuerpo de contenidos propuestos lo cual obliga a realizar mayor investigación en la estrategia para así lograr el impacto que se espera de éstas áreas.

El instrumento, el experimento y el laboratorio.

La experiencia que se adquiere en la actividad de laboratorio es esencial en la EDUCIENCIAS, la EDUTECH y también en la educación en ingeniería. A pesar de que existan alternativas de laboratorios virtuales, éstas no resuelven las competencias que se requieren al momento de trabajar en

el laboratorio, interactuar con el instrumento y resolver las dificultades que emergen al realizar un experimento (Cagiltay et al., 2011; Couto y Romão, 2009; Nikolic, 2014). Por esto, es muy importante que se diseñen buenas prácticas de laboratorio a desarrollar en el aula de clases. En particular, se espera que esta actividad no sea enfocada en la comprobación de lo que la teoría afirma sobre el fenómeno en estudio, sino que el estudiante pueda construir explicaciones sobre lo que el fenómeno le muestra. De esta forma la actividad se puede conectar más fuerte con la estrategia constructivista del conocimiento.

Sin embargo, esta tarea no es sencilla debido a que acceder a equipos y espacios adecuados para la experimentación son una dificultad en muchas instituciones, la mayoría de los casos, por razones económicas que impiden la adquisición de los instrumentos. Por esta razón se recurre a software y simulaciones que acercan el concepto, pero que impiden que el estudiante interactúe con el fenómeno, construya magnitudes y proponga alternativas de medición (Romero y Aguilar, 2013). Además, se apela al uso de modelos en los que es posible imaginar el comportamiento estudiado tomando en cuenta algunas consideraciones previas sobre el fenómeno en estudio.

Se puede afirmar que el instrumento favorece la construcción de conocimiento científico y tecnológico ya que permite vincular elementos históricos y contextuales, que posibilitan discusiones, la construcción de explicaciones, diseños, la organización de información empleando computadores, la elaboraciones de nuevos instrumentos, entre otros, aspectos propios de nuestro actual contexto.

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Se puede afirmar que el uso de TICs es importante para reforzar los conocimientos y habilidades que se requieren en la aplicación de una actividad específica. Estas herramientas son importantes en el proceso de enseñanza en vista que apoyan el proceso de aprendizaje. Es importante indicar que a pesar de que se ha difundido mucho su uso aún no puede reemplazar al instrumento en la actividad de laboratorio. No obstante, se espera un avance significativo en años venideros.

Procesamiento de señales.

En el estudio de los sistemas de telecomunicaciones, el análisis y procesamiento de las señales se convierten en el trabajo base para la comprensión de los fenómenos asociados al área. En particular, el trabajo con la modulación de señales análogas, y su representación en señales digitales, forman parte primordial en este estudio. En este punto es necesario vincular el estudio de Maxwell que permitió el vínculo de la electricidad, el magnetismo y la óptica, temas cruciales para la comprensión del fenómeno de ondas de radio frecuencia.

Diseño de unidades didácticas.

Las unidades didácticas, o también denominadas secuencias de enseñanza – aprendizaje buscan preparar y organizar los conocimientos a enseñar en el aula de clases sistematizada. Se sugiere que para emprender este diseño se debe tener claro el “Qué”, “Para qué”, y “Cómo” enseñar y aprender. Además, es necesario vincular el cómo actuar significativamente; qué contextos serán tenidos en cuenta; seleccionar y problematizar el contenido, para finalmente sí realizar una secuencia de éstos y hacer un seguimiento en el avance de la UD. La SEA debe favorecer, a través de las actividades, que los alumnos construyan y afiancen conocimientos propios sobre el tema que se desea orientar.

En el caso de un programa de formación universitario Constantino (2015) sugiere que es necesario articularlo desde tres niveles de diseño *macro, meso y micro*. En este punto el micro-currículo se puede encontrar ligado a la actividad del maestro. Esta debe contemplar el eje histórico – epistemológico, didáctico y de laboratorio. El meso currículo se vinculará con el enfoque del área y el macro currículo con la propuesta del programa de formación de maestros.

En la formación de maestros para la EDUTECH las actividades se pueden centrar en actividades de diseño ligados a la solución de problemas. Estas actividades forman capacidades y desarrollan competencias mediante la interacción, ya que con estos procesos es posible fortalecer la cognición al discutir y concertar con otros. Además, al diseñar se logra que las actividades sean dinámicas y se resuelvan colaborativamente, esto en vista que se requiere interactuar en el proceso. En esta interacción es posible hacer un seguimiento y análisis de estas interacciones colaborativas y de los aprendizajes (O’Connor et al., 2018). Un modelo que está vinculado con el diseñar, hacer y evaluar (Mehrotra et al., 2009) en el que la actividad de laboratorio es preponderante (Teodorescu et al., 2014) y se puede apoyar con herramientas TIC. Las actividades por integrar en la UD pueden ser de D&T, PBL o STEM – STEAM.

A manera de conclusión, la EDUTECH sigue siendo uno de los campos de investigación con mayor proyección. Además, se requiere de investigación relacionada con la didáctica de esta disciplina, en vista que existe poca literatura que precise el diseño de currículos y de enseñanza para esta área. La formación de competencias propias de esta disciplina pone a la EDUTECH y la EDUCIENCIAS en un escenario importante a nivel mundial por su gran relación con el desarrollo en CyT que tanto demandan y requieren los países. El aprendizaje basado en problemas es la estrategia recomendada para la enseñanza de la tecnología. Como estrategia se conecta con una de las alternativas más diversificada en el mundo para su enseñanza, la educación STEM - STEAM. Sin embargo, para educar en tecnología se requiere del uso, diseño y construcción de artefactos, es así que, el vínculo del laboratorio y la experimentación resultan vitales en el proceso. Debido a las dificultades del uso del instrumento en el aula de clase, en particular relacionadas con los altos costos en su adquisición, surgen alternativas como el modelamiento. Esta experiencia mental permite el

desarrollo de otras competencias necesarias para la EDUTECH. Estas alternativas se pueden combinar en el diseño de una UD, especialmente, en el diseño micro-curricular. Igualmente, es importante definir el fenómeno adecuado para el desarrollo de la SEA que, en el caso de esta investigación, son las ondas de radio frecuencia. Este fenómeno es relevante, se conecta con diferentes conocimientos por lo que es propicio para la integración de saberes, se considera muy actual y se puede relacionar fácilmente en un contexto específico. Además, es posible identificar muchos problemas que se pueden resolver con su uso.

Desarrollado este referente conceptual es posible evidenciar la diversidad de posturas encontradas sobre las categorías propuestas. Además, la dificultad para realizar una síntesis de un ejercicio de identificación y organización de la información que proviene del estado de arte, en el que fue resaltado un gran número de títulos identificados y que hicieron parte de la fundamentación de esta investigación. Esto evidencia la complejidad para optar por una sola postura sobre la investigación, en vista que ésta es enriquecida desde diferentes puntos de vista. No obstante, para el desarrollo de la investigación es importante tomar de base los elementos normativos para el AT&I y la formación de maestros. Asimismo el vínculo de la CyT que es la base de este trabajo de investigación y que contemplan aspectos para el diseño de currículos para el área desde la educación colombiana. En el tema de competencias es importante resaltar que no hay un compendio de competencias clave, por ello se adoptará la propuesta de competencias presentada en la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017 y resumido en el cuadro 4.1 y las competencias genéricas y específicas evaluadas en la prueba Saber Pro (comunicación escrita, razonamiento cuantitativo, lectura crítica, inglés, competencias ciudadanas, enseñanza, evaluación y formación).

La estrategia a emplear en el desarrollo de la investigación será PBL y se adoptan las condiciones del uso del instrumento en el aula de clase, en particular, desde la construcción de explicaciones sobre el fenómeno de emitir y detectar ondas de radiofrecuencia evitando caer en procesos de tipo memorístico. Se buscará siempre la integración de contenidos en pro de la solución al problema de diseñar, construir y usar un artefacto e instrumento para el estudio de ondas de radiofrecuencia. Para ello se adoptará una distribución de estos contenidos empleando una UD que pretende la organización de los conocimientos en el aula de clases de comunicaciones II de la UPN. Esta Ud será considerada una regulación de la enseñanza que parte de tener claro el qué, para qué, y cómo enseñar y aprender en CyT. Por esta razón, el contenido será seleccionado y problematizado acorde con las intenciones del área de comunicaciones y el espacio académico entorno al problema y fenómeno identificado. En consecuencia, en vista que no hay una receta para la elaboración de UD, se adoptará la propuesta de (Constantino, 2015).

Definido este referente conceptual, será necesario abordar el referente metodológico que se empleó para el desarrollo de la investigación. Éste será presentado a continuación.

Capítulo 5

Metodología de la investigación

Para presentar la metodología que se empleó en el desarrollo de esta investigación, se abordará inicialmente el marco metodológico, seguido de la estrategia, el método y el diseño de la investigación. Posteriormente, serán tratados los instrumentos de recolección de datos y las técnicas empleadas en el procesamiento de la información, los criterios de validez y rigor en el ejercicio de la investigación y, finalmente, las fases de la investigación. El cuadro 5.1 muestra en síntesis cada uno de los elementos que integran este desarrollo metodológico.

Cuadro 5.1: Metodología de la investigación

Fase	Marco metodológico	Estrategia de investigación	Método de investigación
2	Investigación Mixta	Abductiva	Estudio de Caso
Fase	Instrumentos de recolección de datos y Técnicas de procesamiento	Herramientas	Criterios de validez y rigor
2	Cuestionarios, pruebas específicas y entrevistas. (Escala SLEI y Likert - Alfa de Cronbach)	ATLAS TI, SPSS, HUDA (WSSA1 y POSAC)	Modelo (Onwuegbuzie y Leech, 2007b) y Guba y Lincoln.

5.1. Marco metodológico

Para iniciar, es importante resaltar que la naturaleza del problema de esta pesquisa se relaciona directamente con la educación, por tanto, existe un vínculo directo con el campo de la investigación social. Además, los objetivos de la investigación muestran que los actores son externos al problema, por ello, en este trabajo se busca presentar recomendaciones y sugerir acciones que aporten soluciones al problema expuesto. Por este motivo, la construcción de la metodología podría tener un enfoque cualitativo, cuantitativo o mixto. Sin embargo, para responder a la pregunta de esta pesquisa se requerirá disponer de información cualitativa y cuantitativa, razón por la que será necesario

el uso de un marco metodológico de investigación mixta. Campos (2009); Hernández et al. (2010); Leech y Onwuegbuzie (2009); Mason (2006); Moran-Ellis et al. (2006); Poortman y Schildkamp (2012); Sale et al. (2002) y Mauceri (2016) coinciden en afirmar que un enfoque mixto es aquel que combina el enfoque cualitativo y cuantitativo. Para Sale et al. (2002), una de las ventajas de emplear este marco metodológico se encuentra en que los dos enfoques pueden combinarse porque comparten el objetivo de entender el mundo en el que vivimos. Así mismo, la investigación cualitativa y cuantitativa comparten una lógica unificada y se puede afirmar que las mismas reglas de inferencia se aplican a ambos marcos metodológicos. Esto es posible debido a que los dos paradigmas comparten los principios de la carga teórica de los hechos, la falibilidad del conocimiento, la indeterminación de teoría por hecho, y un proceso de investigación de valor añadido. La figura 5.1 nos muestra las características, procesos y beneficios de los enfoques cualitativo y cuantitativo y nos ilustra en la parte central que el marco metodológico mixto es la combinación de éstos.

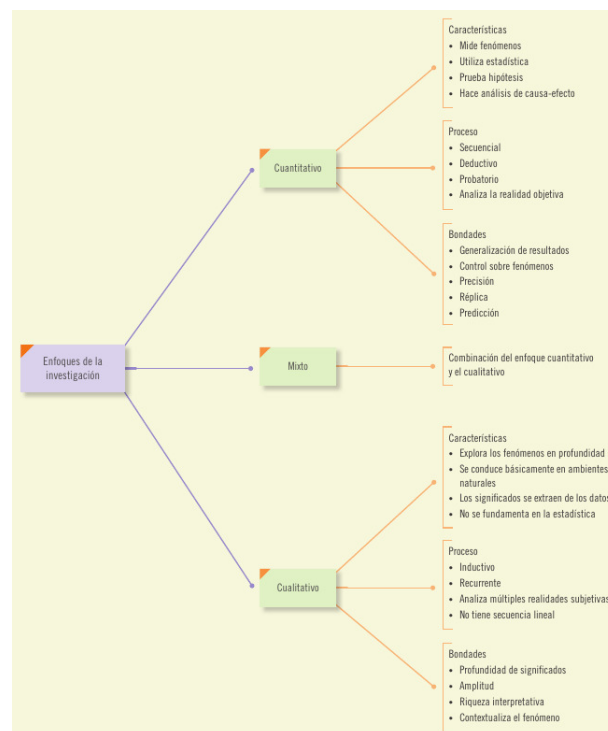


Figura 5.1: Enfoques de la investigación. (Hernández et al., 2010).

La combinación de los dos enfoques (*cualitativo* y *cuantitativo*) en un marco metodológico de investigación mixta, puede ser analizado desde diferentes perspectivas de organización e integración tales como: el momento de la implementación de los métodos (*secuencial, paralelo, o reiterativo*), el énfasis de los métodos (*igual estatus o de estatus dominante*) y el momento de la integración (*recolección de datos y análisis e interpretación de los mismos*) (Campos, 2009; Sale et al., 2002). Estas posibles combinaciones generan una tipología caracterizada por las ramas que se originan de esta integración. La figura 5.2 ilustra esta tipología. Como se puede observar, la

combinación puede ser parcialmente mezclada o completamente mezclada. En cada una de estas combinaciones se podría realizar una mezcla paralela o secuencial. Esto daría lugar a que en el énfasis de esta unión se pueda tener estatus igual o dominante de la unión (Leech y Onwuegbuzie, 2009; Mauceri, 2016).

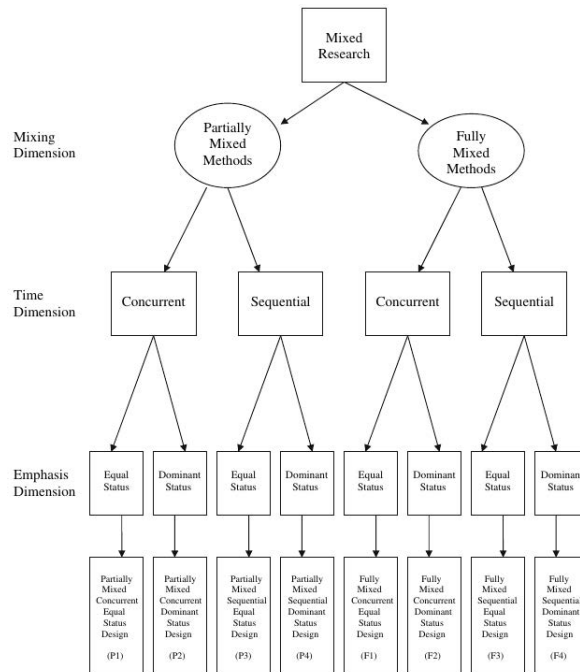


Figura 5.2: Tipología de los métodos mixtos en el diseño de una investigación. (Leech y Onwuegbuzie, 2009).

En el desarrollo de esta investigación se combinaron los enfoques al momento de la integración. Fue la secuencia cualitativa la que tuvo mayor peso sobre la secuencia cuantitativa. No obstante, es importante anotar que, al finalizar la interpretación de los datos se realizó conjuntamente. La forma en la que se obtuvieron los datos se encuentra representada en la figura 5.3a. En la parte superior se encuentra la secuencia que parte de los datos cuantitativos y se dirige hacia los datos cualitativos, siendo los cuantitativos los de mayor peso. En el lado opuesto se muestra la secuencia tomando como mayor peso los datos cualitativos. En consecuencia, la combinación de los enfoques se realizó de forma secuencial, con una mezcla completa en la que los datos de orden cualitativo tienen mayor peso que los cuantitativos. Esta combinación se encuentra tipificada como *F4* en la figura 5.2. Como complemento, la figura 5.3b muestra las alternativas de secuencia para alcanzar los objetivos. Para esta pesquisa se empleó la secuencia superior, es decir, una secuencia cualitativa.

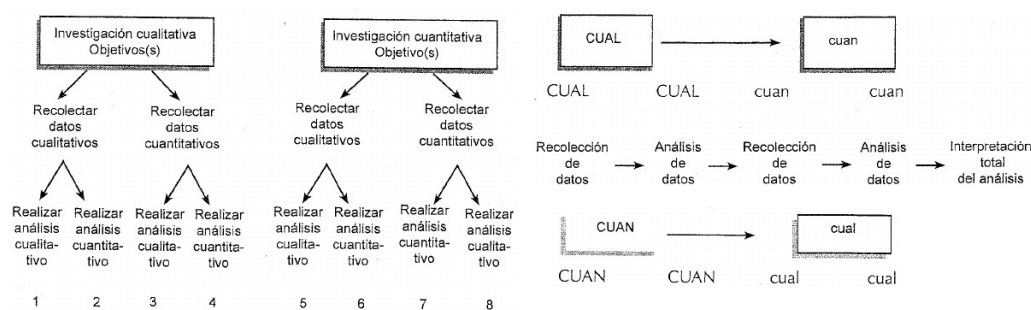


Figura 5.3: a) Secuencia para la obtención de los datos. b) Secuencia de los objetivos. (Campos, 2009).

5.2. Estrategia de investigación

Esta pesquisa se ubica dentro de una estrategia de investigación *abductiva*. Para Richardson y Kramer (2006) esta estrategia se refiere al proceso de estudiar los hechos e idear una teoría para explicarlos. En este proceso se encuentran explicaciones útiles que esencialmente se convierten en “una inferencia” de los hechos observados. Por consiguiente, la abducción se ubica en un espacio intermedio entre la deducción y la inducción. Una razón para optar por esta estrategia es que “por su carácter menos encorsetado que el deductivo y más anclado en la teoría del inductivo genera procedimientos más proclives a la lógica del descubrimiento, activando más claramente las instancias cognitivas de las personas investigadoras”. Además, la “abducción genera y evalúa hipótesis, y es importante sobre todo en el caso de la ausencia de un claro conocimiento teórico inicial, conceptos precisos o teorías elaboradas, lo cual será más común cuando se traten cuestiones escasamente investigadas o simplemente novedosas” (Verd y Lozares, 2016, p. 50), circunstancias que se presentan en esta investigación.

Bajo esta estrategia, el resultado de la pesquisa se encontrará a la mitad del camino, en otras palabras, entre los hallazgos empíricos que se van encontrando de forma ascendente y la teoría descendente, tal como se muestra en la figura 5.4a. Por esta razón, es necesario que el marco teórico de referencia se vaya modificando con el curso de la investigación y éste se vaya acotando acorde con los descubrimientos empíricos que se vayan logrando. Siguiendo la dinámica de la investigación abductiva, se tomó como punto de partida la pregunta de investigación que originó la formulación del problema y las metas a alcanzar. Con los objetivos, se realizó un diseño metodológico que permitió definir los instrumentos a emplear. Definidos los instrumentos, se procede a ir al campo para obtener los resultados empíricos para su posterior análisis, interpretación y presentación mediante la triangulación de datos (Campos, 2009). Es importante anotar que en este proceso se producen procesos de retroalimentación importantes que permiten mejorar el análisis de los resultados (Verd y Lozares, 2016). La figura 5.4b muestra una síntesis de este proceso.

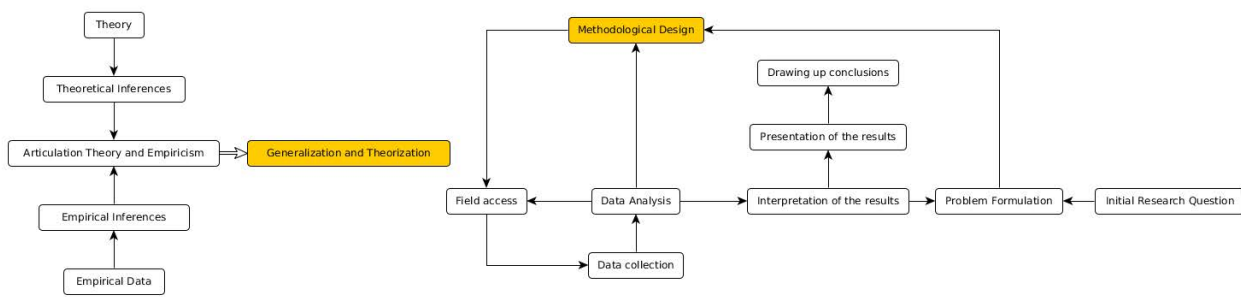


Figura 5.4: a. Procedimiento de la investigación abductiva. b. Dinámica de la investigación abductiva. (Verd y Lozares, 2016, p. 47-71).

Esta investigación tiene como finalidad presentar de modo coherente y consistente las principales características del fenómeno que se encuentra en estudio. Dado que la estrategia de la investigación es abductiva, “no se partirá de hipótesis predeterminadas, siendo los resultados de la investigación los que definirán estas relaciones de asociación” (Verd y Lozares, 2016, p. 86), en otras palabras, las relaciones del marco teórico con lo que se encuentra en la indagación se relacionaron con el curso de la investigación. Así mismo, las metas propuestas buscan “identificar las consecuencias y efectos de una determinada intervención (programa) sobre la realidad que se está estudiando” (Verd y Lozares, 2016, p. 87). Por tanto, las metas de la pesquisa pueden ubicarse dentro del espacio de investigación *descriptiva*, siendo complementadas desde la *evaluación*.

5.3. Método de investigación

La investigación se enmarca dentro del método de *estudio de caso*. Para Díaz et al. (2011); Diefenbach (2009); Gil-Flores et al. (1999); Martínez (2006); Yin (2003) y Echevarría (2011) el estudio de caso es una de las estrategias más usadas en la investigación social, en especial si se pretende responder a preguntas relacionadas con el “porqué”, “quién”, “qué”, “dónde” o “cómo”. Además, es útil emplearlo si se tiene poco control del evento y las indagaciones se dirigen a un fenómeno contemporáneo que guarda relación con un contexto de la vida real. Estas situaciones están presentes en la investigación. Estos casos o unidades de análisis son diversos y pueden relacionarse con individuos, grupos, empresas, ciencias políticas, trabajo social, psicología, sociología, entre otros (Yin, 2003).

Por otro lado, es posible afirmar que una de las virtudes de esta estrategia de investigación es que permite realizar un estudio a fondo del fenómeno desde muchas perspectivas, y no solo desde la influencia de una sola variable, al emplear un análisis específico sobre una población particular (Díaz et al., 2011; Yin, 2003). Estas razones son suficientes para emplear la estrategia en la investigación. En lo relacionado con el referente epistemológico del estudio de caso, Díaz et al. (2011) sugieren que existen diferentes criterios para comprenderlo. Sin embargo, en esta

investigación es adoptada la categoría de explicación-comprensión para darle fundamento. En esta categoría, “la explicación hace referencia al criterio de “verdad” desde la correspondencia de los hechos con el pensamiento y la lógica explicativa causa-efecto (...) el modelo comprensivo tiene una modalidad interpretativa a partir de la explicación analógica de la “realidad”.”(Díaz et al., 2011, p. 9).

5.3.1. Diseño de la investigación

Respecto al diseño de la investigación, Yin (2003) sugiere tener en cuenta:

1. las preguntas del estudio,
2. las proposiciones si éstas existen,
3. las unidades de análisis,
4. la lógica que enlaza los datos con las proposiciones,
5. y los criterios para la interpretación de los resultados que se encuentran.

Luego de hacer una revisión de las recomendaciones hechas por Yin (2003) para el diseño de una investigación empleando el método del estudio de caso, se puede afirmar que:

1. En relación con el primer criterio, la pregunta de esta investigación *¿Cómo las competencias docentes se forman al implementar una unidad didáctica en la que los maestros en formación para el área de Tecnología e Informática se ven involucrados en la construcción de instrumentos científicos?*, se sitúa dentro de las recomendaciones.
2. En cuanto a las proposiciones, éstas permiten hacer una reflexión sobre la teoría e indican dónde revisar la evidencia relevante. Sin embargo, Yin (2003) afirma que existen muchos estudios que se realizan sin su uso. Dado que la atención de esta investigación se centra en analizar cómo se forman las competencias docentes en una actividad específica, no será necesario el uso de estas proposiciones. No obstante, pueden ser contemplados en este espacio los puntos desarrollados en la operacionalización y correspondencia con la metodología resumidos en el cuadro 1.3.
3. La unidad de análisis o caso a estudiar busca encontrar cómo las competencias docentes (*fundamentales, de saber específico y la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017*) para maestros en formación en el área de tecnología e informática se involucran en el diseño, construcción y uso de instrumentos científicos. Esta actividad requiere el uso de conocimientos tecnológicos y científicos, por tanto, estos conocimientos serán necesarios en la consecución del artefacto científico. Sin embargo, a pesar de esto, el centro de atención son las competencias docentes. Ante esta situación, el problema de esta investigación se enmarca en el campo

de la didáctica. Al respecto, en la didáctica para la enseñanza de esta área (AT&I) Gilbert (1992) y Williams (2013) recomiendan su orientación desde la solución a problemas en vista que para el desarrollo de las competencias tecnológicas se requiere del aprender haciendo. En este punto el ejercicio de proponer una unidad didáctica en la que se diseñe, construya y use un instrumento científico que permita generar y detectar ondas de radiofrecuencia, se convierte en la alternativa en la que los maestros en formación pusieron en juego sus competencias docentes en la solución del problema planteado.

Referente a la formación de maestros, el MEN (2012) afirma que por su amplia trayectoria la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) es una de las más fuertes instituciones en procesos de formación de educadores en el país. Para la formación de maestros para el AT&I, la UPN ha dispuesto dos programas adscritos a la Facultad de Ciencia y Tecnología y al Departamento de Tecnología: la Licenciatura en Diseño Tecnológico y la Licenciatura en Electrónica (LeE). Ésta última ha renovado el Registro Único Calificado con resolución emitida por el MEN número 17461 del 31 de agosto de 2017, además, ha recibido la Acreditación de Alta Calidad con resolución emitida por el MEN número 24174 del 7 de noviembre de 2017. Por su trayectoria en la formación de maestros para el AT&I (Electrónica, 2016) ha sido escogida para la implementación de la unidad didáctica. El número de estudiantes de la LeE es de 212 y éstos se encuentran distribuidos en diez (10) semestres. La figura 5.5 muestra la organización de los espacios académicos del programa. En ella es posible distinguir la fase de fundamentación y de profundización. Los espacios de la primera fase buscan presentar al estudiante los conocimientos básicos y fundamentales necesarios para desarrollar la siguiente fase. En la fase de profundización, estos conocimientos se reúnen a través de disciplinas propias de la electrónica y se enfocan, por un lado, en el conocimiento propio de la disciplina y por otro, a emplear esos conocimientos. En muchos casos esta actividad guarda relación con la solución de problemas, un aspecto propio de la tecnología.

La organización por fases en el programa ha facilitado la organización del currículo, un aspecto muy importante a tener en cuenta en el diseño de la unidad didáctica. En el proceso de autoevaluación con fines de renovación del Registro Calificado y la Acreditación de Alta Calidad, el programa mostró que el diseño del currículo se ha construido teniendo en cuenta tres miradas: La mirada macro-curricular, meso-curricular y micro-curricular (Constantino, 2015; Electrónica, 2016). La primera mirada busca ajustar los espacios académicos en las diferentes fases con la misión y visión del programa y el perfil que se espera del egresado. En esta fase participa el equipo de maestros del programa y se reúnen alrededor de discusiones sobre las competencias que debe tener el futuro maestro. En la mirada meso-curricular los espacios académicos se han organizado por áreas (matemáticas, física, circuitos, diseño electrónico, control, comunicaciones, entre otros). Estas áreas se pueden observar en la fi-

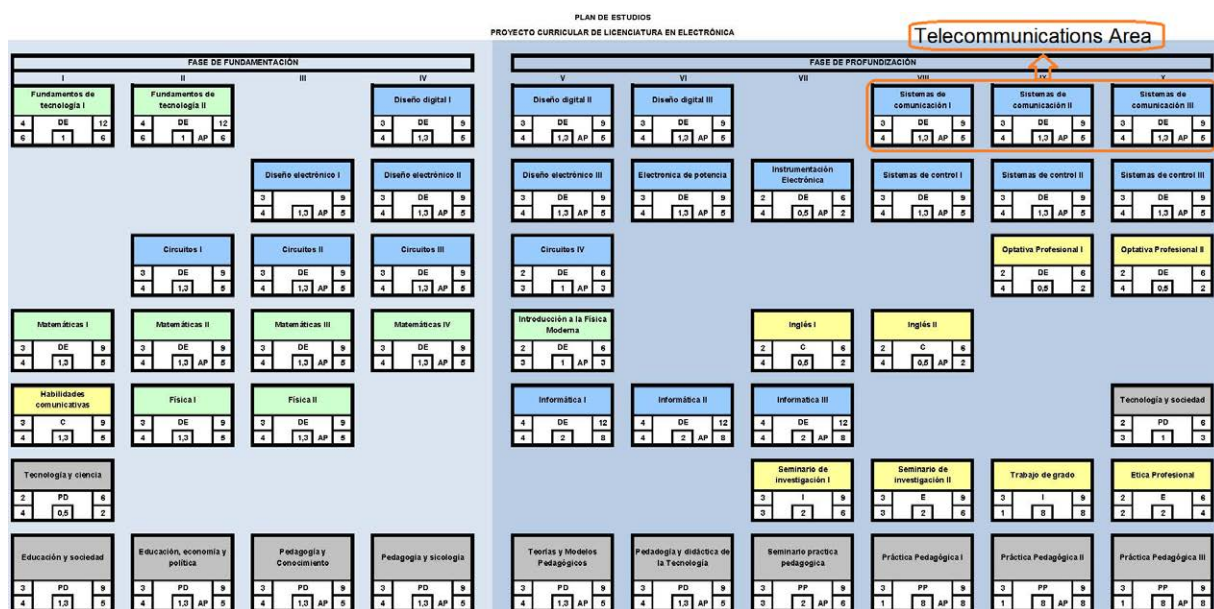


Figura 5.5: Organización de los espacios académicos del programa de Licenciatura en Electrónica.

Con esta organización, el diseño del currículo se realiza con la participación de los maestros del área. En esta mirada se propone un plan de estudios colectivo ajustado al área y al papel que cumple ésta con la mirada macro, prestando especial atención a que los contenidos no se sobrepongan con los diferentes espacios académicos. Finalmente, la mirada micro-curricular está a cargo del docente de la asignatura que hace parte del área. En esta actividad el docente participa organizando los contenidos y diseñando la enseñanza, habilidades propias del maestro (Alliaud y Feeney, 2015). Es importante resaltar que en este punto se centra la actividad de *diseño de la unidad didáctica*, parte esencial de la investigación. El cuadro 5.2 resume el proceso de organización del currículo en la LeE, además, ubica el espacio en el que se aplicará la unidad didáctica.

Cuadro 5.2: Fases en la organización del currículo. Programa de Licenciatura en Electrónica.

Fase	Participación	Finalidad
Macro-curricular	Totalidad de maestros.	Discusión de las competencias del egresado ajustadas a la misión y visión del programa. Organización de los espacios académicos.
Meso-curricular	Maestros de las áreas.	Organización de los espacios académicos por áreas. Propuestas de plan de estudios colectivo ajustado al área y al papel que cumple ésta con la mirada macro-curricular.
Micro-curricular	Personal	Puesta en escena de las habilidades de diseño del maestro. Se realiza el diseño de la enseñanza. <i>Lugar en el que se ubica el diseño de la unidad didáctica de esta investigación.</i>

Descrito el lugar en el que curricularmente se ubicó el diseño de la unidad didáctica, se hace necesario hablar del espacio académico al cual fue orientada. Éste fue comunicaciones II, un espacio que pertenece al área de comunicaciones y cuyo tema orientador son los sistemas de comunicaciones electrónicas. Como se muestra en la figura 5.5, el espacio se ubica en la fase de profundización, específicamente en el noveno semestre haciendo parte de las áreas obligatorias de énfasis del programa. Debido al enfoque del área y de la asignatura es considerada altamente interdisciplinar en vista que requiere de los conocimientos de otras áreas para el desarrollo de los contenidos y el planteamiento de proyectos que deben realizar los estudiantes. Es relevante mencionar que los contenidos que se presentan en este espacio son semejantes a los desarrollados por algunos programas de ingeniería, sin embargo, su enfoque se aleja de éste en vista que el objeto de formación es la educación de los futuros maestros para el AT&I.

Es notable mencionar que el espacio académico de sistemas de comunicaciones II guarda estrecha relación con el problema planteado en la investigación, en particular, este espacio no cuenta con equipos de laboratorio para el ejercicio de la actividad docente, lo que ha permitido que gran parte de la actividad de enseñanza privilegie aspectos memorísticos en el proceso y centre la atención en aspectos demostrativos de los que la teoría ha construido. Al ser el espacio académico un lugar en el que convergen gran parte de los conocimientos fundamentales aprendidos en el transcurso del programa curricular, este espacio es adecuado para proponer la unidad didáctica, en vista que contempla los temas que el instrumento científico requiere para su diseño, construcción y uso. Además, en el transcurso de los últimos años el proyecto curricular del área ha contemplado el planteamiento de actividades de construcción de artefactos que vinculen la experiencia del estudiante durante el curso. Éstas actividades se han denominado *proyectos del espacio académico*. Dentro de estas actividades el estudiante ha realizado el diseño de proyectos en los que se procesan señales análogas y digitales basados en un problema que les es entregado al principio del curso y del cual van entregando avances en el transcurso del semestre hasta ser sustentado al finalizar el mismo.

Sobre las actividades se puede decir que éstas tienen un carácter más técnico, pero permite que el estudiante vincule algunos de los temas desarrollados en el transcurso del espacio académico. También se ha permitido que el estudiante proponga unidades didácticas que involucren algunos de los temas desarrollados en el curso con el ánimo que sean enseñados en ciclos de formación de la educación básica o media, o puedan ser llevadas al espacio de práctica educativa. Estas actividades han sido bien percibidas por los estudiantes en vista que para este momento el maestro en formación se encuentra realizando el primer semestre de su práctica educativa en aula. Por otro lado, este ejercicio busca que el estudiante se familiarice con actividades que involucren diferentes disciplinas, en vista que el AT&I es interdisciplinar

y es necesario que el estudiante reconozca que se necesita fortalecer estas competencias ya que el MEN las evaluará en su futuro profesional. Es importante indicar que estas actividades no se alejan de los contenidos que el currículo del área tiene destinado para el espacio y como tal se ajustan a los hallazgos teóricos y bases conceptuales que la investigación ha presentado.

Señalado el panorama general del diseño de la investigación, se ha ubicado dentro de la organización curricular el lugar en el que se implementó la unidad didáctica y también descrito el contexto. Con estos elementos se puede consolidar un caso de estudio. Se puede afirmar que el caso descrito se suscribe dentro del esquema de caso único y unidad de análisis simple o global tipo uno (1) (Echevarría, 2011; Gil-Flores et al., 1999). Acorde con lo expuesto, Yin (2003) ubica este caso en la parte superior izquierda de la figura 5.6. En la figura también es posible apreciar el diseño de múltiples casos con una única unidad de análisis o también, el diseño de casos únicos o múltiples con diferentes unidades de análisis o embebidas.

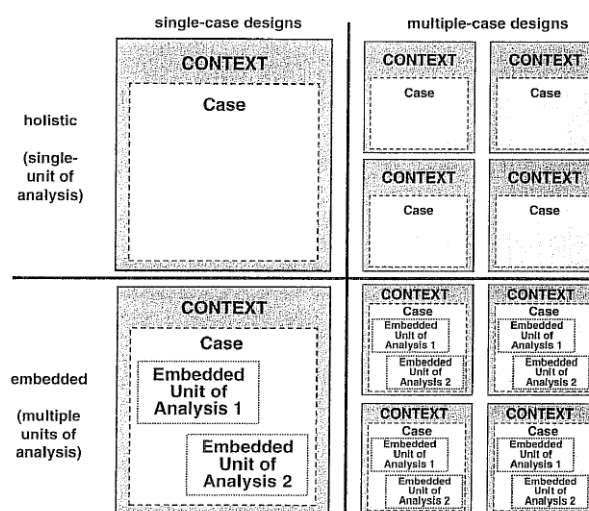


Figura 5.6: Tipos básicos de diseño de estudios de caso (Yin, 2003, p. 40).

Gil-Flores et al. (1999), en relación con la importancia de este estudio de caso único, sugieren que éste tiene un carácter crítico que faculta confirmar, cambiar, modificar o ampliar el conocimiento en el campo del objeto de estudio. Además, el carácter único, particular e irrepetible asociado a los participantes de esta investigación educativa permite justificar en este hecho el uso de este tipo de diseño de investigación. Bajo este panorama se ha dotado al investigador con la posibilidad de que observe y analice un fenómeno que no se había indagado con antelación en la comunidad académica. *Estas características asociadas al tipo de estudio son propuestas como argumentos para optar por este tipo de caso dentro de la estrategia de investigación.*

4. Los dos últimos criterios en el diseño de la investigación se encuentran fuertemente relacionados con los pasos a tener en cuenta en el proceso de análisis e interpretación de los datos (Yin, 2003). Para la recopilación de los datos fue necesario la disposición de unos instrumentos y unas técnicas de procesamiento de esa información. Esos criterios serán presentados en la sección “Instrumentos de recolección de datos y técnicas de procesamiento” de este capítulo. En relación con el análisis e interpretación de esos datos, es necesario resaltar que el centro de atención en la unidad didáctica son las competencias docentes que empleó el maestro en formación al momento de diseñar, construir y emplear el instrumento científico. En este punto, el maestro en formación tuvo que traer al escenario el conocimiento científico y tecnológico que permitió la resolución del problema que le fue propuesto, elementos propios de la formación que se requiere para el AT&I. En este mismo orden de ideas, el análisis de los datos obtenidos en esta investigación privilegió los procesos de diseño, sin alejarse de la relación que guardan éstos con las competencias fundamentales y de saber específico docentes. Al respecto, Jones et al. (2013) sugieren que en este proceso deben contemplarse elementos como los gráficos de diseño, métodos de diseño, interacción entre el conocimiento y el diseño y la forma en la que el diseño debe cumplir una amplia variedad de condiciones técnicas y no técnicas.

Las condiciones en el proceso de diseño de la unidad de análisis deben encontrarse articuladas con la pregunta de investigación y con el protocolo descrito en este diseño del estudio de caso. La figura 5.7 ilustra la forma en la cual se articularon estos elementos. En la parte superior se ubica la recolección de datos de orden individual y grupal. Éstos se cruzan con el diseño del caso, si es individual o colectivo. Finalmente, se estudian unas conclusiones. La actividad de recolección de datos se encuentra directamente ligada a los instrumentos diseñados para obtener la información. Estos instrumentos son descritos en la siguiente sección.

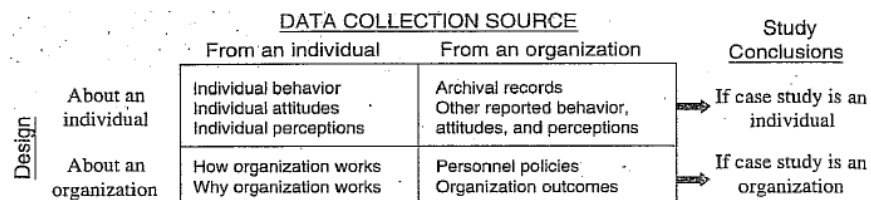


Figura 5.7: Diseño de la investigación Vs Recopilación de datos (Yin, 2003, p. 76).

En vista que la unidad de análisis centra la atención en las competencias fundamentales y de saber específico docentes, es importante mencionar que medir competencias es un proceso complejo, en especial si se relacionan con competencias experimentales. Theyßen et al. (2014) sugieren que es posible hacerlo apoyado de pruebas y procesos de simulación. Cuando se empleen pruebas se pueden aplicar cuestionarios con escalas SLEI (Science Laboratory Environment Inventory). Este

cuestionario presenta 24 preguntas divididas en cuatro categorías: Integración de los contenidos teóricos y prácticos (A), claridad de las reglas de desempeño en el laboratorio (B), cohesión entre los estudiantes (C) y la calidad de los materiales e infraestructura del laboratorio (D). Los procesos de simulación buscan apoyar la relación entre la teoría y la práctica real de laboratorio, por esto, en el diseño de la unidad didáctica esta condición deberá encontrarse presente. Para la interpretación de los datos obtenidos Theyßen et al. (2014) sugieren que será necesario realizar una correlación de los datos y otorgar un peso y sentido a la información acorde con lo que se desea de la investigación. Es posible complementar el análisis cuantitativo de esta información empleando regresiones lineales que permitan observar la correlación entre las técnicas. Así mismo, en el análisis de los datos fue necesario expandir las conclusiones y resultados que provienen del problema, formular y tener congruencia entre las diferentes fuentes y esclarecer los procedimientos de la evaluación. Para integrar los elementos se emplearon rúbricas. Este modelo se encuentra simplificado en la figura 4.5.

Por último, aun cuando Yin (2003) sugiere algunos criterios para juzgar la calidad del diseño de la investigación, la presente investigación adoptará los criterios propuestos por Guba y Lincoln (Tójar, 2006). Estos criterios serán presentados en la sección “Criterios de validez y rigor en el ejercicio de la investigación” de este capítulo.

5.4. Instrumentos de recolección de datos y técnicas de procesamiento

Las técnicas para la recolección de los datos buscan recopilar las actitudes, intereses, opiniones, conocimientos, comportamientos, entre otros, de los sujetos a estudiar. Para ello se emplean instrumentos que permitan acceder a esa información. Dentro de los instrumentos más empleados Campos (2009) menciona los siguientes:

- Cuestionarios (Cerrados, abiertos, semiestructurados)
- Entrevistas (pautada, libre, en profundidad)
- Grupos focales
- Test (seleccionados, elaborados)
- Pruebas específicas
- Observación (no participante, participante, dirigida, libre)
- Fuentes secundarias (documentos, datos físicos, investigaciones previas, informes, fotografías, artículos impresos)

Para la elección de los instrumentos se buscó responder la pregunta ¿qué tipo de datos se necesitan para desarrollar la investigación? En vista que el marco metodológico de la investigación es mixto, la información que se recopiló permitió una mirada horizontal y vertical del objeto de estudio. La mirada vertical logró analizar y dar significado a profundidad, mientras la horizontal permitió un análisis abarcador. Para una observación vertical es útil hacerla desde información cualitativa. Para un estudio abarcador es útil hacerlo desde información cuantitativa. Es importante recordar que en el análisis de estos datos se realizó una mezcla completa privilegiando los datos de orden cualitativo (profundidad) sobre los cuantitativos (abarcador). Esto se realiza con el fin que la indagación se conecte con la estrategia de investigación abductiva.

Luego de revisar las alternativas de instrumentos empleados y considerar las condiciones anteriormente citadas, se ha optado por usar *cuestionarios, pruebas específicas y entrevistas* (Halkier, 2010). En el caso de los cuestionarios se usaron las categorías planteadas por el modelo SLEI y se formularon preguntas cerradas y abiertas, como ha sido sugerido por Theyßen et al. (2014). Las preguntas abiertas permitieron recopilar información de tipo cualitativa, mientras las preguntas cerradas favorecieron la recopilación de información cuantitativa. Las preguntas abiertas fueron formuladas con el ánimo de indagar en temas específicos, particularmente, hicieron evidente información sobre las competencias que emplea el maestro en formación en el desarrollo del reto de diseñar, construir y usar el instrumento científico. Las preguntas de tipo cerrada apuntaron a examinar aspectos relacionados con conocimientos científicos, tecnológicos y aquellos propios del proceso de diseño del artefacto. Fue posible ampliar información, especialmente de tipo cualitativo, con algunos comentarios que provienen de los estudiantes sobre la evaluación que se realizó.

En cuanto a las pruebas específicas, éstas fueron orientadas a indagar aspectos ligados a la comprensión de los temas en desarrollo y la forma en que convergen en el diseño y construcción del instrumento científico. Para el diseño de las pruebas se tomó como referencia las recomendaciones hechas por Jones et al. (2013) en relación con los procesos de diseño. En el curso del diseño y construcción del instrumento el estudiante empleó conocimientos científicos y tecnológicos, conocimientos que también recopiló el instrumento y que aportaron significativamente a la consolidación de información relacionada con las competencias docentes que pone en juego el maestro en formación, objeto de esta pesquisa. La información que se recopiló con este instrumento fue de tipo cuantitativo.

En este orden de ideas las entrevistas aportaron información relevante que permitió dar profundidad a los temas que se examinaron. Para ajustarse a los criterios de calidad en la validación de la investigación de Guba y Lincoln (Tójar, 2006), las entrevistas optaron por adecuar sus preguntas a los siguientes criterios de calidad definidos por Roulston (2010):

1. Usar los datos de las entrevistas para informar las preguntas de investigación planteadas.

2. La interacción que se favoreció dentro de la entrevista deben generar datos de “calidad”.
3. La “calidad” ha sido tratada en el diseño de la investigación, la realización del proyecto de investigación, y el análisis, interpretación y representación de los resultados de la investigación.
4. Los métodos y estrategias empleados en las interpretaciones y representaciones de los datos son consistentes con los fundamentos teóricos del estudio.

Producto de estos criterios, se diseñaron entrevistas colectivas y semiestructuradas y se analizaron sin perder la esencia de lo presentado por los entrevistados. En este proceso se mantuvo el hecho de guardar coherencia con el análisis cualitativo de información (Oleinik et al., 2014; Rappley, 2001). Este instrumento se empleó para *identificar las variables* que orientan el propósito de la investigación.

Por otro lado, la experiencia de orientar comunicaciones II por más de siete años ha permitido promediar un número de 16 estudiantes por semestre, número de estudiantes que se esperaba fueran inscritos para tomar el curso en el momento de realizar el estudio de campo. En este punto es importante mencionar que los instrumentos fueron diligenciados por 12 estudiantes del espacio académico. Nueve de ellos son inscritos formalmente y los restantes tres toman el curso como preparación para un examen de suficiencia. Es de resaltar que todos los participantes estuvieron comprometidos con las actividades a desarrollar, información que se sustenta con los consentimientos informados¹. Además, la relación entre la muestra total esperada en relación con el grupo focal, propuesto en la figura 5.9, no se vio afectada en vista de que el número de integrantes de los grupos permaneció constante y el número de grupos en estudio es mayor a la media esperada. Los estudiantes que participaron en el grupo focal fueron los líderes de los cuatro grupos conformados. El tiempo de observación de estos maestros en formación fue de un semestre académico (4 meses) en vista que el diseño y construcción del instrumento científico se realiza de forma paralela a la que avanza la base teórica del curso.

Fueron tenidos en cuenta como criterios de selección para el grupo focal aquellos estudiantes que lideran los procesos al interior de los grupos de trabajo y que en su rendimiento sobresalen en relación al promedio del grupo en general (Halkier, 2010; Wibeck et al., 2007). Metodológicamente, Onwuegbuzie y Leech (2007a) indican que en el grupo focal un grupo pequeño de participantes

¹El recibir 12 estudiantes, y no 16 como se esperaba, estuvo relacionado con la situación económica que atraviesan las universidades oficiales y que conllevó a protestas generalizadas, bloqueos, paros, entre otras manifestaciones. No obstante, estas situaciones no afectaron la aplicación de la Unidad Didáctica (UD) en vista que se realizó en las aulas de la Fundación Universitaria San Martín. Es de anotar que la situación si afectó la actividad práctica del proyecto, específicamente, lo relacionado con el laboratorio. Esto se hará visible en el espacio de análisis de los datos. Este es un espacio que renta la Universidad Pedagógica Nacional para orientar los espacios académicos en los que la cobertura de salones de la universidad no da abasto. Por ser éste un espacio privado, las manifestaciones no afectaron el curso de la UD.

se reúne para discutir un tema en particular bajo la guía de un moderador, que preferiblemente juega un papel distante. La discusión suele durar entre 60 y 90 minutos y es normalmente grabado en audio y/o video para ser luego analizado. En este análisis el conocimiento emerge de la interacción. Lo realizado se acoge a este criterio.

Para Wang y Lien (2013), las ventajas de los datos de audio y vídeo para un estudio son su permanencia como registro, la recuperabilidad y disponibilidad para que otros investigadores puedan comprobar los hallazgos, con la posibilidad de que puedan ser reinterpretados. Además, los datos de vídeo pueden acercarse más a la forma original. Para complementar, la figura 5.8 muestra un resumen de las características del video en comparación con datos provenientes de documentos escritos y cintas de grabación o modos digitales de captura como MP3. A pesar que el costo de implementación es alto, la exhaustividad para trabajar con los datos y la capacidad para trabajar con otras lenguas y datos complementarios es alta. Por esta razón se optó por emplear captura de datos de video y de audio. Estos son elementos relevantes que aportan al cumplimiento de los criterios de calidad en la validación de la investigación de Guba y Lincoln (Tójar, 2006) y que son aplicados en el ejercicio de esta investigación

Data form characteristics	Video	Written word	Tape or digital
Cost of tool	High	Low	Medium
Convenience of operation	Low	High	Medium
Completeness of contents	High	Low	Medium
Capability to record non-language data	High	Low	Medium
Effects of text reflection	Low	Medium	High

Figura 5.8: Comparación de las características de los datos obtenidos con video en relación con otras formas de obtención de datos (Wang y Lien, 2013)

Para ampliar información relacionada con el trabajo en grupo de comunicaciones II, la figura 5.9 exhibe la relación que existe entre la muestra total y el grupo focal. La entrevista se realizó en colectivo con el grupo focal debido a que la participación colectiva permite una mayor participación y logra explorar con mayor detalle los intereses de los integrantes, además, el conocimiento emerge de la interacción Onwuegbuzie y Leech (2007a). En relación con las preguntas que se realizaron al grupo, éstas apuntaron a conocer cómo emplea las competencias docentes el maestro en formación en el desarrollo de la actividad de diseño y construcción del instrumento científico. Como se indicó, como evidencia de la reunión se realizó una filmación de ésta y una grabación de audio. La información que se recopiló con este instrumento fue de tipo cualitativa.

Por otro lado, los instrumentos se vincularon en el análisis partiendo de la información que permite la profundización hacia información abarcadora. La figura 5.10 muestra el panorama general

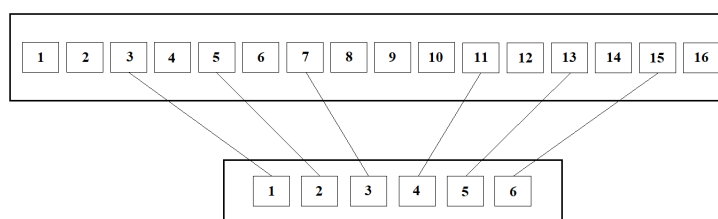


Figura 5.9: Relación entre la muestra total esperada y el grupo focal.

de los instrumentos en el grupo (total y focal) proyectado. Es posible ilustrar cómo los cuestionarios aportan un panorama general (abarcador) y particular (profundización) del problema siendo aplicados al total de la muestra. La información cuantitativa y cualitativa que entrega este instrumento se conecta en una segunda fase con los instrumentos que guardan más relación con la unidad didáctica. En la segunda fase las pruebas específicas (abarcador) nuevamente son aplicadas a la totalidad de la muestra, mientras que la entrevista se realiza al grupo focal con el ánimo de indagar a profundidad el objeto de estudio. Esta información será ampliada en el capítulo VIII, específicamente, en la organización epistemológica para el análisis de los datos.

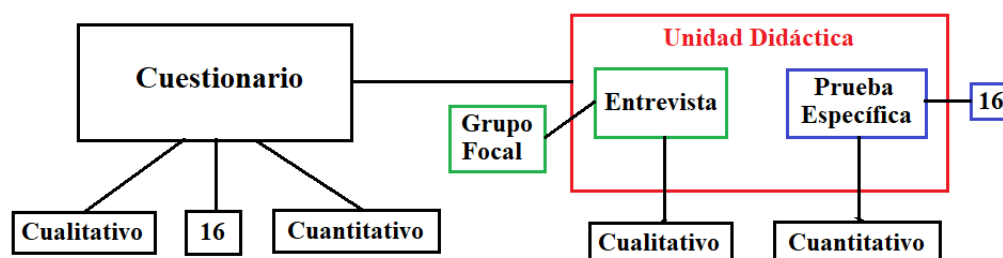


Figura 5.10: Relación de los instrumentos con la muestra total y el grupo focal.

Como complemento a esta relación de los instrumentos, el cuadro 5.3 hace una síntesis de la forma en la que se vinculan los instrumentos desde la información de tipo cualitativa y cuantitativa. Además, presenta el tipo de información que se espera recopilar con cada instrumento y el momento en que se aplicaron en el curso de la unidad didáctica.

Definidos los instrumentos se procedió a dar respuesta a la pregunta ¿cómo se empleará la información recopilada? Esta pregunta ha sido respondida teniendo en cuenta el tipo y característica de la información a recopilar partiendo del cuadro 5.3. Poland (1995) argumenta que hay una fuerte dificultad para mantener la esencia de lo expuesto por los participantes de la investigación, especialmente surgen alteraciones de los datos al transcribir las experiencias. Por esta razón, se empleó la información sin intervención de transcripción (video y audio de las entrevistas, resultado presentado por el estudiante en las pruebas y resultado del cuestionario). En el proceso de análisis de la información cualitativa se empleó el análisis de contenido y fue asistido por la herramienta ATLAS

Cuadro 5.3: Instrumentos de recolección de datos e información a recopilar.

Instrumento	Tipo de información.	Característica de la información.	Momento de implementación del instrumento
Cuestionario	Preguntas abiertas y cerradas. Información cualitativa y cuantitativa.	Preguntas abiertas enfocadas a indagar las competencias docentes. Preguntas cerradas aspectos relacionados con el conocimiento científico, tecnológico y de diseño.	2 momentos al inicio del semestre académico y al finalizar el mismo, una semana antes de presentar el proyecto final.
Pruebas Específicas	Preguntas cerradas. Información cuantitativa.	Indaga aspectos relacionados con el conocimiento científico, tecnológico y de diseño.	2 momentos, a la mitad del semestre académico y al finalizar el mismo. Concluye con la presentación del proyecto final.
Entrevistas	Colectiva y semiestructurada. Información cualitativa.	Indaga sobre las competencias docentes y cómo se forman en el proceso de diseño y construcción del artefacto	2 momentos, a la mitad del semestre académico y al finalizar el mismo. Concluye con la presentación del proyecto final.

TI (Franzosi et al., 2013; Poortman y Schildkamp, 2012), siendo reiterativo que se mantuvo el origen de los datos sin modificación alguna (Boeije, 2002; Nelson, 2017). El cuadro 5.4 resume la forma en la que fue desarrollada esta fase de análisis de la información cualitativa.

Cuadro 5.4: Fase 2. Procedimiento de la investigación.

Fase	Concepción Filosófica	Metodología	Fundamento	Análisis de Datos	Herramienta
2	Hermenéutica	Estudio de caso	Abductivo	Análisis de Contenido	Asistido por ATLAS TI

Boeije (2002); Nelson (2017); Oleinik et al. (2014); Poortman y Schildkamp (2012); Sayago (2015) y Finfgeld-Connett (2014) consideran que el análisis de contenido es un método de análisis de datos flexible y con un amplio espectro de posibles integraciones, interpretaciones y simplificaciones que puede ser empleado para la sistematización de información cualitativa. La característica primordial del análisis de contenido cualitativo es codificar los datos brutos en elementos conceptualmente congruentes. En esta investigación los datos brutos son entendidos como aquellos que se obtienen de los instrumentos propuestos y que entregan información de orden cualitativa, tomando como referencia el cuadro 5.3. La forma en la que se codifica la información depende del tema de la investigación, las preguntas y los datos que se obtienen en el proceso. Sin embargo, la codificación puede ser influenciada de forma inductiva o deductiva dependiendo de lo que se esté indagando. En el desarrollo de esta pesquisa la codificación tuvo un carácter inductivo, es decir, buscó adentrarse en el fenómeno y encontrar más no corroborar teorías. Esta condición se encuentra ligada al carácter abductivo que se ha propuesto para el desarrollo de esta indagación. En esta tarea fue pre-

ciso tener algunas concepciones previas, por ende, la experiencia, en palabras de Larrosa (2003), será parte vital de este proceso.

Tomando en cuenta las propuestas de Boeije (2002); Nelson (2017) y Finfgeld-Connett (2014), inicialmente, se identificaron segmentos de “datos que enlazan el texto con el contexto” (Sayago, 2015, p. 729). Éstos fueron codificados posteriormente teniendo en cuenta el carácter e información que contienen. El propósito es que la cita se encuentre asociada con el código, en otras palabras, que lo que se codifique se encuentre relacionado con los recursos del contexto. La cita generada debe estar acompañada con un mensaje que describa la intención de la cita. Estos memos serán útiles como orientación al momento de establecer correlaciones entre estas citas con otras. Para la correlación es útil emplear diagramas que las ilustren. En este proceso las codificaciones serán saturadas. Para Nelson (2017); O’reilly y Parker (2013); Saunders et al. (2018), la saturación se encuentra relacionada con las preguntas de investigación y las categorías definidas en el proceso de codificación. En nuestro caso, las citas y datos estuvieron directamente relacionados con el número de códigos generados. Por esta razón, para realizar esta actividad se usó la herramienta ATLAS TI (Boeije, 2002; Santiago-Delefosse et al., 2015). El procedimiento empleado en con el software se encuentra descrito en la figura 2.5 y 2.12. El producto de esta sistematización se convirtió en la base para la construcción de nuevo conocimiento y la generación de teorías sobre el tema indagado. La presentación de este análisis se realizó de forma semejante a como se hizo en el espacio de estado de arte.

En relación al análisis cuantitativo de la información, primero se buscó medir la fiabilidad de los instrumentos empleando la medida *alfa de Cronbach* (Oleinik et al., 2014). Esta medida requiere que los ítems a medir tengan una magnitud acorde con la escala tipo *Likert*. Esta escala busca que la fuerza e intensidad de la evaluación sea lo más lineal posible. Por esta razón, la evaluación debe disponer de niveles de medición que pueden ser de 5, 7 o 9 niveles. Lo importante es generar un nivel en el que el evaluado pueda estar en un punto neutral. Para la investigación fueron tomados siete niveles. Como ejemplo, estos niveles podrían estar relacionados con: muy insatisfecho, insatisfecho, neutral, satisfecho o muy satisfecho. Asimismo, se pueden emplear niveles como: Totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo. Adicionalmente, fue posible realizar preguntas de tipo matriz en la que se pueden evaluar dos o más elementos simultáneamente coincidiendo las respuestas con la escala Likert.

Luego de tener los ítems en magnitudes establecidas por la escala Likert, la medida alfa de Cronbach busca que estas magnitudes se encuentren altamente correlacionadas. Para ello, se aplica la siguiente ecuación (Oleinik et al., 2014):

$$\alpha_c = \frac{kp}{1 + p(k - 1)} \quad (5.1)$$

Donde k es el número de ítems y p es el promedio de las correlaciones lineales entre cada uno de los ítems. Este cálculo también se puede obtener a partir de las varianzas de los datos obtenidos. El valor obtenido de este cálculo se encuentra entre 0 y 1. Si el valor obtenido se acerca a 1, significa que existe una alta consistencia entre los datos, lo que indica un alto nivel de fiabilidad de estos (Oleinik et al., 2014). En algunos contextos, “valores del alfa superiores a 0,7 o 0,8 (dependiendo de la fuente) son suficientes para garantizar la fiabilidad de la escala”²

Para el análisis de esta información se propone el uso del software SPSS³ de la empresa IBM, muy útil para realizar análisis descriptivos de información y en los que se requiera de tratamiento estadístico de la misma. Además, SPSS permite realizar el cálculo de alfa de Cronbach dentro de la captura de la información.

Acorde con lo sugerido por Theyßen et al. (2014) se requirió de un análisis de correlación de los datos. Para apoyar este análisis se empleó el software HUDAP (Hebrew University Data Analysis Package)⁴. El software integra varias técnicas para analizar los datos. Los datos son tratados tomando como referencia las desigualdades internas de éstos sin ser necesario el uso del modelo del sistema como tal. Adicionalmente, se emplean estadísticas descriptivas de frecuencias sobre las tabulaciones cruzadas permitiendo la recodificación de las variables definidas y con ello la posibilidad de ser empleadas en análisis de subgrupos. Un elemento relevante en los gráficos entregados por la herramienta, producto del escalamiento, es la representación gráfica en dos y, en algunas distribuciones, tres dimensiones. Estos gráficos son susceptibles de ser editados para su posterior interpretación (Amar y Toledano, 2001). Para el análisis correlacional se emplearon las técnicas de WSSA1 y POSAC.

Una de las herramientas que integra HUDAP es WSSA1 la cual permite un análisis de estructuras semejantes en los datos o denominado como análisis de las distancias más cortas entre los ítems. Para el análisis se puede emplear geometría esencial. SSA trata cada variable como un punto en el espacio euclidiano, por lo que, se facilita para encontrar la correlación entre dos variables que estén en ese mismo espacio. En los espacios más pequeños es posible emplear relaciones inversas entre las correlaciones observadas y la geometría de las distancias. Esta técnica puede considerarse como la mejor alternativa para agrupar datos empleando geometría esencial (Amar y Toledano, 2001). La figura 5.11 muestra un ejemplo de salida de la herramienta. Nótese que en el gráfico superior los puntos se encuentran dispersos y son reagrupados geoméricamente para asignarle categorías a

²Disponible en: <https://www.uv.es/~friasnav/AlfaCronbach.pdf>

³SPSS es un software privativo desarrollado por la empresa IBM. Para el desarrollo de la investigación se empleó una distribución con licenciamiento perteneciente al Departamento de Tecnología, específicamente, a la Maestría en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación.

⁴HUDAP es software privativo desarrollado por Hebrew University que puede ser usado por estudiantes y adquirido sin restricciones ni licenciamiento en a dirección <https://hudap.software.informer.com/> En estos momentos el software no continua en actualización, pero aun así su distribución no es considerada dentro de las condiciones de software libre.

estos datos. Los otros gráficos apoyan con información para determinar los puntos más cercanos en la reagrupación⁵.

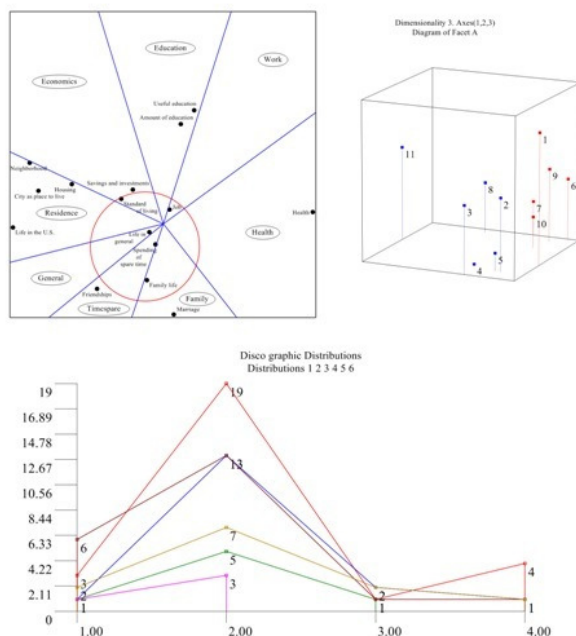


Figura 5.11: Ejemplo de gráfica obtenida con HUDAP-WSSA1.

Otra herramienta esencial que integra HUDAP es POSAC (Partial Order Scalogram Analysis with base Coordinates). Esta herramienta toma como referencia el valor de las medias de las calificaciones que asigna cada grupo de encuestados. Por esta razón es necesario tener la media de la totalidad de los datos por cada grupo generado. Esta técnica toma el valor de los ítems y los correlaciona en un gráfico de dos dimensiones a lo largo de una diagonal (imaginaria) que parte desde el extremo inferior izquierdo hasta el extremo superior derecho, o de otra forma, una diagonal con pendiente positiva. En la parte más inferior de la diagonal se alojarán los ítems que tienen menos valoración en la encuesta. Estos irán incrementándose hasta obtener los ítems mejor valorados o los más importantes (Amar y Toledano, 2001).

Es relevante indicar que con este procedimiento es posible realizar una interpretación descriptiva de la información obtenida. Para esto, POSAC entrega gráficos complementarios por cada variable en estudio que dependen directamente de cada grupo de los encuestados. Estos gráficos tendrán la misma distribución del gráfico principal, sin embargo, en cada uno de los ítems se ubicará el valor promedio que asigna cada uno de los grupos. La figura 5.12 es un ejemplo de esto⁶.

⁵Disponible en <https://www.innoget.com/technology-offers/2316/research-services-hebrew-university-data-analysis-package-hudap>

⁶Disponible en http://booksandjournals.brillonline.com/docserver/journals/18763332///18763332_000007_i0002_th

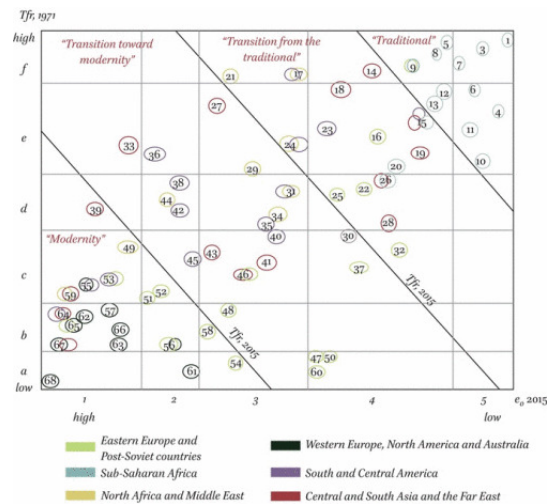


Figura 5.12: Ejemplo de gráfica obtenida con HUDAP-POSAC.

5.5. Criterios de validez y rigor en el ejercicio de la investigación

La validación interna y externa son consideradas unas de las actividades más importantes en cualquier investigación. Estas consideraciones dotarán de cohesión los resultados de la investigación. Además, permite dar relevancia, credibilidad y significado a la investigación en relación con otras que no realizan estas actividades. Diefenbach (2009); Gliner (1994); Hannes et al. (2010); Lincoln (1995); Poortman y Schildkamp (2012); Tracy (2010); Whittemore et al. (2001) y Santiago-Delefosse et al. (2015) proponen diferentes criterios para dar validez a una investigación. La figura 5.13 realiza una síntesis de los criterios contemporáneos de calidad que más influyen las investigaciones.

Debido a que existen diferentes criterios, esta investigación adoptó como criterios de rigor y calidad en el ejercicio de la investigación los propuestos por Guba y Lincoln (Tójar, 2006). La figura 5.14 muestra otros criterios que pueden ser empleados para dotar de calidad y rigor la investigación, sin embargo, centramos la atención en la credibilidad, la transferibilidad, la dependencia y la confirmabilidad.

Para ampliar información referente con estos criterios, la figura 5.15 presenta algunos procedimientos o estrategias útiles para dar cumplimiento a estas consideraciones que dotaron de calidad

Author	Validity Criteria
Altheide and Johnson (1994) Eisenhart and Howe (1992)	Plausibility, relevance, credibility, importance of topic Completeness, appropriateness, comprehensiveness, credibility, significance
Leininger (1994)	Credibility, confirmability, meaning in context, recurrent patterning, saturation, transferability
Lincoln (1995) ^a	Positionality, community as arbiter, voice, critical subjectivity, reciprocity, sacredness, sharing perquisites of privilege
Lincoln and Guba ^a (1985); Guba and Lincoln ^a (1989)	Truth value, applicability, consistency, neutrality
Marshall (1990) ^a Maxwell (1992, 1996) ^a	Goodness, canons of evidence Descriptive validity, interpretive validity, theoretical validity, evaluative validity, generalizability
Sandelowski (1986, 1993) ^a	Credibility, fittingness, auditability, confirmability, creativity, artfulness
Smith (1990) ^a Thorne (1997)	Moral and ethical component Methodological integrity, representative credibility, analytic logic, interpretive authority

Figura 5.13: Síntesis de los criterios de validez para una investigación de calidad (Whittemore et al., 2001)

Veracidad (Guba, 1981; Lincoln y Guba, 1985)	Autenticidad (Lincoln, 1995; Guba y Lincoln, 1989)	Validez en Investigación - acción Waterman,	Otros criterios (Sandín, 2000)
Credibilidad Transferibilidad Dependencia Confirmabilidad	Imparcialidad Autenticidad ontológica Autenticidad educativa Autenticidad catalizada Autenticidad táctica	Dialéctica Crítica Reflexiva (reflexividad)	Nivel de teoría Transformación Cristalización del cambio Impacto o nivel de incidencia del proceso

Figura 5.14: Criterios de calidad de la investigación cualitativa. (Tójar, 2006).

y rigor la investigación.

Para abordar el criterio de credibilidad se realizó una observación con pertinencia y búsqueda de transparencia. Dado que el marco metodológico propuesto es una investigación mixta, se requiere la combinación de la información cualitativa y cuantitativa. Para realizar esta actividad se empleó el *método de triangulación*. Campos (2009); Moran-Ellis et al. (2006); Oleinik (2011); Roulston (2010); Tójar (2006); Wang y Lien (2013) y Sayago (2015) consideran que es el procedimiento más empleado para dotar de *veracidad, autenticidad o credibilidad* a las investigaciones. Este método consiste en la combinación de metodologías en el estudio del fenómeno. Esto se puede lograr cruzando diferentes fuentes de datos como los que se han propuesto (entrevista, cuestionario y prueba específica). La combinación puede estar presente desde el momento de la recolección, procesamiento e integración de datos, en nuestro caso, de índole cualitativo y cuantitativo. Para ampliar información sobre la forma en la que se consideró el proceso de triangulación se presenta el cuadro 5.5.

Términos cualitativos	Procedimientos o estrategias
Credibilidad	<ul style="list-style-type: none"> * Observación persistente * Triangulación: de tiempos, de espacio, de teorías, de investigadores, de métodos, múltiple * Juicio crítico de colegas * Recogida de material de adecuación referencial * Comprobaciones con los participantes
Transferibilidad	<ul style="list-style-type: none"> * Muestreo teórico * Descripciones densas * Recogida de abundante información
Dependencia	<ul style="list-style-type: none"> * Establecer pistas de revisión * Auditoría de dependencia * Réplica paso a paso * Métodos solapados
Confirmabilidad	<ul style="list-style-type: none"> * Auditoría de confirmabilidad * Descriptores de baja inferencia * Ejercicio de reflexión

Figura 5.15: Criterios de rigor de la metodología constructivista-cualitativa por Guba y Lincoln. (Latorre et al., 2003).

Cuadro 5.5: Triangulación concurrente. Creswell y otros (2003, p. 224) citado en Campos (2009).

Tipo de diseño	Implementación	Prioridad	Etapas de interpretación	Perspectiva teórica
Triangulación concurrente	Recolección concurrente de datos de naturaleza cualitativa y cuantitativa	Preferentemente igual, puede ser cuantitativa o cualitativa	Fase de interpretación o de análisis	Puede estar presente

En cuanto al criterio de *transferibilidad*, éste pretende que la actividad investigativa sea susceptible a aplicarse en otros contextos. Para lograrlo, se realizó un muestreo teórico que generó una descripción profunda sobre el fenómeno que se está estudiando. Con esto se recopiló una gran cantidad de información, que saturó el criterio, y que es considerada suficiente y de calidad.

El criterio de *dependencia* busca presentar consistencia en la investigación ante la diversidad de fuentes y los continuos cambios que éstas sufren. Para dar alcance al criterio fue necesario una explicación profunda y detallada sobre el origen de los datos, los instrumentos empleados, los métodos que se emplearon en el análisis y la forma en la que fue interpretada esta información. Como sugieren Latorre et al. (2003), fue necesario una auditoría externa al proceso de investigación de tal forma que se indique que el tratamiento de la información se encuentra acorde con los estándares.

Finalmente, el criterio de *confirmabilidad* busca que la información presentada tenga un valor neutro. Para ello fue necesario que la interpretación de los datos y las conclusiones que surjan del proceso fueran confirmados con descriptores de baja inferencia. En este punto la auditoría externa al proceso de investigación permitió verificar que la información presentada tiene una alta cohesión entre los datos y las interpretaciones de éstos.

Definidos los criterios de validez interna se enunciará el proceso para dar cumplimiento a los criterios de validez externa. Para tal efecto se empleó el modelo propuesto por Onwuegbuzie y Collins (2007). La figura 5.16 presenta en forma de diagrama de flujo el modelo. Como se puede observar existen tres caminos para realizar este proceso. En el primer camino se presentan algunas alternativas que se conectan con el diseño de la investigación y/o la recolección de datos. En este proceso posteriormente se vincula el análisis de datos y culmina con la interpretación de éstos. Finalmente, estos procesos se conectan con actividades que apuntan a la validación interna de la investigación.

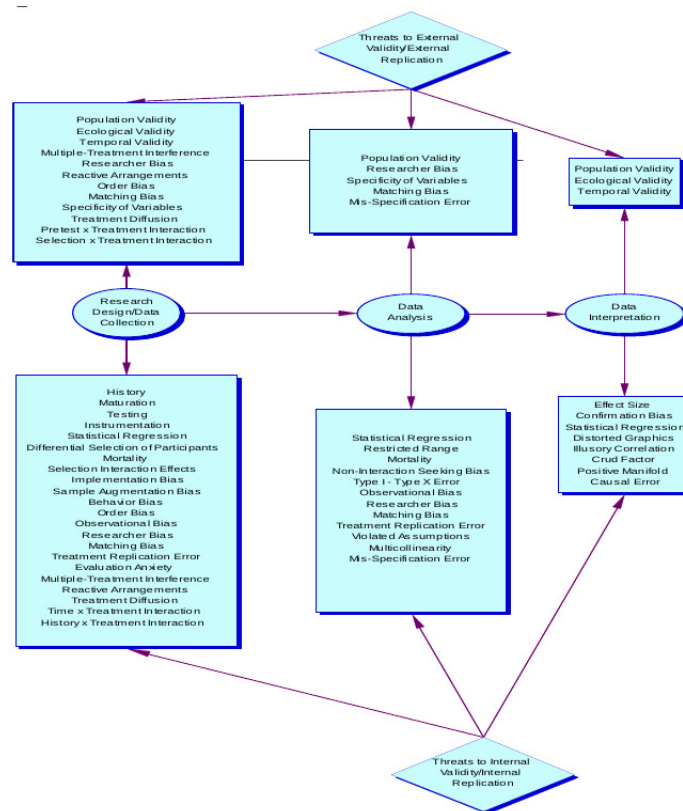


Figura 5.16: Modelo de validación de una investigación cualitativa. (Onwuegbuzie y Collins, 2007).

5.6. Fases de la investigación

El objeto de toda investigación se puede simplificar en dos fases: el investigador y los paradigmas interpretativos (Denzin y Lincoln, 2012). Sin embargo, estas dos fases pueden ser ampliadas para dar un nuevo significado a las etapas de la investigación. En este punto, Verd y Lozares (2016, p. 74) sugieren 4 fases para el desarrollar una investigación. La *preparatoria* (en esta fase se define la pregunta y formulación del problema y la metodología. Esta fase termina con el desarrollo del

proyecto de investigación). De *trabajo de campo* (en esta etapa se accede al campo y se obtienen los datos). La *analítica* (en esta etapa se tratan e interpretan los datos). Finalmente, la *informativa* (en esta fase se presentan los datos y se elaboran las conclusiones). En el desarrollo de esta investigación las fases 2 y 3 serán unidas como una sola. La razón de esta modificación radica en que el trabajo de campo se realizó de forma paralela al proceso de análisis de la información. El cuadro 5.6 resume las fases desarrolladas en la investigación.

Cuadro 5.6: Fases propuestas para el desarrollo de la investigación

Fase	Denominación	Tiempo empleado para su desarrollo	Soportes
1	Preparatoria	Dos años.	Proyecto de tesis doctoral en el que se incluye la pregunta de investigación, formulación del problema, estado del arte de la investigación, justificación de la investigación, marco conceptual y metodología.
2	Trabajo de campo y análisis	Un semestre en el diseño de los instrumentos y un año para la implementación y análisis de los datos recopilados (proceso en paralelo).	Documento que describa los requerimientos y condiciones técnicas necesarias para el diseño y construcción del artefacto científico. Propuesta de currículo para el área de comunicaciones II en el que se vincule el diseño, construcción y uso del instrumento científico. Instrumentos para la evaluación de la propuesta en el que se centre la atención en las competencias docentes. Registro de las entrevistas realizadas y de los comentarios de apoyo realizados por los estudiantes. Gráficos entregados por ATLAS TI, SPSS y HUDAP en los que se muestre el análisis de contenido y la correlación de los datos. Informe en el que se muestre el análisis de los datos y en los que se haga evidente los criterios de validez y rigor en el ejercicio de la investigación.
3	Informativa	Un año.	Informe final que incluya las conclusiones del estudio y vincule la experiencia de la investigación de las fases previas.

5.7. Impacto de la investigación y criterios de ética

El impacto de la investigación se puede observar desde tres aspectos: Mundial, Local y Personal. El cuadro 5.7 resume este aspecto.

En relación con los *criterios de ética*, es importante anotar que la ética, entendida como la filosofía de la moral, es bastante compleja debido a la diversidad de posturas teóricas al respecto.

Por consiguiente, se adoptaron los criterios sugeridos por González (2002). Estos son presentados en el cuadro 5.8.

5.8. Recursos: Humanos, materiales y financieros

Son reconocidos como recursos materiales dentro de la investigación los elementos que fueron integrados en la construcción del instrumento científico, entre los que se encuentran: las antenas dipolo, los osciladores, amplificadores y circuitos de acople, entre otros. También es considerado en esta categoría el computador con el que se realiza el análisis de los datos obtenidos y elementos de oficina, como papel y tinta.

El principal recurso humano se encuentra en el investigador y los integrantes del grupo del espacio académico comunicaciones II. La financiación de la investigación la realiza inicialmente el investigador y, en segunda instancia, la Universidad Pedagógica Nacional quien apoya la pesquisa con el otorgamiento de una comisión de estudios para el desarrollo de las actividades investigativas. El cuadro 5.9 resume los costos de la investigación.

Por último, a manera de síntesis la investigación ha optado por un marco de investigación mixta en el que confluyen los enfoques cualitativo y cuantitativo. Para analizar la información obtenida se mezclaron los enfoques totalmente, los enfoques fueron desarrollados de forma secuencial teniendo en cuenta que la información cualitativa tiene un estatus dominante sobre la cuantitativa. La estrategia de investigación empleada fue la abductiva, una estrategia que se ubica en medio de la estrategia inductiva y deductiva y que se conecta adecuadamente con el tipo de información que se espera analizar, información mixta.

El método de investigación que se desarrolló fue el estudio de caso. En particular, se empleó un estudio de caso simple. Partiendo de este hecho, el diseño de la investigación tomó como punto de partida las preguntas que conducen la investigación, no se formulan proposiciones y el diseño de la unidad de análisis centra su atención en encontrar cómo las competencias docentes para maestros del AT&I se involucran en el diseño, construcción y uso de instrumentos científicos. La unidad didáctica diseñada se implementó en el espacio académico de Comunicaciones II del programa de Licenciatura en Electrónica por ser el adecuado para la investigación.

Como instrumentos para la recolección de datos se emplearon las entrevistas, cuestionarios y pruebas específicas. Los cuestionarios aportaron datos de tipo cualitativo y cuantitativo, mientras que las pruebas específicas aportaron información cuantitativa. En el caso de las entrevistas se identificó información de tipo cualitativa. Para el análisis de la información cualitativa se usó el análisis de contenido asistido por ATLAS TI. En el caso de la información cuantitativa se buscó análisis descriptivo y de correlación de datos. Para el primer análisis se empleó el software SPSS y en el

segundo HUDAP con las herramientas WSSA1 y POSAC.

Como criterios de validación interna de la investigación se emplearon los criterios de credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad propuestos por Guba y Lincoln (Tójar, 2006). Para la validación externa se empleó el modelo propuesto por Onwuegbuzie y Collins (2007). La investigación fue desarrollada en tres fases: preparatoria; trabajo de campo y análisis e informativa. La investigación evidencia un impacto a nivel mundial, local y personal. En ese orden de ideas se adoptan los criterios de ética propuestos por González (2002). Finalmente, la investigación tuvo una inversión de “\$24’000.000” financiada por el investigador con el apoyo de la Universidad Pedagógica Nacional, quien otorgó una comisión de estudios al investigador para el desarrollo de las actividades. Fue necesario incrementar el presupuesto del instrumento por la necesidad de adquirir equipos de laboratorio necesarios para la toma de mediciones y de los cuales no fue posible adquirir con el laboratorio de la universidad.

A continuación, se presentará la forma en la que se diseñó, construyó y usó el instrumento científico de emisión y detección de ondas de radiofrecuencia, primer objetivo de la investigación.

Cuadro 5.7: Impacto de la investigación.

Aspecto	Impacto
Mundial	<p>La investigación se considera una clara apuesta para materializar una experiencia de trabajo en CyT. En el estado de arte se identificó que la sugerencia se ha hecho, pero no existen evidencias de implementación (Díaz et al., 2003; Gilbert et al., 2000; Gilbert y Stocklmayer, 2001; Llinás, 2000; McDermott, 1991; Sjøberg, 2002). Paralelamente, podrá ser considerado un aporte a la metodología STEM, ante las dificultades para vincular la CyT en los currículos (Corlu et al., 2014; Laut et al., 2015; Sanders, 2009, 2015). Además, desde el punto de vista de la metodología, la investigación tendrá un impacto directo sobre el uso del instrumento científico y las TIC en el aula de clases. Es valorado como una alternativa para construir conocimiento científico y tecnológico desde su uso (Cagiltay et al., 2011; Casacuberta y Estany, 2011; Couto y Romão, 2009; Kaçar y Bayılmış, 2013; Lumori y Kim, 2010; Malagón et al., 2013; Martínez, 1995; Mora y García, 1998; Mora y García, 1998; Nikolic, 2014; Parga y Mora, 2000; Romero y Aguilar, 2013; Williams et al., 2000). Finalmente, estos elementos también son considerados un aporte a la educación en ingeniería.</p>
Local	<p>La investigación se considera un aporte significativo como alternativa para la construcción de currículo para el AT&I. Esto en vista que los vacíos identificados en las orientaciones emitidas por el MEN y la SED (Bogotá) originaron dificultades para diseñar currículos en el AT&I. Estas dificultades se observan a nivel institucional y a nivel individual, en el caso de los maestros del área (Ramírez, 2013, 2016; SED, 2009; SED y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana, 2015; SED, 2014). La investigación tendrá un impacto directo institucional al promover una alternativa de EDUTECH en la UPN, importante establecimiento educador de educadores. También se espera un impacto en futuros maestros del área. Las discusiones y conferencias que dio lugar el trabajo permitirán vincular un mayor número de maestros. Se espera convocar no solo a los maestros que se encuentran en formación, sino aquellos en ejercicio, a través del programa de egresados.</p>
Personal	<p>La investigación tiene un impacto personal directo al permitir divulgar el trabajo y consolidarlo como un aporte al conocimiento en el tema de la EDUTECH. La actividad investigativa contribuye a la formación investigadora que tanto se requiere de un educador de educadores. En consecuencia, el trabajo a realizar coopera con la UPN, específicamente en el programa de Licenciatura en Electrónica, en la meta de mejorar la enseñanza y la formación de destacados maestros que impacten positivamente en la educación del municipio y diferentes ámbitos de la nación a través de la experiencia adquirida.</p>

Cuadro 5.8: Criterios de ética

Criterio	Condición
Valor social o científico	La investigación conduce a generar conocimiento que mejora la condición de la enseñanza de la EDUTECH, condición que beneficiará a la población directamente.
Validez científica	La investigación empleó un método coherente con el problema, aporta un marco teórico suficiente basado en fuentes documentales y de información, emplea un lenguaje cuidadoso que permite evidenciar el proceso de la investigación y posee un alto grado de correspondencia entre la realidad cultural de los sujetos investigados en relación con los métodos a emplear.
Selección equitativa de los sujetos	Se puede afirmar que los maestros en formación fueron escogidos por razones relacionadas con el objeto de la investigación.
Proporción favorable del riesgo-beneficio	La investigación se ha comprometido con minimizar los riesgos potenciales a los sujetos a indagar y se inclina por la acción a beneficiar a los sujetos vinculados a la actividad.
Condiciones de diálogo auténtico	En la investigación la participación implica estar en capacidad de hablar en voz propia. Esta característica permite que se construya y exprese con identidad cultural propia, un aspecto importante de la indagación que considera que la construcción de conocimiento es un fenómeno cultural.
Evaluación independiente	La investigación se conecta con una responsabilidad social. Por esta razón, se han planteado estrategias que permitan asegurar la credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad de la información que se encuentre en la investigación.
Consentimiento informado	La investigación propone alternativas que permiten asegurar que los individuos que participan en la investigación se encuentran acorde con sus valores, intereses y preferencias. Por esta razón, lo harán voluntariamente con el conocimiento necesario y suficiente para decidir con responsabilidad sobre el desarrollo de la investigación.
Respeto a los sujetos inscritos	La investigación se compromete a dar un trato adecuado a la información que se perciba de los sujetos vinculados a la pesquisa, respetando las reglas precisas de confidencialidad que fueren necesarias en el curso de la misma. Para esto, siempre se tendrá como norte el beneficio directo del sujeto vinculado en la indagación.

Cuadro 5.9: Presupuesto

Aspecto	Costo en pesos (Col)
Instrumento (Diseño, pruebas e implementación).	6'000.000
Participación investigativa internacional. (Requisitos consulares, tiquetes de viaje y viáticos.)	12'000.000
Participación en eventos (Nacionales o Internacionales).	2'000.000
Elementos de Oficina (Incluyendo computador.)	4'000.000
Total	24'000.000

Capítulo 6

Características para el desarrollo de un generador y receptor de ondas de radiofrecuencia

Para el desarrollo de este capítulo ligado al instrumento científico y el cumplimiento del primer objetivo de la investigación, se han planteado tres grandes campos: El *técnico*, que aborda la etapa del **Generador** y posteriormente la del **Receptor**. En la descripción, la primera etapa se encuentra dividida en tres fases: El diseño del oscilador; el diseño del amplificador (pre-amplificador y amplificador de potencia); y el diseño de la antena. Culminada la primera etapa se inicia la descripción de la etapa del receptor. Sin embargo, las fases que componen esta etapa son las mismas que las de la fase del emisor, razón por la que se emplearán las mismas referencias teóricas dispuestas en la etapa previa. Estas fases serán apoyadas con simulaciones. Para darle cohesión al trabajo de diseño fue necesario el apoyo de los estudios realizados por Heinrich Rudolf Hertz sobre el tema en el periodo de 1887 a 1890, referentes conceptuales que se verán reflejados al culminar las fases. Culminado el diseño del receptor se presenta el campo de *construcción*. En este campo se muestra el prototipo construido y se acompañará de las diferentes dificultades y ajustes que conllevó el paso del diseño a la construcción. Culminando este campo se mostrarán evidencias del proceso. Finalmente, el campo de *uso* del artefacto. En este campo se presentan las condiciones mínimas para emplear el instrumento científico apoyado de evidencias del proceso. Es relevante mencionar que la experiencia adquirida en el desarrollo de estos campos es útil en el diseño y desarrollo de la unidad didáctica. La figura 6.1 muestra una síntesis de este proceso.

La organización de este capítulo obedece a los criterios de MEN (2008, p. 5), Acevedo (2002); Brenni (2012); Casacuberta y Estany (2011); de Pro Bueno (1998); Fernández et al. (2003); Gil et al. (1999, 2002b); Gilbert (1992); Gilbert et al. (2000); Hacking (1996); Malagón et al. (2013); Martínez (1995); Martínez y Suarez (2008); Pozo (1999); Priem et al. (2011); Romero y Aguilar (2013); Shapin y Schaffer (2005); Sievers (1999); Sánchez y Valcárcel (1993); Taub (2009);

Williams et al. (2000) y Williams (2013) que sugieren una fuerte relación del artefacto con la tecnología. Por esto, las secciones son análogas con el diseño, construcción y uso del artefacto, que en este caso será el instrumento científico de bajo costo para generar y detectar ondas de radiofrecuencia.

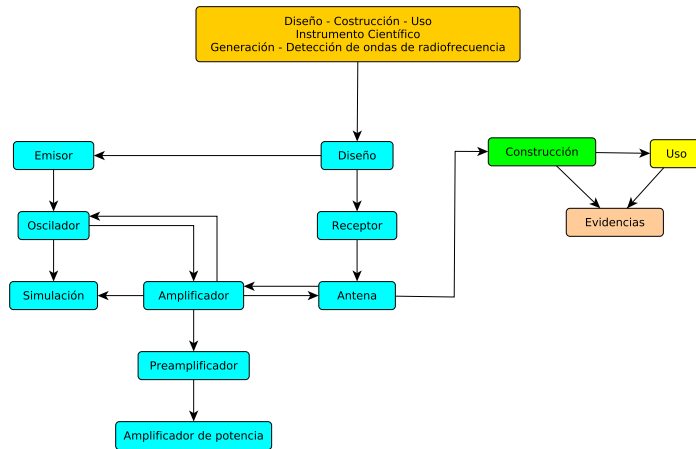


Figura 6.1: Síntesis del desarrollo de los campos asociados al diseño, construcción y uso del instrumento científico.

6.1. Aspecto técnico

El instrumento científico consta de dos etapas: el *generador* y el *detector*. El diseño del generador de ondas de radiofrecuencia se dividió en tres fases: el oscilador, los amplificadores que contienen dos etapas: el pre-amplificador y el amplificador de potencia. Finalmente, la antena. El detector de las señales tiene las mismas etapas, solo que éstas se organizan en un proceso inverso al generador. La figura 6.2 muestra gráficamente por bloques las etapas y fases del artefacto.

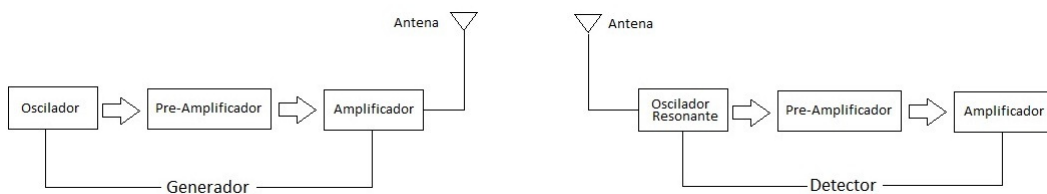


Figura 6.2: Síntesis del aspecto técnico.

Para el diseño de cada una de las fases fue necesario emplear el trabajo de Vivas (2017a,b) y la experiencia adquirida en el desarrollo de prototipos. Las notas de clase del profesor Vivas son conocidas por los estudiantes vinculados a la investigación en vista de que fueron desarrolladas

con ellos en cursos previos del área de diseño electrónico. El trabajo del profesor Vivas toma como base la experiencia de muchos años de trabajo en el campo y el apoyo de los textos de Boylestad y Nashelsky (2012); Floyd (2012); Neamen (2001); Savant et al. (1991); Sedra y Smith (2016).

Como base metodológica para el diseño del instrumento se emplearon las recomendaciones de Backblaze (2015). En especial, se usó la metodología Scrum, el proceso más común que aplica la metodología de Agile. Esta es una metodología iterativa, de desarrollo incremental que fue empleada en los 50's en el desarrollo de automóviles y que tomó fuerza en los 90's. Scrum surgió para el desarrollo de software y en su aplicación demostró incremento de productividad, eficiencia y calidad, razón por lo que se extendió su uso a otros campos, como el hardware.

El proceso de Scrum comienza con un proyecto que responde a una necesidad. A este proyecto le surgen ideas para resolverlo. Las ideas son refinadas evaluando el cumplimiento de los objetivos del proyecto, éstas se complementan hasta que queda una sola idea. Para el desarrollo de la idea se elaboran tareas complejas dentro de pequeños componentes. En el caso del diseño del instrumento científico, estos componentes han sido entendidos como bloques de desarrollo que se pueden apreciar en la figura 6.2.

Las tareas para alcanzar la idea son organizadas en orden de desarrollo, orden que guía esta sección del capítulo. Las tareas que son completadas son retiradas del orden y se mantienen las restantes. Se realiza una evaluación de cada tarea para determinar si corresponde a la meta fijada de la idea y del producto. En caso de cumplir con el objetivo, se avanza a la siguiente tarea. Si se descubre un fallo, se retoma la tarea, se corrige el error y se evalúa nuevamente. El proceso es iterativo y se repite múltiples veces en el curso del proyecto hasta cumplir con el objetivo. Culminadas todas las tareas se hace un proceso de integración para hacer una evaluación general del componente o bloque. En el caso de este diseño, la integración se realiza vinculando la tarea anterior, en vista que hay valores de unidades que se necesitan para iniciar el siguiente componente o bloque. La evaluación, en este caso, considera el bloque anterior, incluso en el caso del amplificador que requiere de dos bloques internos. Culminada la integración de los todos los bloques se realiza una nueva evaluación hasta cumplir con el objetivo del diseño. Este método es empleado no solo en la actividad de diseño, también se extiende a la actividad de construcción. Es importante mencionar que el método ha sido diseñado para trabajar en equipo en el desarrollo de productos, sin embargo, es posible adaptarlo al trabajo propio de este diseño tal como fue descrito Backblaze (2015). La figura 6.3 sintetiza el proceso metodológico.

Para ampliar, en el trabajo grupal el proceso se mantiene sin modificaciones, especialmente en el espacio de integración. En esta actividad por ser grupal, la evaluación será igualmente realizada por el equipo de trabajo. Para ello se requiere de la programación de múltiples reuniones en el curso del proyecto, reuniones que el método denomina “ceremonias”. En muchas ocasiones estas cere-

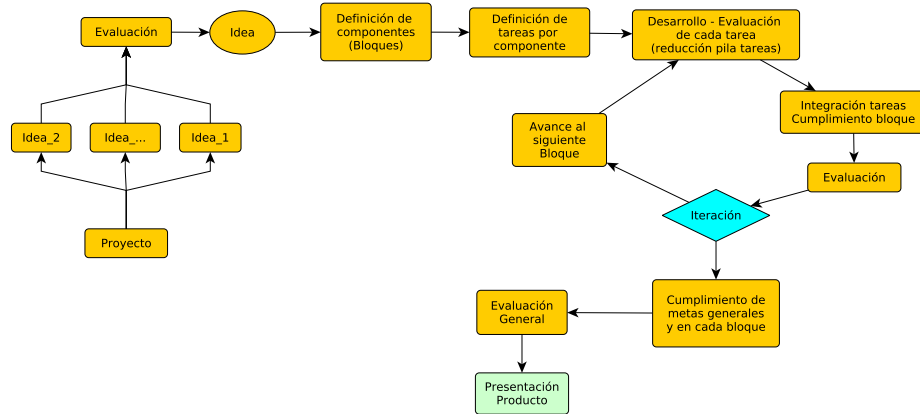


Figura 6.3: Síntesis del método Scrum.

monias se realizan a diario con un horario delimitado, preferiblemente al inicio de labores. En cada reunión es necesario discutir el proceso y progreso de las tareas, de tal forma que sean ajustadas las actividades que dieran lugar.

Culminado el campo *técnico*, se procedió a compartir los resultados obtenidos con el profesor Vivas. Esta actividad fue vital en vista que la experiencia del profesor en el tema ayudó a identificar futuros ajustes del diseño en la etapa de construcción. Además, esta actividad aportó elementos a los criterios de validación en el rigor de la investigación descritos en el capítulo de Metodología, específicamente, en la triangulación que contribuye a dotar de veracidad, autenticidad o credibilidad esta investigación.

6.1.1. El oscilador

Para realizar el diseño de un oscilador es necesario emplear la teoría general de retroalimentación. Para ello será necesario desarrollar la forma en la que se realiza el modelamiento del sistema, la forma en la que varía la ganancia del sistema y el comportamiento de la frecuencia y el ancho de banda en el sistema. Inicialmente, cuando se habla de circuitos amplificadores discretos que emplean transistores BJT y MOSFET la ganancia en voltaje y corriente serán funciones que dependen de la corriente, de la juntura bipolar del transistor y del parámetro de conducción del MOSFET. Es importante resaltar que estos parámetros varían con la temperatura y tolerancia de los elementos conectados al circuito. Estos parámetros que afectan significativamente el comportamiento del circuito pueden separarse de los parámetros individuales de cada transistor mediante un ejercicio de modelamiento con retroalimentación.

En el proceso de retroalimentación se modela el componente electrónico como un bloque en el que en su interior se encuentra el dispositivo a analizar. Para retroalimentar, se toma una porción

de la señal de salida y se retorna a la entrada de este bloque. Esto se hace con el ánimo de que esa parte de la función que se pone a la entrada se convierta en excitación al sistema. Existen dos tipos de retroalimentación: la positiva y la negativa. En el primer caso una parte de la señal de salida es sumada con la señal de entrada o alimentación del sistema. En caso contrario, una retroalimentación negativa sustrae una parte de la señal de alimentación.

En el modelamiento, este proceso de retroalimentación negativa se emplea para estabilizar los amplificadores, mientras que la retroalimentación positiva genera inestabilidad y oscilaciones en el sistema. La figura 6.4 representa un proceso de retroalimentación. En la gráfica las S pueden corresponder a voltajes o corrientes. La A representa la ganancia de lazo abierto. La B representa la red de retroalimentación. La fuente es la alimentación del sistema y la carga el elemento pasivo que es conectado al amplificador.

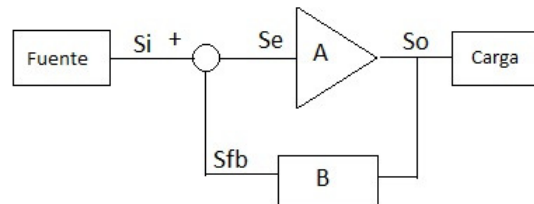


Figura 6.4: Representación de un sistema retroalimentado por bloques (Vivas, 2017b).

De la figura 6.4 es posible inferir que:

$$S_o = A.S_e;$$

$$S_{Fb} = B.S_o;$$

$$S_e = S_i - S_{Fb} = S_i - B.S_o; \text{ luego,}$$

$$S_o = A.(S_i - B.S_o); \text{ y}$$

$$S_o = (1 + BA) = A.S_i$$

Entonces, si A_F es la ganancia en lazo cerrado del sistema:

$$A_F = \frac{S_o}{S_i} = \frac{A}{1 + BA} = \frac{A}{1 + L};$$

donde, $L = BA$ es la ganancia de lazo, por tanto $L = \frac{S_{Fb}}{S_e}$.

Para este caso, si la ganancia de lazo es grande tal que $BA \gg 1 \Rightarrow A_f \approx \frac{A}{BA} \approx \frac{1}{B}$. En este caso, la ganancia se vuelve una función que pertenece únicamente a la red de realimentación. Usualmente la red de retroalimentación se compone de elementos pasivos como resistencias, bo-

binas y condensadores. Bajo esta condición, la ganancia en lazo cerrado se vuelve independiente de las propiedades del amplificador. Esta condición se incluye para los parámetros individuales de cada Q . En el caso que la ganancia de lazo sea muy grande se tendrá:

$$S_o = \frac{A}{1 + BA} - S_i = \frac{1}{B} \cdot S_i;$$

$$S_e = S_i - BS_o; S_e = S_i - B\left(\frac{1}{B} \cdot S_i\right) = 0$$

En otras palabras, si se tiene una ganancia muy grande se obtendrá un error cercano a cero.

Sensibilidad de la ganancia

Tomando como referencia nuevamente la figura 6.4, si la función de transferencia de la red de retroalimentación B es constante, obtenemos:

$$A_F = \frac{A}{1 + BA}; \text{ luego,}$$

$$\frac{\partial A_F}{\partial A} = \frac{1(1 + BA) - A(B)}{(1 + BA)^2} = \frac{1}{(1 + BA)^2}; \text{ o, } \partial A_F = \frac{1}{(1 + BA)^2} \partial A \quad (6.1)$$

Al dividir ambos lados de la ecuación 6.1 entre la ganancia de lazo cerrado se obtendrá:

$$\frac{\partial A_F}{\partial A} = \frac{\frac{1}{(1+BA)^2} \cdot \partial A}{\frac{A}{1+BA}} = \frac{1}{1 + BA} \cdot \frac{\partial A}{A}$$

en otras palabras,

$$\frac{\partial A_F}{\partial A} = \frac{1}{1 + BA} \cdot \frac{\partial A}{A}$$

Nótese que el porcentaje de cambio en la ganancia de lazo cerrado A_F es menor que el porcentaje de cambio que corresponde a la ganancia en lazo abierto A multiplicando por el factor $(1 + BA)$. Este resultado es importante en vista que el cambio de la ganancia en lazo abierto puede ser modificado por las fluctuaciones en los parámetros individuales o internos del transistor del amplificador básico.

Extensión del ancho de banda

El ancho de banda de un amplificador es considerado una función de la retroalimentación. Considerando que la respuesta en frecuencia del amplificador básico se puede modelar ubicando un polo sencillo en la función, se obtendrá entonces:

$$A(s) = \frac{A_o}{1 + \frac{s}{W_H}}$$

Donde A_o representa la ganancia de banda media en baja frecuencia y W_H representa una frecuencia superior a $3dB$. Para este caso, la ganancia en lazo cerrado es:

$$A_F(s) = \frac{A(s)}{1 + B.A(s)}$$

Para este resultado se puede asumir que la función de transferencia B se comporta de manera independiente de la frecuencia. Para este caso se obtiene:

$$A_F(s) = \frac{\frac{A_o}{1 + \frac{s}{W_H}}}{1 + B \cdot \frac{A_o}{1 + \frac{s}{W_H}}} = \frac{\frac{A_o}{1 + \frac{s}{W_H}}}{\frac{1 + \frac{s}{W_H} + B.A_o}{1 + \frac{s}{W_H}}} = \frac{A_o}{1 + B.A_o + \frac{s}{W_H}} = \frac{A_o}{(1 + B.A_o)} \cdot \frac{1}{(1 + \frac{s}{W_H(1+B.A_o)})}$$

Este resultado muestra que la ganancia de lazo cerrado a baja frecuencia es más pequeña que la ganancia de lazo abierto multiplicada por el factor $(1 + BA_o)$. Sin embargo, la frecuencia de $3dB$ de lazo cerrado es mayor al valor de la frecuencia de lazo abierto multiplicado por un factor de $(1 + BA_o)$.

Si se multiplica la ganancia de lazo abierto de baja frecuencia A_o por el ancho de banda (Frecuencia de $3dB$) W_H , se obtendrá $(A_o W_H)$. Este resultado representa el producto de la ganancia - ancho de banda. El producto de la ganancia de lazo cerrado de baja frecuencia y el ancho de banda de lazo cerrado será:

$$\frac{A_o}{1 + B.A_o} \cdot [W_h(1 + B.A_o)] = A_o.W_H$$

si,

$$A_{OCL} = \frac{A_o}{1 + B.A_o}; \text{ y}$$

$$W_{HCL} = [W_h(1 + B.A_o)]$$

Entonces se obtendrá:

$$A_o.W_H = A_{OCL}.W_{HCL}$$

El resultado de esta ecuación sugiere que el producto de ganancia-ancho de banda de un amplificador retroalimentado será *una constante*. La figura 6.5 ilustra el comportamiento de estas variables.

Para aclarar, se propone el siguiente ejemplo. Se encontrará el ancho de banda en lazo cerrado de un sistema retroalimentado con las siguientes características:

$$A_o = 10^5; W_H = (2\pi)(1K) \frac{rad}{sec}; \text{ y } A_{OCL} = 50$$

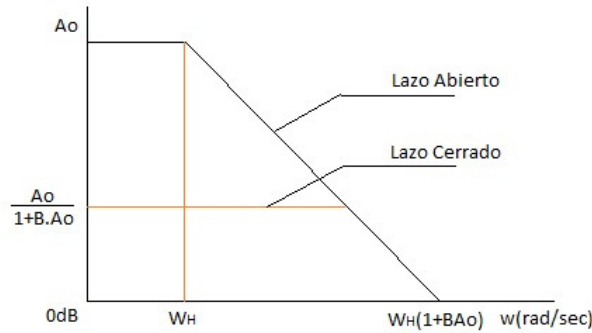


Figura 6.5: Representación del ancho de banda con ganancia en lazo cerrado y abierto (Vivas, 2017b).

si

$$A_o W_H = A_{OCL} \cdot W_{HCL};$$

entonces,

$$W_{HCL} = \frac{A_o W_H}{A_{OCL}} = \frac{(10^5)(2\pi)(1K)}{50} = (2\pi)(2 * 10^6)$$

El resultado de este ejercicio muestra como como el ancho de banda inicial de 1KHz se incrementa hasta 2MHz.

Relacionado con este aspecto, las hojas de especificaciones de los transistores y amplificadores operacionales con frecuencia indican una característica denominada “ancho de ganancia unitaria”. Para el uso de esta especificación es necesario recordar que si $A_o W_H = A_{OCL} \cdot W_{HCL}$, entonces, al tomar $A_o = 1$ (unitaria) y W_H la frecuencia en $-3dB$ se tendrá:

$$(1) * W_H = A_{OCL} \cdot W_{HCL} \tag{6.2}$$

La ecuación 6.2 representa el ancho de banda de ganancia unitaria y se reconoce como:

$$W_{HUG} = A_{OCL} \cdot W_{HCL}$$

Con estos aspectos primordiales de la teoría de retroalimentación, ahora es posible abordar el diseño de un oscilador. Los osciladores son usados para generar señales. Su funcionamiento se reduce al principio de retroalimentación mostrado en la figura 6.4. Para que el sistema se comporte como oscilador se debe satisfacer que:

$$A_{CL} = \frac{A}{1 + BA}$$

Para este caso, cuando $BA = -1$, se obtendrá que $A_{CL} = \infty$.

Considerando este resultado se puede afirmar que, *aun sin señal de entrada, la salida del sistema comienza a crecer hasta el infinito*. Esta condición logrará que el sistema colapse, en vista de que no es posible entregar corriente infinita. Por esta razón, debe limitarse la salida al momento de su diseño y construcción. Una estrategia para evitar el daño en el sistema es emplear limitadores que acoten la amplitud a la salida del oscilador. Tener un resultado de $BA = -1$ implica que la magnitud de $BA = 1$ pero, además su fase debe ser $\phi = -180^\circ$. En otras palabras:

$$|BA| = 1 \text{ (magnitud), y}$$

$$\phi = -\pi \text{ (fase).}$$

Esta representación se encuentra relacionada con la forma en la que se expresan las funciones de transferencia empleando la transformada de Laplace. Para esto se reemplaza $S = j\omega$ y se separa la parte real de la parte imaginaria para encontrar la magnitud y fase de la expresión. En este caso $\overline{BA} = \underbrace{Re}_a + \underbrace{Im}_{jb}$, donde $|BA| = \sqrt{Re(\overline{BA})^2 + Im(\overline{BA})^2}$ equivale a la magnitud de la expresión y $\phi = \tan^{-1} \frac{Im(\overline{BA})}{Re(\overline{BA})}$ equivale a la fase. La figura 6.6 representa esta relación.

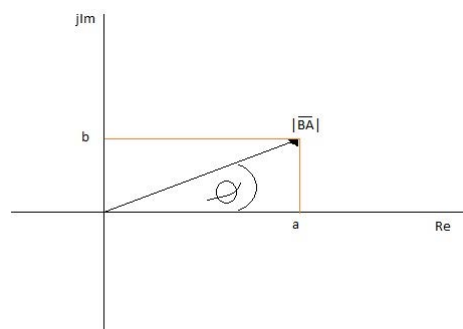


Figura 6.6: Representación de la parte real e imaginaria de la función de transferencia (Vivas, 2017b).

El caso en que $|BA| = 1$ y $\phi = -\pi$ se conoce como *criterio de Barkhausen en la oscilación*. Para que la fase sea de $-\pi$, la parte imaginaria de la función debe ser cero. En el caso que $|BA| > 1$, la señal que se obtiene a la salida crece indefinidamente. Esto se debe al ruido blanco que ingresa al sistema. Este ruido contiene un número significativo de armónicos. Por esta razón se obtiene un incremento de la magnitud para aquella frecuencia en la cual la fase es $-\pi$.

Gran parte de los osciladores diseñados emplean amplificadores operacionales (Amp-Op). Son usuales las configuraciones de oscilador sinusoidal con desplazamiento de fase, el oscilador de sinusoidal de puente de Wien, oscilador de tres (3) reactancias, oscilador de Clapp, oscilador de Pierce, oscilador de Hartley y oscilador de Colpitts. La mayoría de estos osciladores emplean en sus configuraciones circuitos con bobinas (L) y condensadores (C) en el proceso y los resultados

matemáticos ajustados a lo expuesto evidencian su viabilidad. Sin embargo, la teoría presentada supone condiciones ideales para el diseño al emplear Amp-Op y otros dispositivos activos. *En condiciones no ideales la tasa de variación del oscilador cambiará y la relación de amplitud de las oscilaciones no será igual a la tensión de saturación. En consecuencia, la señal de salida tendrá distorsión en vista que la amplitud decrecerá al no tener el tiempo para llegar al valor de la tensión de alimentación.*

Otra influencia característica es la relación del producto ganancia-ancho de banda. Como fue mencionado, la frecuencia de ganancia unitaria es un dato a tener en cuenta para establecer esta relación. Sin embargo, *con condiciones no ideales, el criterio de Barkhausen varía considerablemente. Esto conlleva a que la frecuencia de oscilación real sea menor que la teórica.* Además, cuanto más cerca se encuentre de la frecuencia de oscilación mayor debe ser la relación $1 + BA$ para alcanzar la oscilación. Una condición adicional se presenta al momento de emplear dos Amp-Op distintos. Los productos ganancia-ancho de banda serán distintos, por lo que la frecuencia de oscilación teórica cambiará.

Un factor complementario se encuentra en el factor de distorsión. Este factor se minimiza al contemplar comportamientos lineales en el diseño que no tienen los dispositivos (amplificadores operacionales) en condición menos ideal, por esto, *a mayor inserción de valores no lineales mayor será la distorsión. La inclusión de no linealidades en el circuito muestra que la salida contendrá un número significativo de armónicos en el sistema,* lo cual es posible demostrar al aplicar una serie de Taylor a la demostración. Además, esta condición generará un voltaje de salida DC que es considerado un offset en el sistema. De modo que, se tendrá un control de ganancia en modo fundamental del sistema y se afectará la influencia de los voltajes de saturación. En algunos casos, para corregir esta situación, es posible ubicar diodos Zener para evitar que se alcance el voltaje de saturación en los Amp-Op.

Como se ha mostrado, el contemplar consideraciones menos ideales que generan los componentes en el diseño, conlleva a variaciones significativas en el mismo. *Estas variaciones se incrementan a medida que la frecuencia de oscilación aumenta.* Es posible disponer de amplificadores que soporten frecuencias altas de oscilación, sin embargo, su costo es mucho mayor y acceder a estos dispositivos solo es posible mediante empresas especializadas, lo que reduce la posibilidad de acceder al dispositivo y eleva los costos considerablemente. Es también posible desarrollar osciladores empleando transistores. Estos también son afectados por las condiciones de no linealidad descritas, pero existen en el mercado transistores que pueden soportar frecuencias de oscilación y amplificación considerablemente altas. Además, su comercialización es mayor y los costos menores que un Amp-Op con especificaciones de soportar altas frecuencias. Por esta razón, se optó por diseñar un oscilador empleando transistores de juntura BJT.

Oscilador Colpitts con BJT

Para diseñar un oscilador con un transistor BJT es necesario tener algunas consideraciones adicionales a las presentadas que son imprescindibles. Inicialmente se debe buscar que el transistor se encuentre polarizado en la región activa y con corrientes de polarización pequeñas, es decir, por el orden de $1mA$ a $10mA$. Además, la resistencia R_E debe diseñarse con la condición de que sobre ella exista una diferencia de potencial de $1/10$ de V_{CC} . Esto se hace con el ánimo de disponer de la mayor excursión posible de la señal de salida. En el caso que se emplee una resistencia en el colector se debe buscar que el voltaje que recae sobre él sea de $V_{CE} \approx \frac{V_{CC}}{2}$.

Por otro lado, si se opta por la polarización por división de voltaje se puede optar porque $R_2 = \beta_L \cdot R_E$. En este caso β_L es el β (ganancia) del transistor a baja frecuencia. Esto se hace con el fin de garantizar que $Z_i = (R_i || R_2) || h_{ie} \approx h_{ie}$. La figura 6.7 representa el esquema general de un circuito oscilante empleando un transistor BJT. Los valores de los componentes son calculados a partir de las consideraciones indicadas.

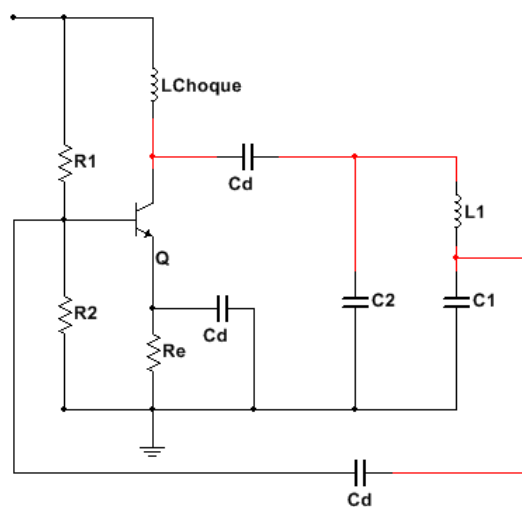


Figura 6.7: Representación esquemática del oscilador (Vivas, 2017b).

Para nuestro caso ω_o será la frecuencia del oscilador, es decir, $27MHz$ multiplicado por 2π . Entonces $\omega_o^2 = \frac{1}{L_o \cdot C_{eq}}$. Dado que es más fácil encontrar valores para condensadores y más incierto para bobinas, se sugiere asumir el valor de L en valores $\geq 1\mu H$ para que la corriente pico de la fuente de alimentación no sea tan grande. Con esto es posible encontrar la capacitancia para el diseño, por tanto:

$$C_{eq} = \frac{1}{\omega_o^2 \cdot L} \quad (6.3)$$

En el aspecto de la condición de magnitud (A) se puede afirmar que ésta debe ser ≥ 1 , entonces, $\beta \frac{C_1}{C_2} \geq 1$. Dado esto,

$$\beta \frac{C_1}{C_2} \geq A \Rightarrow C_1 = \frac{A \cdot C_2}{\beta_H}$$

donde β_H es el β en ω_o , para este caso $A > 1$. Para encontrar los valores de capacitancia tenemos:

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{(\frac{A \cdot C_2}{\beta_H}) C_2}{(\frac{A \cdot C_2}{\beta_H}) + C_2} = \frac{A \cdot C_2^2}{A \cdot C_2 + \beta_H \cdot C_2} = \frac{A \cdot C_2^2}{C_2(A + \beta_H)} = \frac{A \cdot C_2}{A + \beta_H},$$

debido a lo cual;

$$C_2 = \frac{C_{eq} \cdot (A + \beta_H)}{A} \quad y \quad (6.4)$$

$$C_1 = \frac{A \cdot C_2}{\beta_H} \quad (6.5)$$

Como recomendación, $A \geq 20$ para garantizar la oscilación. En el caso que se emplee una bobina de choque R_F^1 a cambio de una R_C , se sugiere:

$$X_{Lchoque} \geq X_{C_2} \Rightarrow \omega_o(L_{choque}) = 17 \left(\frac{1}{\omega_o \cdot C_2} \right),$$

Donde $X_{Lchoque}$ será la reactancia inductiva generada por la bobina de choque y X_{C_2} la reactancia capacitiva generada por el condensador ' C_2 . Por tanto;

$$L_{choque} = \frac{17}{\omega_o^2 C_2} \quad (6.6)$$

En el caso de ser necesario el uso de una resistencia por colector R_C se debe tener que:

$$R_C = \frac{(C_{CC} - \frac{V_{CC}}{10})}{2 \cdot I_{CQ}} \quad (6.7)$$

En la etapa de diseño, las ecuaciones 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 y 6.7 son consideradas las más útiles. En el caso de emplearse un condensador de desvío (C_d), éste se debe comportar como un corto circuito a la frecuencia de oscilación. Con esta característica es posible escoger este condensador 10 veces mayor que la capacitancia que se tenga en el circuito tanque, en otras palabras, del circuito sobre el que recae la responsabilidad de oscilación y al que se ha dedicado más atención en este aparte. En vista que adquirir valores más precisos de bobinas representa un reto en el diseño debido a las dificultades mecánicas asociadas al elemento pasivo, se optará por emplear un cristal en reemplazo de la bobina en la frecuencia $\omega_s < \omega < \omega_a$. Para comprender el porqué de esta decisión se presentará

¹Las bobinas de choque son usualmente empleadas para evitar que corrientes parásitas retornen a la fuente y la sobre carguen. Además, esta bobina permite doblar la amplitud pico de la señal de salida debido a la energía que se almacena en L .

a continuación información precisa relacionada con los cristales y sus ventajas en la construcción de un oscilador.

Osciladores con cristal

Un cristal es un elemento eléctrico mecánico que tiene la capacidad de entregar un factor de calidad (Q) muy alto a una frecuencia específica, razón por la cual es bastante selectivo. Este dispositivo está compuesto principalmente de cuarzo o algunas cerámicas sintéticas que poseen propiedades piezoeléctricas. Debido a estas propiedades son muy estables ante condiciones cambiantes como la temperatura, la humedad, entre otras, condiciones que afectan significativamente a los elementos pasivos LC . Por estas razones son muy empleados en el diseño de osciladores (Matthys, 1992).

La figura 6.8(a) muestra el símbolo empleado para representar un cristal dentro de un esquema eléctrico. El símbolo es un capacitor cuyo dieléctrico es el cristal y la armadura las caras metalizadas del componente. La figura 6.8(b) muestra el circuito equivalente del cristal a la frecuencia fundamental. C_o representa la capacitancia equivalente de un lazo del circuito equivalente a su frecuencia fundamental. El otro lazo está compuesto por un circuito RLC que también genera un comportamiento a la frecuencia fundamental. Para simplificar el análisis, $R \approx 0$ en vista que su valor es muy pequeño y la frecuencia no tiene efectos sobre su comportamiento, por tal razón solo se analiza el circuito LC (Matthys, 1992). La figura 6.8(c) representa la curva de reactancia equivalente del cristal en función de la frecuencia. Para encontrar la impedancia equivalente del cristal será necesario que:

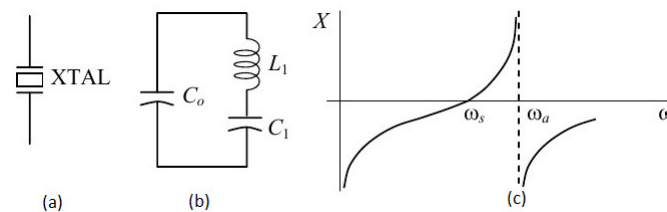


Figura 6.8: Esquema eléctrico, esquema eléctrico equivalente y curva de reactancia de un cristal (Matthys, 1992).

$$Z_{Equ} = \frac{1}{\frac{j\omega C_o(j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1})}{\frac{1}{j\omega C_o} + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1}}} = \frac{1 - \omega^2 L_1 C_1}{j\omega C_o + j\omega C_1 - j\omega L_1(\omega^2 C_o C_1)}$$

$$Z_{Equ} = \frac{1}{j\omega(C_o + C_1)} \cdot \frac{1 - \omega^2 L_1 C_1}{1 - \omega^2 L_1 (\frac{C_o C_1}{C_o + C_1})} \quad (6.8)$$

De la figura 6.8(c) se puede observar que el cristal tiene dos frecuencias de resonancia. Una en serie y la otra en paralelo. Con esta información se obtiene que:

$$\text{Serie : } \omega_s = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} \text{ en el que } Z = 0, \text{ y}$$

$$\text{Paralelo : } \omega_a = \frac{1}{\sqrt{L_1 \frac{C_o C_1}{C_o + C_1}}} \text{ en el que } Z = \infty$$

Si X es la reactancia del sistema, entonces hacemos que $Z_{Equ} = jX$ dado que la resistencia no tiene afectación por la frecuencia y es aproximadamente cero. Con esta aproximación se obtiene:

- para $\omega < \omega_s$ la reactancia será negativa. Por esta razón el cristal se comportará como una capacitancia C_{Equ} .
- para $\omega_s < \omega < \omega_a$ la reactancia será positiva. Por esta razón el cristal se comportará como una inductancia L_{Equ} .
- para $\omega_a < \omega$ la reactancia es negativa. Por esta razón el cristal se comportará nuevamente como una capacitancia.

En vista que $C_o \gg C_1$, se obtiene que $\omega_s \approx \omega_a$. Esta conclusión es muy importante porque simplifica muchos de los cálculos que se requieren para calcular la impedancia del cristal.

De la figura 6.8(c) se deduce la posibilidad de construir dos tipos de osciladores, uno en serie y otro en paralelo. Cuando se opta por serie, el circuito cristal sustituye a un condensador y éste oscila a la frecuencia de ω_s , es decir, que $Z_{Equ} = 0$. Se requerirá de un circuito LC para determinar la frecuencia a la cual va a oscilar. Cuando se opta por paralelo, el circuito cristal reemplaza a la bobina L en la frecuencia $\omega_s < \omega < \omega_a$. Es importante anotar que la frecuencia de oscilación no es la misma frecuencia de resonancia del cristal. La frecuencia es variada de acuerdo a la configuración del circuito interno. Por ello es importante decidir si se opta por reemplazar el capacitor por un cristal o reemplazar la bobina por un cristal. En otras palabras, si se trabajará con la frecuencia ω_s o con la frecuencia $\omega_s < \omega < \omega_a$ (Matthys, 1992).

Luego de abordar los elementos necesarios en el diseño del oscilador con cristal, el circuito producto de los cálculos para la frecuencia de $27MHz$ se presenta en la figura 6.9. La resistencia de 120Ω y el condensador de $150pF$ han sido calculados para ser acople en la siguiente etapa, pre-amplificación. La frecuencia de oscilación escogida obedece a que es contemplada dentro del espectro de frecuencias del espectro radioeléctrico de uso libre definido por la Resolución 711 de 2016 de la Agencia Nacional del Espectro (ANE, referencia 8, p. 386). Específicamente se toma la tabla de distribución de canales del sistema de radiocomunicación de banda ciudadana presentado en la Resolución 1704 del 20 de noviembre de 2002². El diseño del oscilador podrá contemplar cualquiera de los 40 canales que asigna el gobierno de uso libre entre las frecuencias de

²Disponible en <https://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/cnabf/CNABF.pdf>

empleados en la industria de audio profesional y su costo es muy elevado, razón por la que son descartados de entrada en el diseño de este instrumento. Los amplificadores clase A, B y C son dispositivos analógicos, su coste es mucho menor y es posible emplearlos como acople de la etapa de oscilación. Sin embargo, el nivel de eficiencia de cada uno de estos amplificadores difiere. Para precisar, la potencia de un amplificador depende directamente de la fuente que los alimenta. En el caso de un amplificador clase A, cuando no hay señal a amplificar, el consumo de la corriente será la corriente de polarización del colector I_{CQ} y el consumo de potencia de alimentación en este amplificador es $P_{iDC} = V_{CC} \cdot I_{CQ}$. Para el análisis se desprecia la corriente del circuito de entrada. La figura 6.10 representa gráficamente un amplificador clase A.

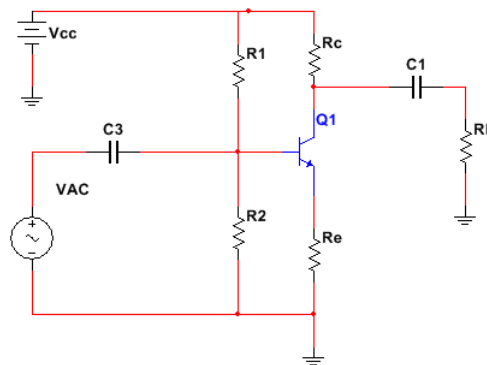


Figura 6.10: Esquemático de un amplificador clase A Vivas (2017a).

Bajo esta condición el amplificador clase A mantiene un consumo promedio de corriente, incluso cuando se aplica una señal AC (Corriente Alterna) a la entrada. La potencia de salida entregada en AC será:

$$P_{oAC} = \frac{V_{oRMS}^2}{R_{AC}}; R_{AC} = R_c || R_L; V_{oRMS} = \frac{V_{R_{AC}pico}}{\sqrt{2}},$$

Entonces, la potencia será:

$$P_{oAC} = \frac{\left(\frac{V_{R_{AC}pico}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_{AC}} = \frac{(V_{R_{AC}pico})^2}{2R_{AC}}$$

En consecuencia, si la eficiencia (η) representada en la cantidad de potencia entregada por la fuente DC al amplificador se encuentra definida por $\eta = \frac{P_{oAC}}{P_{iDC}}$, la eficiencia máxima de excursión de este amplificador será de $V_{R_Lpico} = \frac{V_{CC}}{2}$. Como criterio de diseño se tiene que $R_L \geq 10R_C$ y $R_E = \frac{R_C}{10}$, por ende, $I_{CQ} \approx \frac{V_{CC}}{2R_C}$.

Con este criterio de diseño se tiene que:

$$P_{oAC} = \frac{\left(\frac{V_{CC}}{2}\right)^2}{2R_{AC}} = \frac{V_{CC}^2}{8R_{AC}};$$

$$Si, \eta = \frac{P_{oAC}}{P_{iDC}} \Rightarrow \eta = \frac{\frac{V_{CC}^2}{R_{AC}}}{V_{CC} \cdot \frac{V_{CC}}{2R_C}} = \frac{2R_C}{8R_{AC}}.$$

$$Como R_L \geq 10R_C \Rightarrow R_{AC} \approx R_C;$$

$$Entonces, \eta = \frac{1}{4} * 100 = 25 \%$$

Con este resultado se puede afirmar que la eficiencia de este amplificador es de tan solo el 25 %, pero puede ser menor si R_L es muy pequeña debido al criterio de máxima transferencia de potencia mencionado con antelación.

Cuando se dispone de un amplificador clase B la corriente proporcionada por la fuente tiene la forma de una señal rectificadora de media onda, en otras palabras, solo se tiene la mitad de la onda AC. Una gran ventaja en relación al amplificador clase A es que, cuando no hay señal de entrada la potencia consumida por este amplificador es cero. Esto se debe a que la polarización del transistor se encuentra en corte y solo una señal de entrada lo saca de ese estado, contrario al amplificador clase A que todo el tiempo se encuentra polarizado en la región activa con lo que el consumo de potencia es significativamente alto. Como el amplificador clase B amplifica la mitad de la señal de entrada, será necesario disponer de otro circuito clase B para amplificar la otra mitad de la señal y posteriormente, unirlos para aplicarlas a la carga. La figura 6.11 representa el esquema por bloques para un amplificador de onda completa empleando amplificadores clase B.

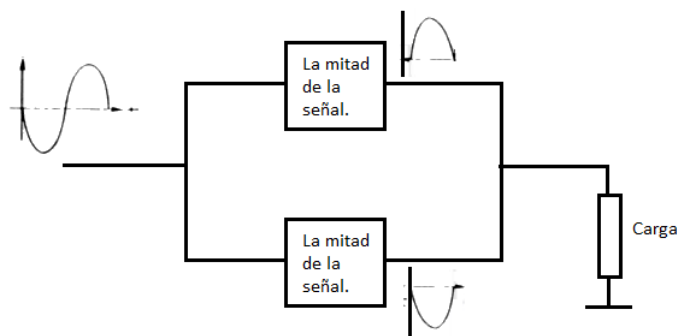


Figura 6.11: Esquemático por bloques de un amplificador clase B Vivas (2017a).

Con un amplificador clase B la $I_{Fuente} = \frac{I_{pico}}{\pi}$. En consecuencia, la corriente DC de todo el sistema es $I_{DC} = 2 \cdot I_{Fuente} = 2 \frac{I_{pico}}{\pi}$ y la potencia será de $P_{iDC} = V_{CC} \cdot (\frac{2 \cdot I_{pico}}{\pi})$. La potencia de salida será $P_{oAC} = \frac{V_{R_L(RMS)}^2}{R_L} \Rightarrow P_{oAC} = \frac{V_{R_L(pico)}^2}{2 \cdot R_L}$.

En este amplificador la eficiencia máxima sucede cuando el $V_{R_L(pico)} = V_{CC}$. Por esto, $I_{pico} = \frac{V_{CC}}{R_L}$. Con estos criterios la eficiencia será:

$$\eta = \frac{P_{oAC}}{P_{iDC}} = \frac{\frac{V_{CC}^2}{2.R_L}}{V_{CC} \cdot \left(\frac{2.V_{CC}}{\pi.R_L}\right)} = \frac{\pi}{4}; \Rightarrow \eta = \frac{\pi}{4} * 100 \approx 78,5 \%$$

Es importante anotar que este grado de eficiencia es mayor comparado con el amplificador clase A, sin embargo, en la práctica no es posible alcanzar la eficiencia máxima y con frecuencia es mucho menor. Por esto, mientras mayor sea el valor del voltaje de salida pico mayor será la eficiencia del amplificador. Por ello, la potencia disipada por los transistores a la salida será de:

$$P_{2Q} = P_{iDC} - P_{oAC} \Rightarrow P_Q = \frac{P_{2Q}}{2}$$

La máxima potencia disipada por los transistores de salida no sucede cuando se obtiene la máxima potencia de salida. De modo que, $I_{pico} = \frac{V_{R_L(pico)}}{R_L}$. Por esto,

$$P_{2Q} = P_{iDC} - P_{oAC} = \left[\frac{2V_{CC}V_{R_L(pico)}}{\pi.R_L} - \frac{V_{R_L(pico)}^2}{2.R_L} \right]$$

Para encontrar el máximo de la expresión será necesario derivar y posteriormente igualar a cero, entonces:

$$\frac{\partial P_{2Q}}{\partial V_{R_L(pico)}} = \left[\frac{2.V_{CC}}{\pi.R_L} - \frac{V_{R_L(pico)}}{2.R_L} \right] = 0; \text{ luego,}$$

$$V_{R_L(pico)} = \frac{2.V_{CC}}{\pi}$$

Tomando este valor se puede indicar que en el voltaje pico en R_L ocurre la máxima potencia de los dos transistores de salida. Ahora, si se reemplaza en la ecuación para encontrar la potencia:

$$P_{2Qmax} = \left[\frac{2.V_{CC}}{\pi.R_L} \cdot \frac{2.V_{CC}}{\pi} - \frac{\left(\frac{2.V_{CC}}{\pi}\right)^2}{2.R_L} \right] = \left[\frac{4.(V_{CC})^2}{\pi^2.R_L} - \frac{4.(V_{CC})^2}{2\pi^2.R_L} \right] = \frac{2.(V_{CC})^2}{\pi^2.R_L}$$

Tomando este resultado es posible afirmar que la potencia que disipa cada transistor de salida es:

$$P_Q = \frac{P_{2Q}}{2} \Rightarrow P_Q = \frac{V_{CC}^2}{\pi^2.R_L}$$

Con este resultado se puede diseñar el amplificador clase B y se dispone de los rangos de tolerancia que debe tener el transistor. Sin embargo, para la polarización es necesario que Q sea mayor o igual a la P_Q . En ese orden de ideas también es necesario tener en cuenta la corriente máxima de colector en el punto Q, que debe ser mayor que la corriente pico máxima que se tiene en R_L . Ésta debe ser:

$$I_{picoR_Lmax} = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

Es recomendable que el V_{CE} de los transistores de salida sea mayor a V_{CC} . La condición de diseño empleando amplificadores clase B para este instrumento científico incrementa el nivel de complejidad. Esto se debe a la necesidad de implementar dos etapas, una para pre-amplificación y otra de amplificación de potencia. Si se emplea este tipo de amplificadores se requerirán como mínimo de dos transistores por cada etapa, lo que incrementa el coste y sobre todo, *dificulta el acople de las impedancias asociadas al artefacto a construir*. Por esta razón se optará por el uso de amplificadores clase C en el diseño de las etapas de amplificación. Esta clase de amplificadores son muy empleados en los transmisores de radiofrecuencia (RF) en circuitos de telecomunicaciones.

Estos amplificadores se caracterizan por estar polarizados por debajo de la zona de corte del transistor y conduce aproximadamente 120° de la señal. Lo más destacado de estos amplificadores es que a la salida del sistema se ubica un filtro para atenuar los armónicos de la señal, disminuyendo ruido y distorsión al entregar una señal cercana a la fundamental. Con esto se mejora la calidad de la señal a radiar que en otras palabras será la frecuencia de la señal portadora. La figura 6.12a muestra una representación de la polarización del transistor y la forma de onda que se espera obtener a la salida del amplificador de acuerdo a la configuración que se emplee⁴.

Los armónicos son comprendidos como señales sinusoidales con frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. La serie de Fourier permite demostrar que es posible descomponer una señal, en condiciones específicas, como la suma de señales sinusoidales múltiplos de una frecuencia fundamental y de diferentes amplitudes. La figura 6.12b representa la señal de salida en el dominio de la frecuencia. En ella se puede observar la señal fundamental y los armónicos, así como la función del filtro pasa banda que se configura en el circuito amplificador clase C⁵.

La figura 6.13 muestra el esquemático de un amplificador clase C típico. Existen variaciones en la ubicación del condensador y la bobina, pero el principio de funcionamiento del filtro en el circuito es el mismo. Para el diseño del circuito se recomienda que $X_L \geq 10R_E$, esto con el ánimo que se obtenga la mayor excursión posible en el transistor. También, se recomienda que la R_L , en este caso la antena, se encuentre entre los 50Ω a 75Ω .

Como apoyo a esta etapa de diseño, la figura 6.14 representa el modelo híbrido del transistor en la configuración de amplificador clase C, específicamente, muestra el comportamiento del amplificador en corriente alterna. En el modelo híbrido se puede apreciar la señal de entrada con respecto a la señal de salida, un modelo útil para definir el sistema como una función de transferencia y aplicar los principios de retroalimentación y control desarrollados previamente. De este modelo se puede apreciar que para Z_o , o impedancia de salida del circuito, la fuente de corriente es un circuito abierto donde $Z_1 = jX_L - jX_C$ y $Z_2 = -jX_C$. Con estos valores se puede deducir que el diseño

⁴Fuente <http://www.angelfire.com/al3/VGhp/a8.htm>

⁵Se toma como referencia <http://www.matematicasypoesia.com.es/Prob-Electronica/electronica-123.htm>

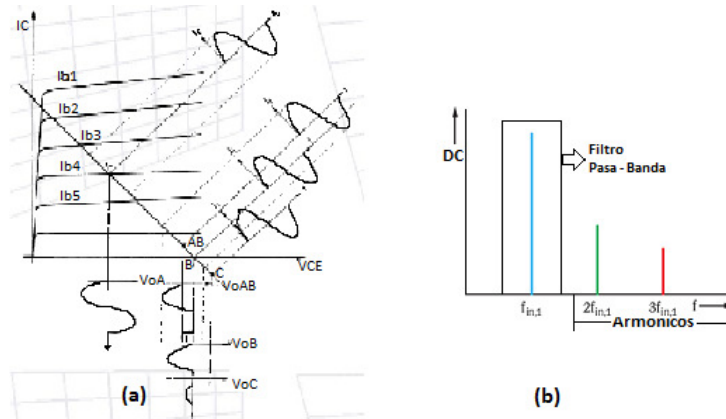


Figura 6.12: a) Representación de la salida de los amplificadores de acuerdo con su configuración. b) Representación en el dominio de la frecuencia de la señal de salida (señal fundamental y armónicos).

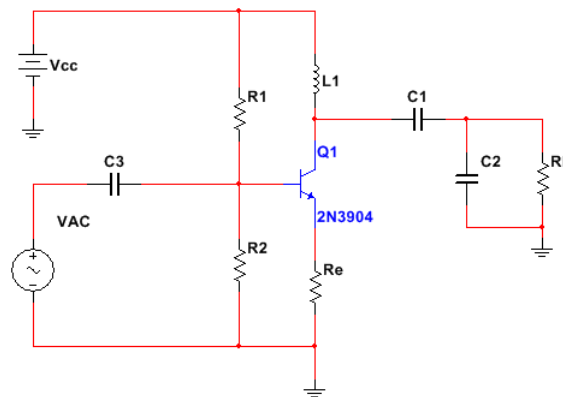


Figura 6.13: Representación esquemática de un amplificador en clase C Vivas (2017a).

necesita que $X_L = 2.X_C$.

Con estos valores encontrados $Z_1 = j2.X_C - jX_C$ entonces, $Z_1 = jX_C$, así pues, $Z_1 || Z_2 = \infty \Omega$. Si en este caso $Z_o = Z_1 || Z_2 = \infty \Omega$, nos indica que el sistema se encuentra en resonancia. Bajo esta condición el sistema se comporta como un sistema puramente resistivo, en otras palabras, la señal será transferida en su totalidad a la carga R_L . Esta situación es considerada un elemento a considerar en la eficiencia del sistema, si bien no hay caídas de la señal en otros elementos activos. Por otro lado, la función de transferencia de $\frac{V_o}{V_i}$ será un filtro pasa banda. Con este filtro se busca atenuar los armónicos de la señal sin alterar la señal fundamental. En este caso:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC_{Eq}}}; C_{Eq} = \frac{C}{2} \text{ y } f_o = \frac{\omega_o}{2\pi}$$

En consecuencia, el valor de X_L debe ser $X_L \leq R_L$ y $X_C = \frac{X_L}{2}$. De lo obtenido se puede

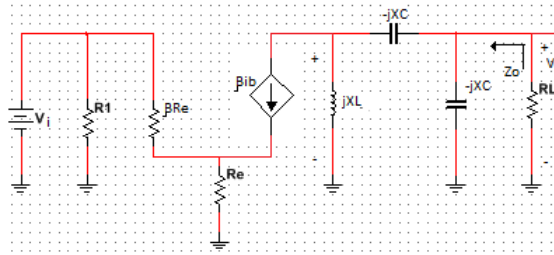


Figura 6.14: Representación esquemática de un circuito híbrido equivalente del amplificador clase C Vivas (2017a).

afirmar que entre menor sea el valor de X_L comparado con R_L se obtendrá una menor distorsión armónica en la forma de salida de la señal V_o . Sin embargo, la corriente pico que debe entregar la fuente se aumentará manteniéndose la corriente promedio. En esta condición,

$$X_L = \omega_o \cdot L \text{ y } X_C = \frac{1}{\omega_o \cdot C},$$

donde $\omega_o = 2\pi \cdot f_o \left(\frac{\text{rad}}{\text{sec}}\right)$ y es la frecuencia angular a la frecuencia de resonancia, que en el caso de este diseño será la señal de la portadora o 27MHz .

Es importante aclarar que el proceso de amplificación requiere del uso de más de una etapa. Esto en razón a que la salida del oscilador tiene una impedancia que no es posible acoplar con una sola etapa de amplificación a la carga. En otras palabras, se requiere de varias etapas de amplificación para acoplar la antena y con ello guardar el teorema de máxima transferencia de potencia. Además, tener una sola etapa requiere de un transistor que disipe mucha potencia, esto lo puede sobrecalentar y al poco tiempo dañar. Estos son argumentos para que en el diseño se emplee más de una etapa de amplificación. En este diseño, la primera etapa de amplificación busca hacer un acople de impedancias del oscilador al pre-amplificador, además, limpiar de los posibles armónicos la señal que se ha generado. La salida de la etapa de pre-amplificación ahora podrá ser conectada a la etapa de amplificación de potencia. Con esto, se ajusta el parámetro de máxima transferencia de potencia y se entrega a la antena una señal que se encuentra mucho más limpia y en la frecuencia de portadora que se requiere. Los diseños de las etapas de pre-amplificación y amplificación guardan relación con los elementos de diseño expuestos. Luego de abordar los elementos necesarios para el diseño del amplificador, el circuito producto de los cálculos para la frecuencia de 27MHz se presenta en la figura 6.15. Este diseño ha sido evaluado antes de realizar el proceso de construcción. Se tiene como norte que los valores calculados se ajusten a los requisitos definidos en el bloque y se acoplen con los valores obtenidos en bloques previos. Los archivos de la simulación de este bloque - circuito se encuentran en la carpeta amplificador, dentro de la carpeta Instrumento_Científico en el aparte de anexos.

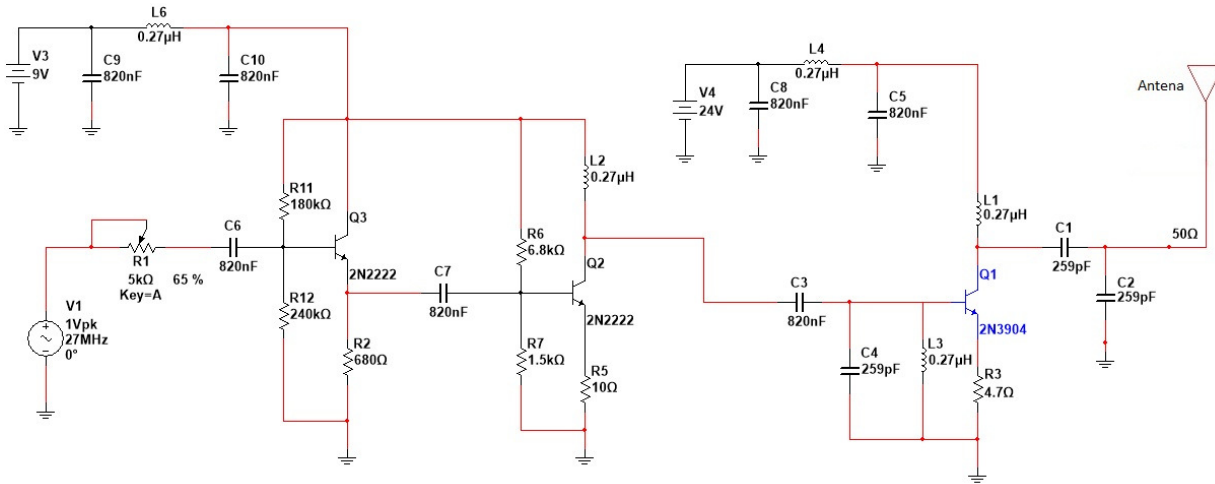


Figura 6.15: Esquemático del diseño final del circuito pre-amplificador y del amplificador de potencia.

6.1.3. La antena

Para el diseño de la antena es necesario presentar algunos elementos que buscan clarificar el proceso. En particular, se retoman las ecuaciones de Maxwell, sintetizadas por Heaviside y presentadas como referente conceptual en 4.1 (Johnk, 1975; Sadiku, 2010).

La combinación de estas ecuaciones da origen a una ecuación de onda que se ajusta a la teoría de campo eléctrico y magnético. Esta onda es conocida como *onda electromagnética u onda de radio*. El instrumento que hizo realidad esta teoría fue diseñado por Heinrich Rudolf Hertz a finales del siglo XIX (Buchwald, 1994, 1998; Mulligan, 1994).

Para la propagación de esta señal (onda) se requiere de aplicar un voltaje (diferencia de potencial eléctrico) en los terminales de una antena. Este voltaje generará un campo eléctrico. A su vez, debido a que la antena se comporta como una carga eléctrica, el voltaje aplicado en los terminales de esta carga producirá una corriente que circulará por ella, por ello, se producirá un campo magnético. El campo eléctrico y magnético producidos se encontrarán ahora en ángulos rectos. Esto se denomina campos ortogonales entre sí. La figura 6.16 representa una onda electromagnética que se propaga⁶. Es posible identificar el campo eléctrico, el campo magnético y el sentido de la propagación. Nótese que el ángulo que existe entre los campos es de 90° o un ángulo recto, razón por la que las dos señales son ortogonales entre sí.

Por otro lado, en el diseño de la antena es primordial conocer la longitud de onda de la señal. Este valor corresponde a la distancia entre dos valles o crestas consecutivas de una onda. Este dato

⁶Disponible en <http://www.fao.org/3/t0355s/T0355S01.gif>

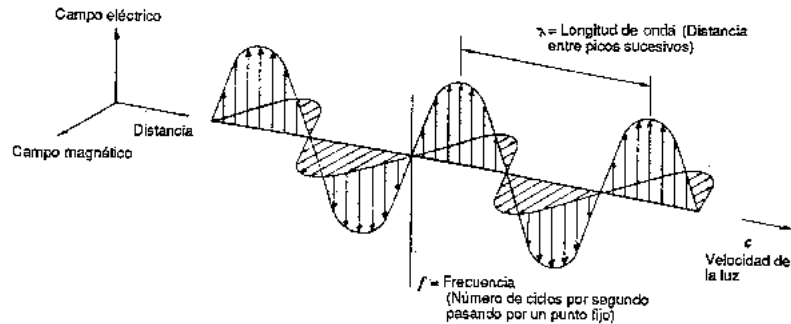


Figura 6.16: Representación de una señal electromagnética y su relación con propagación, longitud de onda y frecuencia.

nos indica que tan larga es la señal. De acuerdo con este valor se podrá dimensionar la antena. En la figura 6.16 es posible identificar a qué se refiere el término λ o longitud de onda. Otro elemento que es observable en el gráfico es que la velocidad de propagación de esta señal es la velocidad de la luz C , es decir, $\approx 300'000,000 \frac{m}{s}$. Finalmente, en la figura también es posible identificar la frecuencia de la señal f o el número de ciclos que se producen en un segundo. De estos últimos tres datos es posible establecer una relación, es decir entre λ, C y f (Anguera y Pérez, 2008). Esta relación se puede apreciar en la ecuación 6.9.

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (6.9)$$

Como resultado de esta relación se puede afirmar que la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales. Para precisar, la frecuencia de diseño es $f = 27 \text{ MHz}$ o $27 \times 10^6 \frac{c}{s}$. La velocidad de la luz es una constante $\lambda \approx (3 \times 10^8 \frac{m}{s})$, por consiguiente, la longitud de onda de esta señal será de $\lambda \approx 11,1 \frac{m}{c}$. Con este dato se inicia el diseño de la antena.

El siguiente elemento a tener en cuenta en el diseño es la impedancia de entrada de la antena. Esta impedancia está compuesta por una parte real y otra imaginaria y dependientes de la frecuencia que se aplica, en otras palabras $Z_i = R(\omega) + jX(\omega)$. La parte real la componen la resistencia de radiación (valor de la resistencia que disiparía la misma potencia radiada por la antena) y la resistencia de pérdidas (representa las pérdidas producidas en la antena, conductores y dieléctricos). Dado que la resistencia de pérdidas es usualmente muy pequeña, en este cálculo es despreciada, por lo que la resistencia real total se aproxima al valor de la resistencia de radiación. En este caso $P_r = \frac{1}{2} I^2 \cdot R_r$ (Anguera y Pérez, 2008).

Con este resultado se puede aproximar que la potencia entregada a la antena sea la potencia de radiación. Ahora, la parte imaginaria representa un valor de reactancia expresada en Ω que varía con

el valor de la frecuencia. Este valor será ≈ 0 en la frecuencia de resonancia, es decir, a la frecuencia de portadora o en nuestro diseño de $27MHz$. Idealmente, el valor en el que la potencia activa y reactiva son iguales en un dipolo simple se da cuando la distancia de las antenas es de $\frac{\lambda}{2\pi}$. Este valor es importante porque con él se sabrá cuanta potencia debe entregar el generador, en nuestro caso el generador de ondas y las etapas de pre y amplificación de potencia. Por consiguiente, al diseñar se deberá tener en cuenta que corrientes altas producen pérdidas en resistencia considerables mientras que voltajes elevados pueden producir fugas o descargas a tierra en la antena (Anguera y Pérez, 2008).

El valor de potencia que debe tener el generador y etapas de amplificación son importantes, ya que en el mejor de los casos teóricos la mitad de esta potencia será disipada por el generador y la otra mitad por la antena, en caso contrario una de las dos etapas se sobre cargaría. Esta condición sugiere la necesidad de realizar un buen acople entre estas dos etapas, es decir, buscar la aplicación del teorema de máxima transferencia de potencia para evitar recargar al generador o la antena (Vivas, 2017a).

Otro elemento por considerar en el diseño de la antena se encuentra en la Razón de Onda Estacionaria (ROE). Este valor representa la razón geométrica existente entre el valor mínimo y máximo de la amplitud de voltaje observado en la condición de onda estacionaria eléctrica, es decir, como si se encontrara a lo largo de una línea de transmisión. Este valor es adimensional y siempre es mayor o igual a uno (1). Este fenómeno se explica desde los conceptos de onda directa y onda reflejada. Si la onda reflejada es cero, entonces no habrá máximos ni mínimos considerando así una amplitud constante, por lo que, el valor de $ROE = 1$, valor a alcanzar en las mediciones. Si el valor de onda reflejada es diferente de cero aparecerán valores máximos y mínimos, en atención a lo cual, $ROE > 1$ es un valor que se acerca más a la realidad. En el caso que el valor mínimo sea cero el $ROE = \infty$, para este caso existirá un desacople total entre las antenas. El ROE se calcula a partir de la siguiente expresión (Anguera y Pérez, 2008):

$$ROE = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}; \rho = \frac{Z_L - Z_o}{Z_L + Z_o}$$

En este caso la Z_L será la impedancia de la antena y Z_o la impedancia de referencia. Esta relación se puede observar en la figura 6.17. En esta representación V_g representa el conjunto de oscilador, pre-amplificador y amplificador de potencia.

Después de tener estos elementos en cuenta y acoplarlos guardando los valores recomendados, la señal será propagada. Sin embargo, para que esto suceda se requiere de la fuerza y la dirección del campo magnético. Estos dependen de la magnitud y dirección del flujo de la corriente. En el caso de la fuerza del campo magnético (H) producido por la antena, en este caso de la antena dipolo simple, estará expresada por:

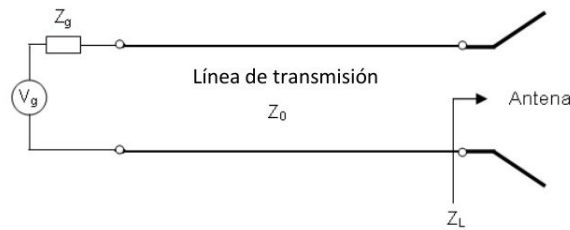


Figura 6.17: Representación de un sistema de transmisión acoplado (generador y antena).

$$H = \frac{I}{2\pi \cdot d} \quad (6.10)$$

donde I = corriente medida en Amperios y d = distancia del alambre medida en metros (Frenzel, 2003).

En igual condición el campo eléctrico (E) generado se expresa por:

$$E = \frac{q}{4\pi \cdot \epsilon \cdot d^2} \quad (6.11)$$

donde q es la carga entre los dos puntos del conductor que forma la antena; ϵ se refiere a la permitividad o constante dieléctrica del material entre los conductores y d la distancia entre los conductores medida en metros (Frenzel, 2003). En este diseño no se emplearon dieléctricos especiales, por ello se emplea la constante dieléctrica del aire $\epsilon \approx (1,00057 \frac{F}{m})$. Estos datos son útiles para calcular la potencia de radiación a partir de los componentes transversales del campo eléctrico, en otras palabras, un producto cruz entre el campo eléctrico y el campo magnético. Este resultado entrega un vector ortogonal a estos campos en la dirección r, θ, φ . Con estos valores es posible realizar el diagrama de radiación de la antena. Estos diagramas se pueden realizar en una cápsula para la medición y graficación automática de diagramas de radiación de antenas, sin embargo, debido al tamaño inicial aproximado de la antena (11,1 mts), calculado a partir de λ , no es posible realizar esta medición en una cápsula. Entonces, para ilustrar el patrón de radiación de la antena dipolo simple se presenta una aproximación en la figura 6.18. Esta gráfica es producto de procesos de simulación basados en los estudios sobre el tema⁷.

Con el dato de λ se tiene un valor aproximado del dipolo eléctricamente corto. Este dipolo tiene una distribución de corriente uniforme sobre la antena. Sin embargo, con una dimensión tan grande se necesita reducir su tamaño. Esto se puede lograr con diseños de valores inferiores de λ , como $\frac{\lambda}{2}$, $\frac{\lambda}{4}$, entre otros. Esto trae como consecuencia que la distribución de corriente sobre la antena ahora no sea uniforme, en otras palabras, la distribución de la corriente sobre la antena es una parte de la senoide. La figura 6.19 ilustra cómo sería la distribución de la corriente en una antena dipolo

⁷Basado en [https://es.wikipedia.org/wiki/Dipolo_\(antena\)#/media/File:Dipole_xmting_antenna_animation_4_408x318x150ms.gif](https://es.wikipedia.org/wiki/Dipolo_(antena)#/media/File:Dipole_xmting_antenna_animation_4_408x318x150ms.gif)

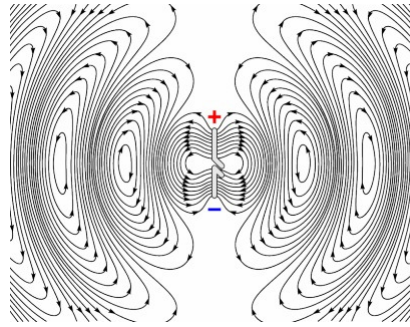


Figura 6.18: Representación del diagrama de radiación de una antena dipolo simple.

simple $\frac{\lambda}{2}$ y una representación del diagrama de radiación de esta antena (Anguera y Pérez, 2008, p. 129).

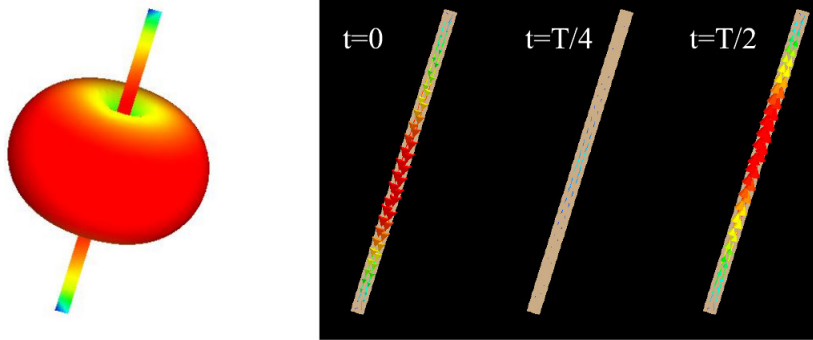


Figura 6.19: Diagrama de radiación y distribución de corrientes en un alambre para antenas $\frac{\lambda}{2}$.

El diseño de la antena se puede realizar en $\frac{\lambda}{4}$, con ello la dimensión sería aproximadamente de $\frac{1}{4}$ del λ total (11,1 mts). Sin embargo, este diseño requiere de una polarización vertical, un acople a tierra y lo más importante, no guarda relación directa con el diseño realizado por Hertz. Por tanto, se optará por diseñar una antena dipolo simple en $\frac{\lambda}{2}$. Para esto se requiere tener los conductores de manera que queden formando un ángulo recto con la línea de transmisión, por ende, se mejorará significativamente el proceso de transmisión y recepción de las ondas. Esta modificación constituye la variación más sencilla de una antena y es el principio de una antena dipolo simple, o también denominada *antena Hertz*. Es considerado que la radiación óptima se obtiene cuando el segmento del conductor de la línea de transmisión, convertido en antena, posee $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda de la frecuencia que se desea operar (Frenzel, 2003). Por esta razón, el diseño de la antena será de $\frac{\lambda}{2}$ y se buscará que cada segmento de la antena tenga una longitud de $\frac{\lambda}{4}$. En otras palabras, la dimensión de cada segmento será de 2,775mts aproximadamente. La figura 6.20 ilustra las características más relevantes del diseño de la antena para su construcción.

A este punto se presentó el diseño de la primera fase, es decir el generador, las etapas de amplificación y una antena como se observa en la figura 6.2. El diseño de la segunda fase (detector)

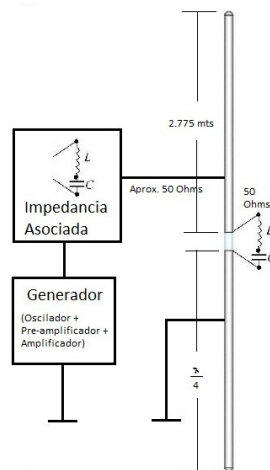


Figura 6.20: Esquema del diseño final de la antena en $\frac{\lambda}{2}$ (conexión con el generador).

es un proceso inverso al generador. Es decir, se requiere de los mismos elementos calculados en el diseño de la primera fase. Por esta razón, se requiere de tres etapas en el diseño: la antena; el oscilador resonante; el pre-amplificador y el amplificador de potencia. Al respecto, la primera etapa de la segunda fase será la antena. La frecuencia de trabajo será nuevamente los $27MHz$, por esto la longitud de onda y las consideraciones previamente presentadas serán las mismas de esta etapa, en otras palabras, *el diseño y las dimensiones de la antena serán las mismas que se usaron en el diseño de la antena de la primera fase.*

6.1.4. El oscilador resonante

Luego de tener la antena receptora de la señal emitida en la primera fase será necesario diseñar una etapa que filtre la señal de $27MHz$ y rechace cualquier señal de otra frecuencia o ruido que pueda ingresar al circuito. Para esta actividad se requiere de un circuito resonante. El modelo ideal de este circuito contiene un circuito tanque compuesto por bobina y condensador. Sin embargo, es común emplear una resistencia en el circuito. Con la ubicación de la resistencia se obtendrá un circuito RLC . En este circuito la resistencia no tiene alteración en su comportamiento por la acción una señal alterna y su frecuencia asociada. Dicho de otra forma, el valor medido en ohmios (Ω) sobre la resistencia no cambia si se aplica una diferencia de potencial continuo o alterno.

En el caso de la bobina y el condensador su comportamiento varía si se aplica una diferencia de potencial continuo o uno alterno. Cuando se aplica una diferencia de potencial continua estos elementos almacenan energía. Cuando se aplica una diferencia de potencial alterna los elementos tienen un comportamiento reactivo. Este comportamiento puede ser medido en ohmios (Ω). En el caso de la bobina se obtendrá una reactancia inductiva mientras que en el condensador será una reactancia capacitiva. La bobina tiene un comportamiento directamente proporcional a la frecuencia mientras que el condensador es inversamente proporcional. Si $\omega = 2\pi f$, donde ω es la frecuencia

angular y f la frecuencia expresada en ciclos por segundo se obtiene que:

$$X_L = j\omega L(\Omega); X_C = \frac{1}{j\omega C} = -\frac{j}{\omega C}(\Omega); X = X_L - X_C(\Omega); X = j(\omega L - \frac{1}{\omega C})(\Omega) \quad (6.12)$$

De la ecuación 6.12 se puede notar la dependencia de las reactancias con la frecuencia angular. Al vincular la resistencia la expresión será:

$$Z = R + jX = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})(\Omega)$$

Z en la ecuación es comprendida como impedancia. Nótese que la expresión es unificada en unidades de ohmios (Ω) aunque el comportamiento de la capacitancia y la inductancia no lo sean. Además, como se indicó la resistencia no se ve afectada por la velocidad angular (ω). Esta estrategia es útil para el análisis del circuito con excitación sinusoidal y es denominado como análisis fasorial. De esta expresión es posible deducir que existe una *única frecuencia angular* (ω_0) en la cual las reactancias serán iguales a cero quedando el sistema netamente resistivo, a otra frecuencia diferente de ésta el sistema tendrá un comportamiento impedante, es decir, con componente imaginario. Este principio es denominado *resonancia eléctrica* y es ampliamente empleado en las telecomunicaciones para la sintonización de una señal (Cassell, 1964; Dorf y Svoboda, 2011; Johnson, 2006; Zill, 2006). De 6.12 es posible deducir esta frecuencia (ω_0), que será:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \therefore \omega^2 = \frac{1}{LC} \therefore \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \therefore f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (6.13)$$

En nuestro diseño, si nuestra frecuencia de trabajo es $27MHz$ tendremos que $\omega_0 \approx 169'646,003 \frac{rad}{sec}$. Además, de 6.13 y manteniendo el valor de $C = 7pF$ de capacitancia shunt⁸ empleado en el diseño del oscilador con el cristal se tendrá que ubicar una bobina de valor $4,963\mu H$ para que el sistema eléctrico resuene a la frecuencia de trabajo. En caso de disponer de una bobina con valor específico también será posible calcular el valor del condensador de la siguiente forma:

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \therefore L = \frac{1}{\omega^2 C} \text{ o } C = \frac{1}{\omega^2 L}$$

Los elementos se pueden ubicar en serie o en paralelo. Sin embargo, la configuración usual es un circuito tanque. La figura 6.21 ilustra la forma en la que con frecuencia se configura este circuito.

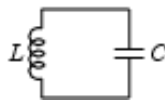


Figura 6.21: Esquemático del circuito tanque resonante.

⁸Disponible en <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/143592/AURIS/HC49U.html>

6.1.5. Amplificación y filtrado de la señal

Diseñado el circuito selector de la señal de portadora de nuestro instrumento, será necesario acoplar una etapa de amplificación y filtrado. Sin embargo, es relevante indicar que los elementos del circuito tanque (condensador y bobina) pueden ser ubicados en el colector de un transistor. Como fue indicado previamente, con esta configuración se tendrá un amplificador clase C. En vista de que la frecuencia de trabajo es la misma que se usó en la primera fase, se empleará nuevamente un amplificador clase C como circuito resonante amplificador. Para mejorar y ajustar el proceso de sintonización se requerirá de ubicar un condensador variable que hará la función de ajustar la frecuencia y con ello obtener la mayor ganancia posible en el amplificador. La figura 6.22 muestra el circuito resonante - oscilador - amplificador diseñado.

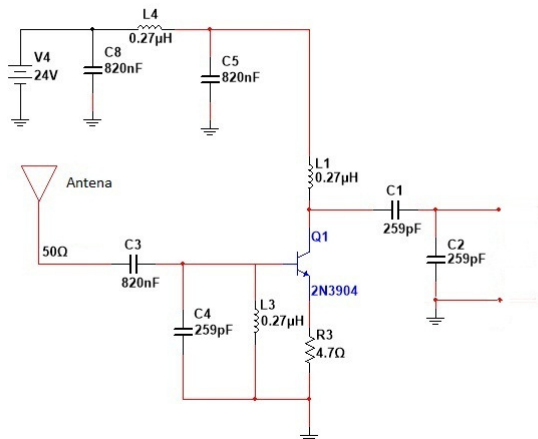


Figura 6.22: Esquemático del circuito resonante - oscilador - amplificador diseñado.

De este diseño es importante resaltar que la etapa de resonancia y amplificación se encuentran combinadas. Los diseños frecuentemente buscan tener el circuito tanque con el condensador variable en una etapa y, en una nueva etapa realizar el proceso de pre-amplificación y amplificación. Sin embargo, el principio conceptual es el mismo, razón por la que se ha optado por vincular las etapas en una sola, reforzando la etapa de filtrado.

Finalmente, para observar la señal que se detecta será necesario el uso de un osciloscopio. Este dispositivo es un instrumento de visualización electrónico que representa gráficamente las señales eléctricas. En la pantalla se tienen dos ejes, uno denominado x y otro y . En el eje x se representa el tiempo y en el eje y la amplitud de la señal. Un elemento por resaltar es que el osciloscopio tiene un amplificador a la entrada que en la mayoría de los casos permite visualizar señales en la escala de mV , o algunos más sensibles, hasta μV . Con esta característica será posible la visualización de la señal sin realizar otro proceso de amplificación al ya diseñado. Otra característica importante

del instrumento es que su impedancia a la entrada es muy alta, con ello se logra que la diferencia de potencial que tiene la señal no sea disipada, sino que ingrese al dispositivo para ser acoplada y visualizada. Por lo cual, el osciloscopio será ubicado en la salida de la etapa diseñada. La figura 6.23 indica el lugar en el que puede ser ubicado el osciloscopio para la visualización de la señal.

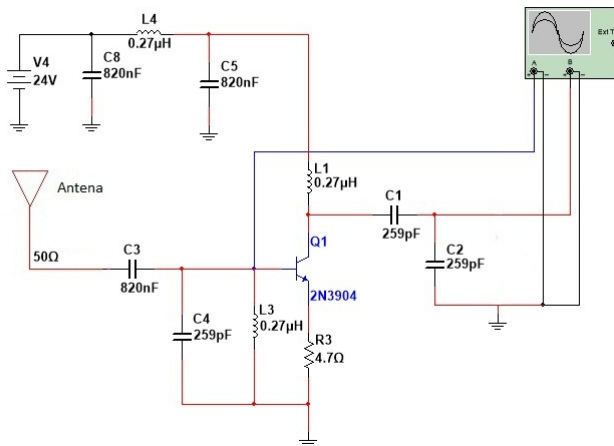


Figura 6.23: Esquemático del circuito resonante - oscilador - amplificador - filtrado - visualización diseñado.

6.1.6. La construcción del fenómeno de ondas de radiofrecuencia de Heinrich Rudolf Hertz y su relación con el diseño del instrumento científico

El desarrollo de esta sección toma como referencia los libros de Buchwald (1994, 1998) y Mulligan (1994). Los documentos ajustan al inglés y analizan los artículos escritos sobre el fenómeno por Heinrich Rudolf Hertz. Además, realizan una copia gráfica de algunos de los diseños y contribuciones, razón por la que carecen de alta resolución. Es importante mencionar que, se presentará un trabajo diferente a los que se encuentran en los libros de historia de las ciencias, porque se concentra directamente sobre el trabajo experimental de Hertz y no en la ejemplificación de su trabajo basado en demostraciones matemáticas. Se toma como punto de partida el experimento que mostró un nuevo fenómeno de producción y exploración de radiación electromagnética a finales de diciembre de 1887 y conocido como “dipole oscillator and the resonator” u oscilador dipolo y resonador. Este instrumento fue la base de muchos dispositivos de telecomunicaciones que hasta el día de hoy se diseñan y construyen, como es el caso de nuestro instrumento científico.

La construcción del fenómeno por Hertz tiene como base el trabajo de Helmholtz. Dentro de la diversidad de investigaciones en diferentes áreas del conocimiento de este científico, se encuentra el área del electromagnetismo. La figura 6.24 muestra uno de los dispositivos que empleaba Helmholtz en su laboratorio para generar corrientes vinculadas con altos voltajes a través del arreglo de

varios alambres de inducción. Este instrumento fue empleado para revisar nuevos comportamientos de las señales electromagnéticas.

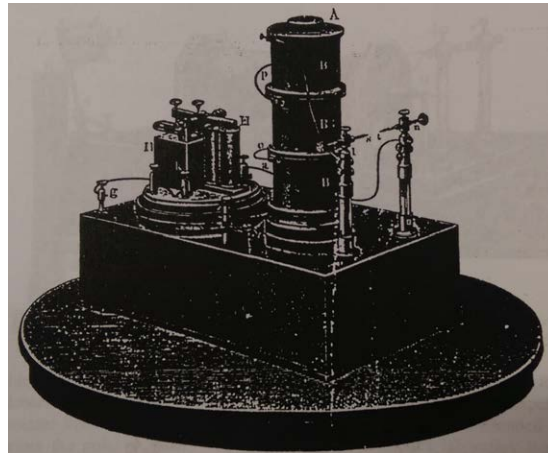


Figura 6.24: Instrumento para elevar el voltaje empleando bobinas (Buchwald, 1994)

Un problema que surge al trabajar con los dispositivos construidos en la época de Hertz es que consumen mucha potencia. Se requieren de diferencias de potencial y corrientes elevadas, variables que no eran fáciles de obtener en ese momento y que en la construcción de los instrumentos traen retos importantes por el sobrecalentamiento que producen los componentes, entre otras dificultades. Para resolver el inconveniente, Hertz emplea el trabajo de Helmholtz y construye un elevador de voltaje. El resultado de este artefacto lo reconoceríamos en la actualidad como transformador. Este artefacto se encuentra compuesto por dos bobinas devanadas en un núcleo de material ferromagnético que favorecerá el acople de las bobinas por el principio de inducción electromagnética. La importancia de este dispositivo es que permite amplificar o reducir la magnitud de señales manteniendo la potencia de estas. La figura 6.25 muestra el diseño original del científico. En este diseño se puede observar con claridad la semejanza con un transformador actual.

Otro elemento importante en la construcción del fenómeno por Hertz fue un condensador variable. Anteriormente, los condensadores eran construidos empleando el principio de la botella de Leyden, pero la capacitancia de estos dispositivos era fija y dependía de condiciones muy específicas que impedían variar la capacitancia fácilmente. Disponer de un capacitor variable es muy importante, en especial si se requiere realizar ajustes pequeños de sintonización. Sin embargo, construir un dispositivo de estos no es sencillo por las condiciones físicas presentes en su elaboración. La figura 6.26 muestra el diseño de un condensador variable en el laboratorio de Helmholtz. Este dispositivo de placas paralelas variaba su capacitancia por rotación. Al encontrarse la totalidad de las placas enfrentadas y al ser aplicada una diferencia de potencial, este instrumento producía una capacitancia total que disminuiría en la medida en que se rotan las placas. Este principio se aplica en los condensadores variables actuales, sin embargo, con la llegada de materiales semiconducto-

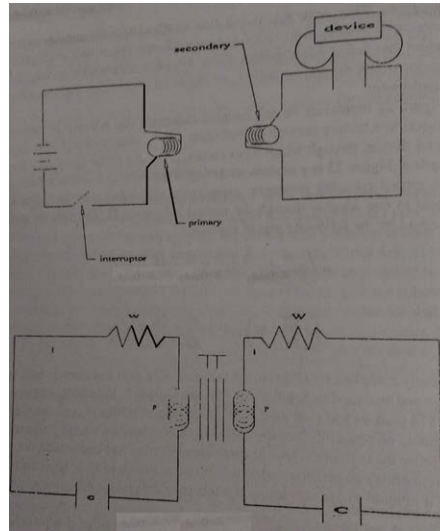


Figura 6.25: Diseño de un circuito elevador de voltaje (Buchwald, 1994).

res, este principio se ha trasladado a dispositivos conocidos como diodos varicap.

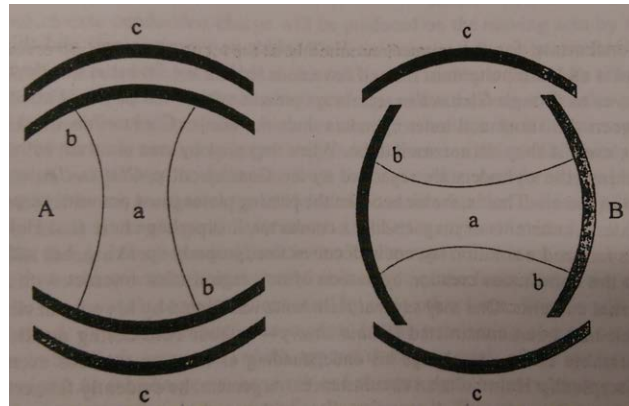


Figura 6.26: Diseño de un condensador variable por Hertz (Buchwald, 1994).

En este orden de ideas, así como es útil disponer de un condensador variable, será útil tener una bobina variable. Su uso estará relacionado con el que se da a un condensador variable. Sin embargo, por su construcción y limitaciones físicas y mecánicas es más complejo de realizar y, debido a lo cual, su costo más elevado. Por esta razón, se recurre a tener un banco de bobinas que se pueden interconectar para aumentar la inductancia o desconectar para reducirla. En el diseño de Hertz, las corrientes que circulan por estas bobinas eran considerablemente altas lo que originaba calor en los conductores y con ello variaciones en el diseño del circuito. Además, Hertz ubicó en serie a cada una de las bobinas del circuito un galvanómetro balístico o de espejo que, a diferencia de los galvanómetros de lectura, la parte móvil tiene una gran momento de inercia, lo que le *dota de un gran periodo de oscilación*, pero a su vez, genera fluctuaciones de corriente que son difíciles

de controlar. Para remediar esta situación, se diseñó un conmutador. Este dispositivo revierte las conexiones de la batería luego de que fluya la corriente hacia el circuito y al mismo tiempo, desconecta el galvanómetro balístico. En un segundo tiempo, la corriente será desviada para que fluya a través del galvanómetro en dirección contraria a la anterior. Esto hace que el indicador reciba cerca de veinte golpes de corriente por segundo. La inversión de la corriente se produce cuando una de las dos puntas de cobre, en los extremos de los ejes de madera unidos a un disco, se deslice de una canaleta de mercurio. En ese momento, la corriente fluirá hacia la siguiente canaleta y mantenga el efecto. Con este ingenioso aparato se logró tener oscilaciones, el principio de la onda electromagnética. La figura 6.27 muestra el diagrama del funcionamiento del conmutador.

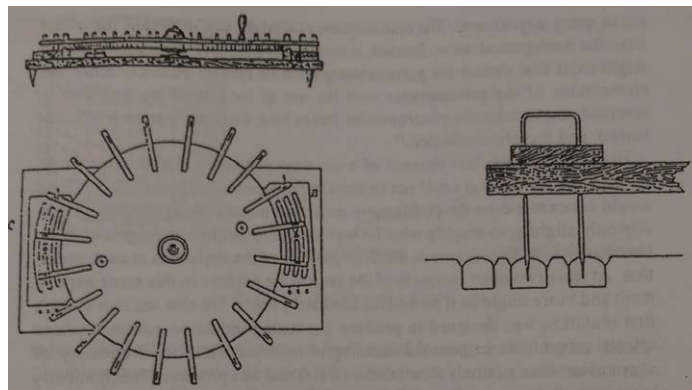


Figura 6.27: Diseño del conmutador de Hertz (Buchwald, 1994).

En la detección de los efectos electromagnéticos diferentes dispositivos fueron construidos. Uno de ellos fue el disco de Arago. Un dispositivo que posee un disco de cobre suspendido por un eje y dos fuertes imanes. El instrumento hace evidente una dependencia entre el giro del disco y el efecto directo de los electroimanes. Hertz sugirió una modificación significativa a este dispositivo para mejorar el funcionamiento sustituyendo la placa metálica del disco por un dieléctrico. Usando un disco de sulfuro de 10 Cms de radio, el dispositivo rotó 50 veces por segundo producto de un campo magnético razonablemente alto producido en el laboratorio. Este principio es posible emplearlo para generar señales amortiguadas ubicando un arreglo de espiras adicional al dispositivo⁹. La figura 6.28 ilustra el comportamiento del dispositivo.

Otro de los dispositivos diseñados para detectar el efecto electromagnético se encuentra la figura 6.29. Este instrumento es un arreglo de dispositivos eléctricos básicos (Resistencia - Condensador - Bobina). Para su funcionamiento, cuando el interruptor K es presionado, un condensador comienza a cargarse. Este proceso se puede acelerar si se presiona el interruptor K'. Al hacerlo, la corriente circulará por la resistencia FR. Cuando el condensador ha alcanzado el potencial eléctrico de la fuente una corriente comienza a fluir por un tubo y el conector primario de una bobina (coil 819).

⁹El fenómeno es posible apreciarlo con claridad en la dirección <https://www.youtube.com/watch?v=1m2r8fh8JMA>

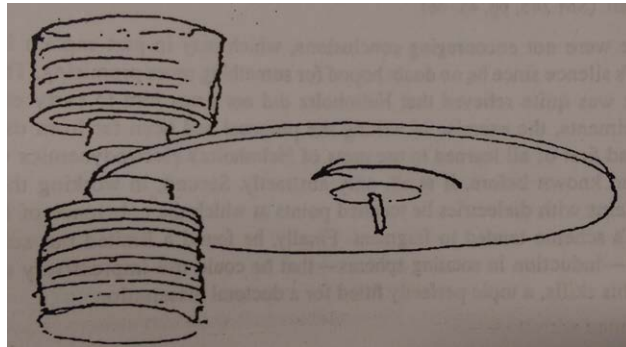


Figura 6.28: Diseño de un condensador con dieléctrico por Hertz (Buchwald, 1994).

Esto continúa sucediendo aún si la batería es desconectada del interruptor K, debido a la carga almacenada por el condensador. El condensador se descargará a través del tubo, la resistencia FR y una nueva resistencia FR' que es conectada al circuito y activada con los pulsadores (P). La corriente en FR" no tiene efecto en el circuito en tanto el condensador no se descargue a través del tubo y la bobina. Por esta razón, FR" tiene un efecto de control sobre el circuito. Es posible ajustar el valor de esta resistencia para que el condensador se descargue más rápido o más lento.

Es importante resaltar el comportamiento oscilante del circuito, algo que no es evidente a simple vista y que no es descrito por los artículos. Por un lado, el condensador almacena energía eléctrica en forma de campo eléctrico, mientras la bobina lo hace en forma de campo magnético. Cuando el condensador se descarga carga a la bobina. Esto genera un semiciclo de onda con el potencial del condensador. Modificar el valor de las resistencias puede lograr que la bobina cargue nuevamente al condensador. Si esto sucede, es posible tener el semiciclo faltante. Con ello se ha conformado un oscilador que puede ser modelado como un sistema de segundo orden. Esta oscilación depende del valor del condensador y la bobina. "Es importante indicar que Hertz realizó el circuito, sin embargo, no funcionó y no dio explicaciones de las razones por las que no lo hizo" (Buchwald, 1994, p. 145). No obstante, es relevante en esta investigación porque como puede apreciarse, es el principio con el cual ha sido construido el oscilador - generador en el circuito.

Un fenómeno importante que descubrió Hertz al presentar a sus estudiantes el fenómeno de inducción electromagnética fue la aparición de chispas en la parte inferior de la espiral cuando la jarra de Leyden, empleada como condensador, se descargaba a través de la conexión con la parte superior de la espiral. Este fenómeno lo replicó empleando el secundario de un transformador. "Hertz descubrió que la espiral superior podía hacer chispa a la inferior incluso cuando era impulsada por una pequeña bobina, siempre y cuando las chispas siempre saltasen entre los terminales de la bobina (...) Este efecto - la apariencia de la chispa cuando los terminales de una pequeña bobina se descargaban entre sí, pero su ausencia cuando esta descarga no se producía - desconcertó a Hertz. Lo persiguió" (Buchwald, 1994, p. 219). Para analizar el fenómeno, Hertz decidió que

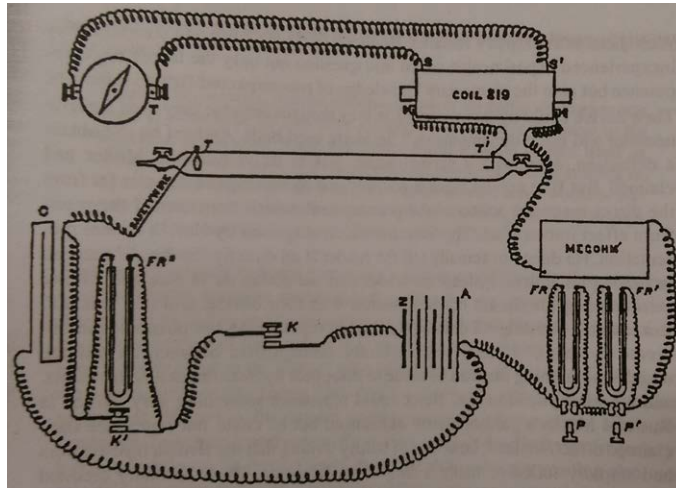


Figura 6.29: Diseño de un detector de intermitencia (Buchwald, 1994).

la única forma sería linealizando el espiral. Para ello sería necesario revertirlo, romper el núcleo y adjuntarlo al terminal de un alambre donde, se traería la chispa fuerte hacia el dispositivo. Este diseño se puede observar en la figura 6.30. Este principio es crucial para el desarrollo del fenómeno de ondas de radio frecuencia como se mostrará.

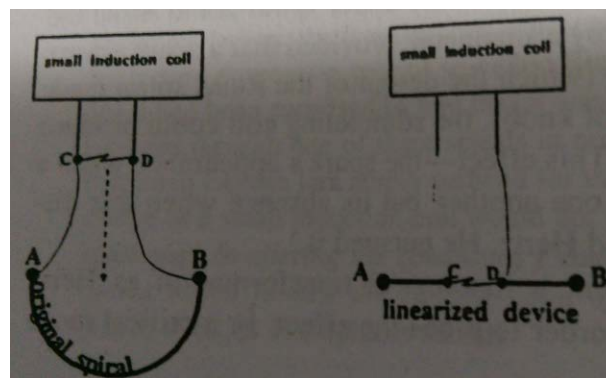


Figura 6.30: Diseño de un convertor de espiral en un dispositivo de comportamiento lineal (Buchwald, 1994).

Con los resultados obtenidos en el anterior experimento, Hertz se animó a publicar un artículo en el que comenzó la discusión de experimentos sobre este comportamiento. En este artículo explicó la forma en la que él eliminó las diferentes fuentes de poder de las potentes chispas. La pregunta que originó el trabajo fue ¿qué ocurre a lo largo del alambre de descarga como resultado de la presencia en él de la chispa? Independiente de la causa de las chispas inducidas, tenía que funcionar por la fuerza electromotriz. Para examinar la fuerza electromotriz requerida se diseñó un instrumento que logró revelar las diferencias en el potencial entre los puntos cerrados a lo largo del alambre (entre C y D) como se muestra en la figura 6.31. Los resultados fueron semejantes a

los medidos con el micrómetro en el experimento de Riess, descrito previamente. Se trataba, en su forma más simple, de un par de terminales metálicos (1 y 2 en la figura) separados por un espacio de aire ajustable. Uno podría probar el potencial entre dos puntos por la conexión de ellos a los nodos y cerrándolos solo mientras la chispa aparece. Esto dará origen a diferentes tamaños de chispa que ocurrirán a lo largo del circuito examinado. Es importante notar la presencia de un comportamiento capacitivo en A y uno inductivo en M, un comportamiento oscilante como el que se describió anteriormente.

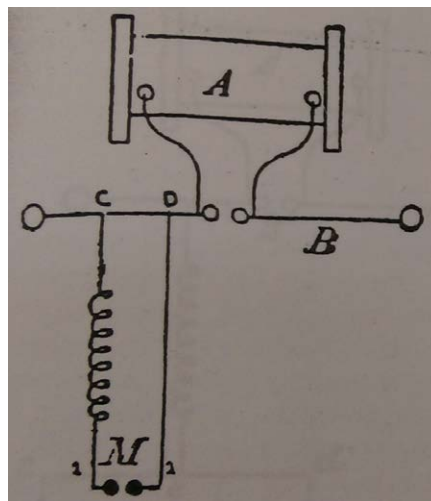


Figura 6.31: Prueba del potencial a lo largo de la descarga de un circuito con el micrómetro de Riess (Buchwald, 1994).

El eje central del trabajo descrito al momento se centra en la producción de chispas de alta diferencia de potencial que tienen asociado un comportamiento electromagnético. Este comportamiento es claramente el de un sistema con amortiguamiento. Un comportamiento asociado a la bobina y el condensador como elementos primordiales en el dispositivo diseñado. El circuito tiene asociado una impedancia (resistencia) que hace que el sistema oscile a una frecuencia específica, pero también que se atenúe, especialmente por el valor resistivo. No obstante, el comportamiento oscilante no se ve afectado por la actividad resistiva, solamente realiza un proceso de atenuación de la señal, o la chispa en este caso. El circuito de la figura 6.32 se construye “para demostrar que la resistencia efectivamente no participa en el comportamiento oscilante del sistema” (Mulligan, 1994, p. 195).

Partiendo de los diseños previamente descritos, Hertz interactuó con nuevos dieléctricos que modificaron el comportamiento de estos circuitos. Para 1887 se había construido la teoría sobre el “efecto de inducción del movimiento dieléctrico” en el que Hertz realiza una introducción a las “ondas eléctricas”. Con una variación del experimento de Riess, Hertz diseñó un nuevo circuito en el que se usa el “Nebenkreis” separado para captar los efectos de inducción de un cable co-

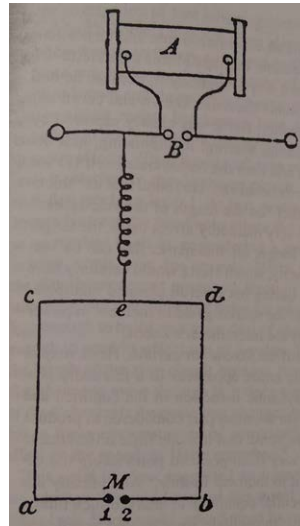


Figura 6.32: Prueba que la resistencia no afecta el comportamiento resonante (Mulligan, 1994).

nectado al cuerpo del oscilador. En este circuito se puede ver la influencia del uso de diferentes materiales dieléctricos (zona B) para hacer notorio la acción de la chispa con el circuito abierto (Mulligan, 1994). Es importante anotar que este circuito no funcionó en los primeros experimentos y fue motivo de varias modificaciones hasta que entregó los resultados esperados. El circuito se puede apreciar en la figura 6.33.

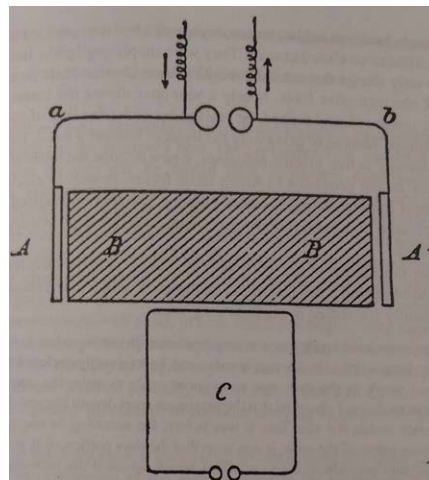


Figura 6.33: Diagrama del dispositivo original diseñado por Hertz (Buchwald, 1994).

Es de destacar que la oscilación en la acción de las chispas electromagnéticas producidas depende directamente de la capacitancia, la inductancia y la fuente de poder en el circuito emisor. Hertz logró demostrar que al emplear un circuito con capacitancias e inductancias similares resonaba a distancia de la acción de las chispas. Con esto demostró la acción a distancia de las “ondas eléctricas”, una acción que posteriormente dibujó como la acción de los campos en el proceso de

mejora de los dispositivos y la explicación de las ondas generadas (Mulligan, 1994).

En la construcción de las explicaciones del fenómeno, Hertz recurrió a diferentes fuentes. Sin embargo, tomando los resultados de su trabajo, las mediciones y su relación con la distancia entre el emisor y resonador, pudo construir una teoría de oscilación. En la figura 6.34 es posible notar una relación entre el tamaño del resonador en relación con la longitud de la onda que fue detectada. Un trabajo notable en vista de la carencia de dispositivos especializados para la medición del fenómeno (Mulligan, 1994).

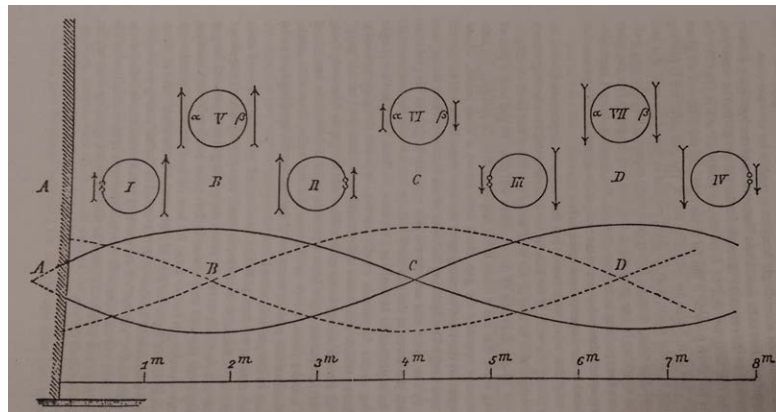


Figura 6.34: Resultados de la medición directa de las ondas generadas realizada por Hertz (Mulligan, 1994).

Este es el principio en el que se basan todos los dispositivos de telecomunicaciones en la actualidad, el legado de Hertz ¹⁰. En esta corta descripción hemos centrado la atención en los dispositivos capacitivos e inductivos. Estos dispositivos han sido la base del diseño del instrumento en las diferentes etapas, tanto para la oscilación como para la selectividad de las frecuencias a amplificar. Esto es posible observarlo en las figuras 6.9, 6.13, 6.14, 6.15, 6.18, 6.20 y 6.22. El fenómeno oscilante producido por la acción de la capacitancia, la inductancia y la fuente es posible apreciarlo en el espacio de “El oscilador” y específicamente, en las figuras 6.7 y 6.9. En la acción como circuito resonante es posible apreciar su aplicación en los circuitos diseñados de las figuras 6.14, 6.15, 6.22

¹⁰La descripción al momento realizada impide apreciar con detalle la dinámica y dimensión del trabajo de Hertz. Por esto, se comparten los siguientes enlaces que permiten observar una construcción del fenómeno con materiales actuales y dimensiones muy reducidas para su comprensión. Los experimentos son construidos y guiados por el maestro Alejandro del Mazo Vivar.

- https://www.youtube.com/watch?v=ioGfUfaY_WA
- <https://www.youtube.com/watch?v=7YV6bju0cI8>
- https://www.youtube.com/watch?v=nGibN_KuDkI
- <https://www.youtube.com/watch?v=tiLNveGyDXk>

y 6.23. Con esto, se puede mostrar que existe una fuerte relación teórica entre el diseño de Hertz y el diseño del instrumento científico. Es importante tener en cuenta que, más de cien años después los elementos se han miniaturizado, así como, la tecnología que existe en el momento facilita la medición del fenómeno. Sin embargo, se ha buscado que exista una fuerte relación entre el efecto del fenómeno y el efecto producido por el instrumento científico diseñado.

6.2. Aspecto de construcción

Para continuar con el segundo campo, *construcción*, es importante indicar que metodológicamente se desarrolló empleando la metodología Scrum, descrita anteriormente. De esta forma, este campo toma los resultados del anterior para dar curso a la elaboración del instrumento científico. Específicamente, se revisaron los diseños y posteriormente, las simulaciones de estos circuitos. Paralelo a la revisión de los diseños se contemplaron las sugerencias realizadas por el profesor Vivas, particularmente, los aportes hechos a la fase de amplificación.

Luego de asegurar que los resultados en la simulación entregaban los resultados esperados, se procedió a conseguir los componentes. La primera dificultad relacionada con la construcción se relaciona con el valor de los elementos. Aun cuando se intentó ajustar los valores del diseño a valores comerciales, encontrarlos no fue sencillo. Inicialmente, aun cuando los valores, en su mayoría, eran muy cercanos a los comerciales, al momento de adquirirlos no había existencias debido a que son componentes especiales y específicos. Por esta razón fue necesario solicitar algunas piezas desde China, pero el tiempo que demoró en que llegaran país tomó más de tres meses, lo que retrasó el inicio de este campo. Seguido a esta dificultad se encuentra la tolerancia de los componentes. Esto refiere a que el valor que la empresa entrega no es preciso, tiene un margen de error que puede estar entre el 5 %, 10 % y 20 % dependiendo del componente. Además, el costo del dispositivo es proporcional a este margen de tolerancia de error.

Luego de contar con los componentes específicos se comenzó el montaje de la primera fase, el generador. En esta fase surgió un nuevo inconveniente. No es posible emplear dispositivos de prueba como “protoboards” o semejantes. Estos dispositivos generan capacitancias al circuito que en la acción de altas frecuencias se comportan como altas reactancias, cuyo valor afecta significativamente lo diseñado. Para solventar este inconveniente fue necesario realizar las soldaduras al aire. En otros términos, se unieron los componentes directamente de los terminales aplicando estaño y minimizando la cantidad para evitar comportamientos resistivos adicionales. La figura 6.35 muestra el circuito de prueba construido. Culminada la etapa de soldadura se procedió a aplicar una diferencia de potencial de 9V para alimentar el circuito. Gratamente, el resultado de la oscilación fue de 26,95MHz. Muy cercano al valor con el que se realizó el diseño. La figura 6.36 nos muestra el resultado de la oscilación obtenida en el osciloscopio.

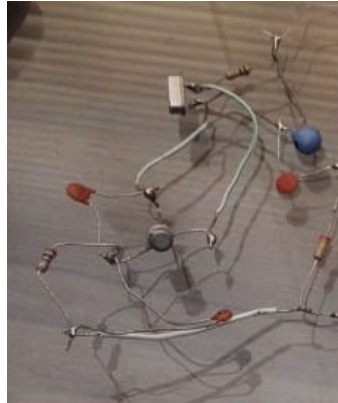


Figura 6.35: Circuito eléctrico oscilador en el instrumento científico.

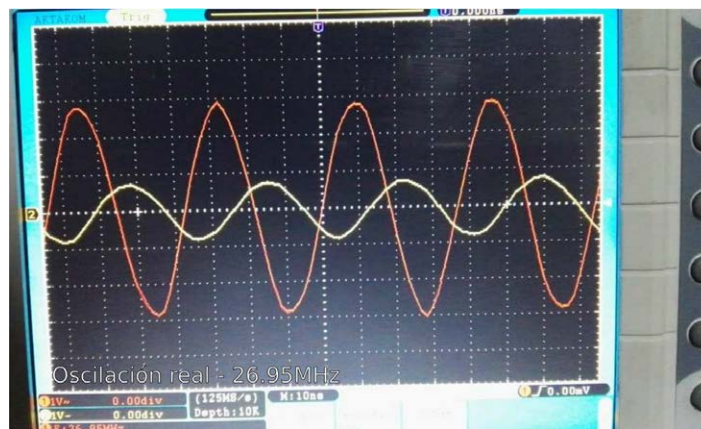


Figura 6.36: Señal de salida obtenida del oscilador.

Culminada esta fase se procedió a hacer el montaje de la fase de amplificación. De esta fase lo primero que se construyó fue el pre-amplificador. El montaje se realizó con un transistor de procedencia China de la especificación del diseño y la simulación. Los valores de las resistencias y los condensadores fueron de fácil adquisición. No fue así con las bobinas y se requirió construirlas. Este trabajo fue inicialmente artesanal. Se encontró información en web de cómo construir el inductor. Para tal efecto, se calculó el diámetro del cable, el número de espiras y de núcleo, se realizaron los cálculos con la permitividad del aire. Al realizar las pruebas con esta bobina los resultados obtenidos se alejaban significativamente del valor esperado. Fue necesario acudir a un técnico especializado para que hiciera los bobinados. No obstante, luego de recibir el producto los resultados fueron igualmente muy negativos.

Luego de múltiples evaluaciones al montaje se determinó un problema adicional. Los transistores de China no cumplen con las especificaciones que muestra la hoja de datos de comportamiento. No fue sencillo llegar a esta conclusión en vista de que fue necesario examinar el dispositivo en otra aplicación para evaluar su comportamiento. Realizando barridos de frecuencia se logró deter-

minar que a medida que la frecuencia de trabajo aumentaba, también lo hacía la tolerancia en la respuesta de forma proporcional, un aspecto muy negativo en la implementación del instrumento. Para solventar este inconveniente fue necesario adquirir transistores directamente del fabricante. A pesar de la diversidad de empresas que fabrican estos dispositivos, en Colombia no es fácil acceder a ellos. Fue posible adquirir los dispositivos requeridos con un intermediario para Colombia de la empresa NEC (Nippon Denki Kabushiki Gaisha). Estos dispositivos responden mucho mejor pero su costo es elevado en relación con los mencionados.

Luego de tener el transistor de “marca propia” se realizó el montaje con los componentes pasivos que disponíamos. Los resultados mejoraron significativamente, no obstante, la frecuencia de resonancia del amplificador clase C se encontraba fuera del rango. Luego de pruebas adicionales se determinó que la razón eran las bobinas, nuevamente. Fue necesario adquirir bobinas de precisión. Algunas de éstas ofrecen valores más precisos pero su comportamiento en alta frecuencia hace que el valor reactivo cambie significativamente. Para evitar más inconvenientes fue necesario la importación de bobinas de precisión con núcleo de ferrita. Se aprovechó en el pedido para adquirir un juego de 25 bobinas con esas condiciones y 10 cristales de cuarzo a oscilación de 27 MHz, pensando en colaborar a los estudiantes en el momento de la implementación de la unidad didáctica. Este tipo de bobinas son muy empleadas en montajes superficiales de telecomunicaciones y son ideales para el trabajo en alta frecuencia. Como era de esperarse, el costo de este tipo de dispositivos es elevado en comparación con las que no tienen este núcleo y precisión en valor.

Luego de dos meses, tiempo que requiere la importación de este material, se procedió a realizar el montaje del pre-amplificador con el transistor de “marca propia”, los condensadores y las bobinas de precisión y núcleo en ferrita. Los resultados mejoraron significativamente en relación con el montaje anterior. No obstante, el valor de la amplificación no coincidió con la planeada en el diseño. En la evaluación del circuito, los cálculos se acercan bastante en impedancias de entrada - salida, en valores reactivos y en frecuencia de resonancia, entre otros, pero, a pesar de tener un transistor de fabricante la reactancia que genera el transistor al interior por el efecto de sus junturas (Miller) impide que la amplificación se alcance en relación con los valores ideales que se obtienen en el diseño y la simulación. Este problema solo es posible resolverlo con transistores especializados para telecomunicaciones. Su adquisición es más compleja y su costo sobrepasa los \$50US cada uno. Con esta condición, el diseño de un instrumento de bajo costo no sería posible. Por esta razón, fue necesario mantener el diseño original y acotar la siguiente etapa de amplificación.

Otra limitación que se encontró en la evaluación fue el comportamiento de las soldaduras al aire en alta frecuencia. Se evidenció un comportamiento inductivo que afectó el punto de frecuencia de resonancia del sistema. Por esta razón, fue necesario trasladar los componentes a soldadura superficial. La figura 6.37 muestra la diferencia entre soldadura en el aire y la soldadura superficial. Es importante señalar que el montaje sobre la baquelita de los componentes de esta forma es con-

siderado un uso diferente al que usualmente se emplea; normalmente los componentes atraviesan el acrílico y se sueldan sobre la superficie de cobre, empero, esta forma genera una capacitancia adicional en el montaje que se elimina soldando directamente sobre la cara de cobre.

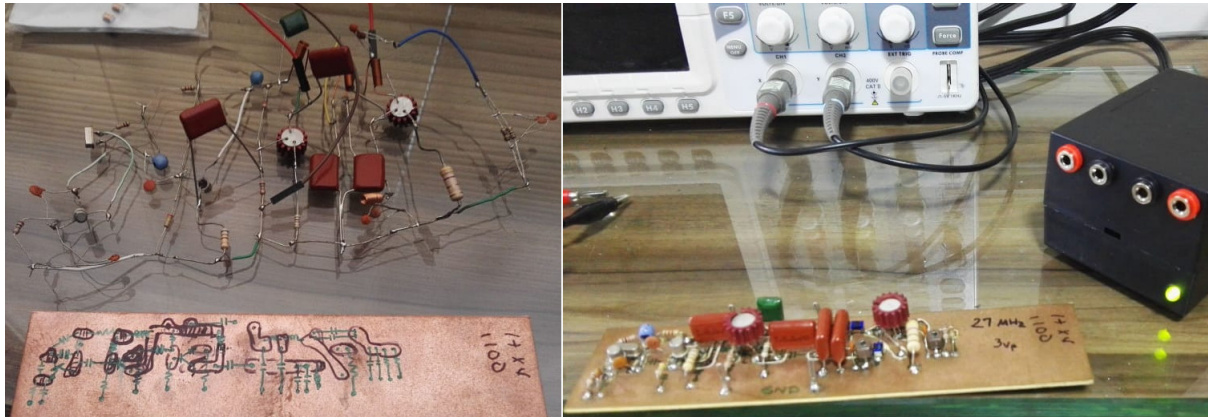


Figura 6.37: Circuito eléctrico oscilador interconectado con el amplificador en el instrumento científico.

Realizar soldaduras de calidad, diseños de impreso adecuados y con pérdida mínima de espacio, son actividades que requieren de la ayuda de una persona que tenga la habilidad para hacer de este proceso un éxito. En este procedimiento ha sido muy beneficioso el apoyo del maestro José Iván Martínez Peña¹¹. Luego de entregarle los circuitos soldados al aire y en una etapa de ajuste, el maestro se encargó de afinar el dispositivo para que los resultados en la evaluación fueran mucho mejores. Además, para dar mayor excursión a la señal se aplicó una diferencia de potencial de 24V. Con este nuevo circuito desplegado en una baquelita, y con el apoyo del maestro Martínez, se minimizaron espacios para evitar comportamientos no contemplados en el diseño. Esta actividad de afinación fue crucial para mejorar los resultados obtenidos al momento.

Luego de tener un circuito afinado sobre la baquelita, se puede afirmar que la señal a la salida del amplificador mejoró notoriamente, en especial por la “excursión” y la reducción del número de armónicos que componen la señal. En la versión de ajuste se obtuvo un resultado muy importante, sin embargo, el número de armónicos que se obtuvo a la salida eran significativamente altos. Esta situación conllevó a que se elevara el ancho de banda de la señal y, por consiguiente, afectó considerablemente la siguiente etapa. Como se mostró en la etapa de diseño, minimizar el ancho de banda permitirá aumentar la ganancia del sistema.

¹¹José Iván Martínez Peña es Licenciado en Electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional. Hace parte de la planta de maestros del Distrito Capital y orienta el área obligatoria de Tecnología e Informática. Tiene una experiencia de más de 25 años en desarrollar actividades ligadas a aspectos técnicos y tecnológicos de la electrónica y los computadores, razón por la cual su apoyo es muy valioso.

Luego de hacer las respectivas pruebas al circuito se mostró una nueva dificultad, en esta ocasión la temperatura en el circuito se disparó significativamente. La fase de generación de la señal no se vio afectada. Sin embargo, la etapa de pre-amplificación sí. El cambio de alimentación a 24V ajustó los parámetros de polarización del transistor, mejoró su desempeño y aumentó la potencia. En el diseño original se trabajó con 9V para todas las etapas, sin embargo, con esta nueva modificación necesaria la temperatura en el transistor aumentó considerablemente. Para este caso, fue necesario diseñar una alternativa de disipación de calor para evitar la fisura de los transistores. Esta estrategia consistió en elevar los transistores y ubicar en el colector de los mismos disipadores de aluminio. Con esta modificación se mantiene una temperatura que la soportan los semiconductores y mantiene la potencia esperada. La figura 6.38 muestra el resultado de esta fase.

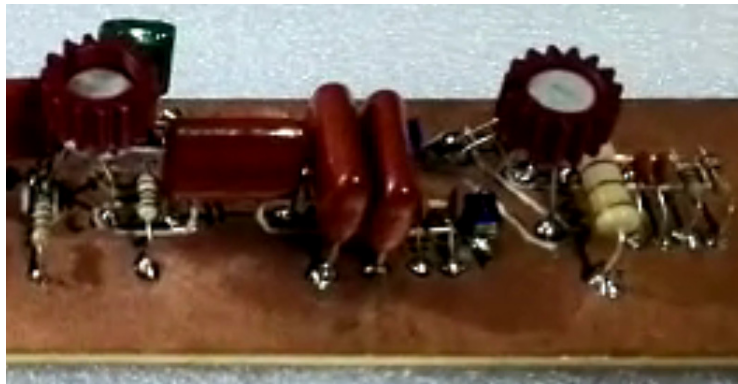


Figura 6.38: Ajuste del circuito para disipar calor entre los componentes.

La construcción del amplificador de potencia siguió la estrategia de la fase de pre-amplificación. La experiencia ganada con la elaboración de la anterior fase ayudó a que el desarrollo de ésta fuera más rápido. Se acopló esta nueva fase a la anterior y se notó una ganancia esperada en la señal de salida. Con la potencia obtenida fue posible conectar una antena de prueba, específicamente, una carga de 50Ω al amplificador. La figura 6.39 muestra la fase de amplificación acoplada a la fase de pre-amplificación.

Culminada esta fase se dio inicio a la construcción de la antena dipolo simple. El primer reto que se tiene al elaborar la antena es minimizar el peso. Aun cuando no se construya con las dimensiones de λ , porque las dimensiones serían cercanas a los 11 mts, tener cerca de 2,7 mts por cada brazo genera un peso significativo. Para mantener las dimensiones esperadas y bajar el peso se empleó aluminio. El siguiente reto en la antena es el ajuste de λ para la sintonización de las antenas y del circuito. Es necesario disponer de una alternativa en la que sea posible elongar o disminuir la longitud de la antena, y con ello el λ , de tal forma que la Relación de Onda Estacionaria (ROE) se ajuste al parámetro. Para resolverlo, se emplearon dos tubos de aluminio de diferente diámetro. Uno de ellos entraría ajustado dentro del otro. De esta forma se puede disminuir o ampliar la

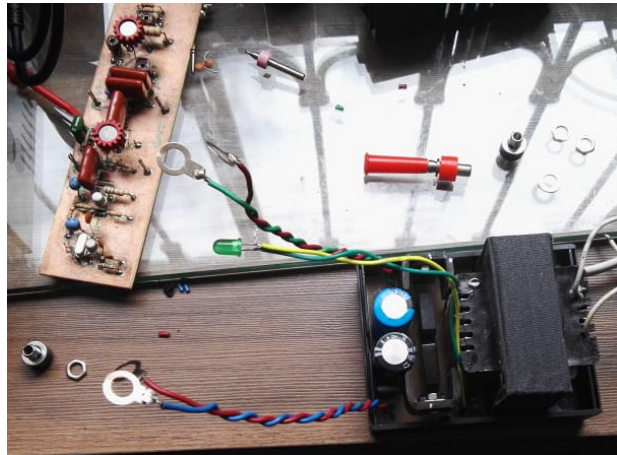


Figura 6.39: Circuito eléctrico generador (oscilador - Amplificador interconectados).

longitud sin afectar la impedancia del sistema. Para ajustar y mantener la dimensión se emplearon abrazaderas. Con ese ajuste fue suficiente. Para mantener la distancia de los dos tubos sin unirlos, o se pondría en corto la fuente y el amplificador, se usó una unión para tubo de PVC (policloruro de vinilón) de un diámetro levemente mayor que el mayor de los tubos. Con esto, los dos tubos de aluminio entraron en la unión sin que se unan y se pueden ajustar por medio de un tornillo. Esta unión es muy importante porque a ese tornillo se conectarán los conductores que traen la señal del amplificador. Con ello se resuelven los inconvenientes ligados al diseño de la antena¹². Se construyeron dos antenas siguiendo esta estrategia, una para emisor y otra para recepción. La figura 6.40 muestra la antena construida.

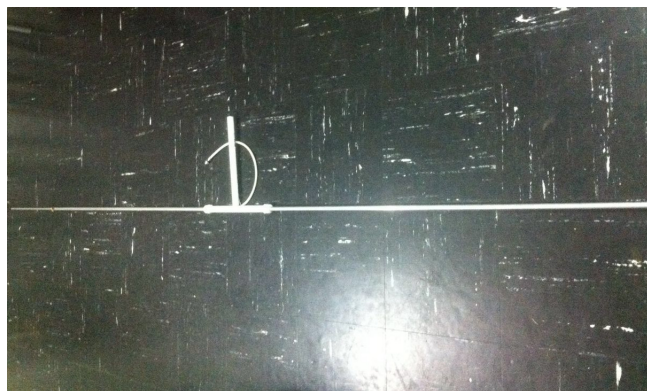


Figura 6.40: Antena dipolo simple construída.

Culminada la etapa del generador se inicia la construcción de la etapa de receptor. En la construcción de esta etapa se continuó con la estrategia empleada en la fase del pre-amplificador. En

¹²Para la construcción de las antenas fue útil la información contenida en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=ySgotYeXjKA>

otras palabras, se realizó un montaje de soldadura al aire como versión de prueba y luego se trasladó a montaje superficial sobre baquelita. Es relevante recordar que la etapa de sintonización y amplificación se realizará con un mismo circuito, un amplificador clase C. En el desarrollo del montaje de prueba surgió un inconveniente, el condensador del tanque requiere ser variable y no fijo para ajustar el punto de frecuencia de resonancia del circuito. El problema se encuentra en que el valor de capacitancia variable esperada no es un valor comercial para ser adquirido con facilidad. Para resolver el inconveniente fue necesario acudir a los radio técnicos y ubicar un condensador variable de segunda mano proveniente de un radio antiguo. Con este componente y la bobina de núcleo de ferrita fue más sencillo el ajuste del punto de resonancia en el circuito. El circuito se alimentó con una fuente de 9V. La figura 6.41 muestra el circuito de prueba. Luego de hacer una evaluación del circuito se puede afirmar que los resultados obtenidos en el osciloscopio se ajustan a los esperados en la etapa de diseño. Culminadas las pruebas iniciales con el circuito al aire se procedió a pasarlo a la baquelita. En el paso se le adecuaron bobinas de choque para evitar cargar la fuente y enviar armónicos innecesarios que pueden ocasionar su deterioro. Además, se ubicó internacionalmente un condensador que se ajusta a las especificaciones, se adquirió y se reemplazó por el condensador variable de segunda mano. La figura 6.42 muestra el receptor con los dispositivos soldados superficialmente.



Figura 6.41: Circuito eléctrico receptor de prueba (Resonador - Amplificador interconectados).

De esta forma se han construido las dos etapas contempladas en el diseño y construcción del instrumento científico. Luego de la evaluación del diseño y la construcción, se procedió a mejorar la presentación final del instrumento para presentarlo como un prototipo. Con la adecuación de conectores y terminales se procedió a realizar una evaluación general que denominamos uso. Esta evaluación del prototipo se muestra en el siguiente campo.

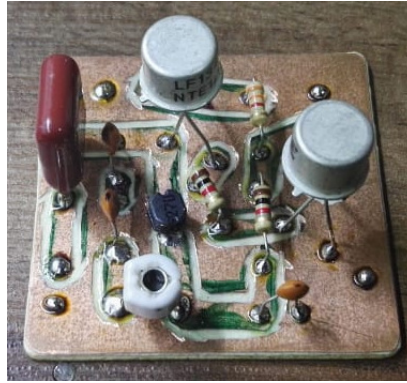


Figura 6.42: Circuito eléctrico receptor con soldadura superficial (Resonador - Amplificador interconectados).

6.3. Aspecto de uso

Luego de tener las dos etapas funcionando y con los resultados esperados, es necesario adecuar las baquelitas en un soporte para ser presentado como un prototipo funcional. Esta adecuación protegerá el circuito, facilitará la conexión de la alimentación, la conexión de las antenas y la conexión del osciloscopio. En esta actividad fue esencial el apoyo del maestro Iván Martínez. Para poder observar el conjunto de dispositivos interconectados se optó por emplear acrílico transparente para hacer las cajas contenedoras. En el generador, se dispuso de dos salidas para antena. La primera, permite la interconexión de una antena de corta longitud para facilitar el montaje sobre una mesa de cortas dimensiones. La segunda dispone de un conector tipo BNC, muy útil en radio frecuencia, que permite conectar las antenas dipolo simple con facilidad y para espacios más grandes. Además, este terminal permite conectar con practicidad los terminales del osciloscopio para la toma de valores y observación de comportamiento del circuito. Por otro lado, en vista que el prototipo requiere de tres alimentaciones, una de 9V para oscilador, una de 24V para amplificación y una de 9V para receptor, fue necesario ubicar en las cajas diferentes terminales que favorezcan la conexión e impidan hacer un corto circuito por equivocación. La figura 6.43 ilustra la versión final del generador. En la figura se puede observar la fuente de alimentación, el circuito encendido, la antena de corta longitud ubicada y al fondo, en el osciloscopio, la señal de 27MHz generada.

En el receptor se siguió la misma estrategia. Se empleó acrílico transparente para la caja. Se dispuso de dos terminales para antenas, una para interconectar una antena de corta dimensión y otra para la antena dipolo simple. Además, como salida del circuito se adecuó un terminal que facilita la conexión del osciloscopio para observar la señal que se recibe. Para la alimentación del circuito se adecuó un terminal tipo jack para 9V, con ello se espera que el equipo se pueda interconectar fácilmente y en ese orden de ideas, la manipulación del instrumento sea sencillo. La figura 6.44 muestra la versión final del receptor.

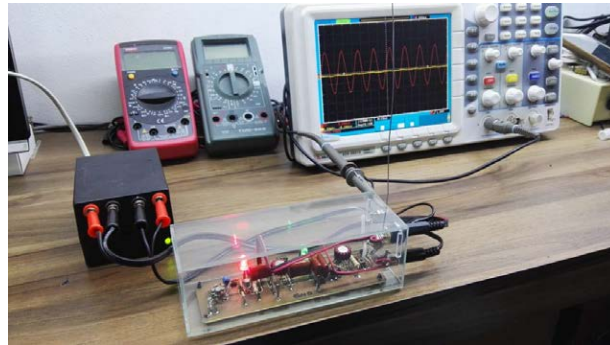


Figura 6.43: Circuito prototipo eléctrico generador (Resonador - Amplificador interconectados).

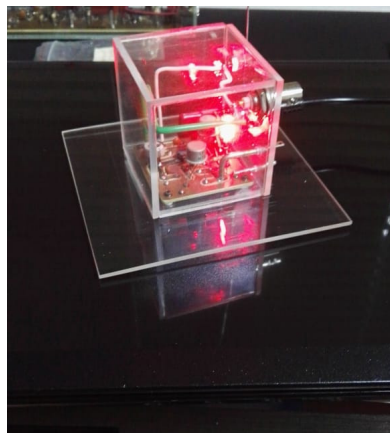


Figura 6.44: Circuito prototipo eléctrico receptor (Resonador - Amplificador interconectados).

Como se indicó, fue necesario alimentar el circuito con dos diferencias de potencial diferentes. Para garantizar el óptimo funcionamiento del instrumento, fue necesario construir una fuente de alimentación dual con salida de 9V y 24V para la alimentación del generador. En la construcción se redujo la diferencia de potencial de la señal AC de 110V empleando un transformador y posteriormente se rectificó la señal en onda completa. Se ubicaron reguladores a la salida de la señal rectificada para mantener la señal DC esperada. La figura 6.45 muestra la fuente de poder construida.

Culminado el proceso se realizó una nueva prueba del prototipo para verificar que no se alteró el funcionamiento al pasarlo a las cajas. No fue necesario hacer pruebas de medición específicas en vista que éstas fueron realizadas en el campo de construcción. Esta evaluación buscó corroborar que ninguna soldadura o dispositivo se averió en la presentación final. La figura 6.46 muestra la versión final del instrumento científico construido. En la figura se puede observar que el conjunto de dispositivos se encuentra encendido. Para favorecer el funcionamiento en un espacio de corta dimensión, tiene acopladas las antenas de corta longitud. Al fondo se pueden observar dos señales en el osciloscopio, una de color rojo y otra de color amarillo. Estas son las señales de emisión y



Figura 6.45: Fuente de alimentación para el sistema 9V-24V.

recepción respectivamente ¹³.

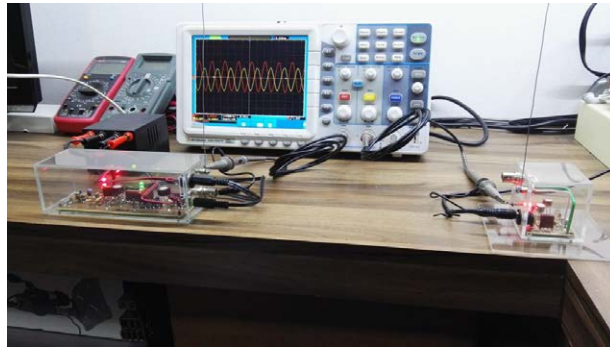


Figura 6.46: Prototipo del instrumento científico generador y receptor de ondas de radiofrecuencia.

Es importante resaltar que, en el desarrollo del instrumento científico fue vital el uso del osciloscopio. Emplearlo permitió encontrar señales parásitas, analizar el desfase de algunas señales, analizar las magnitudes de las señales obtenidas, observar la sintonía de los circuitos y determinar la cantidad de armónicos que se obtenía de la señal. Estas acciones son fundamentales para llevar a cabo la elaboración del dispositivo.

Adicionalmente, para construir el circuito es considerado importante conocer cómo interactúan los componentes eléctricos, cómo se construyen circuitos, cómo se repara un circuito (solución a problemas), cómo se realizan soldaduras de calidad, cómo ubicar adecuadamente los componentes, en especial sobre una baquelita, cómo interconectar los componentes y la alimentación, reconocer los materiales adecuados para fabricar el prototipo, prever o anticiparse a la respuesta de los componentes en términos de señales y ante todo, tener claro un protocolo para manejar señales adecuadamente.

¹³En las carpetas Evidencias y Osciladores que están dentro de la carpeta Anexos - Instrumento Científico se puede encontrar mayor información de lo descrito en este capítulo.

A este punto se ha presentado el desarrollo del instrumento científico que genera y recibe ondas de radiofrecuencia. Es importante mencionar que su diseño toma como base los estudios realizados por Heinrich Rudolf Hertz en el periodo de 1887 - 1890. En este desarrollo se presentaron tres partes: el diseño; construcción; y uso, mediados por una metodología Scrum. En la primera parte, se mostró con rigor el proceso necesario para diseñar el instrumento. En particular, se realizó un modelamiento matemático del sistema y se avanzó paso a paso mostrando los comportamientos de este ante la variación o estímulo de alguna de sus variables. En este modelamiento matemático fue posible relacionar el comportamiento del modelo con los dispositivos eléctricos necesarios para validar este comportamiento. En esta relación se determinaron los valores que deberían tener los dispositivos para validar el comportamiento requerido en el sistema. Con los valores se realizó un esquema eléctrico de interconexión. Posteriormente, fue evaluado empleando software especializado para la simulación del comportamiento. Con los resultados obtenidos se pasó a la siguiente parte.

Con los esquemas eléctricos necesarios para la construcción del circuito se procedió a adquirir los dispositivos. A pesar de las dificultades para su consecución, se logró la interconexión de los componentes. En esta parte se describe paso a paso el procedimiento empleado para la interconexión, además, se enunciaron las dificultades que dieron lugar en el proceso. Culminada cada parte del montaje se realizó una evaluación del comportamiento del circuito para validar la respuesta con la esperada en el modelamiento y simulación. Se emplearon dos tipos de montaje, una llamada soldadura al aire en la que los componentes son soldados entre sus terminales sin soporte adicional y una denominada superficial en la que los componentes se llevaron a un diseño de baquelita y fueron soldados sobre esta superficie de cobre directamente. Con los diseños materializados en dos circuitos, uno generador y uno receptor, se procedió a la siguiente parte.

Finalmente, luego de tener la certeza del comportamiento de los circuitos se procedió a ubicar el circuito en cajas contenedoras, de tal forma que el instrumento sea percibido como un prototipo. Para nuestro caso, las cajas fueron hechas con acrílico transparente para poder observar la interconexión de los componentes. Se adicionaron conectores para las fuentes de alimentación del circuito, para la conexión de dos antenas, una de corta dimensión para espacios reducidos y un dipolo simple de grandes dimensiones. Además, un terminal para conectar el osciloscopio. Con la experiencia adquirida en el diseño, la construcción y el uso del prototipo se puede afirmar que se dio cumplimiento al primer objetivo específico de la investigación, *determinar las características para construir un instrumento científico que permita estudiar la generación y detección de ondas de radiofrecuencia al emplear antenas dipolo simple tomando como referencia los estudios de Heinrich Rudolf Hertz sobre el tema en el periodo de 1887 a 1890 con estudiantes del programa de Licenciatura en Electrónica que estén cursando el área de comunicaciones*. Con estas actividades propias de la tecnología, se procedió a elaborar la Unidad Didáctica. Esta unidad hace parte del segundo objetivo de la investigación. Su desarrollo será presentado en el siguiente capítulo.

Capítulo 7

Diseño de la Unidad Didáctica

Para describir la forma en la que se diseñó la Unidad Didáctica (UD) se partirá de mencionar el marco conceptual que la soporta. Estos conceptos son tomados del referente conceptual producto del estado del arte de la investigación. Se articularán tres niveles de diseño para un programa de educación superior de formación de maestros. En nuestro caso, la Licenciatura en Electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional. En el primer nivel se ubicó el macro-currículo y se conectó con el segundo nivel, el meso-currículo. En este proceso se centró la atención en el tema de competencias (Constantino, 2015). Culminado este punto se centró la atención en el tercer nivel, micro-currículo, razón de la investigación. Éste se materializó en un Syllabus que toma como base el esquema sugerido por Pozuelos (1997) para el diseño de una UD. Este producto guía la investigación y fue presentado al grupo de comunicaciones II, del programa de Licenciatura en Electrónica, a inicios del segundo semestre de 2018. La figura 7.1 ilustra la forma en la que se concibió el Syllabus.

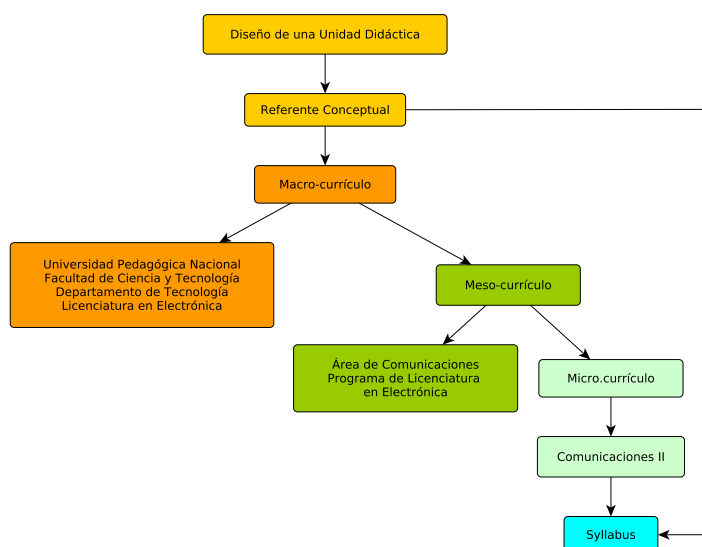


Figura 7.1: Síntesis del diseño de la Unidad Didáctica.

7.1. Referente conceptual para el diseño de la Unidad Didáctica

Para iniciar, es importante resaltar que la UD elaborada se conecta con un currículo para la formación de maestros para el Área de Tecnología e Informática. Específicamente, se conecta desde el espacio académico de comunicaciones II del programa de Licenciatura en Electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional. Responde a la necesidad evidenciada por Jones et al. (2013) de investigar en la Educación en Tecnología (EDUTECH), particularmente, fomentando alternativas que favorezcan la indagación en el plan de estudios en la EDUTECH (Williams, 2016).

En esta preocupación se ha optado por vincular la Educación en Ciencias con la EDUTECH Davies y Gilbert (2003) desde el diseño, construcción y uso de un instrumento científico que propicie la comprensión del fenómeno de generación y detección de ondas de radiofrecuencia (Ramírez y Mora, 2018). Con este vínculo se busca traer las ideas y experiencias que tienen los artefactos, producto de la Ciencia y la Tecnología (CyT), al aula de clase. Estas ideas y experiencias consolidarán nuevo conocimiento, desarrollarán capacidades y formarán nuevas competencias en CyT tan necesarias en nuestra actual sociedad (Sjøberg, 2002).

Por esta razón, en esta UD se ha optado por integrar las matemáticas, la ciencia y la tecnología, como ejes principales de una actividad que procura por el diseño, construcción y uso de un instrumento científico, actividades propias de la EDUTECH. En este orden de ideas, la UD se convierte en un elemento central e integrador de saberes que se conecta con la necesidad de diseñar currículos integradores (Williams et al., 2000). Así mismo, la UD pretende aportar a la formación de las competencias para el siglo XXI propuestas por Pešaković et al. (2014) y presentadas en el cuadro 4.2. No obstante, centrará la atención en la formación de competencias propuestas por la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017 y resumidas en el cuadro 4.1.

En este punto es esencial recordar que la investigación entiende por competencia como un complejo de conocimiento funcionalmente vinculado con habilidades y actitudes que permiten realizar tareas con éxito y la resolución de problemas. Exactamente, aplicar competencias evoca complejos de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten el desempeño exitoso de las tareas y la resolución de problemas con respecto a los problemas del mundo real, desafíos y oportunidades. En este sentido, las capacidades son entendidas como un conjunto de habilidades que se consolidan en acciones socialmente útiles, por esto, se conectan con las competencias (Wiek et al., 2011). En consecuencia, para vincular competencias y capacidades se sugiere hacerlo alrededor del desarrollo de un problema. Esto es importante en vista que la estrategia propicia una fuerte conexión entre el problema, los estudiantes y el contexto en el que se desenvuelven. Como caso particular, Shumba et al. (2016) muestran como la implementación de esta estrategia en un sector africano ha generado muy buenos resultados, en especial, porque atiende problemas sensibles a la población a la que se dirigen estas dificultades. Por consiguiente, se propone articular la estrategia desde la propuesta de

Wiek et al. (2011) descrita en la figura 4.3.

Entonces, si para desarrollar capacidades y formar competencias es útil hacerlo desde la solución a un problema, es posible vincular al modelo de Wiek et al. (2011) el aprendizaje basado en problemas (PBL). Este modelo es útil para formar las competencias para el siglo XXI (Pešaković et al., 2014; Ritz y Fan, 2015; Thompson et al., 2013). De tal forma que, también lo será para desarrollar las competencias para la formación de maestros descritas por la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017.

Es importante mencionar que el método de PBL se apoya fuertemente con la teoría constructivista del aprendizaje. Los problemas generan cambios cognitivos que favorecen el aprendizaje. Al respecto, Pozo (1999) y Moreno y Waldegg (1998) sugieren que en estos cambios cognitivos se hace necesario fijar la atención del estudiante en el proceso. En vista que la UD vincula la matemática, la ciencia y la tecnología como ejes centrales del proceso, es importante comprender que los cambios cognitivos que presentarán los estudiantes no son diferentes de los científicos como pensadores y aprendices. Esto es relevante si se entiende que aprender implica cambiar el tipo de procesos y representaciones desde los que son abordados los problemas y situaciones a los que nos vemos enfrentados en nuestra cotidianidad. Por esto, en la UD diseñada para el espacio académico de Comunicaciones II fue esencial evolucionar de posiciones menos realistas (aquellas que centran la atención en la memorización de la teoría y se enfocan en lo que podría ser) a posiciones más constructivistas transformando la complejidad con las que son abordadas la interacción y el equilibrio (Carretero, 2005).

Para la comprensión del fenómeno de generación y detección de ondas de radiofrecuencia es importante el uso del laboratorio. Sin embargo, este tipo de espacios no son frecuentes en la formación superior y mucho menos, en la formación básica y media. Al respecto se puede indicar que en el mercado existen alternativas de laboratorios virtuales. Sin embargo, éstas no resuelven las competencias que se requieren al momento de trabajar en el laboratorio (Cagiltay et al., 2011; Couto y Romão, 2009; Nikolic, 2014). Kaçar y Bayılmış (2013) afirman que las aplicaciones y experimentos que se proponen a los estudiantes proveen de una experiencia que le permite resolver problemas prácticos. En consecuencia, no es posible que esta experiencia de aprender haciendo pueda ser adquirida únicamente con ejercicios de simulación, o mucho menos, con una presentación teórica de los contenidos (Laut et al., 2015). En complemento, si bien las simulaciones de software son útiles y pueden emplearse en el desarrollo de una actividad, no existe un verdadero sustituto para las implementaciones de hardware y la verificación experimental para la docencia y la investigación (Linn, 2012). Por esta razón, en la UD se optó porque el diseño del instrumento científico sea el horizonte y el problema por resolver. En el desarrollo del problema el grupo de trabajo se apoyó del uso de herramientas TIC, especialmente, aquellas que le permitan simular el comportamiento de algunos dispositivos interconectados. Los resultados de estas simulaciones favorecen la conexión

con el problema, además, permiten generar nuevas estrategias y ajustar los planteamientos iniciales de trabajo (Priem et al., 2011). También fueron contempladas herramientas TIC que ayudaron a divulgar los resultados obtenidos, entre otras más. Por otro lado, Theyßen et al. (2014) afirman que medir competencias es un proceso complejo, en especial si se tratan de competencias experimentales pero, es viable hacerlo empleando test y simulaciones. Por esta razón, las herramientas TIC son un gran aliado en el desarrollo de la UD.

Desde el punto de vista del fenómeno en la UD, Malagón et al. (2013) suponen que la *fenomenología* exige la organización de experiencias y observaciones intencionadas que describen detalladamente al fenómeno, experiencias que se encuentran ligadas a la actividad experimental. Por esta razón, en la fase inicial se realizó una actividad de laboratorio en el que se empleó un equipo de ondas de radiofrecuencia y se realizaron varios montajes acompañados de varias preguntas que orientaban la actividad y que buscan enfocar al estudiante y al grupo sobre el fenómeno, en últimas, se realizó una fenomenología. Esta actividad pretende que el estudiante no solo se adentre a conocer el fenómeno, también procura porque el estudiante y el grupo conozcan el equipo de laboratorio. Desde este punto, el estudiante puede considerar estrategias para replicar o diseñar un instrumento científico. Visto de otra forma, el estudiante conforma un espacio en el que se requiere de la tecnología y diseño para convertirlo en ciencia, una actividad a la que Bachelard denominó “*fenomenotécnica*” (Torretti, 2012). En este espacio la experiencia se convierte en un factor preponderante, no solo para aprender, también lo es para generar ideas y estrategias en la solución del problema. Esto es muy importante en vista que la experiencia se encuentra ligada a la vida misma del sujeto, éste lo dota de sentido y significado a partir de lo que le pasa. Por ello, esta experiencia es individual y no es repetible, lo que la hace única (Larrosa, 2003).

Finalmente, en la organización de estas ideas se encuentra la UD. Para su diseño lo primero que se contempló fue el “*Qué*”, “*Para qué*”, y “*Cómo*” enseñar y aprender (Couso, 2013). Definidos estos factores fue necesario integrar los elementos previamente descritos, esto es la actividad de laboratorio, los contenidos propios del curso de Comunicaciones II, articular el problema de diseñar, construir y usar un instrumento científico para la generación y detección de ondas de radiofrecuencia, el material de apoyo, las asesorías y las evaluaciones. Para integrar estos elementos se propone el esquema de la figura 4.15 que secuencia los elementos a tener en cuenta al diseñar una UD desde la propuesta de Martínez et al. (2013). Para presentar la UD se tendrán en cuenta la justificación, información, elementos de articulación, recursos y materiales curriculares, organización, investigación y evaluación planteados por Pozuelos (1997) e ilustrados en la figura 4.16. Estos campos se traducen en la UD como Propósito del espacio académico, Información general, Capacidades y Competencias, Objetivos, Recursos, Contenido programático, Distribución de los contenidos en el semestre, Metodología, Evaluación e Instrumentos de Evaluación y Bibliografía sugerida. Estos campos se conectan con la alternativa de integración propuesta por Martínez et al. (2013).

7.2. Consideraciones macro-curriculares

Para vincular la UD como actividad de micro-curriculum será conveniente conectar consideraciones de índole institucional, de Facultad, de Departamento y de Área que definen la razón de ser del Licenciado en Electrónica. Para iniciar, es importante resaltar que la UPN tiene un gran compromiso social que se desafía como una institución educadora de educadores. De este compromiso deriva su identidad y sus perspectivas ético - pedagógicas desde las que la UPN se posiciona. Estos compromisos convergen en fundamentos y pautas que permiten la definición de acciones que se acoplan con los compromisos y naturaleza de la Universidad. Esas acciones se plasmaron en el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) para el periodo 2014 - 2019 mediante los siguientes ejes: Participación y democracia; Convivencia y corresponsabilidad; Interculturalidad y diálogo de saberes; Autonomía y libertad; y Buen vivir y sentido de comunidad. Para dar sentido y cohesión a estos ejes se proyectaron actividades en un plan de acción y mejoramiento institucional. Este plan está constituido por proyectos articulados desde las diferentes instancias académicas y administrativas, proyectos que son evaluados y a los que se les asigna un coordinador o ente encargado (UPN, 2014).

La Universidad se ha propuesto una transformación que se vincula con los procesos de acreditación en alta calidad institucional y que parten de reconocer que “existe un rico y plural abanico de discusiones, pensamientos y propuestas educativas y pedagógicas de diversa orientación conceptual y política. La complejidad que caracteriza los campos de la educación y de la pedagogía está atravesada por relaciones de saber y poder que se visibilizan, en parte, desde posiciones oficiales en función de las demandas del capitalismo mundial; promoviendo la *formación de competencias* para la inserción eficiente en el mundo del mercado. Este es un mundo que exige de “participación democrática e inserción económica y apertura cultural, incorporando categorías como desarrollo humano, *competencias ciudadanas* y educación a lo largo de la vida”. Por este motivo, las “discusiones de la década de los ochenta en torno a las tecnologías educativas y el construccionismo han quedado atrás para dar paso a la asimilación y operativización de la *evaluación por competencias* y las normas ISO 9000” (UPN, 2014, p. 30).

Se puede afirmar entonces que la universidad se ha suscrito desde el enfoque de la formación por competencias, en especial aquellas que se enlazan con las competencias ciudadanas, y la evaluación por competencias. “Esto implica propender por la igualdad que supone asumir que la inteligencia y *las competencias tienen una base social*; por ende, su desarrollo y expansión a través de la educación superior es un proceso en el que inciden numerosos factores, para lo cual se requiere afectar condiciones sociales y culturales, tanto individuales como colectivas” (UPN, 2014, p. 38).

Desde esta perspectiva, “resulta relevante no solo la adquisición de las mismas *competencias y conocimientos básicos* para el mejor aprovechamiento de nuevas oportunidades, sino también otros aspectos que involucran tanto al Estado como al conjunto de la sociedad y las instituciones

educativas: acceso y permanencia, transformación curricular, mayor flexibilidad en las rutas de aprendizaje, generación de recursos de apoyo, estímulo y nivelación según los requerimientos de diversas trayectorias formativas de los estudiantes, condiciones de vida universitaria equiparables para todas las instituciones de educación superior — en una lógica de nivelación por lo alto —, y relaciones de cooperación entre actores e instituciones de la educación superior” (UPN, 2014, p. 39).

Estas perspectivas se han complementado con un elaborado plan de acciones que apuntan a desarrollar cada uno de los ejes del PDI. Estas acciones son enriquecidas y coordinadas desde los diferentes entes administrativos y académicos, estos últimos en cabeza de las facultades. La facultad que tiene a su cargo el Departamento de Tecnología y el programa de Licenciatura en Electrónica es la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCT). En lo que atañe al desarrollo de la UD desde la FCT se ha proyectado como acción conexas con el PDI, específicamente en el Eje 1 (Articulación y reposicionamiento de compromisos misionales docencia investigación y proyección social) y el Programa 1 (Maestros con Excelencia y Dignidad) el “Revisar y actualizar los currículos de por lo menos cuatro programas de pregrado de la universidad”. Además, en el proyecto 3 del mismo programa se propuso la renovación curricular y creación de nuevos programas (UPN, 2018). Como resultado de estas acciones se actualizaron 4 programas de pregrado de la UPN y en la FCT se crearon dos programas nuevos, la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y la Licenciatura en Tecnología. Estos programas se ofertarán desde el segundo semestre de 2019.

Dentro de este mismo plan de acción se proyectó el realizar un estudio con acciones que se enfocara a mejorar los niveles de deserción, permanencia y graduación de estudiantes de la Universidad. Así mismo, en el Programa 4 (Recursos de Apoyo Académico) específicamente en el Proyecto 1 (Dotación de recursos de apoyo académico e infraestructura tecnológica) se propuso dotar todos los laboratorios y salas especializadas de la universidad para el desarrollo de las actividades académicas en un ambiente de condiciones dignas (UPN, 2018). Es relevante que se realizaran inversiones en algunos espacios de la universidad, sin embargo, en el caso del laboratorio de electrónica no hubo mejoras en la dotación de equipos existente.

En el Programa 5 (Desarrollo profesoral) en el Proyecto 1 (Formación y cualificación docente) se propuso el diseño e implementación de un programa de desarrollo profesoral enfocado a fortalecer su papel formador de nuevos maestros. Además, fortalecer los grupos de investigación y semilleros de la FCT y crear e implementar un sistema de evaluación de los profesores de la Universidad con participación de la comunidad académica (UPN, 2018). Estas metas se encuentran vigentes, particularmente el programa de fortalecimiento y el sistema de evaluación se encuentran en desarrollo para apoyar los procesos de autoevaluación con fines de acreditación de alta calidad institucional.

Ya en el Programa 6 (Fortalecimiento y Desarrollo de Programas de Formación Apoyados por TIC) en el Proyecto 2 (Cualificación de la oferta de cursos de extensión y programas virtuales de formación) se propuso desarrollar dos propuestas que articularan estrategias de tecnologías de información y comunicación con procesos educativos y articular las TIC en procesos de enseñanza de la FCT (UPN, 2018). Estas actividades se encuentran en desarrollo y son coordinadas por el Centro de Innovación y Desarrollo Educativo y Tecnológico (CIDET) perteneciente a la FCT.

En este orden de ideas, en el Programa 7 (Apropiación Social del Conocimiento y Comunicación Institucional) en el Proyecto 3 (Fortalecimiento de las comunicaciones) se propuso diseñar estrategias de comunicación que fortalezcan el empleo de los recursos educativos en los procesos pedagógicos de la Universidad y articule el mensaje institucional con las redes sociales basadas en TIC (UPN, 2018). Esta actividad se encuentra en desarrollo bajo la coordinación del CIDET.

Al observar el Programa 8 (Universidad para la Alegría) en el Proyecto 22 (Formación del talento humano) se propuso la realización de eventos de Capacitación y entrenamiento para actualizar las *competencias* de ingenieros y técnicos miembros del proceso Gestión de Sistemas Informáticos. Además, revisar los diferentes componentes que hacen parte del Manual de Funciones y Responsabilidades por Competencias de la Universidad AM-01-GJR. Así mismo se requiere *fortalecer las competencias y conocimiento específico* del Sistema de Gestión de Calidad y definir los objetivos y funciones de la facilitadora del proceso (UPN, 2018). Es importante señalar que dentro de las actividades y acciones formuladas el tema de fortalecer la formación por competencias no se encuentra presente. De igual manera, la mención de competencias en los planes de acción dista mucho de lo que se propone en el PDI.

En este sentido, haciendo una mirada general de la evaluación de aspectos relacionados con la intención de la UD, se puede observar que en el proceso de autoevaluación institucional con fines de acreditación de alta calidad se muestra como existe un alto nivel de coherencia, pertinencia y articulación entre la misión, el Proyecto Institucional y los procesos formativos en los que participa la comunidad universitaria. Esto fue valorado en el Factor 1 (Misión y Proyecto Institucional) con 4,72/5 del total promedio ponderado, por lo cual, se afirma que se cumple plenamente este factor. No obstante, es considerado que la misión no ha logrado difundirse en la totalidad de los estamentos universitarios y se requiere una actualización del PEI. Por otro lado, en el factor 3 (Procesos Académicos), específicamente en relación con la interdisciplinariedad, flexibilidad y evaluación del currículo se obtuvo una valoración de 4,23/5 del total promedio ponderado lo que da lugar a interpretar que se cumple en alto grado esta característica. Además, en los programas de pregrado, posgrado y educación continua se encontró un alto grado de articulación entre los niveles de formación, así como, un alto grado de calidad en el desempeño académico, en la renovación de los registros calificados, la acreditación de alta calidad de los programas, los niveles de formación de los profesores y la productividad académica. El factor en general obtuvo un grado de cumplimiento

con valor de 4,32/5 del total ponderado, debido a lo cual, se cumple en alto grado (UPN, 2015).

Ubicados en el compromiso que define al Departamento de Tecnología (DTE), éste busca que sus egresados puedan integrarse a la dinámica social y productiva y contribuir al desarrollo tecnológico de la pequeña y mediana empresa mediante el desarrollo conjunto de proyectos que sean *solución a problemas reales* de la empresa de base tecnológica. Por ello, es necesario propender por desarrollar proyectos de investigación, formación y educación permanente, sobre líneas estratégicas de desarrollo tecnológico a nivel local, regional y nacional. Así mismo, se busca servir de mecanismo de transferencia tecnológica mediante relaciones con centros universitarios, empresariales y tecnológicos del país y del exterior¹.

Por último, desde el programa de Licenciatura en Electrónica se pretende brindar una formación académica que se conecte con el carácter interdisciplinario del conocimiento tecnológico y sus relaciones con las ciencias y la matemática. Esto implica la necesidad de comprensiones que rebasan una disciplina en particular, además, *las competencias* asociadas con la racionalidad tecnológica, que hacen parte de la vida del mundo contemporáneo, facilitan la superación del conflicto entre significatividad lógica que exige una disciplina específica y la significatividad psicológica y motivación para el sujeto en su proceso particular de aprendizaje (DTE, 2016, p. 6). Como complemento, se busca examinar los enfoques con los que son formados los docentes para los diferentes niveles educativos. Por este motivo, se debe conectar, en perspectiva de articulación, nuestro papel con el sistema educativo de formación laboral, y aunque no nos lo propongamos como institución, será importante la *formación de competencias para el mercado laboral* diferente del educativo que se deriven del compromiso de rigor en el contenido específico de electrónica e informática del plan de estudios, un plan que no es antagónico con los propósitos institucionales (DTE, 2016, p. 9).

7.3. Consideraciones meso-curriculares

A este punto se han vinculado consideraciones de índole institucional, de facultad, de departamento y de programa para el diseño de la UD. Con esto podemos ubicarnos en la figura 5.5. Como fue descrito en el espacio de metodología, el programa ha distribuido su estrategia de formación en diez semestres. Estos semestres fueron divididos en dos fases, la fundamentación y la profundización. Si nos ubicamos en la fase de profundización, específicamente en los últimos tres semestres del programa, es decir, el octavo, noveno y décimo, se encuentra el área de comunicaciones o comúnmente denominado, de sistemas de comunicaciones. Esta área busca presentar al estudiante los conocimientos de este campo del saber para que sean integrados dentro de su formación y le permitan comprender las relaciones de la tecnología con este conocimiento y con los artefactos que se encuentran en su contexto para que sean llevados a la EDUTECH. Su impacto puede verse en

¹Esta información ha sido tomada del enlace <http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=359&idh=371>

el “enorme crecimiento y desarrollo de la industria de las comunicaciones en las últimas décadas. Podría decirse que el desarrollo de una comunidad puede medirse indirectamente con el desarrollo que presentan sus redes y servicios ya que de alguna manera las comunicaciones están ligadas al desarrollo de los pueblos aportando no sólo en su desarrollo socio-económico sino también en la consolidación de su cultura, su formación, su modo de vida, bienestar y esparcimiento” (Gómez et al., 2018, p. 2).

En el área de sistemas de comunicaciones es importante resaltar que los principios y conceptos fundamentales “no han cambiado significativamente desde su aparición sino, más bien, su tecnología, apoyada en la alta integración, la simplificación del diseño mediante nuevos modelos de análisis y modernos métodos asistidos por computador. En consecuencia, se considera que la formación que se oriente en esta área deberá buscar por brindar los elementos de análisis y los criterios de evaluación que, combinados con las técnicas de desagregación e integración adquiridas por el estudiante a lo largo de la carrera, sus habilidades de investigación, su capacidad para interpretar las oportunidades de aplicación del conocimiento electrónico a los problemas y el análisis de sistemas mediante bloques funcionales, le permitan abordar el estudio, diseño, especificación, análisis, desarrollo o puesta en funcionamiento de un sistema determinado sin estar atado a una tecnología o servicio en particular” (Gómez et al., 2018, p. 2).

El área propone 3 ejes articuladores para la propuesta². Estos ejes son: Elementos de orden programático; Elementos metodológicos y didácticos; y Procesos de evaluación. Desde el punto de vista programático, el estudiante debe haber cursado el área de Circuitos, Matemáticas, Diseño digital y Diseño electrónico. Estas áreas aportan procesos de linealización y linearización en la construcción de modelos, procesos de representación gráfica, procesos de modelamiento matemático, algebrización de procesos analíticos, lógicas en las matemáticas y procesos de discretización que son vitales para la formación en telecomunicaciones.

Desde lo metodológico y didáctico, el área busca integrar la teoría desde lo pragmático, ofrecer un enfoque sistémico de las telecomunicaciones, promover el análisis y la solución de problemas, el razonamiento por análisis y contraste y emplear procesos de diseño y construcción. En esta búsqueda de integración el área emplea aspectos integradores como las actividades presenciales, seminarios, procesos de investigación formativa y trabajo independiente. Asimismo, desde la evaluación se espera valorar al programa, los educadores, los estudiantes y a la misma evaluación, en un proceso continuo que permita analizar la pertinencia y relación de estos factores con las necesidades de formación de los Licenciados en Electrónica. Este proceso permite revertir los resultados en capacidades de aprendizaje que se manifiestan en acciones de tipo interpretativo, argumentativo y propositivo. En los exámenes presentados a los estudiantes se espera medir habilidades delimitadas

²El equipo de educadores del área entiende por eje articulador una base sobre la cual se modulan otros elementos (Gómez et al., 2018)

por el carácter explicativo, de selección, descriptivas (textuales, gráficas, simbólicas), de inferencia (interpretativas), de demostración (argumentativas) y de aplicación (propositivas) (Gómez et al., 2018).

Los tres espacios académicos del área disponen de 64 horas presenciales al semestre y 16 horas de atención a estudiantes para ayudar a resolver sus dudas. Además, el estudiante debe destinar 5 horas de trabajo independiente. Paralelo a este tiempo, el estudiante debe emplear herramientas virtuales para apoyar su trabajo. Se espera generar un espacio en el que se puedan compartir contenidos y favorezca la comunicación permanente con los estudiantes. En este aspecto son útiles los foros web y herramientas B-Learning como Moodle o Blackboard. Además, se fomenta el uso de software de simulación, modelamiento y programación orientada a objetos dentro de los que se encuentran Matlab, Scilab, Orcad Pspice, QUCS, entre muchos otros (Gómez et al., 2018).

7.4. Actividad micro-curricular - Unidad Didáctica diseñada

Luego de presentar las consideraciones de índole institucional, de facultad, de departamento, de programa y de área para el diseño de la UD, nos ubicamos en la figura 5.5 en el noveno semestre, específicamente en el espacio académico *Comunicaciones II*. El diseño de la UD hace parte del micro-curriculo y se consolida al incorporar las consideraciones previamente señaladas. Los modelos de Syllabus tradicionales realizan una acumulación de contenidos, una visión muy enciclopedia y abarcadora que impide la formación de competencias y la investigación, por ello no ofrecen profundidad, hablando en términos educativos. Un modelo que mejora la organización de los Syllabus parte de estructurar los contenidos en UD. En otras palabras, estructura los contenidos por secciones y los vincula bajo el diseño de UD que fijan proyectos para ser desarrollados en cada sección. Este modelo es abarcador, pero a su vez ofrece profundidad, lo que lo constituye en un modelo constructivista. Este modelo se ilustra en la figura 7.2 en la parte a).

A pesar de que este modelo es el más empleado en el desarrollo de Syllabus universitario, es importante mencionar que no deja de ser esquemático. No obstante, es muy útil para la organización del calendario académico en el que se deben entregar resultados parciales del desarrollo del espacio académico, o actualmente denominados cortes de notas. En vista que esta investigación parte de la necesidad de vincular la EDUCIENCIAS con la EDUTECH desde el diseño, construcción y uso de un instrumento científico, la organización del Syllabus debe ser diferente. En otras palabras, el espacio académico de comunicaciones II debe vincular esta actividad al desarrollo de los contenidos del curso. Dado que el problema de diseñar, construir y usar el artefacto es la actividad central en la formación de competencias, apoyado de PBL, esta actividad se convertirá en el núcleo problemático del espacio académico al que se vincularán los contenidos para ser resuelto el problema. Esto se puede observar en la figura 7.2 en la parte b).

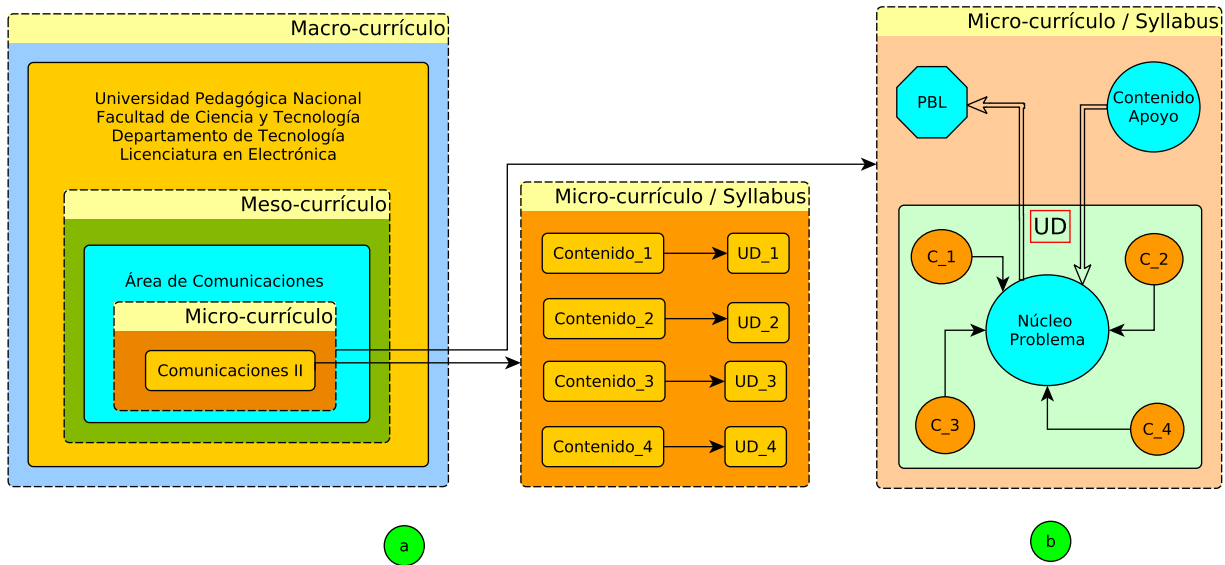


Figura 7.2: Modelos de estructuración del Syllabus. a) Modelo por secciones y vínculo de UD. b) Modelo estructurado por un núcleo problema.

En consecuencia, los contenidos serán distribuidos por etapas, cuatro (4) en totalidad. Estas etapas conformarán la UD. A estas etapas se vinculará un contenido de apoyo. Éste consta de dos sesiones de que tienen como finalidad retomar dos temas relevantes en el desarrollo del proyecto, el diseño de osciladores y el diseño de amplificadores. Estos temas fueron vistos en diseño electrónico, un espacio académico previo a comunicaciones II. Sin embargo, ante la importancia del tema se trae de nuevo y se contextualiza en el problema a resolver. Como se observará, estas etapas no están ligadas a un tiempo para su desarrollo, esto con el fin de huir del enciclopedismo que citamos. Por ello, requerirá mayor responsabilidad del maestro en la orientación del espacio académico, pero a su vez, se obtendrá un nivel de profundidad mayor en términos investigativos. El modelo general se ilustra en la figura 7.2 en la parte b).

A continuación, se muestra la propuesta de trabajo a desarrollar en el espacio académico de Comunicaciones II. Se presentará: el propósito del espacio académico; las competencias, capacidades y objetivos; los conocimientos a abordar, en especial se expone la organización de estos contenidos por semanas durante el semestre; la metodología a emplear; los recursos necesarios para el desarrollo del espacio académico; los criterios de evaluación y algunos títulos bibliográficos útiles. Es importante mencionar que los campos del Syllabus han sido organizados tomando como base el planteamiento de Pozuelos (1997).

7.4.1. Información General

Nombre del espacio académico:	COMUNICACIONES II	
Código del espacio académico:	1446124-01	
Número de créditos:	3	
Nivel de formación:	Ciclo de Profundización	
Semestre:	Noveno	
Intensidad horaria:	4 Horas/semana	
Docente y Horario de apoyo:	Edilberto Carlos Vivas González - Jimmy William Ramírez Cano - (1 Hora de orientación a convenir).	
Contacto	carlosvivasg@gmail.com - jbacano@yahoo.com	
Enlace del espacio académico:	http://espanol.groups.yahoo.com/group/comunicacionesupn2/	
Horario	Lunes 15-17 Aula por confirmar	Miércoles 15-17 Aula por confirmar

7.4.2. Propósito del espacio académico

Los sistemas de comunicación abarcan un amplio rango de aplicaciones y temas de estudio. Luego de centrar la atención en el comportamiento de las señales en el *Canal* en el espacio académico de Comunicaciones I, en este espacio académico se centrará la atención en el procesamiento de las señales en el *Emisor y el Receptor*. El procesamiento de estas señales será abordado, inicialmente, desde la aplicación de la serie y la transformada de Fourier. La comprensión del razonamiento matemático permitirá ilustrar la forma en la que se traduce este comportamiento en el diseño de circuitos electrónicos que permitan el procesamiento de estas señales. En este proceso será posible identificar las dificultades y limitaciones que tienen los circuitos electrónicos en la manipulación de las señales electromagnéticas. Este punto es de notable importancia dado que el estudiante podrá aprender de las dificultades que lleva un diseño a la construcción, en otras palabras, el distanciamiento que hay entre la teoría y la práctica de las telecomunicaciones. Esta actividad es una constante de investigación que permite al estudiante identificar posibles fuentes de indagación en su formación posgradual.

Por lo anteriormente mencionado, el espacio académico debe tener un fuerte componente teórico - práctico en su desarrollo. Sin embargo, es importante reconocer que no hay disponibilidad de equipos de laboratorio para un óptimo desarrollo del contenido programático, razón por la cual, el espacio debe apoyarse de actividades de simulación y programación. Estas actividades serán consideradas puente entre la teoría y la práctica y serán fuente de aprendizaje del estudiante al acercarlo a la realidad del diseño y la construcción.

En consecuencia, el espacio académico dispondrá de actividades teóricas magistrales, activida-

des de simulación - programación y actividades de construcción. Esta propuesta pretende aportar a la formación del futuro maestro de tecnología, especialmente desde el diseño, construcción y uso de artefactos tecnológicos. Además, se apoyará en el aprendizaje basado en problemas (PBL). Por tal razón, la enseñanza de los sistemas de telecomunicaciones desde este espacio académico contempla la proyección social con la que se concibe el egresado, la trascendencia de la pedagogía y la didáctica, la comprensión sobre la enseñanza de la tecnología y la reflexión continua que permite el aprovechamiento de la experiencia en la formación de maestros para la educación en tecnología.

7.4.3. Capacidades y Competencias

Entendemos por *competencia* como un complejo de conocimiento funcionalmente vinculado con habilidades y actitudes que permiten realizar tareas con éxito y la resolución de problemas. Exactamente, aplicar competencias evoca complejos de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten el desempeño exitoso de las tareas y la resolución de problemas con respecto a los problemas del mundo real, desafíos y oportunidades. En este orden de ideas, las *capacidades* son entendidas como un conjunto de habilidades que se consolidan en acciones socialmente útiles, por ello, se conectan con las competencias (Wiek et al., 2011). Desde el espacio académico de Comunicaciones II se espera el desarrollo de capacidades y la formación de competencias en los futuros maestros del área de Tecnología e Informática. Por este motivo, desde este espacio académico se busca el desarrollo de las siguientes capacidades:

- Capacidad para aplicar el conocimiento de las matemáticas, ciencias, inglés, TIC's y tecnología en el análisis, síntesis, diseño y construcción de sistemas de comunicaciones análogos y digitales
- Capacidad para trabajar en equipo
- Capacidad de responsabilidad social y compromiso humano
- Capacidad para aplicar las herramientas TIC en el proceso de solución de un problema
- Capacidad para expresar sus ideas eficazmente
- Capacidad para criticar y autocriticar el desempeño en la labor realizada

Como fue mencionado existe una fuerte relación entre las capacidades y las competencias. Por ende, el desarrollo de estas capacidades propende por la formación de competencias. Las competencias que espera promover el espacio académico buscan no solo aportar al saber cómo conocimiento. Se pretende apoyar el saber aprender (metacognición), el saber hacer (procedimental) y el saber ser (actitudinal). Por tal motivo estas competencias se conectan con los componentes y competencias que exige el Ministerio de Educación Nacional en formación de los futuros maestros. Estas competencias son presentadas en la Resolución 2041 de 2016, y ratificadas con la Resolución 18583

del 15 de septiembre de 2017, en la que se establecen las características específicas de calidad de los programas de Licenciatura para la obtención, renovación o modificación del registro calificado. En particular, son consideradas las directrices contempladas en el artículo 2 (Características específicas de calidad para los programas de Licenciatura) y el literal 2 (Contenidos curriculares y competencias del educador). El cuadro 4.1 organiza estos componentes y competencias que se esperan formar desde el espacio académico de Comunicaciones II.

Cuadro 7.1: Organización de componentes y competencias para la formación de maestros.

Componente de Fundamentos Generales	Componente de saberes específicos y disciplinares	Componente de pedagogía y ciencias de la educación	Componente de didácticas de las disciplinas
<p>Competencias:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comunicativas en español, manejo de lectura, escritura y argumentación 2. Matemáticas y de razonamiento cuantitativo 3. Científicas 4. Ciudadanas 5. En el uso de las TIC (Tecnologías de la Información y comunicación) y 6. Comunicativas en inglés 	<p>Competencia de: Investigación, innovación y profundización autónomamente en el conocimiento de los fundamentos conceptuales y disciplinares. Se apoya con:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Apropiar la trayectoria histórica y los fundamentos epistemológicos del campo disciplinar ■ Dominar los referentes y formas de investigar del campo disciplinar y ■ Desarrollar actitudes y disposiciones frente al trabajo académico. 	<p>Competencia para: Utilizar los conocimientos pedagógicos y de las ciencias de la educación que permitan crear ambientes para la formación integral y el aprendizaje de los estudiantes. Se apoya con:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Dominar tendencias pedagógicas y didácticas ■ Comprender el contexto y características de los estudiantes ■ Conocer las diferentes formas de valorar, conocer y aprender de los niños ■ Importancia del desarrollo humano y cultural de los estudiantes en el desarrollo de las prácticas educativas ■ Importancia en el desarrollo profesional y búsqueda de mejoramiento continuo ■ Vincular las prácticas educativas con el reconocimiento de la institución ■ Competencias para evaluar, comprender, reflexionar, hacer seguimiento y tomar decisiones sobre los procesos formativos 	<p>Competencias para:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aprender y apropiarse el contenido disciplinar desde la perspectiva de enseñarlo y como objeto de enseñanza y 2. Trabajar a partir de proyectos concretos de formación en el aula <p>Se apoya de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Saber cuáles son las mejores prácticas pedagógicas y didácticas para enseñar un contenido ■ Investigar, interrogar y apropiarse el contexto educativo, pedagógico y didáctico de la disciplina ■ Comprender desde distintos marcos la enseñanza de la disciplina ■ Estructurar y representar contenidos académicos ■ Estar familiarizado con preconcepciones y dificultades que los estudiantes tienen para aprender ■ Incorporar el uso de las TIC en los procesos educativos

Para alcanzar el propósito del espacio académico se han fijado unos objetivos. Éstos se han organizado como objetivo general y objetivos específicos. A continuación, se describen.

7.4.4. Objetivo general

- Favorecer el análisis, síntesis y diseño de sistemas de comunicaciones análogos y digitales al emplear conocimientos propios de la electrónica

Objetivos específicos

- Incentivar la organización y desarrollo de estrategias que permitan resolver problemas empleando sistemas de telecomunicaciones
- Emplear prácticas de laboratorio que permitan hacer una transferencia de conocimiento entre la teoría y la práctica
- Usar herramientas virtuales que favorezcan la comprensión de la teoría y la práctica
- Analizar situaciones problémicas que permita en el estudiante estructurar alternativas de solución en el contexto de los sistemas de telecomunicaciones

7.4.5. Metodología

La propuesta metodológica para el desarrollo del espacio académico se conecta con la propuesta de los ejes articuladores del documento de área. Estos son: la teoría y lo pragmático, el enfoque sistémico, el análisis y resolución de problemas, el razonamiento por analogía y contraste y los procesos de diseño y construcción. Por otro lado, para vincular competencias y capacidades se sugiere hacerlo alrededor del desarrollo de un problema. Esto es importante en vista que la estrategia propicia una fuerte conexión entre el problema, los estudiantes y el contexto en el que se desenvuelven. Dado que el espacio académico se apoyará desde el *aprendizaje basado en problemas (PBL)*, se abordará un problema que se convertirá en el proyecto a desarrollar paralelo al avance del curso. Se requerirá que los estudiantes trabajen de forma activa en el aula de clases y en espacios en los que no se tenga la presencia del docente. Comunicaciones II propone que se realice el *diseño, construcción y uso de un instrumento científico que genere y reciba ondas de radiofrecuencia a 27 millones de ciclos por segundo (27MHz)*.

Para el desarrollo de los contenidos, las actividades teóricas serán presentadas por el docente en clases magistrales con la participación de los estudiantes. Se deben realizar los trabajos de apoyo al desarrollo del tema, asignados previamente a cada sesión de las clases magistrales, con el objeto de reforzar el proceso de aprendizaje de estos temas.

Adicionalmente y de forma integrada se realizarán prácticas de laboratorio para que el estudiante aplique los conocimientos específicos y en donde pueda analizar y deducir las temáticas del curso a partir de un enfoque colaborativo. La actividad magistral se verá reforzada con el desarrollo de laboratorios virtuales y prácticas de laboratorio en las que se espera que el estudiante pueda correlacionar los elementos teóricos con los resultados vistos en la práctica. Se confía en que después de realizar las 3 actividades (teoría - simulación - laboratorio o construcción) el nivel de argumento del discente se vea potenciado y, por ende, el proceso de enseñanza - aprendizaje sea mejorado.

Por estas razones el desarrollo del curso opta por:

- la presentación de los contenidos en clases magistrales
- el desarrollo de ejemplos sobre el tema en particular
- proponer trabajo alterno para ser desarrollado en Horas de Trabajo Independiente (HTI)
- plantear alternativas de solución de situaciones problemáticas trabajando en equipo
- y realizar trabajo académico asistido empleando práctica de laboratorio con equipo construido por los estudiantes

7.4.6. Contenido programático

El curso se dividirá en 4 etapas que se conectan de forma paralela con el desarrollo del proyecto. Estas etapas son:

Etapas 1 - Serie y Transformada de Fourier

Se realizará una presentación del tema de series y transformadas de Fourier aplicadas al contexto de las telecomunicaciones. Los estudiantes ya cursaron estos temas en el espacio académico de matemáticas, sin embargo, el enfoque que se tiene en este espacio es generalizado y se requiere contextualizar al estudiante para mejorar la comprensión de los temas sugeridos. Esta contextualización se enfocará en las siguientes temáticas imprescindibles para el desarrollo del curso.

- I) Funciones Periódicas
- II) Serie trigonométrica de Fourier
- III) Componente de directa, fundamental y armónicos
- IV) Ortogonalidad de las funciones seno y coseno
- V) Cálculo de los coeficientes de la Serie de Fourier
- VI) Simetrías en señales periódicas
- VII) Fenómeno de Gibbs
- VIII) Forma Compleja de las Series de Fourier
- IX) Espectros de frecuencia discreta
- X) Potencia y Teorema de Parseval

- XI) De la serie a la Transformada de Fourier
- XII) Obtención de la serie de Fourier usando FFT
- XIII) Espectro de Frecuencia
- XIV) Equipos de laboratorio para la visualización de señales en el dominio de la frecuencia

Etapa 2 - Análisis por Bloques en Telecomunicaciones

El tema se abordará desde la definición y relación del decibelio en las telecomunicaciones y su relación con un sistema de comunicaciones visto desde los bloques del sistema. El análisis se centrará en las variables de entrada y salida del bloque como el voltaje, la corriente, la impedancia, la ganancia y el decibelio en conversiones a dB_W , dB_m y dB_μ .

Etapa 3 - Modulación Análoga y Digital

Se tratará el tema inicialmente con la modulación en amplitud (AM). Posteriormente, se complementará con el análisis de la modulación por amplitud con portadora suprimida AM-PS, modulación en amplitud con banda lateral suprimida AM-BLS y modulación en amplitud con banda lateral vestigial AM-BLV. En el desarrollo, de forma paralela se analizará la Modulación Digital empleando el método de modulación en amplitud por desplazamiento de llave ASK y la modulación por cuadratura QAM.

Además, se expondrá el tema de modulación angular. Se analizarán las modulaciones por frecuencia (FM) y fase (PM). Los temas se complementarán con la modulación digital empleando la modulación por desplazamiento de llave frecuencial y en fase (FSK y PSK).

Etapa 4 - Codificación

La codificación es un tema complejo que requiere de mucho tiempo para desarrollarlo a profundidad. Usualmente en programas de posgrado toma más de un semestre para completar el contenido. Por la profundidad del tema y el tiempo disponible para el desarrollo del curso se abordará la codificación por Árbol, Huffman, y Viterbi. En detección de errores se trabajará con la codificación de Hamming.

Distribución de los contenidos en el semestre

El cuadro 7.2 sintetiza el contenido programático para comunicaciones II presentado por semanas. La primera columna muestra que la UD se realiza durante las 16 semanas que comprenden el semestre. La segunda columna muestra las cuatro etapas. La etapa 1 comprende desde la primera semana hasta la cuarta. La segunda destinó una semana. La tercera etapa comprende desde la

sexta hasta la undécima. Por último, la cuarta etapa comprende desde la duodécima semana hasta la decimosexta. La tercera columna muestra la semana para facilitar la identificación de la etapa y el contenido a desarrollar que se ubica en la cuarta columna. Es importante mencionar que, aun cuando las etapas se organicen por semanas, este tiempo es solo para facilitar la organización de la UD, puesto que estos tiempos pueden variar significativamente.

7.4.7. Recursos

Los recursos para el desarrollo del curso se dividen en dos categorías: de simulación - programación y de laboratorio. En la primera categoría se empleará software libre. Serán útiles programas como Scilab, Octave, QUCS, PartSim, Oregano, SPICE, Electric VLSI Design System, NGSpice, GNU Circuit Analysis Package (Gnucap), Qelectrotech, CircuitMod, Dev-C++, LibreOffice, entre otros. Dado que la Universidad Pedagógica Nacional cuenta con licenciamiento de MatLab, el estudiante puede hacer uso de esta u otra herramienta privativa para el desarrollo de las actividades. Lo importante es que el estudiante haga uso de estas herramientas, consideradas TIC's, en el desarrollo del curso y en la solución del problema planteado.

En la segunda categoría será necesario el uso de osciloscopios, generadores de funciones, analizadores de espectro y equipo de laboratorio para comunicaciones digitales. Quedan fuera de estas categorías las herramientas mecánicas y los componentes electrónicos necesarios para la solución del problema. Estas herramientas y componentes emergen en el proceso de diseño, construcción y uso del instrumento que resuelve el problema planteado.

7.4.8. Evaluación

El espacio académico se aprobará con la *participación activa del estudiante en TODAS las actividades que se desarrollen en el transcurso del semestre*. Para valorar las competencias se propone hacerlo de forma cualitativa siguiendo el planteamiento del cuadro 7.3. Todas las actividades que se adelanten tendrán una valoración cualitativa.

El reporte de la nota final a la División de Admisiones y Registro (DAR) se realizará de forma cuantitativa. Por tal razón se adoptará una escala comprendida entre 0 y 50 puntos. Para favorecer este proceso, se realizará una equivalencia de la valoración cualitativa con la cuantitativa. En este caso el nivel 1 se encontrará en una escala entre 0 y 10. El segundo nivel estará entre 11 y 20. El tercero entre 21 y 30. El cuarto entre 31 y 40, finalmente, el quinto estará entre 41 y 50. Todas las actividades evaluativas que se adelanten tendrán una equivalencia cuantitativa. El reporte final será un promedio de las valoraciones obtenidas. Las actividades evaluativas se centran en instrumentos de evaluación. Estos instrumentos se encuentran en el cuadro 7.4 acompañados de los porcentajes de evaluación propuestos.

Cuadro 7.2: Distribución del contenido programático de la UD para Comunicaciones II presentado por semanas.

	Etapas	Semana	Tema
UD	Etapa 1	Primera	Presentación del curso. Algunos Conceptos Básicos (Definiciones). Presentación del problema de telecomunicaciones a resolver en el curso. Fenómeno electromagnético. Laboratorio de señales electromagnéticas (Transmisor - Receptor). Aplicación de cuestionario.
		Segunda	Algunos Conceptos Básicos de la serie de Fourier, Definiciones Matemáticas. Componente de directa, fundamental y armónicos. Ortogonalidad de las funciones seno y coseno. Cálculo de los coeficientes de la Serie de Fourier. Simetrías en señales periódicas. Fenómeno de Gibbs.
		Tercera	Forma Compleja de las Series de Fourier. Espectros de frecuencia discreta. Potencia y Teorema de Parseval. De la serie a la Transformada de Fourier. Obtención de la serie de Fourier usando FFT. Espectro de Frecuencia. Presentación primer contenido de apoyo, diseño de osciladores.
	Etapa 2	Cuarta	Laboratorio Virtual señales - Laboratorio de señales con analizador de espectro.
		Quinta	Análisis en bloque de telecomunicaciones. Informe diseño del oscilador (proyecto).
		Sexta	Modulación en Amplitud (DSB).
	Etapa 3	Séptima	Modulación en Amplitud (SSB - VSB).
		Octava	Modulación Digital (ASK - QAM). Presentación segundo contenido de apoyo, diseño de amplificadores.
		Novena	Modulación Angular Análoga (FM - PM) y Digital (FSK - PSK).
	Etapa 4	Décima	Laboratorio de modulación (virtual) Prueba específica 1. Aplicación de entrevistas.
		Undécima	Informe diseño de amplificador - antena (proyecto).
		Duodécima	Teoría de Información.
		Décimotercera	Codificación (Canal y fuente) - Codificación por árbol y Huffman.
		Décimocuarta	Codificación para detección de errores (Hamming). Ejercicio de diseño de codificación. Codificación de Viterbi.
		Décimoquinta	Prueba específica 2 - Aplicación de cuestionario.
Décimosexta	Presentación final del proyecto y entrevistas.		

Cuadro 7.3: Síntesis de la valoración de las competencias.

Nivel	Valoración de la Competencia	Descripción general de la evaluación
5	Sobresaliente	La competencia del alumno sobrepasa las exigencias del espacio académico.
4	Desarrollada	La competencia del alumno satisface las exigencias del espacio académico.
3	Satisfecha	La competencia del alumno satisface mínimamente las exigencias del espacio académico.
2	Poco Desarrollada	La competencia del alumno se encuentra por debajo de las exigencias del espacio académico.
1	Muy Poco Desarrollada	La competencia del alumno se encuentra muy por debajo de las exigencias del espacio académico.

Es importante mencionar que la retroalimentación de cada actividad será personal, para las actividades individuales, y colectiva en las actividades grupales. La intención es que el estudiante pueda estar enterado tanto de sus aciertos como sus dificultades. Este es un proceso evaluativo que solo culmina hasta el último día. Con este proceso se puede identificar los elementos que permiten ubicar al estudiante en un nivel de competencias y por ende, el estudiante conocerá si aprueba o reprueba el espacio académico. La entrevista con el estudiante se comprende como un espacio cualitativo del proceso evaluativo que propende por profundizar en el proceso evaluativo con el ánimo de mejorar los procesos de enseñanza - aprendizaje.

Instrumentos de evaluación

El cuadro 7.4 muestra los instrumentos a emplear en la evaluación del espacio académico y los porcentajes sugeridos.

Cuadro 7.4: Síntesis de instrumentos y porcentajes de evaluación.

Instrumento	Porcentaje
Examen Parcial 1 - Cuestionario	15 %
Examen Parcial 2 - Entrevista / Examen parcial	20 %
Informes de laboratorio (Virtual - Práctica)	15 %
Proyecto Final	50 %

7.4.9. Bibliografía sugerida

- 1) Blake, R. (2004). *Sistemas electrónicos de comunicaciones*. Cengage Learning Editores

- II) Carlson B. (2001). *Communication Systems*. McGraw Hill, 4Th Edition
- III) Haykin S. (1988). *Digital Communications*. John Wiley & Sons
- IV) Haykin S. (2002). *Señales y sistemas*. Limusa Wiley
- V) Herrera Pérez, E. (2004). *Comunicaciones I: Señales, Modulación y Transmisión*. Editorial Limusa, México
- VI) Pérez, E., & Herrera, E. (2002). *Comunicaciones II: comunicación digital y ruido: una introducción a la teoría de la comunicación digital y el ruido*. Ed.Limusa
- VII) Smith, J. (1986). *Modern communication circuits*. McGraw-Hill
- VIII) Lathi, B. P. (1995). *Modern digital and analog communication systems*. Oxford University Press
- IX) Couch, L., Elizondo, R., & Ruiz, J. (2008). *Sistemas de comunicación digitales y analógicos*. Pearson Educación
- X) Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Pearson educación

Con este último punto se ha diseñado la UD. Como se puede apreciar, existe una conexión de la UD con los aspectos presentados en el referente conceptual, en el macro-currículo y el meso-currículo. En particular, es importante resaltar que la UD toma como base para ser concebida las referencias conceptuales presentadas previamente. Aspectos como la necesidad de investigación, el vínculo de las matemáticas, la ciencia y la tecnología, el desarrollo de capacidades y la formación en competencias, la solución a problemas, el PBL, el laboratorio en el aula de clases, la fenomenología y la forma en la que se deben organizar las ideas desde los autores consultados.

Desde el macro-currículo es relevante resaltar que la UD se conecta fuertemente con el desarrollo de capacidades y la formación y evaluación de competencias, aspectos que guardan una fuerte relación con el compromiso social y que se encuentra fuertemente presente en la formación de maestros, en este caso, para el área de Tecnología e Informática. Así mismo, es considerado un aporte a la acción propuesta en el PDI, específicamente en el Eje 1 del Programa 1 en el que se proyecta la revisión y actualización curricular en los programas de pregrado de la universidad. En ese orden de ideas también se aporta al Programa 4 en el Proyecto 1 que propone la dotación de recursos e infraestructura tecnológica. Si bien no se ha logrado, el trabajo propuesto desde la UD favorecerá que los estudiantes diseñen y construyan el material que les sea necesario en sus aulas de clase para el desarrollo de sus actividades académicas. Dentro de la proyección institucional de formación y cualificación docente se puede afirmar que, la UD aporta elementos significativos para que el futuro maestro realice una mejor labor en su quehacer como profesional de la educación. El uso de herramientas TIC hace parte de la intención de emplear estas herramientas en la formación

y comunicación con los procesos educativos. En el ámbito de los compromisos del DTE se puede apreciar que la UD se compromete con el solucionar problemas reales y ligados al contexto del estudiante. Por esta razón, también se aporta a la formación de competencias asociadas a la racionalidad tecnológica y que son un compromiso del programa de Licenciatura en Electrónica.

Desde el punto de vista del meso-currículo, la UD se vincula con el desarrollo del área de comunicaciones. En especial, se aporta elementos de análisis y evaluación que se combinan con técnicas de desagregación e integración que el estudiante ha adquirido con antelación. Además, una de las etapas está enfocada a abordar problemas desde el análisis de bloques funcionales lo que favorece el estudio, diseño, especificación, análisis, desarrollo y puesta en funcionamiento de un sistema. Esto es muy útil al emplearse en la estrategia de solución de problemas, el razonamiento por análisis y contraste y emplear procesos de diseño y construcción. En la organización se planearon 64 horas presenciales acompañadas de 16 horas de atención a estudiantes. En esta organización se incluyó 5 HTI semanales que el estudiante administra con su rigor y tiempo. Por otro lado, la UD creó un foro web que permitió la comunicación activa y continua con las inquietudes de los estudiantes y los diferentes grupos, lo que favoreció la cohesión y un gran trabajo en equipo.

Finalmente, en este capítulo se presentaron los referentes conceptuales, tomados del estado de arte, que son la base para la elaboración de la UD. En especial se abordaron elementos teóricos relacionados con la necesidad de investigación en el currículo para el área de Tecnología e Informática, el vínculo de las matemáticas, la ciencia y la tecnología, el desarrollo de capacidades y la formación en competencias, la solución a problemas, el PBL, el laboratorio en el aula de clases, la fenomenología y la forma en la que se deben organizar las ideas en una UD. En ese orden de ideas, para la realización de la UD se requiere una conexión con el macro-currículo y el meso-currículo. En el primero se presentaron los aspectos contemplados en el Plan de Desarrollo Institucional de la UPN que guardan relación con el diseño de la UD, en especial, se presentaron los ejes, programas y proyectos que se representan el plan de acción y que procuran por dar cumplimiento al PDI. Estos proyectos fueron tomados en estricta relación con la Facultad de Ciencia y Tecnología. Así mismo, se presentaron aspectos que definen el Departamento de Tecnología y el programa de formación de maestros, Licenciatura en Electrónica. Por último, se presentó la versión final de la UD que contempla los elementos señalados previamente.

Llegado a este punto se puede afirmar que se ha dado cumplimiento al segundo objetivo específico de la investigación, es decir, diseñar una UD teórico - experimental que involucre la construcción de instrumentos científicos, para ser implementada y evaluada con maestros en formación para el área de Tecnología e Informática, específicamente, con estudiantes del programa de Licenciatura en Electrónica que estén cursando el área de comunicaciones. A continuación, se presentarán los resultados y el análisis que tuvo lugar la implementación de la UD y que se vincula con el desarrollo del tercer y último objetivo específico de la investigación.

Capítulo 8

Análisis de la implementación de la Unidad Didáctica

Para el desarrollo de este capítulo, inicialmente se realizará una organización epistemológica para el análisis de datos. Seguido se realizará el análisis de datos. Este análisis se dividirá en dos fases denominadas inicial y final. Cada fase iniciará con una explicación de los instrumentos aplicados. Posteriormente, se realizará un análisis cualitativo seguido del análisis cuantitativo como se muestra en la figura 8.2. En el análisis cualitativo se empleó el análisis de contenido y se utilizó el software ATLAS TI como apoyo. En el análisis cuantitativo se empleó el software SPSS para el análisis descriptivo y el software HUDAP, con las herramientas WSSA1 y POSAC, para el análisis de correlaciones. En este análisis el proceso cualitativo es considerado a profundidad, mientras que el cuantitativo es de carácter abarcador. El análisis cuantitativo se encuentra dividido en dos fases, la primera enfocada a importancia y la segunda a satisfacción de los aspectos indagados. Esto se realizará tanto en SPSS como en WSSA1 y POSAC, por tanto, se hará un análisis de esta información desde 6 puntos diferentes. Culminada cada fase se presentarán las deducciones más importantes que conllevarán a la construcción teórica de la investigación. Estas deducciones alimentarán las conclusiones de la investigación. En el avance del proceso de análisis se presentarán gráficos que dan soporte al procedimiento realizado y a la teoría que se construye. Estos gráficos serán salidas de los softwares empleados en el proceso. No obstante, para los gráficos de cajas, que apoyan el análisis descriptivo, se empleará el software QtiPlot, software libre que funciona sobre el sistema operativo Linux Mint Tessa 19.1. La figura 8.1 realiza una síntesis de la información que se desarrollará en este capítulo.

8.1. Organización epistemológica para el análisis de los datos

Es importante resaltar que, para realizar el análisis de datos obtenidos se tomó como base lo descrito en el capítulo de metodología. En particular por ser esta una investigación mixta que plantea una estrategia abductiva nos obliga a presentar una organización epistemológica para analizar

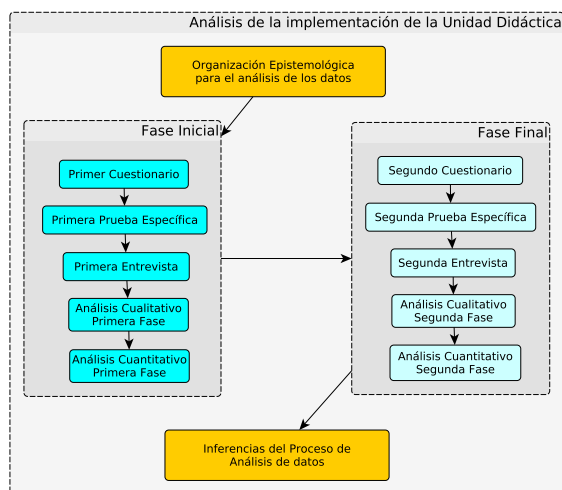


Figura 8.1: Síntesis de la información a desarrollar en el análisis de la implementación de la Unidad Didáctica.

los datos a combinar en los dos enfoques, cualitativo y cuantitativo. Es importante recordar que se sugirió que la combinación se realizaría de forma secuencial, tipología F4 de la figura 5.2, pero manteniendo dominante el aspecto cualitativo, tal como se mostró en la figura 5.3a, por eso, este es el común denominador en este capítulo. Además, la construcción teórica sigue la recomendación de Campos (2009) y adopta el procedimiento descrito en la figura 5.4a y 5.4b.

En este punto es importante recordar que el número de participantes en la investigación es de doce y la organización del grupo focal obedece a lo propuesto en la figura 5.9. Además, señalar que la información recopilada proviene de fuentes individuales y grupales. Esto es importante en vista que se ha optado por hacer un análisis siguiendo este tipo de información el cual fue enseñado en la figura 5.7.

En la propuesta metodológica se indicó que para examinar los datos de tipo cualitativo se emplearía el análisis de contenido apoyado de la herramienta ATLAS TI, la cual se alimentará con información de video, audio y documental y seguirá el procedimiento descrito en el cuadro 5.4. Usar los datos de esta forma es importante por la posibilidad de trabajar exhaustivamente con esta información sin variaciones en el proceso de transcripción (Boeije, 2002; Nelson, 2017; Wang y Lien, 2013). Para examinar los datos cuantitativos se empleó un análisis descriptivo y correlacional apoyado en las herramientas SPSS y HUDAP respectivamente. En el análisis correlacional se emplearán los instrumentos WSSA1 y POSAC. Empero, en esta necesidad de ampliar información epistemológica relacionada con la forma en la que se construyó la teoría es adecuado indicar la manera en la que se combinó el resultado de los análisis. Por consiguiente, en el análisis cualitativo, luego de realizar el análisis de contenido, se obtendrán *categorías (códigos)* producto de las interrelaciones de la información que permitirán la conformación de familias de estas categorías.

Estas familias revelarán las diferentes interrelaciones entre las categorías, por ende, hacen evidentes las diferentes relaciones entre la información obtenida, situación semejante a la desarrollada en la elaboración del estado de arte.

Por otro lado, en el caso del análisis de la información cuantitativa se realizó un análisis descriptivo de la información obtenida, análisis que permitió identificar la fiabilidad de la escala medida por el instrumento aplicado. Además, facilitó tener una mirada de las tendencias claves de las variables en los datos obtenidos. Con esta actividad se procedió a realizar el análisis correlacional de los datos. Es importante resaltar que el instrumento más importante a analizar en esta fase es el cuestionario. Es de mencionar que la organización de los cuestionarios se realizó empleando las categorías SLEI y se articularon con una categoría adicional ligada a las competencias. Estas categorías dieron origen a los aspectos a indagar con los participantes de la investigación. Estos aspectos fueron valorados de acuerdo con la percepción de *importancia* y *satisfacción* de cada aspecto por parte del participante. En el proceso de análisis de la información con las herramientas de HUDAP se encontraron nuevas *categorías* producto de la agrupación de los aspectos en búsqueda del análisis correlacional. Esto se realizará con el análisis de WSSA1 y POSAC. Aun cuando Amar y Toledano (2001) sugieran que este proceso es empírico, se diseñó una estrategia metodológica para evitar el conflicto epistemológico que puede surgir al hacer las agrupaciones. Esta estrategia será descrita en el análisis de los datos cuantitativos.

Como se puede observar, en el análisis de datos cualitativos y cuantitativos se espera obtener *categorías* que revelen las relaciones que existen entre la información obtenida. Por tanto, la forma en la que se realizó la combinación de los análisis fue por medio del común denominador en los análisis, es decir, *anidando las categorías obtenidas*. Es relevante mencionar que existen varias alternativas para anidar el análisis cualitativo - cuantitativo. Sin embargo, se optó por realizar todo el análisis cualitativo de la primera fase de implementación de los instrumentos y culminado ese proceso, se realizó el análisis cuantitativo. Con la información parcialmente obtenida se repitió el procedimiento para la segunda fase de implementación de los instrumentos. Sin embargo, es de destacar que la información obtenida en la primera fase fue la base del análisis de la siguiente. Por esta razón, culminado el análisis en este punto se tendrá anidado el análisis cualitativo y cuantitativo de todo el proceso. La figura 8.2 muestra la forma de anidación del análisis tomando como eje las categorías. Nótese que se inicia con el análisis cualitativo en búsqueda de un análisis profundo seguido de un análisis cuantitativo que es considerado abarcador, esto en las dos fases de análisis.

Un aspecto esencial por señalar en este proceso es que, a pesar de haber definido el tipo de información que cada instrumento entregaría, luego de aplicar los tres instrumentos, éstos proporcionaron datos cualitativos, en otras palabras, la prueba específica que se esperaba suministrara información de tipo cuantitativa únicamente, aportó elementos de tipo cualitativo que no pueden dejarse de lado en el análisis.

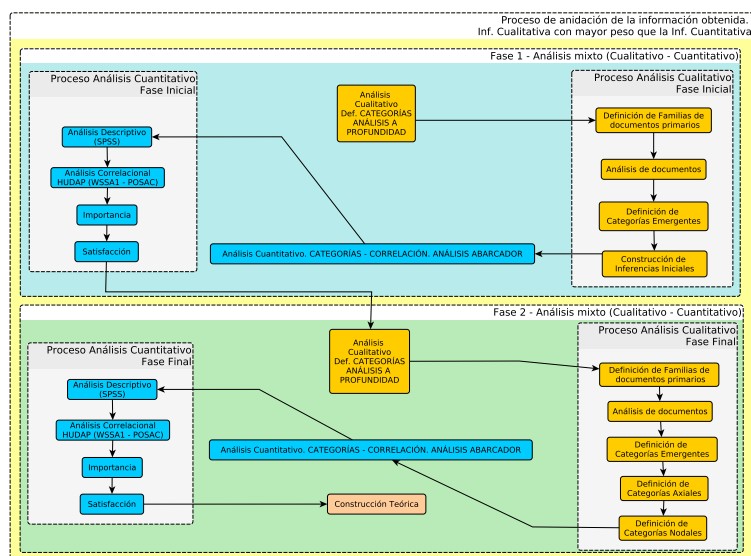


Figura 8.2: Síntesis del proceso de combinación de la información cualitativa y cuantitativa obtenida.

En esta organización para el análisis de la información es fundamental recordar que se tendrán presentes los criterios de credibilidad, transferibilidad y la dependencia de Guba y Lincoln (Tójar, 2006) para dotar de rigor y calidad la investigación. Para dar credibilidad se realizó triangulación siguiendo el cuadro 5.5, saturación para transferibilidad y para dar fiabilidad, en el caso de dependencia, se dejaron pistas de revisión y acceso a los documentos con los que se realizó este análisis. Estas estrategias son extraídas de la figura 5.15 y hacen parte del proceso metodológico.

Por la forma en la que fueron aplicados los instrumentos, el análisis se dividió en dos fases. La primera en las primeras 10 semanas y fue denominada fase inicial. La segunda entre la semana 11 y la 16 y fue denominada fase final. A continuación, se presentará el resultado del análisis de la información obtenida luego de la aplicación de los instrumentos. Se seguirá como estrategia el estudio cualitativo y cuantitativo realizado en la primera fase y, finalmente, el análisis cualitativo y cuantitativo en la segunda fase. La síntesis de este proceso se encuentra en la figura 8.3.

8.2. Fase Inicial

Esta fase inicial se desarrolló durante las primeras diez semanas del contenido programático del espacio académico de Comunicaciones II, como se puede apreciar en el cuadro 7.2. El primer instrumento aplicado fue el cuestionario y se realizó en la primera semana del curso. En la quinta semana, los grupos presentaron un avance del diseño del instrumento científico. Esta información hace parte del trabajo a evaluar en el segundo instrumento, la prueba específica. Esta fue aplicada

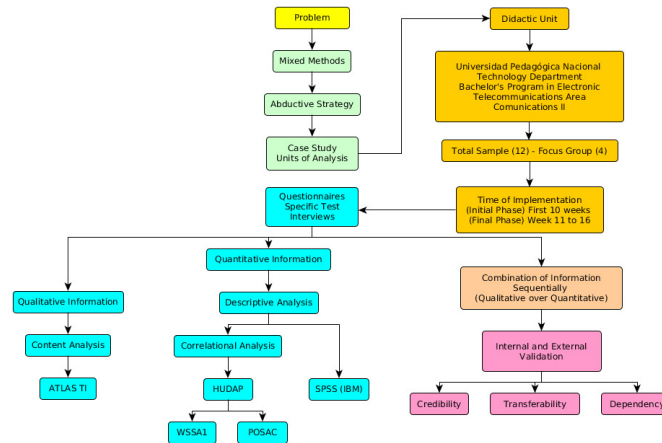


Figura 8.3: Síntesis del diseño metodológico para la investigación.

en la décima semana. Finalmente, se aplicó el tercer y último instrumento, la entrevista. Ésta también se realizó en la décima semana. Como ha sido mencionado, los instrumentos han entregado información de tipo cualitativa y cuantitativa, por tal razón, el análisis a presentar a continuación será delimitado por el tipo de análisis y no por el instrumento. A continuación, se realizará una descripción del contenido de los instrumentos aplicados para facilitar la comprensión en el análisis realizado.

8.2.1. Primer cuestionario

Como fue indicado, el instrumento - cuestionario aporta información cuantitativa y cualitativa. Éste presenta 24 aspectos relacionados con el uso, diseño y construcción de instrumentos científicos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática (FMATI). Se complementa la información con tres preguntas abiertas y una pregunta general. Los aspectos por indagar tendrán dos valoraciones independientes: *la importancia* y *la satisfacción*. La importancia es entendida como la percepción de relevancia que tiene el participante en relación con el aspecto a indagar. El estudiante dispondrá de siete niveles para valorar dicha percepción. El nivel menor será uno e indicará que “no es importante” hasta siete que sugiere que es “muy importante”. En cuanto a la satisfacción, ésta es entendida como la percepción de complacencia que tiene el encuestado en relación con el aspecto a indagar. De igual forma, el participante dispondrá de siete niveles para realizar la valoración. Estos niveles irán desde uno siendo “muy insatisfecho” hasta siete que se entenderá como “muy satisfecho”.

La intención de valorar la importancia y la satisfacción de los aspectos en conjunto parte de la necesidad de indagar, por un lado, el grado de relevancia que da el estudiante a los aspectos ligados a su formación como maestro y por otro, el nivel de satisfacción que siente de esos mismos aspectos. Se muestra entonces que un participante puede considerar muy importante un aspecto, pero se

siente muy insatisfecho con el mismo, evidencia de dos valoraciones diferentes sobre un mismo punto de indagación.

Es relevante indicar que la idea de formular una evaluación en dos vías sobre cada aspecto se origina en gran parte de la investigación “Prácticas culturales situadas en el espacio público de ciudades latinoamericanas: implicaciones para la ciudad educadora”, desarrollada por Pablo Páramo y Andrea Arroyo en el año de 2016 y financiada por el Centro de Investigaciones de la UPN (CIUP) y el documento (Páramo, 2013). Sin embargo, las categorías se basan en las recomendaciones de Science Laboratory Environment Inventory (SLEI) en Theyßen et al. (2014). Como fue citado en el capítulo de referente conceptual, para evaluar las competencias y la actividad de laboratorio propiamente dicha, se sugiere emplear análisis correlacional de datos en el curso de la investigación. Por esta razón, la implementación del cuestionario diseñado de esta forma apunta a obtener datos que faciliten establecer estas correlaciones.

En consecuencia, las respuestas obtenidas en la primera parte del cuestionario son consideradas cerradas y con valoración numérica. El tratamiento que se le puede dar a estos datos es considerado de orden cuantitativo. Para este análisis se empleó el análisis descriptivo y correlacional de variables. Se emplearon las herramientas SPSS de IBM para el análisis descriptivo y HUDAP (WSSA1 y POSAC) para el análisis correlacional. Los resultados y el análisis de la información serán presentados en este mismo orden, tomando inicialmente la importancia y luego la satisfacción.

Para la elaboración de los aspectos y preguntas se proponen cinco categorías. De éstas, cuatro devienen de las recomendaciones de SLEI en Theyßen et al. (2014) y una adicional que se relaciona directamente con las competencias en la FMATI en Colombia. A continuación, se muestran las categorías y los aspectos indagados. Se enumerarán las categorías y se mencionarán los aspectos relacionados con estas. En la parte inicial, encerrado entre paréntesis, se indica el número del aspecto con el que fue indagado en el cuestionario. Nótese que la ubicación de los aspectos en el cuestionario no sigue un orden específico, de hecho fueron ubicados de forma aleatoria para evitar condicionar la respuesta del estudiante¹.

1. La integración de los contenidos teóricos y prácticos

- (1) Papel del laboratorio en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (2) Papel del laboratorio en la enseñanza de la tecnología
- (3) Papel del laboratorio en la Licenciatura en Electrónica
- (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación en tecnología

¹El cuestionario aplicado se encuentra en la carpeta Anexos -Instrumentos - Cuestionarios - Primera Fase.

- (5) Procesos de simulación que faciliten conectar la teoría y la práctica
- (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática

2. Claridad en las reglas para el diseño de currículos en el área y su relación con las competencias en la FPATI

- (6) Orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática (AT&I)
- (7) Importancia de la ciencia en la educación en tecnología
- (19) Aprender resolviendo problemas como estrategia de enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática

3. Cohesión entre los estudiantes en la actividad práctica

- (16) Trabajo en equipo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática

4. El laboratorio y su infraestructura

- (20) Calidad de los equipos de laboratorio
- (21) Diversidad de equipos de laboratorio en el programa de Licenciatura en Electrónica
- (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa
- (23) Equipos de laboratorio análogos en la actividad de laboratorio
- (24) Equipos de laboratorio digitales en la actividad de laboratorio

5. Competencias docentes

- (8) Competencias ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (9) Competencias de comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (10) Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (11) Competencias en lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática

- (12) Competencias en razonamiento cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (13) Competencias en formación de ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (14) Competencias en enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (15) Competencias en evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática

Las preguntas (25) ¿qué habilidades cree necesitar para diseñar y construir instrumentos científicos que se destinen a la enseñanza de la tecnología y la ciencia? (26) ¿qué habilidades considera ha adquirido cursados nueve semestres en su formación como Licenciado en Electrónica? y (27) ¿qué aspectos y/o habilidades considera se potenciarán al diseñar y construir instrumentos científicos para ser usados en la educación en tecnología y la educación en ciencias? son abiertas y se relacionan con la primera y quinta categoría.

La pregunta (28) ¿qué tan importante considera el uso de instrumentos científicos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática? tiene como finalidad analizar de forma general la impresión que tiene el encuestado sobre el uso de instrumentos en la FMATI, eje central de la investigación. Para su valoración, el participante cuenta con 5 niveles de evaluación que parten de “muy poco importante” hasta “muy importante”.

8.2.2. Primera prueba específica

Este instrumento tiene por objeto medir el grado de comprensión de los temas en desarrollo en el espacio académico, específicamente, la serie y transformada de Fourier, el análisis en bloques para sistemas de telecomunicaciones y la modulación en Amplitud. No obstante, se vinculó el proceso de diseño del instrumento científico en la evaluación de tal forma que el estudiante aplique esos conceptos en el desarrollo de su proyecto. Por esta razón, el estudiante entregó un avance del diseño sobre la quinta semana para recibir una retroalimentación de su propuesta. Con esta evaluación inicial de su propuesta el estudiante realizó ajustes a su diseño. Con esta nueva información y la que obtiene del devenir en la construcción de su instrumento, el estudiante presenta el examen parcial en la décima semana del curso. Este examen lo presentó la totalidad del curso, es decir, los doce estudiantes.

El examen está dividido en tres etapas. La primera denominada Fourier, la segunda Potencia y la tercera Modulación en Amplitud (AM). En la primera etapa el estudiante debe analizar el comportamiento de una señal en el dominio del tiempo y la frecuencia. Para ello deberá capturar una

señal de corta duración y realizar el procedimiento de análisis empleando software de análisis matemático (Scilab, Matlab, Octave, entre otros). Luego, compartirá la señal con otro miembro del grupo y realizará de nuevo el procedimiento. Culminando este proceso realizará una comparación de los datos obtenidos centrando la atención en determinar la frecuencia fundamental de la señal, el valor de potencia de los primeros 4 armónicos, la potencia total de la señal en el dominio de la frecuencia y el tiempo. Como puede observarse, este análisis es útil para determinar los valores de potencia y ancho de banda de la señal que esperan trabajar en el diseño del instrumento científico. Con este análisis se podrá ajustar el nivel de excursión del amplificador y los acoples necesarios de la señal antes de ubicarla a la entrada de la antena.

En la etapa de potencia se le muestra al estudiante un diagrama por bloques de un sistema de telecomunicaciones. Este diagrama coincide con el esquema base de oscilador, preamplificador y amplificador que se requiere para resolver el problema del instrumento científico. Con los datos que el estudiante trae del diseño, deberá ajustar su propuesta a esos bloques y calcular la ganancia en voltaje y corriente a la entrada y salida del bloque, así como la potencia de entrada y salida del bloque en dB y μ dB y la ganancia total del sistema. Como puede observarse, este análisis permite hacer una mirada holística de la comprensión del tema por parte de estudiante y si está en capacidad de aplicarlo.

Por último, en la tercera etapa el estudiante debe indicar las modificaciones que dieran lugar en el diseño para implementar una modulación en AM, además, indicar el tipo de señales que espera en el receptor. Para ello debe basarse en los resultados de su diseño y el análisis por bloques realizado. Como puede observarse, esta etapa permite ver si el estudiante comprende la dimensión del problema planteado, además, permite ver la versatilidad del instrumento que el estudiante diseña y construye. El desarrollo del examen busca como resultado una valoración cuantitativa, es decir, una nota del proceso, sin embargo, la información encontrada en el proceso de asignar esa nota aportó elementos importantes para ser analizados dentro del espacio cualitativo².

8.2.3. Primera entrevista

Como ya se mencionó, la entrevista tiene por objeto dar profundidad al análisis específicamente, a nivel cualitativo. Por ello, como estrategia de diseño se optó por hacerla de manera colectiva y semiestructurada. Las preguntas formuladas fueron organizadas en 6 grandes categorías. La integración de los contenidos teóricos y prácticos, la claridad de las reglas de desempeño en el desarrollo del proyecto, la cohesión entre los estudiantes, la calidad de los materiales e infraestructura para desarrollar el proyecto, las competencias y el papel del laboratorio en la formación del maestro. Estas categorías fueron alimentadas con veintidós preguntas. Tres en la primera, dos en la segunda, cuatro en la tercera, cuatro en la cuarta, siete en la quinta y dos en la sexta categoría. Es importante

²El primer examen aplicado se encuentra en la carpeta Anexos - Instrumentos - Exámenes - Primera Fase.

resaltar que, aunque las categorías busquen ahondar en el desarrollo del proyecto y las habilidades y competencias que el estudiante expone en el desarrollo de la UD aplicada, estas categorías también se relacionan con las categorías que se emplearon para el diseño de los cuestionarios. Esta estrategia busca ser muy coherente en el desarrollo de la investigación y favorece que las categorías emergentes del análisis cualitativo y cuantitativo puedan combinarse³.

8.2.4. Análisis cualitativo fase inicial

Para realizar el análisis cualitativo de la información se tomará como referencia la primera entrevista, las preguntas abiertas (25) ¿qué habilidades cree necesitar para diseñar y construir instrumentos científicos que se destinen a la enseñanza de la tecnología y la ciencia?, (26) ¿qué habilidades considera ha adquirido cursados nueve semestres en su formación como Licenciado en Electrónica? y (27) ¿qué aspectos y/o habilidades considera se potenciarán al diseñar y construir instrumentos científicos para ser usados en la educación en tecnología y la educación en ciencias? del primer cuestionario y la primera prueba específica. Como fue indicado en la metodología y la organización metodológica se realizará análisis de contenido a la información. Para esta tarea se empleará la herramienta ATLAS TI. En este orden de ideas al programa se le han cargado doce cuestionarios los cuales se encuentran acompañados del consentimiento informado que firmaron los estudiantes previo al inicio de la investigación. Estos documentos se organizaron en una familia de documentos primarios denominada *Cuestionarios Fase 1 - Consentimientos*. Es importante mencionar que en esta familia se encuentran los documentos de los cuestionarios nombrados con el ID asignado en la pesquisa. El material se encuentra totalmente digitalizado. La figura 8.4 muestra la familia de documentos primarios creada. Nótese que los documentos vinculados a esta familia van desde el archivo P1 (Com_1.pdf) hasta el P13 (Com_12.pdf). De esta forma están vinculados la totalidad de los cuestionarios. De esta información es importante indicar que cada documento tiene asociada una numeración, el nombre del documento y la extensión que identifica el tipo de documento. Esta extensión nos sugiere si el archivo es de video (mp4), audio (mp3, m4a) o documento mixto entre imagen y texto (pdf). Así mismo, en la parte inferior se encuentra relacionado con la familia creada. Esto es semejante para cada familia creada. La numeración que genera el programa es útil para la referenciación posterior de lo que se encuentra en el proceso del análisis de contenido. Será posible acceder a esta información accediendo al programa y ubicando el número de la cita. El software reproducirá el contenido de la cita o la mostrará en el caso que sea una imagen o texto.

Posterior al análisis de esta información se ingresó el resto de los archivos para el análisis de la primera fase. Dentro de ellos, fueron cargados los videos de la entrevista realizada a los estudiantes líderes de los grupos conformados en el desarrollo del diseño y construcción del artefacto científico. Por la extensión de la entrevista, ésta fue subdividida en 5 archivos. Esto facilita el análi-

³La primera entrevista realizada se encuentra en los anexos en la carpeta instrumentos, entrevista, primera fase.

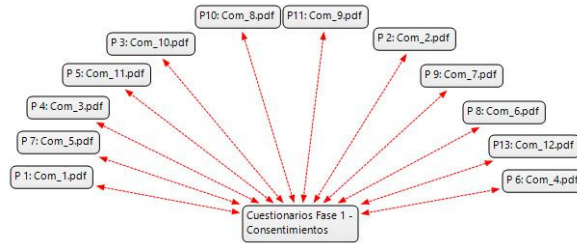


Figura 8.4: Familia de documentos primarios Cuestionarios Fase 1 - Consentimientos.

sis de la información y la carga del archivo al programa. Con estos archivos se creó la familia de documentos primarios *Entrevistas Primera Fase*. La figura 8.5 muestra la familia de estos documentos primarios. Nótese que la familia está integrada por los archivos P16 (00108.mp4) hasta el P20 (00112.mp4) y todos ellos son archivos de video.



Figura 8.5: Familia de documentos primarios Entrevista Primera Fase.

También fueron incluidos los resultados de la primera prueba específica. Fueron ingresados diez archivos en su totalidad. Dos miembros del grupo se asociaron y presentaron documentos en conjunto, razón por la cual no hay doce documentos. Con estos escritos se creó la familia de documentos primarios *Examen Primera Fase*. En esta familia se ubican los exámenes que presentaron los estudiantes en respuesta a tres preguntas que se formularon. Las tres preguntas se relacionan con análisis en bloque para telecomunicaciones, análisis en potencia y modulación en amplitud como fue expuesto anteriormente. La figura 8.6 muestra la familia constituida. Esta familia está integrada por los archivos P100 (Brandon Malagón.pdf) hasta P109 (Tatiana Barbosa Rodríguez.pdf). Estos archivos contienen imágenes e información escrita.

Durante el análisis de la entrevista los estudiantes se refirieron al laboratorio sobre ondas de radiofrecuencia que fue realizado al inicio de la aplicación de la UD. Para complementar y ahondar sobre la impresión que causó la actividad y en especial, la valoración que tienen los estudiantes del laboratorio en el aula de clases, se cargaron dos tipos de documentos. Los primeros son audios de una entrevista que se realizó a los estudiantes sobre el desarrollo de la actividad de laboratorio y la lectura del documento complementario “La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización” (Malagón et al., 2013). Los criterios de esta entrevista coinciden con los adoptados en el desarrollo del instrumento - entrevista. Los archivos de audio

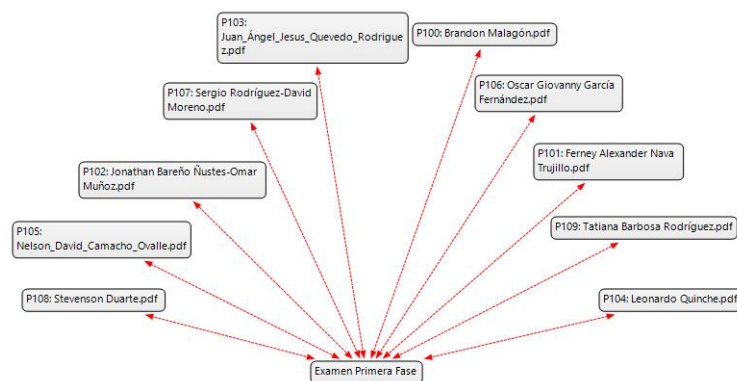


Figura 8.6: Familia de documentos primarios Entrevista Primera Fase.

son dos con una duración de 30 minutos cada uno. Con estos archivos se creó la familia de documentos primarios *Entrevista Lab_Ondas*. La figura 8.7 muestra la familia de estos registros P14 (Entrevista Lab Ondas.m4a) y P15 (Entrevista Lab 2.m4a). Estos archivos están codificados como audio.

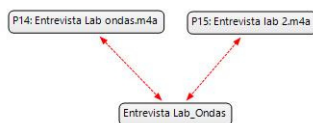


Figura 8.7: Familia de documentos primarios Entrevista Lab_Ondas.

La actividad de laboratorio, propiamente dicha, también fue grabada en formato de video. El grupo fue dividido en dos partes, cada una de 6 integrantes. Este fue el número de estudiantes que participó en la entrevista de laboratorio previamente dicha. La actividad propuso cinco montajes, actividades relacionadas con el proyecto. En particular, sobre el funcionamiento de un instrumento científico para el estudio de ondas de radiofrecuencia de marca Leybold que fue reparado por estudiantes de la Licenciatura en Electrónica semestres antes, bajo la dirección del investigador de la presente pesquisa, equipo que tiene la finalidad de orientar el comportamiento del instrumento científico a construir. Al final de la actividad el grupo buscaría responder a las siguientes preguntas⁴:

- ¿Qué es un fenómeno?
- ¿Qué es un experimento?
- ¿Qué consideraciones se deben tener en cuenta para construir un fenómeno?

⁴El laboratorio se encuentra como anexo en la carpeta de Anexos, específicamente en la carpeta de la Unidad Didáctica - Laboratorio_Introductorio_Ondas

- ¿Qué elementos considera deben estar presentes para pasar de los procesos de experimentación a los procesos de formalización?

Es relevante indicar que estas preguntas fueron las que orientaron la entrevista sobre el laboratorio. Cada equipo de trabajo realizó una filmación de cada una de las actividades del laboratorio. En total se obtuvieron setenta y nueve videos. Con estos archivos se conformó la familia de documentos primarios *Actividad de Lab_Ondas*. Es importante anotar que esta familia es complementaria con la familia Entrevista Lab_Ondas. La figura 8.8 muestra la familia constituida. Nótese que la familia está constituida con los archivos P21 (00025.mp4) hasta P99 (00103.mp4).

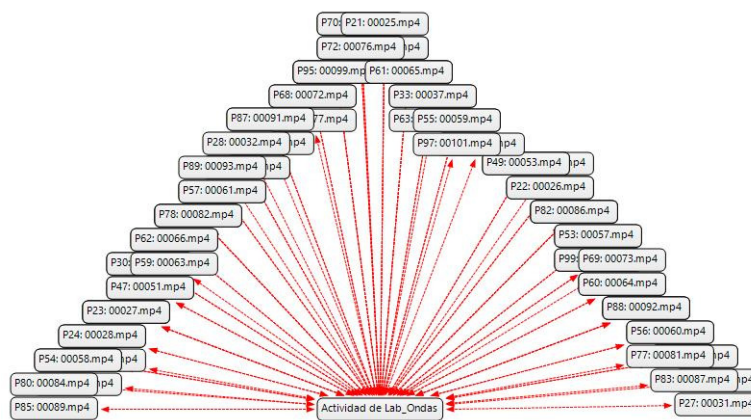


Figura 8.8: Familia de documentos primarios Entrevista Lab_Ondas.

En ese orden de ideas y también producto del análisis del instrumento - entrevista emergió el tema de diseño en relación con el artefacto científico. En este punto, se anotaron situaciones que aluden a la importancia de conocimientos de espacios académicos previos para la solución del problema. En particular, aspectos relacionados con el diseño de osciladores y amplificadores. Con el ánimo de reforzar estos puntos se realizaron dos clases de apoyo, la primera en diseño de osciladores y la segunda en diseño de amplificadores. La primera coincide con esta fase de análisis. Se optó por ingresar esta evidencia dentro de la actividad de análisis. Se obtuvieron tres videos de la sesión de trabajo. Esta sesión tuvo una duración de una hora y cuarenta y cinco minutos (1H:45M) por lo que fue necesario dividir el video en tres partes. Estos tres archivos formaron la familia de documentos primarios *Sesión Diseño Osciladores (Apoyo)*. La figura 8.9 muestra la familia creada con los archivos P110 (00104.mp4) hasta P112 (00106.mp4).

En esta primera fase se analizaron en total ciento once archivos, como se puede observar de las figuras 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8 y 8.9. Para orientar el análisis, cada una de las familias ha sido descrita acorde con la iniciativa de la investigación. Asimismo, se ha realizado un cuadro que sintetiza las familias creadas, el número de documentos asociados, una descripción de lo que aportan los documentos a la familia creada para efectos del análisis y algunos datos de creación. La figura 8.10

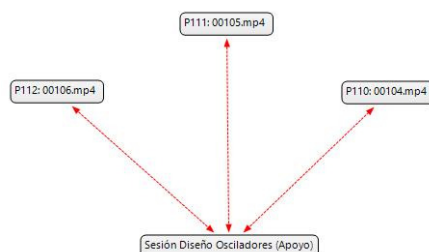


Figura 8.9: Familia de documentos primarios Sesión Diseño Osciladores (Apoyo).

muestra el administrador de familia de documentos primarios en ATLAS TI con la información descrita.

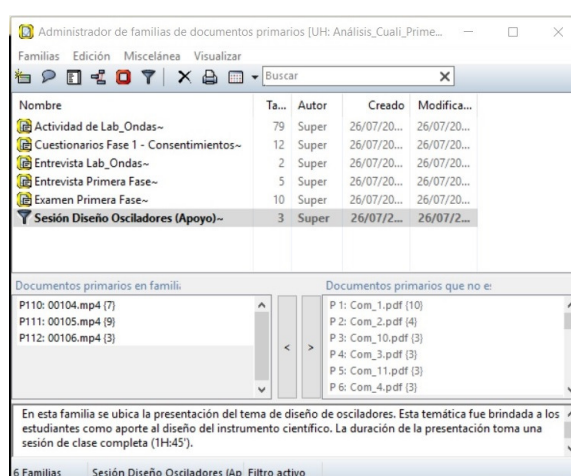


Figura 8.10: Familia de documentos primarios Sesión Diseño Osciladores (Apoyo).

En esta mirada abarcadora se realizó el análisis de contenido a cada uno de los documentos. En este proceso interpretativo emergieron códigos (*categorías emergentes*) que sintetizan y conectan las ideas que en éstos aparecen. Cada una de estas categorías se ha alimentado con una o más citas de los diferentes documentos. Estas citas se vinculan directamente con las categorías creadas. La figura 8.11 muestra algunas de estas categorías. Nótese que en la columna de fundamentación se asigna un número. Éste corresponde al número de citas asociada a esa categoría.

En este primer proceso se han identificado un total ciento veinte categorías emergentes. Es importante resaltar que los resultados presentados se acogen a la metodología de uso para ATLAS TI. Esta metodología se encuentra descrita en la figura 2.5 y es la misma que se empleó en el desarrollo del estado del arte. En este sentido, lo presentado al momento se ajusta a segunda etapa de la secuencia de codificación, codificación abierta, descrita en la figura 2.12. El cuadro 8.1 muestra el listado de las categorías identificadas al momento. Es importante mencionar en este punto que no se continuará hacia la codificación axial y nodal. Esto se realizará en la segunda fase. Como se

Nombre	Fundament...	Densidad	Autor
Coherencia	3	0	Super
Colombia	1	0	Super
Competencias	107	0	Super
Competencias Ciudadanas	1	0	Super
Competencias Especificas	2	0	Super
Competencias Generales	2	0	Super
Comprensión	42	0	Super
Compromiso	73	0	Super
Computador	1	0	Super
Comunicación	79	0	Super
Concepto	23	0	Super
Conocimiento	133	0	Super
Construcción de artefactos	16	0	Super
Control	21	0	Super
Creatividad	5	0	Super
Curiosidad	1	0	Super
Curriculo	4	0	Super
Desarrollo de actividades	1	0	Super
Desarrollo de pensamiento	1	0	Super
Didáctica	1	0	Super
Dificultades	4	0	Super
Diseño	139	0	Super
Procesos	1	0	Super

Figura 8.11: Categorías emergentes en codificación abierta.

indicó en la organización epistemológica para el análisis de los datos “la información obtenida en la primera fase será la base del análisis de la siguiente”. De modo que, en el análisis cualitativo de esta fase se abordarán, además de la codificación abierta, las deducciones más importantes encontradas en el proceso que ayuden a una construcción teórica, que se alimentará de las inferencias halladas en el análisis cuantitativo⁵.

En esta construcción teórica y siguiendo la metodología para uso de ATLAS TI, se han encontrado algunas deducciones en este primer análisis. Dentro de estas, es importante mencionar que los estudiantes manifiestan tener los conceptos necesarios para abordar el proyecto. Así mismo, consideran que son suficientes los espacios académicos que han adelantado en el curso de su formación y con ellos se pueden enfrentar al reto. Sin embargo, creen que les hace falta profundizar más en algunos temas, actividad que es autónoma. Esto se puede corroborar en varias citas, sin embargo, se destaca la cita (P16:4). De este número, el primero hace referencia al número del documento que asigna el programa ATLAS TI y el segundo, el número de la cita.

En este orden de ideas, los estudiantes sugieren que necesitan trabajar más en el comportamiento de los circuitos en alta frecuencia, si bien usualmente se hace con bajas frecuencias. Además, afirman que la estrategia del proyecto es una buena alternativa de integración de saberes, por ello, el espacio académico de Comunicaciones II permite “aterrizar conceptos que fueron vistos previamente” (P16:5). Asimismo, favorece aplicar muchos elementos (conceptos) que en la solución de un problema se requieren. Por ello, hay cohesión del problema con otros espacios académicos

⁵Información adicional relacionada con el proceso de análisis cualitativo de la primera fase se puede obtener el archivo Análisis_Cuali_Primer Fase.hpr7 que contiene el proceso en Atlas TI. Se ubica en la carpeta de Anexos, específicamente en Salidas de Software - ATLAS TI - Primera Fase.

Cuadro 8.1: Listado de categorías emergentes en codificación abierta para análisis cualitativo de la primera fase.

Acompañamiento	Conocimiento	Herramientas	Potencial de los miembros
Actores educativos	Construcción de artefactos	Historia	Práctica
Alternativas	Control	Identificación de problemas	Proceso
Analogía	Creatividad	Imaginación	Programación
Análisis	Curiosidad	Incentivar	Proposición
Aplicación	Currículo	Inclusión	Proyectos
Aporte	Desarrollo de actividades	Indagar	Razonamiento lógico
Aprender	Desarrollo de pensamiento	Iniciativa	Realidad
Aprendizaje Basado en Problema	Didáctica	Instrumento	Realidad aumentada
Aptitud	Dificultades	Integración Ciencia	Reconocer
Articulación	Diseño	Integración de contenidos	Reflexión
Aula de clase	Docencia	Interés	Relación
Autonomía	Educación	Internet	Resiliencia
Autoridad	Educación en Ciencias	Investigación	Responsabilidad
Ámbito	Educación en Tecnología	Laboratorio	Reto
Búsqueda de información	Educación	Lectura	Rigurosidad
Ciencia	Edutech	Liderazgo	Segunda Lengua
Científicos	Eficacia	Matemáticas	Simulación
Claridad	Eficiencia	Medición	Social
Coherencia	Electrónica	Mejoramiento	Solución de problemas
Colombia	Encuentro	Modelamiento	Sorprendido
Competencias	Enseñanza	Motivación	Supervisión
Competencias Ciudadanas	Errores gramática - Ortografía	Necesidades	Tecnología
Competencias Específicas	Escritura	Objetivos	Telecomunicaciones
Competencias Generales	Estudiantes	Observación	Teoría
Comprensión	Evaluación	Ondas de radiofrecuencia	Técnica
Compromiso	Experiencia	Organización	TIC
Computador	Fenómenos	Pedagogía	Trabajo en equipo
Comunicación	Formalización matemática	Pensamiento abstracto	Uso del tiempo
Concepto	Habilidades	Pensamiento crítico	Vocación Docente

previos. No obstante, se requiere mayor cohesión entre algunos espacios académicos y darles más linealidad a algunas materias (P16:6).

Por otro lado, los estudiantes consideran que el trabajo de integrar la teoría y la práctica por medio de un proyecto se puede llevar a otras áreas como sistemas digitales, sistemas de control y otros espacios del área de comunicaciones, matemáticas, fundamentos y circuitos, esto en vista que el trabajo por proyectos consolida los conocimientos y ayuda a que los estudiantes tengan una percepción diferente de las nota (P16:7), es decir, la percepción de valoración del trabajo cambia porque el estudiante se siente más motivado al poner en práctica sus conocimientos.

Adicionalmente, el estudiante cree que la tecnología se puede vincular con facilidad en el ámbito de las telecomunicaciones. La actividad que se desarrolla en Comunicaciones II permite “llevar un lenguaje de la tecnología menos técnico a los estudiantes de media y básica, esto puede ser muy útil como aspecto motivacional”. Por ello, “para llevar el fenómeno al aula de clase es necesario que uno vea (entienda) para poderlo enseñar” y eso ayudará a que el estudiante conozca su entorno (P17:1).

En cuanto al trabajo en equipo, los estudiantes manifiestan que se requiere una organización, respetar los planteamientos de cada uno de los miembros. Además, para alcanzar las metas también se identifica el potencial de los miembros para que se puedan delegar responsabilidades. También es importante definir espacios de encuentro para la discusión de los planteamientos y de los avances. En particular, uno de los equipos de trabajo tiene dos alternativas para resolver el problema, un miembro del equipo analiza un dispositivo ya funcional para rediseñar el dispositivo y otros diseñan una alternativa de solución del problema desde cero (P17:3).

En relación con las habilidades se encuentra como común denominador la comunicación y el liderazgo. Sin embargo, la comprensión, solución de problemas, capacidad para emitir alternativas de solución, conocer los ritmos de trabajo, incentivar el trabajo en equipo, organización, compromiso ayudan a desarrollar el problema y alcanzar los objetivos (P17:5). Como habilidades para el líder del equipo se identificaron el compromiso, la supervisión, la iniciativa, la adaptabilidad, la motivación, la capacidad de no perder el rumbo y la identificación de problemas. Empero, lo importante es tratar de que todos en el grupo sean líderes para que en caso de un error del líder otro miembro puede ayudar a enfocar el rumbo nuevamente, en otras palabras, “un líder debe ser un formador de líderes, debe estar en la capacidad de aprender” (P17:6).

Se identifica como fortaleza el compromiso con el cumplimiento del objetivo por parte del equipo de trabajo. También, un buen dominio matemático que se traduce en un buen diseño. Sumado a ello, la constante búsqueda de alternativas, buena aptitud y actitud ante las dificultades y la corrección sobre el camino de los errores. Como debilidad es considerado el tiempo que disponen los

estudiantes por la carga académica que tienen. Así como, no contar con equipos especializados de laboratorio (P19:2).

En el desarrollo del proyecto se necesita de instrumentos especiales, como el osciloscopio. Además, fuentes de voltaje, computador para realizar las simulaciones, generador de funciones y analizador de espectros. La universidad no cuenta con espacio y equipos para el desarrollo del trabajo. Por ello, un miembro de un grupo recurrió a la compra de un osciloscopio por motivación y además, para tener comodidad al momento de trabajar. El mismo estudiante “brindó la opción a otros grupos de ir a su casa del grupo a trabajar en las mediciones, compartir los equipos, componentes y los conocimientos”. Un grupo de trabajo resolvió el inconveniente asistiendo a la institución donde desarrolla la práctica educativa en horario asignado por el maestro titular del área de tecnología e informática. Igualmente, los estudiantes valoran como muy positivo la opción de disponer de un osciloscopio fuera del espacio de laboratorio para el desarrollo de las mediciones. Esta situación ha conllevado a optimizar el tiempo que se tiene para obtener las mediciones (P19:3 - 4).

Para el aspecto de las competencias (*generales y específicas*) que les son evaluadas en la prueba Saber Pro, los estudiantes manifiestan que las tienen presentes y las conocen, además, se presentan y fortalecen en el curso del programa. En particular, “las competencias son potenciadas en las prácticas docentes, especialmente las específicas”. Es así como “la teoría dista de la práctica en la actividad de práctica educativa”. Como comentario especial, los estudiantes manifiestan que “hace falta trabajo con población de inclusión y mejorar la relación de la teoría con la práctica, en especial en la práctica docente” (P19:6).

Desde otro punto de vista, las herramientas TIC para el desarrollo del problema son bien valoradas. Sin embargo, son percibidas en relación con las bases de datos que emplearon para consultar información, en la mayoría de los casos. Asimismo, se resalta la habilidad de saber buscar información. En este punto un estudiante manifiesta que “las páginas hispanas no tienen mucha información valiosa y tiene que recurrir a información en segunda lengua, especialmente, inglés”. También es mencionado las herramientas de simulación, el modelamiento en MatLab y software de diseño. Es notable mencionar que dentro de esta categoría se mencionó “whatsapp” como alternativa de comunicación, el contenido web y el uso del foro diseñado para mantener contacto con el grupo en general (P19:7).

En la comprensión de la tecnología, los estudiantes se relacionan fuertemente con el trabajo del profesor German Carvajal. En especial manifiestan que “la tecnología busca diseñar, construir y evaluar (uso) artefactos”. Asimismo, comparten la idea que los artefactos son producto de la tecnología y no la tecnología en sí. Los estudiantes muestran una fuerte relación entre estos elementos, pero, en la actividad de la enseñanza consideran que el uso de la tecnología, específicamente, el sa-

ber para qué y porqué, cobra un valor adicional (P19:8). Este aspecto se vincula con lo encontrado en el estado de arte, en especial en el desarrollo de la tecnología desde la tecnología del artefacto, el conocimiento, las actividades y la humanidad (Hacking, 1996; Jones et al., 2013; Kuhn, 1996; Martínez y Suarez, 2008; Olivé y Pérez, 2005; Ramírez y Mora, 2019; Sauvé, 2010; Torretti, 2012; Williams, 2013).

Ubicados en el desarrollo de la actividad de laboratorio de ondas de radiofrecuencia fue importante ver que los estudiantes no cuestionaban los resultados, es decir, solo observaban y tomaban nota de las mediciones. Es el caso de un error de manipulación del equipo, los estudiantes emplearon una lámina metálica para interrumpir el enlace entre emisor y receptor, notaron que la señal visualizada tenía una amplitud muy baja que claramente era ruido, sin embargo, en la interpretación asumieron una atenuación de la señal. Esto es considerado un error conceptual (P39:1). Esta es una situación que se presenta porque el estudiante está familiarizado con procesos en los que la memorización es la base, procesos que le impiden indagar y construir explicaciones sobre lo que el fenómeno les muestra (Driver, 1986; Fernández et al., 2003; Martínez y Suarez, 2008; Marín et al., 2009; Marín-Sanabria et al., 2018; Moreno y Waldegg, 1998; Wandersee et al., 1994; White y Richard, 1999). No obstante, se evidencia una buena capacidad para trabajar en equipo (P57:1). Asimismo, como fue mencionado previamente el líder debe tener la capacidad para concentrar la actividad y evitar que los compañeros se dispersen en otras acciones, es así como el líder del equipo hace un llamado a los miembros de su equipo a trabajar y concentrarse en la actividad (P60:1).

En la actividad de responder las preguntas sugeridas, se evidencia la participación de los estudiantes a aportar elementos que apunten a resolver la pregunta con base en lo observado (P65:1; 84:1). También, se identificó en la actividad grupal aportes de ideas que tenían como finalidad explorar otros comportamientos del fenómeno que no habían sido descritos en la guía (P86:1). Asimismo, un grupo de trabajo se mostró sorprendido por el resultado obtenido en la medición (P92:1). Esto muestra que el estudiante no se encuentra familiarizado con el fenómeno y su conocimiento está más relacionado con aspectos teóricos que vio en semestres previos.

Haciendo una revisión de lo que los estudiantes creen del fenómeno en sí, ellos opinan que el fenómeno cambia dependiendo del punto en que se mire (P14:2), esto sucede porque no se es consciente del fenómeno, está presente pero no se razona sobre él (P14:3). Lo usual en la enseñanza del fenómeno es que se lleva al aula de clases el final, pero el estudiante no entendió el proceso (P14:7). Por eso es que es tan importante la historia en la ciencia. De esa manera se puede buscar una relación de la ciencia y la tecnología, lo que conlleva a tener retos en el diseño del currículo. Con nuevos currículos, es posible enseñar un nuevo modelo del fenómeno, una forma de indagarlo y medirlo (P14:10). En ese proceso se puede enseñar al estudiante a que juegue con la imaginación y la analogía (P14:11). En la actividad de enseñanza el maestro en formación considera que “es un acto de fe, el muchacho cree porque uno es una autoridad. Pero el muchacho no indaga,

solo memoriza”. El estudiante considera que, en esta situación radica la diferencia de un ingeniero con un licenciado, en conocer la ciencia antes que aplicarla, por ello, hay que vincular las ciencias a la EDUTECH (P14:15). Esto es posible si se adapta al currículo de los diferentes colegios (P15:4).

Pasando a la revisión de los exámenes es notable los errores de ortografía y redacción. Se identificó la habilidad matemática y computacional (programación), en especial, en los ejercicios en los que se requiere observar el resultado de grabar la voz y hacer manipulación de la señal con su respectiva visualización, tal como se realizaría en un instrumento de laboratorio (P100:7 - 10). Asimismo, se puede ver una motivación por desarrollar los puntos del examen, pero falta análisis de los resultados obtenidos. En especial se puede ver una buena correlación entre el problema planteado y las alternativas de solución planteadas. Los diseños tienen una buena relación matemática y se apoyan de herramientas TIC para simular los resultados del diseño. Se apoyan de trabajos realizados en espacios académicos previos para hacer los cálculos de lo que se requiere en la solución del problema, así como, un buen conocimiento técnico del proceso, habilidades en programación y uso de herramientas de simulación (P100:19; P102:5; P103:14).

Es importante resaltar que en los documentos se indicó el apoyo de miembros del grupo para resolver las dudas. Esto es una muestra de que el trabajo en equipo en este proceso también está presente y trasciende en mejores resultados de diseño y comprensión de las temáticas expuestas (P103:19). En esta ayuda no solo se buscó la colaboración de los compañeros sino con maestros del área de diseño electrónico, como el caso de la maestra Carol Ivonne Rodríguez (P108:1). En cuanto al análisis matemático, específicamente, el análisis de Fourier se pudo observar que el estudiante lo comprendió con claridad. Esto le permitió entender conceptos como ancho de banda que requiere para delimitar las frecuencias y diseñar los filtros para el oscilador y los amplificadores en el instrumento científico (P106:15; P107:12; P108:12).

Por último, en la sesión de apoyo al diseño de osciladores, el profesor Carlos Vivas mostró un repaso de elementos matemáticos y de sistemas de control que requieren los estudiantes en el proceso de diseño de un oscilador (P110:1). En esta presentación se aprovechó para dar algunas sugerencias para adquirir y emplear componentes electrónicos, además, aspectos técnicos producto de la experiencia que son útiles en la fase de construcción del artefacto (P110:5; P111:2; P111:9; P112:1).

8.2.5. Análisis cuantitativo fase inicial

Para este análisis se centrará la atención en el cuestionario. Éste pretende aportar información que mide el grado de relevancia que da el estudiante a los aspectos ligados a su formación como maestro delimitado por las categorías antes mencionadas y, por otro, el nivel de satisfacción que siente de esos mismos aspectos. Por esa razón, los aspectos indagados han sido divididos en im-

portancia y satisfacción. Esto hace necesario el análisis en dos vías, uno en *importancia* y otro en *satisfacción*. A continuación, se presentará el análisis realizado en estas dos vías.

Importancia fase inicial

En este análisis lo primero que se realizó fue una mirada descriptiva de la información. Este segundo análisis se realizó con la herramienta SPSS. El programa fue alimentado con una hoja de datos en la que se ubican en filas los participantes y en las columnas los aspectos. Los demás espacios son llenados con las respuestas de los estudiantes sobre la importancia que tienen los aspectos para ellos. En el análisis de los doce casos (12 participantes en total) se puede afirmar que ninguno de ellos fue excluido por el software. La figura 8.12 corrobora lo afirmado.

		N	%
Casos	Válido	12	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	12	100,0

Figura 8.12: Síntesis del proceso de los casos para Importancia en la fase inicial.

El número de elementos analizado por cada caso fue de 24. Con el ánimo de revisar la fiabilidad y validez de la información obtenida de la encuesta se encontró el valor de Alfa de Cronbach. El resultado obtenido es de 0.860 como se aprecia en la figura 8.13. Para interpretar este resultado se puede afirmar que el nivel máximo de la correlación se alcanzaría cuando todos los ítems son iguales. En este caso el Alfa será simplificado a uno. Valores distintos logran que este valor sea diferente. Es considerado que el mínimo valor de Alfa de Cronbach aceptado para una investigación es de 0.7 y el máximo esperado es de 0.9. Valores superiores a esta escala pueden sugerir que existen datos duplicados o redundantes. Se puede afirmar que, un valor cercano o superior a 0.8 es considerado adecuado para garantizar la fiabilidad de la escala (Oviedo y Arias, 2005). Así que, con el valor obtenido se puede afirmar que los datos se encuentran muy correlacionados entre sí. Es importante resaltar que el valor de 0.86 se obtiene al inicio de la aplicación del instrumento, por lo que obtener este valor es muy significativo en la investigación en términos de fiabilidad y validez y aleja una posible interpretación de redundancia o duplicación de los datos.

Un punto por resaltar en este análisis es que el Alfa de Cronbach permanece por encima del valor ideal de 0.8 en todos los casos. Esto se presenta aun cuando se elimine el elemento en el análisis. La figura 8.14 muestra la estadística total y soporta esta afirmación. Además, esta imagen complementa información sobre la media de la escala, la varianza de escala y la correlación total

Alfa de Cronbach	N de elementos
,860	24

Figura 8.13: Resultado de aplicar el coeficiente de Alfa de Cronbach en Importancia en la fase inicial.

de cada uno de los elementos con corrección⁶.

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
VAR00001	134,0833	100,447	,454	,854
VAR00002	134,6667	97,152	,413	,856
VAR00003	134,0833	103,538	,246	,860
VAR00004	134,9167	95,720	,644	,847
VAR00005	134,2500	101,659	,350	,857
VAR00006	134,3333	111,697	-,235	,876
VAR00007	134,4167	99,720	,360	,857
VAR00008	135,1667	100,152	,502	,853
VAR00009	134,5833	98,992	,555	,851
VAR00010	134,5000	95,545	,625	,848
VAR00011	134,3333	94,424	,768	,843
VAR00012	135,0000	100,727	,313	,859
VAR00013	134,4167	106,629	,058	,864
VAR00014	134,5000	101,727	,324	,858
VAR00015	134,5000	107,909	-,037	,867
VAR00016	134,2500	94,932	,692	,845
VAR00017	134,5833	93,356	,823	,841
VAR00018	134,5000	97,545	,693	,848
VAR00019	134,3333	105,879	,132	,862
VAR00020	134,4167	100,093	,305	,860
VAR00021	134,0833	95,538	,605	,848
VAR00022	134,6667	98,606	,346	,858
VAR00023	134,4167	94,629	,632	,847
VAR00024	134,6667	95,697	,582	,849

Figura 8.14: Estadística total de las variables incluyendo coeficiente de Alfa de Cronbach a Importancia en la fase inicial.

En cuanto al análisis descriptivo de la información se encontró que la mediana de la mayoría de los datos tiende a ser 6. La media de los valores se encuentra entre 6 y 7, por lo que, los participantes consideran “importante” los aspectos evaluados. Esto es posible sustentarlo desde los datos de varianza (σ^2) y desviación (σ) obtenidos. Así pues, una varianza ajustada permite que el valor de Alfa de Cronbach se ajuste a los valores sugeridos para dar fiabilidad y validez de la información obtenida. Otro elemento que sustenta estos resultados se encuentra en el rango obtenido.

Para el caso de *Importancia* en los aspectos indagados, se puede observar que el rango se encuentra entre 2 y 3 en la mayoría de los casos analizados. Se puede observar que los aspectos que los estudiantes consideran más importantes son (1) Papel del laboratorio en la Formación de Maestros

⁶Información adicional relacionada con la fiabilidad se puede obtener en el documento Importancia_Salida_sin 25.pdf en la carpeta de Anexos, específicamente en SPSS - Primera Fase - Importancia, que contiene la salida de todos los datos arrojados para importancia por SPSS.

para el Área de Tecnología e Informática, (3) Papel del laboratorio en la Licenciatura en Electrónica, (5) Procesos de simulación que faciliten conectar la teoría y la práctica, (9) Competencias de comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (13) Competencias en formación de ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (14) Competencias en enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (19) Aprender resolviendo problemas como estrategia de enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática. La figura 8.15 muestra información detallada de estas afirmaciones para cada uno de los casos y elementos observados. Para interpretar la figura, en las columnas se ubican las variables que concuerdan con el número en los aspectos estudiados. En las filas se ubican los valores asociados con el cálculo realizado y que es señalado en la primera columna. Esta interpretación se realizará para las gráficas que en adelante se presentan y que concuerdan con esta forma de visualización.

	VAR00001	VAR00002	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008	VAR00009	VAR00010	VAR00011	VAR00012
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Válido	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	6,2500	5,6667	6,2500	5,4167	6,0833	5,0000	5,9167	5,1667	5,7500	5,8333	6,0000	5,3333
Error estándar de la media	,21760	,33333	,21760	,25990	,22891	,27524	,28758	,20719	,21750	,27061	,24618	,28427
Mediana	6,0000	6,0000	6,0000	5,5000	6,0000	5,0000	6,0000	5,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Moda	6,00 ^a	6,00	6,00 ^a	6,00	6,00	6,00	6,00 ^a	5,00	5,00 ^a	6,00	6,00	6,00
Desviación estándar	,75379	1,15470	,75378	,90034	,79296	,95346	,99620	,71774	,75378	,63744	,95260	,98473
Varianza	,569	1,333	,568	,811	,629	,909	,992	,515	,568	,879	,727	,970
Asimetría	-,478	-1,338	-,478	-,152	-,161	-,765	-,470	-,282	-,478	-,412	-,1055	-,1498
Error estándar de asimetría	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637
Curstosis	-,869	1,718	-,866	-,427	-,1261	,161	-,654	-,695	-,869	-,298	1,925	1,702
Error estándar de curstosis	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232
Rango	2,00	4,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00
Mínimo	5,00	3,00	5,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	3,00
Máximo	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00	7,00	6,00
Suma	75,00	68,00	75,00	65,00	73,00	72,00	71,00	62,00	69,00	70,00	72,00	64,00

	VAR00013	VAR00014	VAR00015	VAR00016	VAR00017	VAR00018	VAR00019	VAR00020	VAR00021	VAR00022	VAR00023	VAR00024
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Válido	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	5,9167	5,8333	5,8333	6,0833	5,7500	5,8333	6,0000	5,9167	6,2500	5,6667	5,9167	5,6667
Error estándar de la media	,19300	,24100	,20719	,25990	,25000	,20719	,17408	,31282	,27896	,33333	,28758	,28427
Mediana	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,5000	5,5000	6,0000	5,5000
Moda	8,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	8,00	7,00	5,00 ^a	6,00 ^a	5,00
Desviación estándar	,86856	,83495	,71774	,90034	,86803	,71774	,60302	1,06262	,96531	1,15470	,99620	,98473
Varianza	,447	,697	,515	,811	,750	,515	,364	1,174	,932	1,333	,992	,970
Asimetría	,086	,354	-1,508	-1,082	-,441	-1,508	,000	-,837	-1,319	-,063	-,470	-,127
Error estándar de asimetría	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637	,637
Curstosis	-,190	-1,447	4,065	1,492	,234	4,065	,733	-,238	1,408	-1,473	-,654	-,980
Error estándar de curstosis	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232
Rango	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Mínimo	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Máximo	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Suma	71,00	70,00	70,00	73,00	69,00	70,00	72,00	71,00	75,00	68,00	71,00	68,00

Figura 8.15: Síntesis estadística de todas las variables del análisis para Importancia en la fase inicial.

Para observar el comportamiento general de las variables mostradas con antelación se realizó un gráfico de cajas. En la ordenada se ubica la escala de valoración para Importancia y en la abscisa se ubican las valoraciones de los doce participantes. La columna 13 muestra el comportamiento del promedio de valoración de cada participante en los 24 aspectos indagados. La gráfica se realizó tomando una matriz rectangular de 24 filas por 13 columnas. En las primeras 12 columnas se ubicaron las valoraciones hechas por cada uno de los estudiantes. En la columna 13 se ingresó el promedio de los 12 estudiantes para cada aspecto indagado. El resultado de este proceso se encuentra en la figura 8.16. En la parte izquierda de la figura se puede apreciar que la mínima valoración que realizó el primer participante en los 24 aspectos fue 4 y la máxima fue 7. La media de las valoraciones se

encuentra por encima de 6.2. El cuartil 3 y 4 se ubica entre los valores 6 y 7, por consiguiente, el 50 % de las valoraciones de este estudiante se encuentran sobre esta escala. Luego de revisar los restantes 11 participantes, y ubicados en la columna 13, podemos deducir que el valor promedio mínimo en este estudio es cercano a 5.2 y el máximo cercano a 6.3. La media de los valores promedio se ubica en un punto cercano a 5.8. Por esto, se puede afirmar que en general los participantes en la investigación consideran *importante* los aspectos evaluados, afirmación realizada con antelación luego de observar los resultados estadísticos que dieron origen a un análisis descriptivo de la información obtenida.

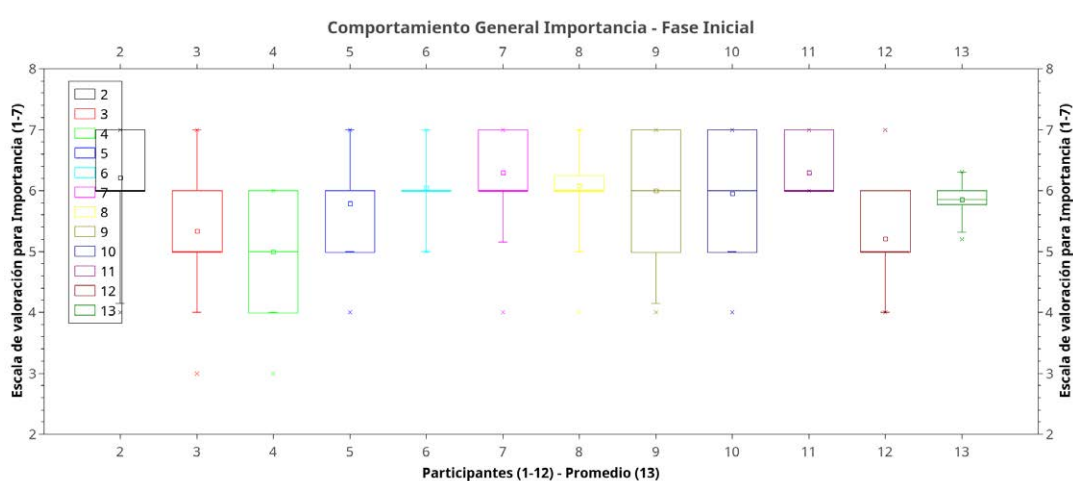


Figura 8.16: Comportamiento general de la Importancia en la fase inicial en cada aspecto encuestado.

Es importante mencionar que además de los 24 aspectos, las 3 preguntas abiertas y la pregunta general, el encuestado indicó un rango de edades y su género. Los rangos de las edades son: (1) menos de 22 años; (2) entre 22 y 24 años; (3) entre 24 y 26 años; y (4) más de 26 años. Estos rangos de edades serán importantes para el análisis de POSAC por cuanto permitirá valorar el nivel de importancia que da cada grupo a los aspectos indagados. En este análisis descriptivo es relevante indicar que del total de participantes tan solo una persona (8,33 %) es mujer. En otras palabras, 11 (91.6 %) de los encuestados son hombres. Además, el grupo (2) es el que más encuestados tiene como grupo con seis, seguido del grupo (3) con tres participantes, luego, el grupo (1) con dos participantes y finalmente, el grupo (4) con un participante.

Ahora bien, centrando la atención en la correlación de los datos, el tercer análisis se realizó con el software HUDAP. Es importante mencionar que en un análisis de correlación de datos se obtiene un coeficiente de correlación. Este coeficiente es una medida que permite conocer el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas. Con el valor del coeficiente se medirá la fuerza y el sentido que tiene la relación lineal entre las variables. Con esta fuerza y sentido se podrá establecer el vínculo entre todos los aspectos evaluados por los participantes. En nuestro caso, los aspectos

serán las variables. Por esto, el número de variables es 24 y se buscará encontrar el coeficiente entre cada una de estas.

En esta investigación, el análisis tuvo dos periodos, el primero empleó la herramienta Wighted Smallest Space Analysis (WSSA1) y el segundo, Partial Order Scalogram Analysis with base Coordinates (POSAC). Se empleó WSSA1 porque permite un análisis de estructuras semejantes en los datos o denominado análisis de las distancias más cortas entre los ítems, un proceso que se puede emplear solo en matrices simétricas. En otras palabras, al tener una matriz R_{if} compuesta por pares de elementos correlacionados entre un conjunto de variables n , es decir, $\{V_1, V_2, \dots, V_n\}$, es posible distribuir estos elementos y ubicarlos en un diagrama espacial. La principal salida de este diagrama representa cada V_i como un punto en la dimensión matricial, pero ajusta los valores para que se pueda apreciar de manera reducida en el gráfico. Los puntos son distanciados en el espacio de tal forma que ellos satisfacen la condición de monotonicidad de la mejor manera posible. Esto significa que:

$$D_{ij} < D_{kl} \Leftrightarrow d_{if} < d_{kl} \text{ para cada cuarteto } (i, j, k, l) \quad (8.1)$$

Esta condición supone que en un orden estricto de los coeficientes de entrada $D_{ij} < D_{kl}$ se obtendrá una interacción de elementos que originarán una serie de números de orden r_s distribuidos en la matriz. En consecuencia, estos datos nos indican que $R_{if} > R_{kl}$, por consiguiente, los d_{if} generan una distancia euclidiana entre los dos puntos⁷ (Amar y Toledano, 2001). Estas distancias nos permiten estudiar el comportamiento de esta matriz haciendo uso de geometría esencial, con ello se facilita la agrupación de los aspectos distribuidos en el plano para su respectivo análisis.

WSSA1 fue alimentado con una matriz en la que los participantes (12) son ubicados en las filas y los aspectos en 24 columnas. Con esta matriz rectangular el programa calcula las correlaciones entre todas las combinaciones de los aspectos empleando el algoritmo de correlación de Pearson. Los coeficientes obtenidos en esta primera matriz nos permiten identificar cada una de las relaciones entre dos ítems, relaciones que pueden ser de similitud o no y que se identifican con el signo positivo o negativo antecediendo el valor. La salida del programa es una matriz triangular, es decir, una “matriz cuadrada” en la que los elementos de la intercorrelación de los datos obtenidos por encima y debajo se alejan del valor uno que se obtendría en su diagonal principal. Este valor ha sido multiplicado por cien para redondear en números enteros. De modo que, el resultado obtenido nos indica que en el valor cien se obtendría la correlación máxima. Para los demás casos, los valores de correlación en los que son más cercanos a cien habrá más correlación y será contrario en los casos donde los valores son más cercanos a cero. Retomando el tema del signo que antecede el valor, éste nos indica la dependencia entre las dos variables en análisis. Si es positiva nos indica que es

⁷Para obtener mayor información sobre la forma en la que se construye el algoritmo consulte Amar y Toledano (2001, p. 223-229).

directamente proporcional, es decir, cuando el valor de una variable aumenta el de la otra también lo hace y sucederá lo mismo en caso de que disminuya. Si es negativo nos indica que es inversamente proporcional, es decir, cuando el valor de una variable aumenta el de la otra disminuye y viceversa (Amar y Toledano, 2001). La figura 8.17 nos muestra la matriz de salida de WSSA1 para los aspectos valorados con relación a la importancia.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Imp_Ite1	1	100	73	-12	10	57	-25	76	25	12	19	42	24	23	22	-42	23	24	-8	-20	14	28	10	27	61
Imp_Ite2	2	73	100	0	15	43	-41	61	29	0	28	18	3	43	3	-29	12	18	-7	-26	34	33	18	45	69
Imp_Ite3	3	-12	0	100	50	-4	13	-21	-8	12	32	0	-12	-14	-22	-25	-3	24	42	40	81	66	0	27	0
Imp_Ite4	4	10	15	50	100	20	-32	24	2	70	84	59	34	6	22	26	40	50	68	50	23	39	15	45	17
Imp_Ite5	5	57	43	-4	20	100	-24	24	-19	19	2	13	-4	36	2	-45	37	30	3	19	1	9	33	58	62
Imp_Ite6	6	-25	-41	13	-32	-24	100	-29	27	-25	-51	0	0	-29	-11	13	11	22	13	16	18	0	-25	-38	-48
Imp_Ite7	7	76	61	-21	24	24	-29	100	28	21	47	43	22	13	53	11	11	8	-15	-15	8	21	-18	-1	34
Imp_Ite8	8	25	29	-8	2	-19	27	28	100	8	18	59	43	3	35	24	54	66	41	-42	25	33	29	15	34
Imp_Ite9	9	12	0	12	70	19	-25	21	8	100	71	57	37	-23	22	25	57	59	59	40	-14	34	31	45	12
Imp_Ite10	10	19	28	32	84	2	-51	47	18	71	100	57	16	-17	31	23	23	39	50	32	25	55	28	47	33
Imp_Ite11	11	42	18	0	59	13	0	43	59	57	57	100	65	0	51	30	71	74	74	18	0	33	28	32	32
Imp_Ite12	12	24	3	-12	34	-4	0	22	43	37	16	65	100	46	52	47	68	43	47	-31	-31	-19	-21	-15	-6
Imp_Ite13	13	23	43	-14	6	36	-29	13	3	-23	-17	0	46	100	30	16	31	-4	-3	-45	-14	-39	-27	-1	23
Imp_Ite14	14	22	3	-22	22	2	-11	53	35	22	31	51	52	30	100	56	50	19	25	-18	-12	6	-25	-13	15
Imp_Ite15	15	-42	-29	-25	26	-45	13	11	24	25	23	30	47	16	56	100	30	7	29	0	-37	-33	-40	-40	-47
Imp_Ite16	16	23	12	-3	40	37	11	11	54	57	23	71	68	31	50	30	100	85	73	0	-9	18	29	41	34
Imp_Ite17	17	24	18	24	50	30	22	8	66	59	39	74	43	-4	19	7	85	100	80	17	27	52	55	61	43
Imp_Ite18	18	-8	-7	42	68	3	13	-15	41	59	50	74	47	-3	25	29	73	80	100	42	21	46	37	49	17
Imp_Ite19	19	-20	-26	40	50	19	16	-15	-42	40	32	18	-31	-45	-18	0	0	17	42	100	14	31	13	30	-15
Imp_Ite20	20	14	34	81	23	1	18	8	25	-14	25	0	-31	-14	-12	-37	-9	27	21	14	100	80	12	33	31
Imp_Ite21	21	28	33	66	39	9	0	21	33	34	55	33	-19	-39	6	-33	18	52	46	31	80	100	41	59	48
Imp_Ite22	22	10	18	0	15	33	-25	-18	29	31	28	28	-21	-27	-25	-40	29	55	37	13	12	41	100	84	69
Imp_Ite23	23	27	45	27	45	58	-38	-1	15	45	47	32	-15	-1	-13	-40	41	61	49	30	33	59	84	100	80
Imp_Ite24	24	61	69	0	17	62	-48	34	34	12	33	32	-6	23	15	-47	34	43	17	-15	31	48	69	80	100

Figura 8.17: Matriz de coeficientes de correlación Pearson para Importancia en la fase inicial.

Como ejemplo, para la interpretación de los resultados se puede indicar que de la figura 8.17 el aspecto (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación en tecnología, se encuentra altamente correlacionado con el aspecto (10) Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, en vista que el valor de la correlación es de 84. En caso contrario se puede apreciar que el aspecto (4) se encuentra poco correlacionado con el aspecto (8) Competencias ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, en vista de que el valor de la correlación es de 2. Esta interpretación se puede realizar para cada uno de los aspectos indagados y ubicados en cada fila de la matriz.

Con los valores obtenidos en esta matriz se calcula el coeficiente de determinación y posteriormente el de alienación. El coeficiente de determinación expresa la variabilidad de la variable dependiente y se explica por el modelo de regresión. Con este coeficiente se calcula el coeficiente de alienación. Este coeficiente indica la proporción de la variabilidad de la variable dependiente⁸(Amar y Toledano, 2001). La figura 8.18 muestra el resultado del cálculo de alienación.

⁸La descripción del algoritmo para el cálculo del coeficiente de alienación se amplía en (Amar y Toledano, 2001,

Serial Number	Item coeff. of Alienation	Plotted Coordinates		
		1	2	3
1	.10381	85.48	84.03	39.17
2	.09421	90.19	74.71	24.80
3	.14217	67.46	3.77	27.85
4	.16692	53.77	36.90	71.28
5	.19134	99.87	69.81	56.44
6	.12198	17.61	20.25	.00
7	.19387	68.80	93.55	52.41
8	.18189	42.77	58.18	17.21
9	.09102	49.32	44.62	79.87
10	.20158	64.21	45.22	76.72
11	.11624	45.33	56.79	56.31
12	.11873	21.81	74.83	49.20
13	.17159	52.17	100.00	15.06
14	.11154	32.55	86.64	51.15
15	.10565	.00	60.10	54.67
16	.18903	39.88	58.31	46.30
17	.16945	53.52	41.33	43.90
18	.11571	41.51	32.03	53.39
19	.14382	54.94	.00	69.10
20	.12571	79.92	21.31	13.43
21	.14028	77.96	24.84	34.70
22	.17354	98.14	32.05	60.44
23	.11888	89.77	37.90	54.22
24	.10871	95.36	60.03	41.32

Figura 8.18: Matriz de coeficientes de alienación en Importancia para la fase inicial.

De la figura 8.18 se puede apreciar que el valor de 0.14538 corresponde al grado de alienación o factor de corrección de error del espacio bidimensional de la matriz de correlaciones. En otras palabras, expresa la medida en la cual algunas distancias entre pares de puntos del espacio bidimensional relacionan los coeficientes de entrada y las distancias de salidas. Con estos valores se establecen los valores de distancias. Se entenderá que la mayor correlación entre dos aspectos originará menor distancia entre ellos. Estas distancias se encuentran en la columna de coordenadas dibujadas. De estos resultados se pueden obtener tres planos bidimensionales, en otras palabras, la columna uno con la dos, la uno con la tres y la dos con la tres. En nuestro análisis se empleará esta última combinación bidimensional. Para interpretar la forma en la que se alojarán los puntos, el programa divide una matriz cuadrada de cien puntos por cien puntos. Se tomará el aspecto a ubicar en la matriz y se tomarán los resultados de las columnas dos y tres. En la abscisa se ubicará el valor de la columna dos y en la ordenada el valor de la columna tres. Por ejemplo, el aspecto 6 tiene un valor de 20.25 en la segunda columna y de 0 en la tercera columna. Por esto, se ubicará en la posición (20,25;0) es decir, en la abscisa 20.25 y en la ordenada 0.

Es relevante indicar que con los tres planos es posible construir una imagen tridimensional de los puntos. El software dispone de esta opción, Sin embargo, el análisis de un punto ubicado en forma tridimensional obliga a disponer de modelos tridimensionales de agrupación de variables. En consecuencia, si la finalidad del análisis es establecer agrupaciones de los aspectos de acuerdo con las correlaciones, realizar una agrupación en un plano tridimensional dificultará la visualización de la congregación de aspectos y, con ello, la comprensión del análisis. Dado que el gráfico de una faceta presenta las correlaciones de forma geométrica en un espacio euclidiano, es posible diseñar

como técnicas de agrupamiento de datos la geometría esencial, esto permitirá el diseño de diversos modelos de agrupación y facilitará la observación del proceso.

La figura 8.19 muestra la organización de los aspectos de acuerdo con sus estructuras de correlación semejantes y los coeficientes de alienación tomando las columnas dos y tres. Como se describió, cada número representa el aspecto indagado en el instrumento de investigación (cuestionario) aplicado. El gráfico nos muestra una estructura fundamental de la valoración de los aspectos con la que los estudiantes del espacio académico comunicaciones II valoran la importancia de los instrumentos científicos en la FMATI.

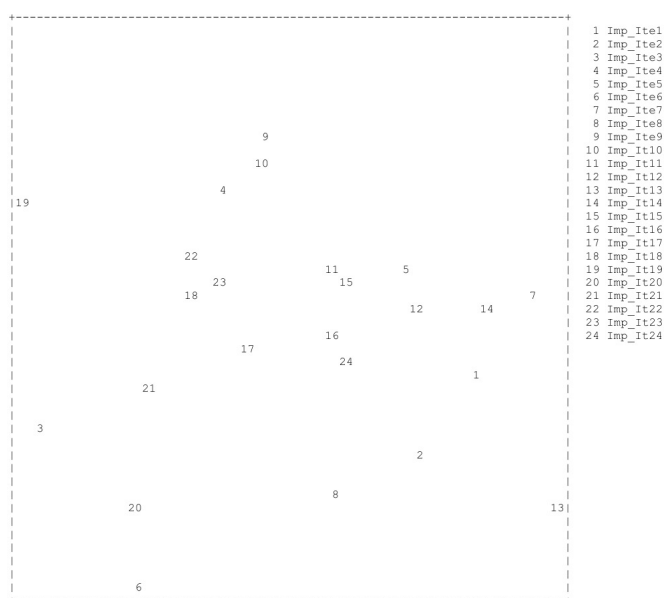


Figura 8.19: Matriz de estructuras de correlación semejantes en Importancia en la fase inicial.

En el proceso de agrupación, Amar y Toledano (2001) afirma que “el procedimiento para determinar los grupos en el análisis se consideran un proceso de ciencia empírica” (p. 150). Es decir, no existe un criterio absoluto que permita tal agrupamiento de los datos, estos dependen solamente del propósito del estudio. Un método definido de esta forma puede traer un conflicto epistemológico que se hará evidente al momento de presentar los grupos encontrados y el análisis que se pueda obtener de ellos. Por tal razón, será necesario definir unos criterios sistemáticos que permitan dar solidez epistemológica a la información que será agrupada y posteriormente analizada. *Este procedimiento es considerado innovador y un aporte al conocimiento de esta investigación*, ya que, los análisis de las observaciones, presentadas en documentos que se encuentran en revistas indexadas y que parten del uso de HUDAP, emplean únicamente agrupaciones empíricas.

Método de agrupación de aspectos

Para realizar el proceso de agrupación de los aspectos se iniciará tomando el menor valor de la columna que da los valores en la abscisa, en este análisis, la columna dos de la figura 8.18. Identificado este valor asociado a un aspecto se procederá a avanzar un punto al frente, izquierda, atrás y, finalmente, a derecha describiendo un círculo en el procedimiento. En caso de encontrar un aspecto o más en este avance o salto, este o estos aspectos serán agrupados. Culminado este primer salto, se avanzará nuevamente en ese mismo orden, pero ahora describiendo un radio de dos puntos. El procedimiento se repetirá hasta hacer un radio de 10 puntos.

Con el ánimo de agrupar un mayor número de aspectos, será necesario ampliar el radio del avance. Para ello se repetirá el procedimiento con cada uno de los aspectos agrupados en el anterior paso. Luego de avanzar por cada uno de los aspectos y realizar el procedimiento de agrupación, los nuevos aspectos que sean encontrados serán vinculados al primer grupo. El proceso culmina cuando al avanzar por las diferentes categorías no se vinculan nuevos aspectos al análisis.

Culminado el primer proceso de asociación de términos es muy probable que queden aspectos por fuera de esta agrupación. En este caso, se trabajará únicamente con los términos que no han sido agrupados. Se realizará de nuevo el procedimiento, pero ahora se ampliará el radio de avance veinte puntos. En este avance los aspectos encontrados serán agrupados. En caso de quedar aspectos por fuera del procedimiento, éstos serán vinculados al grupo que como categoría se encuentre más cerca. Sin embargo, cuando la distancia sea semejante entre grupos conformados, será necesario evaluar los aspectos que vinculan esos grupos y definen la categoría emergente. Luego de esto, el aspecto será vinculado con la familia que guarde más relación con su contenido. Igualmente, si con el primer procedimiento se abarca la totalidad de los aspectos evaluados, será necesario disminuir el tamaño de avance a cinco en el primer procedimiento y a diez en el segundo.

Proceso de análisis

Tomando como punto de partida la figura 8.19 y aplicando el método de agrupación se crearon regiones que muestran la mayor correlación entre los aspectos de este estudio. Las regiones emergentes se pueden apreciar en la figura 8.20. Estas regiones fueron creadas por el investigador producto de la interpretación de las interrelaciones que condujo a la definición del método de agrupamiento. A pesar de haberse diseñado el instrumento – cuestionario definiendo cinco categorías, los resultados hacen evidente nuevas categorías delimitadas por las regiones trazadas que se originan del análisis de esta información. La región con mayor número de aspectos correlacionados se denominó *Competencias e Instrumentos*. En esta región se identificó que aspectos relacionados con competencias propias de la actividad docente como el uso de TIC, competencias en comunicación escrita y lengua extranjera, lectura crítica, evaluación y simulación se encuentran fuertemente correlacionados. Además, aspectos ligados al razonamiento cuantitativo y la evaluación se correla-

cionan también fuertemente, posiblemente por la forma en la que los maestros en formación hacen uso de la valoración cuantitativa en los procesos evaluativos de su actividad pedagógica. En esta categoría también se correlacionan fuertemente aspectos como el diseño de instrumentos, su construcción y la importancia de los elementos de laboratorio.

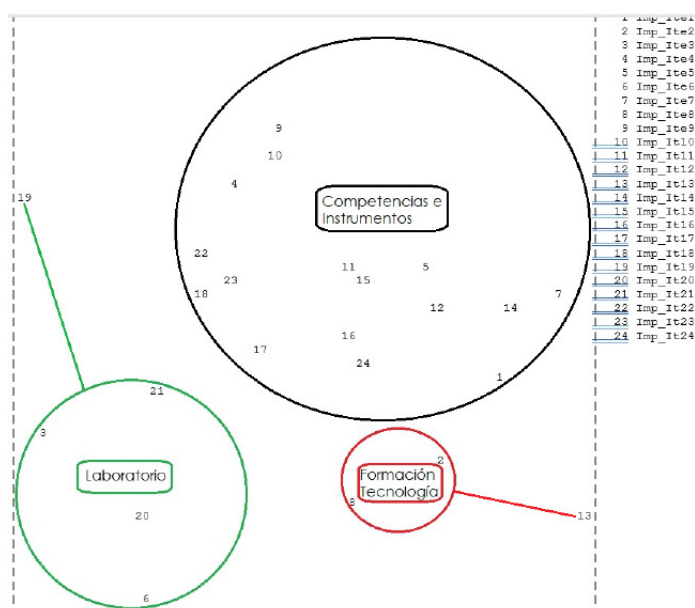


Figura 8.20: Regiones y categorías delimitadas en la matriz de estructuras de correlación semejantes en Importancia para la fase inicial.

En la región de *Laboratorio* se identificaron aspectos que se relacionan con los instrumentos de laboratorio, sin embargo, es importante anotar que estos aspectos no se encuentran fuertemente correlacionados. Resulta singular anotar que el aspecto asociado con las orientaciones para el diseño de currículos se encuentra dentro de esta región. En una primera mirada podría interpretarse como un aspecto que no tiene relación con la región, sin embargo, en las orientaciones para el diseño de currículos para el área de Tecnología e Informática un punto importante a tener en consideración es el uso del laboratorio.

Por último, se encuentra la región de *Formación Tecnología*. En esta región se identificaron los aspectos que se asocian con las competencias y el papel del laboratorio en la formación y enseñanza de la tecnología. Es notable ver que el aspecto 7, importancia de la ciencia en la educación en tecnología, se encuentra en la correlación. Sin embargo, es importante anotar que esta relación no es tan fuerte de acuerdo con esta primera interpretación.

En el segundo periodo de análisis se empleó la herramienta de POSAC (Partial Order Scalogram Analysis with base Coordinates). Ésta toma como referencia el valor promedio de las calificacio-

nes que asigna cada grupo de encuestados. Por esta razón, lo primero a tener realizar es obtener el valor medio de la totalidad de los datos por cada grupo generado y realizar una aproximación de estos resultados a valores enteros. Con estos resultados se creó una matriz en la que los aspectos son nuevamente ubicados en las filas y en las columnas los grupos de edades y sus promedios por aspecto. Con esta nueva matriz se alimenta POSAC. Esta técnica toma el valor de los ítems y los correlaciona en un gráfico de dos dimensiones a lo largo de una diagonal (imaginaria) que parte desde el extremo inferior izquierdo hasta el extremo superior derecho, o de otra forma, una diagonal con pendiente positiva. En este gráfico se ubicarán en la parte más inferior de la diagonal los ítems que tienen menos valoración en el cuestionario. Estos irán incrementándose hasta obtener los ítems mejor valorados o en nuestro caso, los más importantes.

Para la organización de la correlación de los ítems, se ha organizado unos grupos tomando las valoraciones de los 24 aspectos. En esta organización el programa los denomina perfiles. Los perfiles son ubicados de acuerdo con el promedio de las valoraciones obtenidas por cada grupo, siendo el perfil 1 el mejor valorado con 7777 (28) y el menor 15 con valor 5554 (19) como se muestra en la figura 8.21. Es importante aclarar que estos perfiles son creados como referencia por el programa y no corresponden a los aspectos indagados en el cuestionario, sin embargo, cada perfil contiene uno o más aspectos descritos en el instrumento – cuestionario. La figura 8.21 muestra la organización de los perfiles creados, específicamente, en la columna Id se encuentran numerados. En la columna “serial case number” se encuentran los aspectos que son asociados a estos perfiles. Es importante resaltar que los perfiles 1 y 15, a pesar de crearse y contemplarse en los gráficos, no tendrán información relevante en el análisis, porque son perfiles sin aspectos asociados.

Id	Profile	Sco	Freq	Serial case number
6	7 7 6 5	25	1	1
13	6 6 5 4	21	1	2
2	7 6 7 7	27	1	3
10	7 5 5 6	23	1	4
4	7 6 6 6	25	3	5
5	6 6 6 7	25	7	6
12	7 6 5 4	22	1	7
14	5 5 5 5	20	1	8
7	6 6 5 7	24	1	9
11	6 5 6 5	22	1	12
9	6 6 6 5	23	3	13
8	6 6 6 6	24	2	15
3	7 6 6 7	26	1	19
15	5 5 5 4	19	1	NOBODY
1	7 7 7 7	28	1	NOBODY

Figura 8.21: Matriz de perfiles creados por POSAC en Importancia en la fase inicial.

En consecuencia, es posible apreciar que el perfil más grande es el cinco y contiene los aspectos 6, 16, 17, 18, 21, 22 y 23. El perfil cuatro contiene los aspectos 5, 10 y 11. El perfil nueve contiene los aspectos 13, 14 y 24. El perfil ocho contiene los aspectos 15 y 20. Finalmente, los demás perfiles contienen aspectos independientes como se puede observar en la definición de cada perfil. Para la distribución de estos perfiles en un diagrama bidimensional que toma como organización una diagonal positiva, se realiza un cálculo de nuevos coeficientes de acuerdo con la monotonidad

entre los ítems. Estos valores permiten identificar los perfiles más débiles y serán ubicados en la parte inferior, Por lo cual, al incrementar el valor de la monotonicidad de los ítems su ubicación en la diagonal también varía en aumento. La figura 8.22 muestra los perfiles, los valores del perfil que se obtienen de la suma de los valores medios obtenidos, el número de casos que se tiene de ese mismo perfil, las coordenadas en X y Y para la ubicación del perfil en el plano bidimensional y finalmente unas nuevas coordenadas de articulación J y lateralidad L . La coordenada $J = X + Y$ y $L = 100 + X - Y$ (Amar y Toledano, 2001, pp. 179-190).

Id	Profile	Sco	Freq	X	Y	Joint	Lateral
1*	7 7 7 7	28	1	100.00	100.00	200.00	100.00
2	7 6 7 7	27	1	92.86	92.86	185.71	100.00
3	7 6 6 7	26	1	85.71	78.57	164.29	107.14
4	7 6 6 6	25	3	57.14	71.43	128.57	85.71
5	6 6 6 7	25	7	78.57	50.00	128.57	128.57
6	7 7 6 5	25	1	50.00	85.71	135.71	64.29
7	6 6 5 7	24	1	71.43	14.29	85.71	157.14
8	6 6 6 6	24	2	64.29	57.14	121.43	107.14
9	6 6 6 5	23	3	35.71	35.71	71.43	100.00
10	7 5 5 6	23	1	42.86	42.86	85.71	100.00
11	6 5 6 5	22	1	28.57	21.43	50.00	107.14
12	7 6 5 4	22	1	7.14	64.29	71.43	42.86
13	6 6 5 4	21	1	14.29	28.57	42.86	85.71
14	5 5 5 5	20	1	21.43	7.14	28.57	114.29
15*	5 5 5 4	19	1	.00	.00	.00	100.00

Figura 8.22: Matriz de distribución de los perfiles creados en POSAC para Importancia en la fase inicial.

Con los valores de X y Y se procede a ubicar cada uno de los perfiles en un gráfico bidimensional. La figura 8.23 muestra esta distribución de los perfiles creados en la diagonal imaginaria.

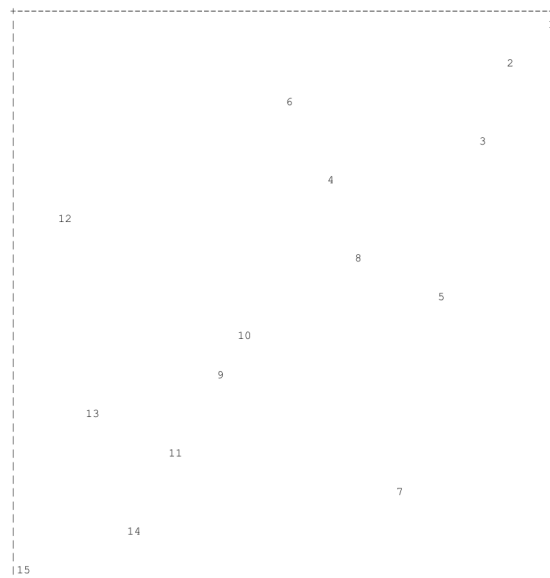


Figura 8.23: Escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.

De la figura 8.23 es posible identificar que el perfil 15, ubicado en la parte inferior, será considerado como el menos importante y el perfil 1, ubicado en la parte superior derecha, considerado

como el más importante. La distribución de los perfiles restantes muestra una disposición en la que los perfiles ubicados en la parte inferior pueden considerarse como menos importantes y los más cercanos a la parte superior como los más importantes. En esta distribución quedarán perfiles que no se ajustan a esta descripción, por tanto, precisan de ser ubicados en una nueva categoría. Por esta razón será necesario definir un procedimiento para agrupar los perfiles.

Método de agrupación de perfiles

Para realizar la agrupación de perfiles se trazarán líneas perpendiculares a la diagonal imaginaria. La línea que sea trazada debe tomar en cuenta los valores de X y Y que permiten la ubicación de los perfiles en el plano bidimensional, en este caso de análisis los presentados en la figura 8.23. Como criterio, una línea trazada debe separar dos perfiles que estén distanciados como mínimo siete unidades en estos valores. Además, no deberán quedar perfiles solos. Es importante señalar que los perfiles que no tienen aspectos asociados no cuentan como perfil en la agrupación. Los perfiles agrupados definirán una categoría. El nombre de cada categoría tendrá en cuenta la escala de valoración presentada en el instrumento – cuestionario y los valores promedio de los perfiles. Es considerado que como mínimo tres agrupaciones son suficientes en el proceso de delimitación de los perfiles.

Proceso de análisis

Tomando como punto de partida la distribución de los perfiles de la figura 8.23 y aplicando el procedimiento para agrupar los perfiles se obtuvieron tres categorías presentadas en la figura 8.24.

Para el análisis de las categorías encontradas fue necesario ubicar en la parte superior de cada perfil los aspectos indagados en el instrumento – cuestionario. De esta delimitación se puede observar que los perfiles considerados como *más importantes* son el 2, 3, 6, 4, 8, y 5 que tienen asociados los aspectos 3, 19, 1, 5, 10, 11, 15, 6, 16, 17, 18, 21, 22 y 23 respectivamente. En otras palabras, los aspectos mejor valorados son: Papel del laboratorio en la Licenciatura en Electrónica; Aprender resolviendo problemas como estrategia de enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática; Papel del laboratorio en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática; Procesos de simulación que faciliten conectar la teoría y la práctica; Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática; Competencias en lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática; Competencias en evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática; Orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática (AT&I); Trabajo en equipo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática; Diseño de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática; Construcción de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática; Diversidad de equipos de laboratorio en el pro-

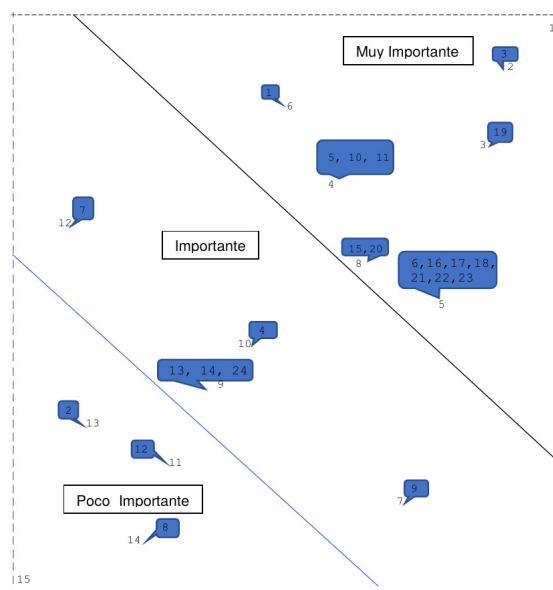


Figura 8.24: Regiones delimitadas en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.

grama de Licenciatura en Electrónica; Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa y Equipos de laboratorio análogos en la actividad de laboratorio. De lo observado se puede inferir la importancia que dan los estudiantes a la actividad de laboratorio como apoyo al trabajo formativo, así como las competencias y el trabajo en equipo.

Así mismo, son considerados como *importantes* los perfiles 7, 9, 10 y 12, es decir los aspectos 9 (Competencias de comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática), 13 (Competencias en formación de ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática), 4 (Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación en tecnología) y 7 (Importancia de la ciencia en la educación en tecnología).

Por último, los perfiles *poco importantes* son el 11, 13 y 14. En otras palabras, los aspectos menos valorados son (12) Competencias en razonamiento cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (2) Papel del laboratorio en la enseñanza de la tecnología y (8) Competencias ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática.

POSAC entrega también un mapa correspondiente a los valores promedio de cada perfil diferenciados por cada grupo de edades. Esta información es útil para determinar en detalle cómo fue valorado cada aspecto por parte de los grupos de estudiantes. Para identificar el nivel de importancia que dio cada grupo a cada perfil, se realizó una agrupación de los perfiles tomando como punto de partida el promedio de valoración obtenido y el lugar en el que fue ubicado el perfil. En

otras palabras, se agruparon todos los perfiles que tienen el valor promedio de siete, seguido de los que tienen el valor promedio de seis y así sucesivamente. Estas regiones son propuestas por el investigador.

La figura 8.25 muestra la valoración del grupo con más miembros, es decir, el grupo 2. En ella es posible identificar que la mayoría de los aspectos se ubican en la valoración de *importante*, sin embargo, es de destacar que el aspecto (1) Papel del laboratorio en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática es valorado como *muy importante*. La región de *moderada importancia* la integran los aspectos (12) Competencias en razonamiento cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (8) Competencias ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática. Empero, a pesar que se encuentre en la región de importante es posible ubicar el aspecto (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación en tecnología, con la valoración de *moderada importancia*.

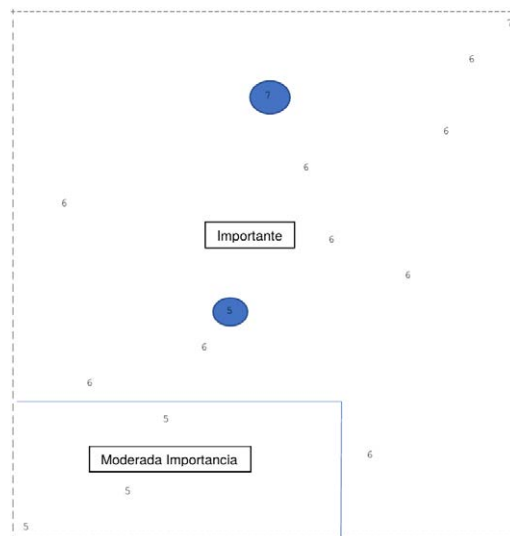


Figura 8.25: Valoración del grupo 2 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.

La figura 8.26 muestra las valoraciones de los aspectos del grupo 1. Es posible ver que aspectos como (3) Papel del laboratorio en la Licenciatura en Electrónica, (1) Papel del laboratorio en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (19) Aprender resolviendo problemas como estrategia de enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (5) Procesos de simulación que faciliten conectar la teoría y la práctica, (10) Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (11) Competencias en lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (7) Importancia de la ciencia en la educación en tecnología son valorados como *muy importantes*. Solo el aspecto (8) es valorado con una *moderada importancia* y los

restantes aspectos son considerados *importantes*.

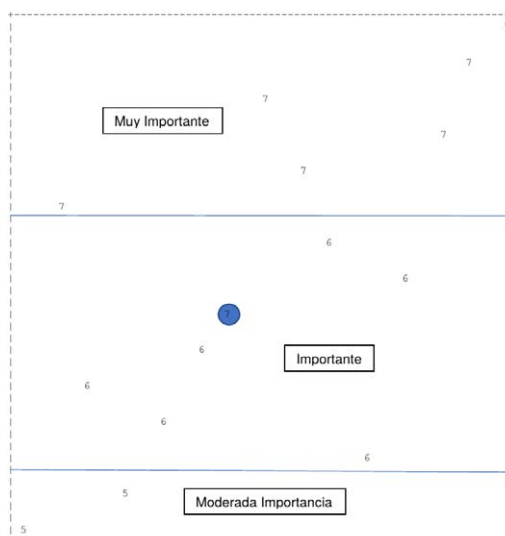


Figura 8.26: Valoración del grupo 1 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.

La figura 8.27 muestra las valoraciones de los aspectos del grupo 3. Es posible afirmar que solo el aspecto (3) Papel del laboratorio en la Licenciatura en Electrónica, es valorado con *mucha importancia*. Los aspectos (2) y (8) son valorados con una *moderada importancia* y los restantes como *importantes*.

Finalmente, la figura 8.28 muestra las valoraciones hechas por el grupo 4. Los aspectos (3) y (19) coinciden como *muy importantes* en la valoración general. Sin embargo, los aspectos (6, 16, 17, 18, 21, 22, 23) aun cuando no se encuentran en la región de valoración de muy importante concuerda con la valoración general. Es de resaltar que el aspecto (9) Competencias de comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática tiene una valoración de *muy importante* cuando en el general ha sido observada como *importante*, así mismo, el aspecto (1) Papel del laboratorio en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática es visto con *moderada importancia*. El grupo 4 genera una nueva región que se denominó *poca importancia*. En esta región se ubican los aspectos (2) Papel del laboratorio en la enseñanza de la tecnología e (7) Importancia de la ciencia en la educación en tecnología. Es relevante anotar que *es el único grupo que indica que no es importante la ciencia en la educación en tecnología, el resto de los grupos ubicó el aspecto entre importante y muy importante*.

Luego de realizar un análisis de las valoraciones de los diferentes grupos en cuanto a la importancia que dan a los aspectos indagados, se puede afirmar que la mayoría de éstos son valorados como *muy importantes* seguido de *importantes*. Es relevante indicar que son *muy pocos los aspec-*

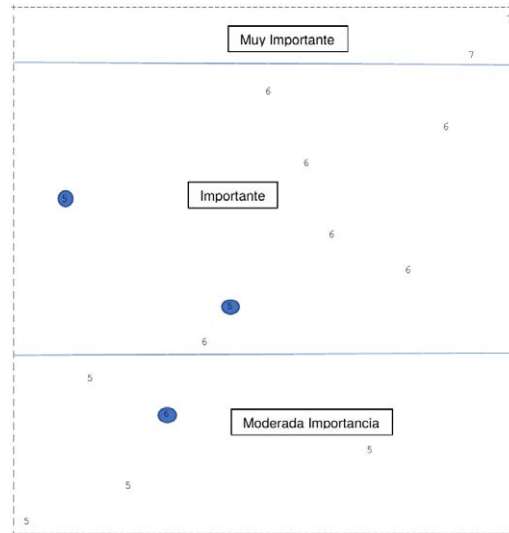


Figura 8.27: Valoración del grupo 3 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.

tos valorados como moderadamente importantes.

La segunda parte de este análisis correlacional se realizó con las valoraciones hechas a los mismos aspectos, pero ahora desde la valoración de *satisfacción* que tienen los estudiantes con cada uno de éstos. En este procedimiento se aplicarán las mismas herramientas, SPSS y HUDAP. A continuación, se presenta este análisis.

Satisfacción fase inicial

Antes de mostrar los resultados e iniciar la descripción del proceso de análisis es preciso indicar que los criterios empleados son los mismos que fueron usados en el análisis de *Importancia*. Es decir, los resultados entregados por el software, la creación de las distancias entre aspectos, las estrategias de agrupamiento, la creación de los perfiles, la agrupación de los mismos, entre otros, emplean el mismo criterio que se mostró con importancia. En este estudio, para el análisis descriptivo se alimentó SPSS nuevamente con una hoja de datos en la que se ubican en las filas los participantes y en las columnas los aspectos. Con las respuestas de los estudiantes se obtuvieron 12 casos que fueron aceptados por el software sin excluir dato alguno. Posteriormente, se aplicó el coeficiente de Alfa de Cronbach para determinar la fiabilidad y validez de la muestra. El resultado obtenido es de 0.782 analizados los 24 aspectos. La interpretación de este resultado nos indica nuevamente que los valores se encuentran correlacionados entre sí, por lo cual, es posible afirmar que existe una alta fiabilidad de los datos obtenidos acorde con Campos (2009). La figura 8.29 muestra el resultado de este proceso.

Es importante resaltar que en este análisis el Alfa de Cronbach permanece en el rango del valor

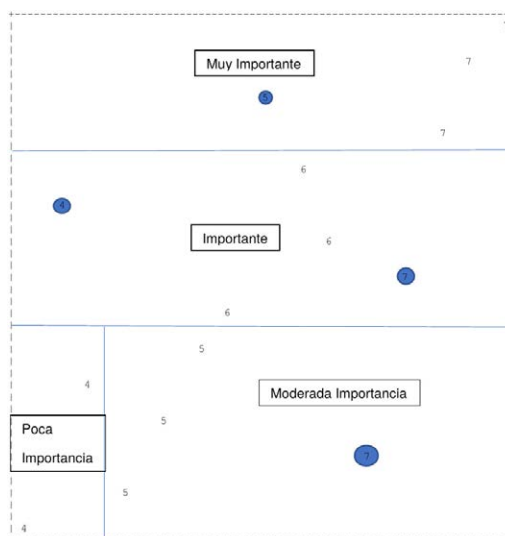


Figura 8.28: Valoración del grupo 4 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase inicial.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,782	,788	24

Figura 8.29: Resultado de aplicar el coeficiente de Alfa de Cronbach en Satisfacción en la fase inicial.

recomendado por Campos (2009) para todos los casos, aun eliminando el elemento en el análisis. La figura 8.30 muestra estos valores para cada aspecto analizado. Nótese que existe una marcada diferencia en relación con los valores obtenidos en importancia. Sin embargo, el valor de Alfa de Cronbach sugiere que no hay redundancia o duplicación de los datos⁹.

En este análisis de información se encontró que la mediana de la mayoría de los datos de satisfacción tiende a ser 5. La media de los valores obtenidos se encuentra entre 4 y 5, distante de los resultados obtenidos para importancia, de modo que, los participantes se sienten *indiferentes* y *medianamente satisfechos* con los aspectos evaluados. Esto es posible sustentarlo desde los datos de varianza (σ^2) y desviación (σ) obtenidos.

También es posible observar que el rango se encuentra entre 3 y 4 en la mayoría de los casos analizados. Solo el aspecto (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que rea-

⁹Información adicional relacionada con la fiabilidad se puede obtener en el documento satisfacción.doc que contiene la salida de todos los datos arrojados para satisfacción por SPSS. Se ubica en la carpeta de anexos, específicamente en SPSS - Primera Fase - satisfacción.

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
VAR00001	103,1667	109,970	,576	.	,762
VAR00002	103,2500	105,477	,742	.	,751
VAR00003	103,0000	112,182	,524	.	,765
VAR00004	102,8333	117,242	,203	.	,780
VAR00005	102,1667	106,879	,613	.	,757
VAR00006	103,3333	118,970	,110	.	,786
VAR00007	102,5000	124,636	-,116	.	,796
VAR00008	103,1667	112,152	,385	.	,770
VAR00009	103,2500	112,205	,329	.	,774
VAR00010	104,1667	122,152	-,025	.	,795
VAR00011	102,5000	117,545	,237	.	,778
VAR00012	102,3333	127,697	-,279	.	,799
VAR00013	102,6667	110,242	,631	.	,761
VAR00014	102,4167	111,356	,544	.	,764
VAR00015	102,7500	115,659	,370	.	,773
VAR00016	102,6667	103,879	,651	.	,752
VAR00017	103,6667	114,970	,244	.	,779
VAR00018	103,6667	110,242	,332	.	,774
VAR00019	102,6667	120,788	,033	.	,790
VAR00020	103,8333	108,879	,498	.	,763
VAR00021	103,8333	109,424	,564	.	,761
VAR00022	104,5000	113,364	,263	.	,778
VAR00023	102,9167	113,538	,259	.	,779
VAR00024	103,1667	117,242	,195	.	,781

Figura 8.30: Estadística total de las variables incluyendo coeficiente de Alfa de Cronbach a Satisfacción en la fase inicial.

liza la práctica educativa, muestra un rango de 5 acompañado de una media de 3, lo que nos indica la *poca satisfacción* de este espacio para los estudiantes. Otros aspectos valorados con baja satisfacción son (2) Papel del laboratorio en la enseñanza de la tecnología, (6) Orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática (AT&I), (9) Competencias de comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (10) Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (16) Trabajo en equipo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (20) Calidad de los equipos de laboratorio y (21) Diversidad de equipos de laboratorio en el programa de Licenciatura en Electrónica. La figura 8.31 muestra información detallada de estas afirmaciones para cada uno de los casos y aspectos observados.

Haciendo una mirada general del comportamiento de las variables se realizó un gráfico de cajas. En la ordenada se ubica la escala de valoración para Satisfacción y en la abscisa se ubican las valoraciones de los doce participantes. La columna 13 muestra el comportamiento del promedio de valoración de cada participante en los 24 aspectos indagados. La gráfica fue elaborada de la misma forma que para Importancia. El resultado se encuentra en la figura 8.32. Para interpretar, en la parte izquierda de la figura se puede apreciar que la mínima valoración que realizó el primer participante en los 24 aspectos fue 3 y la máxima 6. La media de las valoraciones es cercana a 5. El cuartil 3 y 4 se ubica entre los valores 5 y 6, por esto, el 50 % de las valoraciones de este estudiante se

	VAR00001	VAR00002	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008	VAR00009	VAR00010	VAR00011	VAR00012
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Válidos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	4,4167	4,3333	4,5833	4,7500	5,4167	4,2500	5,0833	4,4167	4,3333	3,4167	5,0833	5,2500
Error estándar de la media	,28758	,30977	,25990	,30464	,33616	,32856	,31282	,33616	,37605	,35799	,25990	,25000
Mediana	5,0000	4,5000	5,0000	5,0000	5,5000	4,5000	5,0000	5,0000	5,0000	3,0000	5,0000	5,0000
Moda	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00 ^a	5,00	5,00 ^a	5,00	5,00	3,00	5,00	5,00
Desviación estándar	,99620	1,07309	,90034	1,05529	1,16450	1,13818	1,08362	1,16450	1,30268	1,24011	,90034	,86603
Varianza	,992	1,152	,811	1,114	1,356	1,295	1,174	1,356	1,697	1,538	,811	,750
Rango	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00
Mínimo	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	1,00	3,00	3,00
Máximo	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Suma	53,00	52,00	55,00	57,00	65,00	51,00	61,00	53,00	52,00	41,00	61,00	63,00

	VAR00013	VAR00014	VAR00015	VAR00016	VAR00017	VAR00018	VAR00019	VAR00020	VAR00021	VAR00022	VAR00023	VAR00024
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Válidos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	4,9167	5,1667	4,8333	4,9167	3,9167	3,9167	4,9167	3,7500	3,7500	3,0833	4,6667	4,4167
Error estándar de la media	,25990	,27061	,24100	,37856	,35799	,43447	,33616	,35086	,30464	,39807	,39568	,31282
Mediana	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	3,5000	4,0000	5,0000	3,0000	3,5000	3,0000	4,5000	4,5000
Moda	5,00	5,00 ^a	5,00	5,00	3,00	2,00 ^a	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00 ^a	5,00
Desviación estándar	,90034	,93744	,83485	1,31137	1,24011	1,50504	1,16450	1,21543	1,05529	1,37895	1,37069	1,08362
Varianza	,811	,879	,697	1,720	1,538	2,265	1,356	1,477	1,114	1,902	1,879	1,174
Rango	3,00	3,00	3,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	5,00	4,00	3,00
Mínimo	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	3,00	3,00
Máximo	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	6,00	5,00	6,00	7,00	6,00
Suma	59,00	62,00	58,00	59,00	47,00	47,00	59,00	45,00	45,00	37,00	56,00	53,00

Figura 8.31: Síntesis estadística de todas las variables del análisis para Satisfacción en la fase inicial.

encuentran sobre esta escala. Luego de realizar este mismo análisis en los 11 participantes restantes, y centrando la atención en la columna 13, podemos observar que el valor promedio mínimo es cercano a 3 y el máximo cercano a 5.5. La media de los valores promedio se ubica cercano a 4.5. Por lo cual, se puede afirmar que los participantes en la investigación consideran *indiferente* y *medianamente satisfecho* los aspectos evaluados. Esta afirmación corrobora lo mencionado previamente, luego de observar los resultados estadísticos que dieron origen a un análisis descriptivo de la información obtenida.

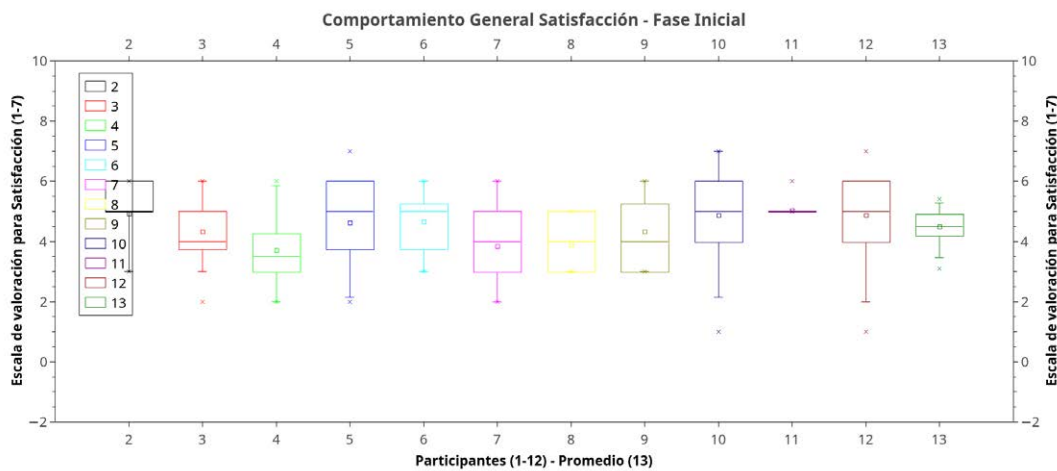


Figura 8.32: Comportamiento general de la Satisfacción en la fase inicial en cada aspecto encuestado.

En el análisis correlacional se emplearon las mismas herramientas que para importancia, como fue comentado. Para WSSA1 el programa fue alimentado con una matriz rectangular en la que las

filas se ubican los participantes y sus respuestas y en las columnas los 24 aspectos indagados. En el análisis de estructuras semejantes de los datos, denominado análisis de las distancias más cortas entre los ítems, WSSA1 nos entregó una matriz triangular de correlaciones en la que se puede apreciar correlaciones directa e inversamente proporcionales (antecedidas por el signo (-)). La figura 8.33 muestra el resultado de este proceso.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sat_It1	1	100	62	52	19	54	-10	-12	15	2	-1	-14	-13	35	60	20	59	10	39	-5	39	54	24	24	16
Sat_It2	2	62	100	53	32	39	15	-26	24	17	36	16	-10	41	75	68	41	36	58	24	35	48	23	-4	-13
Sat_It3	3	52	53	100	36	27	-7	23	9	-3	-32	27	-32	63	41	2	28	-20	-10	22	56	55	3	61	57
Sat_It4	4	19	32	36	100	2	66	2	54	33	-12	2	17	17	-23	-15	-15	-50	-36	20	9	-6	64	0	-14
Sat_It5	5	54	39	27	2	100	26	26	66	26	-38	-12	-47	38	35	17	86	9	23	16	47	39	9	38	21
Sat_It6	6	-10	15	-7	66	26	100	35	87	49	-2	-20	-7	2	-47	-14	-11	-18	-15	36	-15	-32	28	-23	-39
Sat_It7	7	-12	-26	23	2	26	35	100	40	17	-43	-38	-51	19	-46	-39	7	-13	-22	1	-12	-14	-43	27	28
Sat_It8	8	15	24	9	54	66	87	40	100	44	-26	-21	-29	21	-24	-11	32	-16	-8	36	21	2	32	4	-15
Sat_It9	9	2	17	-3	33	26	49	17	44	100	8	36	32	41	-5	22	18	24	20	-40	-29	-33	39	2	-4
Sat_It10	10	-1	36	-32	-12	-38	-2	-43	-26	8	100	5	32	-13	25	51	-20	73	70	-4	-29	2	3	-61	-48
Sat_It11	11	-14	16	27	2	-12	-20	-38	-21	36	5	100	44	57	31	14	1	9	-6	-8	19	12	29	32	33
Sat_It12	12	-13	-10	-32	17	-47	-7	-51	-29	32	32	44	100	15	-6	-6	-38	-6	-5	-52	-45	-32	51	-46	-41
Sat_It13	13	35	41	63	17	38	2	19	21	41	-13	57	15	100	34	-2	46	7	6	-9	31	45	23	42	41
Sat_It14	14	60	75	41	-23	35	-47	-46	-24	-5	25	31	-6	34	100	74	53	48	66	-7	44	60	6	12	10
Sat_It15	15	20	68	2	-15	17	-14	-39	-11	22	51	14	-6	-2	74	100	32	69	78	-11	4	15	1	-21	-22
Sat_It16	16	59	41	28	-15	86	-11	7	32	18	-20	1	-38	46	53	32	100	27	36	0	50	57	10	49	41
Sat_It17	17	10	36	-20	-50	9	-18	-13	-16	24	73	9	-6	7	48	69	27	100	92	-19	-8	19	-21	-23	-11
Sat_It18	18	39	58	-10	-36	23	-15	-22	-8	20	70	-6	-5	6	66	78	36	92	100	-21	-1	27	-8	-32	-26
Sat_It19	19	-5	24	22	20	16	36	1	36	-40	-4	-8	-52	-9	-7	-11	0	-19	-21	100	37	20	-22	15	3
Sat_It20	20	39	35	56	9	47	-15	-12	21	-29	-29	19	-45	31	44	4	50	-8	-1	37	100	87	28	55	50
Sat_It21	21	54	48	55	-6	39	-32	-14	2	-33	2	12	-32	45	60	15	57	19	27	20	87	100	20	38	42
Sat_It22	22	24	23	3	64	9	28	-43	32	39	3	29	51	23	6	1	10	-21	-8	-22	28	20	100	-8	-15
Sat_It23	23	24	-4	61	0	38	-23	27	4	2	-61	32	-46	42	12	-21	49	-23	-32	15	55	38	-8	100	96
Sat_It24	24	16	-13	57	-14	21	-39	28	-15	-4	-48	33	-41	41	10	-22	41	-11	-26	3	50	42	-15	96	100

Figura 8.33: Matriz de coeficientes de correlación Pearson para Satisfacción en la fase inicial.

Obtenidos estos valores de correlación, se calculó el coeficiente de determinación y posteriormente el de alienación. Con este coeficiente es posible entrever la proporción de la variabilidad de la variable dependiente y, en ese orden de ideas, obtener las distancias entre pares de puntos de la matriz que se generará, en la que se relacionarán los coeficientes de entrada y las distancias de salidas. Como se puede observar en la figura 8.34 esta distancia se traduce en unas coordenadas en la que serán ubicados los aspectos para su posterior análisis y agrupamiento. Por ende, la mayor correlación entre dos aspectos originará una distancia menor y será mayor si la correlación es menor.

Obtenidos las coordenadas se obtiene un gráfico en el que se ubica cada una de los aspectos de acuerdo con la correlación entre ellos. La figura 8.35 muestra la ubicación de cada aspecto en relación con las coordenadas obtenidas. Es de recordar que cada número obedece al aspecto indagado y que fue descrito en el espacio de *cuestionario*.

Con este gráfico de base se procedió a realizar la agrupación de términos siguiendo la metodología descrita previamente. Las regiones fueron creadas por el investigador y son producto de la

Serial Number	Item coeff. of Alienation	Plotted Coordinates		
		1	2	3
1	.17359	53.04	71.68	53.93
2	.14855	37.75	58.53	50.93
3	.15699	73.07	60.82	25.47
4	.16072	61.26	6.09	28.59
5	.17263	71.27	52.71	61.13
6	.07368	57.71	.00	53.95
7	.15596	100.00	19.13	51.03
8	.10284	67.20	14.04	56.32
9	.16923	35.85	12.85	34.18
10	.10424	.00	42.77	54.18
11	.14071	40.36	50.81	.00
12	.06038	9.83	24.89	2.89
13	.12782	59.63	53.17	18.41
14	.10567	35.35	77.35	44.23
15	.10149	14.95	62.64	51.86
16	.16661	63.70	66.82	54.68
17	.15082	11.99	57.94	62.09
18	.09087	18.23	61.54	61.83
19	.20030	75.79	33.62	83.64
20	.15227	76.42	72.18	42.52
21	.10425	62.28	78.70	39.29
22	.16822	40.10	19.81	13.69
23	.08695	90.77	61.58	25.62
24	.11637	88.55	66.91	19.25

Figura 8.34: Matriz de coeficientes de alienación para Satisfacción en la fase inicial.

interpretación de las interrelaciones. La figura 8.36 muestra las regiones y categorías delimitadas en la matriz de estructuras de correlación semejantes para el análisis de satisfacción.

De la figura 8.36 es posible apreciar que la región con mayor correlación entre los aspectos ha sido denominada *Integración de infraestructura y habilidades*. En esta región es posible identificar aspectos relacionados con competencias propias de la actividad docente, el vínculo de los contenidos teóricos y prácticos, la infraestructura del laboratorio y el trabajo en equipo. Se puede apreciar una fuerte correlación entre (15) Competencias en evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática.

En otro extremo de la agrupación se puede observar correlación entre los aspectos (23) Equipos de laboratorio análogos en la actividad de laboratorio y (24) Equipos de laboratorio digitales en la actividad de laboratorio. Un poco más dispersos, pero aún en correlación se encuentran los aspectos (3) Papel del laboratorio en la Licenciatura en Electrónica, (5) Procesos de simulación que faciliten conectar la teoría y la práctica, (20) Calidad de los equipos de laboratorio, (21) Diversidad de equipos de laboratorio en el programa de Licenciatura en Electrónica, (16) Trabajo en equipo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (1) Papel del laboratorio en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (2) Papel del laboratorio en la enseñanza de la tecnología, (11) Competencias en lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (14) Competencias en enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática.

La siguiente agrupación fue denominada *currículo*. En ella es posible encontrar aspectos em-

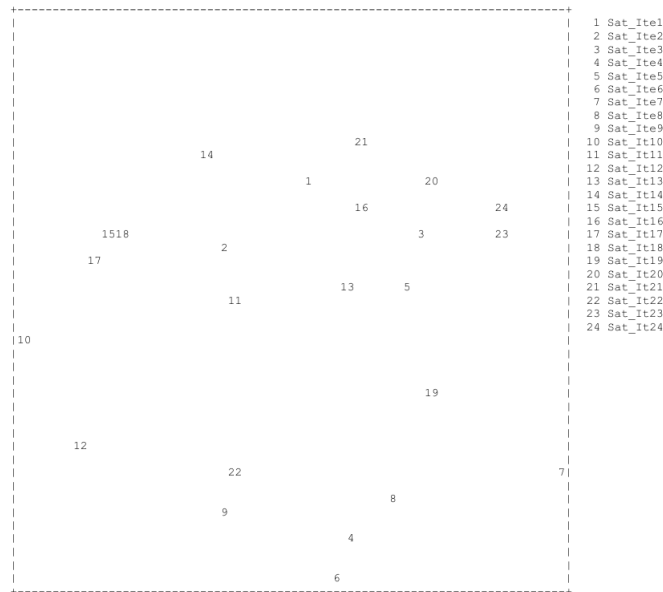


Figura 8.35: Matriz de estructuras de correlación semejantes en Satisfacción para la fase inicial.

pleados en la educación en tecnología. Por ejemplo, el aspecto (6) Orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática (AT&I) se relaciona con (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación en tecnología. Un poco más alejado se encuentra (8) Competencias ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (19) Aprender resolviendo problemas como estrategia de enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática. En esta misma región es posible encontrar a (7) Importancia de la ciencia en la educación en tecnología que, aunque se mencione dentro de las orientaciones para el diseño de currículos en educación en tecnología, su enfoque y proyección sigue siendo incierto.

Por último, se encuentra la región *competencias*. En esta región se puede encontrar mayormente correlacionados los aspectos (9) Competencias de comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa. Sin embargo, también se encuentran en esta región (12) Competencias en razonamiento cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (10) Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, aunque en lugares más distantes.

Para complementar este análisis se empleó la herramienta de POSAC. Luego de tener el valor promedio de la totalidad de los datos por cada grupo generado se crea una matriz rectangular en la que los aspectos son nuevamente ubicados en las filas y en las columnas los grupos de edades y sus promedios por aspecto. Con estos datos el programa generó unos perfiles. En este caso el perfil mejor valorado es 1 con un valor asociado de 6666 (24) (la herramienta lo crea como referencia) y

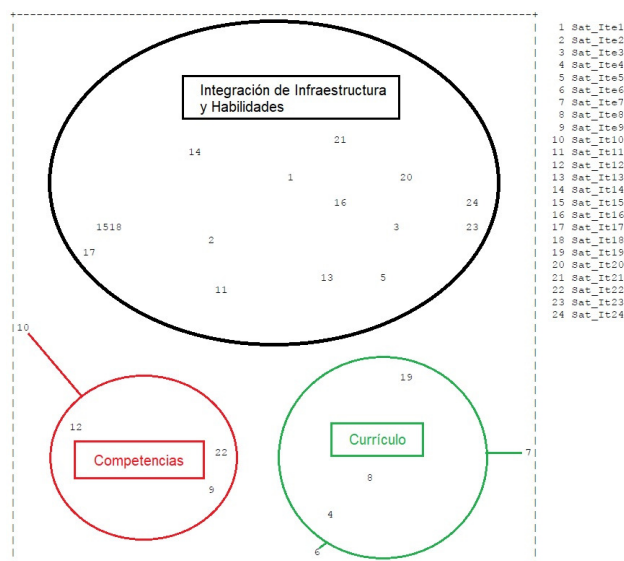


Figura 8.36: Regiones y categorías delimitadas en la matriz de estructuras de correlación semejantes en Satisfacción para la fase inicial.

el menor es 16 con valor 5544 (18). Es importante destacar que las valoraciones de satisfacción son menores que en importancia, de modo que, en el análisis se toma como referencia máxima 24 y no 28 como lo fue en el caso de importancia. Con estos valores se calcula nuevos coeficientes a partir de la monotonía entre los ítems. Con esta información se ubicarán en la parte inferior de una diagonal positiva los perfiles más débiles, que para nuestro caso serán los menos importantes, y en la esquina superior los más fuertes, que en nuestro caso serán los más importantes. Los restantes perfiles se alojarán dentro de esta diagonal de acuerdo a la fortaleza del coeficiente. La figura 8.37 muestra la organización de los perfiles. Además, en las columnas X y Y se indican las coordenadas en las que se ubicarán los perfiles en un diagrama bidimensional.

De la imagen 8.37 es posible apreciar que los perfiles con más aspectos vinculados son el 14 con los aspectos (3 y 4), el 7 con los aspectos (13 y 23) y el 13 con los aspectos (17 y 18). Los restantes perfiles son individuales. Esta es una característica diferenciadora de lo observado en el análisis para importancia. También es notorio que en el caso de satisfacción se tiene un mayor número de perfiles creados. La figura 8.38 muestra el escalograma bidimensional de los coeficientes arrojados por POSAC.

Tomando como referencia la figura 8.38 se han creado tres regiones que muestran los aspectos con los que los estudiantes se sienten medianamente satisfechos hasta los que consideran poco satisfechos. La figura 8.39 muestra estas regiones creadas por el investigador.

De estas regiones creadas es posible identificar que los aspectos con los que los estudiantes se sienten *medianamente satisfechos* son: (14) Competencias en enseñanza en la Formación de Maes-

Id	Profile	Sco	Freq	X	Y	Joint	Lateral
	P P P P r r r r o o o o m m m m 1 2 3 4						
1*	6 6 6 6	24	1	100.00	100.00	200.00	100.00
2	6 5 6 6	23	1	95.24	90.48	185.71	104.76
3	6 5 6 5	22	1	71.43	95.24	166.67	76.19
4	5 6 5 6	22	1	90.48	66.67	157.14	123.81
5	5 5 5 6	21	1	80.95	61.90	142.86	119.05
6	6 5 5 5	21	1	66.67	80.95	147.62	85.71
7	6 5 5 4	20	2	52.38	71.43	123.81	80.95
8	5 4 5 6	20	1	85.71	23.81	109.52	161.90
9	5 5 4 5	19	1	57.14	33.33	90.48	123.81
10	6 5 5 3	19	1	33.33	76.19	109.52	57.14
11	4 5 6 4	19	1	14.29	85.71	100.00	28.57
12	5 4 5 4	18	1	47.62	19.05	66.67	128.57
13	5 3 4 6	18	2	76.19	14.29	90.48	161.90
14	5 5 5 3	18	2	23.81	57.14	80.95	66.67
15	6 4 4 4	18	1	42.86	47.62	90.48	95.24
16	5 5 4 4	18	1	38.10	38.10	76.19	100.00
17	4 5 5 3	17	1	9.52	52.38	61.90	57.14
18	5 3 5 3	16	1	28.57	28.57	57.14	100.00
19	4 5 4 3	16	1	4.76	42.86	47.62	61.90
20	5 3 4 3	15	1	19.05	9.52	28.57	109.52
21	4 3 3 5	15	1	61.90	4.76	66.67	157.14
22	4 3 3 3	13	1	.00	.00	.00	100.00

Figura 8.37: Matriz de perfiles creados en POSAC para Satisfacción para la fase inicial.

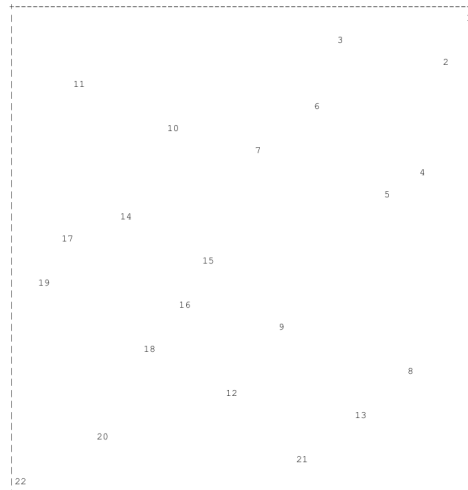


Figura 8.38: Escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial.

tros para el Área de Tecnología e Informática, (5) Procesos de simulación que faciliten conectar la teoría y la práctica, (11) Competencias en lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (12) Competencias en razonamiento cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (16) Trabajo en equipo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (13) Competencias en formación de ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (23) Equipos de laboratorio análogos en la actividad de laboratorio, (19) Aprender resolviendo problemas como estrategia de enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (7) Importancia de la ciencia en la educación en tecnología.

De esta región es posible observar que los maestros en formación se sienten medianamente satisfechos con la formación que reciben en aspectos importantes para la educación en tecnología

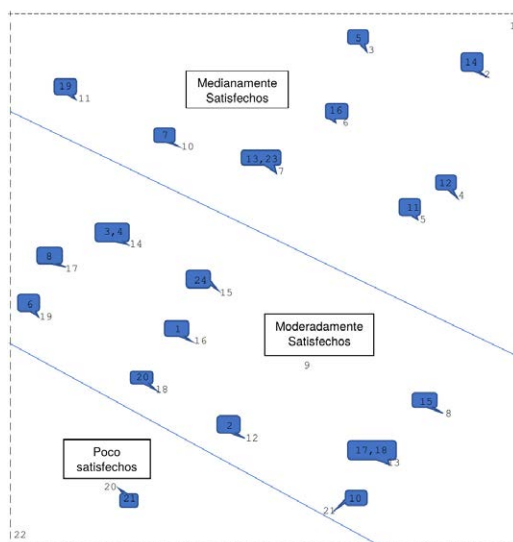


Figura 8.39: Regiones delimitadas en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial.

como el aprender resolviendo problemas o el trabajo en equipo, así mismo en aspectos propios de la actividad docente como la enseñanza. Se sienten *cómodos* con las competencias de lectura crítica, razonamiento cuantitativo y formación de ciudadanos. Nótese que en la valoración de importancia estos aspectos fueron valorados como menos importantes, posiblemente porque los estudiantes se sienten muy seguros con la formación que reciben sobre estos aspectos. Además, es relevante ver que los estudiantes se sienten satisfechos con la formación que reciben en ciencia y la percepción que tienen de ésta en la educación en tecnología.

En este sentido, los estudiantes se sienten *moderadamente satisfechos* con: (3) Papel del laboratorio en la Licenciatura en Electrónica, (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación en tecnología, (6) Orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática (AT&I), (8) Competencias ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (24) Equipos de laboratorio digitales en la actividad de laboratorio, (1) Papel del laboratorio en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (20) Calidad de los equipos de laboratorio, (9) Competencias de comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (2) Papel del laboratorio en la enseñanza de la tecnología, (15) Competencias en evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (10) Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática.

De esta agrupación es importante indicar que es necesario trabajar en la actividad de laborato-

rio como complemento de la actividad formativa y la formación de competencias. En particular, es necesario resaltar que la actividad de laboratorio fue valorada como muy importante por los estudiantes. El resultado deja entrever que falta mayor énfasis en este punto en la labor formativa de los maestros. Por último, es importante mencionar que los aspectos con los que los estudiantes se sienten *poco satisfechos* son: (21) Diversidad de equipos de laboratorio en el programa de Licenciatura en Electrónica y (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa. Sobre esto, es importante que el departamento de tecnología, en particular, el programa de Licenciatura en Electrónica, conozca este sentimiento de sus maestros en formación en aras de aportar en la solución de este inconveniente y mejorar las condiciones del estudiantado, actividades que hacen parte del proceso de acreditación de alta calidad del programa.

Como se pudo apreciar en el análisis de importancia, POSAC entrega un mapa correspondiente a cada columna de la matriz suministrada, en otras palabras, los valores de cada grupo. Esta información es útil para determinar en detalle cómo fue valorado cada aspecto por parte de los grupos de estudiantes. Se ha realizado una delimitación a partir de los puntajes de la evaluación. Es importante mencionar que estas regiones son propuestas por el investigador. La figura 8.40 muestra la valoración del grupo 2. En ella es posible identificar que la mayoría de los aspectos se ubican en la valoración de *medianamente satisfecho*, sin embargo, es de destacar que el aspecto (12) Competencias en razonamiento cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática es valorado como *satisfecho*. Los estudiantes manifiestan sentirse moderadamente satisfechos con (15) Competencias en evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y Papel del laboratorio en la enseñanza de la tecnología (2). Además, se encuentran poco satisfechos con (10) Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (21) Diversidad de equipos de laboratorio en el programa de Licenciatura en Electrónica, (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa, (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (20) Calidad de los equipos de laboratorio.

La figura 8.41 muestra las valoraciones de satisfacción para el grupo 1. Es posible ver que en general se sienten *satisfechos* y *medianamente satisfechos* con los aspectos encuestados. No obstante, manifiestan sentirse *moderadamente satisfechos* con los aspectos (19) Aprender resolviendo problemas como estrategia de enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (8) Competencias ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (6) Orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática (AT&I) y (10) Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática.

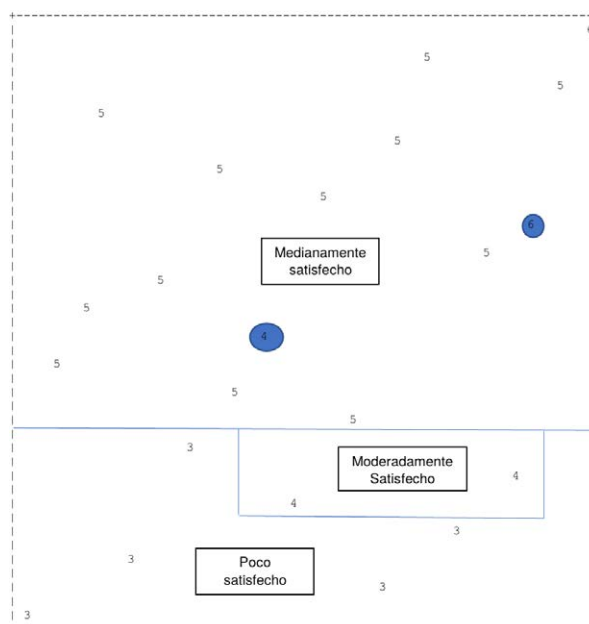


Figura 8.40: Valoración del grupo 2 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial.

La figura 8.42 muestra las valoraciones de satisfacción del grupo 3. Es posible afirmar que la mayoría de aspectos evaluados se ubican entre *satisfechos* y *medianamente satisfechos*. Pero, los aspectos (21) Diversidad de equipos de laboratorio en el programa de Licenciatura en Electrónica, (6) Orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática (AT&I), (24) Equipos de laboratorio digitales en la actividad de laboratorio, (1) Papel del laboratorio en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (9) Competencias de comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática son valorados como moderadamente satisfechos por los estudiantes. Este grupo de estudiantes considera estar *poco satisfechos* con la (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa y (10) Competencias en lengua extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, sentir semejante al grupo 2.

Por último, la figura 8.43 muestra las valoraciones del grupo 4. De esta gráfica es posible ver que el grupo se encuentra en un nivel de *moderada* y *poca satisfacción* con los aspectos evaluados, en particular, se sienten *poco satisfechos* con la (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa, (20) Calidad de los equipos de laboratorio, (21) Diversidad de equipos de laboratorio en el programa de Licenciatura en Electrónica, (6) Orientaciones para el diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática (AT&I), (8)

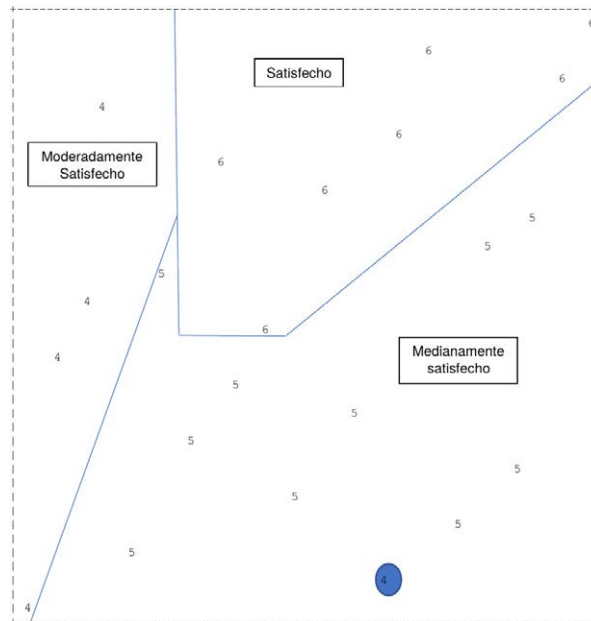


Figura 8.41: Valoración del grupo 1 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial.

Competencias ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (3) Papel del laboratorio en la Licenciatura en Electrónica, (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación en tecnología y (7) Importancia de la ciencia en la educación en tecnología. Nótese que estos aspectos se relacionan con la actividad práctica en el aula de clases. Así mismo, el grupo se encuentra *poco satisfecho* con el trabajo que se hace desde ciencias en apoyo a la educación en tecnología, situación contraria a la valoración del resto de los grupos.

En este punto es importante realizar una comparación de los aspectos indagados en cuanto a lo que los estudiantes ven como relevante para su formación como Maestros para el AT&I en relación con qué tan complacidos se encuentran con esos mismos aspectos. Para obtener esta información se han cruzado las matrices de datos encontrando la diferencia entre el valor de Importancia y el de Satisfacción por cada participante y para cada aspecto. Luego de obtener los resultados de la diferencia se procedió a crear un mapa de calor¹⁰. El valor máximo obtenido de la diferencia es 4 y va decreciendo hasta -2. En total se obtienen 7 niveles. A cada nivel se le asignó un color. Para la

¹⁰Los mapas de calor son gráficos muy empleados en la evaluación de condiciones de riesgo. Una condición muy presente en las empresas y ampliamente explorada en ámbitos de las telecomunicaciones, especialmente para ataques cibernéticos. El riesgo se define como una función entre las amenazas Vs la vulnerabilidad. Para evaluar la condición de riesgo se asignan niveles impares (5, 7, 9, 11) para cada variable. Con estos niveles se evalúa la probabilidad del riesgo en forma matricial. La asignación de la tonalidad del calor se ajusta al valor de riesgo obtenido. El mapa de calor es muy empleado para asignar prioridades y tomar decisiones. El mapa de calor ha sido adoptado en este análisis cambiando la variable de amenaza por Importancia y la variable de vulnerabilidad por Satisfacción. El riesgo en nuestro caso se relaciona con la FMATI, por ser el horizonte de los aspectos indagados.

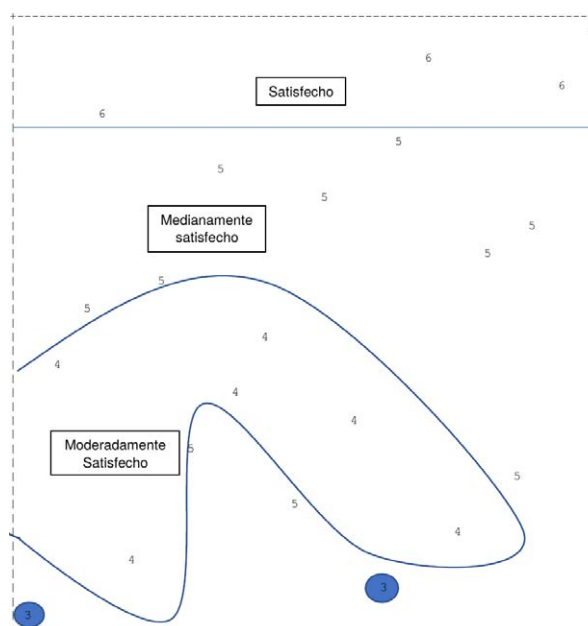


Figura 8.42: Valoración del grupo 3 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción para la fase inicial.

definición de este se tuvo en cuenta como punto de comparación la Satisfacción, en otras palabras, si hay menos Satisfacción el color parte de tonos rojos y va decreciendo hacia el color amarillo que plantea una equivalencia entre la Importancia y la Satisfacción. El degradé de colores continúa disminuyendo hacia el color verde. El resultado obtenido se muestra en la figura 8.44.

En la figura 8.44 los valores resaltados en degradé de tono rojo hacen referencia a un valor positivo. En consecuencia, esto solo es posible si la Importancia es mejor valorada que la Satisfacción. Debido a esto, *el estudiante manifiesta que los aspectos son Importantes en la FMATI, pero, se sentirá menos Satisfecho con lo que está recibiendo*. Esto es notorio en los aspectos 2, 3, 6, 10, 17, 18, 20, 21 y 22. Empero, si se observa en general la gráfica se puede ver que las tonalidades que se encuentran más presentes corresponden a esta categoría. Por esto, los estudiantes consideran más Importante los aspectos indagados y se encuentran menos satisfechos con lo que obtienen en la FMATI.

Los valores resaltados en tonalidad amarilla tienen asociado el valor de cero. Esto nos indica que en la diferencia el estudiante manifiesta igual grado en relación de la Importancia y la Satisfacción. Esta tonalidad está presente en el gráfico de calor y es la segunda categoría más presente luego del degradé de tonos rojos. Finalmente, los valores en verde asocian resultados negativos. Esto sucede porque el estudiante se siente más satisfecho en relación con lo que considera en Importancia. A pesar de esto, es la tonalidad menos presente en el gráfico de calor. Por ello, no es una condición generalizada, así que, se trata de casos particulares sobre los que no es posible hacer inferencias.

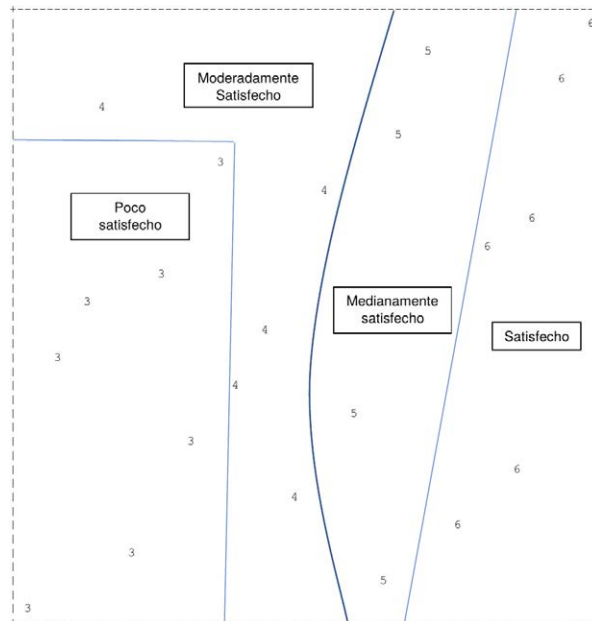


Figura 8.43: Valoración del grupo 4 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase inicial.

		IMPORTANCIA Vs SATURACIÓN - ASPECTOS INDAGADOS (FASE INICIAL)																							
		I. Vs. S1	I. Vs. S2	I. Vs. S3	I. Vs. S4	I. Vs. S5	I. Vs. S6	I. Vs. S7	I. Vs. S8	I. Vs. S9	I. Vs. S10	I. Vs. S11	I. Vs. S12	I. Vs. S13	I. Vs. S14	I. Vs. S15	I. Vs. S16	I. Vs. S17	I. Vs. S18	I. Vs. S19	I. Vs. S20	I. Vs. S21	I. Vs. S22	I. Vs. S23	I. Vs. S24
ESTUDIANTES	1	2	1	1	-1	-1	2	2	1	1	3	2	1	0	1	1	0	3	3	0	3	3	2	-1	0
	2	1	0	0	1	1	-1	2	0	2	2	2	0	0	1	1	2	1	0	1	1	2	0	0	0
	3	3	3	0	1	1	0	-1	2	2	0	-2	1	2	2	0	1	2	0	3	3	3	1	1	
	4	2	2	0	0	0	1	2	0	1	2	0	1	0	-1	1	-2	0	1	0	2	1	3	0	-1
	5	3	1	3	1	-1	-1	0	0	0	3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	3	3	3	3
	6	3	2	1	1	2	1	2	1	3	0	0	2	3	2	0	3	0	2	0	0	2	2	1	1
	7	1	3	2	0	1	2	1	2	2	3	3	-1	3	1	1	2	3	2	2	0	4	4	3	0
	8	1	0	0	3	1	1	1	2	2	1	0	-1	1	-1	0	2	1	1	3	3	4	3	3	1
	9	2	1	1	1	0	2	-1	0	2	3	1	2	1	-1	-1	0	2	2	2	-1	1	2	0	0
	10	2	1	1	0	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
11	1	2	0	-2	-1	1	0	-1	-1	3	-1	0	1	0	2	0	3	3	1	-1	0	-1	-1	0	

Figura 8.44: Diferencia entre la valoración de Importancia en relación con Satisfacción en la fase inicial.

Para apoyar esta mirada se realizó un gráfico de cajas con los resultados de la diferencia entre Importancia y Saturación. La figura 8.45 muestra el resultado de este proceso. Para interpretar la gráfica, en la parte izquierda de la figura se puede apreciar que la mínima valoración que se obtiene, luego de hacer la diferencia entre *Importancia* y *Satisfacción* de las valoraciones hechas por el estudiante, es 1. Esta valoración contempla los 24 aspectos indagados. La máxima valoración en esta diferencia es 4. La media de las valoraciones de este participante en la diferencia se encuentra cercano a 1.5. El 50% de las diferencias se ubican entre los valores de 0 y 2. Este mismo proceso de análisis se realizó para los restantes 11 participantes.

En esta mirada general, se realizó un gráfico de calor con las diferencias entre el promedio de cada uno de los aspectos del comportamiento de la Importancia vs la Satisfacción. Para establecer el grado de calor se adoptó el mismo criterio de la gráfica 8.44. El resultado se aprecia en la figura

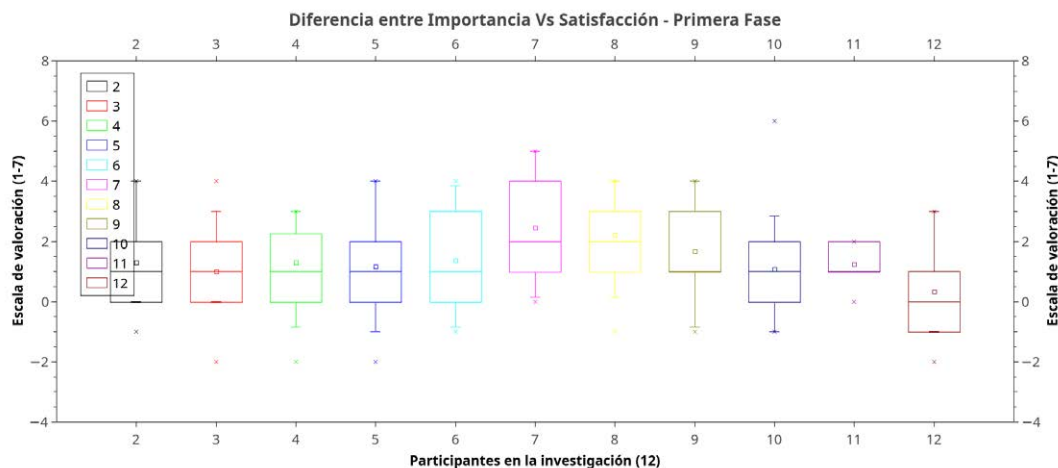


Figura 8.45: Datos de carácter descriptivo en la diferencia entre Importancia y Satisfacción en la fase inicial.

8.46. En ella se puede apreciar que todos los aspectos presentan menos satisfacción en relación con la importancia. Solo los aspectos 4 (Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación en tecnología), 5 (Procesos de simulación que faciliten conectar la teoría y la práctica), 7 (Importancia de la ciencia en la educación en tecnología), 8 (Competencias ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática), 11 (Competencias en lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática), 12 (Competencias en razonamiento cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática) y 14 (Competencias en enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática) se ubican en un rango de equivalencia entre la Importancia y la Satisfacción. Debido a esto, se puede afirmar, nuevamente, que los estudiantes manifiestan estar menos satisfechos con los aspectos indagados en relación con la FMATI.

IMPORTANCIA Vs SATURACIÓN - ASPECTOS INDAGADOS (FASE INICIAL)																								
EST.	I_Vs_S1	I_Vs_S2	I_Vs_S3	I_Vs_S4	I_Vs_S5	I_Vs_S6	I_Vs_S7	I_Vs_S8	I_Vs_S9	I_Vs_S10	I_Vs_S11	I_Vs_S12	I_Vs_S13	I_Vs_S14	I_Vs_S15	I_Vs_S16	I_Vs_S17	I_Vs_S18	I_Vs_S19	I_Vs_S20	I_Vs_S21	I_Vs_S22	I_Vs_S23	I_Vs_S24
	1,8333	1,3333	1,6667	0,6667	0,6667	1,75	0,8333	0,75	1,4167	2,41667	0,91667	0,08333	1	0,66667	1	1,16667	1,83333	1,91667	1,08333	2,16667	2,5	2,58333	1,25	1,25

Figura 8.46: Diferencia entre el promedio de la valoración de Importancia en relación con el promedio de la valoración para Satisfacción en la fase inicial.

En cuanto a la respuesta a la pregunta global “¿qué tan importante considera el uso de instrumentos científicos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática?”, la figura 8.47 nos muestra que el valor mínimo de la muestra es 1 y el máximo 5. Asimismo, la media se encuentra cercana a 4. Es importante señalar que la escala de valoración para esta pregunta es de 1 a 5, siendo 1 (muy poco importante) y 5 (muy importante). Por consiguiente, se puede afirmar que los estudiantes consideran *importante* (4) el uso de instrumentos científicos en la formación de maestros para el área de Tecnología e Informática.

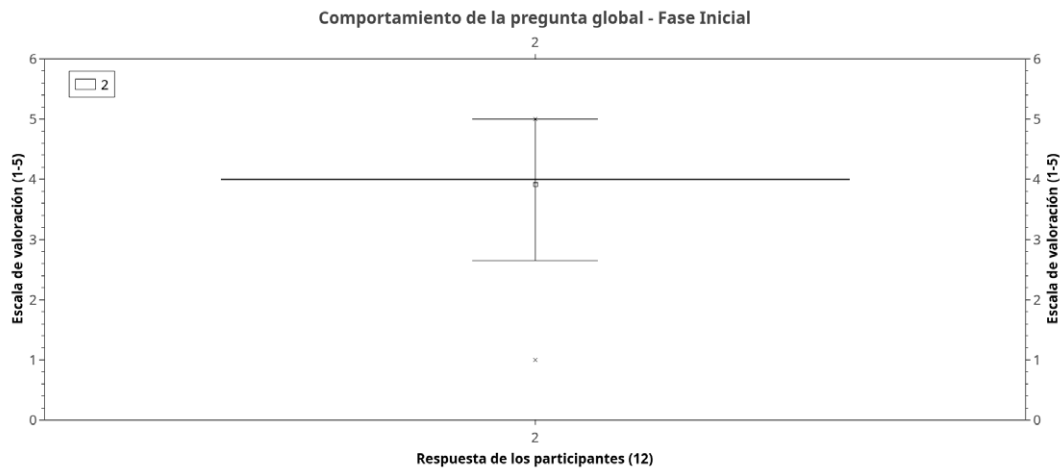


Figura 8.47: Promedio de las respuestas a la pregunta global en la fase inicial.

Si nos adentramos en los resultados que se obtienen de la prueba específica es importante indicar que, como valoración todos los estudiantes entregaron el desarrollo del examen y lo aprobaron. Esto es resultado de realizar una acertada interpretación de las preguntas y entregar respuestas que apuntan a resolver las dudas sobre aspectos relacionados con la serie y transformada de Fourier, el análisis en bloque para sistemas de telecomunicaciones y la modulación en Amplitud. Es importante señalar que estos aspectos se vincularon notoriamente en el desarrollo del diseño del instrumento científico. Algunas evidencias de esta afirmación se reflejan en el análisis a realizar de la siguiente fase, la final.

8.3. Fase final

La fase final de la investigación se realizó durante las 6 últimas semanas en la implementación de la Unidad Didáctica. No obstante, la aplicación de los instrumentos se realizó en la decimoquinta y decimosexta semana. El primer instrumento de esta fase fue el cuestionario, seguido de la prueba específica y, por último, la entrevista. Los datos recopilados contienen información valiosa que complementa el análisis al momento realizado de la fase inicial. Para este proceso se analizará la información cualitativa y posteriormente, la cuantitativa. El procedimiento por seguir conserva las herramientas y estrategias de análisis que se emplearon previamente. Antes de iniciar, serán presentados los instrumentos aplicados.

8.3.1. Segundo cuestionario

Es importante indicar que este cuestionario conserva la estructura y organización del instrumento empleado en la fase inicial, aun cuando los aspectos sean diferentes. Este instrumento aporta información cuantitativa y cualitativa. Se conformó con 24 aspectos relacionados con el uso, diseño

y construcción de instrumentos científicos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática (FMATI). Se complementa la información con 3 preguntas abiertas y una pregunta general. Los aspectos a indagar tuvieron dos valoraciones independientes: *la importancia* y *la satisfacción*. La importancia es entendida como la percepción de relevancia que tiene el participante en relación con el aspecto a indagar. Para exponer su valoración, el estudiante dispondrá de 7 niveles. El primer nivel será uno e indicará que “no es importante” hasta siete que sugiere que es “muy importante”. En el segundo procedimiento, el participante evaluará la satisfacción o percepción de complacencia que tiene en relación con el aspecto a indagar. De igual forma, el participante dispondrá de siete niveles para realizar la valoración. Estos niveles irán desde uno siendo “muy insatisfecho” hasta siete que se entenderá como “muy satisfecho”.

Al igual que en el primer cuestionario, la intención de valorar la importancia y la satisfacción de los aspectos en conjunto se vincula con la necesidad de indagar, por un lado, el grado de relevancia que da el estudiante a los aspectos ligados a su formación como maestro y, por otro, el nivel de satisfacción que siente de esos mismos aspectos. Como se pudo apreciar en la figura 8.45, un participante puede considerar muy importante un aspecto, pero se siente muy insatisfecho con el mismo.

El cuestionario ha sido organizado empleando las cuatro categorías de SLEI (Theyßen et al., 2014) y una categoría adicional denominada competencias. Se busca establecer correlación de la información obtenida. La intención de evaluar los aspectos desde dos miradas parte de la investigación: “Prácticas culturales situadas en el espacio público de ciudades latinoamericanas: implicaciones para la ciudad educadora” y el documento (Páramo, 2013). Las respuestas de los 24 aspectos son numéricas y consideradas cerradas. Apuntan a ser analizadas cuantitativamente. Se emplearán las herramientas de SPSS y HUDAP (WSSA1 y POSAC) para tal efecto.

A continuación, se muestran las categorías y los aspectos indagados. Serán enumeradas las categorías. Dentro de éstas se mencionarán los aspectos relacionados con estas categorías. En la parte inicial, encerrado entre paréntesis, se indica el número del aspecto con el que fue indagado en el cuestionario. Es importante resaltar que la ubicación de los aspectos no sigue un orden secuencial en el cuestionario para no condicionar la respuesta del participante¹¹.

1. La integración de los contenidos teóricos y prácticos

- (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones
- (2) Papel del laboratorio en la relación ciencia y tecnología
- (3) Papel del laboratorio en el espacio comunicaciones II

¹¹El cuestionario aplicado se encuentra en la carpeta Anexos, específicamente, en la carpeta Instrumentos - Cuestionarios - Segunda Fase.

- (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de las telecomunicaciones
- (5) La simulación en la conexión teoría y práctica

2. Claridad en las reglas para el diseño de currículos en el área y su relación con las competencias en la FPATI

- (6) Aporte del espacio comunicaciones II al diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática
- (7) Importancia de la ciencia en las telecomunicaciones

3. Cohesión entre los estudiantes en la actividad práctica

- (16) Trabajo en equipo en el espacio de comunicaciones II
- (19) Aprender resolviendo problemas en la enseñanza de telecomunicaciones

4. El laboratorio y su infraestructura

- (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica
- (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa
- (23) Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto
- (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto

5. Competencias docentes

- (8) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias Ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (9) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias de Comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (10) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lengua Extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (11) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (12) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Razonamiento Cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (13) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Formación de Ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática

- (14) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (15) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática
- (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología
- (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología
- (20) Capacidad para identificar necesidades de equipos de laboratorio en la enseñanza de Ciencia y Tecnología

Las preguntas (25) como maestro en formación, ¿qué habilidades necesitó para diseñar y construir instrumentos científicos que se destinen a la enseñanza de la tecnología y la ciencia? (26) en general, ¿qué habilidades considera adquirió al momento desde el espacio académico de Comunicaciones II? y (27) como maestro en formación, ¿qué aspectos considera se potenciaron al diseñar y construir instrumentos científicos para ser usados en la educación en tecnología y la educación en ciencias?, son abiertas y se relacionan con la quinta categoría.

La pregunta (28) en general, ¿qué tan importante considera el uso de instrumentos científicos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática? tiene como finalidad analizar de forma general la impresión que tiene el participante sobre el uso de instrumentos en la formación de maestros para el AT&I, eje central de la investigación. Para su valoración, el participante cuenta con 5 niveles de evaluación que parten de “muy poco importante” hasta “muy importante”.

8.3.2. Segunda prueba específica

La segunda prueba específica tuvo por objeto medir el nivel de comprensión de los temas en desarrollo de Comunicaciones II y estuvo conformada por dos perspectivas a evaluar: La Modulación en Frecuencia (FM) y la Codificación. La segunda perspectiva indagó sobre dos puntos de vista: La codificación de Huffman y la Codificación de Hamming. El trabajo evaluado buscó apuntar, no solo al desarrollo del espacio académico, sino a complementar el diseño del instrumento científico construido. En especial, la primera perspectiva apuntó a tomar como base el instrumento científico construido y modelarlo por bloques. Modelado el instrumento, se le solicitó que realizara la modulación en frecuencia basado en la frecuencia de 27 MHz. Esto requiere de un conocimiento profundo del instrumento y de la temática desarrollada para que el estudiante pueda interconectar esta nueva etapa en forma de bloque. Además, logra evidenciar la versatilidad del instrumento construido para efectuar modificaciones de acuerdo con nuevos retos.

En la perspectiva de codificación se le pidió al estudiante que realizara un proceso de codificación y decodificación de la información empleando una hoja de cálculo o programa semejante.

El código que construiría el estudiante estaría conectado con el alfabeto español y los valores probabilísticos los asignaría tomando como base la un informe en el que se organiza la frecuencia de uso de cada uno de los caracteres. En este proceso se realizó una codificación de fuente. Culminado este proceso el estudiante debería indicar en qué lugar ubicaría el bloque de codificación en el instrumento construido. Esta actividad nuevamente requiere de un conocimiento profundo del instrumento. Además, vincula las comunicaciones digitales al proceso, algo que no es sencillo de realizar con los equipos de laboratorio.

La segunda parte de la perspectiva de codificación buscó que el estudiante tomara palabras de 8 bits que serían enviadas por un canal radiado. Se proyecta que sea empleado el instrumento construido. El estudiante en una hoja de cálculo implementó un código de detección y corrección de errores en una trama de bits de ese tamaño. Este procedimiento es muy importante en la comprensión de las temáticas propias de la comunicación digital. Al culminar el ejercicio, el estudiante debe indicar en qué parte del circuito construido se ubicaría este bloque de codificación y decodificación. Es relevante indicar que la prueba fue presentada por la totalidad del grupo, es decir, doce participantes¹².

8.3.3. Segunda entrevista

La segunda entrevista tiene por objeto complementar la primera realizada y dar profundidad al análisis específicamente, a nivel cualitativo. Por ello, ésta también se realizó de manera colectiva y semiestructurada. Las preguntas formuladas fueron organizadas en 6 grandes categorías. La integración de los contenidos teóricos y prácticos, la claridad de las reglas de desempeño en el desarrollo del proyecto, la cohesión entre los estudiantes, la calidad de los materiales e infraestructura para desarrollar el proyecto, las competencias y el papel del laboratorio en la formación del maestro. Estas categorías fueron alimentadas con diecinueve preguntas. Cinco en la primera, tres en la segunda, dos en la tercera, cuatro en la cuarta, tres en la quinta y dos en la sexta categoría, respectivamente. Las categorías buscan ahondar en el desarrollo del proyecto y las habilidades y competencias que el estudiante expone en el desarrollo de la UD aplicada. Asimismo, estas categorías se relacionan con las categorías que se emplearon para el diseño de los cuestionarios. Esta estrategia busca cohesión en el desarrollo de la investigación y favorece la identificación de las categorías emergentes en el análisis cualitativo y cuantitativo¹³.

¹²El segundo examen aplicado se encuentra en la carpeta Anexos, específicamente, en la carpeta Instrumentos - Prueba Específica - Segunda Fase.

¹³La segunda entrevista realizada se encuentra en la carpeta Anexos, específicamente, en la carpeta Instrumentos - Entrevista - Segunda Fase.

8.3.4. Análisis cualitativo fase final

Antes de continuar con el análisis de datos de la fase final, es preciso indicar que se ha realizado el análisis de contenido a 112 archivos en los que fue posible encontrar 120 categorías emergentes. En este proceso se conformaron 6 familias de documentos y se construyeron algunas inferencias iniciales de este proceso. También, se realizó el análisis descriptivo y de correlación para 12 cuestionarios aplicados que tienen la intención de analizar el grado de importancia y satisfacción que dan los participantes a 24 aspectos indagados. Además, se indagaron otros documentos que entregaron información de tipo cuantitativo. Siguiendo con la organización epistemológica para el análisis de datos, descrita en la figura 8.2, con la información obtenida en esta primera fase se inicia la fase final, es decir, se continúa el análisis cualitativo y cuantitativo tomando en consideración las inferencias y demás información encontrada en el primer proceso de análisis.

Para el análisis cualitativo de esta fase se anexó al proceso anterior cinco nuevas familias de documentos. Se adicionaron cuarenta y seis archivos que generan un total de ciento cincuenta y ocho documentos analizados y organizados en once familias de documentos primarios. La figura 8.48 muestra las familias de documentos constituidas.

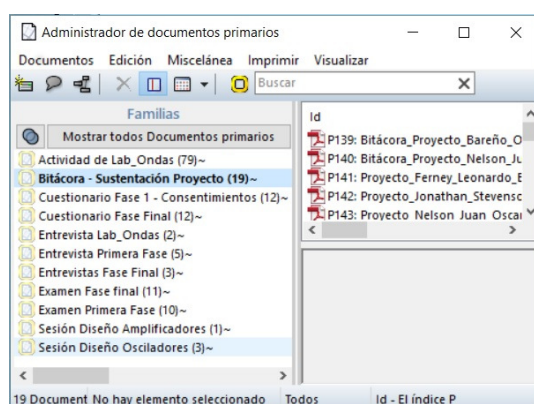


Figura 8.48: Listado de familias de documentos primarios conformadas para el análisis.

Tomando la información que fue anexada al documento general de análisis en el programa ATLAS TI, a continuación, se presenta la descripción del contenido de los documentos de cada una de las nuevas familias de documentos primarios conformadas. En la familia *Cuestionario Fase Final* se encuentran los cuestionarios presentados por cada miembro del grupo en la fase final de la investigación. Son nombrados con el ID asignado en el estudio y luego de éste, el número dos que indica que fue aplicado en la segunda fase de la pesquisa. Este material fue digitalizado para facilitar el análisis. La figura 8.49 muestra la familia constituida. Se encuentran vinculados a esta familia los archivos P113 (Com_1_2.pdf) hasta el P24 (Com_12_2.pdf). En total se asociaron 12 documentos, todos ellos son de imagen y texto.

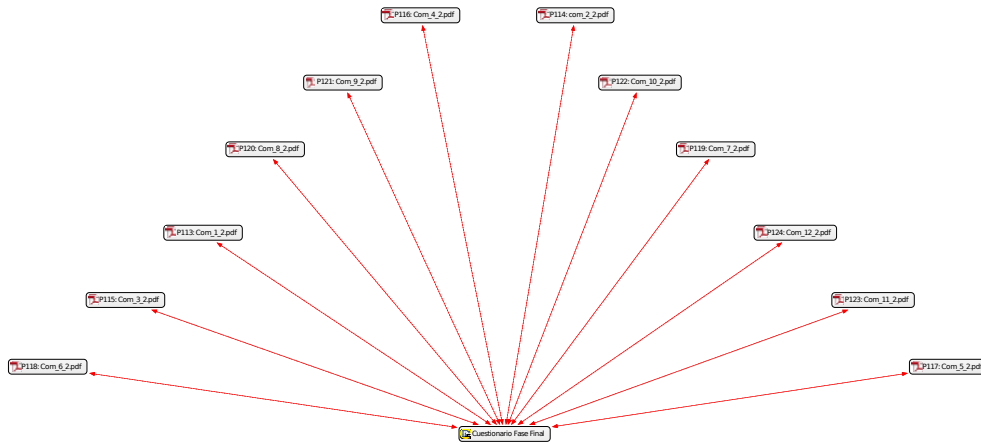


Figura 8.49: Familia de documentos primarios, cuestionarios aplicados en la fase final.

En la familia *Bitácora - Sustentación Proyecto* se ubican 7 informes que relatan los aspectos más relevantes del diseño y la construcción del instrumento científico. La familia se complementa con 12 videos que muestran la sustentación de los instrumentos construidos, su funcionamiento y mediciones con los equipos de laboratorio. La figura 8.50 muestra la familia y sus documentos. Se encuentran vinculados a esta familia los archivos P139 (*Bitácora Proyecto Barreño Omar Stevenson.pdf*) hasta el P157 (*VID-20190314-WA0029_1.mp4*). En total se asociaron 19 archivos, 7 de ellos son de imagen y texto y 12 videos.

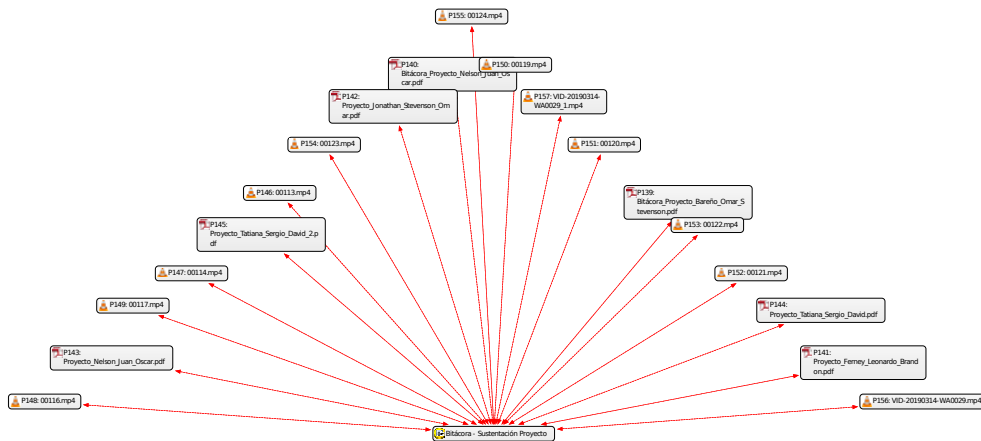


Figura 8.50: Familia de documentos primarios, bitácoras y videos del instrumento científico construido.

En la familia *Examen Fase final* se ubican los documentos que presentaron los estudiantes en respuesta a las 3 preguntas que se formularon en el segundo examen de conocimientos. Las tres preguntas se relacionan con la Modulación en Frecuencia (FM) y la Codificación. En la codificación se indagó sobre la codificación de Huffman y Hamming. El examen buscó complementar el instrumento científico ya construido. La figura 8.51 muestra la familia y sus documentos. Se en-

cuentran vinculados a esta familia los archivos P128 (Brandon Malagón.pdf) hasta el P138 (Tatiana Barbosa Rodríguez.pdf). En total 11 documentos, todos de imagen y texto.

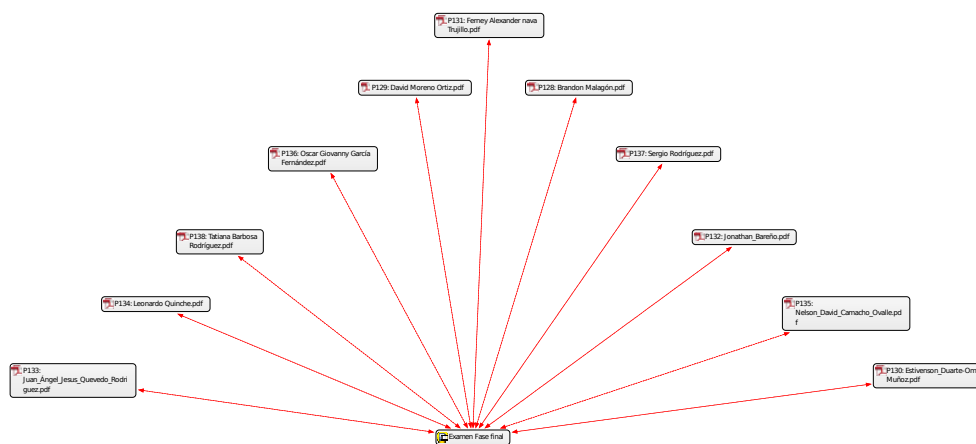


Figura 8.51: Familia de documentos primarios, exámenes finales del espacio académico de comunicaciones II.

En la familia *Entrevistas Fase Final* se ubicaron los archivos de video de la entrevista realizada a los líderes de los 4 grupos constituidos. Esta entrevista fue realizada en la semana 16 luego de aplicar la UD. En total se aplicaron 19 preguntas y se organizaron de acuerdo con 6 categorías relacionadas con la formación de maestros, el laboratorio y 4 categorías SLEI. La estrategia de la entrevista fue semiestructurada y de manera colectiva. Asimismo, en la familia *Sesión Diseño Amplificadores* se ubica presentación del tema de diseño de amplificadores. Esta temática fue brindada a los estudiantes como aporte al diseño del instrumento científico. La duración de la presentación toma una clase completa (1H:45'). Estas dos familias fueron vinculadas en la figura 8.52, ya que, la extensión de los documentos no es mayor. Para la familia de entrevistas se asociaron los archivos P125 (00125.mp4) hasta el P127 (00127.mp4). En total se vincularon 3 archivos, todos ellos de video. El archivo P160 (Track 1.wav) se encuentra asociado a la familia de sesión de apoyo como único archivo. Es importante mencionar que el número de archivos total en el proceso de análisis es de 159, un número de archivos para dar saturación al proceso.

Luego de organizar los documentos se procedió a realizar el procedimiento de análisis de contenido empleando ATLAS TI. Este proceso es descrito en la figura 2.5. Se tomó como punto de partida las categorías (códigos) que emergieron del análisis de la fase inicial. Luego de la lectura y análisis de los 46 archivos emergieron cinco categorías adicionales. Estas categorías fueron:

- Autoformación
- Confianza
- Diseño gráfico

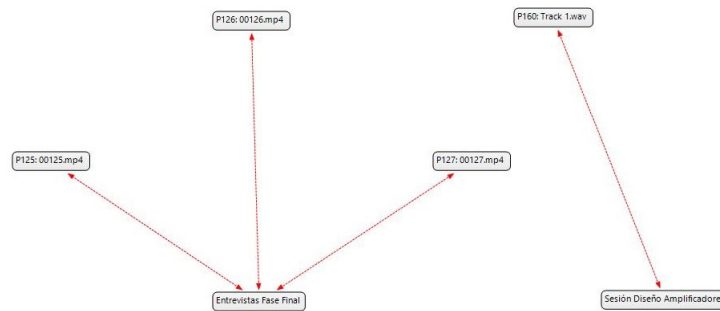


Figura 8.52: Familias de documentos primarios. Izquierda, entrevista en la fase final. Derecha, sesión de apoyo de diseño de amplificadores.

- Hipótesis
- Seguridad

Si sumamos estas categorías a las encontradas en el proceso realizado en la fase inicial, sintetizado en la figura 8.1, se obtuvieron ciento veinticinco categorías emergentes en el proceso de *codificación abierta*. En este procedimiento fueron fusionadas las categorías, con sus respectivas citas, “Educación en Ciencias” con “Educiencia” y “Educación en Tecnología” con “Edutech”. Con este último procedimiento quedaron ciento veintitrés categorías del proceso.

Siguiendo el proceso de análisis se pasó a la definición de las categorías axiales, como se muestra en la figura 2.12. Para este procedimiento se requirió definir las relaciones que existen para cada una de las 123 categorías. Estas relaciones se establecieron analizando si la categoría “está asociada con” otra categoría, si ésta “hace parte de” otra o, si la categoría es “causa” de otra. El resultado de este proceso se muestra en la parte izquierda de la figura 8.53. En la columna de fundamentación se muestra el número de citas asociadas a cada una de las categorías. En la columna de densidad se muestra el número de relaciones entre categorías encontrada. Estas actividades hacen parte del proceso de saturación de cada variable o categoría que busca aportar al criterio de *transferibilidad* en el cumplimiento de los criterios de rigor y calidad de la investigación.

Culminada esta actividad se procedió a avanzar en el proceso de *codificación axial*. Para lograrlo fue necesario establecer nuevas categorías que abarquen ampliamente las categorías encontradas en la codificación abierta. Para definir estas nuevas categorías, se emplearon los códigos con mayor número de relaciones, es decir, con mayor densidad. En esta actividad se identificaron trece “super-categorías”. Estas categorías fueron denominadas como:

1. *Ciencia*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de ciencia. En particular, se relacionan citas que aluden a la ciencia, los científicos, los conceptos, el conocimiento, la educación en ciencias, la educación en tecnología, los fenómenos naturales, los instrumentos, la integración de contenidos, la teoría, entre otros.

Nombre	Fundament...	Densidad
Acompañamiento	11	3
Competencias ()-	4	3
Conocimiento ()-	105	6
Solución de Problemas ()-	6	5
Ciencia (16)-	1	4
Competencias (31)-	24	4
Conocimiento (76)-	79	5
Enseñanza (55)-	1	3
Evaluación (35)-	1	4
Formación (61)-	1	3
Integración de Contenidos (38)-	1	65
Laboratorio (68)-	3	2
Razonamiento Matemático (36)-	109	34
Solución de Problemas (94)-	2	6
Tecnología (28)-	2	6
Técnica (35)-	3	6
TIC (43)-	73	3
Computador	2	4
Comunicación	81	4
Concepto	146	9
Confianza	8	4
Conocimiento	231	84
Construcción de artefactos	128	6
Control	21	5
Creatividad	5	4
Curriculo	7	9
Desarrollo de actividades	2	9
Desarrollo de pensamiento	3	4

Nombre	Tam...	Autor	Creado	Modifica...
*Competencias-	94	Super	20/08/20...	21/08/20...
*Conocimiento-	94	Super	20/08/20...	21/08/20...
*Solución de Problemas-	36	Super	20/08/20...	21/08/20...
Ciencia-	16	Super	19/08/20...	21/08/20...
Competencias-	31	Super	19/08/20...	21/08/20...
Conocimiento-	76	Super	19/08/20...	21/08/20...
Enseñanza-	55	Super	19/08/20...	21/08/20...
Evaluación-	35	Super	19/08/20...	21/08/20...
Formación-	61	Super	19/08/20...	21/08/20...
Integración de Contenidos-	38	Super	19/08/20...	21/08/20...
Laboratorio-	68	Super	19/08/20...	21/08/20...
Razonamiento Matemático-	36	Super	19/08/20...	21/08/20...
Solución de Problemas-	94	Super	19/08/20...	21/08/20...
Tecnología-	28	Super	19/08/20...	21/08/20...
Técnica-	35	Super	19/08/20...	21/08/20...
TIC-	43	Super	19/08/20...	21/08/20...

Códigos en familia (94):
 Acompañamiento (11-3)
 Alternativas (4-3)
 Análisis (105-6)
 Aplicación (6-5)
 Aporte (1-4)
 Aprender (24-4)
 Aprendizaje Basado en Problemas (79-5)
 Aptitud (1-3)
 Articulación (1-4)

Códigos no en familia (32):
 *Competencias_Cod (406-7)
 *Conocimiento_Cod (443-5)
 *Solución_Problemas (385-8)
 Actores educativos (1-3)
 Analogía (4-3)
 Aula de clase (6-5)
 Autonomía (3-3)
 Autoridad (1-2)
 Ámbito (12-3)

Esta familia hace parte de la codificación nodal. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de competencias partiendo de las categorías axiales. En particular, se relacionan citas que aluden al conocimiento, la integración de contenidos, la enseñanza, la evaluación, la formación, las competencias y la solución de problemas.

Figura 8.53: Listado de categorías. Izquierda, categorías emergentes con fundamentación y densidad. Derecha, Categorías codificación axial y nodal.

2. *Competencias*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de competencias. En especial, se relacionan citas que aluden a las competencias generales, las competencias específicas, la confianza, la enseñanza, la evaluación, las habilidades, la identificación de problemas, la integración de la ciencia, el laboratorio, las matemáticas, el razonamiento lógico, los proyectos, la segunda lengua, el trabajo en equipo, entre otras.
3. *Conocimiento*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de conocimiento. En particular, se relacionan citas que aluden al aprendizaje basado en problemas, la ciencia, la tecnología, el aula de clase, la comprensión, las dificultades, la búsqueda de información, el desarrollo de pensamiento, el currículo, el diseño, los errores de ortografía y gramática, la observación, el modelamiento, el pensamiento crítico, la realidad aumentada, el laboratorio, entre otras.
4. *Enseñanza*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de enseñanza. En especial, se relacionan citas que aluden a las competencias generales y específicas, los estudiantes, la docencia, la pedagogía, el concepto, el conocimiento, el encuentro de saberes, la integración de contenidos, la inclusión, el liderazgo, la historia, la motivación, los fenómenos naturales, las tecnologías de la información y la comunicación, el trabajo en equipo, la vocación docente, entre otras.
5. *Evaluación*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de evaluación. Especialmente, se relacionan citas que aluden a las competencias generales y específicas, la comprensión, la comunicación, el concepto, el conocimiento, las

habilidades, la solución a problemas, el trabajo en equipo, la rigurosidad, las hipótesis, la didáctica, entre otras.

6. *Formación*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de Formación. En especial, se relacionan citas que aluden a las competencias generales y específicas, la autonomía, la coherencia, la responsabilidad, la reflexión, el uso del tiempo libre, el pensamiento crítico, la motivación, la integración de contenidos, la programación, la pedagogía, las matemáticas, entre otras.
7. *Integración de Contenidos*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de integración de contenidos. Particularmente, se relacionan citas que aluden al currículo, al desarrollo de actividades, la didáctica, la educación en tecnología, la educación en ciencias, la integración de la ciencia, las matemáticas, el pensamiento crítico y lógico, las tecnologías de la información y la comunicación, la vocación docente, las habilidades, entre otras.
8. *Laboratorio*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de Laboratorio. Especialmente, se relacionan citas que aluden al conocimiento, las habilidades, el diseño, la construcción de artefactos, la creatividad, el control, el desarrollo de actividades, la experiencia, los fenómenos físicos, las herramientas, las hipótesis, entre otras.
9. *Razonamiento Matemático*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de razonamiento matemático. Particularmente, se relacionan citas que aluden al modelamiento, al análisis, al control, al computador, al currículo, la formalización matemática, al pensamiento abstracto, la programación, al desarrollo de proyectos, el conocimiento, las tecnologías de la información y comunicación, entre otras.
10. *Solución de problemas*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de solución de problemas. En particular, se relacionan citas que aluden a la autoformación, la búsqueda de información, la comunicación, la confianza, al concepto, al currículo, al diseño, la educación en tecnología y la educación en ciencias, al análisis, al acompañamiento, la observación, la organización, la construcción de artefactos, la práctica, la técnica, la programación, entre otras.
11. *Tecnología*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de tecnología. En especial, se relacionan citas que aluden a la aplicación, la solución de problemas, el diseño, los fenómenos físicos, las matemáticas, la medición, el razonamiento lógico, las telecomunicaciones, la técnica, la teoría, la identificación de problemas, las ondas de radiofrecuencia, entre otras.
12. *Técnica*. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que se vinculan con el tema de técnica. En particular, se relacionan citas que aluden a las herramientas, la experiencia, la

obtener una categoría que abarque varias de ellas. En este orden de ideas, luego de cruzar los trece códigos axiales fue posible identificar tres categorías nodales. Estas categorías se pueden apreciar en la parte derecha de la figura 8.53. Es de resaltar que estas categorías vinculan un número de categorías mayor que los códigos axiales. Asimismo, relacionan una mayor cantidad de citas. Por ejemplo, la categoría *Conocimiento* vincula noventa y cuatro códigos abiertos y cuatrocientos cuarenta y tres citas. La figura 8.55 muestra ésta categoría nodal y las relaciones con las categorías axiales vinculadas a ella. En esta categoría se asocian citas que aluden al *razonamiento matemático*, *las tecnologías de la información y la comunicación*, *la solución de problemas* y *la integración de contenidos*. Además, con el ánimo de dar fiabilidad a la investigación, se puede ver algunas citas acompañando a cada uno de los códigos. Estas citas son ubicadas con el ánimo de aportar al criterio de *dependencia* en el cumplimiento de los criterios de rigor y calidad de la investigación.

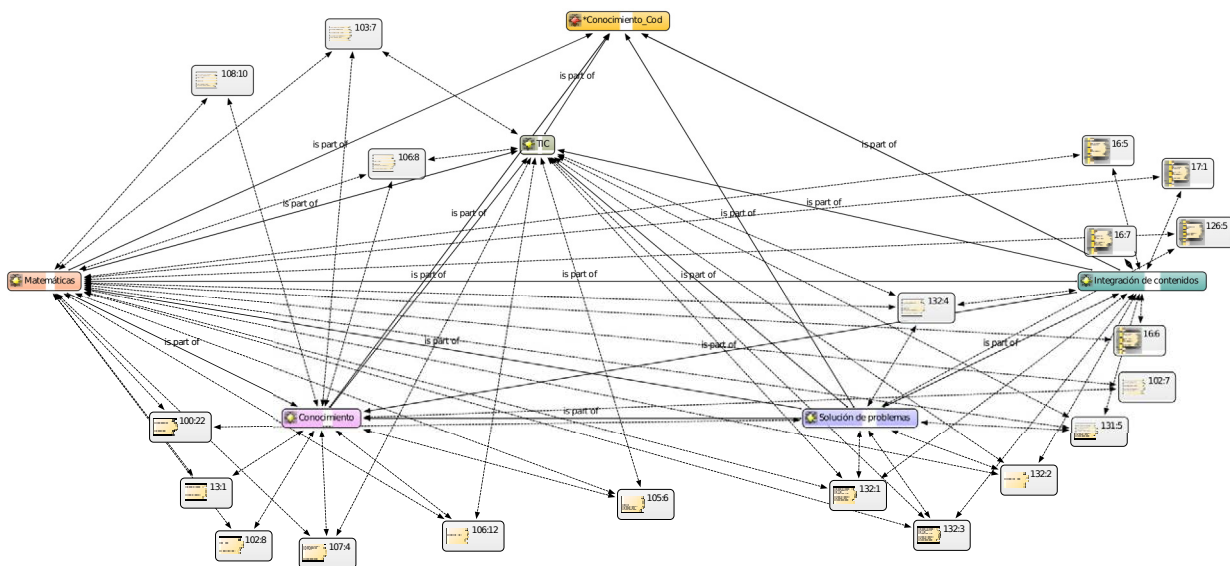


Figura 8.55: Relaciones de la categoría nodal *Conocimiento* con las categorías de la codificación axial.

La figura 8.56 muestra la categoría nodal *Solución de problemas*, las categorías axiales vinculadas y algunas citas que aportan fiabilidad a la investigación. En esta categoría se encuentran las citas de los documentos que aluden a *la ciencia*, *las tecnologías de la información y la comunicación*, *la técnica*, *la solución de problemas*, *el razonamiento matemático*, *el laboratorio* y *la integración de contenidos*.

Por último, la figura 8.57 muestra la categoría nodal *Competencias*, las categorías axiales vinculadas y algunas citas que aportan fiabilidad a la investigación. En esta familia se encuentran las citas de los documentos que aluden al *conocimiento*, *la integración de contenidos*, *la enseñanza*, *la evaluación*, *la formación*, *las competencias* y *la solución de problemas*.

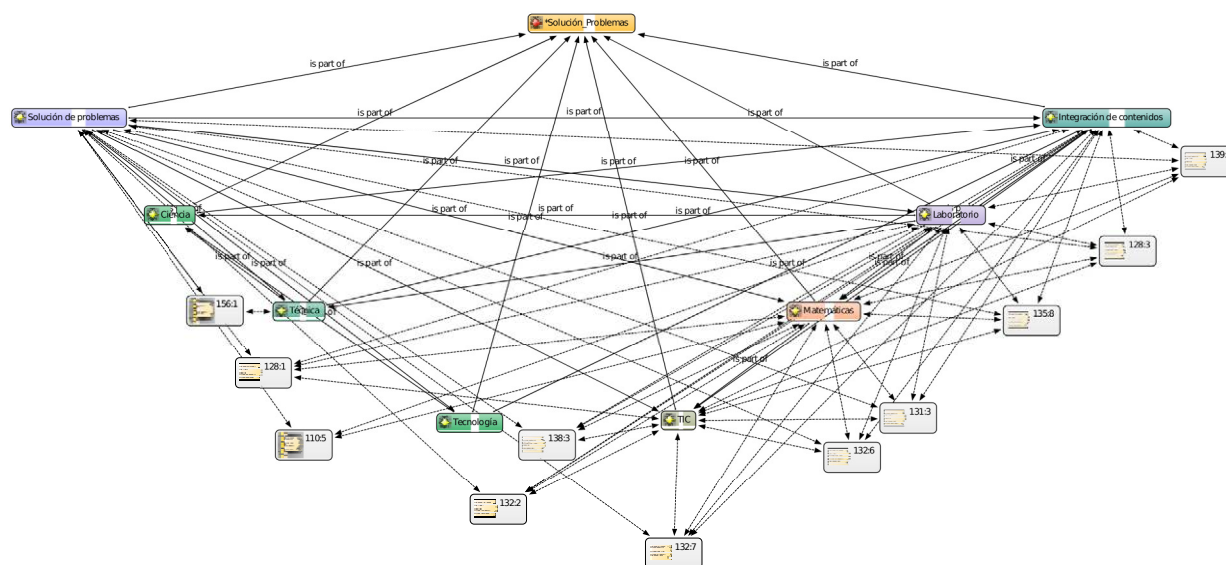


Figura 8.56: Relaciones de la categoría nodal *Solución Problemas* con las categorías de la codificación axial.

Culminado este proceso se invitó al maestro Hugo Daniel Marín Sanabria para que realizara una revisión de la información. Al maestro se le compartió un archivo con la toda la información compilada en Atlas TI. Se le pidió, como conecedor del uso del software, que llevara a cabo una revisión de lo encontrado. En especial, se le solicitó que tuviera especial atención en la definición de los códigos. Luego de que el maestro realizó la revisión se realizó una reunión para discutir los hallazgos. Como conclusión de esta reunión se puede afirmar que hubo consenso en la forma en la que se obtuvieron los resultados y la forma en la que fueron presentados. Posterior a esta reunión, se realizó nuevamente esta actividad, esta vez con el Dr. William Mora Penagos. Como resultado de este último proceso, se encontró acertado el procedimiento, la forma en la que se encontraron las categorías abiertas, axiales y nodales y el manejo de la información. Con el resultado de estas reuniones se han verificado los hallazgos y, con ello, se da cumplimiento al criterio de *credibilidad* de la información suministrada¹⁵. También se compartió la información de todo el capítulo con el Ing. Vladimir Barrero Castro¹⁶ quien realizó aportes en relación a las interpretaciones del análisis descriptivo y correlacional.

Pasando a la construcción teórica, que parte del seguimiento de la metodología para el uso de Atlas TI, se han encontrado algunas deducciones. Lo primero que manifiestan los estudiantes es

¹⁵Información adicional relacionada con el proceso de análisis cualitativo de la primera fase se puede obtener el archivo *Análisis_Cuali_Segunda_Fase.hpr7* que contiene el proceso en Atlas TI. Se ubica en la carpeta de Anexos, específicamente en Salidas de Software - ATLAS TI - Segunda Fase.

¹⁶Vladimir Barrero Castro es Ingeniero Electrónico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Realizó estudios de Maestría en control y automatización en la Universidad Nacional de Colombia y es Magister en Seguridad Informática de la Universidad Internacional de La Rioja. Actualmente se desempeña como Management & IT Advisor para Govertis.

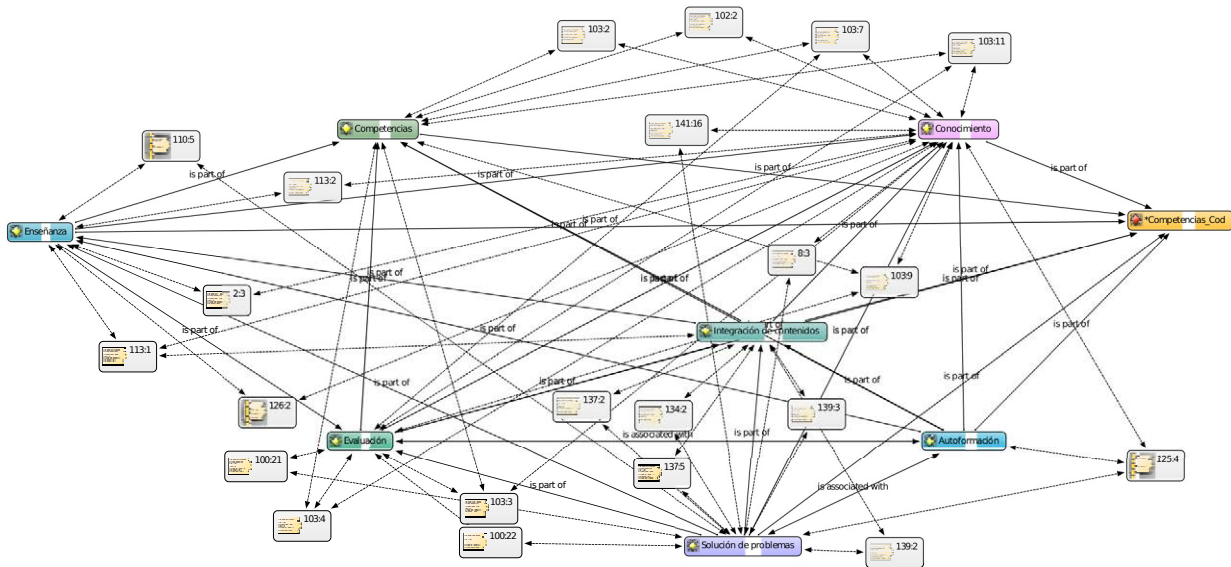


Figura 8.57: Relaciones de la categoría nodal *Competencias* con las categorías de la codificación axial.

que “faltó profundidad en la práctica algunos temas del programa”, es decir, falta que otros espacios académicos se apoyen de prácticas de laboratorio para mejorar la comprensión de los temas en desarrollo. Esto se sustenta en (125:3). De este número, el primero hace referencia al número del documento que asigna el programa ATLAS TI y el segundo, el número de la cita. Estos números de documentos también se pueden apreciar en las familias de documentos primarios. En particular, los estudiantes indican que en el espacio de fundamentos de tecnología I y II, área que se orienta en los primeros semestres, se requiere trabajar con equipos que se pueden usar en el transcurso del programa. Además, es considerado que el espacio académico de diseño electrónico no se conecta con la realidad de un diseño (125:2), esto en razón a que se realizan diseños basados en teoría y simulaciones, pero hace falta el trabajo práctico, y en especial, el trabajo en alta frecuencia.

Es importante mencionar que los estudiantes destacan el uso de recursos históricos para dar una nueva visión a lo que se va a desarrollar. El emplear documentos históricos y, en particular, documentos que describen el fenómeno natural y las dificultades que en su momento se presentaban para controlar el fenómeno y medirlo dan una perspectiva diferente del trabajo. Asimismo, se destacó el uso de un equipo analizador de espectros, esta actividad es vista como innovadora dentro del trabajo que ellos han visto y, en especial, el uso que pueden dar a la información que con el instrumento se obtiene. Tartarini et al. (2013) sugieren que el fenómeno electromagnético favorece la comprensión de diversas tecnologías, esto es algo que se evidencia en los resultados de la investigación. De igual forma, se ha resaltado la posibilidad de una nueva organización de las temáticas a desarrollar en la EDUTECH desde el diseño y construcción de instrumentos, esta actividad proporciona diversidad de alternativas para el trabajo en el aula. Además, los estudiantes manifiestan como grandes aportes de la unidad didáctica desarrollada en el espacio académico el *favorecer el trabajo en equipo, la*

autoformación y la relación teoría-práctica (125:4) (Taub, 2009). Esta afirmación se conecta con lo que Gilbert (1992) y Williams (2013) plantean en relación con la didáctica y la posibilidad de aprender mediante la interacción.

En cuanto a la propuesta de trabajar con el fenómeno natural de generar y detectar ondas de radiofrecuencia y el diseño de un instrumento científico, se puede afirmar que los estudiantes han acogido la propuesta con muy buenos comentarios. En particular, les gustó la dinámica de trabajo y el acompañamiento al trabajo. Sin embargo, en relación con los conocimientos que consideran requirieron para desarrollar el diseño, manifiestan que la forma en que se ha venido trabajado ha traído problemas para responder al problema. Es decir, la metodología de trabajo usualmente se centra en la teoría, pero muy poco a la práctica. Además, se requiere de mayor trabajo en la etapa de simulación, ya que, ésta conecta la teoría con la práctica (125:5). En especial, en el aspecto de la relación teoría – práctica, los estudiantes manifiestan que en el diseño los resultados son muy cercanos a datos ideales, datos que son semejantes en el proceso de simulación, pero al momento de la construcción los resultados son distantes, en otras palabras, “el trabajo en el papel y en el simulador son diferentes con la construcción”. “Nos cambiaron las normas de juego que veníamos acostumbrados, los resultados de la teoría se vinculaban fuertemente con los resultados”, por ello, *poder ver que los resultados son diferentes es importante y ayuda a construir un conocimiento diferente*. “En el simulador todo funcionaba muy bonito, el diseño funcionaba, pero no en la construcción”. Para los discentes, esto no significa que sea mala la experiencia, por el contrario, les enseña que hay muchas variables en juego en el proceso, una mirada que bien puede relacionarse con lo que en palabras de Klafki representa una parte de la unidad teoría - praxis (Roith, 2006). Además, los muchachos manifestaron que los componentes electrónicos influyeron mucho en el proceso de construcción (125:6).

Un aporte que han destacado significativamente los estudiantes en el proceso es el *trabajo en equipo*. Para ellos, es considerado “esencial”, “no solo en la formación sino en ámbitos laborales”. En este desarrollo, los estudiantes han valorado en un mismo nivel la evaluación y la posibilidad de vincular la teoría con la práctica. En particular, la evaluación les aportó a ver las dificultades de una forma diferente y enfrentar los retos recurriendo a ver la teoría y la práctica de otra forma (125:8), no desarticulándola como usualmente lo han visto.

Luego de explorar el fenómeno, algunos estudiantes manifestaron el deseo de profundizar en el comportamiento de las ondas en el vacío y que este comportamiento lo puedan aplicar en la astronomía. Además, se manifestó el deseo de explorar el fenómeno de las ondas en un medio guiado, por cable o por guías de onda observando algunas de las variables que usualmente se emplean en las telecomunicaciones. También, se presentó el deseo de explorar el radio control, comportamientos y aplicaciones que lo dotan de importancia en muchos ámbitos. Asimismo, se indicó el deseo de vincular a proyectos de grado los procesos de modulación análoga y digital. En este análisis,

poder explorar el internet de las cosas como un caso de aplicación de procesos de codificación. Por otro lado, vinculando las ciencias al trabajo en tecnología, los estudiantes manifestaron el deseo por explorar el fenómeno acústico, el fenómeno cuántico, el fenómeno electroquímico y la forma en la que se generan y comportan los rayos X y gamma (125:9).

Los estudiantes manifestaron que el curso de comunicaciones II superó ampliamente las expectativas. Se esperaba un trabajo muy teórico, pero resultó muy enriquecedor. Hubo un acompañamiento constante y con cada uno de los estudiantes. Esta es una de las condiciones que se esperaba atender y que fue mencionada en el diseño de la UD en la figura 7.2. Esto significa, mayor profundidad en los contenidos y mayor compromiso por parte del maestro. Además, se esperaba un trabajo equilibrado entre lo que se exige y lo que se aprende, fruto de la experiencia en cursos de análisis de circuitos vistos con el investigador previamente. Para ellos, el proyecto fue muy importante en el trabajo, especialmente se resalta el aporte en espacios como la actividad de práctica educativa que adelantaban. No obstante, manifiestan que el cambio en la didáctica fue drástico en relación con lo que se venía realizando, pero en sí, fue muy agradable el curso. En especial, el espacio fue “emocionante” y vinculó algunos temas que en algún momento de su formación habían visto. En un caso particular, el trabajo del espacio académico se vinculó con el desarrollo del trabajo de grado de uno de los estudiantes. En adición, “el trabajo siempre estaba trayendo cosas interesantes de las que no se había profundizado en cursos previos” (126:2).

Una de las grandes dificultades para adelantar el proyecto se relacionó con el trabajo de laboratorio y la dificultad para acceder a los equipos necesarios para adelantar las mediciones. Estas situaciones estuvieron de la mano del paro estudiantil en el que se encontraba la universidad. Sin embargo, las alternativas para desarrollar el curso permitieron sacar adelante esta situación, además, los estudiantes consideran que fue vital para alcanzar las metas del curso la colaboración y el trabajo en equipo (126:3).

Los participantes manifiestan que la condición de trabajar con materiales de bajo costo también fue una dificultad, especialmente en el caso de los transistores y las bobinas. Se requirió la consulta profunda de componentes para resolver la condición, no obstante, el resto de los componentes empleados fueron de fácil adquisición (126:4). Por este motivo, *las habilidades que consideran que más se desarrollaron con el curso fueron el trabajo en equipo. Además, el desarrollar estrategias de diseño, el trabajo técnico, el aspecto gráfico, la lógica - matemática y la programación* (126:5). Es importante resaltar que estas habilidades hacen parte de las competencias estratégica, de pensamiento sistémico y de anticipación que sugiere Wiek et al. (2011) en la ESD.

Los estudiantes indican que las actividades adelantadas permitieron pensar en “cómo se enseñaría un tema en particular”, lo que origina una nueva organización de la actividad, especialmente, buscar alternativas para que la comprensión de un tema sea más fácil. Ellos consideran que

“se potenció mucho el razonamiento cuantitativo – lógico, así como, comprender algunos textos en inglés que aportaron al desarrollo del proyecto, el saber cómo comportarse con las personas, con un estudiante, cómo evaluar”, y especialmente, “tener en cuenta el proceso, la formación y la enseñanza”. En ese orden de ideas, “Cómo ver al maestro como un guía al que se puede aprender y superar” y cómo autoformarse. Además, se resalta la necesidad de prestar especial atención a la actividad práctica, porque ésta les permite acercarse a contextos reales (126:6).

En el ámbito de las TIC, los estudiantes consideran que éstas permitieron avanzar en el proyecto y además, se revierten en “mejoras para la EDUTECH”. Empero, hay diversidad de miradas sobre el tema, pero usualmente se relacionan con el computador, cuando su trabajo es más amplio, por ejemplo, “la labor que se da en la educación en tecnología en los colegios como el modelamiento, el trabajo isométrico, entre otros”. “En la práctica pedagógica se trabajaba con programas relacionados con la escritura de documentos, pero acercar la simulación a los estudiantes permitió que ellos avanzaran sobre nuevas herramientas”. Sobre este punto los estudiantes consideran que el trabajo virtual es muy importante y hace parte de las TIC y el desarrollo del proyecto. En ese orden de ideas, las plataformas de comunicación facilitaron la comunicación con el grupo, el trabajo en equipo y los resultados que se obtuvieron. (127:1).

Es importante resaltar que la actividad de laboratorio y experimental son muy relevantes para la EDUTECH. Se es consciente de las dificultades económicas que atraviesa la Universidad, sin embargo, es necesario “urgente” hacer esfuerzos para adquirir equipos. También es importante “saber cómo funcionan los instrumentos, porque se puede tener el equipo, pero es un problema si no se sabe usar”. “Esta es una dinámica que se ve en los colegios, muchos maestros no usan los equipos, porque no saben cómo hacerlo” (127:2). Por otro lado, en la EDUTECH se busca vincular otras áreas del saber, por eso la estrategia empleada en el espacio de Comunicaciones II “es muy útil como experiencia para trabajar con otras áreas”. Además, “la posibilidad de conocer cómo históricamente se desarrolló el tema resultó importante para poder comprender muchos aspectos del fenómeno” y “nos enriqueció como maestros al saber cómo evoluciona un fenómeno”. Como caso particular, un estudiante mencionó que propuso la idea de vincular las artes para mejorar la comprensión de las matemáticas, las ciencias, entre otros, idea que fue bien recibida en la Universidad el Bosque, institución en donde se adelanta la práctica educativa de este estudiante (127:3). Nótese que la actividad desarrollada se vincula con la actividad a desarrollar en su práctica educativa o en su actividad laboral, una competencia que se conecta con las intenciones del proyecto Comenius-2 (Bertschy et al., 2013).

Desde el punto de vista del diseño del instrumento científico, los estudiantes indican que se necesita “dominar los conceptos matemáticos, diseño de dispositivos electrónicos, programación”, además, conocer el contexto (113:1). Adicionalmente se requiere de razonamiento lógico, integración de contenidos en ciencia y tecnología (116:1), de análisis de circuitos (“máxima transferencia

de potencia, acoples de impedancia”), diseño electrónico (“Amplificadores en múltiples etapas, osciladores retroalimentados, regiones de trabajo en un transistor BJT”), comunicaciones (“atenuación, ruido, distorsión, ganancias, impedancias de salida, frecuencia, ancho de banda, fasores, redes de dos puertos, transformada de Fourier”). De la misma manera, se necesitan para el diseño y construcción de instrumentos habilidades técnicas (“saber hacer”) que facilitarán llevar el diseño a la construcción (Jones et al., 2013; Lumori y Kim, 2010; Tartarini et al., 2013), la selección de los componentes y la forma de trabajar con ellos (114:4, 115:1). Por otro lado, se requiere de habilidades para la simulación (118:1), buena comunicación entre los compañeros (119:1), la capacidad para identificar un problema e indagar el “estado de arte para la solución de problemas específicos” y el “planteamiento de soluciones a problemas determinados” (124:1).

Desde el punto de vista de las habilidades que consideran se han fortalecido desde el espacio de Comunicaciones II los estudiantes consideran que se aportó al dominio del concepto y que éste mejora el discurso sobre el tema. Además, el conocimiento del funcionamiento de algunos dispositivos (113-2). En especial, el curso favoreció el “conocimiento en relación con la práctica”(114:5), el cómo se construyen los instrumentos, la disposición física de los elementos, las matemáticas en relación con un diseño funcional, las técnicas de modulación, la relación de la teoría – práctica, específicamente en probabilidad y el buscar alternativas de evaluación. Es particular “no se trata de transmitir conocimientos y realizar pruebas tipo testing que fueron usadas en los años 90’s sino evaluar el aprendizaje de los estudiantes y ayudarlos a superar las dificultades con respecto a determinada temática” (115:4). Un aspecto por destacar fue el relacionar “no solo matemáticamente sino históricamente integrando componentes teóricos y prácticos” (116:2). En la respuesta al reto, los estudiantes creen que es necesario “realizar diferentes bocetos y esquemas del mismo circuito a implementar” (118:2) y trabajar con responsabilidad, autonomía, liderazgo y trabajo en equipo (119:2). Es de resaltar que estos valores ligados al trabajo en equipo hacen parte de uno de los cuatro ámbitos de competencia que definen lo que un educador debe hacer (Bertschy et al., 2013).

En cuanto a los aspectos que los estudiantes consideran haber sido potenciados al diseñar y construir instrumentos científicos, se considera importante el aporte a la metodología de diseño, la comprensión de teoría sobre el instrumento, el trabajo en equipo, la capacidad de indagar y formular alternativas de solución (113-3), la relación de la teoría – práctica en la construcción de instrumentos científicos para llevarlos al aula de tecnología (114:3, 121:6) (Gilbert, 1992; Martínez y Suarez, 2008; Ramírez y Mora, 2019; Williams, 2013), la posibilidad de construir nuevo material didáctico para la enseñanza, el vincular la historia al proceso (114:6, 121:5), el conocer aspectos técnicos que permitieron aprender de un problema, simular para hacer ajustes en el diseño (comparación de resultados de la experiencia) (115:6-8), la importancia del instrumento que “permite observar el fenómeno”, además, permite formular problemas e indagar sobre lo observado con “el fin de potencializar la enseñanza” (116:3), realizar búsqueda de información, no solo lo que se adelanta en clase sino el trabajo por fuera del aula (118:3), la solución de problemas (119:3) y la experiencia

– práctica adquirida en relación con la técnica (121:3).

Centrando la atención en la información que nos suministra la prueba específica se encontró que éstas muestran un conocimiento a profundidad del instrumento construido. Además, evidencian la habilidad que tienen los estudiantes para aplicar el razonamiento lógico y matemático en la respuesta a un reto. En ese proceso la simulación ha sido una herramienta muy útil para el estudiante, le ha permitido enfocar los resultados en el diseño. Es importante resaltar la capacidad lógica de los estudiantes, manifiesta en la capacidad de programar que poseen. Esta capacidad se traduce en la solución de problemas que están ligados a los temas de telecomunicaciones y en especial, a los relacionados con la codificación y las telecomunicaciones digitales (131:3, 134:2, 135:3, 136:3, 137:2, 138:2). Aun cuando el reto es el mismo para todos los estudiantes, las respuestas son diversificadas y muestran la capacidad de explorar alternativas de solución a los problemas que se les presentan (131:2; 132:5-8; 133:3-5; 134:1; 135:5; 136:2; 137:3; 138:3). Es importante resaltar que esta situación ayuda a la construcción del conocimiento de la asignatura y a un aprendizaje basado en el problema y la consulta (Shakouri et al., 2013). Por ende, el estudiante se ha acercado al conocimiento como consecuencia de las relaciones sociales, de conocimiento, de su experiencia interna y otras situaciones presentes en el desarrollo del trabajo, que conducen a hablar de una construcción de conocimiento en conexión epistemológica con el constructivismo (Carretero, 2005; Casacuberta y Estany, 2011; Duschl, 1997; García y Cañal de León, 1995; Gil, 1983; Gil et al., 2002b; Moreno y Waldegg, 1998; Pozo, 1999). En otras palabras, el concepto se formó en la resolución de un problema (Vygotsky et al., 2008).

En cuanto a las bitácoras de los proyectos, éstas están constituidas de dos partes. En la primera se muestra el avance del diseño con la experiencia de diseño. En la segunda, el informe final con la construcción del instrumento científico. Se pudo observar una fuerte relación *del diseño con la matemática y la simulación antes del proceso de construcción* (139:10; 141:3). El paso del diseño a la construcción requirió de una habilidad técnica, especialmente en el trabajo de diseño de la PCB, soldadura y distribución de los componentes (139:10; 140:8; 141:3). Esta es una habilidad que ha sido resaltada en todo proceso tecnológico (Acevedo, 2002; Díaz et al., 2003; MEN, 2008; Ortega y Gasset, 1939). Gran parte de los trabajos muestran el diseño, los procesos de simulación y evidencias del funcionamiento del circuito, pero falta en los documentos evidencias del funcionamiento con la conexión de la antena.

La presentación de los proyectos se realizó en una oficina del programa de Licenciatura en Electrónica. Los equipos disponibles fueron compartidos por los diferentes equipos de trabajo. En la sustentación final de los proyectos, se evidenció dominio de la teoría en el desarrollo del proyecto para cada uno de los grupos. En particular, fue evidente en el discurso que manejan los estudiantes el soportar sus conclusiones y el proyecto final desde los cálculos que se realizaron, esto es una muestra de la fuerte relación que tiene la matemática en la solución del problema plantea-

do. Dentro de la presentación también fue evidente que los estudiantes tuvieron que hacer varios cálculos y ajustes antes del proceso de construcción. Estos ajustes en gran parte provienen de procesos de simulación, procesos que se vinculan fuertemente con la matemática en relación con los cálculos necesarios para encontrar los valores y posteriormente, ajustarlos a valores comerciales. Además, dentro de la sustentación fue resaltado el hecho de requerir procedimientos especiales en la construcción y que no habían sido empleados ni conocidos por los estudiantes en el curso de su formación, específicamente se remiten a procesos de soldadura al aire y componentes especiales y específicos (147:4; 152:1; 153:1; 156:1). Es relevante indicar que todos los circuitos construidos funcionaron y se ajustaron a las especificaciones del problema suministrado. Esto es posible sustentarlo desde los videos de la muestra final del espacio académico (149:5; 152:2). Es importante resaltar que en este proceso uno de los grupos optó por combinar la solución al problema haciendo ingeniería inversa de uno de los productos que se encuentran en el mercado. En esta sustentación de los resultados, el grupo mostró un conocimiento profundo del dispositivo, sus componentes, qué función cumplen dentro del circuito y cómo funciona. Esta explicación se encuentra en el video y sección codificada (151:1). La actividad es considerada un éxito y como resultado puede aunarse a experiencias exitosas en la EDUTECH, como la de Shumba et al. (2016).

Es igualmente importante anotar que algunos elementos fueron donados por el investigador para facilitar el diseño y la construcción del instrumento científico. En especial, les fue suministrado algunos cristales para la oscilación y bobinas de valor específico para el cálculo y construcción de los amplificadores. Además, en este proceso los estudiantes acudieron con otros maestros en búsqueda de sugerencias para mejorar el diseño y corregir algunos resultados. Es el caso de la maestra Carol Ivonne Rodríguez (Diseño Electrónico y Sistemas de Control), el maestro Carlos Vivas González (Análisis de Circuitos y Diseño Electrónico) y el maestro Luis Guillermo Gómez (Análisis de Circuitos y Comunicaciones I) (153:1). Esta afirmación resulta importante en vista de que el proyecto no solo se centró en el espacio académico, sino que vinculó a otros miembros de la comunidad académica del programa.

La segunda clase de apoyo relacionó el tema de diseño de amplificadores. Esta sesión de apoyo estuvo a cargo del maestro Carlos Vivas y en ésta se desarrollaron los temas de amplificadores en clase A (160:1), B y AB (160:2) D (160:7) y C (160:12). La forma de trabajo es considerada una clase magistral sobre el tema. En esta sesión de trabajo se centró la atención en los amplificadores clase C por ser éstos los mayormente empleados en los sistemas de telecomunicaciones. La estrategia de la clase de apoyo va de la mano con el acompañamiento en el desarrollo del proyecto que requieren los estudiantes. En el transcurso se realizaron preguntas al grupo sobre conceptos que requería tener el estudiante para la comprensión del tema, preguntas que fueron resueltas en la mayoría de los casos por los participantes y en algunas requirió de ahondar en la explicación (160:3, 160:5). Es importante mencionar que al final de la sesión se realizaron varias sugerencias para que el estudiante pudiera mejorar y realizar su proyecto (160:13).

8.3.5. Análisis cuantitativo fase final

Es importante mencionar que este análisis centrará la atención en el cuestionario. Este aporta información que mide el grado de relevancia que da el estudiante a los aspectos ligados a su formación como maestro delimitado por las categorías con las que se construyó el cuestionario. Además, mide el nivel de satisfacción que siente de esos mismos aspectos. Siguiendo la estrategia de la fase inicial, los aspectos indagados han sido divididos en *importancia* y *satisfacción*. Por ello se separará el análisis en dos vías, uno para importancia y otro para satisfacción. A continuación, se presentará el análisis para importancia.

Importancia fase final

En este análisis se presentará inicialmente una mirada descriptiva de la información para obtener un panorama general. Este proceso se realizó con la herramienta SPSS. El programa fue alimentado con una hoja de datos en la que se ubicaron en filas los participantes y en las columnas los aspectos indagados. Los demás espacios fueron llenados con las respuestas de los estudiantes sobre la valoración de importancia que tienen ellos sobre los aspectos. Con el ánimo de evaluar la fiabilidad y validez de los datos recopilados se encontró el Alfa de Cronbach en la muestra. El valor obtenido es de 0,814 para los 24 aspectos. Con este dato se puede afirmar que los valores se encuentran correlacionados entre sí. Por ello, existe una alta fiabilidad de los datos obtenidos y se aleja una posible interpretación de duplicidad de éstos Campos (2009)¹⁷. La figura 8.58 corrobora lo afirmado.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,814	,803	24

Figura 8.58: Resultado de aplicar el coeficiente de Alfa de Cronbach en Importancia para fase final.

Es importante resaltar que el valor obtenido permanece por encima del ideal de 0,8 en el 80 % de los casos y el restante 20 % permanece muy cercano a este umbral. Esto se presenta aun cuando se elimine el elemento en el análisis. La figura 8.59 muestra la estadística total y soporta esta afirmación.

En este análisis descriptivo se encontró que la mediana de la mayoría de los datos es 6 y en algunos casos 7. La media de los valores se encuentra cercana a 6 en todos los casos, por tanto,

¹⁷Información adicional relacionada con la fiabilidad se puede obtener en el documento Importancia_Salida_sin_25.pdf en la carpeta de Anexos, específicamente en SPSS – Segunda Fase - Importancia, que contiene la salida de todos los datos arrojados para importancia por SPSS.

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
VAR00001	139,4167	63,720	,410	.	,805
VAR00002	139,7500	60,932	,599	.	,797
VAR00003	139,9167	62,992	,481	.	,803
VAR00004	140,2500	58,386	,510	.	,799
VAR00005	139,6667	65,515	,156	.	,817
VAR00006	140,1667	66,515	,180	.	,814
VAR00007	139,7500	70,568	-,231	.	,828
VAR00008	140,6667	63,152	,480	.	,803
VAR00009	140,3333	60,242	,637	.	,794
VAR00010	140,4167	61,902	,412	.	,805
VAR00011	140,5000	67,000	,070	.	,820
VAR00012	139,8333	68,515	-,032	.	,821
VAR00013	140,0000	57,636	,786	.	,785
VAR00014	140,1667	65,606	,279	.	,814
VAR00015	140,0000	62,364	,309	.	,811
VAR00016	139,5833	62,083	,467	.	,802
VAR00017	139,4167	65,720	,219	.	,813
VAR00018	139,6667	64,788	,208	.	,815
VAR00019	139,5833	67,356	,068	.	,818
VAR00020	139,8333	61,970	,447	.	,803
VAR00021	139,8333	62,697	,390	.	,806
VAR00022	140,0000	60,000	,592	.	,795
VAR00023	139,5833	61,720	,497	.	,801
VAR00024	139,6667	61,697	,435	.	,803

Figura 8.59: Estadística total de las variables incluyendo coeficiente de Alfa de Cronbach a Importancia en la fase final.

los estudiantes consideran “importante” los aspectos evaluados. También es posible observar esta afirmación desde los datos de varianza (σ^2) y desviación (σ) obtenidos.

En este análisis es posible apreciar que los aspectos valorados como más importantes son el (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones, (16) Trabajo en equipo en el espacio de comunicaciones II, (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (19) Aprender resolviendo problemas en la enseñanza de telecomunicaciones y (23) Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto. El resto de los aspectos son valorados como importantes a excepción del aspecto (8) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias Ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática que fue valorado como medianamente importante. La figura 8.60 muestra información detallada de estas afirmaciones para cada uno de los casos observados.

	VAR00001	VAR00002	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008	VAR00009	VAR00010	VAR00011	VAR00012	VAR00013	VAR00014	VAR00015	VAR00016	VAR00017	VAR00018	VAR00019	VAR00020	VAR00021	VAR00022	VAR00023	VAR00024	
N Válido	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Media	8,5833	8,2500	0,0833	5,7500	8,3333	5,8333	8,2500	5,3333	5,9997	5,5833	5,5000	8,1887	8,0000	5,8933	8,0000	8,4167	8,3333	8,1667	8,1667	8,0000	8,4167	8,1667	8,0000	8,4167	8,3333
Error	0,19300	0,21780	0,11030	0,32996	0,25624	0,19687	0,17044	0,18803	0,22473	0,25590	0,23028	0,18887	0,24818	0,18887	0,30151	0,22891	0,19300	0,25624	0,11030	0,24100	0,24100	0,22891	0,25624	0,19300	0,25624
Mediana	7,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,5000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,5000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	7,0000	7,0000	8,5000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	7,0000	7,0000
Moda	7,00	8,00*	8,00	8,00	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00*	8,00	8,00	8,00	8,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00*	7,00	7,00	7,00
Dev	0,66856	0,75378	0,66856	1,13818	0,88763	0,57735	0,62158	0,65134	0,77850	0,80034	0,79772	0,57735	0,85280	0,57735	1,04447	0,78296	0,66856	0,88763	0,66856	0,83485	0,83485	0,85280	0,78296	0,88763	0,88763
Varianza	0,447	0,568	0,447	1,295	0,788	0,333	0,386	0,424	0,606	0,811	0,636	0,333	0,727	0,333	1,091	0,629	0,447	0,788	0,447	0,697	0,697	0,727	0,629	0,788	0,788
Rango	2,00	2,00	2,00	4,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mínimo	5,00	5,00	5,00	3,00	4,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00	3,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Máximo	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Suma	79,00	75,00	73,00	69,00	76,00	70,00	75,00	64,00	68,00	67,00	66,00	74,00	72,00	70,00	72,00	77,00	79,00	76,00	77,00	74,00	74,00	72,00	77,00	76,00	76,00

Figura 8.60: Síntesis estadística de todas las variables del análisis para Importancia en la fase final.

Para complementar el comportamiento de las variables de forma general, se realizó un gráfico

de cajas. En la ordenada se ubica la escala de valoración para Importancia y en la abscisa se ubican las valoraciones de los doce participantes. La columna 13 muestra el comportamiento del promedio de valoración de cada participante en los 24 aspectos indagados. La construcción de la gráfica adopta la misma forma que para Importancia y Satisfacción de la fase inicial. De este ejercicio se obtuvo la figura 8.61. En la parte izquierda de la figura se puede apreciar que la mínima valoración que realizó el primer participante en los 24 aspectos fue 5 y la máxima fue 7. La media de las valoraciones se encuentra cercana a 6.5. El cuartil 3 y 4 se ubica entre los valores 6 y 7, por lo que, el 50 % de las valoraciones de este estudiante se encuentran sobre esta escala. Después de realizar este proceso para los restantes 11 participantes, y centrado la atención en la columna 13, se puede observar que el mínimo valor promedio obtenido es aproximado a 5.4 y el máximo valor promedio es cercano a 6.5. La media de los valores promedio se ubica cercano a 6.1. Por consiguiente, se puede afirmar que los participantes en la investigación consideran *importante* los aspectos evaluados, afirmación realizada con antelación luego de observar los resultados estadísticos que dieron origen a un análisis descriptivo de la información obtenida.

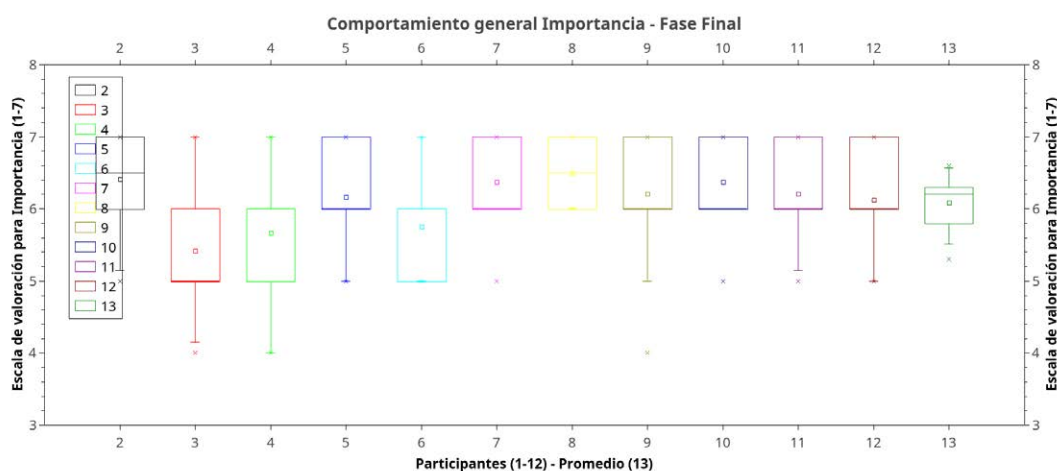


Figura 8.61: Comportamiento general de la Importancia en cada aspecto encuestado de la fase final.

Pasando a un análisis correlacional de variables, la herramienta Wighted Smallest Space Analysis (WSSA1) fue alimentada con una matriz en la que los participantes (12) son ubicados en las filas y los aspectos en 24 columnas. Con esta matriz rectangular el programa calculó las correlaciones entre todos los aspectos empleando el algoritmo de correlación de Pearson. Los coeficientes obtenidos en esta primera matriz nos permiten identificar cada una de las relaciones entre dos ítems, relaciones que pueden ser de similitud o no y que, como se indicó, se identifican con el signo positivo o negativo antecediendo el valor. Se obtuvo una matriz triangular con una diagonal principal en 100 de la cual se alejan los valores de la intercorrelación de los datos (Amar y Toledano, 2001). La figura 8.62 nos muestra la matriz de salida de WSSA1 para los aspectos valorados con relación a la importancia.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Imp_Ite1	1	100	41	49	9	-5	-20	-16	35	41	14	43	-4	48	4	-13	36	-2	-5	-19	46	46	16	19	41
Imp_Ite2	2	41	100	68	61	54	-10	-34	19	31	-10	-23	-10	57	10	35	42	-14	0	-5	36	36	57	57	41
Imp_Ite3	3	49	68	100	51	41	-20	-5	56	6	-24	-26	-27	48	27	52	61	-12	-20	-29	-3	30	16	44	56
Imp_Ite4	4	9	61	51	100	81	-21	10	37	31	-2	-55	7	56	62	76	63	-3	9	-21	5	-5	19	13	0
Imp_Ite5	5	-5	54	41	81	100	-24	16	26	9	-38	-64	-12	48	30	69	69	-36	-27	-41	-8	-45	-12	4	-4
Imp_Ite6	6	-20	-10	-20	-21	-24	100	13	16	27	38	59	-18	18	-36	0	-3	4	12	20	44	-13	18	17	47
Imp_Ite7	7	-16	-34	-5	10	16	13	100	45	-19	-12	-9	-13	17	-13	28	32	-38	-49	-49	-26	-44	-51	-23	-16
Imp_Ite8	8	35	19	56	37	26	16	45	100	6	10	0	8	65	16	40	76	-28	-37	-56	22	6	0	41	58
Imp_Ite9	9	41	31	6	31	-9	27	-19	6	100	69	44	13	41	7	0	-5	58	57	47	65	51	41	10	4
Imp_Ite10	10	14	-10	-24	-2	-30	38	-12	10	69	100	44	50	24	3	-29	-12	59	76	62	46	34	47	1	-4
Imp_Ite11	11	43	-23	-26	-55	-64	59	-9	0	44	44	100	-20	13	-39	-44	-22	26	13	26	55	27	13	7	39
Imp_Ite12	12	-4	-10	-27	7	-12	-18	-13	8	13	50	-20	100	-18	9	-45	-17	-4	41	4	31	13	18	-17	-30
Imp_Ite13	13	48	57	48	56	48	18	17	65	41	24	13	-18	100	18	51	81	0	-12	-16	38	13	38	54	48
Imp_Ite14	14	4	10	27	62	30	-36	-13	16	7	3	-39	9	18	100	60	36	27	30	-4	-31	6	18	-3	-6
Imp_Ite15	15	-13	35	52	76	69	0	28	40	0	-29	-44	-45	51	60	100	66	0	-20	-26	-31	-21	0	22	20
Imp_Ite16	16	36	42	61	63	69	-3	32	76	-5	-12	-22	-17	81	36	66	100	-33	-34	-53	2	-25	0	28	43
Imp_Ite17	17	-2	-14	-12	-3	-36	4	-38	-28	58	59	26	-4	0	27	0	-33	100	71	83	-3	46	32	1	-20
Imp_Ite18	18	-5	0	-20	9	-27	12	-49	-37	57	76	13	41	-12	30	-20	-34	71	100	82	16	29	48	-22	-27
Imp_Ite19	19	-19	-5	-29	-21	-41	20	-49	-56	47	62	26	4	-16	-4	-26	-53	83	82	100	3	35	48	-1	-26
Imp_Ite20	20	46	36	-3	5	-8	44	-26	22	65	46	55	31	38	-31	-31	2	-3	16	3	100	35	38	30	41
Imp_Ite21	21	46	36	30	-5	-45	-13	-44	6	51	34	27	13	13	6	-21	-25	46	29	35	35	100	64	57	29
Imp_Ite22	22	16	57	16	19	-12	18	-51	0	41	47	13	18	38	18	0	0	32	48	48	38	64	100	67	36
Imp_Ite23	23	19	57	44	13	4	17	-23	41	10	1	7	-17	54	-3	22	28	1	-22	-1	30	57	67	100	69
Imp_Ite24	24	41	41	56	0	-4	47	-16	58	4	-4	39	-30	48	-6	20	43	-20	-27	-26	41	29	36	69	100

Figura 8.62: Matriz de coeficientes de correlación Pearson para Importancia en la fase final.

Con los valores obtenidos en la figura 8.62 se calcularon los coeficientes de determinación y posteriormente el de alienación. Este coeficiente es de 0,11935. Con este valor se calculó los pares de puntos que permiten ubicar cada uno de los casos, o aspectos, estudiados en un plano bidimensional. La figura 8.63 muestra el resultado del cálculo de alienación y los puntos de distancia entre variables.

```

Rank image transformations ..... 5
Number of iterations ..... 8
Coefficient of Alienation ..... .11935

```

Serial Number	Item coeff. of Alienation	Plotted Coordinates		
		1	2	3
1	.20098	50.22	80.71	71.75
2	.12687	70.42	41.56	83.51
3	.06423	86.28	50.58	76.10
4	.09032	81.68	19.86	56.93
5	.09922	100.00	23.65	51.73
6	.15895	34.50	75.75	20.09
7	.08108	83.91	50.36	.00
8	.10070	83.59	64.12	40.84
9	.12246	22.46	45.81	53.51
10	.06846	13.18	39.57	40.38
11	.08790	15.05	82.12	40.60
12	.16919	27.71	16.25	13.94
13	.10183	73.60	52.78	54.37
14	.10278	65.59	.00	56.73
15	.11803	91.75	22.58	51.52
16	.07103	93.38	46.59	49.24
17	.11741	8.66	20.38	63.68
18	.06477	9.37	18.84	50.09
19	.09616	.00	24.26	59.88
20	.14229	30.22	74.23	50.34
21	.10293	25.02	52.31	86.75
22	.14006	33.66	38.67	80.54
23	.14602	59.15	61.08	87.12
24	.14066	68.31	80.43	62.95

Figura 8.63: Matriz de coeficientes de alienación en Importancia para fase final.

Se han empleado las coordenadas 1 y 2 para ubicar los casos en un espacio bidimensional. La figura 8.64 muestra la organización de los aspectos de acuerdo con sus estructuras de correlación semejantes y los coeficientes de alienación. Es importante recordar que cada número representa el aspecto indagado en el cuestionario. El gráfico nos muestra una estructura fundamental de la

valoración de los aspectos con la que los estudiantes del espacio académico comunicaciones II valoraron los aspectos organizados en cinco categorías.

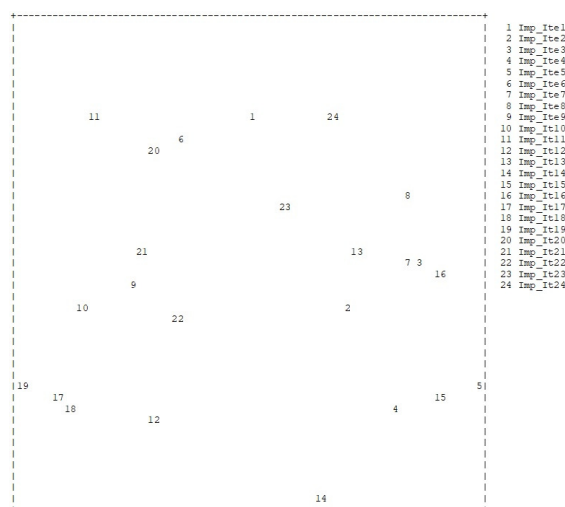


Figura 8.64: Matriz de estructuras de correlación semejantes en Importancia para la fase final.

Con la figura 8.64 como referencia, se procedió a realizar la agrupación de los casos. Este proceso aplica el método de agrupación descrito previamente. Las regiones emergentes se pueden apreciar en la figura 8.65. Estas regiones fueron creadas por el investigador producto de la interpretación de las interrelaciones. La región con mayor número de aspectos correlacionados se denominó *Laboratorio*. En esta región se identificó que aspectos relacionados con el laboratorio como el (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto, (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones, (3) Papel del laboratorio en el espacio comunicaciones II, (23) Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto, (2) Papel del laboratorio en la relación ciencia y tecnología y (20) Capacidad para identificar necesidades de equipos de laboratorio en la enseñanza de Ciencia y Tecnología, se encuentran fuertemente correlacionados. Sin embargo, se identificaron algunos aspectos vinculados con las competencias en la formación de maestros como (6) Aporte del espacio comunicaciones II al diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática, (11) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (13) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Formación de Ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (8) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias Ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática. Es importante mencionar que dentro de esta grande agrupación se encuentra el aspecto (7) Importancia de la ciencia en las telecomunicaciones y (16) Trabajo en equipo en el espacio de comunicaciones II, aspectos importantes en el desarrollo del diseño y construcción del instrumento científico.

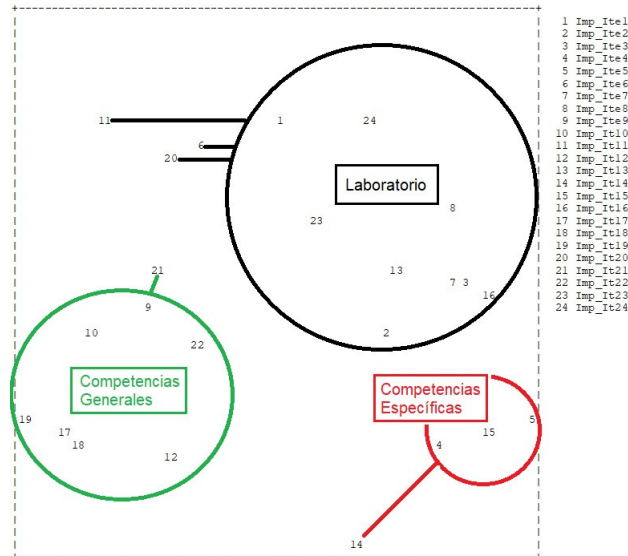


Figura 8.65: Regiones y categorías delimitadas en la matriz de estructuras de correlación semejantes en Importancia para la fase final.

En la región de *Competencias Generales* se identificaron aspectos como (9) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias de Comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (10) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lengua Extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (19) Aprender resolviendo problemas en la enseñanza de telecomunicaciones, (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología y (12) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Razonamiento Cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, aspectos que se relacionan con las competencias generales en la formación de maestros para el AT&I. Es relevante indicar que estos aspectos han sido señalados como importantes en la formación en las entrevistas realizadas. Los aspectos (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica y (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa, vinculados en este agrupamiento, coinciden en hacer parte de elementos necesarios en la formación de maestros, especialmente para el AT&I.

Por último, se encuentra la región de *Competencias Específicas*. En esta región se identificaron los aspectos (14) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (15) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática. Estos aspectos se vinculan directamente con la formación de competencias específicas para maestros. No obstante, el aspecto (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de las telecomunicaciones, identificado en la agrupación, también

se considera parte de estas competencias específicas que debe tener el maestro del AT&I.

Complementando el análisis correlacional se empleó la herramienta de POSAC (Partial Order Scalogram Analysis with base Coordinates). Se identificaron gráficamente los aspectos con menor y mayor valoración en importancia. En ese orden de ideas, en la parte inferior de una diagonal positiva se ubicaron los perfiles que tienen menos valoración. Estos valores se incrementarán sobre esta misma diagonal hasta obtener los perfiles mejor valorados o más importantes.

Para la organización de la correlación de los ítems, se han organizado unos perfiles, tomando las valoraciones de los 24 aspectos y la monotonicidad entre los ítems. En total se han creado (19) perfiles. De éstos el perfil con menos valor es el (18) con una puntuación de (21) y el mayor es el (1) con un puntaje de (28). Es importante recordar que estos perfiles son creados como referencia por el programa y no corresponden a los aspectos indagados en el cuestionario. La figura 8.66 muestra la organización de los perfiles. En esta figura también es posible observar las coordenadas en las que serán ubicados los perfiles de acuerdo con la fortaleza del coeficiente.

Id	Profile	Sc	Freq	X	Y	Joint	Lateral
	-----	-----	-----	-	-	-----	-----
	p p p p						
	r r r r						
	o o o o						
	m m m m						
	1 2 3 4						
1	7 7 7 7	28	1	100.00	100.00	200.00	100.00
2	7 6 6 7	26	1	66.67	83.33	150.00	83.33
3	6 6 7 7	26	1	94.44	50.00	144.44	144.44
4	7 7 6 6	26	2	55.56	72.22	127.78	83.33
5	6 7 6 7	26	1	88.89	61.11	150.00	127.78
6	7 7 5 7	26	1	33.33	94.44	127.78	38.89
7	6 6 7 6	25	1	83.33	38.89	122.22	144.44
8	6 6 6 7	25	2	77.78	44.44	122.22	133.33
9	7 6 6 6	25	3	50.00	66.67	116.67	83.33
10	6 7 6 6	25	1	61.11	55.56	116.67	105.56
11	7 6 5 7	25	2	27.78	88.89	116.67	38.89
12	6 5 6 7	24	1	72.22	5.56	77.78	166.67
13	6 6 6 6	24	2	44.44	33.33	77.78	111.11
14	7 7 5 5	24	1	16.67	77.78	94.44	38.89
15	6 6 6 5	23	1	38.89	22.22	61.11	116.67
16	6 6 5 5	22	1	11.11	27.78	38.89	83.33
17	5 6 5 6	22	1	22.22	11.11	33.33	111.11
18	6 6 5 4	21	1	5.56	16.67	22.22	88.89
19*	5 5 5 4	19	1	.00	.00	.00	100.00

Figura 8.66: Matriz de distribución de los perfiles creados en POSAC para Importancia para la fase final.

Con los valores de X y Y se procede a ubicar cada uno de los perfiles en un gráfico bidimensional. La figura 8.67 muestra esta distribución de los perfiles creados en la diagonal imaginaria. De esta figura es posible identificar que el perfil 19, 18 y 17 son considerados los perfiles menos importantes por estar ubicados en la parte inferior, mientras que el perfil 1 es considerado el mayor valorado. En esta distribución quedarán perfiles que no se ajustan a esta descripción, por esto, se requiere de generar nuevas categorías. Para ello, se empleará el método de agrupación descrito previamente.

Como resultado de la agrupación realizada por el investigador se encontraron tres nuevas regiones. La figura 8.68 muestra este resultado. Es importante indicar que para facilitar el análisis se han

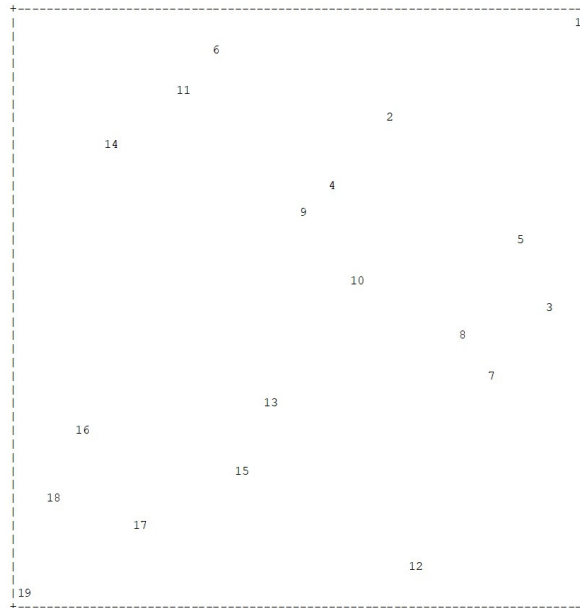


Figura 8.67: Escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.

ubicado sobre cada uno de los perfiles el(los) aspecto(s) evaluado(s) en el cuestionario.

De la figura 8.68 se puede observar que los perfiles considerados como *más importantes* son el 1, 2, 6, 5, 3, 4, 11, 14, 9, 10, 8 y 7. Estos perfiles tienen asociados los aspectos (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (23) Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto, (2) Papel del laboratorio en la relación ciencia y tecnología, (19) Aprender resolviendo problemas en la enseñanza de telecomunicaciones, (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica, (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa, (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones, (16) Trabajo en equipo en el espacio de comunicaciones II, (5) La simulación en la conexión teoría y práctica, (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto, (3) Papel del laboratorio en el espacio comunicaciones II, (14) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (15) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (20) Capacidad para identificar necesidades de equipos de laboratorio en la enseñanza de Ciencia y Tecnología, (12) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Razonamiento Cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología y (7) Importancia de la ciencia en las telecomunicaciones como los mejor valorados. De la agrupación realizada es posible inferir que los estudiantes dan una gran importancia a la actividad de laboratorio como apoyo al trabajo formativo. De igual forma, es muy importante para ellos

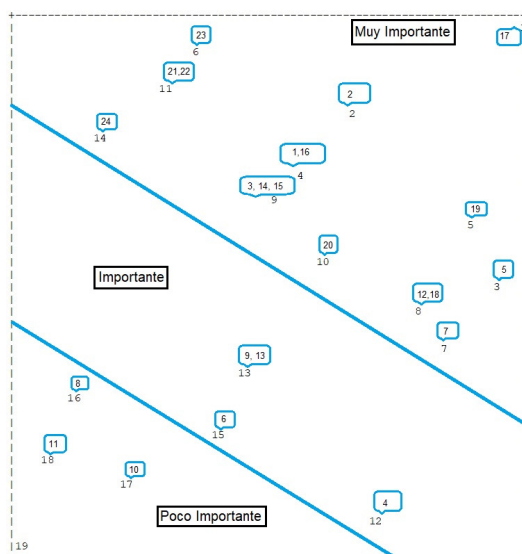


Figura 8.68: Regiones delimitadas en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.

las competencias específicas de enseñanza y valoración. Es relevante resaltar en esta categoría el aprendizaje resolviendo problemas como estrategia de enseñanza, la construcción de instrumentos – artefactos y el vínculo de la ciencia en la formación de maestros.

En la segunda categoría identificada, son considerados como *importantes* los perfiles 13, 15 y 12. En otras palabras son valorados los aspectos (9) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias de Comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (13) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Formación de Ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (6) Aporte del espacio comunicaciones II al diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática y (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de las telecomunicaciones, como importantes en la formación de maestros para el AT&I.

Por último, los perfiles 16, 17 y 18 son considerados como *poco importantes*. A estos perfiles se adhieren los aspectos (8) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias Ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (10) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lengua Extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (11) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática. Es importante anotar que los aspectos menos importantes, según este estudio, se relacionan con la formación de competencias ciudadanas, de segunda lengua y de lectura crítica, competencias que les son evaluadas en las pruebas Saber Pro y de las cuáles se requiere atención para mejorar los resultados al momento obtenidos.

En este proceso se obtuvo un mapa correspondiente a los valores promedio de cada perfil diferenciados por cada grupo de edades. Esta información es empleada para determinar cómo fue valorado cada perfil por parte de los grupos de estudiantes. Para vincular el nivel de importancia con la valoración de cada perfil, se agruparon los perfiles que tienen el valor promedio en el mismo nivel. Se presentará la agrupación tomando los grupos que mayor número de miembros tienen, respectivamente. La figura 8.69 nos muestra el mapa del grupo 2. Es importante anotar que la mayoría de los aspectos se ubican en la valoración de *muy importante* seguido de *importante*. Como caso particular, el grupo considera que el aspecto (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de las telecomunicaciones, posee una moderada importancia.

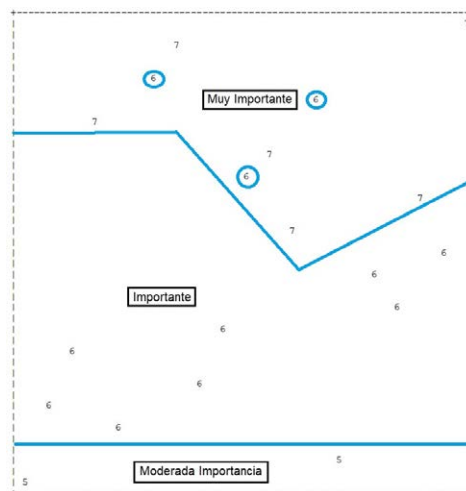


Figura 8.69: Valoración del grupo 2 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.

La figura 8.70 muestra el mapa del grupo 1. En éste es posible ver que la mayoría de los aspectos son valorados como *importantes* seguido de *muy importante*. En esta valoración el aspecto (10) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lengua Extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, es considerado con moderada importancia.

La figura 8.71 muestra el mapa del grupo 3. La organización de este mapa tiene un comportamiento particular. Los aspectos (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica, (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa, (23) Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto y (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto, son valorados con *moderada importancia*, contrario a lo que el resto de los grupos consideró como *muy importante*.

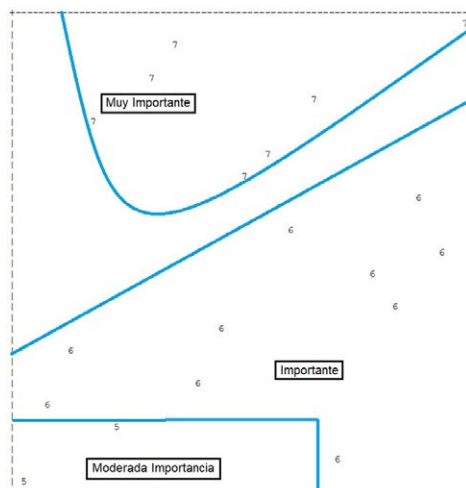


Figura 8.70: Valoración del grupo 1 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.

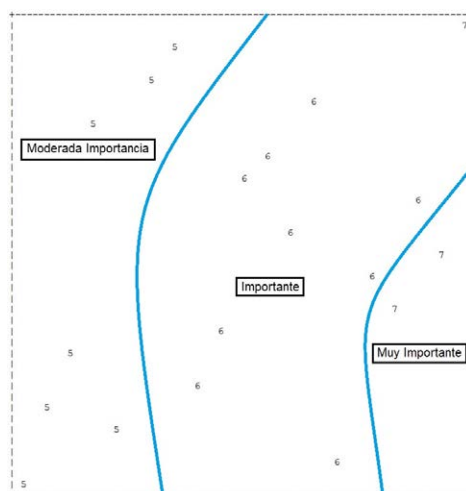


Figura 8.71: Valoración del grupo 3 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.

Por último, la figura 8.72 muestra el mapa del grupo 4. Es de resaltar en este mapa que los estudiantes coinciden con la valoración de la mayoría de los perfiles del escalograma. Sin embargo, otorgan una *moderada importancia* a (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto y muy poca importancia a (11) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática. Asimismo, el aspecto (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de las telecomunicaciones en valorado como *muy importante*, contrario al promedio del resto de los grupos.

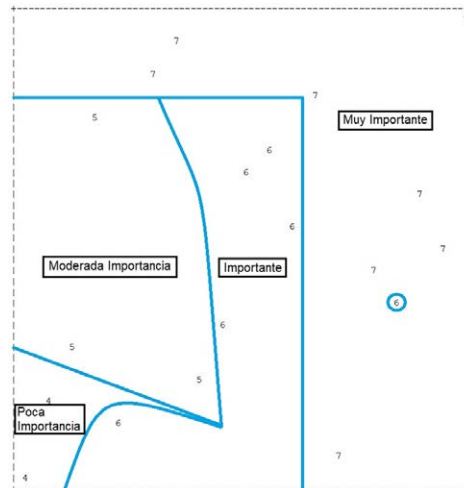


Figura 8.72: Valoración del grupo 4 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Importancia en la fase final.

Luego de realizar una mirada general de las valoraciones de los diferentes grupos en cuanto a la importancia que dan a los aspectos indagados, se puede afirmar que la mayoría de éstos son valorados como *muy importantes* seguido de *importantes*. En este orden de ideas, es necesario resaltar que son pocos los aspectos valorados como *moderadamente importantes* y mucho menos los *poco importantes*, categoría que solo está presente en el grupo 4 y al que solo está asociado un aspecto, el relacionado con el uso de las TIC en la enseñanza de las telecomunicaciones.

La última parte de este análisis correlacional se realizó con las valoraciones hechas a los mismos aspectos, pero ahora desde la valoración de satisfacción. En este procedimiento se aplicaron las mismas herramientas, SPSS y HUDAP (WSSA1 y POSAC). A continuación, se presenta este análisis.

Satisfacción fase final

Antes de mostrar el análisis realizado, es necesario indicar que los criterios empleados son los mismos que fueron usados en el análisis de importancia y satisfacción de la fase inicial y de importancia en la fase final. En otras palabras, los resultados entregados por el software, la creación de las distancias entre aspectos, las estrategias de agrupamiento, la creación de los perfiles, la agrupación de los mismos, entre otros, emplean el mismo criterio que se mostró previamente. En este nuevo análisis descriptivo se alimentó SPSS con una hoja de datos en la que se ubican en las filas los estudiantes y en las columnas los aspectos. Con las respuestas de los estudiantes se obtuvieron 12 casos. A estos casos se les aplicó el coeficiente de Alfa de Cronbach para determinar la fiabilidad y validez de la muestra. El resultado obtenido es de 0.861 luego de analizar los 24 aspectos. Este resultado nos muestra que los valores se encuentran correlacionados entre sí, por tanto, es posible afirmar que existe una alta fiabilidad de los datos obtenidos acorde con Campos (2009). La figura

8.73 muestra el resultado de este proceso.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.861	.871	24

Figura 8.73: Resultado de aplicar el coeficiente de Alfa de Cronbach en Satisfacción para la fase final.

Es importante mencionar que el resultado de aplicar el coeficiente de Alfa de Cronbach a la muestra permanece en el rango del valor recomendado por Campos (2009) para todos los casos, aun eliminando el elemento en el análisis. La figura 8.74 muestra estos valores para cada aspecto analizado. Es importante resaltar que los valores de Alfa de Cronbach aquí presentados son mayores que en el caso de importancia en la segunda fase. Por consiguiente, se puede afirmar que en la muestra no hay redundancia o duplicación de los datos¹⁸.

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
VAR00001	129.3333	90.606	.443	.	.856
VAR00002	128.9167	102.265	-.100	.	.874
VAR00003	128.4167	97.538	.392	.	.858
VAR00004	128.0833	97.174	.275	.	.860
VAR00005	127.7500	96.568	.322	.	.859
VAR00006	128.5000	91.727	.407	.	.857
VAR00007	128.1667	89.061	.563	.	.851
VAR00008	128.5000	93.000	.509	.	.853
VAR00009	128.7500	94.750	.621	.	.853
VAR00010	129.0000	95.636	.467	.	.856
VAR00011	129.0000	93.818	.497	.	.854
VAR00012	128.3333	101.152	-.036	.	.870
VAR00013	128.7500	91.841	.577	.	.851
VAR00014	128.5833	91.538	.516	.	.853
VAR00015	128.4167	99.538	.076	.	.866
VAR00016	127.9167	92.811	.541	.	.853
VAR00017	127.9167	92.629	.555	.	.852
VAR00018	128.0000	93.273	.538	.	.853
VAR00019	128.1667	93.242	.442	.	.855
VAR00020	128.2500	92.205	.562	.	.852
VAR00021	129.3333	92.788	.281	.	.864
VAR00022	129.3333	85.879	.684	.	.845
VAR00023	129.1667	88.152	.680	.	.846
VAR00024	129.2500	87.841	.665	.	.847

Figura 8.74: Estadística total de las variables incluyendo coeficiente de Alfa de Cronbach a Satisfacción en la fase final.

En este análisis descriptivo se encontró que la mediana de la mayoría de los datos de satisfacción se encuentra entre 5 y 6. La media de los valores obtenidos se encuentra entre 5 y 6, a excepción de algunos valores que se encuentran en 4 y muy cercanos a 5. Asimismo, es posible observar que el rango se encuentra entre 2 y 3 en la mayoría de los casos. A pesar de que los valores sean semejantes al caso de importancia, se puede afirmar que los estudiantes se sienten menos satisfechos

¹⁸Información adicional relacionada con la fiabilidad se puede obtener en el documento satisfacción.doc que contiene la salida de todos los datos arrojados para satisfacción por SPSS. Se ubica en la carpeta de Anexos, específicamente en SPSS – Segunda Fase - Satisfacción.

con los aspectos indagados en comparación con la importancia. Esto es posible sustentarlo desde los datos de varianza y desviación obtenidos en el análisis.

Es posible destacar que los aspectos (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones, (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica, (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa y (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de conceptos, son los menos valorados. Por ende, se puede afirmar que los estudiantes se sienten *menos satisfechos con aspectos relacionados con instrumentos de laboratorio y el papel de éstos en la enseñanza*, particularmente, de las telecomunicaciones. La figura 8.75 muestra información detallada de estas afirmaciones para cada uno de los casos y aspectos observados.

	VAR00001	VAR00002	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008	VAR00009	VAR00010	VAR00011	VAR00012	VAR00013	VAR00014	VAR00015	VAR00016	VAR00017	VAR00018	VAR00019	VAR00020	VAR00021	VAR00022	VAR00023	VAR00024
N Válido	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	4,8333	5,2500	5,7500	6,0833	6,4167	5,8867	6,0000	5,8867	5,4167	5,1667	5,1667	5,8333	5,4167	5,5833	5,7500	6,2500	6,2500	6,1667	6,0000	5,9167	4,8333	4,8333	5,0000	4,9167
Error	0,32177	0,27868	0,13056	0,19300	0,19300	0,30977	0,30151	0,22473	0,14865	0,18667	0,20719	0,24100	0,22891	0,25990	0,21760	0,21760	0,21760	0,20719	0,24618	0,22891	0,36884	0,32177	0,27524	0,28758
Mediana	5,0000	5,0000	6,0000	6,0000	6,5000	6,0000	6,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	6,0000	5,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
Moda	5,00	5,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00*	6,00*	6,00*	6,00	6,00	6,00	4,00*	4,00*	5,00	5,00*
Desv	1,11464	0,96531	0,45227	0,66856	0,66856	1,07309	1,04447	0,77850	0,51493	0,57735	0,71774	0,83485	0,79296	0,90034	0,75378	0,75378	0,75378	0,71774	0,85280	0,79296	1,26730	1,11464	0,95346	0,99620
Varianza	1,242	0,932	0,205	0,447	0,447	1,152	1,091	0,606	0,265	0,333	0,515	0,697	0,629	0,811	0,568	0,568	0,568	0,515	0,727	0,629	1,606	1,242	0,969	0,992
Rango	4,00	3,00	1,00	2,00	2,00	4,00	3,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00
Mínimo	2,00	4,00	5,00	5,00	5,00	3,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Máximo	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00	7,00	7,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	6,00	6,00	6,00
Suma	58,00	63,00	69,00	73,00	77,00	68,00	72,00	68,00	65,00	62,00	62,00	70,00	65,00	67,00	69,00	75,00	75,00	74,00	72,00	71,00	58,00	58,00	60,00	59,00

Figura 8.75: Síntesis estadística de todas las variables del análisis para Satisfacción en la fase final.

Para observar el comportamiento general de las variables se realizó un gráfico de cajas. En la ordenada se ubica la escala de valoración para Satisfacción y en la abscisa se ubican las valoraciones de los doce participantes. La columna 13 muestra el comportamiento del promedio de valoración de cada participante en los 24 aspectos indagados. La gráfica fue elaborada de la misma forma que para Importancia, Satisfacción en la primera fase e Importancia de la fase final. El resultado se encuentra en la figura 8.76. Para interpretar, en la parte izquierda de la figura se puede apreciar que la mínima valoración que realizó el primer participante en los 24 aspectos fue 5 y la máxima 7. La media de las valoraciones es cercana a 6. El cuartil 3 y 4 se ubica entre los valores 6 y 7, así que, el 50 % de las valoraciones de este estudiante se encuentran sobre esta escala. Posterior a revisar cada uno de los 12 participantes, y centrando la atención en la columna 13, podemos deducir que el valor promedio mínimo es cercano a 4.8 y el máximo cercano a 6.5. La media de los valores promedio se ubica cercano a 5.5. Por esta razón, se puede afirmar que los participantes en la investigación consideran *medianamente satisfecho* y *satisfecho* los aspectos evaluados. Esta afirmación corrobora lo mencionado previamente luego de observar los resultados estadísticos que dieron origen a un análisis descriptivo de la información obtenida.

El primer análisis correlacional será realizado con WSSA1. El programa fue alimentado con una matriz rectangular. En las filas se ubicaron los participantes y sus respuestas y en las columnas los 24 aspectos indagados. En el análisis de estructuras semejantes de los datos, denominado

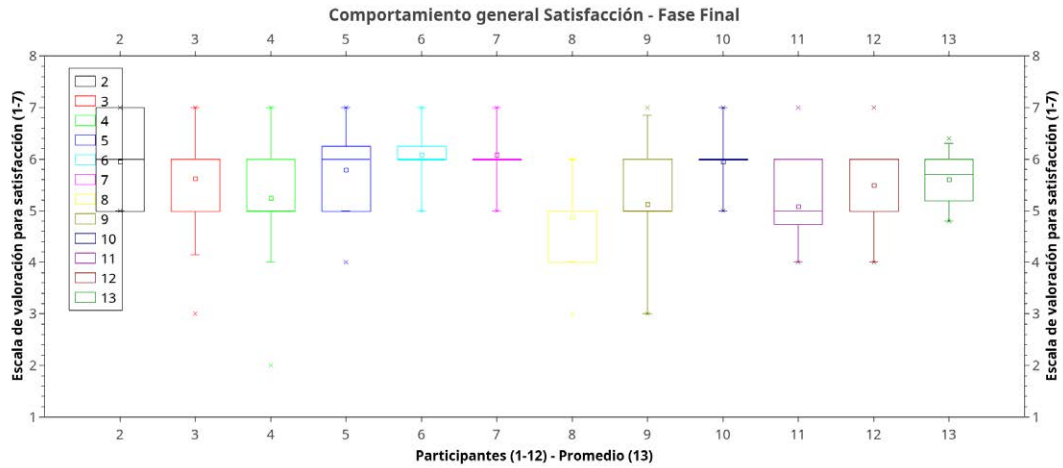


Figura 8.76: Comportamiento general de la Satisfacción en la fase final en cada aspecto encuestado.

análisis de las distancias más cortas entre los ítems, WSSA1 nos proporcionó una matriz triangular de correlaciones en la que se puede apreciar correlaciones directas e inversamente proporcionales (antecedidas por el signo (-)). La figura 8.77 muestra el resultado de este proceso.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Sat_It1	1	100	21	63	-10	-26	-20	-23	24	29	47	15	-13	9	38	16	5	60	72	38	50	24	27	51	48
Sat_It2	2	21	100	36	-4	-18	-9	-9	36	-5	8	7	17	-15	-29	-3	-34	-47	-33	-33	-21	33	4	-20	-17
Sat_It3	3	63	36	100	8	8	19	0	0	10	17	42	12	6	39	33	-7	20	42	0	19	24	9	21	15
Sat_It4	4	-10	-4	8	100	73	42	39	41	68	43	54	35	61	67	23	-23	14	-3	0	-33	-41	-22	-14	-13
Sat_It5	5	-26	-18	8	73	100	72	52	12	24	4	79	30	50	47	5	14	14	3	0	-10	-13	-2	0	-8
Sat_It6	6	-20	-9	19	42	72	100	65	40	11	24	55	-7	61	50	-22	22	11	-4	-20	28	9	33	18	14
Sat_It7	7	-23	-9	0	39	52	65	100	45	51	15	49	0	66	29	0	58	12	0	10	22	14	62	46	44
Sat_It8	8	24	36	0	41	12	40	45	100	60	74	11	-9	69	43	-15	0	15	-5	0	25	12	45	24	31
Sat_It9	9	29	-5	10	68	24	11	51	60	100	66	29	18	65	60	29	18	41	29	41	9	-16	29	37	43
Sat_It10	10	47	8	17	43	4	24	15	74	66	100	15	-13	63	67	-10	-10	31	15	0	43	-21	19	33	34
Sat_It11	11	15	7	42	54	79	55	49	11	29	15	100	5	35	40	-8	25	25	29	0	19	-7	15	40	28
Sat_It12	12	-13	17	12	35	30	-7	0	-9	18	-13	5	100	11	2	79	-7	-36	-25	13	-43	32	-23	-46	-46
Sat_It13	13	9	-15	6	61	50	61	66	69	65	63	35	11	100	77	19	11	27	3	0	20	-11	29	24	16
Sat_It14	14	38	-29	39	67	47	50	29	43	60	67	40	2	77	100	23	-10	57	40	12	20	-31	2	21	16
Sat_It15	15	16	-3	33	23	5	-22	0	-15	29	-10	-8	79	19	23	100	-4	-4	8	28	-34	24	-16	-25	-27
Sat_It16	16	5	-34	-7	-23	14	22	58	0	18	-10	25	-7	11	-10	-4	100	36	42	57	65	52	81	76	76
Sat_It17	17	60	-47	20	14	14	11	12	15	41	31	25	-36	27	57	-4	36	100	92	71	49	-5	38	63	64
Sat_It18	18	72	-33	42	-3	3	-4	0	-5	29	15	29	-25	3	40	8	42	92	100	74	51	13	38	66	66
Sat_It19	19	38	-33	0	0	0	-20	10	0	41	0	0	13	0	12	28	57	71	74	100	27	34	48	45	54
Sat_It20	20	50	-21	19	-33	-10	28	22	25	9	43	19	-43	20	20	-34	65	49	51	27	100	35	70	84	80
Sat_It21	21	24	33	24	-41	-13	9	14	12	-16	-21	-7	32	-11	-31	24	52	-5	13	34	35	100	62	23	28
Sat_It22	22	27	4	9	-22	-2	33	62	45	29	19	15	-23	29	2	-16	81	38	38	48	70	62	100	77	81
Sat_It23	23	51	-20	21	-14	0	18	46	24	37	33	40	-46	24	21	-25	76	63	66	45	84	23	77	100	96
Sat_It24	24	48	-17	15	-13	-8	14	44	31	43	34	28	-46	16	16	-27	76	64	66	54	80	28	81	96	100

Figura 8.77: Matriz de coeficientes de correlación Pearson para Satisfacción en la fase final.

Obtenidos estos valores de correlación se calculó el coeficiente de determinación y posteriormente el de alienación. Con este coeficiente fue posible obtener la proporción de la variabilidad de la variable dependiente y, en ese orden de ideas, obtener las distancias entre pares de puntos de la matriz que se generará. En esta matriz se relacionarán los coeficientes de entrada y las distancias de salidas. Como se puede observar en la figura 8.78 esta distancia se traduce en unas coordenadas en la que serán ubicados los aspectos para su posterior análisis y agrupamiento. Así pues, la mayor

correlación entre dos aspectos originará una distancia menor y será mayor si la correlación es menor.

```

Rank image transformations ..... 6
Number of iterations ..... 10
Coefficient of Alienation ..... .15228

```

Serial Number	Item	coeff. of Alienation	Plotted Coordinates		
			1	2	3
1		.15785	23.10	35.31	.00
2		.20913	71.00	.00	71.00
3		.19186	51.20	15.18	13.11
4		.08890	93.42	75.04	26.30
5		.12934	89.43	74.09	57.51
6		.12316	65.77	88.71	66.16
7		.13053	46.64	81.34	67.80
8		.23624	47.04	99.27	28.39
9		.18438	56.39	70.11	11.37
10		.15287	46.52	89.11	3.46
11		.20591	69.80	62.06	62.11
12		.13359	100.00	16.10	34.37
13		.09522	66.12	89.31	30.24
14		.14348	66.81	76.05	8.66
15		.13903	84.53	12.49	11.18
16		.13239	7.92	53.33	67.00
17		.15114	12.74	59.83	8.67
18		.13315	8.53	43.41	12.70
19		.19467	6.49	27.59	26.58
20		.12795	.00	69.72	42.08
21		.14811	25.45	12.91	69.74
22		.10748	11.77	58.75	60.07
23		.08722	5.94	63.90	40.68
24		.06940	4.80	61.06	41.60

Figura 8.78: Matriz de coeficientes de alienación para Satisfacción en la fase final.

Obtenidas las coordenadas se obtuvo un gráfico en el que se ubicó cada uno de los aspectos de acuerdo con la correlación entre ellos. La figura 8.79 muestra la ubicación de cada aspecto en relación con las coordenadas obtenidas. Es de recordar que cada número obedece al aspecto indagado en el cuestionario.

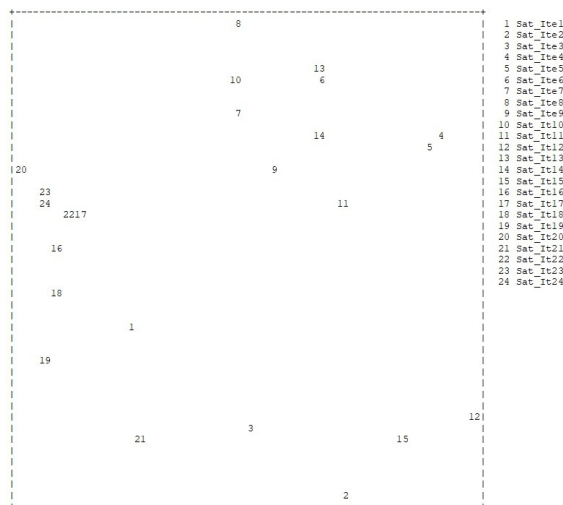


Figura 8.79: Matriz de estructuras de correlación semejantes en Satisfacción para la fase final.

Con este gráfico de base se procedió a realizar la agrupación de términos siguiendo la metodología descrita previamente. Las regiones fueron creadas por el investigador y son producto de la interpretación de las interrelaciones. La figura 8.80 muestra las regiones y categorías delimitadas

en la matriz de estructuras de correlación semejantes para el análisis de satisfacción.

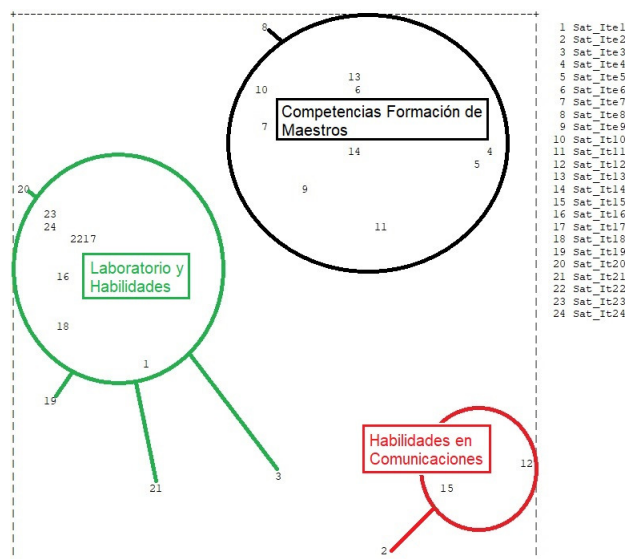


Figura 8.80: Regiones y categorías delimitadas en la matriz de estructuras de correlación semejantes en Satisfacción en la fase final.

De la figura 8.80 es posible apreciar que la región con mayor correlación entre los aspectos ha sido denominada *Competencias Formación de Maestros*. En esta región se identificó que la mayor cantidad de aspectos agrupados se encuentran relacionados con el tema de competencias. Es así como los aspectos (6) Aporte del espacio comunicaciones II al diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática, (7) Importancia de la ciencia en las telecomunicaciones, (10) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lengua Extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (13) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Formación de Ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (4) Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de las telecomunicaciones, (5) La simulación en la conexión teoría y práctica, (9) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias de Comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (11) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (14) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (8) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias Ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, se encuentran fuertemente correlacionados.

La siguiente agrupación fue denominada *Laboratorio y Habilidades*. En ella es posible encontrar aspectos vinculados con la actividad de laboratorio y algunas habilidades que son muy importantes para un óptimo desempeño en esta actividad. En esta categoría identificamos los aspectos

(21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica, (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa, (23) Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto, (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto, (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones, (3) Papel del laboratorio en el espacio comunicaciones II, (16) Trabajo en equipo en el espacio de comunicaciones II, (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (19) Aprender resolviendo problemas en la enseñanza de telecomunicaciones, (20) Capacidad para identificar necesidades de equipos de laboratorio en la enseñanza de Ciencia y Tecnología y (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica. En esta categoría *es significativo resaltar la satisfacción que tienen los estudiantes con el trabajo en equipo, el diseño, la construcción y el aprender resolviendo problemas.*

Por último, se encuentra la región *Habilidades en Comunicaciones*. En esta región se puede encontrar mayormente correlacionados los aspectos (2) Papel del laboratorio en la relación ciencia y tecnología, (12) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Razonamiento Cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (15) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática. Estos aspectos se encuentran relacionados con el trabajo en los sistemas de telecomunicaciones y los estudiantes los vinculan en su valoración desde la satisfacción.

Para complementar este análisis se empleó la herramienta de POSAC. Luego de obtener el valor promedio de la totalidad de los datos por cada grupo generado se creó una matriz rectangular en la que los aspectos son nuevamente ubicados en las filas y en las columnas los grupos de edades y sus promedios por aspecto. Con estos datos el programa generó los perfiles. En este análisis, el perfil mejor valorado es 1 con un valor asociado de 7777 (28) y el menor es 18 con valor 6654 (21). El perfil 19 tiene asociado un valor de 5554 (19), sin embargo, no tiene asociados aspectos, es decir, fue creado por el programa como referencia. Con los valores asociados a los perfiles se calculó los coeficientes de monotonía entre los ítems. El valor obtenido nos permite generar unas coordenadas en las que se ubican los perfiles de acuerdo con la valoración. Es importante recordar que en la parte inferior de una diagonal positiva estarán los perfiles más débiles (menos satisfechos) y en la esquina superior los más fuertes (más satisfechos). El resto de los restantes perfiles son alojados sobre esa diagonal. La figura 8.81 muestra la organización de los perfiles y en las columnas *X* y *Y* nos muestra las coordenadas del escalograma.

De la imagen 8.81 es posible ver que los perfiles con más aspectos vinculados son el 16 (1, 10, 21), 6 (3, 4), 8 (8, 20), 4 (12, 15), 3 (17, 18) y 17 (23 y 24). Los aspectos vinculados a estos

Id	Profile	Sco	Freq	X	Y	Joint	Lateral
	P P P P						
	r r r r						
	o o o o						
	m m m m						
	I 2 3 4						
1*	7 7 7 7	28	1	100.00	100.00	200.00	100.00
2	7 7 6 6	26	1	64.71	94.12	158.82	70.59
3	6 6 7 6	25	2	88.24	82.35	170.59	105.88
4	5 6 6 7	24	2	94.12	35.29	129.41	158.82
5	6 6 7 5	24	1	76.47	64.71	141.18	111.76
6	6 6 6 6	24	2	58.82	76.47	135.29	82.35
7	5 6 7 6	24	1	82.35	41.18	123.53	141.18
8	6 6 6 5	23	2	52.94	58.82	111.76	94.12
9	6 5 6 6	23	1	41.18	70.59	111.76	70.59
10	7 6 5 5	23	1	23.53	88.24	111.76	35.29
11	6 6 7 4	23	1	70.59	23.53	94.12	147.06
12	5 6 6 5	22	1	47.06	17.65	64.71	129.41
13	5 5 6 5	21	1	35.29	11.76	47.06	123.53
14	6 5 5 5	21	1	11.76	52.94	64.71	58.82
15	6 5 5 4	20	1	5.88	47.06	52.94	58.82
16	5 5 5 5	20	3	17.65	29.41	47.06	88.24
17	5 5 6 3	19	2	29.41	5.88	35.29	123.53
18	5 5 5 3	18	1	.00	.00	.00	100.00

Figura 8.81: Matriz de perfiles creados por POSAC en Satisfacción en la fase final.

perfiles han sido encerrados entre paréntesis. Los restantes perfiles son individuales. En esta organización es posible observar una distancia con lo visto en importancia. Esta es una característica diferenciadora de lo observado en el análisis para importancia. También es notorio que en el caso de satisfacción se tiene un menor número de perfiles creados. La figura 8.82 muestra el escalograma bidimensional de los coeficientes arrojados por POSAC.

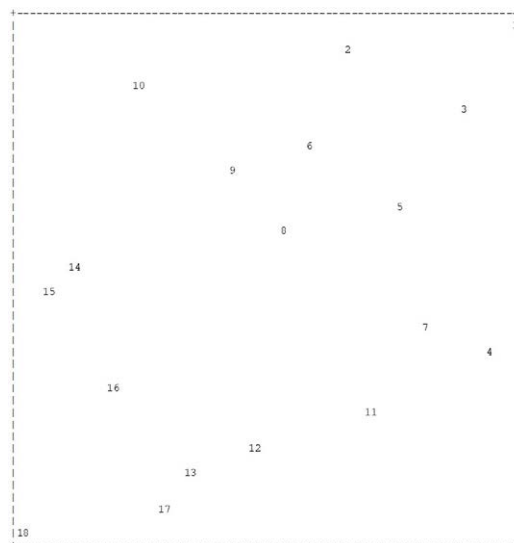


Figura 8.82: Escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.

Tomando como referencia la figura 8.82 se han creado tres regiones que muestran los aspectos con los que los estudiantes se sienten poco satisfechos hasta los que consideran sentirse satisfechos. La figura 8.83 muestra estas regiones creadas por el investigador.

De estas regiones creadas es posible identificar que los aspectos con los que los estudiantes se sienten satisfechos son: (3) Papel del laboratorio en el espacio comunicaciones II, (4) Uso de



Figura 8.83: Regiones delimitadas en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.

Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de las telecomunicaciones, (5) La simulación en la conexión teoría y práctica, (6) Aporte del espacio comunicaciones II al diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática, (16) Trabajo en equipo en el espacio de comunicaciones II, (8) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias Ciudadanas en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (14) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (20) Capacidad para identificar necesidades de equipos de laboratorio en la enseñanza de Ciencia y Tecnología, (19) Aprender resolviendo problemas en la enseñanza de telecomunicaciones, (12) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Razonamiento Cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (15) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática. Es importante anotar que los estudiantes se sienten satisfechos con aspectos relacionados con las competencias que se requieren en la formación de maestros para el AT&I.

En este orden de ideas, los estudiantes se sienten medianamente satisfechos con: (2) Papel del laboratorio en la relación ciencia y tecnología, (11) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (7) Importancia de la ciencia en las telecomunicaciones y (13) Aporte del espacio co-

municaciones II a las Competencias en Formación de Ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática.

Los aspectos que los estudiantes manifiestan estar poco satisfechos son: (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones, (10) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lengua Extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica, (9) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias de Comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa, (23) Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto y (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto. Es importante anotar que estos aspectos están fuertemente ligados a la actividad de laboratorio.

Como complemento al análisis correlacional, se obtuvo un mapa con las valoraciones hechas por cada grupo. Con esta información se puede observar en detalle la forma en la cual los grupos valoraron los perfiles. Para ello se ha realizado una delimitación a partir de los puntajes de la evaluación. Es importante mencionar que estas regiones son propuestas por el investigador. La figura 8.84 muestra la valoración del grupo 2. De la figura es posible identificar que los estudiantes de este grupo *se sienten muy satisfechos* con (5) La simulación en la conexión teoría y práctica. En contraparte, *se sienten medianamente satisfechos* con (14) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Enseñanza en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones, (2) Papel del laboratorio en la relación ciencia y tecnología, (9) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias de Comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (10) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lengua Extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (11) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica, (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa, (23) Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto y (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto. Es importante observar que para este grupo algunos aspectos menos valorados se encuentran vinculados a la actividad de laboratorio.

La figura 8.85 muestra las valoraciones de satisfacción para el grupo 1. De esta imagen es posible observar que la mayoría de los estudiantes de este grupo se encuentran satisfechos con los aspectos indagados. Es de resaltar que *se sienten muy satisfechos* con (5) La simulación en la conexión teoría y práctica y (6) Aporte del espacio comunicaciones II al diseño de currículos para el

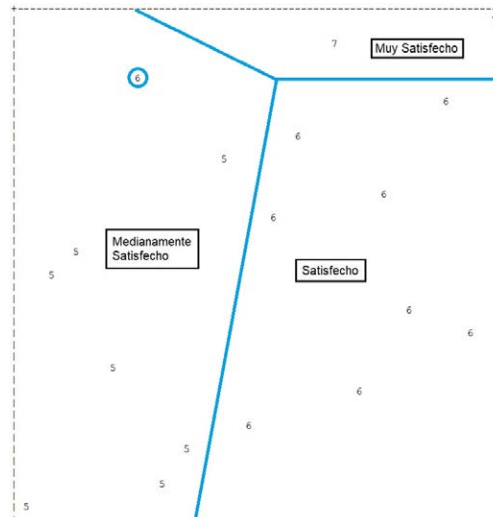


Figura 8.84: Valoración del grupo 2 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.

Área de Tecnología e Informática. Además, *manifiestan estar medianamente satisfechos* con (19) Aprender resolviendo problemas en la enseñanza de telecomunicaciones, (12) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Razonamiento Cuantitativo en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (15) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Evaluación en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (13) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Formación de Ciudadanos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (9) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias de Comunicación escrita en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica, (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa, (23) Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto, (24) Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto, (10) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lengua Extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática y (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones.

La figura 8.86 muestra el mapa de valoraciones de satisfacción del grupo 3. La valoración de este grupo destaca sentirse *muy satisfechos* con (7) Importancia de la ciencia en las telecomunicaciones, (17) Diseño de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (18) Construcción de instrumentos – artefactos en la relación con la Ciencia y Tecnología, (16) Trabajo en equipo en el espacio de comunicaciones II y (19) Aprender resolviendo problemas en la enseñanza de telecomunicaciones. Sin embargo, *manifiestan estar medianamente satisfechos* con (6) Aporte del espacio comunicaciones II al diseño de currículos para el Área de Tecnología e Informática, (2) Papel del laboratorio en la relación ciencia y tecnología, (11) Aporte del espacio

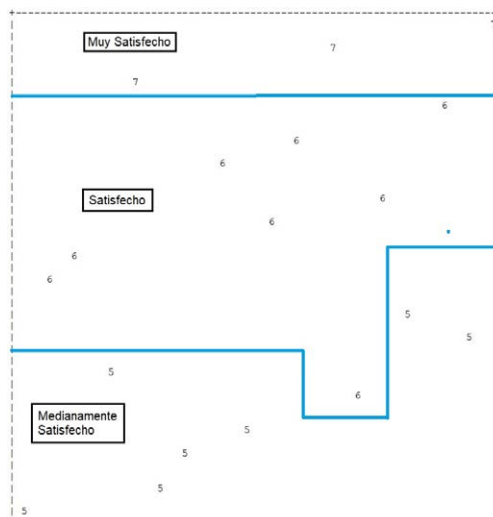


Figura 8.85: Valoración del grupo 1 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.

comunicaciones II a las Competencias en Lectura crítica en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (10) Aporte del espacio comunicaciones II a las Competencias en Lengua Extranjera (inglés) en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática, (21) Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica, (22) Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa y (1) Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones.

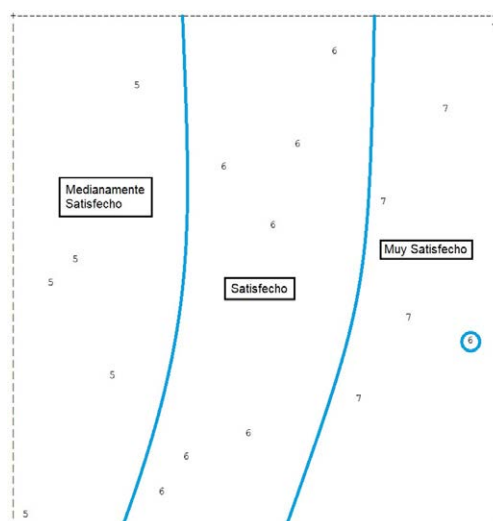


Figura 8.86: Valoración del grupo 3 en el escalograma de dos dimensiones en POSAC para Satisfacción en la fase final.

Por último, la figura 8.87 muestra el mapa de valoraciones del grupo 4. De esta gráfica es po-

		IMPORTANCIA vs SATURACIÓN - ASPECTOS INDAGADOS (FASE INICIAL)																								
		I. Vs. S1	I. Vs. S2	I. Vs. S3	I. Vs. S4	I. Vs. S5	I. Vs. S6	I. Vs. S7	I. Vs. S8	I. Vs. S9	I. Vs. S10	I. Vs. S11	I. Vs. S12	I. Vs. S13	I. Vs. S14	I. Vs. S15	I. Vs. S16	I. Vs. S17	I. Vs. S18	I. Vs. S19	I. Vs. S20	I. Vs. S21	I. Vs. S22	I. Vs. S23	I. Vs. S24	
ESTUDIANTES	1	3	1	0	-4	-3	-1	-1	-2	0	1	2	2	-2	-2	-2	-1	0	1	1	1	4	1	1	1	
	2	1	1	0	1	1	0	-1	-1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	-1	0	1	1	
	3	0	0	-1	-2	-1	1	0	-1	-1	0	-1	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	2	1	0	0	
	4	1	1	1	-1	0	0	0	1	-1	0	0	-1	1	1	0	0	0	-1	-1	1	-1	0	3	3	
	5	2	2	1	0	-1	-2	0	1	0	0	-1	1	1	1	2	0	0	-1	0	-2	2	1	1	1	
	6	1	1	0	0	1	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
	7	1	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	
	8	1	1	1	1	1	1	4	3	1	1	2	2	1	3	2	2	1	1	1	1	0	2	3	2	2
	9	1	2	0	1	1	0	2	0	1	1	0	0	1	0	-1	1	1	1	1	1	1	2	4	4	2
	10	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	-1	0	0
	11	3	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	
	12	2	2	1	-1	-1	0	0	0	1	0	0	-1	0	-1	0	0	1	0	2	0	3	2	2	3	

Figura 8.88: Diferencia entre la valoración de Importancia en relación con Satisfacción para la fase final.

En la figura 8.88 los valores en degradé de tono rojo hacen referencia a un valor positivo. Esto solo es posible si la Importancia tiene una valoración mayor a Satisfacción. Por ende, emphel estudiante manifiesta que los aspectos son Importantes en la FMATI, pero, se sentirá menos Satisfecho con lo que está recibiendo. Este caso no es representativo en la imagen, solo los aspectos 1, 21, 22 y 23 tienen esas tonalidades.

Los valores resaltados en tonalidad amarilla tienen asociado el valor de cero. Esto nos indica que en la diferencia el estudiante manifiesta igual grado en relación de la Importancia y la Satisfacción. En la figura 8.88 esta es la tonalidad más presente, por ello es posible afirmar que luego de aplicar la UD los estudiantes han cambiado su percepción sobre los aspectos que vinculan la FMA-TI, desde el espacio académico de comunicaciones II. Con ello se puede apreciar que la valoración entre Importancia y Satisfacción presentada por los participantes, para todos los aspectos, es cercana. Finalmente, los valores en verde asocian resultados negativos. Esto sucede porque el estudiante se siente más satisfecho en relación con lo que considera en Importancia. A pesar de esto, es una tonalidad menos presente en el gráfico de calor. Por ello, no es una condición generalizada, así que, se trata de casos particulares sobre los que no es posible hacer inferencias.

Es posible complementar este resultado con un análisis descriptivo con un gráfico de cajas entre la diferencia de la Importancia y la Satisfacción. El resultado se muestra en la la figura 8.89. Para ampliar, en la parte izquierda de la figura se puede apreciar que la mínima valoración que se obtiene luego de hacer la diferencia entre *Importancia* y *Satisfacción* es -1. La máxima valoración en esta diferencia es 2. La media de las valoraciones de este participante en la diferencia se encuentra cercano a 0.4. El 50 % de las diferencias se ubican entre los valores de 0 y 1. Este mismo análisis se realizó con cada uno de los participantes en la gráfica.

En esta mirada general se realizó un gráfico de calor con las diferencias entre el promedio de cada uno de los aspectos del comportamiento de la Importancia vs la Satisfacción. Para establecer el grado de calor se adoptó el mismo criterio de la gráfica 8.89. El resultado se aprecia en la figura 8.90. En esta se puede apreciar que la mayoría de los aspectos se encuentran equilibrados entre la Importancia y la Satisfacción, situación contraria a la observada antes de la implementación de la

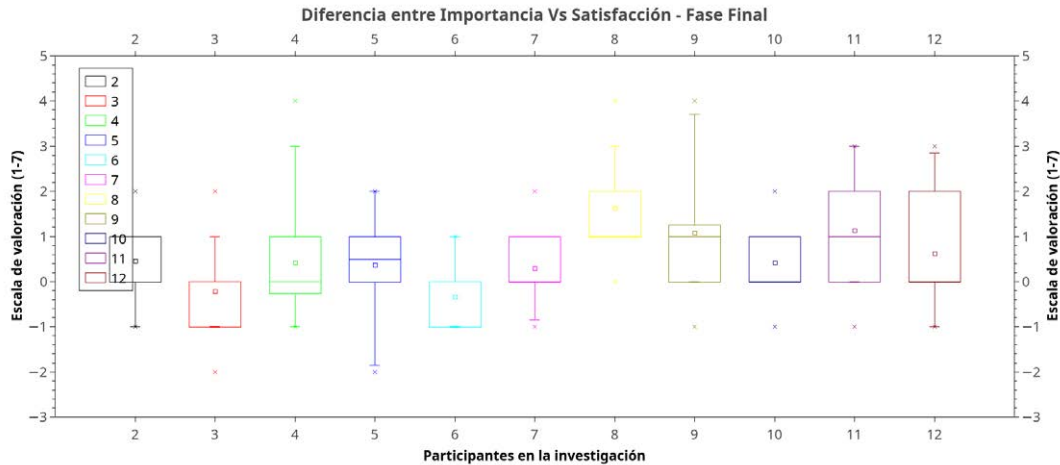


Figura 8.89: Datos de carácter descriptivo en la diferencia entre Importancia y Satisfacción.

UD. Los aspectos 1 (Papel del laboratorio en el área de telecomunicaciones), 2 (Papel del laboratorio en la relación ciencia y tecnología), 21 (Diversidad de equipos de laboratorio para la enseñanza de telecomunicaciones en el programa de Licenciatura en Electrónica), 22 (Diversidad de equipos de laboratorio en los colegios en los que realiza la práctica educativa), 23 (Equipos de laboratorio análogos en la construcción de un concepto) y 24 (Equipos de laboratorio digitales en la construcción de un concepto) son los menos satisfechos. Por ende, se puede afirmar que los estudiantes se encuentran menos satisfechos con los aspectos relacionados con la actividad de laboratorio en la FMATI.

		IMPORTANCIA Vs SATURACIÓN - ASPECTOS INDAGADOS (FASE INICIAL)																							
EST.		Vs. S1	Vs. S2	Vs. S3	Vs. S4	Vs. S5	Vs. S6	Vs. S7	Vs. S8	Vs. S9	Vs. S10	Vs. S11	Vs. S12	Vs. S13	Vs. S14	Vs. S15	Vs. S16	Vs. S17	Vs. S18	Vs. S19	Vs. S20	Vs. S21	Vs. S22	Vs. S23	Vs. S24
		1,8	1,0	0,3	-0,3	-0,1	0,2	0,3	-0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	1,3	1,2	1,4	1,4

Figura 8.90: Diferencia entre el promedio de la valoración de Importancia en relación con el promedio de la valoración para Satisfacción para la fase final.

En cuanto a la respuesta global, “En general, ¿qué tan importante considera el uso de instrumentos científicos en la Formación de Maestros para el Área de Tecnología e Informática?”, la figura 8.91 nos indica que el valor mínimo obtenido es 4 y el valor máximo es 5. Es importante señalar que la escala de valoración para esta pregunta es de 1 a 5, siendo 1 (muy poco importante) y 5 (muy importante). En ese orden de ideas, la media de la muestra es aproximadamente 4.7. Por esta razón, al ser este valor más cercano a 5, se puede afirmar que los estudiantes consideran *muy importante* el uso de instrumentos científicos en la FMATI.

Si revisamos los resultados que se obtienen de la segunda prueba específica es importante indicar que, como valoración todos los estudiantes entregaron el desarrollo del examen y lo aprobaron. Esto es resultado de conocer el proceso que se requiere en el diseño de un instrumento y aplicar las

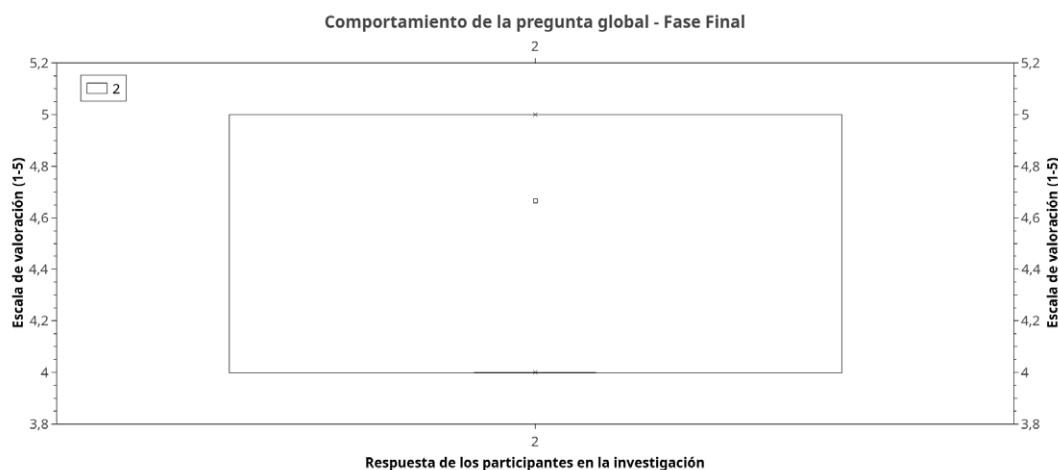


Figura 8.91: Promedio de las respuestas a la pregunta global para la segunda fase.

habilidades matemáticas en el desarrollo. Además, el profundo conocimiento de lo realizado que le otorga la capacidad de adaptar su diseño a nuevos problemas. En los puntos relacionados con procesos de codificación fue posible evidenciar que el estudiante comprendió los temas desarrollados y como evidencia, logró plasmar el reto en un algoritmo que resuelve el desafío. En la totalidad de los casos se respondió a los retos. Es de destacar que en el desarrollo de la prueba se presentaron respuestas alternas a las propuestas en la sesión de clases para codificar, una acción que muestra el compromiso y comprensión con los temas desarrollados.

Culminado todo el proceso de análisis cuantitativo para la fase inicial y final es relevante indicar, que los resultados obtenidos fueron presentados al maestro Hugo Marín Sanabria para que realizara una revisión de la información. Al maestro se le compartió un archivo con la toda la información compilada en HUDAP, específicamente, las matrices de alimentación y salida. Le fue solicitado, como conocedor en el uso del software, que realizara una revisión de lo encontrado. En particular, se le solicitó que tuviera especial atención en los procesos de agrupación de las variables. Luego que el maestro realizó la revisión se concertó una reunión para discutir los hallazgos. Producto de esta reunión se encontró que hubo consenso en la forma en la que se obtuvieron los resultados y la forma en la que fueron presentados. Posteriormente, se realizó esta actividad con el Dr. William Mora Penagos. En consecuencia, se encontró acertado el procedimiento y la aplicación de los criterios de agrupación de los aspectos. Con el resultado de estas reuniones se han verificado los hallazgos y con ello, se muestra cumplimiento al criterio de *credibilidad* de la información suministrada. Asimismo, este proceso demuestra un *alto nivel de saturación* producto de analizar información desde diferentes alternativas de evaluación. Para ello fue útil el análisis descriptivo y correlacional y el uso de diferente software especializado para tal fin. Con esto, se da cumplimiento al principio de *transferibilidad* en los criterios de rigor y calidad de la investigación.

8.4. Inferencias del proceso de análisis de datos

En este análisis de los datos obtenidos de los instrumentos durante el proceso de implementación de la UD, se ha propuesto una estrategia de análisis que profundiza sobre el objeto de estudio y, asimismo, brinda una mirada abarcadora sobre el fenómeno. Esta estrategia desarrollada apuntó a hacer un análisis en varias vías, permitió una construcción teórica enriquecida desde diferentes puntos de vista. Asimismo, se buscó que el análisis aportara información desde dos instantes diferentes en la investigación. Es por ello, que el análisis estuvo dividido en dos fases. Una fase inicial que se caracteriza por obtener información sin aplicar la UD, en otras palabras, se considera exploratoria y, una fase final luego de aplicar la UD, que recoge el aporte de la UD al estudio del fenómeno. En síntesis, se realizó un estudio del antes y después de aplicar la UD. Esto es posible verlo desde la figura 8.2.

En esta construcción teórica, inicialmente exploratoria, es posible afirmar que los estudiantes poseen las condiciones mínimas para enfrentar el reto de diseñar y construir un instrumento científico para la generación y detección de ondas de radio frecuencia (P16:4). Sin embargo, sugieren la necesidad de trabajar más con circuitos de alta frecuencia. Esta es una situación importante porque los estudiantes tienen los conocimientos sobre el diseño y el comportamiento de los circuitos a baja frecuencia, pero es un reto para ellos trabajar a altas frecuencias porque nunca lo han hecho. Además, consideran interesante el resolver el problema, ya que en el desarrollo podrán vincular otros conocimientos que tienen de espacios académicos previos (P16:5).

Por consiguiente, los estudiantes consideran enriquecedor vincular la teoría y la práctica por medio del proyecto. Además, la estrategia se puede extender a otras áreas de trabajo en el programa. En especial, es bien valorado el trabajo por proyectos, porque sienten que el tema de la nota a obtener puede tener una percepción diferente (P16:7), es decir, habrá más motivación para trabajar y en la respuesta al reto el estudiante aprenderá y mostrará sus capacidades sin sentirse presionado a responder un examen en particular. Los estudiantes perciben que esta actividad de aprender desarrollando proyectos puede ser llevada a la educación básica y media, lugares en los que realizan su práctica educativa (P17:1).

En este orden de ideas, el trabajar por proyectos fortalece el trabajo en equipo, la organización, el respeto, el reconocimiento del potencial de los miembros del equipo, y el favorecer la discusión que conduzca a resolver el reto (P17:3). Por esta razón, consideran que es primordial tener buenos canales de comunicación y liderazgo. En relación a este último punto, para el trabajo en equipo los estudiantes consideran necesario tener la habilidad de comprometerse con la labor a desarrollar, supervisar el desarrollo del trabajo, tener iniciativa, adaptabilidad, comprensión, organización, motivación, dominio matemático, la capacidad de no perder el rumbo, participar con alternativas de solución, conocer los ritmos de trabajo, la identificación de los problemas que surgen o podrían

surgir, pero ante todo, *trabajar en equipo*. Empero, es primordial desarrollar la capacidad de liderazgo en todos los miembros del grupo, es decir “un líder debe ser un formador de líderes, debe estar en la capacidad de aprender” (P17:6, P17:5). También es considerado importante apoyarse de las herramientas TIC, aun cuando en esta etapa son vistas como aporte a la indagación de información conducente a resolver el reto (P19:7). Esta actividad demuestra que el estudiante se acercó al conocimiento como consecuencia de las relaciones sociales, de conocimiento, de su experiencia interna y otras situaciones mencionadas en el desarrollo del proyecto, que conducen a hablar de una construcción de conocimiento constructivista (Carretero, 2005; Gil, 1983; Gil et al., 2002b; Larrosa, 2003; Moreno y Waldegg, 1998; Pozo, 1999).

Por esta razón, los estudiantes consideran que los equipos de laboratorio y espacios de laboratorio para el desarrollo de las actividades son primordiales para obtener buenos resultados. En cuanto a las competencias genéricas y específicas, ellos participan que éstas son potenciadas desde la práctica educativa, no obstante, exponen que “la teoría dista de la práctica en la actividad de práctica educativa”(P19:6). Sobre el trabajo en el AT&I, los estudiantes se conectan con la actividad de diseñar, construir y evaluar artefactos (Carvajal, 2013; Jones et al., 2013; Williams, 2013). Por esta razón el problema sugerido se conecta con la actividad de la tecnología (P19:8).

Vincular la ciencia a la educación en tecnología es percibido como innovador y motivador. En especial, la actividad de laboratorio con el equipo de física fue muy motivador para ellos. Observar el comportamiento de las ondas de radiofrecuencia en el osciloscopio fue una actividad nueva en su trabajo. Por esto, resultó motivador en el desarrollo del problema (P65:1; 84:1; P92:1). Esto en vista que lo usual en la enseñanza del fenómeno natural es que se lleva al aula de clases el final, pero el estudiante no entendió el proceso (P14:7). Por esto, le dan un valor agregado al papel de la historia en el desarrollo del fenómeno y a buscar relacionar la ciencia con la tecnología. En consecuencia, promover este vínculo implica modificar los currículos que usualmente se diseñan para la educación básica y media.

En la primera fase de la investigación fue muy notorio la falta de formación en escritura (P100:9). Por el contrario, fue evidente la capacidad matemática que tienen los estudiantes, manifiesta en la habilidad para modelar, hacer cálculos y simular (P106:15; P107:12; P108:12). Además, la capacidad para trabajar en equipo, para colaborar entre equipos y consultar diferentes fuentes de información, entre ellas, consultar maestros para que respondan a dudas particulares (P108:1).

Estas fueron las expresiones de los estudiantes antes y en el desarrollo del diseño y construcción del instrumento científico. A pesar de que los resultados favorezcan el desarrollo de la propuesta se hace necesario indagar como se sienten respecto a la FMATI desde el programa de Licenciatura en Electrónica, el área de comunicaciones, el espacio académico de comunicaciones II, los equipos de laboratorio y la actividad de laboratorio propiamente dicha. De manera que, partiendo de las obser-

vaciones hechas en el análisis cuantitativo, sobre la importancia que tiene el diseño, construcción y uso de instrumentos científicos en la FMATI, WSSA1 nos mostró que de los 24 aspectos indagados 16 de ellos son los que más se correlacionan y son concernientes al tema de competencias, en especial, los aspectos que se conectan con la actividad docente. *Es importante destacar es este caso los aspectos que se vinculan con el uso de TIC, las competencias en comunicación escrita y lengua extranjera, la lectura crítica, la evaluación, la simulación, el diseño de instrumentos, su construcción y la importancia de los elementos de laboratorio.* Sobre este último punto, el análisis conformó una segunda categoría de correlación, así denominada, seguido de la formación en tecnología. Esto se puede apreciar en la figura 8.16 y 8.20. De lo expuesto es posible afirmar que los estudiantes consideran que la estrategia de diseñar, construir y usar instrumentos científicos, actividad ligada a la naturaleza de la tecnología (Carvajal, 2013), *aporta significativamente a la formación de competencias generales y específicas*, razón de la correlación de los aspectos.

En esta afirmación es importante señalar que aspectos como el papel del laboratorio en la Licenciatura en Electrónica y en la formación de maestros, el aprender resolviendo problemas, el trabajo en equipo, los procesos de simulación que faciliten conectar la teoría y la práctica, trabajar con lecturas en segunda lengua, que la lectura tenga el carácter de crítico en el aula de clases, promover nuevos escenarios de evaluación, así como disponer de equipos de laboratorio en la universidad y en los colegios, aunado al diseño y construcción de artefactos, *favorecen el diseño de currículos para el AT&I y, por ende, en la FMATI.* Es importante indicar que la actividad de laboratorio ha sido muy valorada por los estudiantes, sin embargo, se ha hecho evidente la ausencia de laboratorios y equipos en la universidad y en los colegios en los que ellos realizan su práctica educativa. Esta es una fuerte limitación para los procesos de enseñanza - aprendizaje de la EDUTECH y la EDUCIENCIA (Priem et al., 2011; Williams et al., 2000). Como soporte de estas afirmaciones se citan las figuras 8.24, 8.25, 8.26, 8.27 y 8.28.

Sin embargo, en este análisis de carácter abarcador, a pesar que los estudiantes valoren como muy importante estos aspectos, *se sienten menos satisfechos con lo que han obtenido.* En particular, se sienten moderadamente satisfechos con los equipos de laboratorio disponibles, la calidad de los mismos, la actividad de laboratorio en la formación de maestros, con el uso de TIC, con las orientaciones para diseñar currículos para el AT&I, con la formación en competencias ciudadanas, las estrategias de evaluación que siguen en el proceso de enseñanza - aprendizaje, las actividades para fortalecer la segunda lengua y especialmente, la construcción de instrumentos, en vista que gran parte del trabajo realizado se enfoca al diseño, pero deja de lado este factor relevante para los estudiantes. Esto se puede apreciar en la figura 8.32 y 8.39. Dicho de otra forma, los estudiantes manifiestan que es *importante* vincular la actividad de laboratorio al aula de clase, así como disponer de equipo necesario para adelantar esta actividad. Además, brindar más espacios para llevar los diseños a la práctica y ofrecer alternativas de evaluación. Esto conducirá a desarrollar habilidades y formar competencias necesarias para enseñar, evaluar y formar en el AT&I. Sin embargo, los estu-

diantes no se encuentran complacidos con lo que el programa les ha brindado, en palabras de ellos se sienten “moderadamente satisfechos”. Esto se puede apreciar en la figura 8.44, 8.45 y 8.47. Esta inferencia nos permite afirmar que un análisis de correlaciones, como el que se realizó empleando el software de HUDAP, aporta información valiosa en el caso de la medición o identificación de competencias (Theyßen et al., 2014).

En esta primera fase de análisis (abarcador) es importante mencionar el valor que dan los estudiantes a la actividad de simulación, al aprender resolviendo problemas y en especial, a diseñar y construir artefactos. Esta afirmación se conecta con lo que se identificó en el análisis a profundidad de la primera etapa, específicamente, desde lo observado en el análisis cualitativo.

Asimismo, es relevante mencionar que los estudiantes manifiestan que los aspectos de la FMA-TI indagados son importantes, sin embargo, se sienten menos satisfechos con lo recibido al evaluar los mismos aspectos. Esto se evidenció antes de la implementación de la UD. Esto se puede observar en las figuras 8.44, 8.45 y 8.46.

En esta segunda fase de análisis, implementada la UD, fue muy importante encontrar como las categorías de *ciencia, competencias (enseñanza, evaluación y formación), conocimiento, integración de contenidos, laboratorio, razonamiento matemático, solución de problemas, tecnología, técnica y TIC*, se encontraron fuertemente vinculadas. Esto se puede ver en la figura 8.1. Esa fuerte conexión dio lugar a definir las categorías nodales de competencias, solución de problemas y conocimiento. Este hallazgo es relevante en vista que las categorías vinculadas a estas categorías se relacionan directamente con el diseño y construcción del instrumento científico, la actividad de laboratorio, los esfuerzos que hicieron los estudiantes para resolver el reto, las habilidades que emplearon para desarrollar sus ideas, así como la formación de competencias, que los estudiantes priorizan como necesarias, en la FMATI. En este punto es importante resaltar que una de las mayores dificultades que trae vincular la ciencia, la tecnología y procesos de ingeniería, es la matemática (Corlu et al., 2014). Sin embargo, *como se ha podido observar en esta investigación, el razonamiento matemático ha sido un elemento positivamente destacado*. Los estudiantes han manifestado sentirse familiarizados con su uso y aplicación, además, de ser vital en el proceso de diseño.

En este orden de ideas, desde el espacio académico de comunicaciones II los estudiantes han dado un fuerte valor a la actividad de laboratorio en la FMATI, pues para ellos, ésta favorece la comprensión de los temas en desarrollo. Sin embargo, no es así para otros espacios del programa de Licenciatura en Electrónica (125:3). En particular, algunas áreas realizan diseños basados en teoría y simulaciones, pero hace falta el trabajo práctico, y en especial, el trabajo en alta frecuencia (125:2). Asimismo, es necesario traer y conectar la historia en la educación en tecnología, un aspecto que no habían vivenciado los estudiantes y que fue presentado en el desarrollo de la UD. También fue destacado el uso del analizador de espectros, equipo de laboratorio especializado que

conecta la matemática de Fourier con el análisis de señales, en el desarrollo del proyecto. Esta actividad es considerada innovadora para los estudiantes, porque permitió vincular las matemáticas en la solución de un proyecto. En otras palabras, el equipo es útil para conectar la teoría con la práctica. Además, los estudiantes consideran que vincular la UD a la enseñanza de las telecomunicaciones específicamente, trabajar con el fenómeno de generación y detección de ondas de radio frecuencia y el diseño y construcción del instrumento científico, logró *favorecer el trabajo en equipo, la autoformación y la relación teoría-práctica* (125:4; 125:5). Esta situación fue descrita por Mohan et al. (2010) con relación a que las habilidades de enseñanza son muy útiles en campos relacionados con la ingeniería. En adición, el trabajar con el fenómeno motivó a los estudiantes a explorar otros fenómenos e interesarse en profundizar en el que venían trabajando (125:9).

Es así como el desarrollo de la UD se convirtió en un reto para los estudiantes. Ellos perciben que el trabajo teórico dista de la actividad práctica, en especial porque vienen acostumbrados a realizar diseños basados en teoría y simulación, pero no son llevados a la práctica. Es por ello que los estudiantes consideran que el responder al reto implica *poder ver que los resultados son diferentes, es importante y ayuda a construir un conocimiento diferente*. En esta actividad de dar respuesta al problema emergió el trabajo en equipo, una labor que es constantemente referenciada y bien valorada por los participantes de la investigación. Asimismo, la UD les mostró alternativas de evaluación que les aportó a ver las dificultades de una forma diferente y enfrentar los retos recurriendo a ver la teoría y la práctica de otra forma (125:8).

La evaluación del curso, y con ello vincular la UD en el programa, fue percibido como muy positivo por los estudiantes, en especial, manifestaron que el curso de Comunicaciones II superó ampliamente sus expectativas. Para ellos, el desarrollar el proyecto en el curso fue muy importante, incluso “emocionante”, aun cuando fue un cambio drástico en relación con lo que venían realizando de otros espacios académicos (126:2). Esto incluso cuando se tuvo dificultades para acceder a los equipos y espacio de laboratorio por las protestas que dieron lugar mientras se desarrolló la investigación (126:3). Además de esta situación, fue considerado una dificultad el trabajar con materiales de bajo costo, especialmente en lo relacionado con los componentes de transistores, bobinas y condensadores. Sin embargo, nuevamente emerge como positivo el trabajo en equipo, entre los diferentes equipos conformados compartieron, no solo información, también lo hicieron con los componentes. Por esta razón, los estudiantes consideran que *se potenció el trabajo en equipo y habilidades relacionadas con el diseño, el trabajo técnico, el aspecto gráfico, la lógica - matemática y la programación* (126:5).

El trabajo desarrollado aportó alternativas para la enseñanza de la tecnología a los estudiantes, nuevas formas de organizar una actividad escolar y ver la posibilidad de extender la experiencia a otras áreas en la universidad. Además, *se potenció el razonamiento cuantitativo – lógico, así como, comprender algunos textos en inglés que aportaron al desarrollo del proyecto, el saber cómo*

comportarse con las personas, con un estudiante, cómo evaluar, y especialmente, “tener en cuenta el proceso, la formación y la enseñanza”. En ese orden de ideas, “Cómo ver al maestro como un guía al que se puede aprender y superar” y cómo autoformarse. Es así como los estudiantes están en capacidad de comprender y transformar didácticamente en algo enseñable lo que no se limita al fenómeno electromagnético únicamente (Bolívar, 2011; Salas-Rueda, 2018). Por otro lado, el vínculo de las TIC en el desarrollo del problema también ha sido percibido como positivo, pues estas herramientas han favorecido la comunicación en el grupo y aportados resultados que apuntan a resolver un reto en un contexto real (127:1). Empero, la simulación es solo una parte del proceso. Los estudiantes resaltan frecuentemente la importancia de la actividad de laboratorio y experimental, en especial, para ser desarrolladas en la EDUTECH. Es por ello por lo que ellos proponen una fuerte relación del espacio de laboratorio con los equipos necesarios para adelantar esta actividad, equipos de los que no hay diversidad y menos cantidad en la universidad y en los colegios.

Desde el diseño del instrumento científico los estudiantes consideran que *se requiere el “dominar los conceptos matemáticos, diseño de dispositivos electrónicos, programación”, así como conocer el contexto (113:1). Además, razonamiento lógico, integración de contenidos en ciencia y tecnología (116:1) que favorecen el desarrollo de conocimientos y habilidades cruciales para tomar decisiones (Sjøberg, 2002), conocimientos en análisis de circuitos, diseño electrónico, comunicaciones, habilidades técnicas (“saber hacer”), una afirmación que se conecta con lo que Jones et al. (2013) plantean de la tecnología como conocimiento. Además, se necesita seleccionar componentes adecuados (experiencia) (114:4; 115:1), simulación (118:1), buena comunicación con el grupo de trabajo (119:1) y plantear alternativas de solución acorde con el problema (124:1). Es relevante señalar el valor agregado que han dado los estudiantes a los procesos de simulación y uso de herramientas TIC en el proceso.* Esta actividad les permitió realizar un modelo de su proyecto y mejorar este modelo de acuerdo con el avance en las dificultades que se les presentaron. Esto es considerado por Justi y Gilbert (2002); Ramírez y Mora (2015) y Rivera-Pinzón et al. (2018) como una competencia.

Los estudiantes consideran que en el espacio académico de comunicaciones II se fortalecieron las habilidades de comunicación y conocimiento sobre los temas que se desarrollaron y aquellos vinculados al desarrollo del instrumento científico. Asimismo, se fortaleció el conocimiento sobre el funcionamiento de algunos componentes (113-2). Sin embargo, se resalta que el curso favoreció la relación de la teoría – práctica en la construcción de instrumentos científicos para llevarlos al aula de tecnología (114:3; 121:6; 114:15) (Roith, 2006), habilidades técnicas de diseño y construcción de artefactos (Gilbert, 1992; Martínez y Suarez, 2008; Ramírez y Mora, 2019; Williams, 2013), metodología de diseño, la comprensión de teoría sobre el instrumento, el trabajo en equipo, la capacidad de indagar y formular alternativas de solución (113-3), la posibilidad de construir nuevo material didáctico para la enseñanza (114:6; 121:5), realizar búsqueda de información, relacionar “no solo matemáticamente sino históricamente integrando componentes teóricos y prácticos”

(116:2), la solución de problemas (119:3), la experiencia – práctica adquirida en relación con la técnica (121:3) y trabajar con responsabilidad, autonomía, liderazgo y trabajo en equipo (119:2).

Al comparar información de las diferentes fuentes fue evidente que los estudiantes conocieron a profundidad el instrumento construido. En particular, se observó la capacidad que tienen los estudiantes para aplicar el razonamiento lógico y matemático en la respuesta a un reto, ya fuera el desarrollo del instrumento científico (131:2; 132:5-8; 133:3-5; 134:1; 135:5; 136:2; 137:3; 138:3) o dar respuesta a las preguntas que se formulaban en la prueba específica (131:3; 134:2; 135-3; 136:3; 137:2; 138:2). Es destacable que todos los equipos dieron respuesta al problema presentado (147:4; 152:1; 153:1; 156:1; 149:5; 152:2), una muestra de compromiso con el curso y con su propio aprendizaje. Debido a lo cual, la estrategia de diseño, construcción y uso de un instrumento científico conllevó a que el estudiante aprendiera al enfrentarse a resolver el problema, una actividad propia del aprendizaje basado en problemas o PBL que como fue citado, es propicio para la enseñanza de la tecnología (Gilbert et al., 2000; Mitchell et al., 2010; Pešaković et al., 2014; Ritz y Fan, 2015; Shumba et al., 2016; Williams et al., 2000). Estas fueron las expresiones de los estudiantes durante la fase final de la investigación, en especial, todas las sensaciones vivenciadas antes de sustentar los resultados de su proyecto. Con todo ello, es importante explorar en un nivel amplio, las percepciones del estudiante en relación con la FMATI desde la importancia y satisfacción de aspectos específicos y vinculados con la intención de indagación.

Culminado el proceso de aplicar la UD, en el análisis abarcador se encontró que los estudiantes volcaron su atención sobre aspectos vinculados al laboratorio. En ese orden de ideas, los estudiantes dan especial atención al papel del laboratorio en la formación para el AT&I, a la capacidad para identificar necesidades, en especial ligadas al laboratorio y nuevamente, al disponer de equipos de laboratorio. Asimismo, los estudiantes consideran que existe un aporte significativo desde el curso de comunicaciones II al diseño de currículos para la formación de maestros para el AT&I, a la formación de competencias en lectura crítica, competencias ciudadanas, comunicación escrita, en segunda lengua, razonamiento cuantitativo, enseñanza, evaluación y a la formación. En particular, manifiestan que es importante vincular la ciencia en los procesos de formación, una afirmación que da sentido a la investigación y que fue citada en Davies y Gilbert (2003); Gilbert (1992); Gilbert et al. (2000); Gilbert y Stocklmayer (2001); Laut et al. (2015) y Ramírez y Mora (2018). Además, a aprender resolviendo problemas, a diseñar y construir instrumentos y el trabajo en equipo, aspecto que es resaltado constantemente en todo el proceso de análisis (MEN, 2008). Esta afirmación se enmarca dentro de las tendencias enunciadas por Williams (2016) para la EDUTECH y en especial de los temas cubiertos por las revistas durante el periodo (2006-2013). En otras palabras, *el espacio académico de comunicaciones II es importante porque aporta al desarrollo de aspectos vinculados con la formación docente*. Esto se puede apreciar en la figura 8.61 y 8.65. De lo expuesto es posible afirmar que *los estudiantes consideran que la estrategia de diseñar, construir y usar instrumentos científicos es importante porque aporta a la formación de competencias para la formación de*

maestros para el AT&I. Esto se conecta con la mirada de competencias expuesta por Wiek et al. (2011).

En este sentido, los estudiantes valoraron como muy importantes los aspectos ligados al laboratorio y la actividad práctica. En especial se ha destacado el diseño y construcción de instrumentos, el aprender resolviendo problemas, el trabajo en equipo y la capacidad de identificar necesidades, en especial las ligadas a los laboratorios. Sobre este punto se ha destacado el papel del laboratorio en la formación y el contar con diversidad de equipos de laboratorio en la universidad y en las instituciones. Esta labor va de la mano con el fortalecimiento de las competencias en enseñanza, evaluación, formación, escritas y en especial, de razonamiento cuantitativo. De igual modo ha sido destacado en este espacio el vincular la ciencia en la enseñanza de las telecomunicaciones. En este punto, los estudiantes consideran importante el trabajo hecho en comunicaciones II, especialmente el aporte al diseño de currículos y al uso de TIC en la formación de maestros para el AT&I, una afirmación que se conecta con la propuesta curricular de integración o conexión con diferentes áreas de Williams et al. (2000). Además, con lo analizado en la investigación es posible vincular los resultados con el componente comportamental y sus competencias para el AT&I dispuestas por el MEN (2014). Los resultados que soportan las afirmaciones se pueden apreciar en la figura 8.68, 8.69, 8.70, 8.71 y 8.72.

Observando las valoraciones sobre lo complacidos que se encuentran los estudiantes con los aspectos señalados, es notorio señalar que ellos manifiestan sentirse satisfechos con la formación recibida desde el espacio de comunicaciones II porque ésta les ha permitido fortalecer las competencias en segunda lengua, formación, comunicación escrita, lectura crítica, enseñanza y competencias ciudadanas. Además, aportó alternativas para el diseño de currículos para el AT&I, en el uso de TIC y simulación, aspectos que como se evidenció dotan al estudiante de competencias, especialmente ligadas al modelamiento (Justi y Gilbert, 2002; Ramírez y Mora, 2015; Rivera-Pinzón et al., 2018; Somerville et al., 2008). También es resaltado el hecho de vincular la ciencia en la enseñanza de las telecomunicaciones. Por este motivo, otra categoría que emergió en el trabajo fue el papel del laboratorio en la FMATI. Los estudiantes valoran mucho el disponer de equipos de laboratorio en la universidad y en los colegios y usarlo en el desarrollo de los espacios académicos. Es así como el diseño y construcción de instrumentos se conecta en la actividad de laboratorio. Esto fortalece el trabajo en equipo, aspecto señalado continuamente por los estudiantes. Esto se puede apreciar en la figura 8.76 y 8.80.

Como se ha indicado, los estudiantes han valorado más la importancia de la mayoría de aspectos en relación con lo complacidos que se sienten sobre éstos. En particular, los estudiantes manifiestan estar poco satisfechos con aspectos vinculados a la actividad de laboratorio, especialmente con el número de equipos de laboratorio, y la diversidad de estos, en la universidad y en los colegios. Así mismo, el papel que juega el laboratorio en la enseñanza de las telecomunicaciones. Por el contra-

rio, manifiestan sentirse satisfechos con el papel del laboratorio en el espacio de comunicaciones II, el aporte de este espacio académico al diseño de currículos para el AT&I, al fortalecimiento de las competencias ciudadanas, de enseñanza, de evaluación y de razonamiento cuantitativo. Una categoría por destacar en este proceso de análisis, luego de implementar la UD, es la satisfacción que brindó a los estudiantes la actividad de diseño y construcción de instrumentos. Esta actividad les permitió fortalecer el trabajo en equipo, el aprender resolviendo problemas y la capacidad para identificar necesidades. El vincular la actividad de laboratorio al desarrollo del proyecto desde el diseño, construcción y uso del instrumento científico, dotó a los estudiantes de experiencias que le facilitaron resolver problemas. Es importante mencionar que estas experiencias no se resuelven con procesos de simulación, en cambio, los estudiantes si se apoyan en estos procesos para mejorar el proceso práctico (Cagiltay et al., 2011; Couto y Romão, 2009; de Pro Bueno, 1998; Kaçar y Bayılmış, 2013; Laut et al., 2015; Linn, 2012; Malagón et al., 2013; Martínez, 1995; Nikolic, 2014; Sánchez y Valcárcel, 1993). Estas afirmaciones se pueden soportar en las figuras 8.82, 8.84, 8.85, 8.86 y 8.87.

Aun cuando los cuestionarios fueron elaborados siguiendo cinco categorías, las de SLEI y competencias, en el resultado del análisis se observó que las categorías del análisis correlacional guardan relación con las categorías axiales y nodales del análisis cualitativo. En particular, las categorías de *Laboratorio y competencias para la FMATI*. Esto evidencia el seguimiento en la organización epistemológica para el análisis de los datos propuesta.

Fue evidente un cambio en la valoración entre Importancia Y Satisfacción visto desde la primera fase en comparación con la segunda. Para el cúlmine de la segunda fase se puede entrever un mayor equilibrio entre estas valoraciones, por consiguiente, se puede afirmar que la UD motivó un cambio en la percepción de los estudiantes ante los 24 aspectos que vinculan la FMATI, siendo las respuestas más equilibradas entre estos aspectos al finalizar. Además, que los estudiantes manifiestan sentirse menos satisfechos con los aspectos que se relacionan con la actividad de laboratorio. Esto es posible apreciarlo desde las figuras 8.44, 8.45 y 8.46 en relación con las figuras 8.88, 8.89 y 8.90.

Luego de presentar estas inferencias se puede afirmar, *que la implementación de la UD hace evidente la formación de los componentes y competencias propuestos por la Resolución 18583 del 15 de septiembre de 2017 en el programa de Licenciatura en Electrónica, específicamente, en el espacio académico de Comunicaciones II*. En particular, en el componente de fundamentos generales con las competencias comunicativas en español, manejo de lectura, escritura y argumentación, matemáticas y de razonamiento cuantitativo, científicas, ciudadanas, en el uso de las TIC y comunicativas en inglés. Asimismo, en el componente de saberes específicos y disciplinares con la competencia de investigación, innovación y profundización autónomamente en el conocimiento de los fundamentos conceptuales y disciplinares. Nótese que estas competencias también se vinculan con las competencias para el siglo XXI propuestas por Pešaković et al. (2014). De igual forma,

en el componente de pedagogía y ciencias de la educación en la competencia para utilizar los conocimientos pedagógicos y de las ciencias de la educación que permitan crear ambientes para la formación integral y el aprendizaje de los estudiantes. De esta misma forma en el componente de didáctica de las disciplinas con las competencias aprehender y apropiar el contenido disciplinar desde la perspectiva de enseñarlo, como objeto de enseñanza y trabajar a partir de proyectos concretos de formación en el aula. Esta afirmación se conecta con el planteamiento de Sjøberg (2002); Thompson et al. (2013) y Pešaković et al. (2014) en el que la parte vital de un currículo se encuentra en la capacidad de desarrollar procesos.

Es importante mencionar que en el análisis cualitativo y cuantitativo de la información obtenida se mostró dar cumplimiento a los principios de *credibilidad, transferibilidad y dependencia* propios de los criterios de rigor y calidad para el desarrollo de una investigación. Estos criterios fueron adoptados en el desarrollo del estado de arte de la investigación y fueron extendidos a la metodología con la que se abordó esta pesquisa. En consecuencia, *es posible afirmar que la investigación desde su inicio a adoptado criterios de rigor y calidad.*

De esta forma, es igualmente relevante mencionar que esta investigación *trascendió no solo a nivel del espacio académico de comunicaciones II. También lo hizo en el área de comunicaciones y en el programa de Licenciatura en Electrónica.* Sobre esto, motivado por los resultados obtenidos en la investigación, se buscó impactar en el proceso de evaluación para la renovación de la acreditación de alta calidad del programa. Se dialogó con el maestro Hugo Marín, coordinador del programa de Licenciatura quien participó como revisor de los procedimientos para mostrar el criterio de dependencia y por esto, conocedor de los resultados, para ampliar la experiencia de este trabajo en este proceso. Es así como se programó una charla para traer el tema de formación y evaluación por competencias a los maestros de la Licenciatura. Esta actividad estuvo respaldada por el director del Departamento de Tecnología, el Dr. Nilson Genaro Valencia. En esta charla fue posible definir habilidades y competencias que sirvieron de base para que los maestros compararan e identificaran las que en su labor desarrollaban. De modo que, luego de llevar el trabajo realizado a los maestros, se realizaron una serie de actividades que conducen a identificar las habilidades y competencias que se desarrollan en el programa a nivel de cada espacio académico, luego a nivel de cada área y finalmente, a nivel de la Licenciatura en Electrónica. Este trabajo se encuentra en la primera fase, es decir, en la identificación de las habilidades y competencias de cada espacio académico. El trabajo continuará en la segunda fase con el apoyo de la nueva coordinación de programa a cargo de la MSc Carol Ivone Rodríguez. Se pretende que este trabajo ayude a consolidar nuevas estrategias de enseñanza y evaluación en el programa, así como favorecer el vínculo de diversas áreas en el desarrollo de problemas conjuntos, todo ello conducente a mejorar la calidad del programa y con ello ser reconocidos como un programa líder en la FMATI en el país, y por qué no, en el mundo¹⁹.

¹⁹Las evidencias de la charla realizada y algunas de las actividades llevadas a cabo en la primera fase se encuentran

En este punto se puede afirmar que se ha dado cumplimiento al tercer objetivo específico de la investigación, es decir, señalar las competencias docentes que se desprenden del análisis de la implementación de la unidad didáctica teórica – experimental en maestros en formación para el área de Tecnología e Informática, específicamente, los Licenciados en Electrónica que están cursando el área de comunicaciones. A continuación, se presentarán las conclusiones de la investigación, retos y prospectivas.

Capítulo 9

Conclusiones, retos y perspectivas

Esta investigación se originó gracias a la pregunta ¿Cómo las competencias docentes se forman al implementar una unidad didáctica en la que los maestros en formación para el área de Tecnología e Informática se ven involucrados en la construcción de instrumentos científicos? La pregunta dio origen a un objetivo. Para alcanzarlo, éste fue apoyado de tres metas específicas que dieron orden al desarrollo de esta investigación. Las conclusiones presentadas obedecen inicialmente al alcance de estas metas, seguido de otros aspectos a destacar que se presentaron en el proceso. Al culminar, serán presentadas algunas situaciones consideradas limitaciones o retos al desarrollo de la pesquisa y luego, algunas proyecciones de este estudio.

Luego de presentar los aspectos técnicos, de construcción y uso que obedecen al diseño y construcción de un instrumento científico que permita la generación y detección de ondas de radiofrecuencia, es posible afirmar que se dio cumplimiento al primer objetivo específico, *determinar las características para construir un instrumento científico que permita estudiar la generación y detección de ondas de radiofrecuencia al emplear antenas dipolo simple tomando como referencia los estudios de Heinrich Rudolf Hertz sobre el tema en el periodo de 1887 a 1890 con estudiantes del programa de Licenciatura en Electrónica que estén cursando el área de comunicaciones*. Es importante mencionar, que en este proceso, especialmente en el aspecto técnico, fueron presentadas las actividades de diseño que dieron lugar al artefacto. Estas actividades partieron de procesos de modelamiento matemático que permitieron la realización de cálculos para obtener los valores de los diferentes componentes que se emplearían en la fase de construcción. Ubicados en esta fase, fue posible mostrar las dificultades que acompañaron este proceso de llevar el diseño a la práctica. Luego de superar los retos, se consolidó un prototipo que se ajusta a las características definidas. Estos aspectos se vinculan directamente con un proceso tecnológico (Carvajal, 2013). Asimismo, se realizó una relación del instrumento científico construido con el realizado por Hertz en su momento. Evidencia de estos procesos se encuentran en las figuras 6.15, 6.37, 6.40, 6.42, 6.43, 6.44, 6.46, 6.46 y el desarrollo del capítulo VI.

En este orden de ideas, fue presentado el diseño de la Unidad Didáctica. Un diseño que contempló consideraciones de tipo macro, meso y micro-curricular. En particular, el diseño centró la atención en las consideraciones micro-curriculares en vista que sobre ellas se diseñó el Syllabus. La organización de éste tomó como base el planteamiento de Pozuelos (1997). Se desarrollaron los espacios de información general, propósito del espacio académico, capacidades y competencias, objetivo general, metodología, contenido programático, recursos, evaluación y bibliografía sugerida. En consecuencia, se puede afirmar que se dio cumplimiento al segundo objetivo específico de la investigación, *diseñar una unidad didáctica teórico - experimental que involucre la construcción de instrumentos científicos, para ser implementada y evaluada con maestros en formación para el AT&I, específicamente, con estudiantes del programa de Licenciatura en Electrónica que estén cursando el área de comunicaciones*. Evidencia de este proceso se puede encontrar en la figura 7.2, en los cuadros 7.2, 7.3 y 7.4 y en el desarrollo del capítulo VII.

En el marco de las observaciones anteriores fue presentado el análisis de la implementación de la UD. En este análisis se realizó una organización epistemológica para el análisis de los datos. También, fue dividido el análisis en dos fases, la inicial y la final. Esto obedece a observar el fenómeno antes de implementar la UD y después, además, se convierte en una estrategia para favorecer el análisis de los datos. No obstante, es importante indicar que, a pesar de delimitar dos fases no necesariamente los datos recopilados obedecen a dos instantes de tiempo en la aplicación de los instrumentos, como se pudo observar en el análisis presentado. Esto en aras de hacer una observación más homogénea del proceso. En este orden de ideas, en el estudio, cada fase desarrolló un análisis secuencial que inició por lo cualitativo seguido de un análisis cuantitativo, como se muestra en la figura 8.2. Es relevante mencionar que se empleó el software ATLAS TI, SPSS y HUDAP como apoyo en el proceso de análisis. Culminando este proceso se presentaron las inferencias del proceso. Con esta labor se ha dado cumplimiento al tercer objetivo específico de la investigación, *señalar las competencias docentes que se desprenden del análisis de la implementación de la unidad didáctica teórica – experimental en maestros en formación para el AT&I, específicamente, los Licenciados en Electrónica que están cursando el área de comunicaciones*. Evidencia de este proceso se puede encontrar en las figuras 8.4, 8.5, 8.7, 8.16, 8.20, 8.24, 8.25, 8.26, 8.27, 8.28, 8.32, 8.39, 8.44, 8.45, 8.47, 8.1, 8.61, 8.65, 8.68, 8.69, 8.70, 8.71, 8.72, 8.76, 8.80, 8.82, 8.84, 8.85, 8.86, 8.87 y en el desarrollo del capítulo VIII.

Es de resaltar que en el desarrollo de la investigación se realizaron procesos de triangulación para dar cumplimiento a criterios de *credibilidad* en la pesquisa. En este proceso fueron invitados los maestros Carlos Vivas González, Iván Martínez Peña, Hugo Marín Sanabria y William Mora Penagos, además, el Ing. Vladimir Barrero Castro, quienes aportaron con su experiencia al curso de la investigación. También se llevó a cabo fundamentación de los datos, lo que originó buenos niveles de saturación. Esto fue posible gracias a un número significativo de información recopilada (Bowen, 2008; Latorre et al., 2003). En consecuencia, esta actividad aportó elementos al criterio de

transferibilidad. Además, se dejaron pistas en el desarrollo del análisis de los datos lo cual permite que los lectores o evaluadores del estudio puedan dar veracidad de lo que observan en la investigación. Esta actividad aporta elementos al criterio de *dependencia*. Estas acciones están presentes en toda la investigación, especialmente se puede evidenciar en la elaboración del estado de arte, el diseño, construcción y uso del instrumento científico, el diseño de los instrumentos de recopilación de información y el análisis de la implementación de la unidad didáctica. Es evidente entonces que la investigación acogió criterios de calidad y rigor en todo su progreso, criterios que han sido definidos por Guba y Lincoln (Tójar, 2006).

Por otro lado, luego de observar el cumplimiento de los objetivos específicos, es posible afirmar que esta investigación hace un aporte significativo en dos vías. La primera en ciencia y tecnología (CyT). Para ampliar, Taub (2009) afirma que hablar de un instrumento científico no se reduce a hablar del elemento que emplea un científico. El término ha evolucionado y contempla ahora los elementos que hacen parte de la enseñanza de la ciencia. Por lo cual, ante el carácter integrador del instrumento nos faculta, no solo para estudiarlo, sino también para modificarlo. Por consiguiente, *diseñar, construir y evaluar un instrumento científico hace parte de un espacio de la ciencia a la que se hace un aporte, específicamente, a la educación en ciencias (EDUCIENCIAS)*. Además, *la actividad de llevar el diseño a la práctica es un aporte al campo de la tecnología, concretamente, en la educación en tecnología (EDUTECH)*. Este aporte fue contemplado desde el inicio de la investigación, razón por la cual la consulta del estado de arte consideró este factor y se materializó con el estudio de bases de datos secundarias en el campo de ingeniería que permitieran explorar este tema.

En este punto es relevante señalar el reconocido valor que tiene el instrumento en la enseñanza de la ciencia y la tecnología, especialmente, en la actividad experimental, aspecto que ha sido resaltado por (Brenni, 2012; Cagiltay et al., 2011; Casacuberta y Estany, 2011; Consonni y Silva, 2010; Couto y Romão, 2009; Davies y Gilbert, 2003; Ferreirós y Ordoñez, 2002; Frolik, 2007; Gilbert et al., 2000; Gomez-Sacristan et al., 2016; Hacking, 1996; Justi y Gilbert, 2002; Kaçar y Bayılmış, 2013; Laut et al., 2015; Linn, 2012; Lumori y Kim, 2010; Malagón et al., 2013; Martínez, 1995; Mora y García, 1998; Mora y García, 1998; Nikolic, 2014; Parga y Mora, 2000; Priem et al., 2011; Reiner y Gilbert, 2000; Romero y Aguilar, 2013; Shapin y Schaffer, 2005; Spaan y van den Berg, 2017; Williams et al., 2000). Por esta razón, *el diseño, construcción y uso de un instrumento científico se conecta como un aporte al conocimiento en el mundo sobre el tema*.

De manera complementaria, al relacionar el diseño de este instrumento con el instrumento construido por Hertz fue posible evidenciar las dificultades que tuvo el diseño en esa época y los retos que surgen para construirlo en la actualidad, dificultades que requirieron apoyo de profesionales que aportaron su experiencia y habilidad para que el prototipo fuera una realidad. Las comparaciones centraron la atención en el campo del fenómeno oscilante producido por la acción de la capacitancia, la inductancia y una fuente de alimentación, la selectividad de las frecuencias y el

efecto producido por las ondas electromagnéticas producidas. Esto es posible observarlo en las figuras 6.9, 6.13, 6.14, 6.15, 6.18, 6.20, 6.22, 6.7, 6.9, 6.14, 6.15, 6.22, 6.23. Con esto, se puede mostrar que existe una fuerte relación teórica entre el diseño de Hertz y el diseño del instrumento científico. Esta actividad es muestra del desarrollo del primer objetivo específico, especialmente en tomar “como referencia los estudios de Heinrich Rudolf Hertz sobre el tema en el periodo de 1887 a 1890”.

En esta actividad es importante resaltar que el proceso de diseño, construcción y uso del instrumento científico adoptó la metodología SCRUM como estrategia de desarrollo. En el avance se evidenciaron procesos de triangulación que aportaron a mejorar el diseño final, como fue señalado. Por lo que, se puede afirmar que *este aporte de la investigación conserva criterios de calidad y rigor en la vía señalada*.

La segunda vía de aporte de la investigación se centra en los campos de pedagogía, didáctica, y educación, particularmente, en el campo de la EDUCIENCIAS y la EDUTECH. El proceso de diseñar la UD, diseñar instrumentos de recolección de datos y desarrollar el análisis de estos es considerado un aporte al conocimiento en estos campos. Esto es posible resaltarlo desde el estudio realizado en el estado de arte donde se evidenció poco desarrollo de este tema en el mundo, además, se identificó la necesidad de vincular la ciencia y la tecnología, afirmación hecha por (Acevedo, 2002; Andrade, 1994; Casacuberta y Estany, 2011; Corlu et al., 2014; Davies y Gilbert, 2003; Díaz et al., 2003; Doval y Gay, 1995; Echeverría, 2003; Gilbert, 1992, 1995; Gilbert et al., 2000; Gilbert y Stocklmayer, 2001; Hassler, 2016; Jones et al., 2013; Junyent, 1997; Kuhn, 1996; Llinás, 2000; Marginson et al., 2013; Munevar, 2013; Petrina, 2008; Ramírez, 2016; Ritz y Fan, 2015; Sanders, 2009, 2015; Shumba et al., 2016; Sjøberg, 2002; Stokes, 2010; Williams, 2013, 2016; Williams et al., 2000).

En el campo de la *didáctica de la educación en tecnología, la propuesta de vincular el diseño, construcción y uso del instrumento científico al currículo de formación de maestros para el área de tecnología e informática (FMATI) es considerado un aporte*, un campo que requiere de desarrollo y que tiene pocos avances (Ramírez, 2017a). El uso de productos tecnológicos en los procesos de enseñanza - aprendizaje favorece el aprendizaje y el desarrollo de capacidades. Se evidencian resultados favorables en la implementación de estos productos (Couto y Romão, 2009; Cubillo et al., 2015; Mohan et al., 2010; Petrina, 2008; Priem et al., 2011; Stokes, 2010), especialmente en la educación en ingeniería. Además, estos resultados son complementados con iniciativas de diseño de currículos interdisciplinarios en los que se requiere que los estudiantes empleen habilidades cognitivas de orden superior en la solución de problemas específicos (Thompson et al., 2013). Estas habilidades que han sido empleadas al responder al problema planteado para el espacio académico de Comunicaciones II y que son evidenciadas en el proceso de análisis de la implementación de la unidad didáctica (capítulo VIII). Es importante señalar que para el diseño de estos currículos en

la Universidad Pedagógica Nacional se ha optado por la estrategia de formación de competencias, como fue desarrollado en el capítulo VII, estrategia que ha sido acogida en el diseño curricular y que se evidencia en el desarrollo de este capítulo.

Como se ha indicado, existe la necesidad de vincular la ciencia y la tecnología en los procesos educativos. Sin embargo, las propuestas para hacerlo se inclinan a procesos de diseño y tecnología y especialmente, a STEAM. Las evidencias de las experiencias exitosas sobre este punto son escasas, razón por la que, en los diferentes congresos, seminarios, artículos y demás formas de encuentro académico, se mantiene la sugerencia de continuar e incrementar la investigación en campos del diseño curricular, entre otras, para estas áreas del conocimiento. En este punto, la acción generada por los componentes y el instrumento hacen parte de la actividad de las ciencias. En consecuencia, conectarse con la actividad favorecerá que el estudiante indague y propicie construcción de explicaciones, además, afiance lo que en la teoría le es presentado. Que el estudiante se conecte con el fenómeno desde la acción de materializarlo en un instrumento trae consigo un reto. Enfrentarlo implicará el avanzar sobre las dificultades que trae el reto, no obstante, al hacerlo el estudiante estará dotado de capacidades necesarias para su quehacer como maestro, capacidades que al interactuar con un equipo de trabajo se fortalecerán y harán parte de una formación en competencias. Estas actividades hacen parte del quehacer del maestro del AT&I. Por ende, la propuesta de diseñar, construir y evaluar un instrumento científico aporta a la EDUCIENCIAS y a la EDUTECH. Al no existir evidencias de esta estrategia en el mundo, como lo muestran las figuras 2.2 y 2.3 y Ramírez (2017c) y Ramírez (2017b), *esta estrategia se convierte en un aporte en el mundo a la formación de maestros para el área de tecnología, y porque no, en una nueva escuela de formación de maestros para esta área.*

En el orden de las ideas anteriores, la actividad de diseñar, construir y evaluar un instrumento científico *resultó un espacio propicio para vincular no solo la tecnología y la ciencia, también lo fue para la técnica, la sociedad y el medio ambiente, entre otros aspectos.* Estos aspectos se integraron fuertemente como fue evidente en el análisis de implementación de la unidad didáctica. Por tanto, esta actividad se consolida como una alternativa para articular estos aspectos que se relacionan fuertemente (Echeverría, 2003; Esteban, 2003; Fernández et al., 2003; Martínez y Suarez, 2008) y que el MEN (2008) sugiere para ser vinculados en los currículos para la educación básica y media de la EDUTECH.

Es importante reconocer que no fue sencillo realizar la construcción del instrumento y adelantar los procesos necesarios para convertirlo en un prototipo. Por esta razón, y previendo las dificultades que tendrían los estudiantes al enfrentarse al problema, fue necesario apoyar el trabajo de los estudiantes con sesiones de apoyo. Se programaron sesiones para el diseño de osciladores y amplificadores. Estas sesiones fueron valiosas para los estudiantes quienes manifestaron sentirse acompañados en el proceso, no solo por el apoyo en aspectos teóricos sino también prácticos.

El vincular sesiones de apoyo, invitar a otro maestro al trabajo, que los estudiantes consulten a otros maestros del programa, entre otros, es considerado una muestra de la flexibilidad del micro - currículo y un aporte de este a la formación de maestros en el AT&I.

Desde otra perspectiva, en el análisis de los datos se realizó un proceso cualitativo y cuantitativo. El cualitativo estuvo delimitado por el análisis de contenido y fue asistido por computador y el software ATLAS TI. En el cuantitativo se realizó un análisis descriptivo y correlacional de los datos. También fue asistido por computador y se emplearon los softwares SPSS y HUDAP. En este último se usaron las herramientas WSSA1 y POSAC. En este sentido, para realizar el análisis de correlaciones es necesario realizar agrupaciones de los términos. Sin embargo, en la agrupación de términos, Amar y Toledano (2001) sugieren que el proceso es empírico, es decir, no hay un criterio absoluto que permita el agrupamiento de los datos. Esta es una afirmación especial porque en el estudio esta situación puede traer un conflicto epistemológico. Para resolverlo, se diseñaron dos criterios de agrupación que parten de un conocimiento a profundidad de las matrices generadas por el sistema. Uno para el caso de mínimas distancias euclidianas y otro para perfiles, en otras palabras, uno para WSSA1 y otro para POSAC. *Estos criterios son considerados un aporte significativo al proceso en vista que, como se indicó, no hay criterios definidos para tal fin y los propuestos pueden ser empleados por antiguos y nuevos usuarios del software.*

De este análisis de datos surgen diversas inferencias. Muchas de éstas son útiles para el programa de Licenciatura en Electrónica, en especial, para su proceso evaluativo con fines de renovación de la acreditación de alta calidad y el registro único calificado. Sin embargo, es importante resaltar algunas pertinentes que se vinculan con el objeto de la pesquisa. La primera de ellas se encuentra ligada a las formas en las que usualmente se orientan los procesos de enseñanza - aprendizaje dentro del programa. En especial, los estudiantes manifiestan que el trabajo se centra mucho en desarrollar la teoría y en algunos momentos se apoya con actividades de diseño y simulación. Sin embargo, esta actividad aleja a los estudiantes de la práctica, un aspecto negativo en especial por ser tan necesaria en los procesos tecnológicos. Es por esta razón que *el curso de la UD mostró a los estudiantes una alternativa de trabajo con la cual se sintieron satisfechos y valoraron positivamente. Una actividad que no solo centró la atención en los contenidos del espacio académico, sino que vinculó temas de espacios previos de los cuales ellos precisaban aplicar.* Esto en vista que los retos que surgieron en el desarrollo del proyecto se originan precisamente por la falta de práctica en actividades ligadas al análisis de circuitos y diseño electrónico. Además, enfrentar estos retos significó para ellos un aprendizaje, aprendizaje que es resaltado por los estudiantes como útil en la formación de maestros para el AT&I.

Por otro lado, al enfrentarse a los retos que devienen de avanzar en el proyecto se desarrollaron algunas habilidades y se fortalecieron algunas competencias. En especial, los estudiantes manifestaron constantemente en el análisis de los datos, que *un gran aporte de la metodología propuesta*

fue el fortalecer el trabajo en equipo. Esta es una actividad que Bertschy et al. (2013) han calificado como competencia. Además, esta competencia aporta a la práctica educativa, en otras palabras, a su actividad laboral, por consiguiente, es una competencia que se conecta con las intenciones del proyecto Comenius-2 (Bertschy et al., 2013), un proyecto que tiene un alto impacto en Europa. Es así como *la investigación se convierte en alternativa para la formación de competencias y puede ser cobijado por proyectos de alto impacto a nivel mundial.*

Es relevante mencionar que al diseñar y construir instrumentos científicos los estudiantes consideran haber sido potenciados aspectos relacionados con la *metodología de diseño, la comprensión de teoría sobre el instrumento, el trabajo en equipo, la capacidad de indagar y formular alternativas de solución, la relación de la teoría – práctica en la construcción de instrumentos científicos para llevarlos al aula de tecnología, la posibilidad de construir nuevo material didáctico para la enseñanza, el vincular la historia al proceso, el conocer aspectos técnicos que permitieron aprender de un problema, el simular para hacer ajustes en el diseño (comparación de resultados de la experiencia), la importancia del instrumento que “permite observar el fenómeno”, además, permite formular problemas e indagar sobre lo observado con “el fin de potencializar la enseñanza”, la búsqueda de información, que se adelanta en clase y fuera de ella, la solución de problemas y la experiencia – práctica adquirida en relación con la técnica.* Es así como desde el espacio académico de comunicaciones II los estudiantes han dado un fuerte valor a la actividad de laboratorio en la FMATI.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, para resolver el problema los estudiantes consideran que es necesario *“dominar los conceptos matemáticos, diseño de dispositivos electrónicos, programación”, así como conocer el contexto. Además, se necesita de razonamiento lógico, integración de contenidos en CyT, lo que favorece el desarrollo de conocimientos y habilidades cruciales para tomar decisiones. Asimismo, conocimientos en análisis de circuitos, diseño electrónico, comunicaciones, habilidades técnicas (“saber hacer”), procesos de simulación y uso de herramientas TIC en el proceso.* De esta forma es posible elaborar un modelo del proyecto y llevarlo a la práctica. Por estas razones es posible afirmar que el problema planteado para ser resuelto en el espacio académico de Comunicaciones II tiene un carácter integrador no solo de saberes, sino también de procesos. Este es un aspecto relevante en la EDUTECH y en la FMATI.

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando, el estudiante al enfrentar el problema con su equipo de trabajo *fortaleció las competencias en razonamiento cuantitativo, segunda lengua, comunicación escrita, lectura crítica, de formación, enseñanza, evaluación y competencias ciudadanas.* Además, apporto alternativas para el diseño de currículos para el AT&I, en el uso de TIC, en labores de simulación y en actividades de laboratorio que son útiles en la FMATI. Por consiguiente, *la unidad didáctica diseñada aporta a la formación de competencias y se convierte en una opción que puede ser tomada en cuenta en la FMATI.*

En el aspecto evaluativo del espacio académico y el desarrollo de la unidad didáctica, *los estudiantes manifestaron sentirse cómodos y ello los motivó a comprometerse con el desarrollo del proyecto*. La estrategia de evaluación permitió que el estudiante aprendiera con el desarrollo de su trabajo y no sentirse presionado por una nota, como lo evidenció el análisis de la implementación de la unidad didáctica. En particular, las pruebas específicas usualmente obedecen al desarrollo de los contenidos del curso, sin embargo, fue posible articular este esquema de evaluación al desarrollo del proyecto, lo que conllevó a obtener buenos resultados en las pruebas presentadas.

Desde otro punto de análisis, luego de revisar el desempeño de los maestros en formación para el AT&I en las pruebas de estado, específicamente desde la figura 1.4, es notorio que se requiere mayor trabajo en las competencias de razonamiento cuantitativo, inglés, como segunda lengua y competencias ciudadanas. Además, es de resaltar que la mayoría de los evaluados se encuentran ubicados en el primer, segundo y tercer quintil de esta prueba (MEN, 2016), esto es considerado un nivel bajo. Estudios que den razón sobre esta situación no existen. Pero, si tomamos en cuenta los razonamientos previos, la UD diseñada aporta significativamente a la formación de competencias, tanto generales como específicas. Es de subrayar que, uno de los puntos en los que se resaltó la acción de la UD fue en el fortalecimiento del razonamiento cuantitativo vinculado al diseño, construcción y uso de instrumentos científicos. Esta situación ha sido destacada en el desarrollo de la investigación. En particular, en el desarrollo del análisis de los datos. Es de acentuar que categorías axiales y nodales se encuentran vinculadas a este razonamiento. De manera que, *la UD puede ser vista como una alternativa de FMATI que favorece la formación de competencias, en especial, aquellas en las que los maestros en formación para el AT&I han obtenido bajo rendimiento evidenciado en los resultados de las pruebas*. En otras palabras, un aporte a la FMATI que se ajusta a las consideraciones emanadas por el MEN (2012) y MEN (2014).

En consonancia con el anterior razonamiento, a pesar de que el AT&I hace parte de las áreas obligatorias del plan de estudios colombiano, no cuenta con estándares curriculares y solo dispone de lineamientos para el diseño de currículos, como se indicó. Las normas que surgieron ((MEN, 1996a, 2006, 2008, 2012, 2014, 2016; SED, 2006a,b, 2007, 2009, 2015; SED y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana, 2015; SED, 2014)) luego de su creación, no han dado claridad de la forma en la que se debe realizar el diseño curricular, y esto conllevó a que exista una dificultad para conectar y diseñar las actividades en relación con estas directrices. Por ende, *la UD diseñada se convierte en aporte en el diseño de currículos, en especial por integrar los componentes disciplinar, pedagógico y comportamental que indica el MEN y por los resultados positivos que se han obtenido de su implementación*. Es de acentuar que sobre el diseño curricular para la EDUTECH no hay evidencias significativas de avance en el tema, por ello, la necesidad de aportar con experiencias significativas. La importancia de esta actividad ha sido resaltada en el desarrollo del estado de arte, tanto así, que una de las categorías nodales lleva su nombre, *diseño de currículos*.

En cuanto al tema de vincular la ciencia y la tecnología, es relevante recordar que “existe una insuficiente valoración de la sociedad colombiana de las actividades CT+I. Existe un bajo nivel general de formación, tanto en el sector público como en el privado, especialmente a nivel de postgrado y formación avanzada, lo cual redundo en que se concede poco valor al componente de conocimiento” (COLCIENCIAS, 2006, p. 20). Además, que desde las “diferentes regiones del país no se haya logrado impulsar el desarrollo económico y social a través de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación” (CONPES, 2015, p. 24), aunado a que los colombianos tienen una baja percepción en el uso que se puede dar al conocimiento científico y tecnológico, especialmente en la formación de opiniones políticas, democráticas y sociales (Daza et al., 2014, p. 91, 302). Es por ello que COLCIENCIAS (2006, p. 20) propone que “la educación es un pilar fundamental para sustentar el cambio de modelos mentales hacia la ciencia, la tecnología y la innovación”. De manera que, la UD adopta el principio formativo y se erige como alternativa de vínculo de estas áreas desde la educación. *Por la experiencia evidenciada en el análisis de los datos de la implementación de la UD, es posible considerarla como una alternativa para impulsar una transformación productiva en el país partiendo de la EDUTECH e impulsada por la EDUCIENCIAS.* Esta es una alternativa que parte del aprendizaje basado en problemas (Aliakbarian et al., 2014; Mitchell et al., 2010; Shumba et al., 2016; Somerville et al., 2008), *una estrategia que puede impactar asertivamente en la identificación de problemas propios de nuestro contexto y que favorece la liberación de la capacidad creadora conducente a mejorar el bienestar y la calidad de vida de los colombianos.*

Ahora bien, como fue indicado en SED (2009, p. 14) existe una “baja dotación de laboratorios necesarios para la enseñanza de la tecnología”. Esta es una situación que aqueja no solamente a la EDUTECH, lo es también para la EDUCIENCIAS. Asimismo, no solo afecta a las instituciones educativas de básica y media, también lo hace en las instituciones de educación superior, especialmente aquellas que tienen financiación estatal. Es relevante mencionar que, al igual que en el panorama nacional, se encuentra que a nivel internacional existen dificultades para acceder a equipos necesarios para la enseñanza de la ciencia y la tecnología (Couto y Romão, 2009), por esta razón se exploran alternativas de uso de TIC para mediar el inconveniente, una propuesta que se convierte en tendencia (Consonni y Silva, 2010; Frolik, 2007; Gómez et al., 2007; Leppavirta et al., 2011; Lumori y Kim, 2010; Notaroš, 2013; Tartarini et al., 2013) aun cuando en la práctica los resultados no se conectan con lo que implica vivenciar el fenómeno a través de actividades de experimentación. Al respecto, el tema central de la UD se encuentra en el diseño, construcción y uso de un instrumento científico. Una actividad interdisciplinar sobre la que se vincularán las demás áreas y componentes. La estrategia logró dar respuesta en la realización de un prototipo de un instrumento científico. Por tanto, *la UD diseñada es considerada un aporte al desarrollo de nuevos instrumentos científicos. Además, favorece que el maestro en formación pueda identificar necesidades en su quehacer como maestro, necesidades que pueden estar ligadas a material didáctico y que con sus conocimientos estará en capacidad de buscar alternativas para resolverlo y desarrollarlo*

en su beneficio y el de sus estudiantes.

Hecha la observación anterior, el disponer de equipos de laboratorio fomenta la actividad experimental en el aula de clase (Romero y Aguilar, 2013, p. 5), una actividad que ha sido resaltada para el desarrollo de una disciplina, especialmente la EDUCIENCIAS y la EDUTECH. La importancia de esta actividad ha sido resaltada en el desarrollo del estado de arte, tanto así, que una de las categorías nodales lleva su nombre, *el experimento en el aula de clases*. Dentro de los múltiples beneficios que trae el diseño de un laboratorio y la actividad experimental se encuentra la labor de medición y matematización (Parga y Mora, 2000; Romero y Aguilar, 2013). Este factor favorece el desarrollo de capacidades propias de la CyT (Delgado-Hurtado et al., 2016; Priem et al., 2011; Reiner y Gilbert, 2000; Sjøberg, 2002; Theyßen et al., 2014), como se evidenció en la implementación de la UD. Por lo cual, *la UD desarrollada favorece el vínculo de la EDUCIENCIAS y la EDUTECH y con ello el desarrollo de capacidades propias de estas disciplinas, así como la formación de competencias y la posibilidad de explorar nuevos fenómenos naturales.*

Uno de los grandes retos en el diseño del currículo fue el vincular la ética al contenido de Comunicaciones II y al desarrollo del instrumento científico. Pero, el trabajo con lectura crítica, alternativas de enseñanza y evaluación, entre otros, mostraron que es posible el vínculo. De modo que, un avance en ética implica un fortalecimiento de competencias ciudadanas. En este sentido, luego de analizar los resultados de la implementación de la UD, se puede afirmar que se obtuvieron evidencias que muestran una formación en este sentido. De tal forma que, *la UD se convierte en un aporte a la ética desde la EDUCIENCIAS y la EDUTECH, un aporte que se conecta con la formación de competencias ciudadanas y la formación de opiniones democráticas*. Este es un aspecto que se vincula con el diseño de currículos para los maestros en formación para el AT&I en aras de favorecer una sociedad democratizada (Ramírez y Mora, 2019; Romero y Aguilar, 2013; Seoane, 2010).

Es de resaltar que hubo un cambio en la valoración entre Importancia Y Satisfacción comparando los resultados de la primera fase en relación con la segunda. Específicamente, en la segunda fase se pudo entrever un mayor equilibrio entre estas valoraciones, por consiguiente, se puede afirmar que la UD motivó un cambio en la percepción de los estudiantes ante los 24 aspectos que vinculan la FMATI, siendo las respuestas más equilibradas entre estos aspectos al finalizar el estudio. Además, que los estudiantes manifiestan sentirse menos satisfechos con los aspectos que se relacionan con la actividad de laboratorio. Esto es posible apreciarlo desde las figuras 8.44, 8.45 y 8.46 en relación con las figuras 8.88, 8.89 y 8.90.

Por otro lado, en los procesos de renovación del registro calificado y de la acreditación de alta calidad de algunos programas de formación de maestros para el AT&I, se ha planteado un esquema de trabajo basado en competencias. No obstante, se evidencia que los procesos derivados de la implementación de la Resolución 2041 de 2016 conllevan en esencia a un trabajo por objetivos, en

el que se pretende vincular el enfoque por competencias sin que exista claridad de cómo hacerlo. Este es el caso de la Licenciatura en Electrónica. Es importante destacar que la investigación aporta una experiencia de trabajo basado en el enfoque por competencias que es útil como estrategia para ser implementada en otras áreas de la LeE y otros programas de FMATI. Tomando como punto de partida esta experiencia, la coordinación del programa de LeE volcó la atención en organizar el currículo con la estrategia de formación por competencias. El trabajo propuesto tiene tres fases propuestas, de las cuáles se encuentra en desarrollo la primera. En ésta, se realizó una charla con los maestros del programa para definir un listado de capacidades y se asociaron competencias. Los maestros realizarán un análisis de sus prácticas y elegirán las capacidades y competencias que creen ellos se desarrollan desde su espacio académico. La segunda fase busca recopilar la información, analizarla, ajustar los errores de interpretación y definir las capacidades y competencias por cada área de trabajo. La fase final, hará lo mismo pero buscará definir las capacidades y competencias interdisciplinarias en el programa. Por lo cual, *el trabajo investigativo ha tenido un impacto en el programa de LeE, del cual se espera continuar en avance, asesoría y proyección.*

Ubicados en otro punto de análisis, es importante resaltar el trabajo realizado en el estado de arte de la investigación. Una actividad que siguió una metodología ampliamente descrita, criterios de calidad y rigor en el proceso, consulta de bases de datos primarias y secundarias a nivel internacional y un análisis de contenido riguroso, que dio lugar a resultados de gran profundidad y cohesión. En este proceso se subraya que con las citas obtenidas del análisis fue posible elaborar un referente conceptual. Entonces, este referente guarda una fuerte cohesión con el estado de arte realizado. Además, fue enriquecido con títulos y documentos que aportaron a las categorías del referente conceptual y que devienen del estado de arte. *Este es un trabajo que no es usual en los títulos consultados, pero que en esta investigación es posible mostrarlo como aporte metodológico.* Las categorías desarrolladas (la tecnología, la educación en tecnología e ingeniería; integración de la ciencia y la tecnología; currículo; competencias; la solución de problemas como estrategia (PBL); ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM); el instrumento, el experimento y el laboratorio; tecnologías de la información y la comunicación (TIC); procesamiento de señales; y diseño de unidades didácticas) guardan especial atención con el problema identificado y muestran un panorama a nivel mundial de dicho problema.

Es imprescindible mencionar que la investigación ha tenido un impacto desde ámbitos mundiales, locales y personales. En particular, se ha aceptado la necesidad de educar en CyT y desarrollar competencias para enfrentar el siglo XXI (Ramírez, 2017a,b,c,d,e). Es así como la EDUCIENCIAS, la EDUTECH y la educación en ingeniería se convierten en las tendencias futuras de investigación al convertirse en la base del desarrollo de nuevas tecnologías (Acevedo, 2002; Andrade, 1994; Casacuberta y Estany, 2011; Corlu et al., 2014; Davies y Gilbert, 2003; Díaz et al., 2003; Doval y Gay, 1995; Echeverría, 2003; Gilbert, 1992, 1995; Gilbert et al., 2000; Gilbert y Stocklmayer, 2001; Hassler, 2016; Jones et al., 2013; Junyent, 1997; Kuhn, 1996; Llinás, 2000; Marginson

et al., 2013; Munevar, 2013; Petrina, 2008; Ramírez, 2016; Ritz y Fan, 2015; Sanders, 2009, 2015; Shumba et al., 2016; Sjøberg, 2002; Stokes, 2010; Williams, 2013, 2016; Williams et al., 2000). Por esta razón, se promueve la investigación curricular y el desarrollo de innovaciones curriculares para conectar a los estudiantes con sus necesidades, situación propicia para la formación de competencias (Acevedo, 2002; Davies y Gilbert, 2003; Daza et al., 2014; Delgado-Hurtado et al., 2016; Díaz et al., 2003; Esteban, 2003; Gilbert, 1992, 1995; Gilbert et al., 2000; Gilbert y Stocklmayer, 2001; Laut et al., 2015; Llinás, 2000; McDermott, 1991; Seoane, 2010; Sjøberg, 2002). Es así como el instrumento científico se vincula en este carácter formativo. Mundialmente es reconocido el valor que tiene el instrumento en la enseñanza de la CyT (Brenni, 2012; Cagiltay et al., 2011; Casacuberta y Estany, 2011; Consonni y Silva, 2010; Couto y Romão, 2009; Davies y Gilbert, 2003; Ferreirós y Ordoñez, 2002; Frolik, 2007; Gilbert et al., 2000; Gomez-Sacristan et al., 2016; Hacking, 1996; Justi y Gilbert, 2002; Kaçar y Bayılmış, 2013; Laut et al., 2015; Linn, 2012; Lumori y Kim, 2010; Malagón et al., 2013; Martínez, 1995; Mora y García, 1998; Mora y García, 1998; Nikolic, 2014; Parga y Mora, 2000; Priem et al., 2011; Reiner y Gilbert, 2000; Romero y Aguilar, 2013; Shapin y Schaffer, 2005; Spaan y van den Berg, 2017; Williams et al., 2000). Estas tendencias y preocupaciones mundiales no son ajenas al contexto nacional. Hacen parte de las inquietudes del estado colombiano de acercar la CyT a las aulas en la diversidad de instituciones a nivel nacional. *Inquietudes que se trasladan al contexto de la LeE y para el cual el trabajo investigativo se convierte en una alternativa para realizar este vínculo* (Ramírez et al., 2008; Ramírez, 2013, 2016).

Finalmente, es valioso resaltar el proceso metodológico empleado para el desarrollo de la investigación. *En el progreso de la pesquisa no solo fue posible evidenciar los criterios de rigor y calidad aplicados, también lo fue el seguimiento de la estrategia diseñada.* En particular, cursar un estudio delimitado por una investigación mixta, de estrategia abductiva, al que se asoció un método de estudio de caso y se diseñaron unos instrumentos específicos para la recopilación de datos. El proceso culminó con el análisis de estos empleando software de apoyo.

En el espacio de análisis descriptivo de información, específicamente, en la diferencia entre la valoración de Importancia en relación con la Satisfacción fue adaptado una estrategia de análisis de riesgo a este proceso. Las variables de Vulnerabilidad y Amenaza fueron reemplazadas por las de Importancia y Saturación y el riesgo por FMATI. Como resultado se pudo evidenciar una mirada global entre estas variables que enriqueció el análisis. Sin embargo, esta herramienta puede ser empleada en otros procesos como la autoevaluación con fines de acreditación. Este es un proceso que requiere de evidencias y que la estrategia puede aportar considerablemente.

En cuanto al tema de dificultades, la primera a citar se relaciona con el acceso a los artículos, libros y demás material que fue identificado en la consulta de las bases de datos. Gran parte de ese material debe adquirirse comprándose directamente con los administradores de este y las sumas que deben pagarse son onerosas. Recurrir a terceros que tienen el material y están dispuestos a

compartirlo es una salida, pero toma tiempo el conseguir la totalidad del material. Una alternativa es recurrir a las bibliotecas de las universidades que participan del programa de doctorado, sin embargo, éstas también se encuentran limitadas por recursos, razón por la cual la adquisición de este material queda en manos del investigador.

Una segunda limitación se vincula con el desarrollo del instrumento científico. En el proceso de diseño se buscó ajustar los valores de diseño a valores comerciales y empleando materiales de bajo coste. Sin embargo, no es sencillo encontrar los materiales en la red de distribución electrónica de la ciudad. Por otro lado, la calidad de estos no se ajusta a los parámetros de diseño, por ello es necesario realizar procesos de importación que toman mucho tiempo y dilatan los periodos que se han planeado para realizar la actividad. Por esto, los costos del proceso se elevan y limitan el alcance de objetivos ligados al desarrollo de un prototipo de baja inversión. Además, ligado a esta situación se encontró limitación al acceso de equipos de laboratorio para realizar actividades de medición. Por ello, fue necesario que el investigador ofreciera alternativas de medición a los estudiantes en el desarrollo de su proyecto.

Por último, a pesar de que se hizo un promedio de los estudiantes que tomaron el espacio académico de comunicaciones II durante los últimos siete años, y este era el número de estudiantes que se esperaba vincular al estudio (16), los participantes fueron menos (12). No hay una razón específica para esto. No obstante, la implementación de la UD coincidió con actividades de protestas estudiantiles generalizadas en el territorio nacional en búsqueda de inversión y atención, que apunte a mejoras en la calidad de la educación superior, por parte del estado. Esta situación conllevó a parálisis al interior de las Universidades del estado, situaciones que generaron bloqueos y limitaciones para acceder a las instituciones. La preocupación de realizar la investigación y atender la implementación de la UD fue subsanada con la programación de un salón en las aulas de la Fundación Universitaria San Martín. Al ser esta una entidad privada, los bloqueos no la afectaron y con ello no hubo limitación al desarrollo del curso. Empero, esto sí generó dificultades para que los estudiantes accedieran a equipos de laboratorio para realizar sus mediciones.

En el desarrollo de la investigación se han realizado las publicaciones (Ramírez, 2016; Ramírez y Mora, 2015, 2018, 2019). El primer documento hace parte de un pequeño espacio del estado de arte que centra la atención en la EDUTECH y la educación técnica. Se realizó un análisis de la política pública sobre el tema, un análisis que fortaleció no solo el estado de arte, sino la definición de la problemática a desarrollar. El artículo fue publicado en una revista de carácter internacional que pretende contribuir a las comunidades académicas relacionadas con la educación experimental en ciencias, matemáticas y tecnología. TED se encuentra reconocida por Colciencias, quien la ha categorizado en el nivel B¹.

¹Los datos han sido obtenidos de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/indexacion>

El segundo documento propone una alternativa para el análisis cualitativo del fenómeno eléctrico. Una actividad que se conecta con el diseño de laboratorios de bajo coste. El artículo fue publicado en una revista de ingeniería que posee un H - index de 33 y se ubica en el cuartil dos (Q2) en el periodo de publicación².

El tercer documento hace parte de una propuesta en la que el diseño de instrumentos científicos se erige como alternativa para vincular la EDUCIENCIAS y la EDUTECH. Esta es una temática vinculada con el tema central de la UD diseñada. El artículo fue publicado en una revista de carácter internacional que busca contribuir a las comunidades académicas relacionadas con la educación experimental en ciencias, matemáticas y tecnología. TED se encuentra reconocida por Colciencias, quien la ha categorizado en el nivel B³.

El cuarto documento hace parte de una reflexión epistemológica en ciencia y tecnología que favorece la integración de la ciencia, la tecnología y la ingeniería. Este trabajo fue desarrollado en Brasil haciendo uso de mi estancia doctoral. En la evolución del trabajo se contó con el apoyo de la coordinación del Programa de Doutorado em Ensino de Ciências de la Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. En particular, con el apoyo del Dr. João José Caluzi de la Universidade Estadual Paulista, y la asistencia del Dr. William Manuel Mora de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. La revista de carácter internacional publica niveles superiores de investigación en áreas de la ingeniería y la tecnología. Por ser este un artículo publicado en este año aún no ha culminado el periodo para realizar la evaluación del H-index y la ubicación del cuartil. Sin embargo en el año inmediatamente anterior registró un valor de H.index de 25 y un cuartil tres (Q3)⁴.

En la actualidad se está trabajando en la publicación de tres productos más. El primero de ellos se encuentra ligado al desarrollo del estado de arte. Un segundo producto se enfoca en el planteamiento metodológico de la investigación. Finalmente, el último producto muestra un panorama general de la investigación realizada. En total se habla de siete publicaciones que dan cuenta del alto impacto de la investigación.

En el campo de las proyecciones de la investigación es importante mencionar que si se habla de una nueva escuela en la FMATI, es posible impactar con la propuesta en otros espacios académicos del programa de LeE consolidándolo como líder en la FMATI en el país. Asimismo, es posible explorar nuevos fenómenos para desarrollar nuevos prototipos. Estos prototipos pueden ser desarrollados a nivel de pregrado como trabajos de grado. No obstante, es posible desarrollar nuevas UD a nivel de posgrado que midan el impacto de estas en programas como la LeE y la Licenciatura en Diseño Tecnológico del departamento de Tecnología de la UPN. Con ello se vincularía el trabajo de pregrado y posgrado en aras de aportar a la investigación en diseño curricular para el AT&I y al

²Los datos han sido obtenidos de Scimago Journal & Country Rank en <https://www.scimagojr.com>

³Los datos han sido obtenidos de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/indexacion>

⁴Los datos han sido obtenidos de Scimago Journal & Country Rank en <https://www.scimagojr.com>

trabajo empleando el enfoque por competencias en la FMATI desde el aprendizaje basado en problemas. Además, desde el grupo de investigación ALTERNACIENCIAS y ALICE se buscará vincular investigaciones en Realidad Virtual (VR) y Realidad Aumentada (AR) en aras de diversificar las alternativas de laboratorio para la enseñanza de la CyT. Con ello se aportará al uso de herramientas TIC en el proceso y se potenciarán alternativas de vínculo para la EDUCIENCIAS y la EDUTECH.

Referencias

- Acevedo, J. (2002). Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, 1:7–16.
- Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo-Aymerich, M. (2005). Utilising the ‘3p-model’ to characterise the discipline of didactics of science. *Science & Education*, 14(1):29–41.
- Aesaert, K., Vanderlinde, R., Tondeur, J., y van Braak, J. (2013). The content of educational technology curricula: a cross-curricular state of the art. *Educational Technology Research and Development*, 61(1):131–151.
- Aldana, Y., Baquero, M., Rivero, G., y Romero, D. (2012). Applying connectivist principles and the task-based approach to the design of a multimodal didactic unit. *HOW Journal*, 19(1):93–122.
- Aliakbarian, H., Soh, P., Farsi, S., Xu, H., Van Lil, E., Nauwelaers, B., Vandenbosch, G., y Schreurs, D. (2014). Implementation of a project-based telecommunications engineering design course. *IEEE Transactions on Education*, 57(1):25–33.
- Alliaud, A. y Feeney, S. (2015). What type of teachers do we intend to train? An analysis of teacher profiles in MERCOSUR curricula. *Curriculum studies*, 47(5):685–704.
- Álvarez, A. (2014). Los límites de la economía de la educación: abrir la mirada. *Revista Colombiana de Educación*, (67):19–46.
- Álvarez de Zayas, C. (1996). El diseño curricular en la educación superior cubana. *Pedagogía Universitaria*, 1(1).
- Amar, R. y Toledano, S. (2001). *Hudap Manual, with Mathematics and Windows Interface*. Hebrew University of Jerusalem, Computation Center.
- Andrade, E. (1994). Ambientes de aprendizaje en la educación en tecnología. *Universidad Pedagógica Nacional*.
- Anguera, J. y Pérez, A. (2008). *Teoría de antenas. Guía de estudio*. Universitat Ramon Llull, La salle Enginyeria - Arquitectura.
- Ariza, Y., Lorenzano, P., y Adúriz-Bravo, A. (2016). Meta-theoretical contributions to the constitution of a model-based didactics of science. *Science & Education*, 25(7-8):747–773.

- Backblaze, I. (2015). Application of scrum methods to hardware development. an overview on how to run a hardware development project using the scrum framework within the agile software development methodology. Techreport.
- Bell, P. (2014). Design of a food chemistry-themed course for nonscience majors. *Journal of Chemical Education*, 91(10):1631–1636.
- Beléndez, A. (2008). La unificación de la luz, electricidad y magnetismo: la "síntesis electromagnética" de Maxwell. *Revista brasileira de ensino de fisica*, 30(2601 - 2620).
- Bertschy, F., Künzli, C., y Lehmann, M. (2013). Teachers' competencies for the implementation of educational offers in the field of education for sustainable development. *Sustainability*, 5(12):5067–5080.
- Boeije, H. (2002). A purposeful approach to the constant comparative method in the analysis of qualitative interviews. *Quality and quantity*, 36(4):391–409.
- Bolívar, A. (2011). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2):1–39.
- Borges, I., Pires, D., y Delgado-Iglesias, J. (2018). Qué mejoras se han alcanzado respecto a la educación científica desde el enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente en el nuevo currículo oficial de la lomce de 5º y 6º curso de primaria en España. *Universidad de Cádiz/Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia Eureka*.
- Bowen, G. (2008). Naturalistic inquiry and the saturation concept: a research note. *Qualitative research*, 8(1):137–152.
- Boylestad, R. y Nashelsky, L. (2012). *Electronic devices and circuit theory*. Prentice Hall.
- Bravo, N. (2007). Competencias proyecto tuning - europa, tuning - america latina.
- Brenni, P. (2012). The evolution of teaching instruments and their use between 1800 and 1930. *Science and Education*, (21):191–226.
- Buchwald, J. (1994). *The creation of Scientific effects, Heinrich Hertz and electric waves*. The University of Chicago Press. Chicago and London.
- Buchwald, J. (1998). Reflections on hertz and the hertzian dipole. En Baird, D., Hughes, R., y Nordmann, A., eds., *Heinrich Hertz: Classical Physicist, Modern Philosopher*, tomo 198 de *Boston Studies in the Philosophy of Science*, págs. 269–280. Springer Netherlands.
- Cagiltay, N., E., A., Aydin, C., Kara, A., y Alexandru, M. (2011). Seven principles of instructional content design for a remote laboratory: A case study on erll. *IEEE Transactions on Education*, 54(2):320–327.
- Campos, A. (2009). *Métodos mixtos de investigación: integración de la investigación cuantitativa y la investigación cualitativa*, cap. Aproximaciones operativas a los métodos mixtos de investigación. El proceso de la investigación en los métodos mixtos. Otros aspectos relacionados con los métodos mixtos., págs. 51–99. Investigar Magisterio.

- Carretero, M. (2005). *Constructivismo y educación*. Editorial Progreso, segunda edición.
- Carvajal, G. (2013). *Notas para un pensamiento sobre la condición tecnológica de occidente*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Pedagógica Nacional. Tesis de Maestría.
- Casacuberta, D. y Estany, A. (2011). *Historia, prácticas y estilos en la filosofía de la ciencia. Hacia una epistemología plural*. (Martínez, S., Huang, X., Guillaumin (comps.)), cap. Tecnología y unidad de cognición: de cómo “affordances” y andamiajes convierten el laboratorio en parte de nuestra mente extendida, págs. 193–216. UAM-I y Miguel Ángel Porrúa.
- Cassell, W. (1964). *Linear electric circuits*. J. Wiley.
- Cañal, P. (1997). El diseño de unidades didácticas: Fundamentación y procedimientos. En *Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa*, págs. 133–162. Díada Editora.
- COLCIENCIAS, C. (2006). *PLAN NACIONAL DE DESARROLLO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y DE INNOVACIÓN 2007-2019*. COLCIENCIAS - Departamento Nacional de Planeación.
- CONPES, C. (2015). *Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2015 - 2025*. Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) - Documento borrador.
- Consonni, D. y Silva, M. (2010). Signals in communication engineering history. *IEEE Transactions on Education*, 53(4):621–630.
- Constantino, G. D. (2015). Del curriculum interdisciplinar al e-curriculum nuevos modelos para la construcción del conocimiento del profesor. *FORMAZIONE & INSEGNAMENTO. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 8(1-2):77–96.
- Corlu, S., Capraro, R., y Capraro, M. (2014). Introducing stem education: implications for educating our teachers for the age of innovation. *Egitim ve Bilim*, 39(171).
- Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas competenciales. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (74):12–24.
- Couto, J. y Romão, C. (2009). A project based learning case study development of a didactic equipment for groundwater flow problems. En *Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, pág. 246.
- Cox, D. y Meaney, K. (2018). Lights, camera, project-based learning! *Strategies*, 31(1):23–29.
- Cubillo, J., Martin, S., Castro, M., y Boticki, I. (2015). Preparing augmented reality learning content should be easy: Uned arle—an authoring tool for augmented reality learning environments. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(5):778–789.
- Cyrs Jr, T. (1978). Competency-determined curriculum as an instructional technology. *Journal of Educational Technology Systems*, 6(3):187–200.

- Davies, T. y Gilbert, J. (2003). Modelling: Promoting creativity while forging links between science education and design and technology education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 3(1):67–82.
- Daza, S., Lozano, M., Bueno, E., Gómez, Y., Salazar, M., Jaime, A., Aguirre, J., Rueda, R., Franco, M., Rincón, O., Pérez, T., Farías, D., Suárez, R., y Osorio, C. (2014). *Percepciones de las ciencias y las tecnologías en Colombia. Resultados de la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología*. Digitos & Diseños. S.A.S. - Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- de Pro Bueno, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Investigación Didáctica*, (16 (1)):21–41.
- Delgado-Hurtado, C., Rengifo-Rodas, C., Osorio-Marulanda, C., y Mosquera-Restrepo, J. (2016). The perception of colombians about science and technology according to their education level: professional and non-professional population. *Revista Facultad de Ingeniería*, (80):21–30.
- Denzin, N. y Lincoln, Y. (2012). La investigación cualitativa como disciplina y como práctica. En *Manual de investigación cualitativa*, tomo 1, págs. 43–102. Gedisa.
- DeSeCo, P. (2005). La definición y selección de competencias clave. OCDE. Recuperado de: <http://www.deseco.admin.ch/bfs/desecco/en/index/03/02.parsys,7:8532>.
- Díaz, J. A. A., Alonso, Á. V., Antonia, M., Mas, M., y Romero, P. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(3):353–376.
- Díaz, S., Mendoza, V., y Porras, C. (2011). Una guía para la elaboración de estudios de caso. *Razón y palabra*, 16(75).
- Diefenbach, T. (2009). Are case studies more than sophisticated storytelling?: Methodological problems of qualitative empirical research mainly based on semi-structured interviews. *Quality & Quantity*, 43(6):875.
- Dorf, R. y Svoboda, J. (2011). *Circuitos eléctricos: introducción al análisis y diseño*. Marcombo, 8 ed^{ón}.
- Doval, L. y Gay, A. (1995). *Tecnología. Finalidad educativa y acercamiento didáctico*. 7. CONICET, Buenos Aires, Educación Tecnológica, primera ed^{ón}.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1):3 – 15.
- DTE,. (2016). *Proyecto Curricular de Licenciatura en Electrónica*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias; importancia de las teorías y su desarrollo*. Narcea, S.A. de Ediciones.
- Echevarría, H. (2011). *Diseño y plan de análisis en investigación cualitativa*. Homo Sapiens Ediciones.
- Echeverría, J. (2003). *La Revolución Tecnocientífica*. Fondo de cultura económica de España.

- Electrónica, L. (2016). *Informe Final: Proceso de Autoevaluación con fines de Acreditación en Alta Calidad. Programa de Licenciatura en Electrónica*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Esteban, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia - Tecnología - Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(3):399–415.
- Fazio, C., Battaglia, O., Di Paola, B., y Persano, D. (2017). Analysing the conceptions on modelling of engineering undergraduate students: A case study using cluster analysis. En *Key Competences in Physics Teaching and Learning: Selected Contributions from the International Conference GIREP EPEC 2015, Wrocław Poland, 6–10 July 2015*, págs. 79–94. Springer International Publishing, Cham.
- Fernández, J., Elortegui, N., Rodríguez, J., y Moreno, T. (1999). *Cómo hacer unidades didácticas innovadoras*. Práctica no 16. Cómo hacer unidades didácticas innovadoras. Díada editorial S.L., segunda ed^{ón}.
- Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J., y Salinas, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de ciencia. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(3):331–352.
- Ferreirós, J. y Ordoñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica; Revista hispanoamericana de filosofía*, 34(102):47 – 86.
- Finfgeld-Connett, D. (2014). Use of content analysis to conduct knowledge-building and theory-generating qualitative systematic reviews. *Qualitative Research*, 14(3):341–352.
- Floyd, T. (2012). *Electronic devices: conventional current version*. Pearson.
- Fonseca, J. y Gamboa, M. (2017). Aspectos teóricos sobre el diseño curricular y sus particularidades en las ciencias. *Revista Boletín Redipe*, 6(3):83–112.
- Ford, D. (2009). Promises and challenges for the use of adapted primary literature in science curricula: commentary. *Research in Science Education*, 39(3):385–390.
- Foro Nacional, C. (2017). Lineamientos de política para el fortalecimiento de los programas de licenciatura y la disminución de desigualdades de calidad. En *Investigación: "Diseño de políticas para el fortalecimiento y disminución de brechas en la calidad de los programas de licenciatura en Colombia"*, págs. 1–29. Universidad Pedagógica Nacional.
- Franzosi, R., Doyle, S., McClelland, L., Rankin, C., y Vicari, S. (2013). Quantitative narrative analysis software options compared: Pc-ace and caqdas (atlas. ti, maxqda, and nvivo). *Quality & Quantity*, 47(6):3219–3247.
- Frenzel, L. (2003). *Sistemas Electrónicos de Telecomunicaciones*. Alfaomega, primera ed^{ón}.
- Frolik, J. (2007). Implementation of handheld, rf test equipment in the classroom and the field. *IEEE Transactions on Education*, 50(3):182–187.

- Furió, C. y Furió, C. (2009). ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista? *VIII Convención nacional y I internacional de profesores de ciencias naturales y educación química*, págs. 246–251.
- García, D. y Montes, C. (2013). *Enseñanza integrada de las ciencias naturales mediante una propuesta interdisciplinaria a partir del estudio de "las transformaciones del medio generados por algunos contaminantes industriales en Yumbo (Valle)[recurso electrónico]*. Tesis Doctoral, Universidad del Valle.
- García, J. y Cañal de León, P. (1995). ¿Cómo enseñar? hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la escuela*, (25):6–16.
- Gårdebjer, S., Larsson, A., y Adawi, T. (2017). The babushka concept—an instructional sequence to enhance laboratory learning in science education. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 3(2):213–222.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias.*, págs. 26 – 33.
- Gil, D., Carrascosa, J., Dumas-Carré, A., Furió, C., Gallego,, Gené, A., Gonzalez, E., Guisasola, J., Martinez, J., Pessoa de Carvalho, A., Salinas, J., Tricárico, H., y Valdés, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las ciencias*, 17(3):503 – 512.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., y Martínez-Torregrosa, J. (2002)a. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, cap. Diseño de unidades didácticas concretas: los programas-guía de actividades, págs. 149–215. Cuadernos de Educación. Horsori, tercera ed^{ón}.
- Gil, D., Dumas-Carré, A., Gallego,, Gené, A., Gonzalez, E., Guisasola, J., Martinez, J., Pessoa de Carvalho, A., Salinas, J., Tricárico, H., Valdés, P., Moreno, A., y Cachapuz, A. (2002)b. Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11:557 – 571.
- Gil, D. y Martinez, J. (1987). Los programas - guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, (3):3–12.
- Gil-Flores, J., Rodríguez-Gómez, G., y García-Jiménez, E. (1999). Metodología de la investigación cualitativa. *Málaga: Aljibe*.
- Gilbert, J. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*, 14(5):563–578.
- Gilbert, J. (1995). Educación tecnológica: Una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1):15–24.
- Gilbert, J., Boulter, C., y Elmer, R. (2000). *Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education*, págs. 3–17. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Gilbert, J. y Stocklmayer, S. (2001). The design of interactive exhibits to promote the making of meaning. *Museum Management and Curatorship*, 19(1):41–50.

- Gliner, J. (1994). Reviewing qualitative research: Proposed criteria for fairness and rigor. *The Occupational Therapy Journal of Research*, 14(2):78–92.
- Gomez-Sacristan, A., Sempere-Paya, V., y Rodriguez-Hernandez, M. (2016). Virtual laboratory for qos study in next-generation networks with metro ethernet access. *IEEE Transactions on Education*, 59(3):187–193.
- González, M. (2002). Aspectos éticos de la investigación cualitativa. *Revista Iberoamericana de educación*, 29:85–104.
- Gómez, G., Ramírez, J., y Gómez, R. (2018). Documento de área de sistemas de comunicaciones - Licenciatura en Electrónica - Universidad Pedagógica Nacional.
- Gómez, J., Moragón, M., Cañete, D., Quesada, F., y Álvarez, A. (2007). Oscilador de microondas por generación de armónicos para facilitar el aprendizaje de circuitos de alta frecuencia. *IEEE Sociedad de Educación: capítulos Español, Portugués y Colombiano*, págs. 87–94.
- Hacking, I. (1996). *Representar e Intervenir*. Seminario de problemas científicos y filosóficos. Instituto de investigaciones filosóficas. Traducción de García S.
- Halkier, B. (2010). Focus groups as social enactments: integrating interaction and content in the analysis of focus group data. *Qualitative research*, 10(1):71–89.
- Hannes, K., Lockwood, C., y Pearson, A. (2010). A comparative analysis of three online appraisal instruments' ability to assess validity in qualitative research. *Qualitative health research*, 20(12):1736–1743.
- Hardy, A. (2018). Using design fiction to teach new and emerging technologies in england. *Technology and Engineering Teacher*, 78(4):16–20.
- Hassler, S. (2016). STEM crisis? What about the STS crisis?, Science, Technology, and Society programs will become more effective if they are embraced by scientists and engineers. *IEEE Spectrum*, (8):8.
- Hautchinson, C. y Straw, D. (2002). *Simple and Fun Antennas for Hams*. ARRL The national association for Amateur Radio, first ed^{ón}.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P., y Casas, M. (2010). *Metodología de la investigación*, tomo 1, cap. Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias, págs. 2–23. Mcgraw-hill México, 5 ed^{ón}.
- Herro, D., Quigley, C., y Jacques, L. A. (2018). Examining technology integration in middle school steam units. *Technology, Pedagogy and Education*, 27(4):485–498.
- Işık, A. (2018). Use of technology in constructivist approach. *Educational Research and Reviews - Academic Journals*, 13(21):704–711.
- Johnk, C. (1975). *Engineering Electromagnetic Fields & Waves*. John Wiley & Sons Inc.
- Johnson, D. E. (2006). *Basic electric circuit analysis*. John Wiley & Sons, Inc.

- Jones, A., Bunting, C., y de Vries, M. (2013). The developing field of technology education: a review to look forward. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2):191–212.
- Junyent, A. (1997). Educación tecnológica y tecnología. *PENSAMIENTO EDUCATIVO*, 20:1 – 13.
- Justi, R. S. y Gilbert, J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4):369–387.
- Kaçar, S. y Bayılmış, C. (2013). A web-based educational interface for an analog communication course based on matlab builder ne with webfigures. *IEEE Transactions on Education*, 56(3):346–354.
- Kuhn, T. (1996). *La tensión esencial: estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, cap. La tradición matemática y la tradición experimental en el desarrollo de la física., págs. 56 – 89. Fondo de cultura económica.
- Larrosa, J. (2003). La experiencia y sus lenguajes (conferencia). *Serie encuentros y seminarios*.
- Latorre, A., del Rincón, D., y Arnal, J. (2003). *Bases metodológicas de la investigación educativa*, cap. Aproximación conceptual a la metodología constructivista cualitativa, págs. 199–224. Ediciones Experiencia, 1 ed^{ón}.
- Laut, J., Bartolini, T., y Porfiri, M. (2015). Bioinspiring an interest in stem. *IEEE Transactions on Education*, 58(1):48–55.
- Leech, N. y Onwuegbuzie, A. (2009). A typology of mixed methods research designs. *Quality & quantity*, 43(2):265–275.
- Leppavirta, J., Kettunen, H., y Sihvola, A. (2011). Complex problem exercises in developing engineering students' conceptual and procedural knowledge of electromagnetics. *IEEE Transactions on Education*, 54(1):63–66.
- Lincoln, Y. S. (1995). Emerging criteria for quality in qualitative and interpretive research. *Qualitative inquiry*, 1(3):275–289.
- Linn, M. C. (1988). Perspectives for research in science teaching: Using the computer as laboratory partner.
- Linn, Y. (2012). An ultra low cost wireless communications laboratory for education and research. *IEEE Transactions on Education*, 55(2):169–179.
- Llinás, R. (2000). *El reto: Educación ciencia y tecnología*. Tercer mundo editores – Cambio.
- Lumori, M. y Kim, E. (2010). Engaging students in applied electromagnetics at the university of san diego. *IEEE Transactions on Education*, 53(3):419–429.
- Machanic, P. (2003). Principles versus artifacts in computer science curriculum design. *Computers & Education*, 41(2):191–201.

- Malagón, J., Sandoval, S., y Ayala, M. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis filosófica*, (36):119 – 138.
- Maldonado, L. y Maldonado, P. (2000). *La investigación educativa y pedagógica en Colombia. Balance de una década. Nuevas tecnologías aplicadas a la educación. Estado del arte de la investigación 1990 – 1999*, tomo 2 de *Memorias seminario nacional - SOCOLPE*. Colciencias.
- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., y Roberts, K. (2013). *STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. Final report*. Australian Council of Learned Academies.
- Martínez, C. (2018). Proposals on school knowledge around curriculum orientations for the nature sciences teaching in bogotá. *Educação Unisinos*, 22(1):53.
- Martínez, M., Varela, P., Ezquerra, A., y Sotres, F. (2013). Las unidades didácticas escolares, basadas en competencias, como eje estructurante de la didáctica de la física y didáctica de la química para la formación inicial de profesores de secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, págs. 616–629.
- Martínez, P. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & gestión*, (20).
- Martínez, A. (2004). *De la escuela expansiva a la escuela competitiva, dos modos de modernización en América Latina*. 5. Antropos, primera ed^{ón}.
- Martínez, S. (1995). La autonomía de las tradiciones experimentales como problema epistemológico. *Crítica; Revista hispanoamericana de filosofía*, 27(80):3 – 48.
- Martínez, S. y Suarez, E. (2008). *Ciencia y Tecnología en sociedad: El cambio tecnológico con miras a una sociedad democrática*. Limusa Editores - Grupo Noriega editores., primera ed^{ón}.
- Marulcu, I. y Barnett, M. (2016). Impact of an engineering design-based curriculum compared to an inquiry-based curriculum on fifth graders' content learning of simple machines. *Research in Science & Technological Education*, 34(1):85–104.
- Marín, H., Gómez, R., y Ramírez, J. (2009). Percepción de la evaluación en asignaturas teórico - prácticas por los estudiantes de Licenciatura en Electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional. *Cátedra Agustín Nieto Caballero, Transformación de la educación superior, interrogantes para el profesor, cuarta versión*.
- Marín-Sanabria, H., Ramírez-Cano, J., y Rivera-Pinzón, D. (2018). Systematization of an assessment proposal in theoretical - practical subjects for a teachers' training program in electronics, technology and computer science. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(17):1–6.
- Mason, J. (2006). Mixing methods in a qualitatively driven way. *Qualitative research*, 6(1):9–25.
- Matthys, R. (1992). *Crystal oscillator circuits*. Krieger Publishing Company.

- Mauceri, S. (2016). Integrating quality into quantity: survey research in the era of mixed methods. *Quality & Quantity*, 50(3):1213–1231.
- McDermott, L. (1991). Millikan lecture 1990: What we teach and what is learned - closing the gap. *American Journal of Physics*, 59(4):301 – 315.
- Mehrotra, S., Khunyakari, R., Natarajan, C., y Chunawala, S. (2009). Collaborative learning in technology education: D&t unit on puppetry in different indian socio-cultural contexts. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(1):1–14.
- MEN,. (1996)a. *Programa de educación en tecnología para el siglo XXI, PET-21*. Imprenta Nacional.
- MEN,. (1996)b. *Resolución 2343 de junio 5 de 1996, por la cual se adopta un diseño de lineamientos generales de los procesos curriculares del servicio público educativo y se establecen los indicadores de logros curriculares para la educación formal*. Imprenta Nacional.
- MEN,. (2006). *Estándares básicos de competencias en Tecnología e Informática, Ser competente en tecnología ¡Una necesidad para el desarrollo! Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Imprenta Nacional.
- MEN,. (2008). *Ser competente en tecnología: ¡una necesidad para el desarrollo!; orientaciones generales para la educación en tecnología*, tomo 30 de *Guías*. Imprenta Nacional.
- MEN,. (2012). *Políticas y sistema colombiano de formación y desarrollo profesional docente*. Imprenta Nacional.
- MEN,. (2014). *Evaluación de competencias para el ascenso o reubicación de nivel salarial en el Escalafón de Profesionalización Docente de los docentes y directivos docentes regidos por el Decreto Ley 1278 de 2002*. Imprenta Nacional.
- MEN,. (2016). *Informe nacional de resultados Saber Pro 2012 - 2015*. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES).
- Mitchell, J., Canavan, B., y Smith, J. (2010). Problem-based learning in communication systems: Student perceptions and achievement. *IEEE Transactions on Education*, 53(4):587–594.
- Mohan, A., Merle, D., Jackson, C., Lannin, J., y Nair, S. (2010). Professional skills in the engineering curriculum. *IEEE Transactions on Education*, 53(4):562–571.
- Mora, W. (2015). Desarrollo de capacidades y formación en competencias ambientales en el profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (38):185 – 203.
- Mora, W. (2018). *Research strategy, culture development and Doctoral Support: Tools and Techniques for Latin American Universities*, cap. La Metodología de Investigación en Tesis Doctorales: El caso de la línea “Inclusión de la Dimensión Ambiental en la Educación en Ciencias”, págs. 162–184. Latin American University Research and Doctoral Support LAURDS.

- Mora, W. y García, Á. (1998). La resolución de problemas: una línea prioritaria de investigación en la enseñanza de las ciencias. parte a. *Revista Educativa Volunt@d*, págs. 14–19.
- Mora, W. y García, Á. (1998). La resolución de problemas: una línea prioritaria de investigación en la enseñanza de las ciencias. parte b. *Revista Educativa Volunt@d*, págs. 20–30.
- Moran-Ellis, J., Alexander, V., Cronin, A., Dickinson, M., Fielding, J., Slaney, J., y Thomas, H. (2006). Triangulation and integration: processes, claims and implications. *Qualitative research*, 6(1):45–59.
- Moreno, L. y Waldegg, G. (1998). La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: ¿Coincidencia o complementariedad? *Revista investigación didáctica, enseñanza de las ciencias*, 16(3):421 – 429.
- Mulligan, J. (1994). *Heinrich Rudolf Hertz, A collection of articles and addresses*. Garland Publishing Inc.
- Munevar, P. (2013). La investigación en educación en tecnología desde el enfoque de la cultura tecnológica. *Revista de investigaciones UNAD*, 2(1):63–86.
- Neamen, D. (2001). *Electronic circuit analysis and design*, tomo 2. McGraw-Hill.
- Nelson, J. (2017). Using conceptual depth criteria: addressing the challenge of reaching saturation in qualitative research. *Qualitative research*, 17(5):554–570.
- Nikolic, S. (2014). Training laboratory: Using online resources to enhance the laboratory learning experience. En *2014 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*, págs. 51–54.
- Notaroš, B. (2013). Geometrical approach to vector analysis in electromagnetics education. *IEEE Transactions on Education*, 56(3):336–345.
- Ntemngwa, C. y Oliver, S. (2018). The implementation of integrated science technology, engineering and mathematics (stem) instruction using robotics in the middle school science classroom. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(1):12–40.
- Öchsner, A. (2013). *Introduction to scientific publishing: backgrounds, concepts, strategies*. Springer.
- Oleinik, A. (2011). Mixing quantitative and qualitative content analysis: Triangulation at work. *Quality & Quantity*, 45(4):859–873.
- Oleinik, A., Popova, I., Kirdina, S., y Shatalova, T. (2014). On the choice of measures of reliability and validity in the content-analysis of texts. *Quality & Quantity*, 48(5):2703–2718.
- Olivé, L. y Pérez, A. (2005). *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. Siglo XXI Editores and Instituto de Investigaciones Filosóficas, Universidad Autónoma de México.
- Onwuegbuzie, A. y Collins, K. (2007). A typology of mixed methods sampling designs in social science research. *The qualitative report*, 12(2):281–316.

- Onwuegbuzie, A. y Leech, N. (2007)a. A call for qualitative power analyses. *Quality & Quantity*, 41(1):105–121.
- Onwuegbuzie, A. y Leech, N. (2007)b. Validity and qualitative research: An oxymoron? *Quality & Quantity*, 41(2):233–249.
- Ortega y Gasset, J. (1939). *Meditación de la técnica*. Revista de occidente.
- Osuna, L. (2007). *Planificación, puesta en práctica y evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la educación secundaria obligatoria*. Tesis Doctoral, Universitat de Valencia; Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales.
- Oviedo, H. y Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de cronbach. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(4):572–580.
- O'Connor, A., Seery, N., y Canty, D. (2018). The experiential domain: Developing a model for enhancing practice in d&t education. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(1):85–99.
- O'reilly, M. y Parker, N. (2013). 'unsatisfactory saturation': a critical exploration of the notion of saturated sample sizes in qualitative research. *Qualitative research*, 13(2):190–197.
- Parga, D. y Mora, W. (2000). Los trabajos prácticos de laboratorio. *Distritalia*, 2(1):94–107.
- Pešaković, D., Flogie, A., y Aberšek, B. (2014). Development and evaluation of a competence-based teaching process for science and technology education. *Journal of Baltic Science Education*, 13(5):740–755.
- Petrina, S. (2008). The educational technology is technology education manifesto. *Journal of Technology Education*, 20(1).
- Piaget, J. (1970). *La epistemología genética*. Barcelona: A. Redondo.
- Poland, B. (1995). Transcription quality as an aspect of rigor in qualitative research. *Qualitative inquiry*, 1(3):290–310.
- Poortman, C. y Schildkamp, K. (2012). Alternative quality standards in qualitative research? *Quality & Quantity*, 46(6):1727–1751.
- Pozo, J. (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio computacional. *Enseñanza de las ciencias*, 17(3):513 – 520.
- Pozuelos, F. (1997). Unidades didácticas y dinámica del aula. En *Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa*, págs. 133–162. Díada Editora.
- Priem, F., De Craemer, R., Pedreschi, F., Zimmer, T., Sałghi, S., y Lilja, J. (2011). E-Learning in science and technology via a common learning platform in a lifelong learning project. *European Journal of Open, Distance and e-Learning*.

- Páramo, P. (2013). *La investigación en ciencias sociales: Estrategias de investigación*, cap. La falsa dicotomía entre investigación cuantitativa y cualitativa; Técnicas de muestreo para investigaciones sociales; La investigación - acción educativa: Origen y tendencias., págs. 23 – 32; 33 – 44; 269 – 292. Universidad Piloto de Colombia, segunda ed^{ón}.
- Ramírez, A., Escalantes, M., y León, A. (2008). La educación en tecnología: Un reto para la educación básica venezolana. *Educere*, 12(43):731 – 740.
- Ramírez, J. (2013). Methodology and evaluation alternative in the telecommunications systems subject. En *Centro Internacional de Investigación Científica en Telecomunicaciones, Tecnologías de las Información y las Comunicaciones CITIC*.
- Ramírez, J. (2016). De la educación técnica a la educación en tecnología, un recorrido de la política pública. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Extraordinario):746 – 752.
- Ramírez, J. (2017)a. Antecedentes Frontiers In Education. Material difundido abiertamente con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Ramírez, J. (2017)b. Consulta Resultados Tesis Doctorales. Material difundido abiertamente con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Ramírez, J. (2017)c. Información Bases de datos y Estadísticas. Material difundido abiertamente con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Ramírez, J. (2017)d. Matriz Analítica del Contenido. Material difundido abiertamente con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Ramírez, J. (2017)e. Matriz Bibliográfica de Descriptores Raes. Material difundido abiertamente con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Ramírez, J. y Mora, W. (2015). Educational tool for the qualitative analysis of electric field phenomenon. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(18):1–4.
- Ramírez, J. y Mora, W. (2018). El diseño de instrumentos científicos como articulador de la educación en ciencias y la educación en tecnología. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, (Extraordinario):1–6.
- Ramírez, J. y Mora, W. (2019). Epistemological reflection of science and technology leading to the integration of science, technology and engineering. *International Journal of Applied Engineering Research*, 14(1):212–219.
- Rapley, T. J. (2001). The art (fulness) of open-ended interviewing: some considerations on analysing interviews. *Qualitative research*, 1(3):303–323.
- Reiner, M. y Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22(5):489–506.

- Richardson, R. y Kramer, E. H. (2006). Abduction as the type of inference that characterizes the development of a grounded theory. *Qualitative Research*, 6(4):497–513.
- Ritz, J. y Fan, S.-C. (2015). Stem and technology education: international state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(4):429–451.
- Rivera-Pinzón, D., Ramírez-Cano, J., y Marín-Sanabria, H. (2018). Educational tool for the qualitative analysis of electric circuits. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(8):1–7.
- Roith, C. (2006). La teoría crítica en la teoría educativa y los diseños curriculares de wolfgang klafki. *Introducción: La teoría crítica y las ciencias de la educación*. Madrid. Universidad de Alcalá.
- Romero, Á. y Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico; un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Investigación / Educación. Universidad de Antioquia.
- Roulston, K. (2010). Considering quality in qualitative interviewing. *Qualitative research*, 10(2):199–228.
- Sadiku, M. (2010). *Elementos de Electromagnetismo*. Alfaomega Grupo Editor, S.A., 3 ed^{ón}.
- Salas-Rueda, R. (2018). Uso del modelo tpack como herramienta de innovación para el proceso de enseñanza-aprendizaje en matemáticas. *Perspectiva educacional*, 57(2):3–26.
- Sale, J., Lohfeld, L., y Brazil, K. (2002). Revisiting the quantitative-qualitative debate: Implications for mixed-methods research. *Quality and quantity*, 36(1):43–53.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, págs. 20 – 26.
- Sanders, M. (2015). The original “integrative stem education” definition: Explained. *Virginia Tech*.
- Santiago-Delefosse, M., Bruchez, C., Gavin, A., Stephen, S., y Roux, P. (2015). Complexity of the paradigms present in quality criteria of qualitative research grids. *Sage Open*, 5(4):1–13.
- Saunders, B., Sim, J., Kingstone, T., Baker, S., Waterfield, J., Bartlam, B., Burroughs, H., y Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research: exploring its conceptualization and operationalization. *Quality & quantity*, 52(4):1893–1907.
- Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las ciencias*, 28(1):5 – 18.
- Savant, C., Roden, M., y Carpenter, G. (1991). *Electronic design: circuits and systems*. Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Sayago, S. (2015). The construction of qualitative and quantitative data using discourse analysis as a research technique. *Quality & Quantity*, 49(2):727–737.
- SED, B. (2006)a. *Conformación de ambientes de aprendizaje para el área de Tecnología e Informática. Informe y compendio de experiencias*. Estudios y Avances. Secretaría de Educación del Distrito.

- SED, B. (2006)b. *Orientaciones Para la Construcción de una Política Distrital de Educación en Tecnología. Área de Tecnología e Informática En la Educación Básica*. Estudios y Avances. Secretaría de Educación del Distrito.
- SED, B. (2007). *Orientaciones para la Conformación de Ambientes para el Aprendizaje de la Tecnología*. Estudios y Avances. Secretaría de Educación del Distrito.
- SED, B. (2009). *Propuesta de orientaciones para el desarrollo curricular del área de tecnología e informática en colegios distritales. Transformaciones pedagógicas para mejorar la calidad de la educación*. Secretaría de Educación del Distrito.
- SED, B. (2015). *Bogotá D.C. Caracterización del sector educativo 2015*. Secretaría de Educación del Distrito.
- SED, B. y Ático de la Pontificia Universidad Javeriana, C. (2015). *Usos y apropiación de la tecnología en los colegios distritales: Proyecto C4 Ciencia y tecnología para Crear, Colaborar y Compartir*. CONVENIO DE ASOCIACIÓN 1979 DE 2015. Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá Humana.
- SED, M. (2014). *El plan de área de Tecnología e Informática*. Documento 10. Impresos Begon S.A.S. y SEDM (Secretaría de Educación, Alcaldía de Medellín).
- Sedra, A. S. y Smith, K. C. (2016). *Microelectronic circuits*. Oxford University Press New York.
- Seoane, J. (2010). Max Weber, educación para las ciencias y formación democrática. *Revista de ciencias sociales*, (45):1–23.
- Shakouri, P., Ordys, A., y Collier, G. (2013). Teaching model predictive control algorithm using starter kit robot. *Engineering Education*, 8(2):30–43.
- Shapin, S. y Schaffer, S. (2005). *Leviatán y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental*. Prometeo libros.
- Shumba, O., Kasali, G., Namiluko, Y., Choobe, B., Mbewe, G., Mutondo, M., y Maseka, K. (2016). Re-visioning curriculum and pedagogy in a university science and technology education setting: Case studies interrogating socio-scientific issues. *Southern African Journal of Environmental Education*, 32(1):121–132.
- Sievers, K. (1999). Toward a direct realist account of observation. *Science and Education*, (8):387–393.
- Sjøberg, S. (2002). Science and technology education: Current challenges and possible solutions. *Innovations in science and technology education*, 8:1–13.
- Smith, P. (2006). *Essential aspects and related academic concepts of an engineering design curriculum in secondary technology education*. Tesis Doctoral, University of Georgia.
- Somerville, M., Smith, G., y Smith, A. (2008). The ets iskillstm assessment: a digital age tool. *The Electronic Library*, 26(2):158–171.

- Spaan, W. y van den Berg, E. (2017). Teacher's design of practical work. En *Key Competences in Physics Teaching and Learning*, págs. 203–214. Springer.
- Stokes, N. (2010). *Technology integration for preservice science teacher educators*. Tesis Doctoral, University of South Florida, <http://scholarcommons.usf.edu/etd/1782/>.
- Sánchez, G. y Valcárcel, M. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Investigación y experiencias didácticas*, (11(1)):33–44.
- Tartarini, G., Barbiroli, M., Fuschini, F., Degli, V., y Masotti, D. (2013). Consolidating the electromagnetic education of graduate students through an integrated course. *IEEE Transactions on Education*, 56(4):416–423.
- Taub, L. (2009). On scientific instruments. *Studies in history and philosophy of science*, (40):337–343.
- Teodorescu, R., Bennhold, C., Feldman, G., y Medsker, L. (2014). Curricular reforms that improve students' attitudes and problem-solving performance. *European Journal of Physics Education*, 5(1):15–44.
- Theyßen, H., Schecker, H., Gut, C., Hopf, M., Kuhn, J., Labudde, P., Müller, A., Schreiber, N., y Vogt, P. (2014). Modelling and assessing experimental competencies in physics. En Bruguière, C., Tiberghien, A., y Clément, P., eds., *Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions*, págs. 321–337. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Thompson, K., Chmielewski, J., Gaines, M., Hrycyna, C., y LaCourse, W. (2013). Competency-based reforms of the undergraduate biology curriculum: Integrating the physical and biological sciences. *CBE-Life Sciences Education*, 12(2):162–169.
- Tobón, S. (2006). Aspectos básicos de la formación basada en competencias. *Proyecto Mesesup*, págs. 1–16.
- Tójar, J. (2006). *Investigación cualitativa: comprender y actuar*, cap. Disciplinas, paradigmas y tradiciones. Tradiciones y métodos en la investigación cualitativa. Proceso de investigación, págs. 84–219. Editorial La Muralla.
- Torres, G., Guerrero, J., et al. (2015). *El currículo de Ciencias Naturales en Colombia, Segunda Mitad del Siglo XX: Transformaciones, Permanencias y Rupturas*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Torretti, R. (2012). Fenomenotecnia y conceptualización en la epistemología de Gaston Bachelard. *Theoria; Revista de teoría, historia y fundamentos de la ciencia.*, 27(1):97 – 114.
- Tracy, S. J. (2010). Qualitative quality: Eight “big-tent” criteria for excellent qualitative research. *Qualitative inquiry*, 16(10):837–851.
- UPN,. (2014). *Plan de Desarrollo Institucional 2014 – 2019 : Una universidad comprometida con la formación de maestros para una Colombia en paz*. Universidad Pedagógica Nacional (UPN).

- UPN,. (2015). *Informe de autoevaluación institucional: Una universidad comprometida con la formación de maestros para una Colombia en paz*. Universidad Pedagógica Nacional.
- UPN,. (2018). Plan de acción y de mejoramiento institucional 2018 - v04. Inf. téc., Universidad Pedagógica Nacional (UPN).
- Vallejo, S. (2014). *Las competencias científicas en la política educativa colombiana: Privilegio de la perspectiva parcial al estudiar su ensamblaje desde los Estudios Sociales de la Ciencia*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Nacional de Colombia. PhD Tania Pérez Bustos (Directora).
- Vásquez, A., Acevedo, J., y Manassero, M. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2):1–30.
- Verd, J. y Lozares, C. (2016). *Introducción a la investigación cualitativa. Fases, métodos y técnicas A LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. FASES, MÉTODOS Y TÉCNICAS*, cap. Las estrategias metodológicas en la investigación cualitativa. El proceso de la investigación cualitativa y sus fases. La pregunta de investigación y la preparación del estudio., págs. 43–111. Editorial Síntesis.
- Vivas, C. (2017)a. Amplificadores de potencia y tipos de amplificadores. techreport, Universidad Pedagógica Nacional, Área de Diseño Electrónico.
- Vivas, C. (2017)b. Electrónica Análoga III - Teoría general de retroalimentación. techreport, Universidad Pedagógica Nacional, Área de Diseño Electrónico.
- Vygotsky, L. et al. (2008). *Pensamento e linguagem*. Edição eletrônica: Ed Ridendo Castigat Mores.
- Wandersee, J., Mintzes, J., y Novak, J. (1994). *Research on alternative conceptions in science; Handbook of Research on Science Teaching and Learning, A project of the National Science Teachers Association*. 36. Gabel D. L. Editions.
- Wang, T.-L. y Lien, Y.-H. (2013). The power of using video data. *Quality & Quantity*, 47(5):2933–2941.
- White, R. y Richard, G. (1999). *Probing Understanding*, cap. The nature of understanding, págs. 1 – 15. Routledge.
- Whittemore, R., Chase, S., y Mandle, C. (2001). Validity in qualitative research. *Qualitative health research*, 11(4):522–537.
- Wibeck, V., Dahlgren, M., y Öberg, G. (2007). Learning in focus groups: An analytical dimension for enhancing focus group research. *Qualitative research*, 7(2):249–267.
- Wicklein, R., Smith Jr, P., y Kim, S. (2009). Essential concepts of engineering design curriculum in secondary technology education. *Journal of Technology Education*, 20(2):65–80.
- Wiek, A., Withycombe, L., y Redman, C. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability science*, 6(2):203–218.

- Williams, P. (2013). *Technology education for teachers*. Springer Science & Business Media.
- Williams, P. (2016). Research in technology education: looking back to move forward . . . again. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(2):149–157.
- Williams, P. et al. (2000). Case studies of multidisciplinary approaches to integrating mathematics, science, & technology education. *Journal of Technology Education (spring 2000)*, 11(2):48–60.
- Wrigley, C. y Straker, K. (2017). Design thinking pedagogy: The educational design ladder. *Innovations in Education and Teaching International*, 54(4):374–385.
- Yin, R. (2003). *Case study research: Design and methods*, tomo 5 (Applied Social Research Methods Series). Sage publications, third ed^{ón}.
- Young, M. (2016). El futuro de la educación en una sociedad del conocimiento: el argumento radical en defensa de un currículo centrado en materias. *Pedagogía y saberes*, (45):79–88.
- Zill, D. (2006). *Differential equations with modeling applications*. Thomson, 8 ed^{ón}.
- Zuluaga, O., Echeverry, A., Martínez, A., Stella, R., y Humberto, Q. (1988). Pedagogía, didáctica enseñanza. *Educación Informal...Castigo informal*, págs. 10–11.

Referencias de Estado de arte

- Aliakbarian, H., Soh, P., Farsi, S., Xu, H., Van Lil, E., Nauwelaers, B., Vandenbosch, G., y Schreurs, D. (2014). Implementation of a project-based telecommunications engineering design course. *IEEE Transactions on Education*, 57(1):25–33.
- Bowen, G. (2008). Naturalistic inquiry and the saturation concept: a research note. *Qualitative research*, 8(1):137–152.
- Cagiltay, N., E., A., Aydin, C., y Kara, M. A. and Alexandru. (2011). Seven principles of instructional content design for a remote laboratory: A case study on errl. *IEEE Transactions on Education*, 54(2):320–327.
- Carvajal, G. (2013). *Notas para un pensamiento sobre la condición tecnológica de occidente*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Pedagógica Nacional. Tesis de Maestría.
- Consonni, D. y Silva, M. (2010). Signals in communication engineering history. *IEEE Transactions on Education*, 53(4):621–630.
- Corlu, S., Capraro, R., y Capraro, M. (2014). Introducing stem education: implications for educating our teachers for the age of innovation. *Egitim ve Bilim*, 39(171).
- Couto, J. y Romão, C. (2009). A project based learning case study development of a didactic equipment for groundwater flow problems. En *Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, pág. 246.
- Cubillo, J., Martin, S., Castro, M., y Boticki, I. (2015). Preparing augmented reality learning content should be easy: Uned arle—an authoring tool for augmented reality learning environments. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(5):778–789.
- Davies, T. y Gilbert, J. (2003). Modelling: Promoting creativity while forging links between science education and design and technology education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 3(1):67–82.
- Delgado-Hurtado, C., Rengifo-Rodas, C., Osorio-Marulanda, C., y Mosquera-Restrepo, J. (2016). The perception of colombians about science and technology according to their education level: professional and non-professional population. *Revista Facultad de Ingeniería*, (80):21–30.

- Fazio, C., Battaglia, O., Di Paola, B., y Persano, D. (2017). Analysing the conceptions on modelling of engineering undergraduate students: A case study using cluster analysis. En *Key Competences in Physics Teaching and Learning: Selected Contributions from the International Conference GIREP EPEC 2015, Wrocław Poland, 6–10 July 2015*, págs. 79–94. Springer International Publishing, Cham.
- Fingeld-Connett, D. (2014). Use of content analysis to conduct knowledge-building and theory-generating qualitative systematic reviews. *Qualitative Research*, 14(3):341–352.
- Frolik, J. (2007). Implementation of handheld, rf test equipment in the classroom and the field. *IEEE Transactions on Education*, 50(3):182–187.
- Gilbert, J. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*, 14(5):563–578.
- Gilbert, J., Boulter, C., y Elmer, R. (2000). *Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education*, págs. 3–17. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Gilbert, J. y Stocklmayer, S. (2001). The design of interactive exhibits to promote the making of meaning. *Museum Management and Curatorship*, 19(1):41–50.
- Gomez-Sacristan, A., Sempere-Paya, V., y Rodriguez-Hernandez, M. (2016). Virtual laboratory for qos study in next-generation networks with metro ethernet access. *IEEE Transactions on Education*, 59(3):187–193.
- Gómez, J., Moragón, M., Cañete, D., Quesada, F., y Álvarez, A. (2007). Oscilador de microondas por generación de armónicos para facilitar el aprendizaje de circuitos de alta frecuencia. *IEEE Sociedad de Educación: capítulos Español, Portugués y Colombiano*, págs. 87–94.
- Jones, A., Bunting, C., y de Vries, M. (2013). The developing field of technology education: a review to look forward. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2):191–212.
- Justi, R. S. y Gilbert, J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4):369–387.
- Kaçar, S. y Bayılmış, C. (2013). A web-based educational interface for an analog communication course based on matlab builder ne with webfigures. *IEEE Transactions on Education*, 56(3):346–354.
- Laut, J., Bartolini, T., y Porfiri, M. (2015). Bioinspiring an interest in stem. *IEEE Transactions on Education*, 58(1):48–55.

- Leppavirta, J., Kettunen, H., y Sihvola, A. (2011). Complex problem exercises in developing engineering students' conceptual and procedural knowledge of electromagnetics. *IEEE Transactions on Education*, 54(1):63–66.
- Linn, Y. (2012). An ultra low cost wireless communications laboratory for education and research. *IEEE Transactions on Education*, 55(2):169–179.
- Lumori, M. y Kim, E. (2010). Engaging students in applied electromagnetics at the university of san diego. *IEEE Transactions on Education*, 53(3):419–429.
- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., y Roberts, K. (2013). *STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. Final report*. Australian Council of Learned Academies.
- Mitchell, J., Canavan, B., y Smith, J. (2010). Problem-based learning in communication systems: Student perceptions and achievement. *IEEE Transactions on Education*, 53(4):587–594.
- Mohan, A., Merle, D., Jackson, C., Lannin, J., y Nair, S. (2010). Professional skills in the engineering curriculum. *IEEE Transactions on Education*, 53(4):562–571.
- Mora, W. (2015). Desarrollo de capacidades y formación en competencias ambientales en el profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (38):185 – 203.
- Mora, W. (2018). *Research strategy, culture development and Doctoral Support: Tools and Techniques for Latin American Universities*, cap. La Metodología de Investigación en Tesis Doctorales: El caso de la línea “Inclusión de la Dimensión Ambiental en la Educación en Ciencias”, págs. 162–184. Latin American University Research and Doctoral Support LAURDS.
- Moran-Ellis, J., Alexander, V., Cronin, A., Dickinson, M., Fielding, J., Slaney, J., y Thomas, H. (2006). Triangulation and integration: processes, claims and implications. *Qualitative research*, 6(1):45–59.
- Nikolic, S. (2014). Training laboratory: Using online resources to enhance the laboratory learning experience. En *2014 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*, págs. 51–54.
- Notaroš, B. (2013). Geometrical approach to vector analysis in electromagnetics education. *IEEE Transactions on Education*, 56(3):336–345.
- Öchsner, A. (2013). *Introduction to scientific publishing: backgrounds, concepts, strategies*. Springer.
- Oleinik, A. (2011). Mixing quantitative and qualitative content analysis: Triangulation at work. *Quality & Quantity*, 45(4):859–873.

- Parga, D. y Mora, W. (2000). Los trabajos prácticos de laboratorio. *Distritalia*, 2(1):94–107.
- Pešaković, D., Flogie, A., y Aberšek, B. (2014). Development and evaluation of a competence-based teaching process for science and technology education. *Journal of Baltic Science Education*, 13(5):740–755.
- Petrina, S. (2008). The educational technology is technology education manifesto. *Journal of Technology Education*, 20(1).
- Priem, F., De Craemer, R., Pedreschi, F., Zimmer, T., Sałghi, S., y Lilja, J. (2011). E-Learning in science and technology via a common learning platform in a lifelong learning project. *European Journal of Open, Distance and e-Learning*.
- Ramírez, J. (2017)a. Antecedentes Frontiers In Education. Material difundido abiertamente en google drive con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Ramírez, J. (2017)b. Consulta Resultados Tesis Doctorales. Material difundido abiertamente en google drive con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Ramírez, J. (2017)c. Información Bases de datos y Estadísticas. Material difundido abiertamente en google drive con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Ramírez, J. (2017)d. Matriz Analítica del Contenido. Material difundido abiertamente en google drive con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Ramírez, J. (2017)e. Matriz Bibliográfica de Descriptores Raes. Material difundido abiertamente en google drive con el ánimo de aportar elementos de fiabilidad a la investigación.
- Reiner, M. y Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22(5):489–506.
- Ritz, J. y Fan, S.-C. (2015). Stem and technology education: international state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(4):429–451.
- Romero, Á. y Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico; un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Investigación / Educación. Universidad de Antioquia.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, págs. 20 – 26.
- Sanders, M. (2015). The original “integrative stem education” definition: Explained. *Virginia Tech*.
- Sayago, S. (2015). The construction of qualitative and quantitative data using discourse analysis as a research technique. *Quality & Quantity*, 49(2):727–737.

- Shakouri, P., Ordys, A., y Collier, G. (2013). Teaching model predictive control algorithm using starter kit robot. *Engineering Education*, 8(2):30–43.
- Shumba, O., Kasali, G., Namiluko, Y., Choobe, B., Mbewe, G., Mutondo, M., y Maseka, K. (2016). Re-visioning curriculum and pedagogy in a university science and technology education setting: Case studies interrogating socio-scientific issues. *Southern African Journal of Environmental Education*, 32(1):121–132.
- Sjøberg, S. (2002). Science and technology education: Current challenges and possible solutions. *Innovations in science and technology education*, 8:1–13.
- Somerville, M., Smith, G., y Smith, A. (2008). The ets iskillstm assessment: a digital age tool. *The Electronic Library*, 26(2):158–171.
- Spaan, W. y van den Berg, E. (2017). Teacher's design of practical work. En *Key Competences in Physics Teaching and Learning*, págs. 203–214. Springer.
- Stokes, N. (2010). *Technology integration for preservice science teacher educators*. Tesis Doctoral, University of South Florida, <http://scholarcommons.usf.edu/etd/1782/>.
- Tartarini, G., Barbiroli, M., Fuschini, F., Degli, V., y Masotti, D. (2013). Consolidating the electromagnetic education of graduate students through an integrated course. *IEEE Transactions on Education*, 56(4):416–423.
- Theyßen, H., Schecker, H., Gut, C., Hopf, M., Kuhn, J., Labudde, P., Müller, A., Schreiber, N., y Vogt, P. (2014). Modelling and assessing experimental competencies in physics. En Bruguière, C., Tiberghien, A., y Clément, P., eds., *Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions*, págs. 321–337. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Thompson, K., Chmielewski, J., Gaines, M., Hrycyna, C., y LaCourse, W. (2013). Competency-based reforms of the undergraduate biology curriculum: Integrating the physical and biological sciences. *CBE-Life Sciences Education*, 12(2):162–169.
- Tójar, J. (2006). *Investigación cualitativa: comprender y actuar*, cap. Disciplinas, paradigmas y tradiciones. Tradiciones y métodos en la investigación cualitativa. Proceso de investigación, págs. 84–219. Editorial La Muralla.
- Williams, P. (2013). *Technology education for teachers*. Springer Science & Business Media.
- Williams, P. (2016). Research in technology education: looking back to move forward ... again. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(2):149–157.
- Williams, P. et al. (2000). Case studies of multidisciplinary approaches to integrating mathematics, science, & technology education. *Journal of Technology Education (spring 2000)*, 11(2):48–60.