



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

## Facultad de Educación

LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL APOYADA EN EL USO DE SISTEMAS DE  
ADQUISICIÓN DE DATOS: UNA PROPUESTA TEÓRICO METODOLÓGICA PARA  
FAVORECER LA CONCEPTUALIZACIÓN EN FÍSICA

Trabajo presentado para optar al título de Magíster en Educación en Ciencias Naturales

Línea de investigación en TIC para la Enseñanza de las Ciencias

MÓNICA ELIANA CARDONA ZAPATA

Asesora

Dra. SONIA YANETH LÓPEZ RÍOS

MEDELLÍN

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES

2018



A la profesora Sonia López por su acompañamiento, confianza y cariño; su apoyo incondicional fue fundamental para llevar a cabo esta investigación.

A mi madre, mi padre y mis hermanas, quienes con su paciencia infinita, apoyo y aliento, no me dejaron desfallecer ante el cansancio y el agotamiento.

A mis amigos por su compañía y motivación, por creer en mí para cumplir mis objetivos.

Al Instituto de Física, por abrirme las puertas y brindarme los espacios y equipos necesarios para la ejecución de esta propuesta.

Al profesor Luis Felipe Ramírez, por su disposición y acompañamiento en el diseño de la propuesta, por sus valiosos aportes en el saber disciplinar.

Al profesor Nelson Sánchez, por involucrarse en el diseño de la propuesta, y permitirme compartir con sus estudiantes el desarrollo de las actividades, mediante las cuales fue posible el alcance del objetivo propuesto en esta investigación.

A los maestros en formación de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental que estuvieron en curso de Física Biológica III durante el semestre 2017-1 e hicieron parte activa en la investigación; agradezco su cariño, confianza y aceptación.

A mis evaluadores por valorar mi trabajo, por su disposición y sus importantes apreciaciones.



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

## Facultad de Educación

A la profesora María Mercedes Jiménez, por su cariño, comprensión y apoyo; por creer en que es posible encontrar maneras diferentes para aportar a la formación de los maestros.

Al grupo de investigación Perspectivas de Investigación en Educación en Ciencias (PiEnCias), por respaldar mi investigación y permitirme hacer parte de ellos.

A mis compañeros de maestría, Claudia, Adriana y Esteban, por su compañía en este camino lleno de retos y aprendizajes.

A la Facultad de Educación, por permitirme habitar su espacio desde mi formación inicial, por mostrarme el verdadero sentido de la vocación, del trabajo valioso que se tiene cuando se es maestro, a ella mi gratitud infinita por lo que ha creado en mí durante este tiempo.



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



1.	INTRODUCCIÓN .....	9
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.1.	Propósitos de la investigación .....	24
3.	APROXIMACIONES TEÓRICAS.....	25
3.1.	Construcción de la Revisión de Literatura .....	25
3.1.1.	Teoría de los Campos Conceptuales para la enseñanza de la física .....	29
3.1.2.	Uso de Sistemas de Adquisición de Datos para enseñanza de la física.....	34
3.1.3.	Actividad experimental con uso de TIC en formación de profesores de física .....	41
3.2.	Construcción del Marco Teórico.....	47
3.2.1.	Una mirada a las TIC en la enseñanza de la física .....	47
3.2.2.	La Actividad Experimental en la Formación de Profesores de Física.....	55
3.2.3.	La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud en el ámbito de este trabajo ..	60
3.2.4.	Elementos metodológicos para la implementación de Sistemas de Adquisición de Datos como apoyo a la actividad experimental en la enseñanza de la física.....	64
4.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	74
4.1.	Paradigma y enfoque de la investigación .....	74
4.2.	Acerca del contexto y los participantes del estudio.....	76
4.3.	Sobre los instrumentos y las técnicas elegidas para el registro de la información .....	78
4.3.1.	Observación participante.....	78
4.3.2.	Diario de campo .....	79
4.3.3.	Entrevista semiestructurada.....	80
4.3.4.	Documentos aportados por los estudiantes .....	81
4.4.	Propuesta pedagógico-didáctica.....	83
4.4.1.	Primer momento: diagnóstico o estado inicial .....	84
4.4.2.	Segundo momento: intervención o estado intermedio .....	85
4.4.3.	Tercer momento: evaluación del nivel de conceptualización final .....	89
4.5.	Instrumentos y procedimientos para el análisis de la información.....	91
4.6.	Proceso de construcción de las categorías para el análisis .....	94





---

**Facultad de Educación**

4.6.1.	Conceptualización .....	95
4.6.2.	Concepciones sobre el uso de Sistemas de Adquisición de Datos en la actividad experimental.....	106
4.6.3.	Indicios de apropiación crítica del uso de TIC de los profesores en formación.....	110
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	111
5.1.	Conceptualización .....	111
5.1.1.	Forma operatoria del conocimiento.....	112
5.1.2.	Forma predicativa del conocimiento .....	121
5.2.	Concepciones sobre el uso de Sistemas de Adquisición de Datos en la actividad experimental.....	136
5.2.1.	Sistema de Adquisición de Datos como instrumento de medición .....	136
5.2.2.	Sistema de adquisición de datos para favorecer la representación.....	140
5.2.3.	Valoración del diagrama AVSAD.....	143
5.3.	Indicios de apropiación crítica del uso de TIC de los profesores en formación.....	146
6.	CONSIDERACIONES FINALES .....	153
6.1.	Conclusiones .....	153
6.2.	Recomendaciones y perspectivas futuras de investigación .....	156
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	159
8.	ANEXOS.....	173



Tabla 1. Revistas seleccionadas para la revisión de literatura.....	26
Tabla 2. Categorías para la revisión de literatura .....	28
Tabla 3. Tipos de sensores utilizados en educación básica y media .....	35
Tabla 4. Momentos para la recolección de información en el modelo del proceso cognitivo durante la actividad experimental.....	72
Tabla 5. Categorías para el análisis de resultados .....	94
Tabla 6. Elementos que evidencian las formas de conocimiento de los estudiantes.....	97
Tabla 7. Cualidades que caracterizan los tipos de invariantes operatorios .....	103
Tabla 8. Cualidades que caracterizan los tipos de representaciones .....	105
Tabla 9. Invariantes operatorios de los participantes en el nivel inicial de conceptualización. ....	112
Tabla 10. Invariantes operatorios de los participantes en el nivel final de conceptualización. Primera actividad experimental.....	115
Tabla 11. Invariantes operatorios de los participantes en el nivel de conceptualización final. Segunda actividad experimental.....	117
Tabla 12. Invariantes operatorios de los participantes en el nivel de conceptualización final. Tercera actividad experimental .....	118
Tabla 13. Invariantes operatorios de los estudiantes en la actividad final .....	120
Tabla 14. Representaciones de los estudiantes sobre diferentes fenómenos asociados al concepto de magnetismo .....	131
Tabla 15. Desarrollo de la conceptualización de los participantes.....	134
Tabla 16. Características de los SAD para favorecer la representación, identificadas en la entrevista semiestructurada.....	142
Tabla 17. Valoración del diagrama AVSAD en la actividad experimental.....	144
Tabla 18. Cronograma de actividades .....	206



Figura 1. Número de artículos encontrados por revista.....	27
Figura 2. Etapas de un Sistema de Adquisición de Datos (elaboración propia).....	54
Figura 3. Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (elaboración propia). ....	61
Figura 4. Diagrama AVSAD para la implementación de SAD en la actividad experimental en la enseñanza de la física. ....	66
Figura 5. Modelo dinámico de Aprendizaje en los Trabajos de Laboratorio en Física (Andrés, Pesa y Meneses, 2006).....	70
Figura 6. Momentos y fases de la propuesta pedagógico-didáctica. ....	84
Figura 7. Primer experimento del diagnóstico.....	98
Figura 8. Segundo experimento del diagnóstico. ....	99
Figura 9. Tercer experimento del diagnóstico.....	99
Figura 10. Primera actividad experimental: variación del campo magnético alrededor de un imán. ....	100
Figura 11. Segunda actividad experimental: campo magnético de un material ferromagnético al interior de una bobina.....	101
Figura 12. Tercera actividad experimental: medición de la velocidad angular de un motor eléctrico. ....	102
Figura 13. Relación entre los niveles de conceptualización y las características de los invariantes operatorios y las representaciones (elaboración propia). ....	106
Figura 14. Representaciones de los estudiantes sobre los experimentos propuestos en el diagnóstico.....	122
Figura 15. Representaciones de los estudiantes sobre las actividades experimentales del segundo momento de la propuesta. ....	125



Anexo A. Protocolo de compromiso ético y aceptación de los y las participantes en la investigación.....	173
Anexo B. Preguntas entrevista grupal semiestructurada .....	175
Anexo C. Preguntas entrevista individual semiestructurada .....	176
Anexo D. Formato de preguntas para el diagnóstico.....	177
Anexo E. Formatos bitácora para cada actividad experimental .....	178
Anexo F. Diagrama AVSAD para las actividades experimentales. .18;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Anexo G. Preguntas para el tercer momento: evaluación de aprendizajes.....	184
Anexo H. Registro fotográfico del primer momento de la propuesta didáctica .....	194
Anexo I. Registro fotográfico de la primera actividad experimental .....	195
Anexo J. Gráficas del campo magnético con respecto a la distancia para imanes de diferentes formas .....	196
Anexo K. Registro fotográfico de la segunda actividad experimental .....	199
Anexo L. Gráficas del campo magnético al interior de una bobina antes y después de introducir un núcleo.....	200
Anexo M. Registro fotográfico de la tercera actividad experimental.....	201
Anexo N. Gráficas de tiempo, velocidad tangencial y velocidad angular del motor .....	202
Anexo O. Registro fotográfico de la actividad final.....	203
Anexo P. Representaciones de los estudiantes para la actividad final .....	204
Anexo Q. Cronograma de actividades.....	206





## 1. INTRODUCCIÓN

*“La única justificación para nuestros conceptos y sistemas de conceptos es que ellos sirven para representar la complejidad de nuestras experiencias; fuera de esto no tienen legitimidad”*

A. Einstein

La presente investigación tiene como principal objetivo estudiar la contribución de los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) a la conceptualización en física, a partir de la implementación de una propuesta didáctica con estudiantes de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad de Antioquia, Colombia. La propuesta se fundamenta en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990, 2007), por su énfasis en la conceptualización a partir de situaciones que ponen en juego diversos componentes de la estructura cognitiva de los estudiantes. En coherencia con dicha propuesta, se describen las potencialidades de un diagrama heurístico diseñado para apoyar la implementación de los SAD y el diseño basado en el modelo MATLaF de Andrés y Pesa (2004) para identificar el desarrollo cognitivo de los estudiantes al enfrentarse a situaciones experimentales novedosas. La investigación se enmarca dentro de la línea de investigación en TIC y Enseñanza de las Ciencias de la Maestría en Educación en Ciencias Naturales.

La valoración de la contribución de los SAD, junto con los elementos teóricos y metodológicos mencionados anteriormente, responde a una preocupación por resignificar la actividad experimental para la formación de profesores de ciencias y de física en particular;





puesto que existe un consenso entre diferentes autores sobre la necesidad de crear contextos para que los estudiantes puedan acercarse a la forma como se construye el conocimiento científico (Cortés y De la Gándara, 2007; Andrés, Pesa y Meneses, 2008; Pérez y Segura, 2010). De igual manera, responde a los requerimientos del Ministerio de Educación Nacional (MEN) para el mejoramiento de la calidad en los programas de licenciatura en educación del país, en donde se propone “incorporar con criterio pedagógico y didáctico el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) a sus procesos educativos en su contexto sociocultural” (MEN, 2016, p. 6).

En coherencia con lo anterior, esta investigación se abordó desde un paradigma cualitativo, con un enfoque en el estudio de caso, definido por Stake (citado por Mazzoti, 2006) como “una investigación de una unidad específica, situada en su contexto, seleccionada según criterios predeterminados y, utilizando múltiples fuentes de datos que se propone ofrecer una visión holística del fenómeno estudiado” (p. 643). El estudio de caso permite además, comprender de una manera más precisa una situación particular; es decir, con esta metodología no se llega a una nueva comprensión de un fenómeno, sino que se aborda con mayor profundidad un caso ya existente que puede ser un individuo, un grupo pequeño, una institución, un programa o un evento. Y en el contexto particular de esta investigación se buscó comprender las implicaciones que tiene la implementación de los Sistemas de Adquisición de Datos como apoyo en la actividad experimental para propiciar procesos de conceptualización en los maestros de ciencias en formación.



El trabajo está organizado en cinco secciones en las cuales se presentan de forma estructurada todos los elementos que hicieron parte de esta investigación. En la primera sección siguiente a la introducción se encuentra el planteamiento del problema, donde se mencionan los principales factores que orientaron la formulación de la pregunta de investigación y los objetivos que guiaron la implementación de la propuesta pedagógico-didáctica. En la segunda sección se presenta una revisión de literatura dividida en tres ejes temáticos, que están relacionados con la teoría de aprendizaje que fundamenta esta investigación, el uso de los SAD en la enseñanza de la física y el uso de TIC para apoyar la actividad experimental en la formación de profesores de física, desde los aportes de otras investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo. En esta misma sección se expone la construcción del marco teórico, donde se describen las diferentes perspectivas que se tienen de la incorporación de las TIC en la Enseñanza de la Física en particular, los referentes pedagógicos, epistemológicos y didácticos y los elementos metodológicos que orientan esta investigación.

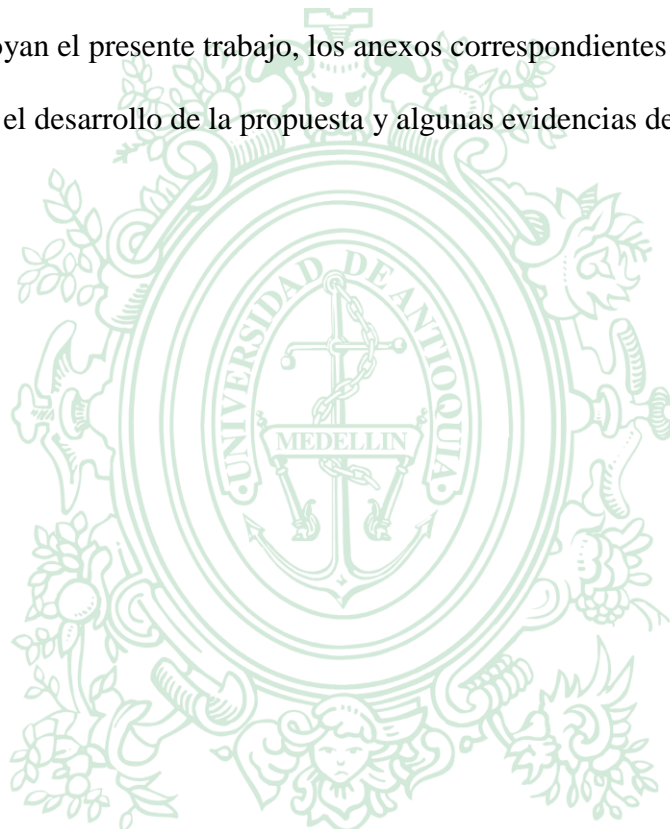
En la tercera sección, correspondiente al diseño metodológico, se desarrolla la metodología de investigación y de enseñanza, describiendo el tipo de investigación, la propuesta pedagógico-didáctica, el contexto en el que fue implementada, los instrumentos de recolección y análisis de la información, y el proceso de construcción de las categorías de análisis. En la cuarta sección se analizan y discuten los resultados obtenidos al implementar la propuesta, a la luz de los objetivos de la investigación y del marco teórico en el que se fundamenta. En la quinta sección se presentan las conclusiones en términos de



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Facultad de Educación**

los elementos que componen la pregunta de investigación, con base en el análisis de resultados; y a partir de estas conclusiones se formulan algunas recomendaciones para la posible implementación de la propuesta en otros contextos. Por último se encuentran las referencias que apoyan el presente trabajo, los anexos correspondientes a los instrumentos empleados durante el desarrollo de la propuesta y algunas evidencias de su implementación.



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

## 2. **Facultad de Educación** **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el contexto Colombiano, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) es la entidad encargada, entre otras cosas, de dictar con criterio pedagógico las normativas que regulan las diferentes modalidades de prestación del servicio educativo. Dicha organización afecta directamente un elemento clave para este sector, que corresponde a la formación de maestros. Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario que se establezcan medidas que busquen que el sector educativo cuente con excelentes docentes y poder garantizar la calidad de la educación en todos los niveles; por lo cual, surge la Resolución n° 02041 de 2016, teniendo como una de sus premisas que la “excelencia de los educadores depende de las características de su formación inicial, continua y posgraduada; en ese proceso cumple un papel destacado la educación que se imparte en los programas de Licenciatura que ofrecen las instituciones de educación superior” (MEN, 2016, p. 2).

En dicha resolución se plantea que los programas de Licenciatura en Educación en Colombia deben estar organizados con el fin de “formar en valores, conocimientos y competencias profesionales del educador, y en la utilización de buenas prácticas en la enseñanza de las disciplinas a su cargo, en los niveles educativos para los cuales se está formando” (p. 3). Para lo anterior, se plantean algunos componentes que deben ser desarrollados de forma articulada y que permiten abarcar diferentes dimensiones sobre la labor del docente, a saber, el componente de fundamentos generales, el componente de saberes específicos y disciplinares, el componente de pedagogía y ciencias de la educación, y el componente de didáctica de las disciplinas.



Entre el componente de fundamentos generales, se destacan las competencias:

comunicativas en español, manejo de lectura, escritura y argumentación; matemáticas y de razonamiento cuantitativo; científicas; ciudadanas; uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), y comunicativas en inglés. Dichas competencias aportan a la formación holística e integral de los docentes y se preocupan por articular su labor con las diferentes áreas de saber.

Para esta investigación, es de particular interés que dicha resolución abogue por el uso de las TIC, y que además se relacione dicha competencia en el componente de la didáctica de las disciplinas con el propósito de “incorporar con criterio pedagógico y didáctico el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) a sus procesos educativos en su contexto sociocultural” (MEN, 2016, p. 6). Es decir, el desarrollo de esta competencia en la labor educativa tiene la intención de incorporar las TIC en la educación, pero acompañadas de estrategias didácticas que permitan, de acuerdo con los Lineamientos de calidad para las Licenciaturas en Educación, “concebir, diseñar y crear espacios, dispositivos y procedimientos que permitan a los estudiantes [...] establecer relaciones con los conocimientos de manera que su apropiación sea efectiva, perdurable y aplicable”, (MEN, 2014, p. 35). Además, esta resolución se apoya en lo establecido en el numeral 8 del artículo 2.5.3.2.2.1 del Decreto 1075 de 2015, por el cual se considera que los programas de Licenciatura deben contar con los medios educativos para el desarrollo de los cuatro componentes de formación mencionados anteriormente, entre los cuales se encuentra contar con acceso a las TIC para los estudiantes de licenciaturas.





Las consideraciones anteriores parten de la intención de conocer qué normativas fundamentan algunos procesos propios de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, en particular, en lo concerniente a aportar estrategias para la integración de las TIC en el contexto de la enseñanza de las ciencias, específicamente de la física; teniendo en cuenta que estas herramientas tienen un amplio potencial para orientar la actividad experimental, que como se ha observado en la Licenciatura, no está enfocada predominantemente a la formación de maestros.

La anterior problemática se fundamenta desde la visión de diferentes autores (Ayala, 2006; Cortés y De la Gándara, 2007; Antúnez, Pérez y Petrucci, 2008; Pérez y Segura, 2010; Ribeiro y Da Silva, 2013; Andrés, Pesa y Meneses, 2008; Romero, Aguilar, Medina y Tarazona, 2011; Medina y Tarazona, 2011), quienes coinciden en que la actividad experimental es un espacio en el que los profesores pueden crear contextos para que los estudiantes puedan acercarse a la forma como se construye el conocimiento científico, por lo que el experimento como tal se asume en estrecha relación con las construcciones conceptuales y con la forma en que se comprenden y explican los fenómenos físicos. Sin embargo, en la enseñanza de la física en la actualidad no se enseña a “resolver problemas como tal, como situaciones abiertas que requieren poner en práctica formas de pensamiento características del trabajo científico, sino como ejercicios de aplicación de la teoría que los estudiantes deben asimilar y reproducir” (Labra, Gras y Martínez, 2005, p. 302).



De acuerdo con Hodson (citado Cortés y De la Gándara, 2007), la imagen que tienen muchos profesores y estudiantes sobre las prácticas de laboratorio, es que son espacios para la manipulación de instrumentos o la aplicación de ejercicios al margen de algún contenido conceptual, con un procedimiento previamente definido. Por lo cual, apoyan la idea de que se hace conveniente que dichas prácticas sirvan para la construcción de conocimiento, a partir de la interacción entre profesores y estudiantes, con el pensamiento teórico, las aptitudes procedimentales, la resolución de problemas y la discusión generada entre los mismos estudiantes.

En este sentido, se pueden tener en cuenta los aportes de Hodson (1994), en cuanto a promover la recontextualización de la práctica experimental, enfocada a la realización de experiencias que ayuden a los estudiantes a acercarse a la construcción del conocimiento científico, y a concebir este espacio como “óptimo para el aprendizaje interrelacionado de los dominios metodológico y de significados, así como para el desarrollo de una visión acerca de la actividad experimental de acuerdo con posiciones epistemológicas actuales” (Andrés, Pesa y Meneses, 2008, p. 343). De igual manera, involucrar a los maestros en formación en el diseño de actividades experimentales, favorece su participación en la construcción del conocimiento y aporta alternativas para su labor, (Medina y Tarazona, 2011).

La Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia contempla entre sus propósitos de formación, la apropiación crítica por parte de los estudiantes de los discursos



disciplinarias más recientes en el contexto de la educación en ciencias naturales, para que actualicen permanentemente su labor; donde el uso de las TIC pudiese aportar a una reflexión en concordancia con estos discursos en el ámbito educativo y cultural actual.

Es por lo anterior que cabe resaltar el uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias en los últimos años con el fin de fortalecer y crear los contextos apropiados para la alfabetización científica de los estudiantes, de tal manera que se favorezca la construcción de aprendizajes significativos (Capuano, 2011). Asimismo, se destaca que estas herramientas tienen una influencia cada vez mayor en la educación científica, predominante en la mejora del aprendizaje de los estudiantes tanto de los niveles superiores de la educación, como de los que están en formación inicial y permanente del profesorado (Pontes, 2005a).

Por lo anterior, es importante rescatar las potencialidades de diferentes herramientas que ofrecen las TIC, dejando claro que permiten complementar el trabajo del docente sin quitarle protagonismo al estudiante como responsable de su propio aprendizaje, para lo cual es fundamental que en la formación de profesores se aprendan a aprovechar estas herramientas acompañadas de diferentes estrategias didácticas que faciliten el aprendizaje significativo de los estudiantes. En estos términos, Pontes (2005a), plantea que

...estos nuevos recursos didácticos ofrecen grandes posibilidades desde el punto de vista de la comunicación interactiva, el tratamiento de imágenes, la simulación de fenómenos o experimentos, la construcción de modelos y analogías, la resolución de problemas, el acceso a la información, el manejo de todo tipo de datos y el diseño de materiales



didácticos o de cursos completos adaptados a las necesidades y características de diferentes tipos de alumnos (p. 15).

Según lo anterior, la implementación de TIC para la enseñanza de las ciencias tiene un alto potencial para generar estrategias que ayuden a superar las dificultades que tienen los estudiantes en esta área, ya que estas tecnologías ofrecen varias posibilidades que pueden ayudar a resolver los problemas en los que ha fracasado la enseñanza de las ciencias en general y de la física en particular (Fiolhais y Trindade, 2003, p. 259). En consecuencia, indagando sobre el uso de las TIC en la enseñanza de la Física, se encuentran diferentes autores que han resaltado su importancia (Araujo, Veit y Moreira, 2004; Araujo y Veit, 2008; Menezes, Schiel, Müller y Marega, 2002), debido a que ofrecen herramientas que permiten que los estudiantes se relacionen con su propio aprendizaje, desarrollen habilidades metacognitivas, resuelvan situaciones aplicables al contexto al que pertenecen, construyan una interpretación del mundo real, entre otras cosas. De los resultados de las investigaciones de estos autores, se destaca entonces que entre los diversos usos de las TIC en la enseñanza de la Física, de acuerdo con Araujo, Veit y Moreira (2004), hay una predominancia de trabajos con simulaciones computacionales, recursos multimedia y recolección y análisis de datos en tiempo real, principalmente en la enseñanza de la mecánica newtoniana, que se preocupan esencialmente por la implementación de las herramientas tecnológicas, pero no en reflexionar sobre estrategias didácticas que apoyen su uso; y con menor incidencia en otros campos conceptuales de la Física como la óptica, el electromagnetismo, la termodinámica, la física moderna, entre otros. Por lo cual, se hace





necesario fortalecer en la formación de profesores de física el uso de herramientas que ofrecen las TIC, así como de diferentes estrategias didácticas que puedan implementar en la enseñanza propendiendo porque sus estudiantes desarrollen procesos de conceptualización.

Entre las herramientas que ofrecen las TIC mencionadas anteriormente, se rescatan los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD), ya que una de sus principales ventajas es “librar al estudiante del arduo trabajo en la recolección de datos dejándolo libre para que se concentre en la comprensión de los conceptos físicos” (Araujo, Veit y Moreira, 2004, p. 6). De esta manera se reconocería el carácter experimental de esta ciencia y se transformaría la imagen que tienen los estudiantes, en cuanto al carácter técnico-instrumental y al uso de ecuaciones para resolver y entender fenómenos de la naturaleza.

El uso de esta herramienta se concentra principalmente en las actividades experimentales y se han encontrado diferentes autores (Haag, Araujo y Veit, 2005; Pontes, Gavilán, Obrero y Flores, 2006; Amrani y Paradis, 2009-2010; da Rocha y Guadagnini, 2010; Garg, Sharma y Dhingra, 2010; Pearce, 2013; Bates, 2013; McCall, 2013; Huang, 2015; Galeriu, Letson y Esper, 2015; Arnold et al., 2015; de Castro, Lago y Mondaini, 2015;) que proponen su implementación para la comprensión de fenómenos físicos en campos conceptuales como la cinemática, el electromagnetismo, la óptica y la mecánica de fluidos. Particularmente, en carreras como Ingeniería o Física, se ha encontrado de acuerdo con estos autores que la implementación de experiencias de laboratorio con uso de sensores por parte de los profesores





...favorece la comprensión del funcionamiento instrumental del sistema de adquisición de datos y de los sensores que lo acompañan, de modo que los alumnos que lo han utilizado alcanzan un mayor grado de familiarización con la metodología experimental y con el instrumental [...] también ha resultado útil para la formación didáctica de las personas [...], ya que la búsqueda de soluciones a las dificultades que experimentan los alumnos de ingeniería, en torno al aprendizaje de la Física experimental siempre supone una perspectiva innovadora con respecto al proceso educativo (Pontes et al., 2006, p. 265).

Otra ventaja de esta herramienta, de acuerdo con Haag, Araujo y Veit, (2005), es que ofrecen una alternativa para relacionar los resultados obtenidos con los conceptos vinculados al marco teórico de un experimento, develando la física “oculta” en los resultados numéricos; permiten realizar experimentos que requieren de mediciones en fracciones de segundos, lo cual es imposible de hacer de forma manual; explorar experimentos por un largo periodo de tiempo que requieran recolección de datos y se haga tediosa; reducir el tiempo empleado para la recolección de datos, lo que permite que el estudiante tenga más tiempo para otras actividades como la relación entre variables, el análisis de gráficas, el manejo de hojas de cálculo y realizar más medidas con mejor precisión.

Extendiendo estos resultados a la implementación de sensores en estudiantes de básica y media, aunque son pocas las investigaciones que se han encontrado en este campo (da Fonseca et al., 2002; Gianino, 2008; Perea y Vianna, 2011; Chen et al., 2014; Kubínová y



Šlégr, 2015), hay un acuerdo, en relación con que es una oportunidad para que los estudiantes abandonen el hábito de unir puntos en una gráfica sin percatarse de la ley Física que se quiere representar. Por lo cual, el uso de SAD, aliado a la motivación que se despierta en los estudiantes al manipular equipo informático, propicia condiciones excepcionalmente favorables para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos básicos de Física (da Fonseca et al., 2002); siempre y cuando el docente tenga una planeación del uso de estas herramientas y estén enfocadas a que los estudiantes sean conscientes de cómo se construyen diferentes conceptos y no a la mera reproducción de experimentos sin ningún sentido para ellos.

Particularmente, la interacción con estos dispositivos permite que los estudiantes puedan aprender de forma significativa, porque pueden desarrollar procesos que implican tareas cognitivas más complejas y enriquecedoras, tales como “generar predicciones a la luz de marcos teóricos de referencia, formular hipótesis [...] diseñar secuencias experimentales, recolectar, procesar, analizar e interpretar datos, elaborar síntesis y conclusiones y derivar nuevas preguntas o acciones para seguir profundizando e investigando” (Andrés, Pesa y Meneses, 2008, p. 344). Además, la mediación de la tecnología educativa en la educación científica ha sido identificada como una manera de desarrollar habilidades importantes para la formación de ciudadanos independientes y críticos (Ferracioli et al., 2012).

De acuerdo con algunas investigaciones realizadas sobre el uso de sensores en las carreras de licenciatura o como apoyo para la labor docente (Haag, 2001; Galeriu, 2013;



Galeriu, Edwards y Esper, 2014), se resalta lo que afirma Haag (2001) en cuanto a que la intención de estas propuestas es contribuir

... en el sentido de dar al profesor herramientas para adaptar las actividades del laboratorio didáctico de Física en el mundo moderno que está en constante cambio, para mostrar la Física como una ciencia, no solamente como insertada en este contexto, sino como un agente importante de estas transformaciones. Nuestros profesores requieren estar conscientes de la importancia de integrar nuevas tecnologías en el laboratorio didáctico y necesitan ser ayudados en esta tarea [...] No se hace necesario un conocimiento profundo por parte del profesor o de un lenguaje de programación o de hardware, basta tener la mente abierta a las nuevas tecnologías, pues la enseñanza de la Física para la ciudadanía necesariamente obliga al profesor a repensar su papel en el aula y en el laboratorio (p. 81).

Desde esta perspectiva, a través del uso de Sistemas de Adquisición de Datos en la enseñanza de conceptos de física, se tiene como propósito lograr que los profesores de programas de formación de maestros incorporen esta herramienta en las actividades experimentales de tal manera que se favorezca la conceptualización en el ámbito de la experimentación.

Todo lo anterior sugiere que se pueden proponer alternativas para la enseñanza de la física, partiendo de otros elementos diferentes a las metodologías tradicionales, de tal forma que se permita el desarrollo de capacidades intelectuales, valores y habilidades en el proceso de aprendizaje, que promuevan la motivación por el estudio de esta área de



conocimiento, comenzando por el fortalecimiento de diversos factores como la formación de los docentes, las metodologías y estrategias de enseñanza, y en particular la implementación de las TIC.

La presente investigación se llevó a cabo en el marco de un proyecto de estampilla para la dotación de laboratorios de física de la Facultad de Educación, denominado "Proyecto de inversión para la adquisición de material y equipo de laboratorio para los cursos de física de las licenciaturas en Matemáticas y Física y Ciencias Naturales de la Facultad de Educación", de la Universidad de Antioquia; y la propuesta teórica metodológica aquí diseñada se constituye en un aporte para la ejecución del proyecto de investigación financiado por el CODI denominado "El uso de sistemas de adquisición de datos en la enseñanza de la física: una apuesta por resignificar la actividad experimental y democratizar el conocimiento" que tiene como principal propósito "orientar la formación y acompañamiento a los profesores de física de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia en la implementación de sistemas de adquisición de datos en la actividad experimental para la enseñanza de la física, de manera que se favorezca el proceso de conceptualización sobre este campo disciplinar".

En virtud de lo anterior, se pretende responder la siguiente pregunta de investigación:  
¿Cuál es la influencia de la implementación de Sistemas de Adquisición de Datos en la formación de profesores de ciencias en relación con:

- a. La conceptualización en física
- b. La actividad experimental



### 2.1. Propósitos de la investigación

#### 2.1.1. General

Analizar la influencia de la implementación de Sistemas de Adquisición de Datos en la formación de profesores de ciencias en relación con la conceptualización en física, la actividad experimental y la apropiación crítica de las TIC.

#### 2.1.2. Específicos

- Identificar la contribución de los Sistemas de Adquisición de Datos para la conceptualización en física.
- Describir el papel de los Sistemas de Adquisición de Datos en la actividad experimental para la formación de profesores de ciencias.
- Definir algunos criterios pedagógicos y didácticos para la apropiación crítica del uso de Sistemas de Adquisición de Datos en la formación de profesores de ciencias.



### 3. **Facultad de Educación** **APROXIMACIONES TEÓRICAS**

En esta sección se describen inicialmente los resultados de una revisión de literatura que contempla tres ejes temáticos relacionados con la presente investigación: el uso de la Teoría de los Campos Conceptuales como referente teórico de aprendizaje, la implementación de SAD en la enseñanza de la física y el empleo de TIC para apoyar la actividad experimental en la formación de profesores de física. Posteriormente se retoman los referentes para el desarrollo de este trabajo, desde una mirada a las TIC en la enseñanza de la física, para luego abordar las principales características de los SAD y su uso en la actividad experimental. En coherencia con los propósitos de la investigación se presenta una reflexión sobre la actividad experimental en la formación de profesores de física y su importancia en los procesos de conceptualización; luego, se destacan los elementos que se abordarán desde el referente teórico de aprendizaje correspondiente a la Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud (1990, 2007). Finalmente, se describen los elementos metodológicos a partir de los cuales se establece un vínculo entre los referentes teóricos que orientan la investigación.

#### **3.1. Construcción de la Revisión de Literatura**

Para la revisión de literatura se consultaron 37 revistas (6 nacionales y 31 internacionales; ver Tabla 1) encontradas en las principales bases de datos: Science Direct, Scopus, Web of Science y Google Scholar, en el ámbito de la educación en general, de la educación en ciencias, de la educación en ciencia y tecnología y de la enseñanza de la física, en un rango de 12 años, entre 2005 y 2016. De acuerdo con los criterios establecidos para dicha revisión se eligieron artículos relacionados con: el uso de sensores en la



enseñanza de la física, la enseñanza de la física enmarcada en la Teoría de Campos

Conceptuales de Vergnaud y resultados de propuestas de enseñanza en programas de formación de profesores para abordar la actividad experimental en la enseñanza de la física con el uso de TIC. Atendiendo a dichos criterios, se encontraron artículos en 24 revistas (21 internacionales y 3 nacionales) que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. *Revistas seleccionadas para la revisión de literatura*

Ámbito	Nombre de la Revista	País
Revistas de Educación	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação	Brasil
	Revista Virtual Universidad Católica del Norte	Colombia
	Revista Educación y Pedagogía	Colombia
Revistas de Enseñanza de las Ciencias	Revista Ciência e Educação	Brasil
	Science Education	Estados Unidos
	Enseñanza de las Ciencias	España
	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	Brasil
	Investigações em Ensino de Ciências	Brasil
	Experiências em Ensino de Ciências	Brasil
	Revista Virtual Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias	Colombia
	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	España
	Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	Argentina
	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	Brasil
The Science teacher	Estados Unidos	
Revistas de Educación, Ciencia y Tecnología	Computers & Education	Reino Unido
	Journal of Science Education and Technology	Estados Unidos
	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	Brasil
Revistas de Enseñanza de la física	Revista Brasileira de Ensino de Física	Brasil
	Física na Escola	Brasil
	American Journal of Physics	Estados Unidos
	Physics Education	Reino Unido
	Latin American Journal of Physics Education	México
	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Brasil
	The Physics Teacher	Estados Unidos

De las 24 revistas mencionadas en la tabla 1, se evidencia que un 12,5% corresponde al ámbito nacional, mientras que un 50% son de otros países latinoamericanos y el 37,5% restantes corresponden a países de habla inglesa (Estados Unidos y Reino Unido) y a España. El número de artículos encontrados en cada una de estas revistas se presenta en la figura 1.

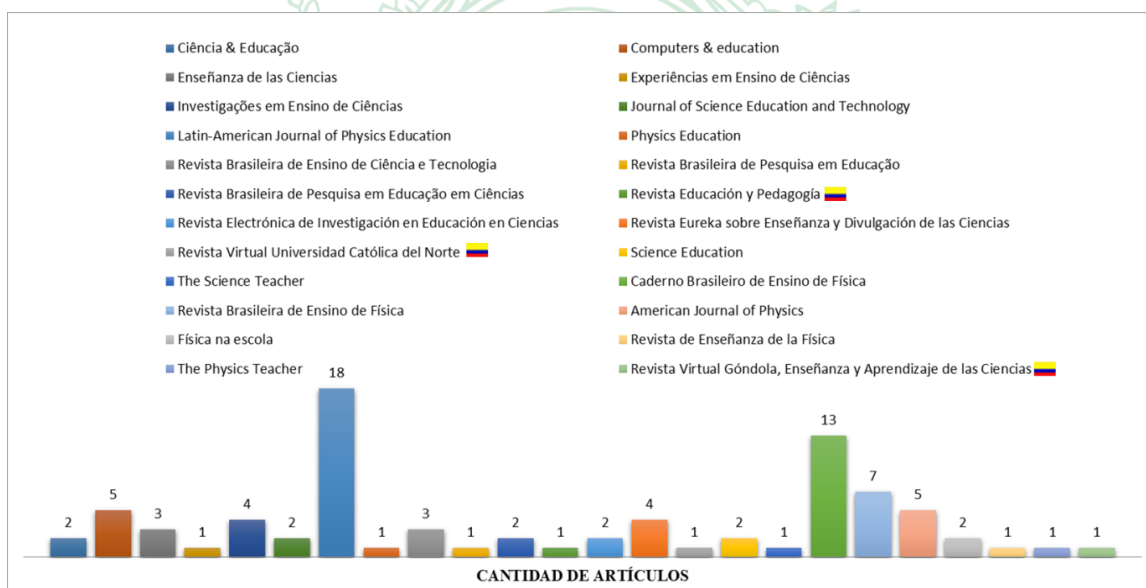


Figura 1. Número de artículos encontrados por revista.

Como se observa en la figura 1, la mayor cantidad de artículos (18) corresponde a la revista *Latinoamerican Journal of Physics Education*, seguido por el *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (13) y la *Revista Brasileira de Ensino de Física* (7). En las demás revistas se encontraron entre 1 y 5 artículos durante el periodo de revisión. Para el análisis de los trabajos seleccionados se tuvieron en cuenta las categorías mencionadas en la tabla 2.



Tabla 2. *Categorías para la revisión de literatura*

Categorías	Subcategorías	Autores
1. Teoría de Campos Conceptuales para la enseñanza de la física		Bravo y Pesa, (2005); Sousa, Moreira y Matheus, (2005); Andrés, Pesa y Moreira, (2006); Arriasec y Greca, (2006); Grings, Caballero y Moreira, (2006); Fanaro, Otero y Arlego, (2007); Andrés, Pesa y Meneses, (2008); de Carvalho y Aguiar, (2008); Grings, Caballero y Moreira, (2008); Caballero, (2009); Catalán, Caballero y Moreira, (2009); Escudero, Moreira y Caballero, (2009); Fanaro y Otero, (2009); Fanaro, Otero y Moreira, (2009); Escudero y Jaime, (2009); Rocha, Herscovitz y Moreira, (2010); Jaime y Escudero, (2011); Stipcich, Moreira y Caballero, (2011); Brandão, Araujo y Veit, (2011); Hilger y de Oliveira, (2012); Nzau, Lopes y Costa, (2012); Pantoja, Moreira y Herscovitz, (2012); Alzugaray, Massa y Moreira, (2014); de Carvalho, (2015); Otero y Arlego, (2016).
2. Uso de sistemas de adquisición de datos para enseñanza de la física.	2.1. Educación Básica y Media	Grala y de Oliveira, (2005); Sias y Teixeira, (2006); da Silva, (2006); Zucker, Tinker, Staudt, Mansfield y Metcalf, (2008); da Silva y Gobara, (2009); Garg, Sharma y Dhingra, (2010); da Rocha y Guadagnini, (2010); Torres, (2010); Rosenberg y Cuff, (2011); Andrades, Schiappacassa y Santos, (2013); da Rocha y Marranghello, (2013); Cavalcante, Rodrigues y Bueno, (2014); Chen, Chang, Lai y Tsai, (2014); Quezada y Zavala, (2014); Huang, (2015); Kubínová y Šlégr, (2015); Luiz, Souza y Domingues, (2016); Rosa, Silva, Benyosef y Papa, (2016).
	2.2. Formación de profesores	Pontes, Gavilán, Obrero y Flores, (2006); Cavalcante, Bonizzia y Gomes, (2008); Moreira y Pontelo, (2009); Amrani y Paradis, (2010); Novicki, Latosinski y Poglia, (2011); Yanitelli, Massa y Moreira, (2011); Monteiro, de Castro, Germano y Junior, (2013); Assis, Miranda, Junior, y de Oliveira, (2015); Varanis, Brunetto y Gregolin, (2016); da Rosa, da Rosa, Trentin y Giacomelli, (2016).
3. Actividad experimental con uso de TIC en formación de profesores de física.		1 Ostermann y Ricci, (2005); Spencer, (2005); Luque, Araújo y Acosta, (2006); Rodríguez, Zamorano, Rosales, Dopico y Pedraza, (2007); Montealbán y Chavarría, (2010); García y Barojas, (2012); Cruz y Espinosa, (2012); López, Veit y Araujo, (2012); Raviolo y Álvarez, (2012); Dorneles, Araujo y Veit, (2012); Chávez y Andrés, (2013); Fonseca, Maidana,





Severino, Barros, Senhora y Vanin, (2013); López, Veit y Araujo, (2014); Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil, (2015).

Como se observa en la tabla 2, fueron encontrados 25 trabajos en la categoría 1, 28 en la 2 y 14 en la 3. A continuación se describen los hallazgos en cada una de dichas categorías.

### **3.1.1. Teoría de los Campos Conceptuales para la enseñanza de la física**

Indagando sobre investigaciones que aporten a la enseñanza de la física apoyada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, se encuentran diversos autores que profundizan sobre aspectos propios de la teoría, tales como el diseño de situaciones (Sousa, Moreira y Matheus, 2005; Fanaro, Otero y Arlego, 2007; Grings, Caballero y Moreira, 2008; Fanaro y Otero, 2009; Stipcich, Moreira y Caballero, 2011; Otero y Arlego, 2016), la identificación de invariantes operatorios y el desarrollo de esquemas (Arriassecq y Greca, 2006; Grings, Caballero y Moreira, 2006; Andrés, Pesa y Meneses, 2008; Fanaro y Otero, 2009; Fanaro, Otero y Moreira, 2009; Jaime y Escudero, 2011; Brandão, Araujo y Veit, 2011; Hilger y de Oliveira, 2012; Alzugaray, Massa y Moreira, 2014; de Carvalho, 2015; Otero y Arlego, 2016), el papel de las representaciones en la conceptualización (Bravo y Pesa, 2005; Catalán, Caballero y Moreira, 2009; Escudero, Moreira y Caballero, 2009) y las estrategias de enseñanza y teorías de aprendizaje compatibles con dicha teoría para el diseño de propuestas didácticas (Bravo y Pesa, 2005; Andrés, Pesa y Moreira, 2006; de Carvalho y Aguiar, 2008; Caballero, 2009; Escudero y Jaime, 2009; Nzau, Lopes y Costa, 2012).



Respecto al diseño de situaciones, las investigaciones encontradas abordan secuencias que estén orientadas a la conceptualización y a la activación de esquemas en los estudiantes; entendiendo las situaciones como un conjunto de tareas complejas “cuya dificultad depende de la conceptualización para abordarla, y no de la cantidad de subtareas” (Andrés, Pesa y Moreira, 2006, p. 131). De acuerdo con los autores en dichas investigaciones, el diseño y aplicación de situaciones desde esta teoría favorece el estudio de los procesos de funcionamiento y desarrollo cognitivo (Grings, Caballero y Moreira, 2008; Stipcich, Moreira y Caballero, 2011); además, se puede vincular a la adquisición de aprendizajes significativos y a la resolución de problemas (Sousa, Moreira y Matheus, 2005). Algunos de estos autores consideran que para el diseño de las situaciones, se puede partir de la construcción de una estructura conceptual de referencia, que permite analizar y explicitar una posible organización del campo conceptual a abordar (Fanaro, Otero y Arlego, 2007; Fanaro y Otero, 2009; Otero y Arlego, 2016).

Por otra parte, retomando el concepto de esquema, considerado por Vergnaud (1990) como “la organización invariante de la conducta para una clase de situaciones dada. En los esquemas es donde se debe investigar los conocimientos-en-acto del sujeto, es decir, los elementos cognitivos que permiten a la acción del sujeto ser operatoria” (p. 2). Dichos conocimientos en acción corresponden a los invariantes operatorios; es decir, aquellos conceptos y teoremas en acción que le permiten al individuo realizar inferencias y seleccionar reglas de acción para solucionar una situación. Con respecto a este componente, se encuentra en las investigaciones que se utiliza el concepto de esquema como un referente



para analizar el proceso de significación de los estudiantes frente a determinado campo conceptual (Arriasseq y Greca, 2006; Fanaro y Otero, 2009; de Carvalho, 2015), identificando cómo se activan los que están presentes en la estructura cognitiva de los estudiantes para resolver cierto tipo de situaciones (Grings, Caballero y Moreira, 2006; Andrés, Pesa y Meneses, 2008; Fanaro, Otero y Moreira, 2009; Alzugaray, Massa y Moreira, 2014; Otero y Arlego, 2016). En algunas ocasiones, se evidencia que los conocimientos en acción se convierten en obstáculos para la conceptualización, por lo que se deben generar espacios para que los estudiantes activen nuevos esquemas, aportando herramientas para identificar las actividades cognitivas que se ponen en juego al solucionar una situación y cómo este proceso enriquece la conceptualización (Jaime y Escudero, 2011; Brandão, Araujo y Veit, 2011; Hilger y de Oliveira, 2012).

En cuanto al papel de las representaciones, de acuerdo con Vergnaud (1990), éstas corresponden a expresiones verbales, gráficos, diagramas, sentencias, proposiciones, imágenes, entre otras, que son utilizadas para externalizar la conceptualización de los estudiantes; es decir, corresponden a los significantes de los conceptos. En este componente, los investigadores coinciden en que a partir de esta teoría es posible interpretar los procesos de construcción de las representaciones de los alumnos y se puede utilizar como insumo en elaboración de propuestas que favorezcan el aprendizaje significativo crítico.

Por último, las investigaciones que buscan identificar las estrategias de enseñanza y teorías de aprendizaje compatibles con dicho referente para el diseño de propuestas



didácticas, concluyen su utilidad como instrumento para la planeación y para el análisis de la intervención didáctica. En este sentido, se pueden establecer relaciones entre la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud y la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird, en lo que se refiere al concepto de esquema; y con la Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel y de Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira porque indagan por la construcción de significados desde una perspectiva constructivista. Entre las estrategias de enseñanza se proponen los trabajos prácticos de laboratorio a partir de situaciones, la resolución de problemas y el diseño de secuencias de situaciones, puesto que son estrategias que propician el análisis de las actividades cognitivas de los estudiantes desde perspectivas abordadas en esta teoría.

Como resultado de las investigaciones, los autores coinciden en que los conceptos y teoremas que los estudiantes ponen en juego al participar en un laboratorio y la manera como externalizan sus representaciones, están fundamentalmente en construcción; es decir, se ha avanzado en establecer relaciones entre la vida cotidiana y los modelos científicos, resaltando que este aspecto se constituye en un propósito genuino de la actividad experimental en la enseñanza de la física. A propósito de los conceptos abordados en las investigaciones, predominaron algunos del campo conceptual de la mecánica Newtoniana, como el movimiento ondulatorio, la dinámica rotacional, la dinámica de cuerpo rígido, el movimiento bidimensional, la interacción gravitatoria y la fuerza de fricción (Bravo y Pesa, 2005; Escudero, Moreira y Caballero, 2009; Escudero y Jaime, 2009; Jaime y Escudero, 2011; Stipcich, Moreira y Caballero, 2011; Hilger y de Oliveira, 2012; Nzau, Lopes y





Costa, 2012), se trabajaron otros conceptos dentro de campos más amplios como el electromagnetismo, la Teoría Especial de la Relatividad, la termodinámica, la física cuántica, la mecánica cuántica y la física moderna (Sousa, Moreira y Matheus, 2005; Arriassecq y Greca, 2006; Grings, Caballero y Moreira, 2006; Fanaro, Otero y Arlego, 2007; de Carvalho y Aguiar, 2008; Grings, Caballero y Moreira, 2008; Catalán, Caballero y Moreira, 2009; Fanaro y Otero, 2009; Fanaro, Otero y Moreira, 2009; Rocha, Herscovitz y Moreira, 2010; Pantoja, Moreira y Herscovitz, 2012; Alzugaray, Massa y Moreira, 2014; de Carvalho, 2015; Otero y Arlego, 2016); por último, algunos de los autores se ocuparon de procedimientos propios de la ciencia como la actividad experimental y la modelación científica (Andrés, Pesa y Moreira, 2006; Andrés, Pesa y Meneses, 2008; Brandão, Araujo y Veit, 2011).

En esta categoría se puede ampliar la reflexión, de acuerdo con los propósitos de la presente investigación sobre la importancia de orientar las TIC en la enseñanza de la física bajo diferentes estrategias que sean coherentes con el saber específico y didáctico. Aunque son pocos los trabajos en este ámbito, puesto que solo tres de ellos hacen uso de simulaciones computacionales (Rocha, Herscovitz y Moreira, 2010; de Carvalho y Aguiar, 2008; Alzugaray, Massa y Moreira, 2014) y uno de modelación computacional (Brandão, Araujo y Veit, 2011); dichos autores coinciden en que esta teoría tiene alto potencial para orientar la implementación de estrategias que favorezcan el aprendizaje de los estudiantes a través del uso de TIC, por lo cual el presente trabajo amplía en gran medida la investigación en este campo.

### **3.1.2. Uso de Sistemas de Adquisición de Datos para enseñanza de la física**

Los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) han sido ampliamente utilizados en el área de la ciencia, como un recurso que favorece la recolección y el procesamiento de datos en tiempo real. En el campo educativo, se han realizado diferentes investigaciones que buscan establecer su potencialidad para la enseñanza, por ser una herramienta que puede apoyar la actividad experimental, en este caso para la física. A continuación se mencionan los principales hallazgos sobre propuestas llevadas a cabo para implementar los SAD en la educación básica y media y para la formación de profesores de física.

#### ***3.1.2.1. Uso de Sistemas de Adquisición de Datos para la enseñanza de la física en educación básica y media***

El uso de SAD se presenta como un recurso con amplias potencialidades para la enseñanza de la física en educación básica y media. En la revisión de los trabajos, se encontró que un número reducido de éstos se apoya en referentes teóricos de aprendizaje como la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel (Sias y Teixeira, 2006), la Interacción Social de Vygotsky (da Silva, 2006) y la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Rosenberg y Cuff, 2011); y otros hacen referencia a estrategias como el aprendizaje colaborativo desde la perspectiva de Johnson et al. (1999) (Sias y Teixeira, 2006; da Silva, 2006; Andrades, Schiappacassa y Santos, 2013), la física en tiempo real diseñada por Sokolof et al. (2004), como una secuencia introductoria para actividades de laboratorio basados en computador y el diseño de tutoriales (Quezada y Zavala, 2014), la resolución de problemas a partir de la actividad experimental (Grala y de Oliveira, 2005;



Sias y Teixeira, 2006; da Silva, 2006; da Silva y Gobara, 2009; Garg, Sharma y Dhingra, 2010; Andrades, Schiappacassa y Santos, 2013; da Rocha y Marranghello, 2013; Cavalcante, Rodrigues y Bueno, 2014; Huang, 2015; Kubínová y Šlégr, 2015; Luiz, Souza y Domingues, 2016; Rosa, Silva, Benyosef y Papa, 2016) y el uso de recursos como el laboratorio basado en computador (Torres, 2010; Rosenberg y Cuf, 2011; Chen, Chang, Lai y Tsai, 2014). En cuanto a la implementación de los SAD, en la tabla 3 se presentan los tipos de sensores que fueron utilizados como recurso para el proceso de medición en los trabajos encontrados.

Tabla 3. *Tipos de sensores utilizados en educación básica y media*

Tipo de Sensor / Plataforma	Trabajos
Adquisición de datos USB con sensores	Garg, Sharma y Dhingra, 2010.
Sensores adaptados a microcomputadores	Grala y de Oliveira, 2005; da Silva, 2006; Cavalcante, Rodrigues y Bueno, 2014.
Sensores conectados a calculadoras	Sias y Teixeira, 2006; Quezada y Zavala, 2014.
Instrumentos científicos computarizados (Probeware)	Zucker, Tinker, Staudt, Mansfield y Metcalf, 2008.
Sensores de movimiento (acelerómetros, Go Motion, Photogate)	da Rocha y Guadagnini, 2010; da Rocha y Marranghello, 2013; Luiz, Souza y Domingues, 2016.
Sensores de luz (Fotoresistores, Fotodiodos, Termistores)	da Silva, 2006.
Altavoz y micrófono de computador	da Silva y Gobara, 2009.
Sensores marca PASCO	Torres, 2010.
Sensores para Arduino	Huang, 2015, Rosenberg y Cuff, 2011; Chen, Chang, Lai y Tsai, 2014; Kubínová y Šlégr, 2015.
Sensor de Efecto Hall	Andrades, Schiappacassa y Santos, 2013.
Sensores magnéticos/ NI myDAQ	Rosa, Silva, Benyosef y Papa, 2016.

La mayoría de los trabajos revisados utilizan sensores marca PASCO o placas de tipo Arduino (da Silva y Gobara, 2009; Torres, 2010; Garg, Sharma y Dhingra, 2010; da Rocha y Guadagnini, 2010; Rosenberg y Cuff, 2011; da Rocha y Marranghello, 2013; Andrades, Schiappacassa y Santos, 2013; Chen, Chang, Lai y Tsai, 2014; Huang, 2015; Kubínová y



Šlégr, 2015; Luiz, Souza y Domingues, 2016; Rosa, Silva, Benyosef y Papa, 2016), que corresponden a una versión más económica y de fácil manejo para los estudiantes. El Arduino es una plataforma física de computación de código abierto, basada en una placa microcontroladora que posee circuitos electrónicos con base en hardware y software de código abierto y de fácil uso,

...el lenguaje de programación de arduino es una implementación del Wiring, que es un conjunto de funciones C/C++, y tiene su desarrollo en un ambiente (IDE) de Arduino, que es basado en Processing. Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos y se pueden comunicar con el programa, funcionando en un computador por la salida USB (Cavalcante, Rodrigues y Bueno, 2014, p. 622).

Entre los hallazgos más significativos, se destaca que con el uso de estas herramientas los estudiantes pueden tener la oportunidad de realizar actividades a las que no tienen acceso frecuentemente, como hacer el montaje de diferentes experimentos (Grala y de Oliveira, 2005; Garg, Sharma y Dhingra, 2010; Torres, 2010; da Rocha y Marranghello, 2013; Huang, 2015; Kubínová y Šlégr, 2015), conocer *software* para el procesamiento de datos (Grala y de Oliveira, 2005; Garg, Sharma y Dhingra, 2010; Chen, Chang, Lai y Tsai, 2014; Rosa, Silva, Benyosef y Papa, 2016), realizar mediciones en un tiempo más reducido (Sias y Teixeira, 2006; da Silva, 2006; Garg, Sharma y Dhingra, 2010; da Rocha y Guadagnini, 2010; Chen, Chang, Lai y Tsai, 2014; Kubínová y Šlégr, 2015), negociar significados con sus compañeros, además de contar con mayor tiempo para interpretar y analizar el desarrollo de la actividad experimental como tal (Sias y Teixeira, 2006; Garg,



Sharma y Dimagra, 2010; Andrades, Schiappacassa y Santos, 2013; Rosa, Silva, Benyosef y Papa, 2016). Además, entre los propósitos de su implementación, se encuentran propuestas que van más allá de cumplir con un plan de estudios y buscan involucrar a los estudiantes en proyectos interdisciplinarios (Torres, 2010; Rosenberg y Cuff, 2011; da Rocha y Marranghello, 2013; Huang, 2015;) y utilizar estos recursos para que ellos mismos diseñen propuestas innovadoras y que contribuyan con la producción científica (Rosenberg y Cuff, 2011; Cavalcante, Rodrigues y Bueno, 2014); por lo cual, de acuerdo con Sias y Teixeira (2006) “se trata de un recurso con grandes potencialidades, no solo en la búsqueda de un aprendizaje más significativo por el alumno, sino también como recurso motivador en la discusión de fenómenos físicos” (p. 360).

En general, es importante que el papel de la actividad experimental se fortalezca desde la formación de profesores, para revisar el proceso de conceptualización en la enseñanza de la física y para asumir una postura crítica frente al uso del computador en el aula de clase (da Rocha y Marranghello, 2013).

### ***3.1.2.2. Uso de Sistemas de Adquisición de Datos para enseñanza de la física en la formación de profesores***

En esta subcategoría se identificaron propuestas para la implementación de SAD específicamente en programas de formación de profesores de física; y se incluyen algunas que buscan apoyar la práctica docente en carreras como ingeniería o física (Yanitelli, Massa y Moreira, 2011; Monteiro, de Castro, Germano y Junior, 2013). Las investigaciones están

enfocadas en la implementación de esta herramienta como apoyo en la actividad experimental para la labor docente desde diferentes dimensiones:

- Diseño y montaje de experimentos que sirvan como material de apoyo para la enseñanza de conceptos de Física (Monteiro, de Castro, Germano y Junior, 2013; Assis, Miranda, Junior y de Oliveira, 2015; Varanis, Brunetto y Gregolin, 2016; da Rosa, da Rosa, Trentin y Giacomelli, 2016).
- Aprendizaje de técnicas experimentales (Pontes, Gavilán, Obrero y Flores, 2006).
- Sugerencias para la inclusión de las TIC en el laboratorio de física (Cavalcante, Bonizzia y Gomes, 2008).
- Apropiación de estrategias de enseñanza o metodologías para acompañar el proceso de aprendizaje de los estudiantes mediado por Sistemas de Adquisición de Datos (Moreira y Pontelo, 2009; Amrani, y Paradis, 2010; Yanitelli, Massa y Moreira, 2011; Novicki, Latosinski y Pogia, 2011)

En la revisión de los trabajos, se encontró que un número reducido de éstos se apoya en referentes teóricos de aprendizaje como la Teoría de la actividad (Moreira y Pontelo, 2009), la Teoría de la mediación de Vygotsky (Novicki, Latosinski y Pogia, 2011), la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Yanitelli, Massa y Moreira, 2011), y la Teoría del cambio conceptual (Pontes, Gavilán, Obrero y Flores, 2006). Entre estos trabajos se hace referencia a estrategias como el aprendizaje colaborativo (Moreira y Pontelo, 2009; Amrani, y Paradis, 2010; Novicki, Latosinski y Pogia, 2011), la actividad experimental (Yanitelli, Massa y Moreira, 2011; Monteiro, de Castro, Germano y Junior, 2013;



Cavalcante, Rodrigues y Bueno, 2014; Assis, Miranda, Junior y de Oliveira, 2015; Varanis, Brunetto y Gregolin, 2016), el laboratorio basado en computador y el uso de tutoriales (Pontes, Gavilán, Obrero y Flores, 2006). En cuanto a la implementación de los Sistemas de Adquisición de Datos, la mayoría de los trabajos hace uso de microcontroladores de marca Arduino o PASCO (Pontes, Gavilán, Obrero y Flores, 2006; Amrani y Paradis, 2010; Monteiro, de Castro, Germano y Junior, 2013; Cavalcante, Rodrigues y Bueno, 2014; Assis, Miranda, Junior y de Oliveira, 2015; Varanis, Brunetto y Gregolin, 2016; da Rosa, da Rosa, Trentin y Giacomelli, 2016), los cuales se utilizan para realizar mediciones con acelerómetros, giroscopios y ultrasonido (Varanis, Brunetto y Gregolin, 2016), fotosensores y fototransistores (Cavalcante, Rodrigues y Bueno, 2014) y sensores infrarrojo (Assis, Miranda, Junior y de Oliveira, 2015). Solo uno de los trabajos hace uso del micrófono para determinar la velocidad de una fuente de sonido (Novicki, Latosinski y Poglia, 2011); y otros dos no especifican el SAD empleado (Moreira y Pontelo, 2009; Yanitelli, Massa y Moreira, 2011).

En relación con lo anterior, se destaca que estos trabajos se constituyen en una oportunidad para reflexionar sobre la apropiación en general de las TIC por parte de los docentes, ya que son estos los encargados de diseñar estrategias para su implementación en el aula. En particular, los SAD ofrecen la oportunidad de ayudar a mejorar la comprensión de conceptos físicos, siempre y cuando los docentes permitan que los estudiantes tengan más autonomía al interactuar con esta herramienta y adquieran mayor compromiso con su



propio aprendizaje (Cavalcante, Bonizzia y Gomes, 2008; Moreira y Pontelo, 2009; Novicki, Latosinski y Pogliá, 2011).

En lo relativo a la implementación de TIC en la enseñanza de la física, se encontró que en especial los SAD pueden considerarse como herramientas cognitivas (mindtools), porque permiten que los estudiantes empleen necesariamente habilidades de orden superior al comenzar a recoger y registrar datos en tiempo real y su posterior interpretación de la relación entre las variables medidas (da Rosa, da Rosa, Trentin y Giacomelli, 2016). En consecuencia,

...el computador puede convertirse en una herramienta cognitiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje, creando un ambiente en el que el alumno construya su interpretación del mundo real organizando y sistematizando sus conocimientos. El profesor, actuando como mediador, puede utilizar esta herramienta en el sistema de enseñanza objetivando preparar al alumno para la inserción en el mundo informatizado (Moreira y Pontelo, 2009, p. 4).

Las estrategias de enseñanza utilizadas para apoyar la implementación de estas herramientas tecnológicas tienen un papel importante en los trabajos analizados, atendiendo a la necesidad de generar propuestas que le permitan a los docentes en ejercicio y en formación apropiarse del uso de las TIC con criterio pedagógico y didáctico. En este orden de consideraciones, es importante tener en cuenta las dificultades que se pueden presentar en dicho proceso, entre las cuales Cavalcante et al. (2008) destacan la falta de preparación para manipular sensores y para el análisis de los datos recogidos por estos mismos, lo que





puede generar retrocesos en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. La familiarización con estas herramientas es de suma importancia para favorecer la conceptualización y la adquisición de aprendizajes significativos (Amrani y Paradis, 2010).

En general, los trabajos que hacen parte de esta categoría reflexionan sobre las ventajas que ofrecen los SAD, permitiendo mejorar la recolección de datos, la modificación de parámetros durante las actividades experimentales, la elaboración de gráficos para entender la relación entre las variables y pasar la mayor parte del tiempo observando los fenómenos. No obstante, no se han desarrollado muchos estudios que reflexionen sobre el papel de estas herramientas en la formación de profesores de física, por lo que con esta investigación se tiene como propósito facilitar la incorporación de los SAD en las prácticas de laboratorio de los maestros en formación para propiciar la conceptualización y la reflexión sobre la forma en que se construye el conocimiento científico.

### **3.1.3. Actividad experimental con uso de TIC en formación de profesores de física**

En esta categoría se identificaron diferentes propuestas diseñadas mediante la implementación de TIC para abordar la actividad experimental en la enseñanza de conceptos físicos en carreras de formación de profesores de física. A continuación se describen los principales hallazgos en cuanto al tipo de TIC empleada, las teorías de aprendizaje en que se sustentan, las estrategias de enseñanza utilizadas y los campos conceptuales en los que se han enfocado.

En relación con el tipo de recurso utilizado, dentro de la variedad de posibilidades que ofrecen las TIC para la enseñanza de las ciencias, se encontraron trabajos que utilizan como herramienta los *software* libre (Ostermann y Ricci, 2005, Cruz y Espinosa, 2012), la modelación computacional (Spencer, 2005; López, Veit y Araujo, 2012, 2014), las simulaciones computacionales (García y Barojas, 2012; Cruz y Espinosa, 2012; Raviolo y Álvarez, 2012; Dorneles, Araujo y Veit, 2012), las hojas de cálculo (Raviolo y Álvarez, 2012) el laboratorio virtual (Luque, Araujo y Acosta, 2006; García y Barojas, 2012; Cruz y Espinosa, 2012; Dorneles, Araujo y Veit, 2012; Fonseca, et al., 2013; Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil, 2015; Heradio, de la Torre, Cabrerizo, Herrera y Dormido, 2016), los videos, animaciones y applets (Torres y Ruíz, 2010; García y Barojas, 2012; Chávez y Andrés, 2013).

Teniendo en cuenta que los trabajos mencionados anteriormente se desarrollaron en programas de formación de profesores de física, o tienen como propósito aportar herramientas para los docentes de física en otros campos como ingeniería o física, se encontró que los trabajos que hacen alusión a un referente de aprendizaje, emplean teorías desarrolladas bajo el paradigma constructivista, como la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel (Ostermann y Ricci, 2005; Luque, Araujo y Acosta, 2006; Torres y Ruíz, 2010; Cruz y Espinosa, 2012; Teixeira, Araujo y Veit, 2012), el Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira (López, Veit y Araujo, 2012, 2014), la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Torres y Ruíz, 2010), la Teoría de la Interacción Social de Vygotsky (García y Barojas, 2012; Teixeira, Araujo y Veit, 2012), la Teoría de



los Campos Conceptuales de Verghnaud (Chávez y Andrés, 2013) y la visión epistemológica de Bunge (Teixeira y Araujo, 2012).

En este mismo sentido, se encontró que para las estrategias de enseñanza que apoyan la implementación de TIC en la actividad experimental en física son principalmente la educación a distancia (García y Borjas, 2012; Heradio, de la Torre, Cabrerizo, Herrera y Dormido, 2016), la elaboración de pequeños proyectos de investigación en el laboratorio (Spencer, 2005; Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil, 2015), el diagrama V de Gowin y el diagrama AVM (Adaptación de la V de Gowin a la Modelación computacional) (Cruz y Espinosa, 2012; López, Veit y Araujo, 2012, 2014) y el aprendizaje colaborativo (Ostermann y Ricci, 2005; Torres y Ruíz, 2010; Raviolo y Álvarez, 2012; Teixeira, Araujo y Veit, 2012). Se resaltan algunos modelos propuestos por los autores como el MATLaF (Modelo de Aprendizaje en los Trabajos de Laboratorio de Física) (Chávez y Andrés, 2013) y el método denominado PIE - Predicción, Interacción y Explicación - adaptado del método POE -Predecir, Observar y Explicar - propuesto por Tao y Gunstone (1999) (Teixeira y Araujo, 2012).

Los campos conceptuales abordados en los trabajos fueron principalmente: electromagnetismo (Luque, Araújo y Acosta, 2006; García y Barojas, 2012; Teixeira, Araujo y Veit, 2012), mecánica cuántica (Ostermann y Ricci, 2005; Spencer, 2005), mecánica clásica (Spencer, 2005; García y Barojas, 2012; Cruz y Espinosa, 2012; López, Veit y Araujo, 2012, 2014; Chávez y Andrés, 2013; Fonseca, Maidana, Severino, Barros, Senhora y Vanin, 2013), electrodinámica y termodinámica (Spencer, 2005), y conceptos

como el movimiento armónico simple (Raviolo y Álvarez, 2012) y la naturaleza de la luz (Torres y Ruíz, 2010).

En relación con lo anterior, se destaca que estos trabajos permiten conocer el estado actual de las investigaciones o propuestas de enseñanza dirigidas a cumplir con una de las principales necesidades de la enseñanza de la física en la actualidad, relacionada con la apropiación crítica de las TIC en los programas de formación de profesores. Como lo mencionan algunos autores (López, Veit y Araujo, 2012, 2014; García y Barojas, 2012; Cruz y Espinosa, 2012; Calderón et al., 2015), una de las acciones para lograr la integración curricular significativa de las TIC en la enseñanza de las ciencias, es promover activamente la capacitación de los docentes en el uso de tecnologías como un fuerte componente de su formación, para incentivarlos a repensar su labor docente a la luz de las posibilidades que éstas ofrecen. Se encontró además, que estas propuestas se enfocan esencialmente en presentar estrategias que acompañen la implementación de las TIC en las clases de física para favorecer la adquisición de aprendizajes significativos en los estudiantes y contribuir a desarrollar un pensamiento crítico; se presentan discusiones sobre la implementación de estas herramientas como un complemento a la actividad experimental, más no como sustitutos de experiencias reales; y se analizan los aportes didácticos de estas herramientas para la enseñanza de la física.

En particular, en los trabajos mencionados anteriormente, se encontró que el recurso empleado por la mayoría son los laboratorios virtuales, dadas sus amplias posibilidades para favorecer la experimentación principalmente en lugares donde es poco probable contar





con equipos de laboratorio, presentándose como una alternativa que permite abrir una nueva perspectiva en cuanto al uso de tecnologías, donde los estudiantes no se limiten a ilustrar conceptos de manera teórica, sino que se puedan enfrentar al montaje de experimentos y hacer mediciones, casi con la misma claridad que con los laboratorios físicos (Luque, Araújo y Acosta, 2006, Fonseca et al., 2013). En efecto, se entiende por laboratorio virtual como

...un programa que simula el experimento real pero no de una manera animada o caricaturesca donde los elementos del experimento real no se observan o se intentan mostrar cosas que nunca se van a observar en realidad como por ejemplo un electrón, una trayectoria definida de un cuerpo o un sistema cartesiano, líneas de campo, etc. (Luque, Araújo y Acosta, 2006, p. 2).

En cuanto a otro tipo de recurso utilizado frecuentemente como apoyo a la actividad experimental, se resalta la modelación computacional como un medio que “permite al estudiante construir una idea, representación, imagen o modelo mental a partir de imágenes externas, necesarias para la comprensión del mundo físico” (López, Veit y Araujo, 2012, p. 940). Esta herramienta es quizá de las que más ofrece la posibilidad de acercar a los estudiantes a una de las formas de hacer ciencia, que es la modelación científica, y no solo mostrar los modelos como simples representaciones de los fenómenos, sino también como una manera de comprenderlos. Los demás recursos como animaciones, videos y simulaciones computacionales, aunque no acercan a los estudiantes al quehacer científico propiamente, facilitan la interpretación de los fenómenos físicos y promueven su



interacción con diferentes tipos de experimentos desde una perspectiva más crítica y reflexiva (García y Barojas, 2012; Raviolo y Álvarez, 2012; Fonseca et al., 2013). Por otra parte, como lo mencionan López, Veit y Araujo (2014) “la implementación de recursos computacionales en el aula de clase, debe estar orientada desde estrategias didácticas que permitan alcanzar los objetivos educativos propuestos con el uso de estas herramientas” (p. 60), por lo que se resalta que la estrategia utilizada con mayor frecuencia en los trabajos realizados es el aprendizaje colaborativo (Ostermann y Ricci, 2005; Torres y Ruíz, 2010; Raviolo y Álvarez, 2012; Teixeira, Araujo y Veit, 2012). Además, el uso del diagrama V de Gowin también se presenta como una estrategia que favorece el aprendizaje significativo y permite establecer relaciones teórico-metodológicas en el desarrollo de actividades experimentales (Cruz y Espinosa, 2012; López, Veit y Araujo, 2012, 2014).

En general, se puede afirmar que el papel del computador en la enseñanza de la física tiene un amplio potencial como un recurso que favorece el aprendizaje de conceptos científicos, además de propiciar una visualización más general e inmediata de sistemas idealizados, comparada con representaciones estáticas u otro tipo de medios, y hacer más dinámica la comparación entre sistemas ideales y reales, facilitando el entendimiento sobre modelos teóricos (Teixeira, Araujo y Veit, 2012; Cruz y Espinosa, 2012; Torres y Ruíz, 2012; García y Barojas, 2012). En este mismo sentido, los hallazgos en esta categoría permiten reafirmar las potencialidades de la implementación de las TIC en la enseñanza de la física, en este caso, en las actividades experimentales en particular, ya que estos medios favorecen el desarrollo de procesos metacognitivos, estimulan la motivación por el



aprendizaje y acompañadas de estrategias pertinentes, pueden favorecer los procesos de conceptualización de los estudiantes; lo que va más allá de la manipulación de instrumentos en el laboratorio sin ningún sentido o el registro de datos para acomodarlos a una teoría. Desde el presente trabajo de investigación, se considera que las TIC son valiosas para abordar actividades experimentales, ya que favorecen el fortalecimiento de habilidades en los estudiantes que serían difíciles de fortalecer mediante las prácticas de laboratorio tradicionales, sirviendo de complemento para facilitar la comprensión e interpretación de lo que sucede a nuestro alrededor.

### **3.2. Construcción del Marco Teórico**

En la presente sección se hace referencia a la fundamentación teórica que apoya la presente investigación, en cuanto a la incorporación de las TIC en la enseñanza de la física, el uso de Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) en la actividad experimental, la concepción de actividad experimental para la formación de maestros, la Teoría de Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud y los elementos metodológicos para la implementación de SAD en la actividad experimental propuestos en esta investigación.

#### **3.2.1. Una mirada a las TIC en la enseñanza de la física**

En el ámbito internacional, la UNESCO (2006) propone las TIC como recursos que tienen un alto potencial para favorecer aprendizajes y para implementar propuestas innovadoras de enseñanza. Y teniendo en cuenta el elevado número de reprobaciones de física en los diferentes niveles de educación en diversos países, que muestra las dificultades que los alumnos encuentran en el aprendizaje de esa ciencia (Fiolhais y Trindade, 2003), se



visualizan las TIC en esta investigación como una posible respuesta a la necesidad de replantear las prácticas de enseñanza.

El Ministerio de TIC en Colombia, que anteriormente se conocía como Ministerio de Comunicaciones, es la entidad que se encarga desde el año 2009, según la Ley 1341 o Ley de TIC, de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, definiendo éstas como el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios, que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como voz, datos, texto, vídeo e imágenes. Es por ello que la tendencia actual en educación es pensar en las TIC no sólo como objeto de conocimiento sino, como un recurso para la enseñanza y el aprendizaje, puesto que se han convertido en algo fundamental para la formación del ser humano que día a día se ve más inmerso en la tecnología. Esto se evidencia según el Ministerio de Educación Nacional (MEN) (2006), en la manera como se estructuran las relaciones entre los hombres, con el mundo natural y con el acelerado desarrollo del mundo artificial como resultado de la producción humana, notándose la necesidad de avanzar cada vez más y desarrollar capacidades para interactuar productivamente en la sociedad en la que se está inmerso, haciendo que el ser humano se pregunte constantemente por nuevas formas de contribuir al desarrollo científico y tecnológico y pueda adquirir las competencias necesarias para innovar y pertenecer al mundo globalizado.





Así como lo plantea el MEN (2006), la formación de talento humano en estas tecnologías y su carácter transversal, son fundamentales para la consolidación de las sociedades de la información y del conocimiento donde se espera que la formación en tecnología permita reconocer la naturaleza del saber tecnológico como solución a problemas que contribuyen al desarrollo del entorno, presentándose así nuevas transformaciones socioculturales. De esta manera se hace necesario establecer un vínculo entre las propuestas que giran en torno a la implementación de las TIC y las instituciones educativas, para cumplir con los ideales de progreso y desarrollo que se tienen en la sociedad actual y contribuir al aprovechamiento y mantenimiento de los recursos disponibles en la escuela y en la comunidad.

En las dos últimas décadas se ha evidenciado un acelerado desarrollo de las herramientas tecnológicas que han sido implementadas para mejorar la calidad de vida del ser humano en todos sus ámbitos; incluso en la educación ha sido posible percibir este cambio, ya que la mayoría de las instituciones cuentan con algunos equipos que buscan mejorar la calidad de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, a través de la familiarización de los docentes y estudiantes con estos recursos didácticos; lo que ha constituido una verdadera revolución educativa en general, y en la enseñanza de las ciencias en particular. De esta manera, las TIC pueden ayudar a mejorar el aprendizaje y a desarrollar capacidades en los estudiantes, así como a encontrar nuevas maneras de aplicar los conocimientos. De acuerdo con Grisolia (2009), estas herramientas son facilitadores para el procesamiento de la información y los contenidos implícitos del aprendizaje; por lo cual, se constituyen en un medio para



complementar las actividades y ayudar a enseñar mejor diversas asignaturas. Además, favorecen la motivación, la flexibilidad instruccional y el trabajo colaborativo, logrando que los estudiantes tengan una actitud positiva hacia la física.

En el contexto de la enseñanza de esta área de conocimiento, algunos autores (Araujo, Veit y Moreira, 2004; Pires y Veit, 2006; Pontes, 2005b; Grisolia, 2009; Llaser, Zayas y Puente, 2009; Capuano, 2011; de Macêdo, Pedroso, Voelzke y de Araújo, 2014; da Silva y Kalhil, 2015) consideran que la incorporación de las TIC se ha presentado cada vez más en el sector educativo, ayudando a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje; aunque existe poca reflexión en cuanto a teorías de aprendizaje o estrategias didácticas que acompañen su implementación y aporten herramientas para articular diferentes procesos de pensamiento de los estudiantes en el acercamiento a la construcción del conocimiento científico. No obstante, estas herramientas cumplen un papel importante en el acompañamiento de actividades experimentales ya que ayudan a superar la enseñanza basada en clases teóricas, puesto que el uso de experimentos reales o virtuales es una manera de “despertar la curiosidad, estimular el debate científico y mejorar el pensamiento crítico de los estudiantes” (de Macêdo, Pedroso, Voelzke, y de Araújo, 2014, p. 188).

Para el uso del computador en la enseñanza de la física, se encuentran en la gran mayoría de trabajos de implementación de herramientas computacionales, diversas posibilidades como el tratamiento de cálculos, gráficas, instrumentos de medición, instrumentos de adquisición y procesamiento de datos, hasta la realización de simulaciones y modelos computacionales de fenómenos físicos. De acuerdo con lo anterior, entre las



principales modalidades del uso del computador en la enseñanza de la física se encuentran: instrucción y evaluación mediada por el computador; modelación y simulación computacional; recolección y análisis de datos en tiempo real; recursos multimedia; comunicación a distancia; resolución algebraica/numérica y visualización de soluciones matemáticas; y estudio de procesos cognitivos (Fiolhais y Trindade, 2003; Araujo, Veit y Moreira, 2004); concentrándose con mayor frecuencia los trabajos de modelación y simulación computacional en los temas relacionados con la mecánica de Newton, y con menor frecuencia en los temas relacionados con la óptica y la física moderna (Araujo, Veit y Moreira, 2004).

Entre estas modalidades, se destacan los SAD, los cuales han sido poco explorados para la formación de profesores de física en particular, y son herramientas que apoyan la actividad experimental en el proceso de recolección de información y de realización de cálculos, permitiendo que se pueda dedicar más tiempo al proceso de conceptualización. De acuerdo con Haag, Araujo y Veit (2005), se considera esta herramienta como una alternativa para que a través de la experimentación se proporcione una imagen más amplia del fenómeno a estudiar, al disponer de gráficos de forma casi inmediata, que muestran la relación entre las variables involucradas en la situación. Además, de acuerdo con Pontes et al. (2006), el uso de SAD

...contribuye al desarrollo de habilidades de tipo manual (montaje, medición) y capacidades de tipo intelectual o destrezas científicas (capacidad de observación y de expresión, orden, perseverancia, reconocimiento de errores, representación y análisis de



datos...) que ofrecen una oportunidad de manifestarse mucho mayor que en otras actividades, como la resolución de problemas (p. 264).

Un SAD se conforma por un dispositivo de medición que permite que los datos experimentales obtenidos con sensores de diversas magnitudes físicas sean leídos automáticamente, almacenados y analizados por un *software* computacional (Gil y Rodríguez, 2001, citados en Pontes et al., 2006). El *software* como tal, permite procesar y monitorear las variables del sistema físico en tiempo real, mientras que los sensores son “dispositivos con características internas directamente afectados por un fenómeno externo (parámetro) [...] El fenómeno externo puede ser de temperatura, humedad, presión, etc., y la característica interna puede ser, por ejemplo, la resistencia o capacitancia” (Martins y Viana, 2011, p. 657). Es decir, la magnitud que se desea medir se transforma en una señal eléctrica a través de los sensores, dicha señal se envía a un circuito llamado interfaz, que lo transforma en una secuencia de valores digitales de voltaje o tensión eléctrica que son leídos, procesados y almacenados por el computador. Todo el SAD requiere un sensor para convertir alguna cantidad física - tal como la temperatura, la fuerza, la presión - en una señal eléctrica que se suministra a continuación al computador para la recolección y análisis de datos de la cantidad física (Haag, Araujo y Veit, 2005).

Actualmente existe una enorme cantidad de sensores de bajo costo. Los más utilizados para enseñanza de la física son el potenciómetro, que posibilita la medida de la posición angular de un péndulo en función del tiempo; la termocupla para medir temperaturas; el fotodiodo para medir la intensidad de la luz; el sensor de efecto Hall para medir campo





magnético, la fotocompuerta para medir diferentes tipos de movimiento de los cuerpos; entre otros. Los sensores se clasifican en dos tipos: analógicos y digitales. Los analógicos realizan una medición continua en un amplio rango; mientras que los digitales realizan una medición discreta; es decir, solo identifican dos estados de voltaje: alto (encendido) o bajo (apagado). Entre los sensores analógicos se encuentran las termocuplas, los micrófonos, potenciómetros y varios circuitos integrados; los fotodiodos e interruptores magnéticos son ejemplos de sensores digitales. En cualquiera de los casos, la interfaz analógica/digital es la que permite convertir la señal recibida por un microcontrolador (circuito integrado programable) a un lenguaje digital que sea leído por un dispositivo que almacena los datos (computador personal, dispositivos móviles, microcomputadores) (Haag, Araujo y Veit, 2005). De igual manera, según su principio de funcionamiento, un sensor puede desempeñar un papel pasivo si solo detecta las señales emitidas por la magnitud física que mide en el sistema físico; y su papel es activo si está diseñado para generar por sí mismo señales representativas de las magnitudes a medir.

En la figura 2 se representan las etapas de un SAD para la medición de una variable en un sistema físico. En la etapa transductora, el transductor o sensor, siendo sensible a esta variable, la transforma en una señal eléctrica que luego ingresa a la etapa de acondicionamiento de señal. En esta etapa la señal es amplificada o filtrada en frecuencias, para luego ser llevada al conversor analógico-digital donde es acoplada al sistema digital.

Este sistema, que puede ser un microcontrolador como los presentes en las placas Arduino,

puede realizar algún procesamiento de señal o solo enviarla al computador donde se realiza toda la etapa de procesamiento numérico correspondiente a cada experimento particular.

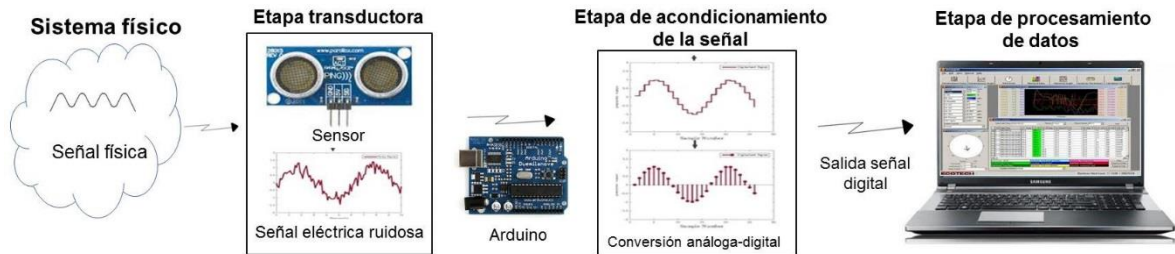


Figura 2. Etapas de un Sistema de Adquisición de Datos (elaboración propia).

Desde la perspectiva de Haag, Araujo y Veit (2005), los SAD pueden ayudar a dejar a un lado las prácticas de laboratorio tipo receta para introducir actividades abiertas, que sean potencialmente más propicias para el aprendizaje de los conceptos propios de un fenómeno físico a estudiar. En este sentido, de acuerdo con Pontes et al. (2006),

...el uso del ordenador en el laboratorio también simplifica las tareas tediosas de realización de muchas mediciones, porque el sistema de adquisición de datos puede realizar las medidas de un modo extremadamente rápido, lo que facilita el acceso a experiencias inimaginables hace algunos años, o que se realizaban de un modo tan lento que resultaría insufrible para los alumnos (p. 264).

Además de la recolección de datos, la representación gráfica y la búsqueda de un modelo matemático se facilita en gran medida, por lo que los estudiantes pueden disponer de más tiempo para la conceptualización (Haag, Araujo y Veit, 2005).

Por otra parte, es necesario que los estudiantes se apropien del manejo de dichos sensores y de diferentes *software* que permiten la recolección de los datos, para que éstos no se conviertan en una caja negra y puedan ser aprovechados de la mejor manera. Asimismo, con el apoyo de los SAD se realizan experimentos convencionales, puesto que se requieren para hacer las mediciones a través de los sensores, y se representan los datos obtenidos a una velocidad mucho mayor, dejándole al estudiante el análisis e interpretación de los resultados, así como la posibilidad de repetir las mediciones las veces que considere necesario para ver inmediatamente sus efectos.

### **3.2.2. La Actividad Experimental en la Formación de Profesores de Física**

En la enseñanza de las Ciencias Naturales, particularmente de la Física, la actividad experimental ha sido ampliamente discutida por diversos autores (Hodson, 1994; Ferreirós y Ordoñez, 2002; Caamaño, 2003; Cortés y de la Gándara, 2007; Antúnez, Pérez y Petrucci, 2008; Pérez y Segura, 2010; Romero, Aguilar, Medina y Tarazona, 2011; Jaime y Escudero, 2011; Casal, 2013), quienes describen sus puntos de vista sobre lo que debería considerarse más conveniente para el ámbito formativo en Ciencias, a partir de cuestiones epistemológicas propias del experimento.

En este sentido, la perspectiva que más se acerca a lo que se concibe como experimento en la enseñanza de la Física en la presente investigación, está dada por Malagón, Ayala y Sandoval (citados por Romero et al., 2011), quienes consideran que consiste en tomar datos del mundo físico, generalmente denominados medidas, a través de instrumentos diseñados para dicha recolección y manejados a partir de estadísticas para determinar qué tanto se

acercan a los resultados esperados dentro de un marco teórico. Por lo tanto, el experimentador sería un experto en la manipulación de dichos instrumentos y en el manejo estadístico de los datos; es decir, en la aplicación de la teoría de errores.

Considerar el experimento como la comprobación de una teoría, o viceversa, hace que se pierda una parte esencial del carácter de esta relación inseparable y permanente en la construcción del conocimiento científico. Por lo cual, desde la perspectiva de Malagón, Ayala y Sandoval (2011), tener en cuenta solo uno de los extremos de la relación teoría - práctica en el ámbito educativo, impide que se comprenda de manera adecuada el proceso de construcción propia de los conceptos en la actividad científica. Por lo anterior, se asume bajo una mirada fenomenológica, que

...el experimento contribuye a ampliar la base de hechos de observación, favorece el planteamiento de problemas conceptuales y orienta y dinamiza la formalización de procesos de organización de la experiencia y de construcción de magnitudes y formas de medida [...] Se considera el experimento como una actividad en estrecha relación con las construcciones conceptuales y, en consecuencia, íntimamente ligada a la organización de nuevas maneras de explicación y comprensión de los fenómenos físicos (Romero et al., 2011, p. 7).

Esta visión está en estrecha relación con las consideraciones de Hodson (1994) sobre la reconceptualización de lo que él denomina los Trabajos Prácticos de Laboratorio, que consiste en ofrecer la posibilidad en la enseñanza de desarrollar habilidades experimentales cercanas a la forma como se construye el conocimiento científico; además de tener la





posibilidad de observar y experimentar sobre diferentes fenómenos para relacionar las teorías y modelos con la experiencia. Cabe resaltar que para este autor, la práctica de la actividad científica es poco metódica, ya que el científico como tal se enfrenta a diferentes situaciones, en las que pone en juego su creatividad para determinar formas de actuar, a partir de procedimientos que ya han sido aceptados por una comunidad de expertos.

Sin embargo, en la enseñanza de la Física, muchas veces no se les ofrece a los estudiantes la oportunidad de participar en el diseño experimental, debido a que no se ha creado una cultura para la alfabetización científica y no se han apropiado lo suficiente de lo que implica dicha actividad. En este sentido, Antúnez, Pérez y Petrucci (2008), consideran que las tareas que implica la experimentación son sumamente complejas para los estudiantes y muchas veces no se tienen claridad en los objetivos; en consecuencia, al llevar estas actividades a un laboratorio, se genera un espacio de incertidumbre, con múltiples variables que en muchas ocasiones no se cuenta con la apropiación conceptual suficiente para manejar y tomar decisiones en cuanto a la forma de proceder. Sin embargo, el trabajo de laboratorio sería suficiente para producir aprendizaje si los docentes desarrollaran estrategias explícitas para la enseñanza en este espacio.

Estas concepciones también se ven reflejadas en los aportes de Cortés y de la Gándara (2011), quienes muestran diferentes razones por las que los docentes no tienden a generar estrategias para la enseñanza a partir de la experimentación, entre las cuales se encuentran que existe una dicotomía entre lo que se aprende durante la formación de maestros y lo que se aplica en las instituciones educativas, otorgándole la responsabilidad de esto a que el



tiempo dedicado a las ciencias experimentales en los planes de estudio es bastante corto, y no hay muchos recursos en dichas instituciones, dado que “en el caso concreto de los trabajos prácticos, a pesar del valor formativo de los mismos, algunos constituyen actividades costosas, exigen tiempo para su preparación y requieren cierto conocimiento y experiencia por parte del profesorado para su realización” (Caamaño, 2003, citado en Cortés y de la Gándara, 2011, p. 436), para lo cual los docentes no se sienten preparados.

A pesar de que, entre los docentes y los mismos estudiantes predomine la imagen de la actividad experimental como un espacio para la manipulación de instrumentos al margen de una teoría, o que son simples ejercicios de aplicación de un concepto al margen de un procedimiento (Hodson, 1985; Gil et al., 1991, 1999), cabe resaltar que, la experimentación llevada al ámbito de la enseñanza ayuda a la construcción de conocimiento mediante factores como la interacción social, el desarrollo del pensamiento teórico y procedimental, la resolución de problemas y el cuestionamiento; ya que de acuerdo con Sanmartí (citada en Cortés y de la Gándara, 2011) “la experimentación y la observación servirán para aprender sólo si provocan que el alumnado se haga preguntas, es decir, si conduce a representarse posibles interpretaciones de lo que se observa, para poderlas discutir”, (p. 436). Así mismo, lograr la realización de actividades experimentales, más específicamente de trabajos de laboratorio a partir de situaciones problemas, ayuda a desarrollar habilidades experimentales y a dedicar más tiempo a la modelización personal como una oportunidad para la adquisición de aprendizajes significativos (Jaime y Escudero, 2011).

De esta manera, se podría afirmar que la actividad experimental en la enseñanza de la física, y particularmente, en la formación de profesores de ciencias, debe crear espacios para diseñar estrategias que permitan a los estudiantes acercarse a la construcción del conocimiento científico, teniendo en cuenta las anteriores consideraciones y, principalmente, que la construcción del conocimiento es colectiva. Además, en concordancia con lo que afirma Caamaño (2013), en cuanto que

...los trabajos prácticos constituyen una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias por permitir una multiplicidad de objetivos: la familiarización, observación e interpretación de los fenómenos que son objetos de estudio en las clases de ciencias, el contraste de hipótesis en los procesos de modelización de la ciencia escolar, el aprendizaje del manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio y de campo, la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos y prácticos y, en definitiva, la comprensión procedimental de la ciencia (p. 95).

Razón por la cual, a partir de la perspectiva de este autor, se consideró que la definición más acorde al objetivo de la presente investigación, es el de la actividad experimental como un proceso de investigación, ya que en este enfoque, dicha actividad está diseñada para que los estudiantes tengan “la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos en la resolución de problemas, familiarizarse con el trabajo científico y aprender en el curso de estas investigaciones, las destrezas y procedimientos propios de la indagación” (Caamaño, 2013, p. 97).

### 3.2.3. La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud en el ámbito de este trabajo

La presente investigación está fundamentada en la Teoría de los Campos Conceptuales (TCC) de Vergnaud que se apoya en la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget, ampliando el concepto de esquema; y en la teoría de la interacción social de Vygotsky, dándole importancia a este concepto y, al lenguaje y la simbolización en el progresivo dominio de un campo conceptual para los estudiantes. Para Vergnaud, la conceptualización es el núcleo del desarrollo cognitivo y el conocimiento está organizado en campos conceptuales, los cuales son “un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición” (Moreira, 2002, p. 2).

Desde la perspectiva de Vergnaud un concepto se define como,

...un triplete de tres conjuntos,  $C = (S, I, R)$  donde: **S** es el conjunto de situaciones que dan sentido al concepto; **I** es el conjunto de invariantes (objetos, propiedades y relaciones) sobre las cuales reposa la operacionalidad del concepto, o un conjunto de invariantes que pueden ser reconocidos y usados por los sujetos para analizar y dominar las situaciones del primer conjunto; y **R** es un conjunto de representaciones simbólicas (lenguaje natural, gráficos y diagramas, sentencias formales, etc.) que pueden ser usadas para indicar y representar esos invariantes y, consecuentemente, representar las situaciones y los procedimientos para lidiar con ellas (Moreira, 2002, p. 5).



La figura 3 tiene como propósito sintetizar y visibilizar la relación entre los principales elementos de la Teoría de los Campos Conceptuales que se retomaron en la presente investigación.

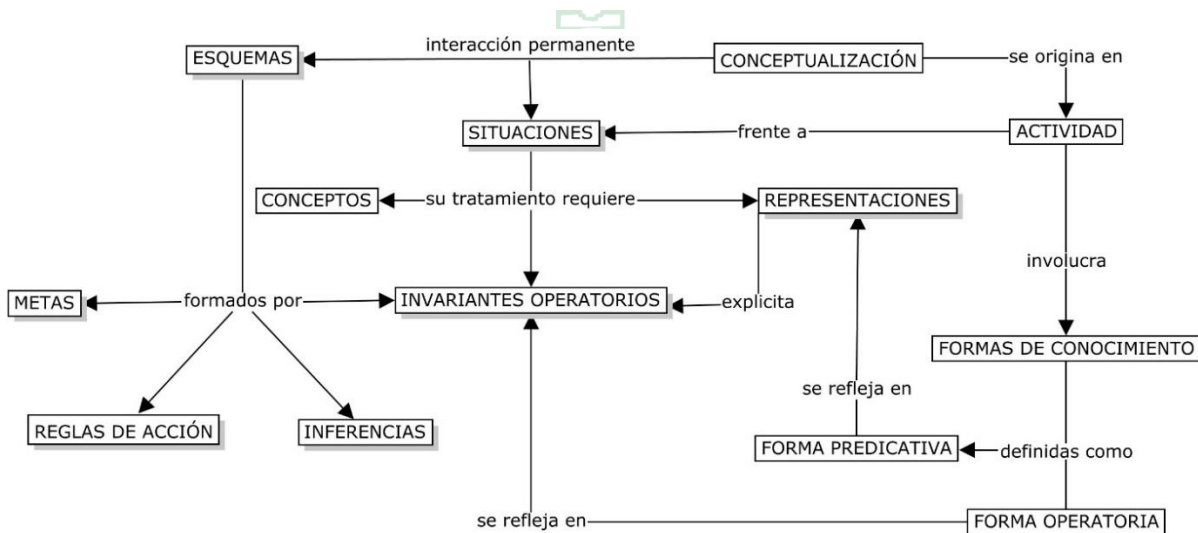


Figura 3. Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (elaboración propia).

De acuerdo con la figura 3, la **conceptualización** se entiende como un proceso que implica la interacción permanente entre las **situaciones**, que se definen como una combinación de tareas que involucran procesos cognitivos complejos; y los **esquemas**, que se entienden como “la organización invariante de la conducta para una clase de situaciones dada. En los esquemas es donde se debe investigar los conocimientos-en-acto del sujeto, es decir, los elementos cognitivos que permiten a la acción del sujeto ser operatoria” (Vergnaud, 1990, p. 2). Entre los elementos cognitivos de los esquemas se encuentran las metas, reglas de acción, inferencias e **invariantes operatorios**; pero son estos últimos de particular interés dado que su función es identificar las propiedades, relaciones y



transformaciones de los objetos, seleccionar la información pertinente para establecer las reglas de acción que permitirán abordar una situación (junto con los conceptos y las representaciones), y de esta manera el grado de dominio para enfrentar dichas situaciones es el reflejo de la propia conceptualización.

Los invariantes operatorios son los **conceptos en acción** y **teoremas en acción**; un **teorema en acción** es una proposición considerada como verdadera, mientras que un **concepto en acción** es una categoría de pensamiento que se cree pertinente; es decir, el conocimiento implícito que un estudiante tiene pero se le dificulta explicarlo. El docente como mediador puede lograr que se haga explícito; y es a través de este proceso que estos teoremas y conceptos se pueden convertir en verdaderos teoremas y conceptos científicos.

Es claro que el proceso de conceptualización hace parte de la actividad del ser humano frente a una situación; y al entenderse que “el esquema es la forma estructural de la actividad” (Moreira, 2002, p. 9), se hace posible analizarla a través de la conducta observable de los estudiantes. De acuerdo con Otero (2014), Vergnaud define la **actividad** como un conjunto de procesos de representación que se pueden manifestar por medio de:

- Gestos con las manos, con el cuerpo, con el rostro.
- Acciones sobre los objetos, el entorno, en interacción con otros u operaciones de pensamiento.
- Selección de información relevante o pertinente para enfrentarse a una situación.
- Invariantes operatorios que ayudan a identificar los conceptos y teoremas que se consideran pertinentes y verdaderos en un campo conceptual.



## • **Facultad de Educación**

- Reglas en acción, que ayudan a decidir el proceso a seguir para cumplir un propósito.
- Mecanismos de control para evaluar los elementos anteriores y establecer si se están cumpliendo las metas.

De esta manera, la actividad involucra las formas de conocimiento definidas desde la TCC, como la **forma operatoria** que se refiere a la manera como el sujeto actúa frente a una situación (por tanto se refleja en los invariantes operatorios) y la **forma predicativa** que le permite externalizar su conocimiento a través de representaciones.

La **representación** es entonces un elemento importante en esta teoría, puesto que es a través de ella que se manifiestan los conceptos que se han construido, explicitando los invariantes operatorios a través de símbolos y sistemas de conceptos que permiten seleccionar la información necesaria para dirigir la actividad. Sin embargo, la conceptualización no es solo la simbolización de los conceptos, o evidenciar los sistemas de representación; esta requiere el estudio de la acción en situación y la formación de invariantes operatorios a lo largo de un tiempo determinado; es decir, identificar la forma operatoria de los estudiantes cuando se enfrentan a situaciones de un determinado sistema de representación.

Desde esta perspectiva, y en el ámbito de este trabajo, se considera que los docentes son mediadores que usan palabras y frases para explicar, preguntar, seleccionar información, proponer metas, reglas, etc.; en este proceso el lenguaje y los símbolos son importantes ya que deben ayudar a los estudiantes a desarrollar esquemas y representaciones. Como lo

afirman Alzugaray, Massa y Moreira (2014), “la acción mediadora más importante de un docente es la de suministrar a los estudiantes situaciones fructíferas para su aprendizaje” (p. 92); en este sentido, se retomaron las situaciones para el diseño de las actividades experimentales que se derivan de la propuesta pedagógico-didáctica aquí presentada.

Por su parte, el desarrollo cognitivo depende de situaciones y conceptualizaciones específicas, y son estas las que dan sentido a los conceptos (Moreira, 2002); por lo que las situaciones antes referidas no son situaciones didácticas propiamente dichas, pero sí tareas, problemas. El profesor asume entonces el papel de mediador, proveedor de situaciones problemáticas fructíferas, estimuladoras de la interacción sujeto-situación que lleva a la ampliación y a la diversificación de sus esquemas de acción, o sea, al desarrollo cognitivo. En consecuencia, atendiendo a los propósitos de este trabajo, y teniendo en cuenta los elementos aquí descritos, se realiza fundamentalmente el análisis de la actividad en situación de los estudiantes, a través de las formas de conocimiento, en aras de lograr una comprensión de los procesos de conceptualización.

#### **3.2.4. Elementos metodológicos para la implementación de Sistemas de Adquisición de Datos como apoyo a la actividad experimental en la enseñanza de la física**

La implementación de SAD en la enseñanza de la física se plantea como un apoyo que favorece el proceso de conceptualización en la actividad experimental. En este proceso, la representación se constituye en un medio que permite en gran medida plasmar las percepciones de las personas y, desde la teoría de Vergnaud, enfrentar situaciones cada vez





más complejas desarrollando sus esquemas. En otras palabras, la representación permite reflejar los invariantes operatorios para poder determinar los procedimientos que permiten solucionar una situación (Moreira, 2002). En este sentido, se presenta la adaptación del diagrama AVM (Adaptación de la V de Gowin a la Modelación Computacional) como un instrumento heurístico propuesto por Araujo, Veit y Moreira (2007) para realizar actividades de simulación y modelación computacional en la enseñanza de la física de manera crítica y reflexiva; y en coherencia con los propósitos de la investigación, se complementa con algunos aportes de la Teoría de Campos Conceptuales de Vergnaud (1990), denominándolo diagrama AVSAD. Además, se describe un arquetipo del proceso cognitivo en el laboratorio basado en el Modelo de Aprendizaje en los Trabajos de Laboratorio de Física (MATLaF), diseñado por Andrés y Pesa (2004).

### ***3.2.4.1. Diagrama AVSAD para la implementación de SAD en la actividad experimental en la enseñanza de la física***

Con la intención de conocer el proceso de conceptualización de los estudiantes cuando se enfrentan a una situación propuesta para una actividad experimental en física, además de apoyar la implementación de SAD para tal fin, se plantea una adaptación del diagrama AVM con los componentes que se presentan en la figura 4.

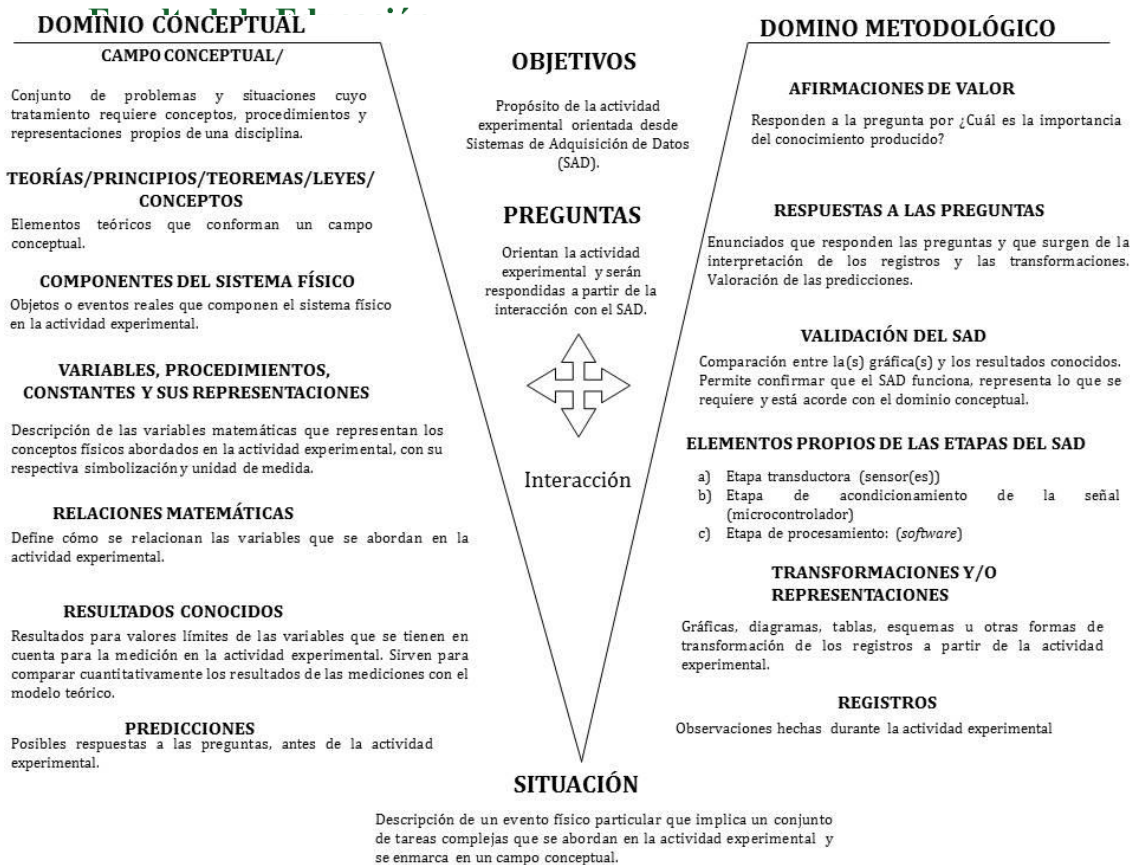


Figura 4. Diagrama AVSAD para la implementación de SAD en la actividad experimental en la enseñanza de la física.

Como se observa en la figura 4, el diagrama AVSAD es un instrumento conformado por tres partes relacionadas entre sí:

i) En la parte central se encuentra el propósito de la actividad experimental, que se refiere a los objetivos, las preguntas, y la situación objeto de estudio. Los objetivos se relacionan con lo que se pretende lograr en la actividad experimental orientada desde los SAD, que está relacionada a una situación particular asociada a un campo conceptual que se quiere estudiar; esta situación se describe en vértice de la V, y se retoma su definición



desde la Teoría de los Campos Conceptuales, como un conjunto de tareas complejas que dan sentido a los conceptos. Las preguntas, se refieren a aquellas cuestiones que serán respondidas a partir de la implementación de los SAD y que buscan, de acuerdo con Araujo, Veit y Moreira (2012) ser puntos clave para favorecer el aprendizaje significativo; siempre y cuando se eviten preguntas de tipo procedimental que solo requieran la manipulación algebraica o el cálculo de valores numéricos.

ii) En la parte izquierda se encuentra el dominio conceptual, conformado por el campo conceptual, las teorías/principios/teoremas/leyes/conceptos, los componentes del sistema físico, las variables, procedimientos, constantes y sus representaciones, las relaciones matemáticas, resultados conocidos y predicciones de los estudiantes. Los dos primeros elementos se retoman como aporte del referente teórico de aprendizaje, la Teoría de los Campos Conceptuales, dado que en el contexto de la actividad experimental es fundamental identificar el marco referencial del cual se espera aprender. Es importante señalar que la noción del concepto sistema es de suma importancia cuando nos referimos a la física como una ciencia experimental, que se basa en modelos y que nos permite acercarnos a las situaciones físicas para encontrar una solución bajo un marco teórico existente (Covaleda, Moreira y Caballero, 2005), por lo cual, en los componentes del sistema físico se describen todos los elementos que hacen parte de la actividad experimental y que el estudiante considera que juegan un papel importante para enfrentarse a la situación planteada. Por su parte, las variables, procedimientos, constantes y sus representaciones, las relaciones matemáticas y los resultados conocidos, son elementos que se extraen del marco teórico al



que se asocia el campo conceptual, del cual se requiere un nivel de dominio por parte de los estudiantes que les permita el desarrollo de la actividad experimental en interacción permanente con el dominio metodológico. Por último, se tienen las predicciones como una tentativa inicial de responder a las preguntas antes de enfrentarse a la situación; en este punto es fundamental que los alumnos expliquen las razones en las que están basadas sus creencias, de tal manera que sean conscientes de la importancia de los conocimientos previos para sus interpretaciones.

iii) En la parte derecha se encuentra el dominio metodológico que incluye los registros, las transformaciones y/o representaciones, los elementos propios de las etapas del SAD, la validación del SAD, las respuestas a las preguntas y las afirmaciones de valor. En los registros se indican las observaciones que se llevan a cabo en el intento de dar respuesta a las preguntas, teniendo en cuenta las variables y los parámetros que se utilizan para representar el sistema físico, así como los resultados conocidos y las predicciones de los estudiantes. En las transformaciones y/o representaciones se realiza una organización de los registros, por medio de tablas, gráficos, esquemas, dibujos u otro tipo de representación que se hace necesaria para comprender el proceso de conceptualización de los estudiantes. El siguiente espacio corresponde a los elementos propios de cada una de las etapas del SAD, descritas en la sección 3.2.1.1, en el cual se caracterizan las herramientas utilizadas durante la actividad experimental, con el propósito de que los estudiantes identifiquen el SAD utilizado como parte de la actividad experimental y no como un instrumento de medición del cual desconocen su funcionamiento.





A continuación, se presenta un elemento fundamental del diagrama, que es la validación del SAD; en este campo, se espera que los estudiantes comparen las gráficas y los resultados conocidos, con los obtenidos durante la actividad experimental y argumenten la confiabilidad del SAD utilizado y su coherencia con el dominio conceptual. Posterior a dicha validación, se presentan las respuestas a las preguntas que orientaron la actividad, a partir de las predicciones realizadas y de la interpretación de los registros y sus transformaciones. En este espacio se valora, de acuerdo con la Teoría de los Campos Conceptuales, la forma predicativa del conocimiento de los estudiantes; es decir, la manera como ponen en palabras su comprensión de la situación. El último componente del diagrama responde a la pregunta por ¿cuál es la importancia del conocimiento producido?; con esto se pretende que los estudiantes valoren las posibilidades de la implementación de SAD durante la actividad experimental y su papel para enfrentarse a la situación planteada; además de indicar las modificaciones que pueden ser hechas, o cómo puede relacionarse con otras situaciones que permitan mejorar su grado de dominio del campo conceptual abordado.

En el ámbito de la presente investigación, la elaboración del diagrama presentado en la figura 4, se presenta como una herramienta teórico-metodológica que permite incrementar el potencial de los SAD en la enseñanza de la física, posibilitando su uso crítico y proporcionando un medio por el cual es posible valorar el proceso de conceptualización de los estudiantes. En este sentido, se considera que el uso de este diagrama contribuye a los

propósitos de la presente investigación en cuanto a la contribución de los SAD a la conceptualización en física, la actividad experimental y a apropiación crítica de las TIC.

**3.2.4.2. Modelo para el análisis del proceso cognitivo en la actividad experimental**

Acerca del proceso cognitivo en la actividad experimental, se retomaron las ideas principales del Modelo de Aprendizaje en los Trabajos de Laboratorio de Física (MATLaF), diseñado por Andrés y Pesa (2004). Dicho modelo fue elaborado en el marco de la Teoría de Campos Conceptuales de Vergnaud (1990), con el propósito de reconocer el proceso cognitivo que ocurre durante un trabajo de laboratorio a partir de una situación novedosa. El modelo (MATLaF) y su proceso se representa en la figura 5.

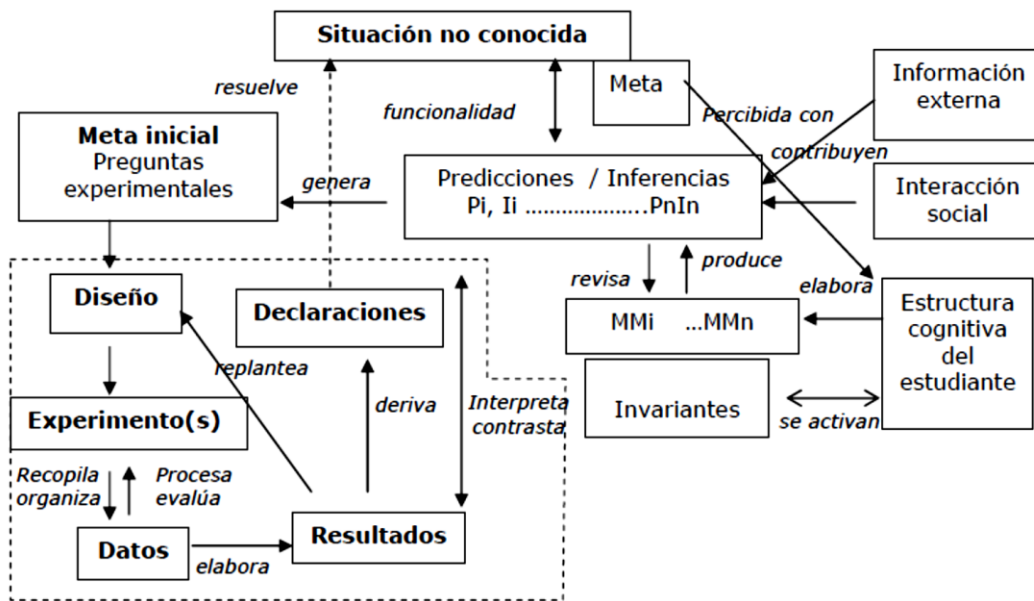


Figura 5. Modelo dinámico de Aprendizaje en los Trabajos de Laboratorio en Física (Andrés, Pesa y Meneses, 2006).



De acuerdo con la figura 3, el trabajo de laboratorio parte de una situación no conocida por los estudiantes, que es percibida por los esquemas presentes en su estructura cognitiva; al no encontrar una solución que se ajuste a la situación, se activan los invariantes operatorios a partir de los cuales se construyen modelos mentales (MM), que van evolucionando recursivamente junto con las predicciones e inferencias, hasta alcanzar su funcionalidad. En el proceso de elaboración de los modelos mentales, con sus invariantes subyacentes, se generan metas iniciales, que desencadenan reglas de acción propias de la actividad experimental; estas reglas permiten interpretar y contrastar las predicciones e inferencias, que una vez se consideren pertinentes, se puede afirmar que se ha alcanzado la meta. En este proceso juegan un papel fundamental la interacción social, la búsqueda de información externa, la mediación del docente, la realización de observaciones, entre otras; lo que contribuye a la adaptación de los esquemas a la novedad y a la variedad (Andrés, Pesa y Meneses, 2006).

Orientando la actividad experimental a partir de este modelo de aprendizaje, se proponen tres momentos principales para la recolección de información: diagnóstico, intervención y evaluación del nivel de conceptualización final. Estos tres momentos se enmarcan en las cuatro fases propuestas en el MATLaF, a saber:

- i. Identificación de invariantes operatorios de los estudiantes asociados al campo conceptual.
- ii. Identificación de invariantes operatorios (IO) de los estudiantes, asociados con las subtarefas propiamente experimentales.



iii. Evaluación de los aprendizajes logrados.

iv. Comparación de las expectativas de los estudiantes (y del docente) con los logros obtenidos.

En la tabla 4 se presentan los propósitos y actividades propios de cada momento.

Tabla 4. *Momentos para la recolección de información en el modelo del proceso cognitivo durante la actividad experimental.*

Momento	Propósito	Fase	Actividades	Técnicas e instrumentos para la recolección de información
Diagnóstico o estado inicial	Inferir los IO iniciales de los estudiantes.	1. Identificar invariantes operatorios (IO) iniciales de los estudiantes asociados al campo conceptual.	Observación de experimentos.	Entrevista semiestructurada grupal oral.
			Solución preguntas individuales en la bitácora.	Formato de preguntas en la bitácora.
			Lectura inicial sobre magnetismo.	Grabación de audio.
Intervención o estado intermedio	El análisis de esta información permitiría obtener evidencias acerca de: a) los esquemas de asimilación utilizados por los estudiantes ante aquellas subtareas que resultaron conocidas; b) las subtareas que les resultan ser desconocidas a los estudiantes y los IO subyacentes al esquema reformulado o construido para abordarlas, y c) las representaciones simbólicas que producen en relación con los conceptos y la situación.	2. Identificar invariantes operatorios (IO) de los estudiantes, asociados con las subtareas propiamente experimentales. 3. Evaluar aprendizajes logrados.	Orientación sobre el uso del diagrama AVSAD.	Observación.
			Caracterización de un imán.	Grabación de audio, fotos, video, bitácora, adaptación V de Gowin.
			Clase del docente.	Observación.
			Medir el campo magnético en el centro de una bobina.	Grabación de audio, fotos, video, bitácora, adaptación V de Gowin.
Evaluación del nivel de conceptualización final	Establecer el alcance de la intervención, en términos del cambio entre estado inicial y estado final.	3. Evaluar aprendizajes logrados.	Solución de situación final.	Bitácora, entrevista semiestructurada.

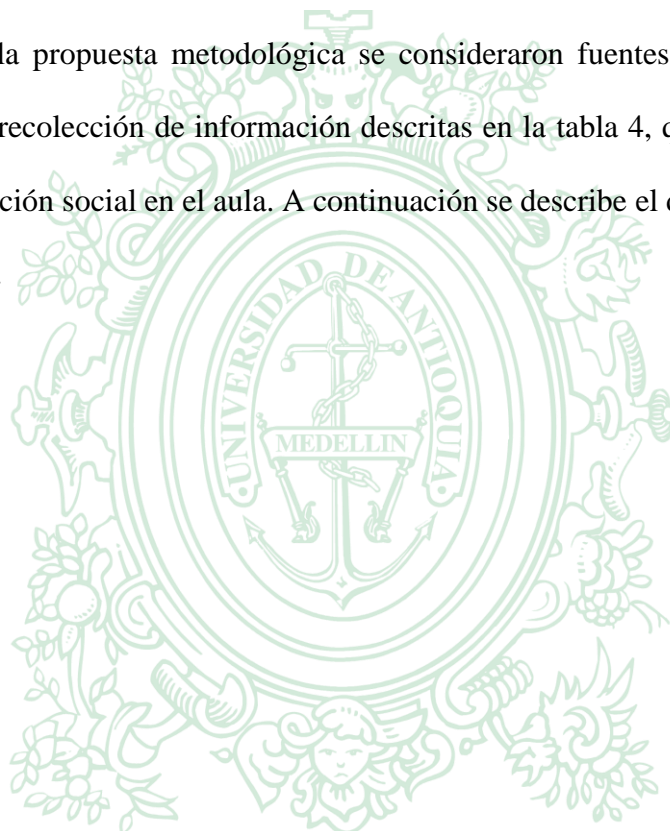




## Facultad de Educación

Tomar conciencia de los aprendizajes que se esperan alcanzar, reflexionar acerca de los logros y de las posibles discrepancias.	4. Comparar expectativas de los estudiantes con logros obtenidos.	Entrevista individual semiestructurada.	Grabación de audio, notas.
---	---	---	----------------------------

En función de la propuesta metodológica se consideraron fuentes de información las estrategias para la recolección de información descritas en la tabla 4, que provienen de los procesos de interacción social en el aula. A continuación se describe el diseño metodológico de la investigación.



Facultad de Educación  
**4. DISEÑO METODOLÓGICO**

El presente capítulo consta principalmente de seis apartados; en el primero de ellos se discute el enfoque metodológico que orientó el proceso de la investigación; en el segundo se describe el contexto, los criterios de selección de los participantes y las consideraciones éticas de la investigación; el tercer apartado se refiere a los diferentes instrumentos para la recolección de información; en el cuarto se detalla la metodología de enseñanza o propuesta didáctica implementada; en el quinto apartado se especifican las técnicas e instrumentos para el análisis de los datos recolectados y en el último se hace referencia los elementos que se tuvieron en cuenta en el proceso de análisis y discusión de resultados, a la luz de las categorías definidas.

**4.1. Paradigma y enfoque de la investigación**

Para el desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo una investigación de tipo cualitativa, que desde la perspectiva de Taylor y Bogdan (1984), se refiere a una metodología de investigación que produce datos descriptivos: “las propias palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable” (p. 20); es decir, en este tipo de investigación se producen datos a los que no se llega por métodos estadísticos o cualquier otro medio de cuantificación, y de los cuales se realizan interpretaciones con el propósito de “descubrir conceptos y relaciones [...] y luego organizarlos en un esquema explicativo teórico” (Strauss y Corbin, 2012, p. 12).

Para el propósito de esta investigación, se retomó este enfoque donde el investigador está inmerso en el contexto en el que se desarrolla el fenómeno de interés, en este caso el



laboratorio de física, el cual será visto “como un ambiente organizado social y culturalmente en el que las acciones cambian constantemente, se adquieren significados, se intercambian y se comparten” (Moreira, 1999, p. 25). En este tipo de investigación es el investigador quien analiza críticamente los significados de acuerdo al contexto de los sujetos investigados, dando prioridad a la descripción e interpretación de éstos, “pues los significados y las acciones son contextuales” (Moreira, 1999, p. 25).

De acuerdo con lo anterior, la investigación cualitativa tiene un enfoque descriptivo e interpretativo, donde el investigador narra lo que hace concentrándose no en los procedimientos sino en los resultados, observando participativamente desde dentro del ambiente estudiado, inmerso en el fenómeno de interés, anotando cuidadosamente todo lo que ocurre en ese ambiente, registrando eventos sin alterar el lenguaje cotidiano y los valores que se encuentran presentes, considerando las producciones de los alumnos y haciendo entrevistas; para mostrar al lector que sus interpretaciones son acordes con los significados que tienen los sujetos en el contexto de la investigación, y dar así credibilidad y fiabilidad; lo cual de acuerdo con Eisner (1981) da validez a la investigación (Citado en Moreira, 1999).

A diferencia de la investigación cuantitativa que busca estudiar una muestra de una población para llegar a una generalización, esta investigación se enfocó en estudiar un grupo de individuos en particular, “intentando descubrir lo que hay de único en ellos y lo que puede generalizarse a situaciones similares” (Moreira, 1999, p. 26). En esta perspectiva se privilegió el estudio de caso como método de investigación cualitativa, que Stake (2010)

define como “el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes” (p. 11). Este autor clasifica los estudios de casos en tres tipos: intrínseco, instrumental y colectivo; en particular, en términos de los propósitos de la investigación, se eligió el estudio de caso instrumental, donde el interés está centrado en investigar una situación para tener una comprensión de ella, y se puede entender dicha situación mediante el estudio de un caso particular; es decir, aquí el caso es un instrumento para comprender lo que se pretende investigar, y son aquellas situaciones las que por su particularidad y complejidad permiten llegar a la comprensión del fenómeno estudiado a partir de la naturalidad de su contexto.

Teniendo en cuenta que la presente investigación se concentró en el estudio de un caso constituido por un grupo de estudiantes, se asume que los resultados encontrados son válidos para dicho grupo, sin intención de generalizar; ya que al tratar situaciones particulares, no se corre el riesgo de obtener conclusiones alejadas del objetivo de investigación.

#### **4.2. Acerca del contexto y los participantes del estudio**

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, Colombia. Esta unidad académica tiene como principal propósito la formación de maestros para los distintos niveles educativos y contextos del país; está orientada a la producción de conocimiento en educación y pedagogía, y propone la investigación como eje articulador de la docencia y la extensión, y en consonancia con las problemáticas y necesidades de la sociedad contemporánea.





## Facultad de Educación

Para la selección del curso en el que se desarrolló la investigación se tuvo en cuenta inicialmente el interés personal de la investigadora por abordar temáticas relacionadas con los conceptos de óptica o electromagnetismo; por lo tanto, se contemplaron los cursos de formación de maestros de física de la Facultad de Educación que contaran con espacios definidos para llevar a cabo actividades experimentales, que abordaran las temáticas de interés y que el docente del curso manifestara la voluntad para apoyar el proceso. Entre los programas académicos que cuentan con cursos de estas características, se encuentra la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, con una duración de 10 semestres, que tiene como propósito la formación de maestros desde un enfoque humanista, con una fundamentación disciplinar y metadisciplinar bien establecida y que puedan enfocar su quehacer docente siendo conocedores de los problemas de los contextos en los cuales se desenvuelven.

Teniendo en cuenta lo anterior, la investigación se realizó en el curso de Física Biológica III conformado por 24 estudiantes y correspondiente al cuarto nivel de la Licenciatura. Para el análisis se seleccionó un grupo de ocho estudiantes: cinco mujeres y tres hombres, cuyas edades oscilaban entre los 20 y 25 años. Dichos estudiantes se encontraban entre los niveles cuatro y seis de la Licenciatura, por lo que ya habían cursado las áreas correspondientes a Introducción a la Física, Física Biológica I (mecánica) y Física Biológica II (ondas). El criterio principal para la selección de los estudiantes fue la voluntad manifestada para participar en la totalidad de las actividades propuestas, incluyendo la entrevista final.



Es importante resaltar que para la recolección de datos se realizó una contextualización inicial a los participantes de la investigación en la que se comunicó el propósito y resultados esperados de la investigación. Asimismo, atendiendo a las consideraciones éticas de la investigación, se realizó un consentimiento informado (anexo A) que fue firmado por cada uno de los estudiantes del curso. Por otra parte, esta investigación estuvo delimitada en un tiempo y espacio determinado que fue seleccionado en función de unos intereses específicos, tanto de la investigadora como del contexto.

### **4.3. Sobre los instrumentos y las técnicas elegidas para el registro de la información**

En el contexto de la investigación se tuvieron en cuenta diversos instrumentos y técnicas para la recolección de la información, dentro de las cuales se encuentran: la observación participante, el diario de campo y la entrevista individual semiestructurada. Además, se emplearon otros instrumentos diseñados para las actividades de la propuesta didáctica, tales como: los formatos para la bitácora personal, el diagrama AVSAD para las actividades experimentales y un taller para la discusión final. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

#### **4.3.1. Observación participante**

Desde la metodología de investigación cualitativa, implica adentrarse en situaciones sociales y mantener un papel activo, así como una reflexión permanente sobre los sucesos, eventos e interacciones de las que se hace parte. Durante la intervención en el campo se adoptó el papel de participación activa (Hernández, Fernández y Baptista, 2006), lo que



implicó intervenir en la mayoría de las actividades, pero mantener ante todo la postura de observador. El propósito de la observación, en este sentido, fue identificar detalladamente aquellos momentos en los que los estudiantes se enfrentaron a diferentes situaciones novedosas referentes al campo conceptual del electromagnetismo y cómo interactuaron sus esquemas para solucionarlas; por lo cual, se observaron las clases del docente, los trabajos en equipo, las actividades experimentales y en general, la actividad de los estudiantes en estos espacios.

### 4.3.2. Diario de campo

Dado que, el sentido de la observación no es solamente transcribir sucesos, sino también analizarlos, criticarlos y tratar de comprender la realidad en la que se sumerge el investigador, es necesario llevar un registro de los tiempos, los eventos y aquellas notas significativas que posteriormente se convertirían en unidades de análisis para intentar dar respuesta a la pregunta de investigación. Por esta razón, se utilizó el diario de campo como una herramienta de gran relevancia en la investigación cualitativa, ya que en él se consignan prejuicios, una forma particular de comprender el fenómeno observado y, reflexiones que surgen a partir de la interpretación de los hechos. Como lo menciona Ghiso, citado en Alzate y Sierra (2000) “este tipo de registro continuo y sistemático, es un acopio de apreciaciones, observaciones, sentimientos, opiniones y reacciones sobre la realidad que queremos comprender”. Es así como el diario de campo se convierte en un instrumento para la recolección de datos y extracción de información, que va a permitir una interpretación y análisis detallado de los eventos registrados durante la observación del



contexto de investigación, posibilitando una reflexión sobre los hechos acontecidos para tomar decisiones relacionadas con acciones futuras.

### 4.3.3. Entrevista semiestructurada

De acuerdo con Creswell (2005) (citado en Hernández et al., 2006), “las entrevistas cualitativas deben ser abiertas, sin categorías preestablecidas, de tal forma que los participantes expresen de la mejor manera sus experiencias y sin ser influidos por la perspectiva del investigador” (p. 597). En particular, en la entrevista semiestructurada el investigador determina cuál es la información que se quiere conseguir y establece un guion. Además, el orden puede variar y las preguntas son abiertas; lo que permite profundizar en alguna idea que pueda ser relevante o realizar nuevas preguntas (Blasco y Otero, 2008).

De acuerdo con lo anterior, se utilizó la entrevista semiestructurada (anexo B) en un momento inicial para complementar la etapa del diagnóstico, dada la necesidad de conocer no solo los escritos de los estudiantes, sino también sus expresiones verbales referentes al tema; esta entrevista se realizó de manera colectiva, donde la investigadora realizaba preguntas sobre los fenómenos que los estudiantes estaban observando y ellos respondían de manera natural y fluida a partir de sus concepciones previas.

En la parte final de la implementación de la propuesta se tuvo como propósito conocer la postura de los estudiantes en relación con la implementación de los SAD como apoyo para la enseñanza de la física, en particular, su papel en la actividad experimental; además de conocer sus percepciones sobre todo lo acontecido durante el desarrollo de la propuesta, así como una valoración de dicha experiencia en términos de su contribución al proceso de



aprendizaje, para lo cual se realizó una entrevista individual semiestructurada (anexo C), donde la investigadora dialogó con cada uno de los participantes durante aproximadamente 15 minutos.

#### **4.3.4. Documentos aportados por los estudiantes**

##### **4.3.4.1. Bitácora**

Como otra fuente de información coherente con la metodología de investigación adoptada, los participantes contaron con una bitácora personal en la que respondieron tres preguntas para tres experimentos (anexo D) presentados en el diagnóstico; y dos preguntas (anexo E) en cada una de las actividades experimentales propuestas. La bitácora es una herramienta pedagógica inspirada en los libros de navegación, en el que se plasman todos los acontecimientos que vive una persona alrededor de una experiencia. En este caso, desde la Teoría de los Campos Conceptuales, esta herramienta permitió dar significado a la actividad experimental a través de preguntas orientadoras, cuyas respuestas reflejaron el nivel de conceptualización de los estudiantes en términos de los invariantes operatorios y las representaciones que utilizaron para abordar las situaciones. En este sentido, el propósito de la bitácora fue esencialmente contar con un espacio para plasmar observaciones, registros, descripciones de manera permanente en todas las actividades desarrolladas; haciendo énfasis principalmente en la descripción de las situaciones abordadas y en las representaciones sobre su comprensión de los fenómenos.



## SAD

Un instrumento fundamental para la recolección de los datos en la investigación fue el diagrama diseñado para conocer el proceso de conceptualización de los estudiantes cuando se enfrentaron a las situaciones abordadas en las actividades experimentales en física; dicho instrumento presentó la estructura del diagrama V (anexo F), dando lugar a la interacción entre los dominios teórico y metodológico, con relación a eventos u objetos que se estudiaron, además de apoyar la implementación de SAD para tal fin. Los diagramas construidos por los estudiantes, así como las gráficas elaboradas en Excel se constituyeron en valiosas fuentes de información para esta investigación.

### 4.3.4.3. Taller para la discusión final

Como un instrumento de gran relevancia para la recolección de información del momento final de la intervención, se presentaron cinco preguntas (anexo G) referentes a aplicaciones o fenómenos involucrados con el concepto de campo magnético, a saber:

- ¿Qué sabemos sobre los fluidos magnetorreológicos?
- ¿Qué sabemos sobre el motor eléctrico?
- ¿Qué sabemos sobre el acelerador magnético?
- ¿Qué sabemos sobre la relación entre electricidad y magnetismo?
- ¿Qué sabemos sobre los parlantes?

Cada pregunta se presentó con un texto donde se explicaba en qué consistía y se elaboraron dos interrogantes para discusión, con el propósito de obtener información



complementaria a las actividades experimentales y determinar el nivel de conceptualización final de los estudiantes.

Es importante resaltar que tanto las situaciones propuestas para cada actividad experimental como las preguntas orientadoras y los formatos de las bitácoras, fueron revisados y validados por la asesora del trabajo de investigación y por dos profesores pares académicos.

#### **4.4. Propuesta pedagógico-didáctica**

La propuesta de enseñanza basada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990), tuvo como propósito identificar las principales características de las actividades experimentales orientadas con SAD durante la formación de profesores de ciencias, así como el papel de esta herramienta en los procesos de conceptualización de los estudiantes. Para lo anterior, se implementó una propuesta basada en el Modelo de Aprendizaje en los Trabajos de Laboratorio de Física MATLaF (Andrés y Pesa, 2006), que fue elaborado para identificar el desarrollo cognitivo de los estudiantes al enfrentarse a situaciones experimentales novedosas; y su proceso se representó en la figura 5. A partir de este modelo, se dividió la propuesta pedagógico-didáctica en tres momentos con propósitos definidos para la recolección de la información que se sintetizan en la figura 6.

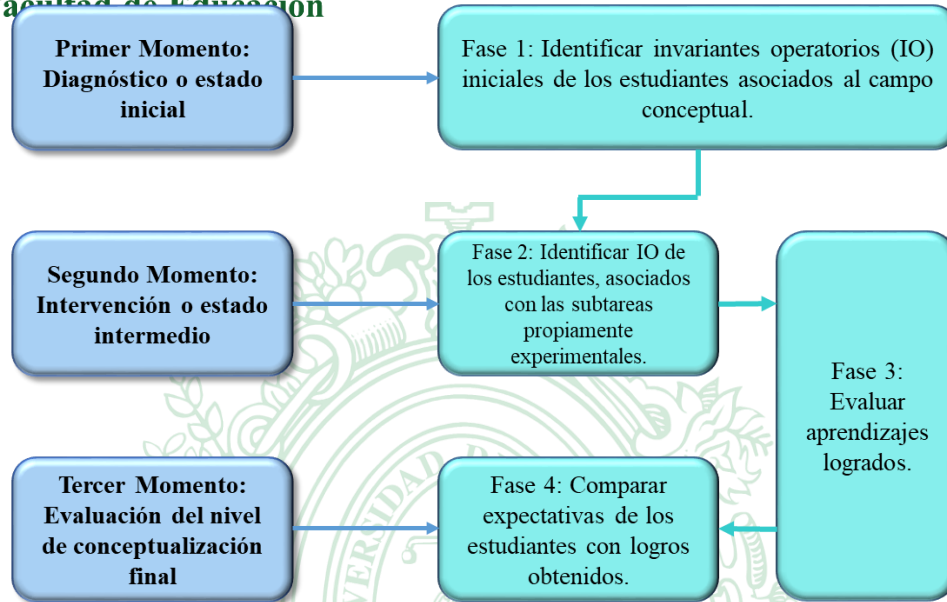


Figura 6. *Momentos y fases de la propuesta pedagógico-didáctica.*

Como se observa en la figura 6, dichos momentos siguieron un plan de acción que se compuso de cuatro fases, y se llevaron a cabo durante ocho sesiones (cinco sesiones de cuatro horas cada una y tres sesiones de dos horas), para un total de 26 horas; en el transcurso de aproximadamente un mes. Los momentos de la propuesta y sus respectivas fases, presentadas en la tabla 4 del capítulo 3, se describen detalladamente a continuación.

#### 4.4.1. Primer momento: diagnóstico o estado inicial

Este primer momento estuvo orientado por la fase 1 del modelo MATLaF que consiste en: identificar invariantes operatorios (IO) iniciales de los estudiantes asociados al campo conceptual. Este momento comenzó con la observación de experimentos en los que se involucró la generación de un campo magnético, donde se discutieron concepciones previas de los estudiantes que dieron una explicación sobre tres fenómenos (anexo H) que





observaron la interacción entre materiales magnéticos y no magnéticos, el comportamiento de un imán polarizado acomodado en la superficie del agua y un motor eléctrico diseñado a partir de una pila, imanes y alambre de cobre. Posteriormente, cada estudiante respondió por escrito tres preguntas (anexo D) para cada uno de los experimentos. Luego de la escritura, realizaron una lectura del primer capítulo del libro “La atractiva verdad sobre el magnetismo” de Jennifer Swanson y al comenzar la segunda sesión se discutieron las ideas presentes en el mismo. La discusión de los estudiantes durante la actividad fue mediada por preguntas realizadas por la investigadora como parte de la entrevista inicial grupal semiestructurada. Al final de este primer momento, la investigadora y el docente del curso realizaron una presentación a los estudiantes sobre los SAD, explicando en qué consistían y mostrando diferentes tipos de sensores y su utilidad.

#### **4.4.2. Segundo momento: intervención o estado intermedio**

Este segundo momento fue orientado por las fases 2 y 3 del modelo MATLaF. La fase 2 se llevó a cabo durante siete sesiones, en las que se realizaron tres actividades experimentales, exposiciones de los estudiantes e intervenciones del docente siguiendo la programación regular del curso. Durante las intervenciones del docente, la investigadora asumió el papel de observadora, mientras que las actividades experimentales fueron orientadas por ella y se diseñaron bajo el referente de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud. Para identificar invariantes operatorios de los estudiantes asociados a las subtareas propias de la actividad experimental, lo que correspondió a la fase 2, se implementaron diferentes estrategias como el aprendizaje colaborativo, el diagrama

AVSAD y la bitácora personal. El aprendizaje colaborativo permitió involucrar a los estudiantes en la construcción de conocimiento a través de la interacción con sus pares, lo que también posibilitó desarrollar las capacidades necesarias para la interacción social, que según Vygotsky, es un medio fundamental para la adquisición de significados acordes con el contexto. Las diferentes actividades que conforman el segundo momento de la propuesta didáctica son descritas a continuación.

*Actividad experimental 1. Caracterización de un campo magnético generado por un imán permanente (una sesión de 3 horas)*

Antes de iniciar la actividad experimental se entregó a cada estudiante una fotocopia donde se describían los elementos principales de la adaptación del diagrama AVSAD y se realizó una orientación sobre el uso del instrumento heurístico, mostrando algunos ejemplos y discutiendo sobre algunas inquietudes de los estudiantes. En la segunda parte de esta sesión, los estudiantes se distribuyeron en siete grupos (entre tres y cuatro integrantes cada uno) y la investigadora entregó a cada grupo el diagrama para desarrollar en esta actividad y los materiales: imanes, brújulas, papel polar, lápiz, sensor de efecto Hall A1302, microprocesador Arduino (Chipkit uno32), y la bitácora con algunas preguntas para ser desarrolladas de manera individual. Cada grupo contaba con un computador de escritorio, en el que previamente se instaló un programa diseñado en *Processing* para la visualización de los datos (las evidencias de esta actividad se presentan en el anexo I).

El objetivo de la actividad experimental fue identificar la variación del campo magnético de un imán permanente con la distancia y su relación con la forma del imán; y se orientó a



partir de las preguntas: ¿cómo varía el campo magnético con la distancia en los imanes permanentes?, ¿cómo afecta esa variación dependiendo de la forma del imán?

*Actividad experimental 2. Medir el campo magnético en el centro de una bobina (una sesión de dos horas)*

Para esta actividad los estudiantes se organizaron en los mismos grupos de trabajo y la investigadora entregó a cada grupo una fotocopia con el diagrama AVSAD correspondiente. En cada mesa del laboratorio se encontraban los materiales: bobina, fuente de corriente, cables banana-caimán, sensor de efecto Hall A1302, microprocesador Arduino (Chipkit uno32), barra de acero, voltímetro y computador. Antes de iniciar la recolección de datos, la investigadora socializó algunas inquietudes con los estudiantes y les solicitó que comenzaran el desarrollo del AVSAD a partir de las predicciones que tenían sobre lo que creían que iba a suceder y les entregó la bitácora con un nuevo formato de preguntas para resolver de manera individual luego de la actividad (las evidencias de esta actividad se presentan en el anexo K).

La parte experimental estuvo apoyada por la investigadora, el docente del curso y un docente de física acompañante. El objetivo de la actividad experimental fue identificar la respuesta de un material ferromagnético frente a la aplicación de un campo magnético externo y se orientó a partir de las preguntas: ¿cómo se relaciona el campo magnético dentro de una bobina con la corriente que circula por ésta?, ¿cómo cambia el campo magnético al interior de la bobina si se introduce en su núcleo un material ferromagnético?



*Actividad experimental 5. Medición de la velocidad angular de un motor eléctrico conformado por una batería, un imán y un alambre conductor (una sesión de dos horas)*

La última actividad experimental se diseñó atendiendo a la programación regular del curso, para complementar la temática que adelantaba el docente en sus clases. Por este motivo, se optó por elaborar una situación con el propósito de que los estudiantes identificaran la relación entre la velocidad angular de un motor eléctrico simple y el campo magnético generado por el imán que lo conformaba. Para esta actividad, los estudiantes diseñaron un motor eléctrico a partir de una pila, un imán y alambre de cobre, y para la recolección de datos utilizaron una fotoc compuerta marca PASCO, un microprocesador Arduino (Chipkit uno32), el *software Hyper serial port* y un calibrador (pie de rey) para medir el diámetro de la espira del motor (las evidencias de esta actividad se presentan en el anexo M).

En una clase previa a esta sesión, se solicitó a los participantes discutir en cada grupo las siguientes preguntas relacionadas con la situación a abordar: ¿qué van a hacer?, ¿cómo lo van a hacer?, ¿para qué lo van a hacer?, ¿qué resultados esperan?, y al iniciar la actividad experimental se socializaron dichas preguntas; luego la investigadora continuó con la misma metodología utilizada en las dos actividades anteriores. Los estudiantes recibieron el diagrama y la bitácora y desarrollaron la actividad orientados a partir de las preguntas: ¿cuál es el papel del campo magnético en el funcionamiento del motor?, ¿qué implicaciones tiene la variación del campo magnético en el movimiento del motor?, ¿por qué?



Para cada situación de las anteriores actividades experimentales, los estudiantes describieron en su bitácora el procedimiento para abordarla, así como sus ideas, reflexiones, decisiones, entre otros aspectos que permitieron reflejar el proceso de conceptualización; en dichas actividades utilizaron el diagrama AVSAD, entendiendo que durante la actividad experimental predomina “el aprendizaje del dominio metodológico en interrelación con algún marco teórico de referencia asociado a la situación planteada” (Andrés, Pesa y Moreira, 2006, p. 134). Luego de cada actividad experimental, se socializaron los resultados obtenidos por los estudiantes, comparándolos con los resultados esperados y aclarando inquietudes a nivel conceptual.

En relación con la fase 3 correspondiente a la evaluación de los aprendizajes logrados, cabe resaltar que fue transversal a todas las actividades del segundo momento de la propuesta y tuvo como propósito identificar el nivel de conceptualización de los estudiantes a través de los productos, las exposiciones, las discusiones y los registros en la bitácora personal.

#### **4.4.3. Tercer momento: evaluación del nivel de conceptualización final**

Este tercer momento estuvo orientado por las fases 3 y 4 del MATLaF. Durante el segundo momento, los estudiantes se enfrentaron a situaciones no conocidas y su resolución fue mediada por el docente y la investigadora según este modelo; por lo tanto, se esperaba que el dominio de tales situaciones evolucionara a un nivel de conceptualización mayor. En consecuencia, de acuerdo con el propósito de la fase 3 del modelo, en la última sesión los estudiantes se enfrentaron a una pregunta sobre diferentes fenómenos (anexo G)



que involucraban el campo conceptual de electromagnetismo y discutieron en grupo su comprensión desde el punto de vista físico de cada fenómeno y su aplicabilidad en diferentes contextos. Cada pregunta contaba con un texto breve sobre la aplicación o el fenómeno involucrado y dos interrogantes para generar la discusión entre los estudiantes de cada grupo: desde el punto de vista físico, ¿cómo explican el fenómeno? y ¿qué papel cumple el fenómeno en las aplicaciones mencionadas?; luego, cada equipo socializó de manera breve, la explicación de cada fenómeno enfatizando en su relación con el concepto de campo magnético. Por último, orientada por la fase 4, se realizó la entrevista individual semiestructurada a los participantes con el propósito de conocer sus posturas en relación con el nivel de conceptualización alcanzado.

Durante el desarrollo de la propuesta se presentaron algunas ventajas para su aplicación, entre las cuales se puede mencionar el acceso a los recursos del laboratorio, tales como: computadores, Sistemas de Adquisición de Datos, acceso a internet inalámbrico y espacios físicos adecuados, la buena disposición del docente de física a cargo del curso, del docente del Instituto de Física que fue par en la validación de los instrumentos; del auxiliar del almacén de los laboratorios del Instituto de Física, facilitando los espacios para desarrollar las sesiones; de los estudiantes para el trabajo en grupo, y su empatía con las herramientas tecnológicas. Por otro lado, se encontraron algunos obstáculos que no impidieron la realización de la propuesta, pero generaron algunas dificultades para su desarrollo; y estos se refieren a: la falta de familiarización previa de los estudiantes en relación con el uso de Sistemas de Adquisición de Datos, lo que dificultaba en algunas ocasiones diagnosticar



fallas en la conectividad u otros aspectos técnicos. El tiempo en los laboratorios fue bastante reducido, lo que obstaculizaba el pleno desarrollo de las actividades incluyendo la elaboración del diagrama AVSAD y hacía que la conceptualización fuera un poco compleja y se tuvieron que crear estrategias para apoyar este proceso por fuera del laboratorio. Entre estas estrategias, se encontraron las consultas externas, la elaboración del AVSAD por fuera del espacio del laboratorio y lecturas adicionales sobre el campo conceptual.

#### **4.5. Instrumentos y procedimientos para el análisis de la información**

En el marco de una investigación cualitativa, el análisis de la información recolectada es uno de los procesos fundamentales, porque a través de éste es posible comprender la realidad del objeto de estudio, lo que no se logra solamente con la recolección de datos. De acuerdo con Gibbs (2012) “la idea de análisis supone alguna clase de transformación. Usted comienza con una colección [...] de datos cualitativos y los procesa mediante procedimientos analíticos, dando lugar a un análisis claro, comprensible, penetrante, fiable e incluso original” (pp. 19-20), lo que hace que, el proceso de análisis esté cargado de todo el significado de la investigación. Por otra parte, dado que los datos cualitativos presentan una gran diversidad, al derivarse de casi cualquier medio de comunicación, sea este escrito, verbal o visual; se requieren diversos instrumentos y procedimientos para su análisis; en particular, para la presente investigación se emplearon la transcripción de entrevistas, audios y videos, el análisis de contenido, la categorización y la codificación; y atendiendo a los criterios de credibilidad de la investigación, se llevó a cabo el proceso de triangulación.



Inicialmente, la transcripción es un procedimiento que no solo implica el registro escrito de grabaciones de audio y video, sino también lograr un equilibrio entre la estructura de los datos y la forma de comunicarlos (Farías y Montero, 2005). En consecuencia con lo anterior, y atendiendo a las consideraciones éticas de la investigación, se tuvieron en cuenta las estrategias para la transcripción de entrevistas propuestas por Gibbs (2012), que consisten en transcribir los audios y videos centrandó la atención en los temas más amplios, sin dejar perder el contexto, imponer el anonimato de los participantes, lugares, organizaciones, etc., y hacer la transcripción en un nivel literal; es decir, respetando el habla natural de los participantes y resaltando los momentos en que se considera necesario reflejar sus dudas, énfasis en palabras y manipulación del tono de voz para dar significado a lo que están diciendo. Para la transcripción de datos de video se analizaron diferentes rasgos de la interacción entre los participantes, tales como los gestos, la posición espacial y la postura; las descripciones se presentan de manera narrativa, resaltando aquellas características que, a la luz del referente teórico de aprendizaje, permiten llevar a cabo un análisis del proceso de conceptualización de los estudiantes.

Por su parte, el análisis de contenido fue un proceso que permitió reflexionar sobre la información recolectada con el fin de comprenderla y llegar a una interpretación del fenómeno estudiado, como lo menciona Bautista (2011)

...cuando se habla de “análisis de contenido”, se da por entendido que hay un significado oculto o guardado detrás de los hechos que hace prioritaria su develación





para que surja una “interpretación” que permita ese nuevo conocimiento de lo que se está buscando, a través del discernimiento (p. 188).

En dicho análisis se describieron las características de los hechos que se consideran relevantes para dar respuesta a la pregunta de investigación. A partir de los procedimientos descritos anteriormente, se llevó a cabo la categorización, en la cual se organizó la información estableciendo relaciones entre situaciones que presentaban regularidades y estaban ligadas a los objetivos de la investigación; como lo afirma Bautista (2011),  
...los datos registrados en los diversos instrumentos deben ser convertidos en categorías que permitan realizar comparaciones y contrastes, a fin de poder organizar conceptualmente los apuntes y dar a la información una forma accesible que permita la comprensión de las realidades emergentes que se han detectado (p. 189).

Acompañada de la categorización, se encuentra la codificación como la operación concreta por la que se asigna a cada categoría un código propio que la identifica. Luego de realizar la categorización y codificación de los datos, se llevó a cabo el proceso de triangulación, entendiendo éste como la “acción de reunión y cruce dialéctico de toda la información pertinente al objeto de estudio surgida en la investigación por medio de los instrumentos correspondientes” (Cisterna, 2005, p. 68). Para la presente investigación, se incluyó una depuración de dicha información de acuerdo con los propósitos y las categorías de análisis, atendiendo a los criterios de pertinencia y relevancia (Cisterna, 2005).  
Posteriormente, se realizó la triangulación entre las diferentes fuentes y con el marco



teórico, porque es a través de este proceso que se logra la validez interna de la investigación; y de acuerdo con Cisterna (2005) lleva a formar un cuerpo coherente de información que le da sentido a los resultados de la investigación.

4.6. Proceso de construcción de las categorías para el análisis

De acuerdo con los referentes teóricos planteados y teniendo en cuenta los instrumentos y técnicas de recolección y análisis de la información descritos anteriormente, en la tabla 5 se encuentran las categorías y subcategorías con sus respectivos códigos, que surgen de los objetivos específicos de esta investigación y en coherencia con el marco teórico; asimismo, son mostrados los instrumentos y actividades que aportan información relevante para cada una de las categorías y subcategorías de análisis.

Tabla 5. Categorías para el análisis de resultados

Table with 5 columns: OBJETIVO GENERAL, OBJETIVOS ESPECÍFICOS, CATEGORÍAS, SUBCATEGORÍAS, INSTRUMENTOS Y ACTIVIDADES. Row 1: Analizar la influencia de la implementación de Sistemas de Adquisición de Datos en la formación de profesores de ciencias en relación con la conceptualización en física, la actividad; Identificar la contribución de los Sistemas de Adquisición de Datos para la conceptualización en física; 1. Conceptualización; 1.1. Forma operatoria del conocimiento, 1.2. Forma predicativa del conocimiento; Observación participante, diario de campo, grabaciones de las clases, entrevista colectiva inicial, diagnóstico, revisión documental actividades experimentales, actividad final, bitácora individual, gráficos en Excel.



Facultad de Educación				
experimental y a apropiación crítica de las TIC.	Describir el papel de los Sistemas de Adquisición de Datos en la actividad experimental para la formación de profesores de ciencias.	2. Concepciones sobre el uso de sistemas de adquisición de datos en la actividad experimental.	2.1. Sistema de adquisición de datos como instrumento de medición. 2.2. Sistema de adquisición de datos para favorecer la representación. 2.3. Valoración del diagrama AVSAD.	Observación participante, diario de campo, grabaciones de las clases, revisión documental (actividades experimentales, actividad final, bitácora individual), entrevista semiestructurada final.
	Definir algunos criterios pedagógicos y didácticos para la apropiación crítica del uso de Sistemas de Adquisición de Datos en la formación de profesores de ciencias.	3. Indicios de apropiación crítica del uso TIC de los profesores en formación.		Observación participante, diario de campo, grabaciones de las clases, revisión documental (bitácora individual), entrevista semiestructurada final.

Esta investigación estudia los procesos de conceptualización que emergen de los momentos que hicieron parte del desarrollo de la propuesta didáctica en la que participaron los maestros en formación; así como sus concepciones sobre el uso de SAD en la actividad experimental y algunos indicios de su apropiación crítica sobre el uso de TIC. En este sentido, se consideró pertinente analizar e interpretar los hallazgos en términos de las categorías presentadas en la tabla 5. A continuación se definirá cada una de ellas con sus respectivas subcategorías.

#### 4.6.1. Conceptualización

A la luz de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990), se establece que el dominio que una persona tiene para enfrentarse a situaciones concretas está relacionado



directamente con el proceso de conceptualización subyacente a ellas. Dicho proceso consiste en una interacción permanente entre esquemas y situaciones; es decir, entre los elementos cognitivos que manifiesta una persona y el conjunto de tareas propio de un campo conceptual. Consecuentemente, para comprender los procesos de conceptualización, es necesario identificar cómo es la actividad de los estudiantes frente a una situación, lo que se evidencian no solo a partir de la conducta observable, sino también de procesos de representación que no son observables. De esta manera, la actividad involucra las formas de conocimiento definidas desde la TCC, como la forma operatoria que se refiere a la manera como el sujeto actúa frente a una situación y la forma predicativa que le permite externalizar su conocimiento a través de diferentes medios de comunicación (Otero et al., 2014).

De acuerdo con lo anterior, en esta categoría se buscan evidencias de la contribución de la actividad experimental apoyada en el uso de SAD a los procesos de conceptualización de los estudiantes sobre Campo Magnético; para lo cual, a través de los diferentes instrumentos utilizados en la intervención, se pudieron identificar las características de las formas de conocimiento de los estudiantes. Dichas características permitieron describir y analizar los resultados derivados de la implementación de la propuesta didáctica a partir de dos subcategorías; la primera corresponde a la forma operatoria del conocimiento y la segunda a la forma predicativa; en ambas subcategorías se realiza una comparación entre el nivel de conceptualización inicial y el nivel final. En la tabla 6 se ilustran los elementos que





se constituyeron como evidencia de la evolución del proceso de conceptualización en cada una de las subcategorías.

Tabla 6. *Elementos que evidencian las formas de conocimiento de los estudiantes*

Categoría	Subcategoría	Elementos que componen la subcategoría	Evidencias
Conceptualización	Forma operatoria del conocimiento	Invariantes operatorios	Conceptos en acción que los estudiantes consideraron pertinentes, y teoremas en acción que son proposiciones supuestas como verdaderas y fueron utilizados para dar respuesta a diferentes interrogantes en el desarrollo de la propuesta.
		Representaciones	Símbolos, gráficas, dibujos y expresiones verbales o escritas que los estudiantes utilizaron para explicitar los conceptos construidos.
	Forma predicativa del conocimiento		

Además de los elementos descritos en la tabla 6, para caracterizar tanto el nivel de conceptualización inicial como el final, se tuvieron en cuenta las cualidades de los invariantes operatorios y las representaciones al enfrentarse a las diversas situaciones presentadas que se describirán más adelante. En relación con el nivel de conceptualización inicial de los estudiantes se tuvieron en consideración los documentos derivados del primer momento del modelo de la propuesta didáctica, correspondiente al diagnóstico o estado inicial, así como la información recolectada en el diario de campo, la observación participante y algunos elementos aportados por los estudiantes en la entrevista grupal inicial.

Para identificar los invariantes operatorios en el nivel inicial, se presentaron tres experimentos que involucraban diferentes fenómenos asociados al concepto de campo magnético. En cada experimento se solicitó a los estudiantes que describieran, desde el punto de vista físico, qué creían que sucedía en el fenómeno, y mencionar qué elementos consideraban que eran requeridos para su comprensión. El primer experimento consistía en mostrar diferentes imanes y algunos elementos como clips, trozos de madera, relojes, vidrio, brújulas, tornillos, entre otros para que los participantes interactuaran con ellos y observaran qué sucedía, como se observa en la figura 7.



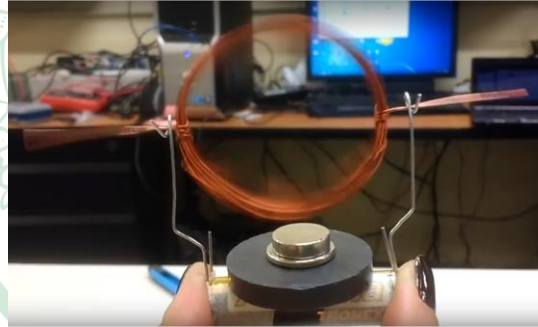
Figura 7. Primer experimento del diagnóstico.

Por su parte, el segundo experimento consistió en acomodar un imán pequeño con forma de barra, que tenía señalizado su polo norte y su polo sur, en un recipiente con agua, sobre una hoja de plástico delgado, de tal manera que flotara sobre el líquido, como se observa en la figura 8. El propósito fue observar qué sucedía con el imán y comparar su orientación con una brújula convencional.



*Figura 8.* Segundo experimento del diagnóstico.

El último experimento consistió en observar un motor eléctrico simple que fue construido con una pila, dos imanes de neodimio y una espira de cobre, mostrado en la figura 9. El propósito fue conocer cómo explicaban el papel de los imanes y su ubicación sobre la pila para generar el movimiento de la espira.

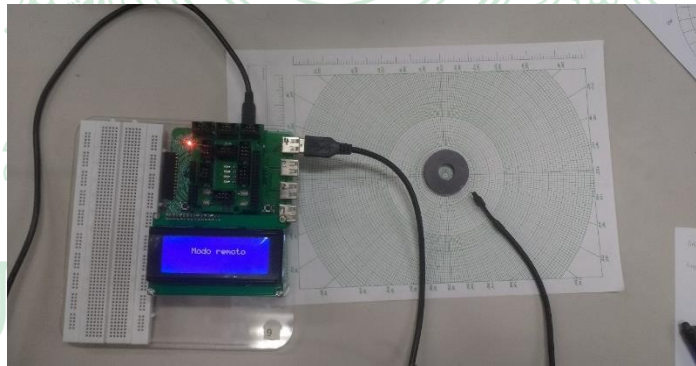


*Figura 9.* Tercer experimento del diagnóstico

En cuanto al nivel de conceptualización final se tuvieron en consideración los documentos derivados del segundo y tercer momento del modelo de la propuesta didáctica, correspondientes a la intervención o estado intermedio y a la evaluación del nivel de

conceptualización final, así como la información recolectada en el diario de campo y algunos elementos aportados por los estudiantes en la entrevista individual final.

Como se describió en la sección 4.4. del presente texto, en el segundo momento de la propuesta didáctica se realizaron tres actividades experimentales; en cada una de ellas se presentó una situación para que los participantes solucionaran en su grupo de trabajo y diligenciaran un diagrama AVSAD, puesto que, en coherencia con el referente teórico, este diagrama permite identificar los principales elementos de un campo conceptual, entendiendo éste como un recurso tanto teórico como metodológico para analizar el desarrollo de la conceptualización. En este sentido, el objetivo de la primera actividad experimental fue identificar la variación del campo magnético de un imán permanente con la distancia y su relación con la forma del imán, como se observa en la figura 10.



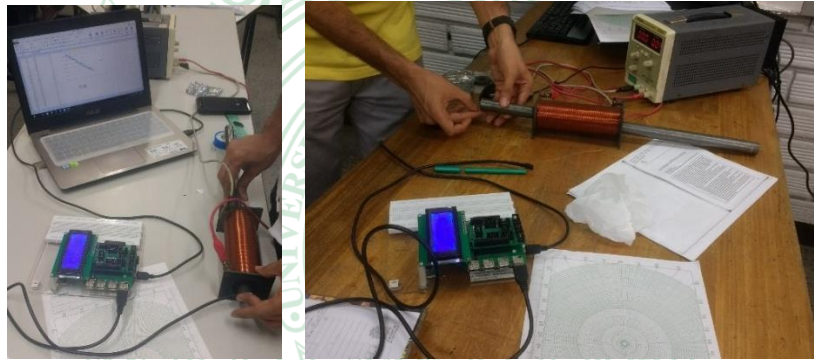
*Figura 10.* Primera actividad experimental: variación del campo magnético alrededor de un imán.

En lo que se refiere a la segunda actividad experimental se tuvo como propósito identificar la respuesta de un material ferromagnético frente a la aplicación de un campo magnético externo, para lo cual los estudiantes contaban con una fuente de corriente, una



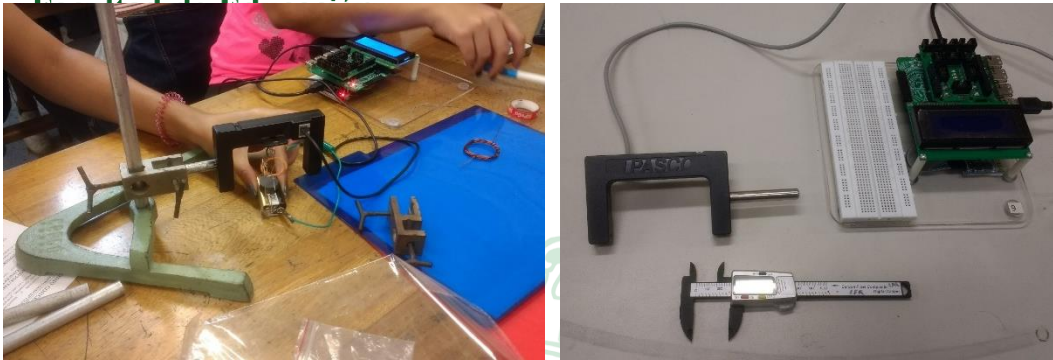


bobina y una varilla de hierro. Con la fuente conectada a la bobina podían generar un campo magnético debido a las cargas eléctricas, y con ayuda del sensor podían medir el campo magnético dentro de la bobina y compararlo con el campo magnético generado al introducir la varilla en ella. El diseño de esta actividad experimental se ilustra en la figura 11.



*Figura 11.* Segunda actividad experimental: campo magnético de un material ferromagnético al interior de una bobina.

Para la última actividad experimental, se retomó la elaboración del motor eléctrico presentado en el diagnóstico; pero esta vez surgió como propuesta de dos estudiantes que realizaron una exposición sobre el tema. Se planteó como situación la medición de la velocidad angular de un motor eléctrico conformado por una batería, un imán y un alambre conductor, con el propósito de identificar la relación entre la velocidad angular del motor y el campo magnético generado por el imán que lo conformaba. Para esta actividad se indagó por los aspectos que se debían tener en cuenta para abordar la medición de la velocidad angular del motor y relacionar su variación con el campo magnético. Los elementos utilizados para esta actividad experimental se observan en la figura 12.



*Figura 12.* Tercera actividad experimental: medición de la velocidad angular de un motor eléctrico.

Continuando con el tercer momento de la propuesta didáctica, se propuso a los estudiantes las preguntas descritas en la sección 4.4.3 del presente documento. El propósito de la actividad fue generar la discusión entre los participantes a partir de dos interrogantes: desde el punto de vista físico, ¿cómo explican el fenómeno? y ¿qué papel cumple el fenómeno en las aplicaciones mencionadas?

La comparación entre las subcategorías que se describen a continuación permitirá establecer diferentes características de la implementación de SAD y su contribución a los procesos de conceptualización en los estudiantes.

#### **4.6.1.1. Forma operatoria del conocimiento**

De acuerdo con Vergnaud, cuando un estudiante se enfrenta a una situación novedosa no dispone de todos los esquemas necesarios para su tratamiento; por tanto, entra en una fase de reflexión, exploración, dudas e inferencias que va a permitir la modificación o ampliación de dichos esquemas para llegar a la solución buscada. Como se mencionó anteriormente, la acción del sujeto en situación involucra diferentes elementos que permiten



analizar su proceso de conceptualización; en particular, la forma operatoria del conocimiento se refiere a la manera como se hacen las cosas y se refleja a través de los invariantes operatorios.

Retomando la definición de la categoría, los invariantes operatorios son elementos que conforman la parte epistémica de los esquemas; es decir, su función consiste en identificar las propiedades, relaciones y transformaciones de los objetos; y seleccionar la información pertinente para establecer las reglas de acción que permitirán abordar una situación. De esta manera, los invariantes operatorios se definen como los conceptos en acción, que se refieren a categorías que el estudiante considera pertinentes dentro de un campo conceptual; y los teoremas en acción, que hacen alusión a proposiciones que se consideran verdaderas en la actividad. Así, en el proceso de análisis de los invariantes operatorios, se tuvo en cuenta que en el proceso de conceptualización se “evidencia la existencia de muchos conocimientos implícitos en la acción, que rara vez se expresan verbalmente, porque resulta difícil o directamente imposible hacerlo” (Otero et al., 2014, p. 17). En consecuencia, las expresiones que se presentarán en los hallazgos de esta subcategoría surgieron a partir del análisis de las producciones de los estudiantes y de la observación participante de la investigadora.

Para establecer tanto el nivel inicial como el final de conceptualización, se tuvieron en cuenta las características de los invariantes operatorios planteadas en la tabla 7, que permiten determinar si son deficientes, aceptables o pertinentes para abordar una situación.

Tabla 7. *Cualidades que caracterizan los tipos de invariantes operatorios*



Facultad de Educación			
	Pertinentes	Aceptables	Deficientes
Invariantes operatorios (IO)	Los IO son utilizados para analizar y dominar las situaciones presentadas. Permiten identificar las propiedades, relaciones y transformaciones de los objetos, además de seleccionar información concreta y pertinente para el campo conceptual abordado.	Los IO son utilizados para enfrentarse a las situaciones presentadas. Sin embargo, identifican parcialmente las propiedades, relaciones y transformaciones de los objetos; además, la información seleccionada es concreta pero no necesariamente pertinente para el campo conceptual abordado.	Los IO utilizados no son coherentes con el campo conceptual abordado.

A partir de la tabla 7, se valoraron las características de las producciones de los estudiantes en los instrumentos utilizados durante los tres momentos de la propuesta didáctica.

#### 4.6.1.2. Forma predicativa del conocimiento

Un aspecto fundamental en el proceso de conocer la conceptualización de los estudiantes es identificar la forma predicativa de su conocimiento. Esta se refiere a la manera como es expresado, principalmente a través de las representaciones, todo aquello que constituye simbólicamente un concepto, sus propiedades, relaciones y transformaciones. En consonancia con lo anterior, Vergnaud (1990) atribuye diferentes sentidos a la noción de representación, teniendo en cuenta que ésta funciona espontáneamente en cualquier actividad de la vida cotidiana, mediante gestos, ideas, palabras, imágenes; en general, elementos de carácter semiótico. De esta manera, la representación se constituye por los signos y los símbolos lingüísticos o no, mediante los cuales nos comunicamos.





Por tanto, en esta subcategoría se tuvieron en cuenta las situaciones en las que los estudiantes representaron de manera verbal, icónica, gráfica, etc., su comprensión de la situación o de los conceptos durante la propuesta pedagógico-didáctica. Para cada uno de los experimentos observados en el diagnóstico, se indagó a los estudiantes en la bitácora por la representación gráfica de lo que creían que sucedía en el fenómeno. De la misma manera, durante el segundo y tercer momento de la propuesta se solicitó a los estudiantes la representación gráfica o escrita de su comprensión sobre las situaciones propuestas en las actividades experimentales descritas en la definición de la categoría.

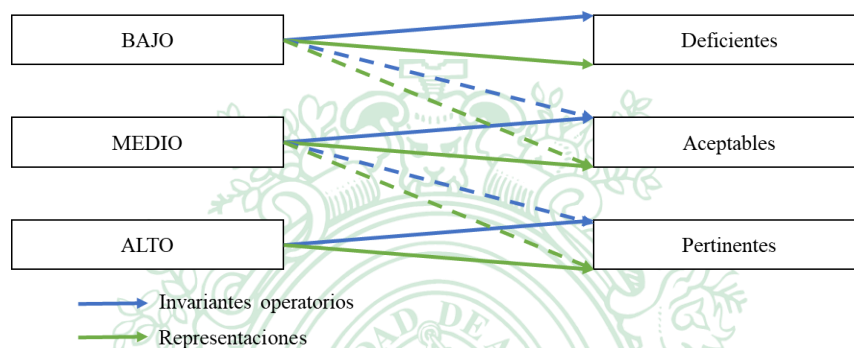
Para establecer tanto el nivel inicial como el final de conceptualización, se tuvieron en cuenta las características de las representaciones planteadas en la tabla 8, que permiten determinar si son deficientes, aceptables o pertinentes para abordar una situación.

Tabla 8. *Cualidades que caracterizan los tipos de representaciones*

	Pertinentes	Aceptables	Deficientes
Representaciones	Utilizan representaciones simbólicas (lenguaje natural, gráficas, diagramas, sentencias formales, etc.) para explicitar los IO, manifestar los conceptos construidos y abordar los procedimientos que van a permitir solucionar una situación.	Utilizan representaciones simbólicas (lenguaje natural, gráficas, diagramas, sentencias formales, etc.), pero estas explicitan de manera parcial los IO y los conceptos construidos. No abordan los procedimientos para solucionar una situación, o lo hacen de manera confusa.	Las representaciones utilizadas no son claras o no son coherentes con el campo conceptual abordado.

Teniendo en cuenta las características presentadas en las tablas 7 y 8, se estableció una relación entre los tipos de invariantes operatorios y representaciones identificados en los

hallazgos para clasificar el nivel de conceptualización de los estudiantes en alto, medio o bajo, como se propone en la figura 13.



*Figura 13.* Relación entre los niveles de conceptualización y las características de los invariantes operatorios y las representaciones (elaboración propia).

De acuerdo con la figura 13, se consideró que un estudiante está en un nivel bajo de conceptualización si tanto sus invariantes operatorios como representaciones son deficientes (líneas continuas), o si se presenta una combinación entre uno de los elementos deficientes y el otro aceptable (una línea continua y una punteada). En un nivel medio, un estudiante presenta invariantes operatorios y representaciones aceptables, o uno de los dos elementos aceptable y el otro pertinente. Por último, en un nivel de conceptualización alto, un estudiante llega a manifestar invariantes operatorios y representaciones pertinentes para el campo conceptual abordado.

#### **4.6.2. Concepciones sobre el uso de Sistemas de Adquisición de Datos en la actividad experimental.**

Acorde con el propósito de la investigación, se presenta esta categoría con el fin de identificar las diferentes situaciones que reflejan el papel que le atribuyen los estudiantes a los SAD durante la actividad experimental. A partir de lo anterior, se analizaron diferentes



instrumentos como la bitácora de los estudiantes, el diario de campo de la investigadora y la entrevista individual final semiestructurada, en los que se identificaron algunas recurrencias que permitieron clasificar estas concepciones en dos categorías emergentes: los Sistemas de Adquisición de Datos como instrumento de medición y los Sistemas de Adquisición de Datos para favorecer la representación. Por otra parte, en dichos instrumentos se identificó que los estudiantes aludían frecuentemente al diagrama AVSAD utilizado para acompañar la actividad experimental con la implementación de SAD, por lo cual, en la tercera subcategoría se presenta la valoración de esta herramienta heurística.

### ***4.6.2.1. Sistema de Adquisición de Datos como instrumento de medición***

De acuerdo con Pontes (2005a), se pueden clasificar las funciones formativas de las TIC en tres categorías, que se relacionan con el desarrollo de objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales; la segunda de estas categorías se refiere al “aprendizaje de procesos científicos y al desarrollo de destrezas intelectuales de carácter general” (p. 3), lo que presenta una relación dialéctica con los hallazgos en esta subcategoría, dado que epistemológicamente uno de los procesos científicos con mayor relevancia en la física es la medición.

En coherencia con este planteamiento, se entiende la medición desde la perspectiva de Ayala, Malagón y Sandoval (2011), como un aspecto a destacar cuando se trata de caracterizar la actividad experimental, puesto que se identifica con la “acción o proceso por el cual se asignan números a atributos de entidades del mundo físico mediante la aplicación de un instrumento adecuado para medir la propiedad en cuestión del cuerpo o sistema



considerado (p. 26). Sin embargo, de acuerdo con estos autores, en la práctica pedagógica no debe reducirse solo a la aplicación de un instrumento, ya que la medición por sí misma es una actividad compleja que involucra la construcción de propiedades, la conformación de fenomenologías, la matematización, el análisis de los procesos de constitución de diversas magnitudes, y por ende, la conceptualización. Por tanto, los SAD cumplen con algunas de las funciones formativas propuestas por Pontes (2005a), al permitir la construcción e interpretación de gráficas y la adquisición de datos experimentales en tiempo real; y a su vez, desde el punto de vista pedagógico, el uso de esta herramienta puede significar un cambio en la concepción de actividad experimental y transformarlo en un objeto de estudio de sumo interés para la enseñanza de la física (Ayala, Malagón y Sandoval, 2011).

A partir de los diferentes instrumentos utilizados para la recolección de información, se identificaron expresiones de los estudiantes que hacen referencia al uso de SAD como instrumento de medición; resaltando particularmente las respuestas obtenidas al indagar por su experiencia con los SAD durante la propuesta y por las diferencias que se encontraron entre estas actividades experimentales y otras experiencias anteriores.

#### ***4.6.2.2. Sistema de adquisición de datos para favorecer la representación***

De la misma manera que en la anterior subcategoría, fue notable el hecho de que los estudiantes manifestaran recurrentemente que la implementación de SAD en las actividades experimentales tuvo una característica novedosa para ellos y fue favorecer procesos de representación de los conceptos trabajados, en términos de contribuir a la modelación e



interpretación de gráficas. A partir de los hallazgos en esta subcategoría, fue posible identificar las siguientes características de los SAD:

- Favorece la representación de un fenómeno involucrando diferentes sentidos.
- Apoya la interpretación de gráficas obtenidas a partir de los datos recolectados y la relación entre variables.
- Permite comparar diferentes situaciones que involucran el fenómeno.

En la discusión de esta subcategoría se presentan algunos fragmentos de las respuestas de los estudiantes, principalmente de la entrevista individual semiestructurada, que apoyan cada una de estas características.

#### ***4.6.2.3. Valoración del diagrama AVSAD***

En el marco del referente teórico de aprendizaje, se realizó una adaptación de la V heurística de Gowin para acompañar la implementación de SAD en la actividad experimental, que se denominó AVSAD. De esta manera, los estudiantes desarrollaban el diagrama con el propósito de explicitar de forma predicativa su proceso de conceptualización al enfrentarse a una situación, puesto que desde la Teoría de los Campos Conceptuales, “el campo conceptual es entonces un recurso teórico y metodológico para analizar el desarrollo de las competencias y de las conceptualizaciones del sujeto dentro de los distintos registros de su actividad” (Otero et al., 2014, p.26), lo que está en estrecha relación con el dominio conceptual y el dominio metodológico presentes en el diagrama. En esta subcategoría se recogen las diferentes apreciaciones de los estudiantes con respecto a su valoración de la implementación de esta herramienta heurística, principalmente las

respuestas de los estudiantes en la entrevista individual semiestructurada al indagar por ¿cómo valora su proceso de aprendizaje del concepto de campo magnético a través de esta propuesta?

#### **4.6.3. Indicios de apropiación crítica del uso de TIC de los profesores en formación**

Como eje fundamental de esta investigación, se presenta la preocupación por cumplir con las necesidades actuales de la formación de profesores en relación con la incorporación con criterio pedagógico y didáctico de las TIC. En este sentido, la presente categoría busca indagar por aquellas expresiones, percepciones, gestos, acciones, actitudes, entre otros, que manifiesten indicios de apropiación crítica del uso de TIC, en particular de los SAD; pero resaltando los resultados que aluden a los diferentes tipos de tecnologías utilizadas en la enseñanza de las ciencias. De acuerdo con lo anterior, se tuvieron en cuenta aquellas expresiones verbales o escritas sobre experiencias, inquietudes, críticas, argumentos, reflexiones, que los participantes pusieron de manifiesto durante toda la propuesta didáctica y se reflejaron principalmente en la entrevista individual semiestructurada al indagar por ¿cuál ha sido su experiencia con el uso de TIC durante su formación en la licenciatura? y ¿cómo vincularía las TIC en la enseñanza de la física como apoyo a la actividad experimental?

A continuación se realiza el análisis y la discusión de los resultados encontrados a partir de la implementación de la propuesta aquí descrita.

**5. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

En este capítulo se presentan los principales resultados de la presente investigación y su respectivo análisis con base en las categorías y subcategorías mencionadas en la tabla 5. El análisis de cada categoría se realizó a partir de los diversos instrumentos y actividades implementadas en la propuesta didáctica, teniendo en cuenta las diferentes respuestas, socializaciones y entrevistas de los ocho estudiantes que conformaron el caso.

A los participantes se les asignó un código para la presentación de los resultados, de E1 a E8. De igual forma, se asignó el código I para la investigadora. En coherencia con el marco teórico, se valoró el nivel de conceptualización alcanzado por los estudiantes para tener una mejor comprensión del impacto de la propuesta, preservando las realidades múltiples y las diferentes visiones de lo que sucede. De igual manera, acorde con los propósitos de la investigación, se valoraron sus concepciones sobre el uso de Sistemas de Adquisición de Datos en la actividad experimental, y se identificaron algunos indicios relacionados con la apropiación crítica del uso de TIC.

**5.1. Conceptualización**

Retomando la descripción realizada anteriormente de la presente categoría, se presentan a continuación los principales hallazgos que permitieron identificar el proceso de conceptualización de los estudiantes y su nivel de progresividad a partir de las formas de conocimiento enunciadas en la actividad en situación; a saber, la forma operatoria expresada a través de los invariantes operatorios y la forma predicativa reflejada en sus representaciones.



De acuerdo con Otero et al. (2014) “en las disciplinas científicas tiene poco sentido decir que un estudiante comprendió un concepto, más bien es importante decir qué teoremas en acto es capaz de utilizar en ésta o aquella situación” (p. 24); por tal razón, para las expresiones que se describen a continuación se realizará una síntesis interpretativa en términos de la manera como los estudiantes lograron establecer relaciones pertinentes para enfrentarse a las situaciones, para determinar si estos invariantes emergen de sus esquemas porque existían antes o porque se modificaron para adaptarse a la novedad.

Durante el primer momento de la propuesta didáctica, los invariantes operatorios que parecen haber orientado las respuestas de los estudiantes a los tres experimentos descritos en la sección 4.6.1, correspondientes al diagnóstico, se presentan en la tabla 9 por medio de algunos fragmentos seleccionados de la bitácora de cada participante y de algunas expresiones que surgieron durante la entrevista inicial.

Tabla 9. *Invariantes operatorios de los participantes en el nivel inicial de conceptualización.*

Experimento	Invariantes operatorios	
	Conceptos en acción	Teoremas en acción
Interacción entre materiales magnéticos y no magnéticos.	<p><i>Líneas de campo</i> (E1, E5, E7)</p> <p><i>Atracción y repulsión</i> (E4, E5, E6)</p> <p><i>Polo magnético</i> (E1, E2)</p> <p><i>Campo magnético</i> (E1, E2, E4, E7)</p> <p><i>Sistema</i> (E2)</p> <p><i>Electrones</i> (E6)</p>	<p><i>El imán hace que la brújula se mueva</i> (E1)</p> <p>I: <i>¿cómo varía el campo magnético con la distancia en los imanes permanentes?</i></p> <p>E5: <i>a medida que se aleja del imán la densidad de líneas es menor</i></p> <p><i>Los polos opuestos se atraían</i> (E4)</p> <p><i>Al alejar cada uno de los imanes se genera un campo magnético</i></p> <p><i>Cuando se acercan los imanes a la brújula los campos magnéticos que son generados se anulan entre sí</i> (E1)</p>





		<u>Al acercar un imán a la brújula la atracción de los polos + y - del imán es mayor que la atracción de los polos de la Tierra.</u> (E3)
		<u>Hay una atracción de electrones positivos hacia los negativos.</u> (E6)
		<u>El campo magnético generado por el imán interactúa con el de la aguja de la brújula [...] las líneas de campo positivas del lado sur del imán entran en el lado Norte y por lo tanto negativo de la aguja de la brújula</u> (E7)
Comportamiento de un imán polarizado acomodado en la superficie del agua (Brújula casera).	Circuito cerrado (E6) Polo negativo, polo positivo (E1, E2, E6) Campo magnético (E1, E2, E4, E7) Polos terrestres (E3, E7) Polos magnéticos (E6) Atracción (E5) Líneas de campo (E7)	<u>El polo negativo de la brújula va a tender hacia el polo positivo del imán, cuando se acerca y viceversa</u> (E6) I: <u>¿cómo funciona una brújula?</u> E7: <u>es por la alineación con el campo magnético de la Tierra</u> E4: <u>es porque la brújula busca el norte</u> E2: <u>es como si la Tierra atrajera la brújula</u> E5: <u>hay algo que hace que la brújula busque el norte</u> <u>Las brújulas buscan un norte porque yo suponía que el campo magnético en el norte era mayor</u> (E4) <u>En la brújula hay un pequeño imán que es atraído hacia los polos magnéticos del planeta Tierra; esto indica el norte y el sur</u> (E2) <u>El imán al igual que la Tierra tiene un campo magnético y este campo magnético es mayor en el norte, por este motivo siempre busca la posición Norte</u> (E4) <u>El campo magnético de la Tierra interactúa con el del pequeño imán, ubicándose paralelo a esas líneas de campo de la Tierra</u> (E8)
Motor eléctrico diseñado a partir de una pila, imanes y alambre de cobre.	Corriente eléctrica (E3, E4, E5, E7) Diferencia de cargas (E8) Campo magnético (E1, E2, E3, E7, E8) Inducción, líneas de campo (E7) (E7) Voltaje (E5, E7) Diferencia de potencial (E5, E7) Cargas positiva y negativa (E1) Movimiento continuo (E6, E3, E7)	<u>Al conectarse el alambre en los extremos de la pila, se genera corriente eléctrica</u> (E4) <u>La diferencia de cargas en la pila, hizo mover el arito que era de cobre</u> (E8) <u>Se chocaban los campos magnéticos lo que hacía mover</u> (E2, E3, E7) <u>El campo magnético lo genera el ordenamiento de los átomos</u> (E8) <u>Las cargas + y - de la batería al estar unidas por el alambre conductor se van a atraer, los imanes generan un campo magnético que atrae el alambre de cobre por donde pasa la corriente haciéndolo girar</u> (E1) <u>La corriente de la batería se desplaza por el alambre de cobre</u> (E2)



*Energía química,  
energía eléctrica,  
excitación de  
electrones,  
electromagnetismo  
(E4)  
Repulsión (E6)*

La pila genera una corriente eléctrica que se transfiere al alambre de cobre [...] los imanes generan otro campo magnético que choca con el campo del alambre de cobre, desatando un movimiento continuo (E3)

La pila convierte la energía química en energía eléctrica y esta energía pasa por medio del alambre conductor al alambre de cobre (E4)

La pila otorga una diferencia de potencial y por medio del alambre de cobre (el cual es un buen conductor) hay un flujo de corriente s (E5)

Los electrones viajan desde la batería hacia el cobre quien recibe los voltajes, el imán situado debajo del cobre le genera repulsión y le provoca el movimiento (E6)

La corriente eléctrica que induce la batería y fluye por el alambre, genera una corriente eléctrica alrededor del mismo, el cual interacciona con el imán y genera un movimiento del alambre; todo mientras exista una corriente por el alambre (E7)

A la luz del referente teórico de aprendizaje, se pudo evidenciar que de acuerdo con los tipos de invariantes operatorios presentados en la tabla 7, el 37,5% de los participantes tenía IO deficientes, mientras que el 62,5% restante manifestaba IO aceptables.

Las expresiones de la tabla 9 reflejan que los estudiantes con IO deficientes (E3, E4, E6) tienen ideas concernientes a las cargas eléctricas, relacionando la atracción y la repulsión con la fuerza que se ejerce entre cargas positivas y negativas; mientras que los demás participantes hacen referencia a conceptos propios del campo conceptual, tales como líneas de campo, densidad de líneas y campo magnético. Estos invariantes operatorios evocados por los estudiantes se acercan al significado del concepto de magnetismo. Por otra parte, se observa que aquellos estudiantes con IO deficientes expresaron que la brújula funciona porque *busca el norte*; sin embargo, no profundizaron en cómo se da esta búsqueda; aunque cabe resaltar la expresión de E4 en el segundo experimento sobre la existencia de un campo



magnético *mayor* en el polo norte de la Tierra, lo que de cierta manera para ella explicaría el porqué de la tendencia de la brújula a apuntar en esta dirección.

Una característica común que se refleja en los teoremas en acción del tercer experimento, es que tienen presente la idea sobre la existencia de una corriente eléctrica generada por el circuito cerrado entre la batería y el alambre de cobre; sin embargo, en cuanto a la explicación de por qué se da el fenómeno, se encuentran opiniones muy variadas, resaltando en particular las respuestas de los participantes E3 y E7 que muestran un mayor acercamiento a una explicación teórica de lo observado.

A continuación se discutirán los hallazgos relacionados con el segundo y tercer momento de la propuesta didáctica, que se derivan de las actividades experimentales y la situación final descritas en la sección 4.6.1. Los invariantes operatorios identificados al abordar la situación propuesta durante la primera actividad experimental se describen en la tabla 10.

Tabla 10. *Invariantes operatorios de los participantes en el nivel final de conceptualización. Primera actividad experimental*

Situación	Invariantes operatorios	
	Conceptos en acción	Teoremas en acción
Caracterización de un campo magnético generado por un imán permanente	<i>Campo magnético</i> (E1 a E8)	<i>El campo magnético <u>varía de acuerdo al tamaño y la forma del imán</u></i> (E1, E2, E3; Bitácora)
	<i>Imán permanente</i> (E3, E5, E8)	<i><u>Las líneas de campo en un imán siempre serán más densas cerca al imán. El campo es más fuerte, mientras se esté más cerca del imán</u></i> (E2, E3, E7; Bitácora)
	<i>Líneas de campo</i> (E1 a E8)	<i><u>No hay objetos unipolares, que todos tienen dos polos magnético</u></i> (E8; Bitácora)
	<i>Polos magnéticos</i> (E5, E8)	<i>El campo magnético <u>B es una magnitud vectorial. Puede estar producido por una carga puntual en movimiento</u></i> (E1, AVSAD)
	<i>Distancia</i> (E2, E3, E7) <i>Potencia</i> (E8) <i>Intensidad</i> (E6, E7, E8)	



*Mientras más grande el imán mayor atracción, y mayor campo magnético (E1, AVSAD)*

*El campo magnético es inversamente proporcional a la distancia, (E1, AVSAD)*

*El campo es inversamente proporcional a la distancia en la que se encuentra la carga de prueba. [...] No afecta la forma del imán, siempre disminuye. (E4, AVSAD)*

*A medida que aumentaba la distancia, disminuía el campo magnético (E5, V de Gowin)*

*[...] hay ciertas maneras como más, no sé si eficientes, sino que ocupan mejor en el espacio el campo magnético y le permiten mayor atracción (E7; Entrevista final)*

A partir de las expresiones de la tabla 10 se logró identificar que los estudiantes presentan sus ideas de una manera más apropiada con respecto a sus respuestas iniciales a las preguntas que orientaban la actividad experimental; puesto que el 87,5% de los participantes coincidió en que la relación entre el campo magnético de un imán permanente y la distancia es inversamente proporcional, además que la forma del imán afecta su campo magnético; sin embargo, se resalta que la respuesta de E4 presenta algunos aspectos que no son coherentes con las respuestas de los demás, puesto que se refiere al imán como una carga de prueba y no establece una relación entre lo que menciona sobre la variación de las gráficas que resultaron de medir el campo magnético y la influencia de la forma del imán en dicha variación. En las gráficas realizadas por esta participante (anexo J), se puede observar que el campo magnético en los imanes que utilizaron no es uniforme en todos los ángulos, pero sí presentan en común que la magnitud de su intensidad tiende a disminuir de manera logarítmica a medida que aumenta la distancia.





Los invariantes operatorios explicitados por los estudiantes para enfrentar la situación

propuesta en la segunda actividad experimental se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. *Invariantes operatorios de los participantes en el nivel de conceptualización final. Segunda actividad experimental*

Situación	Invariantes operatorios	
	Conceptos en acción	Teoremas en acción
Generación del campo magnético al interior de un material ferromagnético que está en presencia del campo generado por una bobina	<p><i>Corriente</i> (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8)</p> <p><i>Imán permanente</i> (E2)</p> <p><i>Ferromagnetismo</i> (E2, E4, E5, E6)</p> <p><i>Campo magnético</i> (E3, E5, E7)</p> <p><i>Inducción</i> (E3, E8)</p>	<p><i>La bobina al dar más vueltas (espiras) aumenta su campo convirtiéndose en un imán permanente. La varilla es un material ferromagnético por lo tanto este posee un campo magnético interno</i> (E1, Bitácora)</p> <p><i>Es como si se generase una fusión entre el campo de la barra más el campo de la bobina</i> (E2, Bitácora)</p> <p><i>[...] sus propiedades van a hacer que el campo magnético llegue hasta un punto y [...] al disminuir la corriente, disminuye la intensidad del campo. Esto último recibe el nombre de histéresis</i> (E5, Bitácora)</p> <p><i>La inducción que ejerce el campo magnético de la bobina sola sobre los átomos de la barra metálica, provocando una magnetización de la misma y una suma de ambos campos, provocando el mismo aumento</i> (E7, Bitácora)</p> <p><i>Hay imanes que producen un campo magnético, o uno también lo puede producir con una bobina</i> (E6, Entrevista final)</p> <p><i>La corriente dura mientras el imán esté en movimiento o la bobina; la corriente es más intensa mientras más rápido sea el movimiento. El campo magnético se refuerza porque el material ferromagnético se convierte en imán y cuanto más espirales tenga la bobina, mayor es el campo magnético</i> (E4, AVSAD)</p>

En los anteriores enunciados se visualiza que los estudiantes se refieren a la corriente eléctrica como una fuente de campo magnético; además, la mayoría de ellos reconocen que los materiales ferromagnéticos tienen un campo magnético debido a su naturaleza y que la interacción entre el campo magnético generado en la bobina y el campo magnético de la varilla va a dar como resultado un campo con mayor intensidad.



En estos enunciados se observa que los teoremas en acción del 67,5% de los participantes se caracterizan por establecer relaciones coherentes entre la corriente eléctrica, el campo magnético y las propiedades de materiales ferromagnéticos como el hierro; aunque su nivel de argumentación aún es incipiente, dichos teoremas son pertinentes para enfrentarse a la situación propuesta. Contrario a lo expuesto anteriormente, los invariantes operatorios del 12,5% de los participantes no son claros ni pertinentes para abordar la situación, porque reflejan una interpretación que no se acerca desde el punto de vista científico a la generación del campo magnético a partir de la corriente eléctrica, señalando que es ésta la que se genera gracias al movimiento de un imán.

En esa misma línea de discusión, se presentan en la tabla 12 los invariantes operatorios que parecen haber guiado las respuestas de los estudiantes durante la tercera actividad experimental.

Tabla 12. *Invariantes operatorios de los participantes en el nivel de conceptualización final. Tercera actividad experimental*

Situación	Invariantes operatorios	
	Conceptos en acción	Teoremas en acción
Medición de la velocidad angular de un motor eléctrico conformado por una batería, un imán y un alambre conductor	<p><i>Cinématica</i> (E1, E3, E7)</p> <p><i>Campo magnético</i> (E1, E3, E4, E5)</p> <p><i>Velocidad angular</i> (E1, E3, E6, E7, E8)</p> <p><i>Velocidad tangencial</i> (E1, E3, E7, E8)</p> <p><i>Movimiento circular</i> (E1, E2, E3, E7, E8)</p> <p><i>Tiempo</i> (E1, E3, E8)</p> <p><i>Corriente eléctrica</i> (E7, E8)</p> <p><i>Torsión del rotor</i> (E2, E3, E7, E8)</p> <p><i>Energía</i> (E2, E3, E4, E5, E7)</p>	<p><u>[...]al pasar por la fotocpuerta genera estímulos captados por el infrarrojo que se dirigirán al sensor que traduce los estímulos y provoca datos que son expresados por el PC</u> (E6, Bitácora)</p> <p><u>[...]la relación existente entre las interacciones de dos campos magnéticos, ya sean generados a partir de la corriente eléctrica o por un imán permanente, además de las alteraciones que se tienen a partir de la forma del imán</u> (E7, Bitácora)</p> <p><u>El campo magnético induce una transformación de energía eléctrica a energía mecánica, los flujos eléctricos y magnéticos originan la fuerza o par de torsión del motor</u> (E2, E3, E7, AVSAD- Predicción)</p>



El campo magnético, en este caso de dos tipos que interactúan entre sí permite una transformación de energía que genera movimiento (E2, E3, E7, AVSAD)

La variación en el campo magnético hará también cambiar el movimiento del motor (E8, AVSAD)

Comparando las expresiones anteriores con los invariantes operatorios presentados en el diagnóstico, se puede notar un cambio en los teoremas en acción que emergieron a partir de la tercera actividad experimental; puesto que inicialmente, los estudiantes atribuían el funcionamiento del motor más a la carga eléctrica proporcionada por la batería que al campo magnético tanto del imán como el generado gracias a la corriente que pasa por el alambre de cobre. De esta manera, puede afirmarse que al abordar esta situación los estudiantes debían relacionar elementos propios de diferentes campos conceptuales como la cinemática, la electricidad y el magnetismo; logrando que para ellos adquirieran sentido algunos conceptos propios de dichos campos para resolver el problema. En este caso, puede afirmarse que tanto la construcción del motor como la medición de su velocidad angular son tareas complejas que favorecieron la ampliación de los esquemas de los estudiantes, dado que al menos el 67,5% de los estudiantes se refiere a los objetos y sus transformaciones con mayor propiedad y sus conceptos y teoremas en acción se acercan más a los conceptos científicos.

Continuando con el tercer momento de la propuesta didáctica, a partir de los interrogantes propuestos para el taller final, se identificaron los invariantes operatorios descritos en la tabla 13.



Tabla 13. *Invariantes operatorios de los estudiantes en la actividad final*

Preguntas	Participante	Invariantes operatorios	
		Conceptos en acción	Teoremas en acción
¿Qué sabemos sobre los fluidos magnetorreológicos?	E6	<i>campo magnético</i>	<i>[...] ocurre una polarización en las partículas del aceite</i> (Taller)
¿Qué sabemos sobre el motor eléctrico?	E4	<i>Atracción o repulsión Campos electromagnéticos Electricidad</i>	<i>[...] la electricidad juega un papel importante porque crea campos electromagnéticos que se oponen entre sí</i> (Taller)
¿Qué sabemos sobre el acelerador magnético?	E1	<i>Energía cinética Velocidad Acción reacción Transferencia de energía</i>	<i>Al chocar las bolas de acero se aumenta la energía cinética y este es directamente proporcional a la velocidad</i> (Taller)  <i>Al ser un acelerador magnético, se involucra la transferencia de energía y aumenta la energía cinética</i> (Diario de campo)
¿Qué sabemos sobre la relación entre electricidad y magnetismo?	E8	<i>Flujo de corriente Carga magnética</i>	<i>Por el flujo de corriente que genera la batería conectada al tornillo generando así una carga magnética que atrae a los clips y a la brújula</i> (Taller)
	E5	<i>Corriente eléctrica Fuerza Campo magnético</i>	<i>En la corriente eléctrica intervienen cargas en movimiento, estas cargas generan una fuerza <math>\perp</math> (perpendicular) a este movimiento lo que ocasiona un campo magnético</i> (Taller)
¿Qué sabemos sobre los parlantes?	E2, E3, E7	<i>Campos magnéticos Vibraciones sonoras Energía eléctrica</i>	<i>Las interacciones entre campos magnéticos alterados a partir de las vibraciones sonoras pueden traducirse en forma de energía eléctrica</i> (Taller)

En las anteriores proposiciones de los estudiantes se muestra que los invariantes operatorios presentes en sus esquemas son cada vez más pertinentes para el campo conceptual abordado; en la mayoría de los participantes, los teoremas son claros y fueron puestos en acción; es decir, mostraron la capacidad de exteriorizarlos y relacionarlos con las situaciones presentadas, y no como si fueran memorizados o retomados de otra fuente como un libro de texto o internet sin ninguna interpretación.





De acuerdo con los hallazgos discutidos anteriormente, se pudo evidenciar que un 87,5% de los participantes presentó una evolución en los tipos de invariantes operatorios expresados, mientras que el 12,5% restante se mantuvo en su estado inicial. Por tanto, para el nivel final de conceptualización, el 62,5% de los estudiantes tuvo IO pertinentes y para el 37,5% restante fueron aceptables.

De esta manera, al comparar la conducta observable de los estudiantes y analizarla a la luz de la actividad en situación y de las representaciones descritas en la siguiente subcategoría, es posible reconocer la contribución de los SAD a la conceptualización de los estudiantes.

### **5.1.2. Forma predicativa del conocimiento**

De acuerdo con Sureda y Otero (2010), la forma predicativa del conocimiento es la que “enuncia los objetos del pensamiento, sus propiedades, sus relaciones y transformación” (p. 11); en otras palabras, podría decirse que es la manera como se explicitan los invariantes operatorios a través de representaciones para exteriorizar el grado de dominio de un conjunto de situaciones propias de un campo conceptual. De acuerdo con lo anterior, en esta subcategoría se muestran las representaciones de los estudiantes que fueron producto de los instrumentos implementados en la propuesta didáctica. Para determinar los tipos de representaciones de los participantes en el nivel inicial de conceptualización, se muestran en la figura 14 los resultados de los experimentos realizados durante el diagnóstico.

**Facultad de Educación**  
Primer experimento

Segundo experimento

Tercer experimento

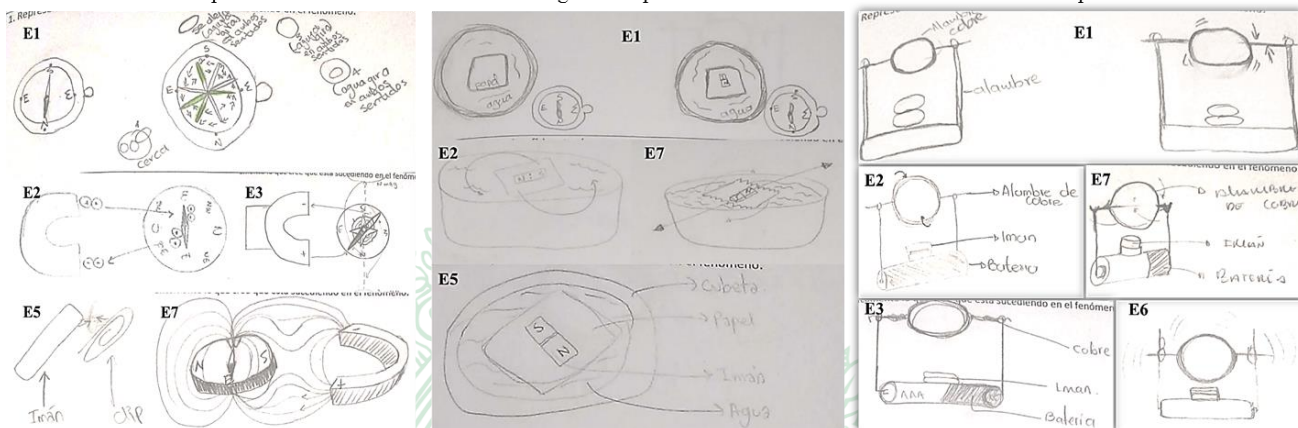


Figura 14. Representaciones de los estudiantes sobre los experimentos propuestos en el diagnóstico.

Como se observa en la figura 14, fue una característica recurrente que los participantes asociaran los polos magnéticos con las cargas eléctricas en el primer experimento (E2, E3, E7), incluso, E2 lo expresó con sus palabras durante la actividad. Cuando la investigadora le preguntó sobre cómo denominaba los extremos del imán, ella dijo: “*el polo norte es positivo y el sur negativo*”. Además, se refleja claridad en los conceptos de atracción y repulsión, pero consideran que es igual para fenómenos eléctricos y magnéticos. De igual manera, aparecen elementos como líneas y flechas (E2, E3, E5, E7) que representan la interacción entre los objetos, ya sea indicando la atracción y repulsión (E2, E3, E5), el campo magnético generado por la brújula y el imán (E5, E7) o en otros casos dan una idea de dirección y movimiento (E2, E7). En relación con la participante E1, se observa que en sus representaciones hay un estado inicial y un estado final, reconoce e identifica los



objetos que hacen parte del experimento, pero no indica la interacción entre ellos o no es muy clara.

La participante E5, solo muestra los materiales del experimento en sus representaciones, pero apoya su dibujo del segundo experimento escribiendo que

*“Hay una atracción hacia el campo de la Tierra (polo norte), y este experimento describe el funcionamiento común de una brújula, que busca siempre señalar hacia el norte”.*

El elemento que caracteriza su representación, es la idea de que la brújula busca el norte; lo que se puede haber construido previamente en sus experiencias cotidianas. Esta idea también se identificó en la participante E3, quien describe sobre el segundo experimento, que

*“Funciona como una brújula, el papel sostiene el imán con el extremo – y + diferenciados, o sea N y S, gira en dirección a los polos de la Tierra que generan atracción en el imán”.*

En esta última expresión continúa apareciendo la relación entre lo que alude a signos característicos de las cargas eléctricas (-, +) y lo que se denota como los polos magnéticos (N, S).

Las representaciones de los estudiantes en el último experimento fueron verbales, es decir, los dibujos mostrados en la figura 14 no permiten analizar lo que pretenden comunicar, por lo tanto se destacan las siguientes proposiciones retomadas del diario de campo de la investigadora que las complementan:



## Facultad de Educación

- *Yo tengo una idea de cómo funciona el motor, lo que pasa es que se genera un campo magnético entre los imanes y con el campo de la pila que se genera cuando los alambres hacen contacto, se cruzan los campos y hace que comience a girar (E8).*
- *La pila otorga una diferencia de potencial y por medio del alambre de cobre (el cual es un buen conductor) hay un flujo de corriente de electrones que me imagino hace que el alambre empiece a dar vueltas (E5).*

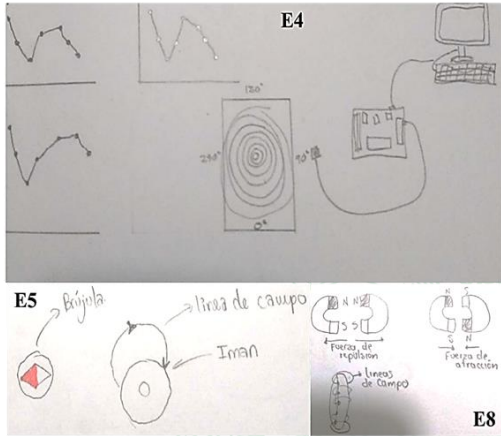
En ambas expresiones se identifica que las representaciones que tienen los participantes sobre el fenómeno observado difieren entre sí, pero constituyen dos maneras de poner en palabras lo que sucede, utilizando conceptos cercanos al campo conceptual abordado. A partir de lo anterior, se puede establecer que para el nivel inicial de conceptualización, solo el 37,5% de los estudiantes mostró representaciones deficientes; mientras que el 62,5% restante tuvo representaciones aceptables.

De la misma manera que en el diagnóstico inicial, durante el segundo y tercer momento de la propuesta se indagó a los estudiantes por la representación gráfica o escrita de su comprensión sobre las situaciones propuestas en las actividades experimentales descritas en la sección 4.6.1. En la figura 15 se muestran las representaciones gráficas de los participantes en dichas actividades.

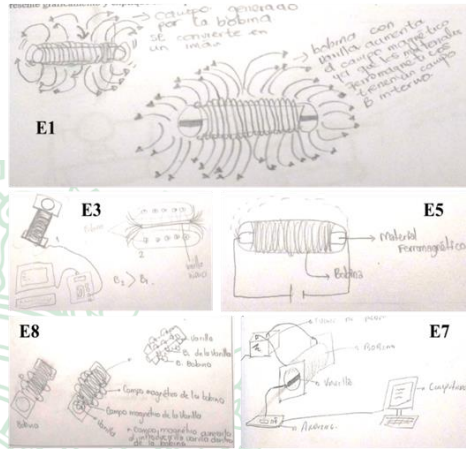


## Facultad de Educación

### Primera actividad experimental



### Segunda actividad experimental



### Tercera actividad experimental

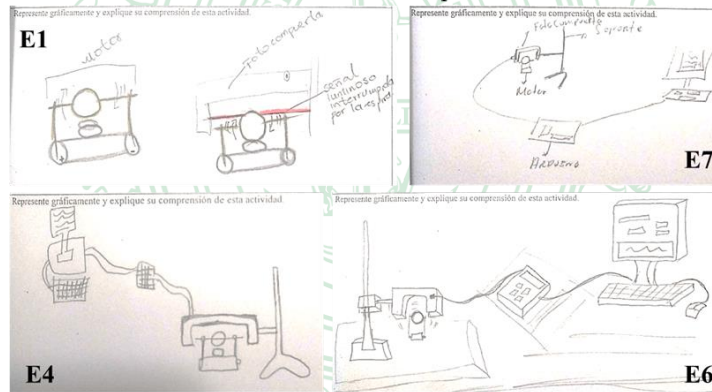


Figura 15. Representaciones de los estudiantes sobre las actividades experimentales del segundo momento de la propuesta.

Como se observa en la figura 15, todas las representaciones de los estudiantes son distintas, lo que a la luz del referente teórico, evidencia que los esquemas que cada persona construye están compuestos por sistemas de representación diferentes; de ahí que la forma en que cada persona selecciona la información necesaria para dirigir sus actividades de la manera más pertinente posible es diversa, lo que refleja que la representación está estructurada por dichos esquemas. Sin embargo, se puede identificar un rasgo en común en

tales representaciones y es que aparecen elementos como las flechas, los imanes, las bobinas y los demás objetos que utilizaron durante las actividades; además se observa que presentan una relación entre diferentes conceptos, aunque para E4, al no etiquetar los ejes cartesianos de sus gráficas, es difícil establecer qué variables está relacionando.

Los demás participantes, con respecto al mismo cuestionamiento en la bitácora de la primera actividad experimental, respondieron de forma escrita y se resaltan los siguientes planteamientos:

- *A medida que se alejaban los dos puntos del imán estos aumentaban, bajaban, y volvían a aumentar, etc. (E3).*
- *La forma que tiene cada imán determina la curvatura de la gráfica resultante de los datos obtenidos por el sensor de campo magnético conectado al Arduino (E8).*

En el desarrollo del diagrama AVSAD también se identificaron elementos que reflejan características importantes de las representaciones de los estudiantes; principalmente, se resaltan las relaciones matemáticas entre las variables abordadas en la actividad experimental o expresiones de los estudiantes que evidencian la relación que establecen entre diferentes conceptos, sus transformaciones y la manera como consideran que interactúan entre sí. De acuerdo con lo anterior se resaltan las siguientes expresiones:

- *El campo magnético se hace cero si la distancia tiende a infinito (E1).*
- *En la gráfica se observa una curva que tiende a cero, esto en imanes permanentes  $B = \frac{\mu\mu_0}{2\pi d^3}$  (E2, E3, E7).*
- *Las gráficas indican que según la forma del imán el campo es irregular (E2, E3, E7).*

**Facultad de Educación**

- $E \propto \frac{1}{d}$  (E4).
- *Las gráficas mostradas teóricamente, dan una curva decreciente que depende directamente de la forma regular que tiene el imán (E5).*
- *Relación inversamente proporcional entre el campo y el área. Campo proporcional al cambio de densidad de flujo magnético por unidad de área  $B \propto \frac{\Delta Q}{\Delta A}$  (E8)*

A pesar de la diversidad presente en las anteriores proposiciones, los estudiantes se refieren adecuadamente a las relaciones matemáticas que se consideran pertinentes para abordar la situación planteada, en cuanto a la relación de proporcionalidad inversa entre el campo magnético y la distancia desde el imán permanente.

Para la segunda actividad experimental, se realizó un cambio en los cuestionamientos propuestos para desarrollar en la bitácora, indagando por las diferencias entre el campo magnético dentro de la bobina antes y después de introducir la varilla, y por la representación gráfica de la comprensión sobre la actividad experimental, acompañada de una breve explicación. En la figura 15, se observa que los estudiantes tienen una mayor apropiación de la representación de las líneas de campo, puesto que su forma curva proporciona una noción de tridimensionalidad característica del campo magnético; además, los que realizan la comparación entre el campo antes y después de introducir la varilla (E1, E3, E8), aumentan la densidad de dichas líneas para el segundo caso, lo que concuerda con los teoremas en acción presentados en la tabla 11, particularmente la siguiente expresión de E7: “la inducción que ejerce el campo magnético de la bobina sola sobre los átomos de la barra metálica, provocando una magnetización de la misma y una suma de ambos campos,



provocando el mismo aumento. Asimismo, se resaltan los registros de los estudiantes que aportaron explicaciones a sus representaciones en la bitácora:

- *La inducción que hace el campo magnético de la bobina sobre los electrones de la varilla intensificando el campo magnético de ésta (E3).*
- *Se observó una tendencia a aumentar de forma exponencial que aunque no concuerda con lo teórico con respecto a la gráfica, si coincidió con la relación de corriente y campo (al aumentar la corriente aumenta el campo) (E8).*

A partir de estos enunciados se puede establecer que los participantes tienen un mejor reconocimiento de los objetos que hacen parte de la situación y establecen relaciones que corresponden a los invariantes explicitados. Lo que también se pone de manifiesto en el desarrollo del diagrama AVSAD, en el que se distinguen los siguientes elementos:

- *El campo es proporcional a la corriente. La unidad del campo es el tesla, la de la corriente los amperios (E1).*
- *$BaI$  = son directamente proporcionales al aumentar la corriente, el campo debe aumentar (E5).*
- *El campo magnético aumenta al introducir en su núcleo un material ferromagnético (E2, E3, E7).*

Los elementos subrayados en las anteriores expresiones aluden implícitamente a que los estudiantes establecen relaciones matemáticas entre las variables campo magnético y corriente eléctrica; sin embargo, no fue posible representar con claridad un modelo matemático para dicha relación, dado que, aunque algunos participantes (E2, E3, E7) se





refirieron a ecuaciones matemáticas en el AVSAD (por ejemplo: Permeabilidad relativa

$Km = \mu_0 = 4\pi * 10^7 \frac{Tm}{A}$ ; Campo magnético  $B = \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\right)$ ;  $T = 1 \frac{N}{C} \left(\frac{m}{S}\right)$ ; Momento

magnético total  $\mu_{total} = MV$ ; Magnetización  $M = \frac{dm}{dv}$ , estas se presentaron sin alguna explicación sobre su utilidad para abordar la situación, dificultando el análisis sobre el papel que le atribuyen los estudiantes, o si están apropiados de cada uno de los términos presentados. En el anexo L se pueden observar las gráficas obtenidas por los estudiantes durante esta actividad. Dichas gráficas tienen características similares a la gráfica esperada teóricamente, pero las diferencias se generaron debido al funcionamiento irregular de las fuentes de corriente utilizadas.

Las representaciones de los estudiantes en la última actividad experimental mostraron que para esta ocasión fueron más conscientes del sistema físico que comprendía la situación propuesta; en la figura 15 se observa que los estudiantes mostraron en sus representaciones todo el Sistema de Adquisición de Datos, lo que implica que para ellos, este cumple una función importante en el proceso de solución de la situación. Lo anterior puede manifestar un indicio de la adaptación de los esquemas de los estudiantes a la novedad de la situación, lo que refleja directamente un proceso de conceptualización más elaborado. Esto puede sustentarse además con las palabras de uno de los participantes durante la entrevista final, que se muestran a continuación:

- *“Después de los procedimientos que pudimos hacer en el laboratorio, con respecto al campo magnético, al uso de los sensores y todo eso, me permitió, primero comprender la parte matemática, la parte de las leyes físicas que influyen en los campos*



*magnéticos, y después la forma en como esos campos magnéticos están interconectados en la naturaleza, o mejor dicho cómo la naturaleza se relaciona con ellos” (E8).*

En esta expresión se resalta que el estudiante le da sentido a sus acciones en la actividad experimental, porque al enfrentarse a este tipo de situaciones puede establecer relaciones entre conceptos e identificar características de su entorno que son posibles de explicar a través del estudio de fenómenos físicos. Por otra parte, también es importante señalar los aspectos que los estudiantes expresaron en el desarrollo del diagrama AVSAD, en la que, además de las relaciones matemáticas, también se identificaron algunas explicaciones sobre las observaciones que realizaron durante la actividad, incluyendo las gráficas resultantes (anexo N), como se muestra a continuación:

- *El campo magnético atrae el material conductor de la energía generada por la pila (E1).*
- *Los resultados obtenidos a partir de los datos adquiridos por el Arduino verifican una velocidad constante en la velocidad del motor, la cual se verá alterada por la modificación del campo magnético aumentando o disminuyendo la rotación de la espira (E2, E3, E7).*
- *El campo magnético permite determinar una velocidad angular para el motor, su relación con objetos de la vida cotidiana (E6).*
- *Cuando por la bobina circula un sistema de corrientes equilibradas, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor, según la ley de inducción de Faraday. Cuanto menor*



intensidad tiene el campo magnético, más lento se va a mover el motor por la tensión que se genera (E8).

- $v = \frac{d}{t} \text{ m/s}$ ;  $d$ : grosor espira \*  $10^{-3} \text{ m}$ ;  $f = \frac{w}{2\pi} = \frac{1}{T} = \text{seg}^{-1}$ ;  $w$ : velocidad angular;  $T$ : periodo (E5, E6).

En las expresiones subrayadas anteriormente puede identificarse que la forma predicativa de los estudiantes en esta actividad experimental cambió en relación con lo que se identificó en el diagnóstico, puesto que la manera como explicitan sus interpretaciones es más concreta y se hacen evidentes más relaciones conceptuales y descripciones de las diferentes transformaciones de los objetos involucrados en la situación. Además, en las fórmulas presentadas se identifican las variables involucradas y son utilizadas para realizar los cálculos que apoyaron la elaboración de las gráficas.

En cuanto al tercer momento de la propuesta didáctica, los invariantes operatorios de los estudiantes descritos en la tabla 13, se manifiestan a partir de las representaciones sobre cada uno de las preguntas que se enuncian en la tabla 14 a partir de las observaciones registradas por la investigadora en el diario de campo (las evidencias de esta actividad se presentan en el anexo O).

Tabla 14. *Representaciones de los estudiantes sobre diferentes fenómenos asociados al concepto de magnetismo*

Preguntas	Participante	Representaciones escritas
¿Qué sabemos sobre los fluidos magnetorreológicos?	E6	El estudiante comienza mostrando el dibujo que hicieron y dice: " <u>hay un campo que se genera externamente</u> , entonces acá tenemos un fluido como el aceite, <u>sabemos que el aceite es viscoso</u> . Sabemos que <u>las moléculas terminan en electrones</u> , entonces ¿los electrones qué van a hacer?, como <u>los imanes están generando un campo alrededor del aceite</u> , entonces <u>los electrones que hay dentro del aceite van a</u>



## Facultad de Educación

		<i>sentir una atracción a los polos de los imanes que hay a los dos lados, entonces <u>ya a generar una tensión</u></i> ".
¿Qué sabemos sobre el motor eléctrico?	E4	<i>"El fenómeno que genera el movimiento es la <u>atracción y la repulsión y la electricidad</u>. La electricidad por qué, porque <u>la electricidad invierte los campos magnéticos</u> y la atracción y la repulsión que se genera entre <u>esa inversión</u> de los campos magnéticos entre el imán y la espira es lo que <u>produce el movimiento del motor</u>".</i>
¿Qué sabemos sobre el acelerador magnético?	E1	<i>"El fenómeno del acelerador magnético <u>se trata de una transferencia de energía cinética</u>, al darle el golpe y pasa a través del imán, por esto las bolitas son atraídas por el imán y van pasando por todo el canal. Además de eso, <u>también está influenciada la fuerza con la que se le pegue a la bolita</u>."</i>
¿Qué sabemos sobre la relación entre electricidad y magnetismo?	E8	<i>"Cuando el alambre de cobre está conectado a la pila hay un flujo de energía desde la pila y <u>el flujo de energía es el que crea los campos magnéticos</u>, por qué, <u>por las cargas en movimiento</u>; entonces <u>como crea un campo magnético es capaz de atraer los clips</u> y en el segundo fenómeno, cuando el alambre de cobre está desconectada el flujo de energía está interrumpido [...], entonces <u>ya no puede haber movimiento de electrones y por lo tanto no se crea el campo magnético</u>".</i>
	E5	<i>"Se puede explicar que se tiene un circuito cerrado, con un lazo conductor en el que hay un campo. A través del lazo, está corriendo un corriente en <u>lo que logramos concluir es que la relación entre magnetismo y electricidad es las cargas en movimiento</u>. Pues sí, <u>que el magnetismo es electricidad en movimiento</u> [...] Si, cuando las cargas están en movimiento se genera magnetismo y [...] <u>eso genera una fuerza perpendicular y ahí es cuando se genera el campo</u>".</i>
¿Qué sabemos sobre los parlantes?	E2, E3, E7	<i>"En este caso está el esquema de un micrófono donde se observa que <u>las ondas sonoras que entran interactúan con un diafragma y una membrana que se va a mover que a su vez va a mover esta bobina por la cual está pasando una corriente</u>; esa bobina también es móvil, [...] <u>el campo magnético que genera esa bobina con un imán permanente que sería este de acá</u> (señalando el dibujo), <u>esas diferencias entre atracción y repulsión que genera la bobina y el imán permanente va a ser enviada en forma de energía eléctrica a un parlante, que sale traducida en energía mecánica</u>, que es lo que podemos escuchar como el sonido. Algunas de las leyes que influyen este proceso son <u>las leyes de Gauss y las de Lorenz, que hablan sobre las interacciones entre esos campos magnéticos y la estática</u> [...] las ondas sonoras llegan al micrófono y <u>se transfieren al parlante por medio del cable y ese imán repele o atrae esa corriente</u>, cierto. Eso genera un movimiento, <u>esa energía mecánica que se transforma en vibraciones</u>, esas vibraciones a su vez se transforman en sonidos. <u>Las aplicaciones de eso son, funcionar como un amplificador o un transductor de información, como lo decíamos, esa energía eléctrica se transforma en energía mecánica que a su vez se transforma en sonido</u>".</i>





A partir de las expresiones resaltadas en la tabla 14, se observan algunas características particulares de cada una de las representaciones de los estudiantes; en primer lugar, que existen diferentes formas de exteriorizar los esquemas de cada uno; por ejemplo, el 25% de los participantes explica a través de analogías con situaciones cotidianas y con aplicaciones de los fenómenos descritos; otro 25% establece relaciones entre diferentes conceptos de otros campos conceptuales, lo que refleja que una situación no se limita a un campo conceptual exclusivo, sino que puede requerir elementos de diferentes teorías; un 37,5% de los participantes explica de manera algorítmica; es decir, tratando de ordenar de manera secuencial lo que sucede en el fenómeno y describiendo relaciones de causa y efecto para abordar la situación; por último, el 12,5% establece relaciones confusas, pero expone con total seguridad sus ideas, de tal manera que pueden parecer verdaderas para un inexperto.

Esta situación en particular, refleja la dificultad que existe para establecer relaciones coherentes entre diferentes conceptos; lo que no significa que sus ideas sean incorrectas, pero sí que al enfrentarse a una situación similar pero más compleja, tendrá obstáculos que requerirán una modificación en sus esquemas. Cabe resaltar que las expresiones descritas en la tabla 14 se retomaron de las exposiciones de los participantes, quienes previamente realizaron una cartelera (anexo P) en la que representaron gráficamente cada una de las situaciones.

Por lo que podría afirmarse a partir de las anteriores expresiones, y de la interpretación descrita a lo largo de esta subcategoría, que los tipos de representación identificados en el nivel final de conceptualización fueron aceptables para el 62,5% y pertinentes para el



37,5% restantes, además fue posible identificar elementos que aportaron a la conceptualización de los estudiantes a partir del uso de los Sistemas de Adquisición de Datos como una oportunidad para enfrentarlos a situaciones novedosas, que pusieran en acción sus conocimientos, tanto previos como los construidos en el transcurso de las sesiones de clase y de las actividades experimentales, que evaluaran su propia actividad y establecieran relaciones entre los dominios teórico y metodológico que consideraron pertinentes para enfrentarse a las situaciones propuestas.

De esta manera, en la tabla 15 se realiza una comparación entre los niveles de conceptualización inicial y final de los participantes, teniendo en cuenta las características de los IO y las representaciones identificadas en sus producciones. La primera fila corresponde a la distribución de los estudiantes por cada nivel de conceptualización inicial y la segunda fila se refiere a la distribución para el nivel final.

Tabla 15. *Desarrollo de la conceptualización de los participantes*

Nivel de conceptualización	Bajo	Medio	Alto
Inicial	50%	50%	
Final		62,5%	37,5%

De acuerdo con la tabla 15, se pudo evidenciar que de los participantes que estaban inicialmente en un nivel de conceptualización bajo (50%), la mitad pasó a un nivel medio (25%) y la otra mitad a un nivel alto (25%); así mismo, de los que estaba en un nivel medio de conceptualización, una cuarta parte pasó a un nivel alto (12,5%). En estos participantes se observó un progresivo dominio del campo conceptual, al enfrentar las situaciones cada vez con menor incertidumbre, identificar los objetos propios de dicho campo, saber



describir sus transformaciones, manifestar claramente sus formas de conocimiento, tanto operatoria como predicativa, formalizar sus invariantes operatorios para guiar su actividad en situación. Mientras que, para los demás participantes que tenían un nivel medio de conceptualización inicial (37,5%), se identificó que la manera de enfrentarse a las situaciones aún no es muy consciente, dado que no profundizan en sus explicaciones y buscan permanentemente la validación del docente en cuanto a sus reglas de acción, la selección de la información y sus procedimientos; es decir, hubo un mejor desarrollo de su forma operatoria del conocimiento, pero no tanto para su forma predicativa, ya que las representaciones de dichos estudiantes no reflejaban en gran medida los elementos presentes en sus esquemas, permaneciendo así en el mismo nivel.

A partir de lo anterior, puede concluirse para esta categoría que el análisis de la actividad de los estudiantes, atendiendo a las características propuestas desde el referente teórico de aprendizaje, otorga un panorama que, sin dejar de ser complejo, se orienta hacia la comprensión de los procesos de conceptualización de los estudiantes, la modificación de sus invariantes operatorios, la progresividad en el dominio de las situaciones, la reducción de la brecha entre la forma operatoria y la forma predicativa del conocimiento y la construcción de un conjunto de esquemas que puede llegar a ser tan fuerte según las situaciones que el docente proponga a los estudiantes. En este sentido, la implementación de los SAD favoreció dichos procesos de conceptualización, al ser una herramienta que, además de reducir el tiempo en la recolección de datos, requería el dominio de los conceptos para comprender su funcionamiento y validar su pertinencia para ayudar a



solucionar las situaciones. De igual manera, las gráficas obtenidas a partir de la recolección de datos fueron un *plus* en el proceso de establecer relaciones entre diferentes variables y de estrechar la relación entre las formas de conocimiento, al exigirle al estudiante la comunicación de sus representaciones a través de los diferentes instrumentos utilizados.

El papel de los Sistemas de Adquisición de Datos en esta propuesta, proporcionó a los estudiantes otras maneras de manejar la información necesaria para enfrentarse a una situación y para guiar la actividad de la manera más pertinente posible, lo que se define como la conceptualización misma. En la siguiente categoría se analizarán con mayor profundidad las potencialidades de esta herramienta en términos de cómo fue asimilada por los estudiantes durante la actividad experimental.

### **5.2. Concepciones sobre el uso de Sistemas de Adquisición de Datos en la actividad experimental.**

Como se describió en la sección 4.6.2, en la presente categoría, se analizaron diferentes instrumentos como la bitácora de los estudiantes, el diario de campo de la investigadora y la entrevista individual final semiestructurada, para describir tres subcategorías: los Sistemas de Adquisición de Datos como instrumento de medición, los Sistemas de Adquisición de Datos para favorecer la representación y la valoración del diagrama AVSAD en la actividad experimental.

#### **5.2.1. Sistema de Adquisición de Datos como instrumento de medición**

A partir de los diferentes instrumentos utilizados para la recolección de información, se identificaron expresiones de los estudiantes que hacen referencia al uso de SAD como





instrumento de medición, resaltando particularmente las respuestas obtenidas al indagar por su experiencia con los SAD durante la propuesta y por las diferencias que se encontraron entre estas actividades experimentales y otras experiencias anteriores:

- *“Pues yo digo que desde la instrucción, del modelo, por ejemplo un laboratorio de física como lo que hicimos con los sensores. Pues, uno si empezaba a jugar por ejemplo con el voltímetro, pero uno entendía el sentido de las cosas. Uno sabía que si por ejemplo uno tenía la barra de acero dentro, eso te generaba unos valores diferentes; sabías que el campo estaba aumentando, disminuyendo” (E2)*
- *“Pues hubiese sido interesante interactuar también con todo lo que el sensor hace; porque era simplemente conectarlo al computador y sí muy bacano los datos que arrojaba, todo eso se ve muy interesante, porque era la primera vez que muchos veían algo así” (E5)*
- *“No había tenido un contacto con ese tipo de tecnología y ese tipo de manera experimental y de recolección de datos para hacer análisis y comprobarlo con las teorías [...] los experimentos y todos los procesos que hicimos en el laboratorio, era una parte que era de la toma de datos y todo esto que era lo que correspondía al sensor y los materiales que a nosotros nos daban” (E8)*
- *“Cuando estábamos con el motor eléctrico, que debíamos medir lo de las oscilaciones que tenía el motor, cuando arrojaba las gráficas ya uno como que determinaba ah bueno, entonces sí lo comparo con la teoría, me va a decir si lo*



## Facultad de Educación

hicimos bien y si el sensor si funciona, entonces yo creo que eso fue lo más significativo que hubo ahí, con respecto a eso” (E6).

- “Veíamos cómo pasábamos el sensor y eso ya daba muchos datos” (E4).
- “Pero es que yo lo veo como, pues los datos llegan ahí, cuando uno conecta el cable al computador, pues eso ya todo se transfiere al computador, simplemente para hacer la gráfica, es como un intermediario, creería yo, pues yo lo veo así” (E5).

En las expresiones subrayadas anteriormente, es clara la noción de los estudiantes sobre la relación entre teoría y práctica, pues aún expresan sin criterios claros que los datos se utilizan para comprobar la teoría, particularmente en la forma como es manifestada por los participantes E6 y E8. Por las respuestas de los demás, se identificó un claro interés por explorar dicha herramienta por su novedad para apoyar la actividad experimental y por la comprensión que tuvieron de los fenómenos a partir de su uso. También se resalta su opinión sobre el favorecimiento de la recolección y procesamiento de los datos, lo que les permitió establecer relaciones entre las magnitudes medidas. En la bitácora de los participantes también se identificaron algunos fragmentos que hacen alusión a las potencialidades de los SAD, destacando los siguientes:

- “El uso de dispositivos electrónicos como el Arduino, pueden generar la adquisición de un conocimiento significativo en múltiples áreas, a partir de la adquisición de datos en tiempo real sobre un fenómeno que se experimenta directamente” (E7).



- **Facultad de Educación**  
*“La fotocompuerta nos permitió determinar el tiempo en el que se cruzaba el aro o círculo, es decir, la “eficiencia” del motor” (E5).*
- *“La fotocompuerta mide el tiempo que tarda en dar una vuelta la espira del motor en un segundo, tal información es recogida por el Arduino y llevada al computador” (E7).*

Estas características se resaltan por encima del uso de otras herramientas por favorecer mediciones que tendrían mayor dificultad con instrumentos convencionales, lo que de acuerdo con da Silva (2006) “posibilita que el alumno adquiriera algunas nociones sobre técnicas de medida contemporáneas y tecnologías empleadas en el día a día” (p. 19). De igual manera, desde la Teoría de los Campos Conceptuales, los SAD como instrumentos de medición hacen parte del dominio metodológico de las actividades experimentales, lo que de acuerdo con Andrés, Pesa y Moreira (2006) está “en interrelación indisoluble con algún marco teórico de referencia asociado a la situación planteada” (p. 134); es decir, la caracterización propuesta por los estudiantes del papel de dicha herramienta, es coherente con el favorecimiento de los procesos de conceptualización en los estudiantes.

Es importante anotar la posibilidad de involucrar esta herramienta en la actividad experimental, pues como lo afirman Ayala, Malagón y Sandoval (2011), “desde el punto de vista pedagógico, la actividad experimental es poco relevante cuando se la reduce a la verificación de relaciones conceptuales construidas en el campo de la ciencia, especialmente si se examina su contribución a las búsquedas y posibilidades de comprensión de los estudiantes” (p. 7); por lo que el conocimiento del funcionamiento de

los SAD como un instrumento de medición, ayuda en la comprensión de las fenomenologías en estudio, a la formalización de relaciones y la concreción de supuestos conceptuales (Ayala, Malagón y Sandoval, 2011), lo que sin duda es un importante avance en el proceso de conceptualización de los estudiantes.

### **5.2.2. Sistema de adquisición de datos para favorecer la representación**

Para presentar la discusión de los resultados en esta subcategoría, se resaltan los siguientes fragmentos de la bitácora de los participantes, desde la pregunta sobre ¿qué reflexiones surgen a partir de esta experiencia?, realizada en la primera actividad experimental:

- *“En la experiencia de aprendizaje con los sensores y los imanes, entendemos que estos poseen campos” (E2).*
- *“La forma que tiene cada imán determina la curvatura de la gráfica resultante de los datos obtenidos por el sensor de campo magnético conectado al Arduino, además tal gráfica permite inferir que entre más cerca se está del imán, más fuerte es el campo magnético” (E7).*

Los anteriores enunciados permiten observar que durante esta actividad el uso de los sensores influyó en el primer acercamiento que tuvieron los estudiantes a la caracterización del campo magnético generado por un imán; lo que también se complementó con el desarrollo del AVSAD, del cual se resaltan las siguientes afirmaciones:

- *“Según las gráficas realizadas por el Arduino de campo vs distancia concuerdan con la teoría, las gráficas muestran puntos más alejados en cuanto se aleja más el sensor del*





*imán, también se evidenció un equilibrio después de colocar el sensor en otros puntos diferentes del más cercano a él” (E1).*

- *“El estudio del campo magnético nos proporciona datos que permiten un conocimiento más amplio acerca de la interacción con el imán” (E6).*
- *“Se observa un cambio de las líneas de campo detectadas por el sensor al variar la distancia” (E8).*
- *“Los resultados obtenidos a partir de los datos adquiridos por el Arduino verifican una velocidad constante en la velocidad del motor, la cual se verá alterada por la modificación del campo magnético aumentando o disminuyendo la rotación de la espira” (E2, E3, E7).*

En estas afirmaciones los estudiantes se refieren a características de los fenómenos observados, como la variación del campo con la distancia, las líneas de campo y la variación de la velocidad angular del motor, que fueron identificadas gracias al uso de los sensores; reconociendo de esta manera que con esta herramienta fue posible distinguir el comportamiento del campo magnético alrededor de un imán, así como su influencia en el funcionamiento del motor. Durante la entrevista semiestructurada, la investigadora indagó a los participantes por ¿cómo fue su experiencia con los sistemas de adquisición de datos durante la intervención?, ¿qué diferencias encuentra entre las actividades realizadas y sus experiencias anteriores? y ¿cómo valora su proceso de aprendizaje del concepto de campo magnético a través de esta propuesta?; a partir de las respuestas obtenidas, se identificaron algunos puntos de encuentro que se describen en la tabla 16.



Tabla 16. *Características de los SAD para favorecer la representación, identificadas en la entrevista semiestructurada*

Respuestas de los estudiantes	Característica de los SAD
<p><i>“Aparte de que uno conoce un montón de conceptos que están en la teoría [...] los puede realmente, más o menos como sentir [...] por ejemplo esto del campo magnético, utilizado sensores para saber que ahí hay algo” (E7)</i></p> <p><i>“Con respecto a lo que estábamos viendo de los sensores, estábamos ahí en el momento, teníamos los sensores, los podíamos manipular, podíamos usarlos y eso para mí fue significativo” (E6)</i></p> <p><i>“Si no hubieran estado los sensores hubiera sido mucho más complicado de entender ese concepto, porque no había algo que nos graficara todo [...] entonces por ejemplo [...] ¿cómo hubiéramos explicado eso? [...] porque entonces el estudiante no tenía una representación de las líneas de campo, de por ejemplo, qué generaba si se aumentaba la corriente [...] no había una forma de representar lo que daba, entonces para eso sirvió mucho los sensores” (E1)</i></p> <p><i>“Pues yo creo que uno sí se defiende más, pues si hay un cambio. No sé en lo matemático, pero en lo conceptual sí; como esa mezcla entre lo teórico y lo práctico y cómo representarlo [...] porque eso ayuda a ver [...] a tener una referencia de por qué pasa y cómo lo puede explicar” (E3)</i></p> <p><i>“Los numeritos que nos daba en el computador, pues era más creíble y nos hacía comprender y darnos cuenta que había algo que estaba sucediendo ahí aunque no lo estuviéramos viendo” (E5)</i></p>	<p>Favorece la representación de un fenómeno involucrando diferentes sentidos</p>
<p><i>“Eso empezaba una línea recta y después como un pico [...] uno queda como ¿aquí qué fue? No se supone que quedaba así. Entonces uno se ponía a revisar y veía ¡ah no! fue que acá cambió el campo, o le metimos más voltaje, entonces por eso daba unos picos tan extraños” (E2)</i></p> <p><i>“Cuando empezamos a usar los sensores, que veíamos ya una relación y que podíamos sacar los datos para hacer las gráficas, uno decía esto sí sirve, esto sí representa una diferencia y simplificaría mucho el aprendizaje y lo haría mucho más entendible” (E2)</i></p> <p><i>“Ver que está sucediendo algo ahí, al colocar el sensor en la hoja y ver que están saliendo resultados en el computador, pues es muy bacano. También por las gráficas podíamos entender cuándo disminuía, cuándo era más fuerte, cuándo era más débil el campo, entonces claro eso nos ayudó” (E5)</i></p> <p><i>“...esos resultados que por ejemplo en el laboratorio nos daban, pues ya nos dábamos cuenta después que eso se podía graficar y que esos resultados iban a tener sentido porque ya la gráfica con lo que teníamos de teoría decíamos ¡ah sí! está decreciendo... es que si tenía que decrecer. Me parece muy importante que las gráficas se hagan porque es una forma de darle ese significado a esos números” (E5)</i></p>	<p>Apoya la interpretación de gráficas obtenidas a partir de los datos recolectados y la relación entre variables</p>



*“Uno ya sabiendo analizar una gráfica, puede tomar los mismos datos, obtenerlos con el Arduino y analizar la gráfica; entonces si uno no monta un experimento con un sistema de adquisición de datos es más difícil uno analizarlo realmente, uno, pues solo se basa en la teoría que lo sustente. Creo que es mucho mejor y que cambia drásticamente un laboratorio el uso de esos aparatos” (E7)*

*“Estar frente a esas cosas que normalmente no se pueden usar o tocar porque son o caros o porque no los sabemos usar [...] a mí me pareció muy bacana la actividad. Aparte de que la última clase que hicimos [...] eran temas que ya conocíamos, porque hicimos la práctica, hicimos las exposiciones... entonces llegar a compactarlo con lo que hicimos en la última clase que fue exponer esos temas, ya uno como que ¡ah bueno! yo ya tengo conocimiento de lo que es un motor eléctrico o cómo funcionan los campos magnéticos” (E6)*

Permite comparar diferentes situaciones que involucran el fenómeno

*“Nos abre un poquito más las metodologías porque obviamente son metodologías nuevas [...] que se pueden implementar y que pueden servir porque son un poco más abiertas. Le exigen al estudiante [...] en el campo en el que se están formando, antes del laboratorio, durante los procedimientos y después de los procedimientos, y después van a enlazar todos los contenidos” (E8)*

Los apartados de la entrevista presentados en la tabla 16 permiten observar que el uso de los SAD tiene influencia en el proceso de conceptualización de los estudiantes al posibilitar las características anteriormente descritas, además de ayudar en la organización de la actividad de los estudiantes y a reflejar los esquemas que engendran la conducta frente a una situación (Sureda y Otero, 2010).

### 5.2.3. Valoración del diagrama AVSAD

En esta subcategoría se recogen las diferentes apreciaciones de los estudiantes con respecto a su valoración de la implementación de esta herramienta heurística, principalmente las respuestas de los estudiantes en la entrevista individual semiestructurada al indagar por ¿cómo valora su proceso de aprendizaje del concepto de campo magnético a través de esta propuesta?; en la tabla 17 se categorizaron dichas respuestas retomando



algunos elementos identificados por Hilger, Moreira y Medeiros (2011), sobre el uso del diagrama V en la actividad experimental.

Tabla 17. *Valoración del diagrama AVSAD en la actividad experimental.*

Respuestas de los estudiantes	Característica del diagrama
<p><i>“En la parte de la V es una manera muy práctica de presentar un informe; una forma resumida de clarificar, de adquirir conceptos, resumir todo lo que vimos al respecto” (E1)</i></p> <p><i>“La primera vez uno enfrentarse a esa V es difícil, porque a uno todo le parece igual, en campo conceptual, en conceptos no sabía uno diferenciar; pero me parece una buena metodología” (E5)</i></p>	<p>Capacidad crítica sobre el objeto de estudio</p>
<p><i>“Es algo muy concreto, que igual te va a explicar de lo que se va a hablar en el resto. Las preguntas eran muy concretas, fáciles de resolver porque era de lo mismo que ya se estaba viendo; mientras que las preguntas en otros laboratorios, son 10 preguntas y no son de lo que acabaste de ver, sino que ya te toca mirar en internet; entonces [...] era algo que estábamos haciendo al mismo tiempo, que lo podíamos ver ahí mismo, no era algo que lo tuviéramos que suponer” (E4)</i></p> <p><i>“No es tan ardua como los informes de laboratorio que uno hace normalmente, que si bien uno no aprende por estar haciéndolo para entregarlo rápido, mientras que en la heurística se hacía en clase, en el laboratorio y se hacía más práctica” (E6)</i></p>	<p>Evolución en la percepción del laboratorio</p>
<p><i>“La V me pareció muy productiva, realmente me gustó porque relacionaba los conceptos con la teoría más la práctica, pues me gustó la relación que se vio, el conjunto completo de lo que estaba ahí, me gustó mucho” (E2)</i></p>	<p>Carácter complementario de la relación teoría - práctica</p>
<p><i>“Tiende uno a entender mejor el proceso, o como los conceptos” (E3)</i></p> <p><i>“La forma de recoger datos y la forma de hacer esos informes es muy bacano, sobre todo en la estructura como está planteada esa V, porque le permite a uno hacer como un sondeo inicial, de lo que uno espera, de lo que uno cree, de reafirmar los conocimientos previos que se tengan acerca del tema y luego hacer una investigación que se rige por la misma estructura de la V; hacer una investigación, hacer una consulta, hacer una reafirmación de conocimientos con el fin de consolidar, concretar también todos esos conocimientos, y después los resultados verificarlos, o encontrar la relación directa que se encuentra con lo que nosotros pensamos y con los procesos anteriores que nosotros traíamos” (E8)</i></p>	<p>Análisis de la estructura de un experimento</p>

En las respuestas dadas en la tabla 17 se observa que la implementación del diagrama V para acompañar la actividad experimental con el uso de SAD favoreció el análisis de las





representaciones de los estudiantes, además de aportar elementos metodológicos importantes para su formación como futuros docentes a partir de las características mencionadas. La apropiación por parte de los estudiantes de este heurístico permite mejorar sus habilidades en el establecimiento de relaciones entre teoría y experimentación, tan necesarias para la construcción de conocimiento científico. De igual manera, se puede reafirmar lo que proponen Hilger, Medeiros y Moreira (2011) en cuanto a la necesidad de alternar la conducta de “escribir más y pensar menos, por pensar más y escribir menos” (p. 265), de tal manera que se enfoquen más en la comprensión de los fenómenos y no en la recolección y acumulación de datos carentes de sentido para ellos.

Como conclusión de esta categoría, sobre las concepciones sobre el uso de SAD en la actividad experimental, se puede afirmar que los estudiantes enfatizan en su utilidad para apoyar la actividad experimental, no solo por facilitar la recolección de datos, sino también por la posibilidad de elaborar gráficas en tiempo real, observar y analizar el comportamiento de una magnitud física para establecer relaciones entre diferentes conceptos y enriquecer los esquemas que van a permitir identificar la información pertinente para enfrentarse con menor incertidumbre a situaciones propias de un campo conceptual. En este mismo sentido, se reconoce el uso del diagrama heurístico como una herramienta que favorece la externalización de las representaciones de los estudiantes, para poner en diálogo constante las formas operativa y predicativa del conocimiento, estrechando cada vez más su relación, lo que de acuerdo con Otero et al. (2014) es un paso necesario para la enseñanza de los conceptos.

**Facultad de Educación**  
**5.3. Indicios de apropiación crítica del uso de TIC de los profesores en**

**formación**

A continuación se registran los principales fragmentos que aportan información relevante para la discusión en esta categoría.

Inicialmente se identificó que, de acuerdo con los participantes, durante su formación en la Licenciatura no han tenido un acercamiento significativo a la variedad de posibilidades que ofrecen las TIC para la enseñanza de las ciencias; manifestando que solo han accedido a la principales herramientas multimedia como GIFS, imágenes, diapositivas, videos y en pocas ocasiones a los laboratorios virtuales (diario de campo), así lo manifiesta el estudiante E7 al mencionar que *“en la carrera, de hecho ha sido como más bien limitado, o sea, es básicamente como herramientas solo de información como blogs, o páginas web, no ha pasado de ahí; ya el uso de dispositivos electrónicos no, ninguno, lo más cercano es como un laboratorio, pero no, es más bien limitado eso”*. Esto concuerda con lo que afirma Arias (2016) en cuanto a que se *“evidencia un amplio desfase entre el avance de la tecnología educativa y su investigación en los procesos de enseñanza, los intereses por llevar las tecnologías al aula de ciencias siguen rezagados en una visión instrumental”* (p. 124). Por lo tanto, se describen a continuación algunos puntos de encuentro entre las respuestas de los participantes que se refieren a asuntos propios del uso de TIC durante su formación en ciencias.

Existe un consenso entre la mayoría de los futuros maestros sobre la importancia de apropiarse del funcionamiento de diferentes herramientas para poder aprovechar sus



potencialidades y que su uso, además de que trascienda del aula de clase, permita que los estudiantes establezcan relaciones con situaciones de su cotidianidad, como se expone en las siguientes afirmaciones:

- *“De manera general en la parte académica hay una falencia grande en esa parte de implementación de TIC, debido a que precisamente eso se queda dentro del aula. El maestro se gradúa y no lo reproduce fuera de la universidad” (E1).*
- *“La experiencia fue muy buena, pero por qué razón, [...] porque investigué para qué servía, qué tipos de Arduino existían, en qué modelos se utilizaban, por eso me enteré del cuento; pero muchos no...” (E1).*
- *“Pues, son útiles en la medida que uno sepa cómo funciona” (E2).*
- *“Uno sabe que por ejemplo ciertas cosas de la cotidianidad tienen sensores, pero no como tal llegar al punto de manipularlos” (E3).*
- *“A mí me parece que los profes [...] asumen muchas cosas [...] que uno ya viene como con todo, y no, o no las utilizan pues de la forma que es, o al suponer todo eso, sea van a otro lado entonces uno queda como en las mismas [...] dejárselo todo a las TIC no, porque las TIC por sí solas no enseñan, es el manejo que se les da [...] Yo pienso que es como buscar más la aplicabilidad en lo que un estudiante hace comúnmente” (E4).*
- *“Pues yo pienso que por ejemplo, con respecto a los estudiantes, si uno motiva al estudiante con algo que a ellos les guste [...] eso ayudaría a motivar al estudiante y que él tenga la disposición de aprenderlo. Entonces si uno los motiva con algo que a*



ellos les guste, que es la tecnología, que hoy en día se usa más, ellos van a tener la visión más amplia” (E6).

- *“Pues, primero, y es fundamental, tener un manejo completo y una habilidad completa para utilizar cualquier dispositivo, programa, o por lo menos saber cómo funciona; porque si no se tiene el conocimiento de qué es lo que uno va a hacer con un aparato, pues no va a resultar nada” (E7).*
- *“La formación que nos dan es demasiado operativa, muy en papel, por lo tanto, no tenemos mucho uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en ese caso. Sin embargo con algunas materias [...] sí resulta pues útil utilizar tecnologías, no programas muy específicos, pero sí tecnologías [...] Entonces, no ha sido muy amplia la experiencia que nosotros hemos tenido con Tecnologías de la Información y la Comunicación, sobre todo en investigación; sin embargo, si ha habido como un acercamiento que nos permite pues hacer uso de esos programas” (E8).*

Las afirmaciones anteriores pueden relacionarse, de acuerdo con Grisolia (2009), con el papel de las TIC en la educación, ya que actúan como instrumentos facilitadores y como contenidos implícitos para el aprendizaje. De esta manera, se reconoce la importancia de fortalecer su uso durante la formación, resaltando lo que afirma la participante E2, en cuanto a que la utilidad de estas herramientas se relaciona directamente con el manejo que se tenga de ellas. En este sentido, lo anterior puede relacionarse con otro aspecto que se debe tener en consideración para solventar las dificultades identificadas con la apropiación de las TIC; específicamente, los participantes se refirieron a la importancia de un trabajo



colaborativo entre diferentes dependencias de la Universidad y a ofrecer los medios necesarios para que los docentes en formación permanezcan informados sobre los usos actuales de las diferentes tecnologías. Esto se refleja en las siguientes aserciones:

- *“...del Instituto de Física o de otras partes que prestan los servicios a la Facultad de Educación, falta eso, que se muestre más qué hay allá, qué pasa allá, que se muestre cómo funcionan los equipos que tienen allá; entonces también hay una falencia entre la comunicación de la parte de la administración y nosotros” (E1).*
- *“... lo sigo pensando como un complemento que está ahí para ayudar al profesor y para que uno como estudiante pueda entender los temas. Pues porque igual la tecnología va a seguir avanzando, va a seguir trayendo muchísimas cosas; pues lo que ahora hay, muy bueno, por ejemplo esas páginas de internet que hacen las simulaciones y los laboratorios en línea también, para reducir, pues por ejemplo si nosotros de licenciatura no tenemos un laboratorio, pero tenemos la posibilidad de hacerlo virtual, pues sí se puede hacer, porque hay que hacer uso de ellas y no tenemos el espacio acá” (E5).*
- *“Si no sabemos que esas nuevas tecnologías y todo eso que se está implementando, no sabemos qué se está haciendo, qué se está inventando cada día en ciencia, en tema de ciencia, no, se nos va a hacer muchísimo más duro llegar al aula de clase solamente con la teoría, con pocas herramientas” (E5).*

Es valioso resaltar que los estudiantes manifiesten este tipo de inconformidades en cuanto a la formación en esta línea de investigación en las licenciaturas, y propongan

alternativas para solucionar esta problemática. También se hace imprescindible retomar este asunto, porque como es visto por los participantes, hay pocos espacios que se prestan para fortalecer el uso de TIC de manera coherente con los discursos actuales.

En este orden de ideas, se exponen por último algunos aportes de los estudiantes sobre su visión del papel de las TIC en la enseñanza de la física, aludiendo también a la importancia de darles un uso crítico para favorecer la conceptualización:

- *“Yo creo que sería un gran beneficio apoyar, fuera de la práctica experimental, apoyarse de esta manera. [...] Entonces yo creo que podría ayudar en ese sentido, mayor precisión, y es una forma de aclarar y asimilar mejor los conceptos [...] la visualización de muchas cosas que de pronto no se podrían hacer en el laboratorio, o por falta de acceso a laboratorios” (E3).*
- *“Yo pienso que es como buscar más la aplicabilidad en lo que un estudiante hace comúnmente” (E4).*
- *“Pues yo creo que la simulación tiene que ir en la misma vía de lo que está dando el profesor en la teoría, para no perderse, es que es una ayuda, es como hacerlo más gráfico, un complemento, como vea, esto sucede; a uno como estudiante yo creo que eso le sirve mucho” (E5).*
- *“...en lo visual bastante, porque uno por lo general cuando está frente al computador, uno tiene la perspectiva más amplia y uno tiene todas las herramientas ahí presentes y uno lo va a utilizar de modo más interiorizado” (E6).*



- Facultad de Educación**
- “...si, es conocer realmente un tema específico que se quiere enseñar, toda una concepción teórica, luego las herramientas que apoyan la invención de una herramienta y luego el funcionamiento de ésta, cómo poder aplicarla; así como sencillo algunas herramientas que se tengan, para describir algunos fenómenos cotidianos” (E7).
  - “Creo que, el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, y tutoriales y ese tipo de cosas nos permiten hacer como unos acercamientos previos hacia lo que nosotros queremos hacer, lo que nosotros pretendemos observar, porque sobre todo en el área experimental hay una diferencia entre lo teórico y lo práctico, por el hecho de que en la teoría dice una cosa pero en la práctica uno tiene unos resultados que pueden variar un poco. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación nos permiten hacer eso, como hacer una comprensión previa de lo que nosotros queremos ir a hacer, lo que nosotros vamos a observar, cuáles son las metodologías y sobre todo nos permite tener un apoyo [...] y es una ayuda para los procesos de formación independientes que nosotros tenemos, porque a veces las metodologías que se van usando en otras plataformas, por ejemplo, en tutoriales, son bastante útiles para el momento en el que uno comprende un tema [...] y permite hacer un análisis entre la teoría y lo que nosotros obtenemos en la parte experimental, en la práctica” (E8).

A partir de las ideas expuestas anteriormente y como conclusión de esta categoría, se hace importante resaltar que surgen elementos que son de relevancia para caracterizar el



nivel de apropiación de los estudiantes respecto al uso de TIC, como reflejo de su formación. Se evidencia entonces una falencia en este aspecto, puesto que los participantes acusan el poco uso o la ausencia de las herramientas que pueden contribuir a mejorar la apropiación de los conceptos y sobre todo, el reconocimiento de las estrategias a las que pueden recurrir para su quehacer docente. Estos resultados contrastan con los descritos en la sección 3.1.3, en la que se puso en discusión la pertinencia de la implementación de estos recursos en el aula de clase para orientar la actividad experimental, propiciar el aprendizaje colaborativo, la discusión, la interacción social y la conceptualización.

A partir de los resultados descritos en cada una de las categorías y subcategorías de análisis, se considera que la propuesta pedagógico-didáctica favoreció el proceso de conceptualización en los estudiantes y estos resultados permitieron dar respuesta al planteamiento inicial de esta investigación, al identificar la contribución de los SAD como apoyo para la actividad experimental; así como conocer las percepciones y actitudes de los maestros en formación en cuanto al uso de TIC en la enseñanza de la física.



Facultad de Educación  
**6. CONSIDERACIONES FINALES**

Después de la implementación de la propuesta didáctica para abordar el concepto de campo magnético y del análisis de resultados, se presentan las principales conclusiones en relación con la pregunta y los objetivos de la investigación, enfocados a conocer la influencia de los Sistemas de Adquisición de Datos en la formación de profesores en relación con la conceptualización en física, la actividad experimental y su apropiación crítica de las TIC.

**6.1. Conclusiones**

En primer lugar, en cuanto a la **conceptualización en física** de los profesores en formación, entendiendo esta como un proceso que forma parte de la actividad, y en el que se encuentran en permanente interacción las situaciones y los esquemas presentes en la estructura cognitiva de un sujeto, se puede afirmar que el uso de los SAD aportó considerablemente al permitir que los estudiantes pudieran identificar relaciones entre variables a partir de la interpretación de las gráficas elaboradas; lo que influyó en las reglas de acción y la selección de información pertinente para enfrentarse a las situaciones propuestas. De la misma manera, la comprensión de todo el proceso de adquisición de datos, desde la medición a partir de los sensores, hasta la obtención de los datos en el computador, redujo la incertidumbre de los estudiantes para solucionar los problemas y emergieron conocimientos en acción que reflejan la adaptación de sus esquemas a la novedad.



Con este recurso se favoreció además un eje fundamental de la teoría que enmarca esta investigación y es la representación, entendida como la manera que tienen un sujeto para comunicar lo que está presente en sus esquemas; puesto que, como se describió en el análisis de resultados, el uso de SAD favoreció la representación de los fenómenos involucrando diferentes sentidos; apoyó la interpretación de gráficas obtenidas a partir de los datos recolectados y la relación entre variables, y permitió comparar diferentes situaciones que involucran un fenómeno.

Cabe resaltar que los recursos metodológicos utilizados para acompañar la implementación de SAD, jugaron un papel fundamental al permitir identificar las actividades cognitivas que los estudiantes pusieron en juego para solucionar las situaciones; pues esto fue posible gracias al modelo utilizado basado en el MATLaF y al diseño del diagrama heurístico AVSAD. A través de este último se favoreció la enunciación, un elemento que es esencial en el proceso de conceptualización y consiste en la externalización de la relación entre las formas de conocimiento categorizadas por Vergnaud como la forma operatoria y la forma predicativa. El análisis del proceso de conceptualización de los estudiantes implica necesariamente propiciar espacios para que puedan explicitar sus representaciones, lo cual se logró gracias a la bitácora, el diagrama heurístico y la insistencia permanente para que reflexionaran sobre todo lo que implicaba enfrentarse a cada situación. De esta manera, una de las principales implicaciones de esta propuesta fue favorecer la capacidad crítica sobre el objeto de estudio, la evolución en la



percepción del laboratorio, el carácter complementario de la relación teoría – práctica y el análisis de la estructura de un experimento.

En relación con este último aspecto, se presenta en segundo lugar, que el papel de los SAD en la **actividad experimental** fue, entre otras cosas, propiciar la transformación de la imagen técnico-instrumental de la enseñanza de la física, puesto que los estudiantes manifestaron que, aunque se presentan dificultades en cuanto al uso de modelos matemáticos, la recolección de datos con esta herramienta no tuvo un carácter meramente instrumental, sino que fue una tarea que les ayudó a reflexionar sobre la forma como se construyen los conceptos a partir de la experimentación; se observaron avances en la construcción de relaciones entre la vida cotidiana y los modelos científicos, y a partir del planteamiento de situaciones novedosas se propiciaron espacios para acercar al estudiante a la construcción del conocimiento científico, en gran medida gracias a la caracterización de los dominios teórico y metodológico involucrados en dichas situaciones. Asimismo, con el uso de SAD se logró tener una visualización más general e inmediata de los sistemas físicos reales, comparado con las representaciones estáticas de los mismos sistemas físicos presentes en otros medios como los libros de texto, que además se muestran idealizados.

Por último, se pueden definir algunos **criterios pedagógicos y didácticos** a tener en cuenta para el uso de SAD en la formación de profesores, que surgen a partir de la experiencia de los estudiantes al implementar esta herramienta en la actividad experimental, lo que influyó en la concientización de su uso crítico para favorecer la conceptualización. Principalmente, una característica fundamental es partir de la creación de espacios en los



programas de Licenciatura para que los estudiantes conozcan este tipo de herramientas y puedan identificar sus potencialidades y desventajas, de tal manera que tomen decisiones desde una postura crítica sobre la pertinencia de su implementación. Otro aspecto fundamental, es el diseño o adaptación de un recurso metodológico que permita valorar constantemente la conceptualización de los estudiantes y su progresividad en el acercamiento a la construcción del conocimiento científico, siendo coherente con las necesidades e intereses de la educación actual. De igual manera, se destaca entre las consideraciones descritas en el análisis de resultados, la necesidad de crear equipos de trabajo interdisciplinarios, puesto que por la novedad de la incursión de este tipo de tecnología en la educación, se requieren conocimientos propios de otras áreas como ingeniería o física, que requieren dialogar con elementos de carácter pedagógico y didáctico para poder obtener resultados que trasciendan su uso instrumental.

### **6.2. Recomendaciones y perspectivas futuras de investigación**

A partir de todo el desarrollo y de los resultados obtenidos en la presente investigación, se exponen algunas recomendaciones en pro del mejoramiento de esta propuesta pedagógico-didáctica, pensando en futuras implementaciones de la misma. Esto se hace con el propósito de contemplar los posibles contextos en los cuales se lleve a cabo y buscando enriquecer la línea de investigación en esta temática. Para la aplicación de algunos de los instrumentos que se diseñaron, como el diagrama AVSAD y la bitácora, se recomienda hacer una contextualización previa a los estudiantes donde se adapten paulatinamente a su uso, con el fin de obtener producciones cada vez más elaboradas y que mejoren sus





habilidades para externalizar sus representaciones. En este sentido se propone que la elaboración del diagrama AVSAD (anexo F) comience por las predicciones, y se continúe con los dominios conceptual y metodológico tratando de establecer una interacción permanente entre ambos. Así mismo, se sugiere que la bitácora tienda a verse como un cuaderno de apuntes, que puedan utilizar durante todo el proceso de la actividad experimental.

En cuanto al uso de los SAD, se recomienda que se realice inicialmente una actividad de carácter exploratorio, en la que se ilustre su funcionamiento, conexiones, y otros aspectos de carácter técnico que son básicos para su uso, pero que su desconocimiento contribuye a continuar con la visión instrumentalista de esta herramienta y puede generar el desinterés y la desmotivación por parte de los docentes y los estudiantes. Se recomienda que los computadores tengan buena velocidad de navegación y tengan instalados los controladores necesarios para establecer la comunicación con el microprocesador, de tal manera que en el desarrollo de las actividades se aproveche mejor el tiempo.

De otro lado, se debe tener en cuenta al momento de realizar estas actividades, que la distribución del aula no se convierta en un obstáculo para el desarrollo de las mismas, y que por el contrario la organización del espacio promueva la reflexión autónoma por parte de los estudiantes en pro de su aprendizaje. Además, se considera que la actividad experimental en la formación de profesores no puede reducirse a prácticas de laboratorio de una sola sesión de dos horas, en la que escasamente se alcanzan a recolectar datos que luego se utilizan para verificar teorías que son impuestas por el diseño de un programa en el



que no siempre se tiene en cuenta el carácter epistemológico de la ciencia. Por lo cual, el planteamiento de situaciones puede ser una alternativa para que el estudiante ponga en acción los esquemas que ha construido durante su formación y pueda modificarlos o enriquecerlos.

Como perspectivas futuras de investigación podría considerarse el estudio de procesos relacionados con los modelos matemáticos que se pueden construir a partir del uso de SAD y que pueden fortalecer los procesos de conceptualización de los estudiantes en cuanto a mejorar el dominio de situaciones cada vez más complejas, así como profundizar en la reflexión sobre el uso de esta herramienta como instrumento de medición en la actividad experimental y como potenciador de procesos de representación. De igual manera, se puede reflexionar sobre la implementación de los SAD en la actividad experimental en otros contextos como los programas de formación de maestros en otras regiones, incluso en otros campos disciplinares y cómo se pueden generar estrategias para su uso en la educación secundaria, a la luz de las reflexiones aquí establecidas.



Facultad de Educación  
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, C. y Laudares, F. (2001). Aquisicao de Dados Usando Logo e Porta Jogos do PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 23 (4), 371-380.
- Alzate, T. y Sierra, J. (2000). El diario de campo. Instrumento de trabajo educativo. *Gaceta didáctica*. 3, 11 – 13.
- Alzugaray, G., Massa, M. y Moreira, M. A. (2014). La potencialidad de las simulaciones de campo eléctrico desde la perspectiva de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. *Latino American Journal of Physic Education* 8 (1), 91 - 99.
- Amrani, D. y Paradis, P. (2009). Malus's law of light polarization using a Computer-Based Laboratory. *Latinoamerican Journal of Physics Education*, 3(2), 229-231.
- Amrani, D. y Paradis, P. (2010). Use of Computer-Based Data Acquisition to Teach Physics Laboratories: Case study-Simple Harmonic Motion. *Latinoamerican Journal of Physics Education*, 4(3), 511-514.
- Andrades, J., Schiappacassa, A. y Santos, P. (2013). Development of a microcontrolled periodmeter for experimental physics applications. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(2), 1-11.
- Andrés, M., Pesa, M. y Moreira, M. (2006). El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de los campos conceptuales. *Ciência & educação*. Bauru. 12 (2), 129-142.
- Andrés, M. y Pesa, M. (2011). Conceptos-en-acción y teoremas-en-acción en un trabajo de laboratorio de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4 (1), 221-247.
- Andrés, M., Pesa, M. y Meneses, J. (2008). Efectividad de un laboratorio guiado por el modelo de aprendizaje matlaf para el desarrollo conceptual asociado a tareas experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (3), 343-358.
- Antúnez, G., Pérez, S. y Petrucci, D. (2008). Concepciones de los docentes universitarios sobre los trabajos prácticos de laboratorio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8 (1).

- Araujo, I. y Veit, E. (2008). Interatividade em recursos computacionais aplicados ao ensino-aprendizagem de física. *14ª Jornada Nacional de Educação* (pp. 1-10). Santa María, Brasil: Editora da Unifra.
- Araujo, I., Veit, E. y Moreira, M. (2004). Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(3), 5-18.
- Araujo, I., Veit, E. y Moreira, M. (2007). Um estudo exploratório sobre as potencialidades do diagrama AVM na aprendizagem significativa de tópicos de Física. *Indivisa: boletín de estudios e investigación*, 8, 503-514.
- Araujo, I., Veit, E. y Moreira, M. (2012). Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de física: um referencial de trabalho. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17 (2), 341 – 366.
- Arias, V. (2016). *Las TIC en la educación en ciencias en colombia: una mirada a la investigación en la línea en términos de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica*. Tesis de maestría no publicada, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Arnold, F., DeMallie, I., Florence, L. y Kashinskia, D. (2015). Method for collecting thermocouple data via secured shell over a wireless local area network in real time. *Review of scientific instruments*, 86 (035112), pp. 1 - 5. Recuperado de <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4915490>
- Arriasecq, I. y Greca, I. M. (2006). Introducción de la teoría de la relatividad especial en el nivel medio/polimodal de enseñanza: identificación de teoremas-en-acto y determinación de objetivos-obstáculo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11 (2), 189-218.
- Assis, A., Miranda, J., Junior, J. y de Oliveira, H. (2015). Uma proposta de construção e utilização de um sensor de presença simplificado. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 809-823.
- Ayala, M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17 (1), 19-37.
- Ayala, M., Malagón, J. y Sandoval, S. (2011). Magnitudes, medición y fenomenologías. *Revista de enseñanza de la física*, 24(1), 43-54.



- Bates, A. (2013). Pressure-Height Properties of Water with Automated Data Collection. *The Physics Teacher*, 51 (20), 19-21.
- Bautista, C. (2011). *Proceso de la investigación cualitativa: Epistemología, metodología y aplicaciones*. Bogotá: Manual Moderno.
- Blasco, T. y Otero, L. (2008). Técnicas conversacionales para la recogida de datos en investigación cualitativa. La entrevista (I). *Nure Investigación*, 33, 1 – 5.
- Bravo, S. y Pesa, M. (2005). Esquemas y modelos de alumnos universitarios sobre propagación de ondas mecánicas. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-5.
- Bunge, M. (1974). Metaphysics and science. *General Systems*, 19, 15-18.
- Caballero, C. (2009). La investigación en enseñanza desde la perspectiva de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud. Resultados de investigaciones científicas. *Revista Educación y Pedagogía*, 17(43), 43 - 60.
- Calderón, S., Núñez, P., Di Laccio, J. y Iannelli, L. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12 (1), 212-226.
- Capuano, V. (2011). El Uso de las TIC en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. *Virtualidad Educación y Ciencia*, 2 (2), 79 - 88.
- Casal, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 31 (3), 249-262.
- Catalán, L., Sahelices, M. C. y Moreira, M. (2009). Los libros de texto usados por los alumnos para el aprendizaje del campo conceptual de la inducción electromagnética. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3 (3), 25.
- Cavalcante, M., Bonizzia, A. y Gomes, L. (2008). Aquisição de dados em laboratórios de física: um método simples, fácil e de baixo custo para experimentos em mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30 (2), 2501-1 – 2501-6.
- Cavalcante, M., Rodrigues, T. y Bueno, D. (2014). Controle Remoto: observando códigos com o Arduíno (parte 2 de 2). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31 (3), 614-641.



- Chávez, J. y Andrés, M. (2013). El uso de videos para la eficiencia en el aprendizaje-en-acción de la física en el laboratorio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(1), 43 - 54.
- Chen, S., Chang, W., Lai, C. y Tsai, C. (2014). A Comparison of Students' Approaches to Inquiry, Conceptual Learning, and Attitudes in Simulation-Based and Microcomputer-Based Laboratories. *Science Education*, 98 (5), 905-935
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en la investigación cualitativa. *Revista Theoria* 14 (1), 61 – 71.
- Cortés, A. y De la Gándara, M. (2007). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (3), 435-450.
- Covaleda, R., Moreira, M. y Caballero, M. (2005). Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista eletrônica de enseñanza de las ciencias*, 4 (1), pp. 1-27. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10183/94530>
- Cruz Ardila, J. y Espinosa, V. (2012). Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las TIC. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 1(35), pp. 105-127. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/1942/194224362007/>
- da Fonseca, V., de Mello, K., Libardi, H. y Santo, I. (2002). Determinacao dos Coeficientes de Atrito Estático e Cinético Utilizando-se a Aquisicao Automática de Dados. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24 (2), 146-149.
- da Rocha, F. y Guadagnini, P. (2010). Sensor sonar de movimento para ensino de Física experimental. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4 (2), 306 - 315.
- da Rocha, F. y Marranghello, G. (2013). Propriedades de um acelerômetro eletrônico e possibilidades de uso no ensino de mecânica. *Latin-American Journal of Physics Education*, 7 (1), 37 - 46.
- da Rosa, C., da Rosa, Á., Trentin, M. y Giacomelli, A. (2016). Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33 (1), 292-305.



- da Silva Macêdo, F. y Kalmi, J. (2015). Tecnologías digitales computadorizadas contribuyen con o ensino de Física?. *Latin-American Journal of Physics Education*, 9 (1), 1501-1 – 1501-7.
- da Silva, E. y Gobara, S. (2009). Soundgate: um dispositivo sonoro para medir períodos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26 (2), 379 - 393.
- da Silva, L. (2006). Uma experiência didática com aquisição automática de dados no laboratório de física do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 1 (3), 18 - 32.
- de Carvalho, G. y de Aguiar, O. (2008). Os campos conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 25 (2), 207-227.
- de Carvalho, G. (2015). O esquema de movimento como organizador da ação em mecânica clássica e relativística. *Investigações em Ensino de Ciências*, 20 (3), 205-235.
- de Castro, L., Lago, B. y Mondaini, F. (2015). Damped Harmonic Oscillator with Arduino. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 3 (6), 631 - 636.
- de Macêdo, J., Pedroso, L., Voelzke, M. y de Araújo, M. (2014). Levantamento das abordagens e tendências dos trabalhos sobre as Tecnologias de Informação e Comunicação. *XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*. En *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(1), 167-197.
- Dorneles, P., Araujo, I. y Veit, E. (2012). Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. *Ciência & Educação*, 18 (1), 99 - 122.
- Escudero, C. y Jaime, E. (2009). Conocimientos-en-acción: un estudio acerca de la integración de las fuerzas y la energía en cuerpo rígido (Knowledge-in-action: a study on the integration of forces and energy in a rigid body). *Investigações em Ensino de Ciências*, 14 (1), 115-133.
- Escudero, C., Moreira, M. y Caballero, M. (2009). A research on undergraduate students' conceptualizations of physics notions related to non-sliding rotational motion. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 1 - 8.
- Fanaro, M., Arlego, M. y Otero, M. R. (2007). El método de caminos múltiples de Feynman como referencia para introducir los conceptos fundamentales de la mecánica cuántica en la escuela secundaria. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24 (2), 233-260.





- Fanaro, M. y Otero, M. (2009). Teoremas en acto y situaciones de Mecánica Cuántica en la Escuela Media. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(2), 307.
- Fanaro, M., Otero, M. y Moreira, M. (2011). Teoremas-en-acto y conceptos-en-acto en dos situaciones relativas a la noción de sistema cuántico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(3).
- Farías, L. y Montero, M. (2005). De la transcripción y otros aspectos artesanales de la investigación cualitativa. *International Journal of Qualitative Methods*, 4(1), 53-68.
- Ferracioli, L; Gomes, T; Gava, G.; Marques, R; Hombre, M; Rodrigues, R; Morelato, M.; Fehsenfeld, K. y Henrique, C. (2012). Ambientes de modelado computacional en el aprendizaje exploratorio de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29 (2), 679-707.
- Ferreirós, J. y Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación (Towards a Philosophy of Experiment). *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 47-86.
- Fiolhais, C. y Trindade, J. (2003). Física en el computador: El computador como una herramienta en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias Físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25, (3), 259-272.
- Fonseca, M., Maidana, N., Severino, E., Barros, S., Senhora, G. y Vanin, V. (2013). O laboratório virtual: Uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35 (4), 4503.
- Galeriu, C. (2013). An Arduino-Controlled Photogate. *The Physics Teacher*, 51, 156-158.
- Galeriu, C., Esper, G. y Edwards, S. (2014). An Arduino Investigation of Simple Harmonic Motion. *The Physics Teacher*, 52, 157-159
- Galeriu, C., Letson, C. y Esper, G. (2015). An Arduino Investigation of the RC Circuit. *The Physics Teacher*, 53, 285-288.
- García, C. y Barojas, J. (2012). Experimental physics through the Internet. *Latin-American Journal of Physics Education*, 6 (1), 248.
- Garg, A., Sharma, R. y Dhingra, V. (2010). Computer assisted magnetism studies. *Latinoamerican Journal of Physics Education*, 4 (3), 523-528.





- Gianino, C. (2008). Microcomputer-Based Laboratory for Archimedes' Principle and Density of Liquids. *The Physics Teacher*, 46 (52), 51-54.
- Gibbs, G. (2012). *El análisis de datos en investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez, J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. *Barcelona: Institut de Fiències de l'Educació. Contém vários capítulos com interesse para a atualização didáctica dos professores.*
- Gowin, D.(1981). *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Grala, R. y de Oliveira, E. (2005). *Física na Escola*, 6(2), 26-28
- Grings, E., Caballero, M. y Moreira, M. (2008). Uma proposta didática para abordar o conceito de temperatura a partir de situações, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. *Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia*, 1 (1), 1-21.
- Grings, E., Caballero, C. y Moreira, M. (2006). Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28 (4), 463-471.
- Grisolía, M. (2009). Incorporando Tecnologías de la Información y la Comunicación en un curso de Física General. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3 (2), 439 - 445.
- Haag, R. (2001). Utilizando a Placa de Som do Micro PC no Laboratório Didático de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 23 (2), 176-183.
- Haag, R., Araujo, I. y Veit, E. (2005). Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? *Física na escola*. 6 (1), 69-74.
- Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019-1041.
- Heradio, R., de la Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F., Herrera, E. y Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14-38.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, pp. 587 – 604.



- Hilger, T. y de Oliveira, A.. (2012). O problema dos falsos teoremas-em-ação sobre a força de atrito na disciplina de física geral para graduação. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 5 (1), 54 -70.
- Hilger, T., Moreira, M. y Medeiros, A. (2011). Relación de los estudiantes en las clases experimentales de Física General con la Uve epistemológica de Gowin, en contraposición al informe tradicional. *Latin-American Journal of Physics Education*, 5(1), 256 - 266.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.
- Huang, B. (2015). Open-source Hardware – Microcontrollers and Physics Education - Integrating DUY Sensors and Data Acquisition with Arduino. *122nd ASEE Annual Conference & Exposition (pág. Paper ID #14073)*. Seattle: American Society for Engineering Education.
- Jaime, E. y Escudero, C. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29 (3), 371-380.
- Jiménez, M., Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E. y De Pro, A. (2003). Enseñar ciencias. Graó. Barcelona.
- Kubínová, Š. y Šlégr, J. (2015). Physics demonstrations with Arduino board. *Physics Education*, 50 (4), 472-474.
- Labra, C., Gras, A. y Martínez, J. (2005). ¿De verdad se enseña a resolver problemas en el primer curso de física universitaria? La resolución de problemas de “lápiz y papel” en cuestión. *Revista Brasileira de Ensino de física*, 27 (2), 299-308.
- Lláser, J., Zayas, F. y Puente, I. (2009). La computadora como medio de enseñanza, una herramienta para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en la enseñanza preuniversitaria. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3 (2), 41.
- López, S., Veit, E. y Araujo, I. (2012). El uso del diagrama AVM como instrumento para la implementación de los principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico en



actividades de modelación computacional para la enseñanza de la Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29, 935-964.

- López, S., Veit, E. y Araujo, I. (2014). La modelación computacional con diagrama AVM en la formación de profesores de física: un aporte al desarrollo de una visión crítica sobre la ciencia y la modelación científica. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 9(2), 58 - 72. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v9n2/v9n2a05.pdf>
- Luiz, F., Souza, L. y Domingues, P. (2016). Um sistema automático de baixo custo para medidas de intervalos de tempo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38 (2), e2504-1 – 2504-8.
- Luque, F., Araújo, J. y Acosta, E. (2006). Laboratorios virtuales. *Revista Virtual Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. 1-4.
- Martins, J. y Vianna, A. (2011). Teaching general concepts about sensors and transfer functions with a voltage divider. *Latinoamerican Journal of Physics Education*. 5(4), 656 - 666
- Mazzoti, A. (2006). Usos e Abusos dos Estudos de Caso. *Cadernos de Pesquisa*, 36 (29), 637 – 651.
- McCall, R. (2013). Pressure Beneath the Surface of a Fluid: Measuring the Correct Depth. *The Physics Teacher*, 51, 288-289.
- Medina, J. y Tarazona, M. (2011). *El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción del potencial eléctrico como magnitud física. Elementos para propuestas en la formación inicial y continuada de profesores de física*. Tesis de maestría no publicada, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Menezes, M., Schiel, D., Müller, I. y Marega, E. (2002). Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma Atividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24 (2), 97-102.
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares básicos de competencias en matemáticas. Bogotá.
- Ministerio de Educación Nacional. (2014). Lineamientos de Calidad para las Licenciaturas en Educación. Bogotá.



Ministerio de Educación Nacional. (2016). Resolución n° 02041. Bogotá.

- Monteiro, M., de Castro, I., Germano, J. y Junior, F. (2013). Protótipo de uma atividade experimental para o estudo da cinemática realizada remotamente. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30 (1), 191-208.
- Moreira, A. y Pontelo, I. (2009). Níveis de engajamento em uma atividade prática de Física com aquisição automática de dados. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9 (2), 148- 167.
- Moreira, M. (1999). *Investigación en Enseñanza: Aspectos Metodológicos. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias*. Universidad de Burgos, España; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Texto de Apoyo N° 1, 1999. Adaptado del capítulo 2 del libro *Pesquisa em ensino: o Vê epistemológico de Gowin*, de M.A. Moreira. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1990. Traducción de M<sup>a</sup> Luz Rodríguez Palmero. Publicado em Actas del PIDEC, 5, pp.101-136.
- Moreira, M. (2002). La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 1-28.
- Moreira, M. (2010). *Abandono de la narrativa, enseñanza centrada en el alumno y aprender a aprender críticamente*. Brasil: Instituto de Física de UFRGS.
- Novicki, A., da Silveira, E. y Pogliá, R. (2011). Determinação da velocidade de uma fonte sonora através da aquisição automática de dados, baseado no efeito doppler-fizeau. *Física na escola*, 12 (1), 4-7.
- Nzau, D., Lopes, J. y Costa, N. (2012). Formação continuada de professores de física. Angola, com base num modelo didático para o campo conceptual de força. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34 (3), 3402-1 – 3402-14.
- Ostermann, F. (2005). Conceitos de física quântica na formação de professores: relato de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 22(1), 9-35.





- Otero, M. y Arlego, M. (2016). *Secuencia para enseñar la Teoría Especial de la Relatividad en la Escuela Secundaria* (1a ed.). Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Otero, M., Fanaro, M., Sureda, P., Llanos, V. y Arlego, M. (2014). *La Teoría de los Campos Conceptuales y la Conceptualización en el Aula de Matemática y Física*. Argentina: Editorial Dunken.
- Pantoja, C., Moreira, M. y Herscovits, V. (2012). Implementation of a didactic proposal on fundamental concepts of quantum mechanics with students of a professional master's degree in physics teaching. *Latinoamerican Journal of Physics Education*, 6 (4), 519-529.
- Pearce, J. (2013). Open-source hardware for research and education. *Physics Today*, 66 (11), 7-9.
- Perea, J. y Vianna, A. (2011). Teaching general concepts about sensors and transfer functions with a voltage divider. *Latinoamerican Journal of Physics Education*, 5 (4), 656-666.
- Pérez, J. y Segura, A. (2010). Discusión acerca de la utilidad e importancia de los laboratorios de física en la enseñanza actual. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 5 (1), 43-47.
- Pires, M. y Veit, E. (2006). Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28 (2), 241-248.
- Pontes, A. (2005a). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (1), 2-18.
- Pontes, A. (2005b). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Segunda parte: aspectos metodológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (3), 330-343
- Pontes, A., Gavilán, J., Obrero, M. y Flores, A. (2006). Diseño y aplicación educativa de un programa de simulación para el aprendizaje de técnicas experimentales con sistemas de adquisición de datos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (2), 251-267.

- Pujol, R. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. España: Síntesis.
- Quezada, M. y Zavala, G. (2014). El uso de calculadoras con sensores en el aprendizaje de circuitos eléctricos. *Latin-American Journal of Physics Education*, 8 (4), 4507-1 – 4507-10.
- Raviolo, A. y Alvarez, M. (2012). Uso y creación de simulaciones en la formación del profesorado: Unidad didáctica sobre el movimiento oscilatorio armónico. *Latin-American Journal of Physics Education*, 6 (4), 628 - 638.
- Ribeiro, J. y da Silva, M. (2013). Uma investigação da influência da reconceitualização das atividades experimentais demonstrativas no ensino da óptica no ensino médio / (An investigation of the influence of reconceptualization of demonstrative experimental activities of optics in high school). *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(2), 239 - 262.
- Rocha, C., Herscovitz, V. y Moreira, M. (2010). Introdução à Mecânica Quântica: uma proposta de minicurso para o ensino de conceitos e postulados fundamentais. *Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia*, 3 (1), 1-15.
- Rodríguez, S., Zamorano, J., Rosales, F., Dopico, A. G. y Pedraza, J. (2007). A framework for lab work management in mass courses. Application to low level input/output without hardware. *Computers & Education*, 48 (2), 153-170.
- Rojas, Y. (S.f.). *Licenciatura en Ciencias Naturales*. <https://goo.gl/MrV9Do>
- Romero, A., Mosquera, A., Medina, J. y Tarazona, M. (2011). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico: un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Rosa, P., Silva, F., Benyosef, L. y Papa, A. (2016). Desenvolvimento de instrumentos virtuais para obtenção e caracterização de propriedades físicas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(1), 1501-1 – 1501-8.
- Rosenberg, J. y Cuff, K. (2012). Low-cost sensing to teach energy for everyone. *Latin-American Journal of Physics Education*. 6 (1), 39- 43.
- Sias, D. y Teixeira, R. (2006). Resfriamento de um corpo: a aquisição automática de dados propiciando discussões conceituais no laboratório didático de Física no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(3), 361-382.



- Sousa, C., Moreira, M. y Matheus, T. (2005). A resolução de situações-problema experimentais no campo conceitual do eletromagnetismo: uma tentativa de identificação de conhecimentos-em-ação. *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (V ENPEC)* (pp. 61 – 72). Bauru, Brasil.
- Spencer, R. (2005). Teaching computational physics as a laboratory sequence. *American journal of physics*, 73 (2), 151-153.
- Stake, R. E. (2010). *Investigación con estudio de casos* (5ª ed.). España: Ediciones Morata.
- Stipcich, M., Moreira, M. y Sahelices, C. (2011). Las situaciones de una propuesta didáctica sobre la interacción gravitatoria. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(2), 61 - 76.
- Strauss, A. y Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Los Ángeles: Sage Publications, Inc.
- Sureda, P. y Otero, M. (2011). Nociones fundamentales de la Teoría de los Campos Conceptuales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6(1), 124-138.
- Swanson, J. (2014). *La atractiva verdad sobre el magnetismo*. Bogotá: Panamericana.
- Taylor, S. y Bogdan, R. (1984). *Introduction to qualitative research methods: The search for meaning*.
- Torres, Á. (2010). Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(3), 693 - 707.
- Torres, J. y Ruíz, M. (2010). Multimedia para el estudio de la naturaleza dual de la luz en el bachillerato. *Latinoamerican Journal of Physics Education*, 4 (1), 976 - 979.
- UNESCO (2006). La Integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los sistemas educativos. Recuperado de: [unesdoc.unesco.org/images/0015/001507/150785s.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001507/150785s.pdf)
- Varanis, M., Silva, A., Brunetto, P. y Gregolin, R. (2016). Instrumentation for mechanical vibrations analysis in the time domain and frequency domain using the Arduino platform. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(1), 1301-1 – 1301-10.



- Brandão, R., Araújo, I. y Velt, E. (2011). Um estudo de caso para dar sentido à tese de que a modelagem científica pode ser vista como um campo conceitual. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 9(1), 1-22.
- Vergnaud, G. (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10(2), 3.
- White, R. y Gunstone, R. (1992). Prediction-observation-explanation. *Probing understanding*, 4.
- Yanitelli, M., Massa, M. y Moreira, M. (2011). Representaciones de los estudiantes sobre sensores en tanto instrumento de medición. *Revista de Enseñanza de la Física*, 24(1), 21-42.
- Zucker, A., Tinker, R., Staudt, C., Mansfield, A. y Metcalf, S. (2008). Learning science in grades 3–8 using probeware and computers: findings from the TEEMSS II project. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 42-48.



## 8. ANEXOS **Facultad de Educación**

Anexo A. Protocolo de compromiso ético y aceptación de los y las participantes en la investigación

### **Nombre de la Investigación:**

La actividad experimental mediante el uso de sistemas de adquisición de datos: una alternativa para la conceptualización en física de los maestros en formación

### **Investigadoras:**

Mónica Eliana Cardona Zaapta

Estudiantes de Maestría en Educación en

Ciencias Naturales

[meliana.cardona@udea.edu.co](mailto:meliana.cardona@udea.edu.co)

Sonia Yaneth López Ríos

Docente Facultad de Educación

Asesora de investigación

[sonia.lopez@udea.edu.co](mailto:sonia.lopez@udea.edu.co)

**Propósito de la investigación:** la presente investigación tiene como propósito describir la influencia de la implementación de sistemas de adquisición de datos en la formación de profesores de física de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Facultad de Educación, de la Universidad de Antioquia, en relación con la conceptualización en física, la actividad experimental y a apropiación crítica de las TIC. Lo que atiende a las necesidades planteadas en la Resolución n°02041 del Ministerio de Educación Nacional, de acuerdo con la cual, urge la elaboración de propuestas de enseñanza que integren el uso de las TIC en la formación de profesores.

**Pertinencia de la investigación y beneficios para los participantes:** la presente investigación está en el marco de un proyecto de estampilla aprobado para la dotación de laboratorios de física de la Facultad de Educación, denominado "proyecto de inversión para la adquisición de material y equipo de laboratorio para los cursos de física de las licenciaturas en Matemáticas y Física y Ciencias Naturales de la Facultad de Educación". Para la línea de investigación en TIC y Enseñanza de las Ciencias de la Maestría en Educación en Ciencias Naturales es relevante proponer alternativas para recrear la enseñanza de la Física, partiendo de otros elementos diferentes a las metodologías tradicionales, de tal forma que se permita el desarrollo de capacidades intelectuales, valores y habilidades en el proceso de aprendizaje, que promuevan la implementación de las TIC; además de producir conocimiento académico en este campo, con miras al cumplimiento de los retos de la educación científica. La participación en la intervención tiene como beneficios para los maestros en formación, entre otras cosas, conocer una metodología innovadora que sirve de insumo para su futura labor y cumple con los requerimientos del Ministerio de Educación Nacional en cuanto a los componentes que deben ser desarrollados durante la formación inicial de los maestros.

**Tiempo requerido:** el desarrollo de la investigación está contemplado entre los semestres 2016-1 y 2017-2. No obstante, la intervención y recolección de información se llevará a cabo durante el semestre 2017-1.

**Procedimientos para la recolección de información:** la recolección de información dentro de la investigación requiere procedimientos propios de la metodología de investigación cualitativa, tales como la observación participante, la entrevista semiestructurada, el registro audiovisual y el desarrollo de actividades propuestas para la intervención. Se espera que los participantes se



**Facultad de Educación**

comprometan voluntariamente a aportar información verídica y pertinente para el desarrollo de la investigación.

**Compromisos del participante**

1. Participación en las actividades propuestas durante la intervención.
2. Registro anecdótico en una bitácora personal sobre el desarrollo de las actividades.
3. Uso adecuado de los equipos utilizados durante las actividades.
4. Informar a la investigadora cualquier eventualidad que pueda surgir durante el proceso.

**Compromisos de la investigadora**

1. Seguimiento de los participantes
2. Solución a problemas que surjan en la intervención
3. Guardar confidencialidad de los datos suministrados por los estudiantes
4. Informar a los participantes sobre la intencionalidad de cada actividad
5. Dar retroalimentación de los resultados obtenidos en la investigación

**Confidencialidad:** entendemos como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de esta investigación, con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión. El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo, que se evitará la alusión a nombres propios y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada uno de los participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a los participantes. Desde esta perspectiva, la persona que firma este documento autoriza a las investigadoras para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, observaciones, fotos, grabaciones en audio y video, etc.; se constituyan en datos para dicha investigación, y puedan ser publicados en el informe final de investigación, así como en cualquier otro medio de divulgación como eventos académicos, publicación en revistas, entre otros. La participación es estrictamente voluntaria y el participante tendrá derecho de retirarse de la investigación en cualquier momento si lo considera pertinente.

Gracias por su atención y colaboración.

**Aceptación de la participación:**

Después de haber leído y comprendido completamente la información suministrada en este documento, y de que las investigadoras han resuelto mis inquietudes, voluntariamente doy mi consentimiento para participar de forma libre y autónoma en la investigación “La actividad experimental mediante el uso de sistemas de adquisición de datos: una alternativa para la conceptualización en física de los maestros en formación”.

**FIRMA DEL PARTICIPANTE**

**FECHA**

1 8 0 3



1. ¿Cómo describen el fenómeno?
2. ¿Por qué creen que sucede?
3. ¿Qué variables influyen para que suceda?






- 1 ¿Cuál ha sido su experiencia con el uso de TIC durante su formación en la licenciatura?
- 2 Desde su criterio, ¿cómo vincularía las TIC en la enseñanza de la física como apoyo a la actividad experimental?
- 3 ¿Cómo fue su experiencia con los sistemas de adquisición de datos durante la intervención?
- 4 ¿Qué diferencias encuentra entre las actividades realizadas y sus experiencias anteriores?
- 5 ¿Cómo valora su proceso de aprendizaje del concepto de campo magnético a través de esta propuesta?






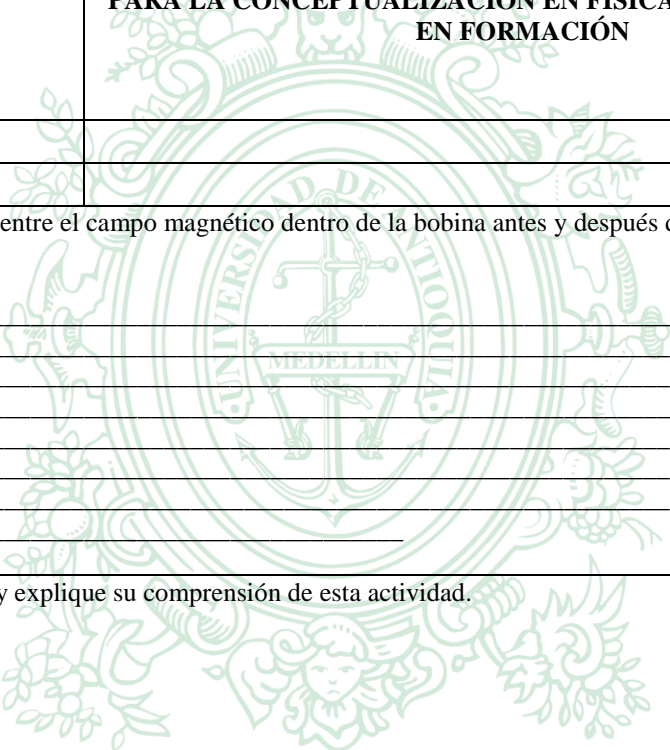


 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p><b>FACULTAD DE EDUCACIÓN</b> <b>LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL</b> <b>FÍSICA BIOLÓGICA III</b> <b>LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE</b> <b>ADQUISICIÓN DE DATOS: UNA ALTERNATIVA PARA LA</b> <b>CONCEPTUALIZACIÓN EN FÍSICA DE LOS MAESTROS EN FORMACIÓN</b></p>
<p><b>ACTIVIDAD</b></p>	<p><b>EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO SOBRE CAMPO MAGNÉTICO</b></p>
<p>1. Represente gráficamente lo que cree que está sucediendo en el fenómeno.</p>	
<p>2. Desde el punto de vista físico, ¿qué cree que sucede en el fenómeno?</p>	
<p>3. ¿Qué elementos considera que necesita saber para comprenderlo?</p>	



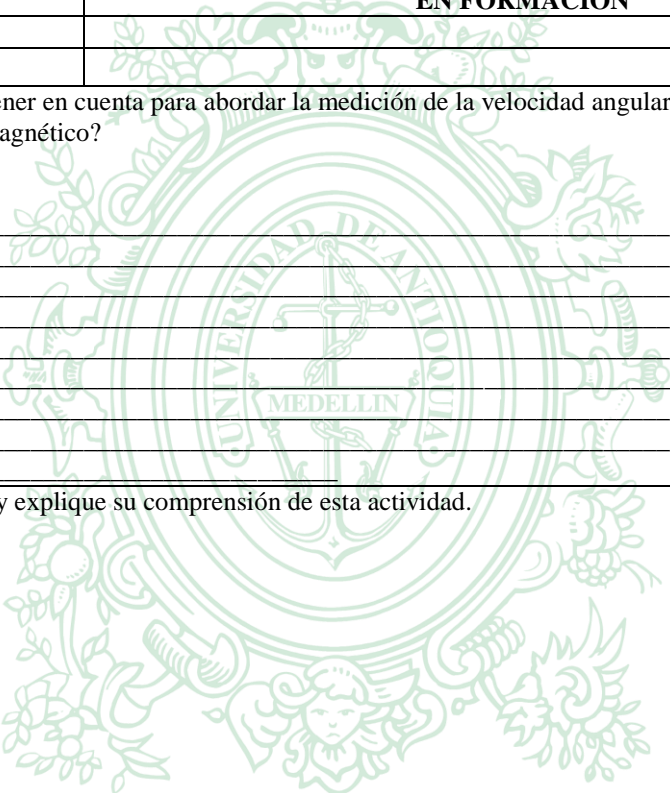
 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803	<b>FACULTAD DE EDUCACIÓN</b> <b>LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL</b> <b>FÍSICA BIOLÓGICA III</b> <b>LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE</b> <b>ADQUISICIÓN DE DATOS: UNA ALTERNATIVA PARA LA</b> <b>CONCEPTUALIZACIÓN EN FÍSICA DE LOS MAESTROS EN FORMACIÓN</b>
FECHA	
ACTIVIDAD	
DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN	
¿Qué conceptos, ideas, teorías, considera que son pertinentes para abordar la situación?	
¿Qué reflexiones surgen a partir de esta experiencia?	
Represente gráficamente o con sus propias palabras su comprensión de esta actividad.	



 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p><b>FACULTAD DE EDUCACIÓN LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL FÍSICA BIOLÓGICA III LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS: UNA ALTERNATIVA PARA LA CONCEPTUALIZACIÓN EN FÍSICA DE LOS MAESTROS EN FORMACIÓN</b></p>
FECHA	
ACTIVIDAD	
<p>¿Qué diferencia encontró entre el campo magnético dentro de la bobina antes y después de ubicar la varilla?</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
<p>Represente gráficamente y explique su comprensión de esta actividad.</p>  <p><b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b></p> <p>1803</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	



**Facultad de Educación**

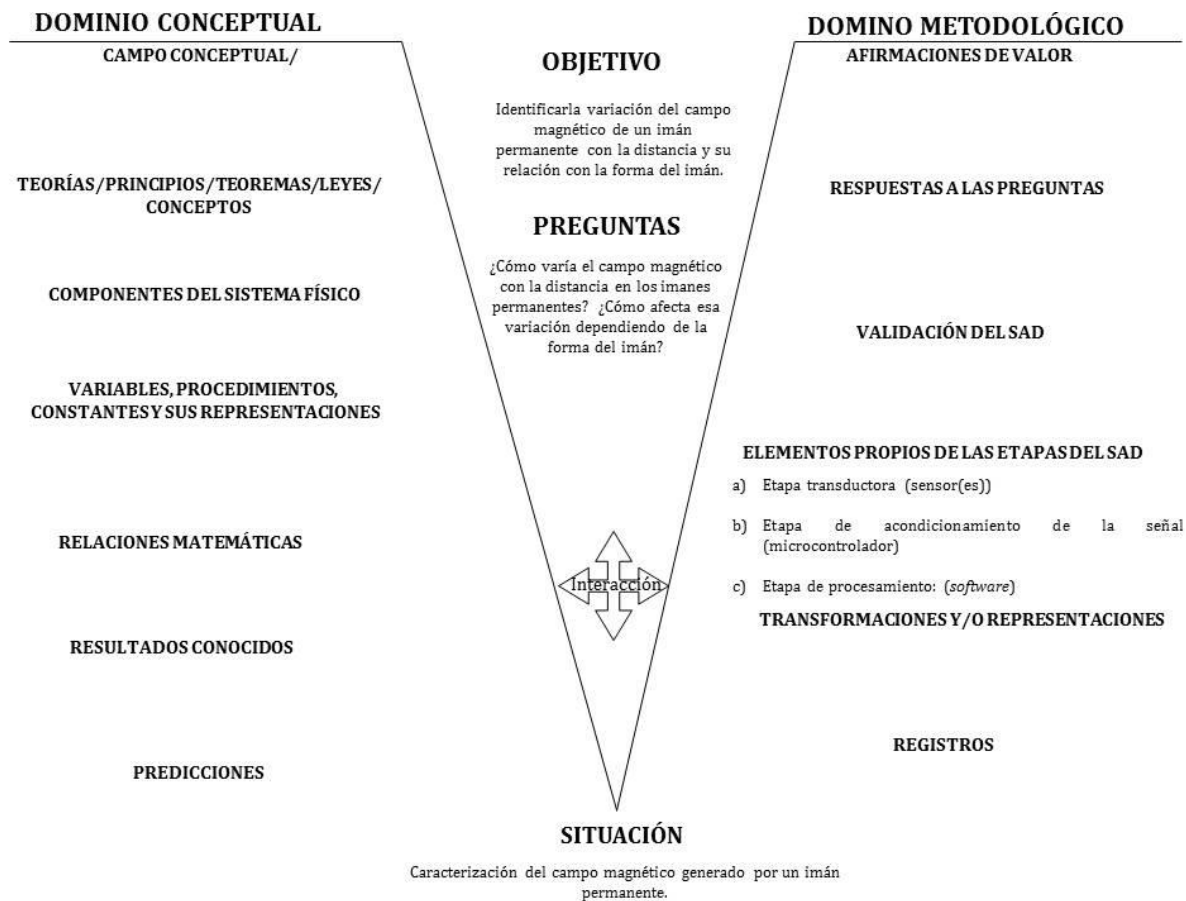
 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p><b>FACULTAD DE EDUCACIÓN</b>  <b>LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN</b>  <b>AMBIENTAL</b>  <b>FÍSICA BIOLÓGICA III</b>  <b>LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL MEDIANTE EL USO DE</b>  <b>SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS: UNA ALTERNATIVA</b>  <b>PARA LA CONCEPTUALIZACIÓN EN FÍSICA DE LOS MAESTROS</b>  <b>EN FORMACIÓN</b></p>
FECHA	
ACTIVIDAD	
<p>¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para abordar la medición de la velocidad angular del motor y relacionar su variación con el campo magnético?</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
<p>Represente gráficamente y explique su comprensión de esta actividad.</p>  <p><b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b></p> <p>1803</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	





Anexo F. Diagrama AVSAD para las actividades experimentales.

Diagrama AVSAD para la primera actividad experimental.





*Diagrama AVSAD para la segunda actividad experimental.*

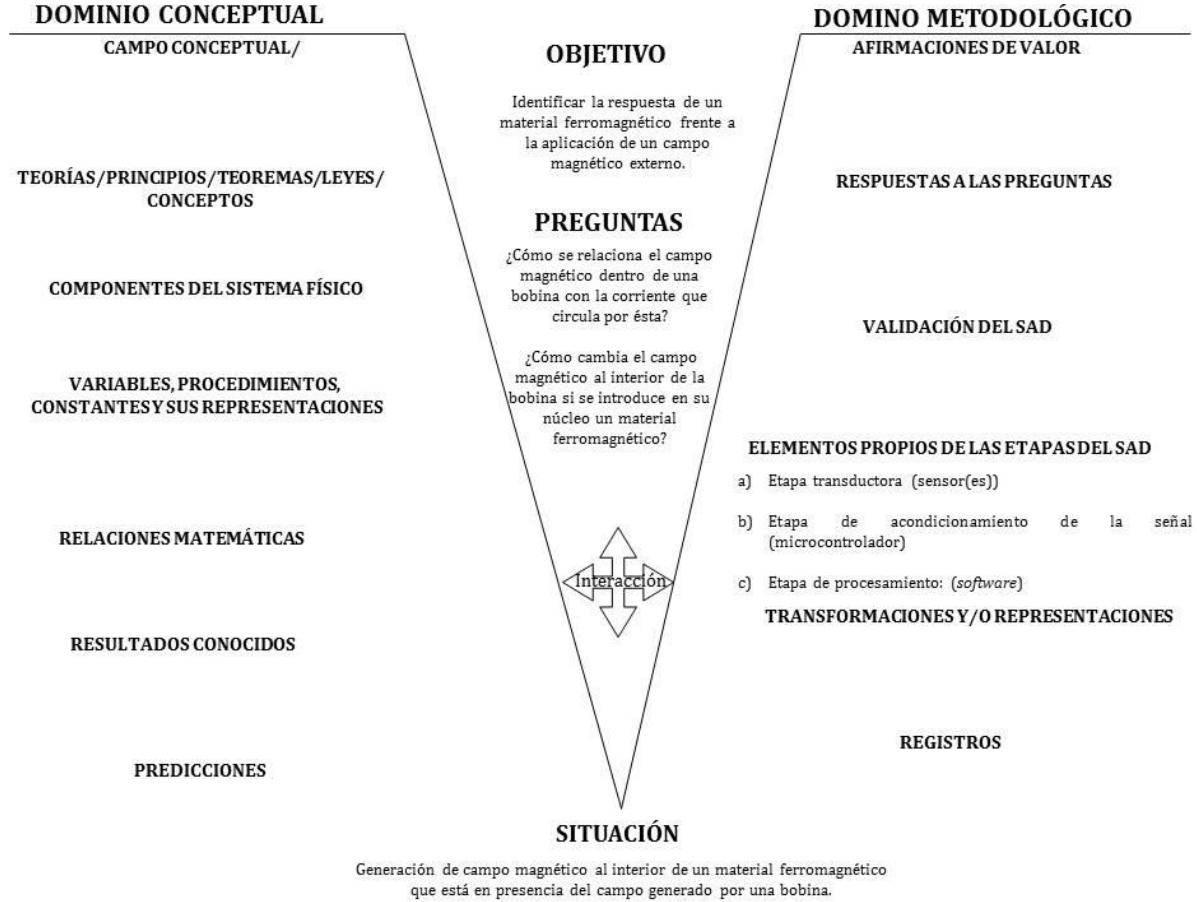
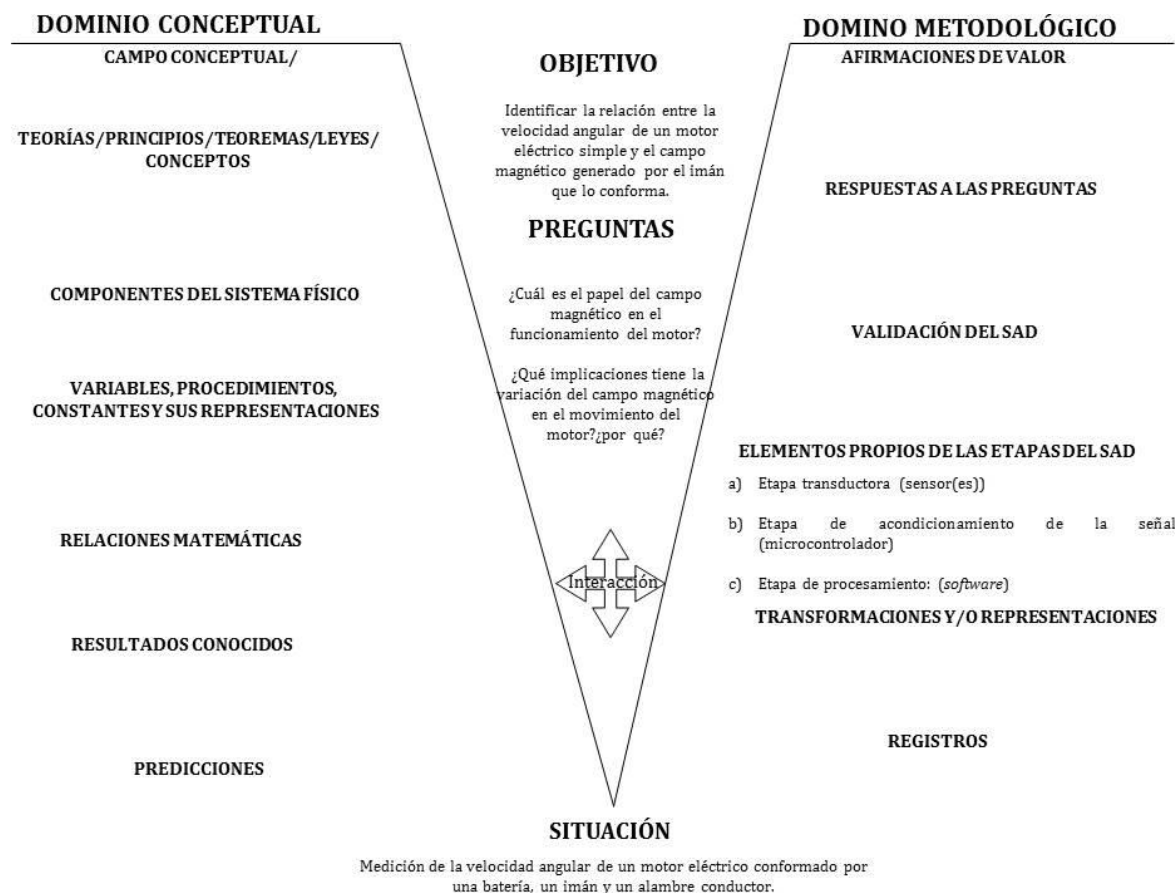




Diagrama AVSAD para la tercera actividad experimental.



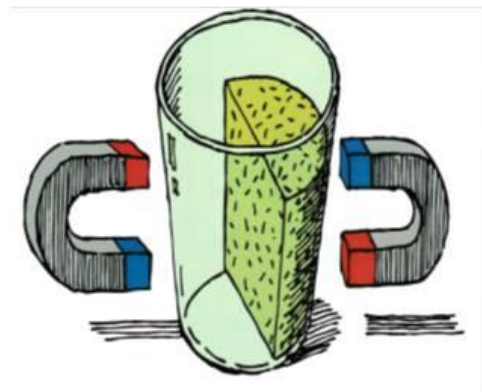


## ¿Qué sabemos sobre los fluidos magnetorreológicos?

Los materiales magnetorreológicos (MR), son materiales que responden a la aplicación de un campo magnético con un cambio en su comportamiento reológico (deformación y flujo) y están formados por partículas magnetizables finamente divididas y suspendidas en un líquido portador, tal como aceite mineral, keroseno, etc. o en un sólido portador con elasticidad suficiente para permitir la orientación de los dipolos ante el campo magnético externo. La respuesta producida en los materiales magnetorreológicos, es el resultado de la polarización inducida en las partículas suspendidas mediante la aplicación de un campo externo. La interacción entre los dipolos inducidos resultantes, obliga a las partículas a formar estructuras en forma de columna, paralelas al campo aplicado.

Este tipo de estructuras forman una estructura similar a una cadena, la cual restringe el movimiento del fluido dando lugar a un incremento en las características viscosas de la suspensión. La energía mecánica necesaria para producir estas estructuras tipo cadena se incrementa conforme se aumenta el campo aplicado, produciéndose un esfuerzo dependiente del campo.

<https://goo.gl/YR66QF>



**Aplicaciones:** El sistema nervioso de futuros robots podría usar fluidos MR para mover articulaciones y extremidades de forma semejante a los seres vivos. Un coche deportivo o un Cadillac tiene fluidos MR en sus amortiguadores. La rigidez de los amortiguadores magnéticos puede ser ajustada electrónicamente miles de veces por segundo, garantizando un paseo increíblemente suave. Dispositivos similares pero más poderosos se han instalado en el Museo Nacional de Ciencias Emergentes de Japón y en el puente del Lago Dong Ting en China. Se instalan para contrarrestar las vibraciones causadas por los terremotos y las rachas de viento.

<https://goo.gl/S17FN5>





## ¿Cómo se hace?

Vamos a fabricar un fluido que puede pasar de líquido a sólido instantáneamente, aplicando un imán a cada lado. Los diseñadores de coches aplican este tipo de fluidos a amortiguadores de dureza variable.

Las limaduras se pueden conseguir en casas de productos químicos. Los imanes deben ser fuertes. No valen los flexibles de propaganda para sujetar notas en la puerta de la nevera. Se pueden conseguir de un altavoz viejo o de un disco duro inservible.

- Llena un vaso con dos tercios de aceite y un tercio de limaduras.
- Remuévelo con un lápiz, para que se mezclen bien. Comprobarás que la consistencia es de un fluido.
- Acerca los dos imanes al vaso, uno a cada lado y con las caras que se atraigan enfrentadas. Intenta ahora remover con el lápiz: comprobarás que ha endurecido, debido a que las limaduras se han alineado.
- Para que funcione el fluido, la mezcla debe mantenerse, removiendo con frecuencia.

## Discusión

Desde el punto de vista físico, ¿cómo explican el fenómeno?

---

---

---

---

¿Qué papel cumple el fenómeno en las aplicaciones mencionadas?

---

---

---

---



## ¿Qué sabemos sobre el motor eléctrico?

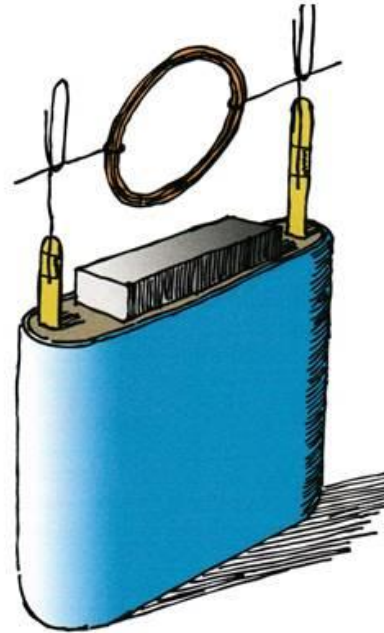
Todo motor se basa en la idea de que el magnetismo produce una fuerza física que mueve los objetos. En dependencia de cómo uno alinee los polos de un imán, así podrá atraer o rechazar otro imán.

En los motores se utiliza la electricidad para crear campos magnéticos que se opongan entre sí, de tal modo que hagan moverse su parte giratoria, llamado rotor.

En el rotor se encuentra un cableado, llamado bobina, cuyo campo magnético es opuesto al de la parte estática del motor.

El campo magnético de esta parte lo generan imanes permanentes, precisamente la acción repelente a dichos polos opuestos es la que hace que el rotor comience a girar dentro del estator.

Si el mecanismo terminara allí, cuando los polos se alinearan el motor se detendría. Por ello, para que el rotor continúe moviéndose es necesario invertir la polaridad del electroimán.



**Aplicaciones:** El uso de los motores eléctricos se ha generalizado a todos los campos de la actividad humana desde que sustituyeran en la mayoría de sus aplicaciones a las máquinas de vapor. Existen motores eléctricos de las más variadas dimensiones, desde los pequeños motores fraccionarios empleados en pequeños instrumentos hasta potentes sistemas que generan miles de caballos de fuerza, como los de las grandes locomotoras eléctricas. Se les encuentra en aplicaciones diversas, tales como: ventiladores, bombas, equipos electrodomésticos, automóviles, etc.

<https://goo.gl/95jszX>



## ¿Cómo se hace?

Cuando una bobina de hilo conductor por el que circula corriente eléctrica gira cerca de un imán, sufre un empujón en su giro. Eso ocurre en media vuelta. En la siguiente media vuelta sufrirá otro empujón, pero será en sentido contrario. En este experimento la corriente va a pasar sólo durante media vuelta en cada giro, así los empujones son siempre en el mismo sentido. El imán debe tener una cara por un lado y otra por el otro lado, es decir, debe atraer por los dos lados. No valen los imanes flexibles que solo atraen por una cara. Por otra parte, el cable que se necesita es de cobre barnizado, sin cubierta de plástico. Se usa para las bobinas de los motores y transformadores.

Extiende una parte de dos clips y pégalos con cinta adhesiva a las dos lengüetas de una pila de 4,5 v. Los clips deben quedar a la misma altura. Coge un buen trozo de cable barnizado y da unas diez vueltas a un cilindro de unos 3 cm de diámetro. Ata las espiras con dos o tres vueltas del mismo cable, y deja unos 10 cm de cable recto en los dos extremos. Corta el cable sobrante. Con un cuchillo raspa los dos extremos del cable, pero sólo en la parte superior dejando la mitad inferior con barniz y apóyalos en los dos clips. Así durante media vuelta la parte raspada del cobre estará en contacto con los dos clips, y durante la siguiente media vuelta lo estará la parte barnizada. Pon un imán sobre la pila, con una cara hacia arriba. No debe tocar las dos lengüetas de la pila a la vez, pues se podría producir un cortocircuito. Y el tamaño del imán no debe impedir el giro de las espiras de cable. Dale un impulso inicial a la bobina. El motor debería empezar a girar.

## Discusión

Desde el punto de vista físico, ¿cómo explican el fenómeno?

---

---

---

---

¿Qué papel cumple el fenómeno en las aplicaciones mencionadas?

---

---

---

---

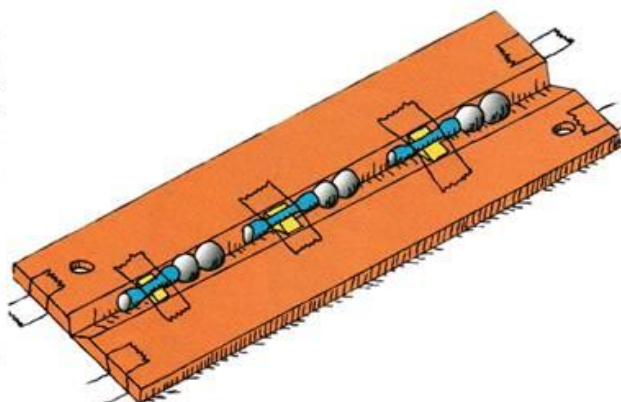




## ¿Qué sabemos sobre el acelerador magnético?

El punto de partida consiste en lanzar una bola sobre un primer imán. En la colisión, se transfiere la energía a otra bola, de manera similar al juego del billar, la segunda bola transfiere energía a la tercera y así sucesivamente. Se van produciendo pequeños incrementos de energía, debido a que la bola que sale despedida está siempre más cerca del segundo imán que del primero y se van acumulando según se va pasando por una sucesión de campos magnéticos. Podemos decir que aumenta la energía cinética, en cada choque, a costa de la energía potencial.

El campo magnético ( $B$ ) es una propiedad de espacio por la cual una carga eléctrica puntual de valor  $q$  que se desplaza a una velocidad  $v$ , sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad como al campo. una carga en movimiento, que bien puede ser una corriente eléctrica cruzando una parte del proyectil o del vehículo que queremos desplazar, en presencia de un campo magnético sufre los efectos de una fuerza que será la que le impulse en la dirección deseada.



**Aplicaciones:** El acelerador magnético lineal, conocido también con el nombre de rifle de Gauss, es un sencillo dispositivo que permite lanzar una bola de acero a gran velocidad. Los aceleradores electromagnéticos son dispositivos que utilizan campos electromagnéticos para acelerar y/o mantener en movimiento proyectiles o vehículos. Los aceleradores de partículas como el construido en el CERN utilizan potentes electroimanes para acelerar partículas cargadas, como protones. Esta sería una aplicación científica del cañón de Gauss. El famoso tren de levitación magnética utiliza igualmente el concepto del encendido y apagado de electroimanes para desplazar el convoy.

<https://goo.gl/Qa7Bj7>

<https://goo.gl/jRY1hq>





## ¿Cómo se hace?

El acelerador lineal magnético es un sencillo dispositivo que permite acelerar una bola de acero con imanes. En un choque entre una bola metálica en movimiento y otra igual parada, la velocidad de la primera se transmite íntegramente a la segunda. Si además hay un imán delante, atraería la bola y la aceleraría. Eso es lo que ocurre varias veces en el acelerador magnético.

Pega con cinta adhesiva las dos reglas a una mesa de tal forma que quede una guía en el centro. En ella pega con cinta adhesiva un primer imán. Debe quedar a la misma altura que el centro de una de las esferas de acero, y con las caras del imán alineadas con la guía. Por eso quizá deberías poner debajo de los imanes unos tacos de madera. Ese primer imán debe estar a unos 5 cm del extremo de las reglas.

Haz lo mismo con otros imanes, a lo largo de las reglas, dejando una separación entre ellos de unos 3 cm. Cuantos más imanes pongas, más aceleración conseguirás.

Las uniones de los imanes deben quedar firmes para no disipar energía.

En el primer imán de la izquierda de las reglas, pon dos bolas de acero juntas en el extremo derecho del imán (no uno a cada lado). Pon otras dos bolas juntas en la parte derecha del segundo imán, y así con el resto. Lanza una última bola con la mano, hacia el primer imán, desde la parte que no tiene bolas. Verás que las bolas intermedias se desplazan rápidamente, y la última sale lanzada a gran velocidad.

## Discusión

Desde el punto de vista físico, ¿cómo explican el fenómeno?

---

---

---

---

¿Qué papel cumple el fenómeno en las aplicaciones mencionadas?

---

---

---

---

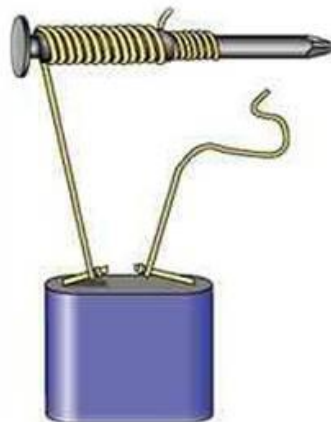


## ¿Qué sabemos sobre la relación entre electricidad y magnetismo?

La electricidad y el magnetismo son dos fenómenos conocidos desde la Antigüedad. Sin embargo, la conexión entre ellos fue vislumbrada por primera vez sólo en 1820 por el danés Hans Christian Oersted. Quizá la razón de la demora está en que las fuerzas entre corrientes, entre cargas en movimiento, difieren de las fuerzas entre cargas quietas. En primer lugar, no hay una fuerza entre corrientes y cargas quietas. En segundo lugar, la fuerza entre dos corrientes que circulan en cables paralelos es perpendicular a la dirección de las corrientes. Varios historiadores de la ciencia atribuyen el retraso del descubrimiento de Oersted a un obstáculo psicológico: la suposición de que todas las fuerzas son como la gravitacional y la electrostática, que actúa en la dirección que conecta a los cuerpos.

La fuerza perpendicular entre corrientes es parte de la equivalencia entre un imán y un lazo de corriente. El magnetismo es entonces electricidad en movimiento.

Rojo, A. (2007). La física en la vida cotidiana. Argentina: Siglo veintiuno editores.



**Aplicaciones:** el magnetismo halló aplicación desde el siglo pasado. El teléfono y el telégrafo alrededor de 1880 eran aparatos activados por baterías y, basados en el descubrimiento de Oersted, las grandes aplicaciones a la ingeniería de la inducción electromagnética son el motor eléctrico y el dínamo. Edison inventó un generador bipolar en 1878, un año antes de inventar el filamento de luz eléctrica. El hecho de que hubiera un generador de potencia hizo que el uso de luz eléctrica se difundiera rápidamente. Con el experimento de Hertz se sentaron las bases para la transmisión inalámbrica de ondas de radio. De la misma forma, aparatos como la radio y la televisión utilizan muchos de los conocimientos que sobre electromagnetismo se generaron en las primeras decenas del siglo XX

<https://goo.gl/rzVgQ5>



## ¿Cómo se hace?

Este experimento contiene la primera parte de una de las grandes unificaciones de la física: la electricidad y el magnetismo. Una batería genera una corriente eléctrica que no es otra cosa que cargas que se mueven por el cable de cobre. Éstas son las mismas cargas que pasan de un material a otro cuando se lo frota. Y cuando esas cargas viajan por un lazo de corriente, generan magnetismo. Para el experimento se necesita un tornillo mediano, unos clips, un par de metros de alambre de cobre y una batería, preferiblemente de 9 voltios. Pelen los extremos del alambre (que está cubierto de un esmalte aislado) y enróllenlo sobre el tornillo. La idea es conectar cada extremo del alambre a los bordes de la batería y verificar que, cuando circula corriente, el rollo de cable y el tornillo se convierten en un imán que atrae a los clips. Desconecten los cables y el tornillo deja de ser magnético: los clips se caen. Si acercan una brújula observarán que la aguja se orienta hacia el tornillo cuando el alambre está conectado y apunta al norte cuando se desconecta.

## Discusión

Desde el punto de vista físico, ¿cómo explican el fenómeno?

---

---

---

---

¿Qué papel cumple el fenómeno en las aplicaciones mencionadas?

---

---

---

---

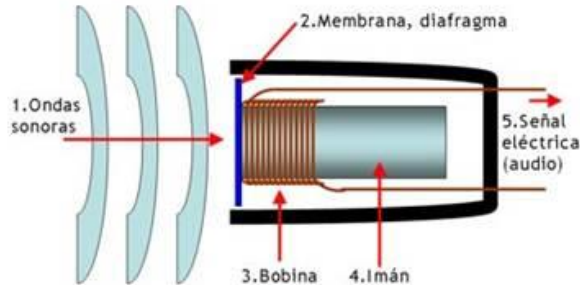


## ¿Qué sabemos sobre los parlantes ?

Una de las aplicaciones que usan el principio del electroimán es el parlante. Un micrófono convierte las oscilaciones del sonido en corrientes que oscilan y circulan, yendo y viniendo, por un cable enrollado a un parlante. La corriente a veces induce atracción y otras repulsión con un imán permanente: la corriente se traduce en vibración y la vibración en sonido. La magia del teléfono, por ejemplo, es convertir las vibraciones del sonido en electricidad y permitir comunicaciones sonoras a distancia. Se dice que la ceguera nos separa de las cosas, y la sordera nos separa de la gente. Un parlante (o altavoz) de bobina móvil es un transductor electro-mecánico, es decir, que transforma energía eléctrica en sonora.

La mayoría de los parlantes de bobina móvil tienen 5 partes básicas (ver Figura): bobina móvil cilíndrica (1), imán anular (2), disco (3) y cilindro central (4) concéntricos (ambas piezas de material ferromagnético muy permeable al campo magnético), y 'cono' o diafragma cónico (5) de cartón o plástico, adherido a la bobina..

Rojo, A. (2007). La física en la vida cotidiana. Argentina: Siglo veintiuno editores.



**Aplicaciones:** Específicamente, un parlante sirve para convertir la información (voz, música, sonidos en general) transportada por una señal eléctrica, en una señal audible para el ser humano (entre 20-30 Hz y 16-20 kHz aproximadamente). Pero en general, la utilidad del parlante es la del conjunto del que forma parte. Por ejemplo, un equipo de amplificación sirve para elevar la intensidad del sonido. Los teléfonos, altavoces, megáfonos son otros ejemplos de aplicaciones.

<https://goo.gl/eEhLF9>





## ¿Cómo se hace?

El imán y las dos piezas ferromagnéticas (disco y cilindro central), forman un circuito magnético con entrehierro en la zona donde está la bobina. Las piezas ferromagnéticas desvían el campo del imán al entrehierro donde, por otro principio (Ley de Gauss del magnetismo), se cierran las líneas de campo magnético entre el polo magnético norte N' inducido en el cilindro central, y el polo magnético sur S del imán, dejando a la bobina inmersa en el campo estático. La corriente eléctrica variable (o el campo magnético variable generado), interactúa con el campo estático, produciéndose una fuerza magnética (de Lorentz) sobre la corriente (y por lo tanto sobre la bobina). La magnitud de esta fuerza es proporcional al campo estático y a la intensidad de la corriente (es decir, sigue las variaciones de la corriente), mientras que su dirección es perpendicular al plano que forman la corriente variable y el campo estático. Por lo tanto, la bobina se desplaza longitudinalmente según las variaciones de la corriente. Como la bobina móvil se encuentra adherida al cono, éste se mueve desplazando el aire hacia atrás y adelante, generando longitudinalmente ondas elásticas de presión (es decir, ondas acústicas). De éstas, las que varían aproximadamente entre unos 20 y 20000 ciclos por segundo (20 Hz - 20 kHz), producen vibraciones en pequeños huesos del oído, que son detectadas por el sistema auditivo humano.

## Discusión

Desde el punto de vista físico, ¿cómo explican el fenómeno?

---

---

---

---

¿Qué papel cumple el fenómeno en las aplicaciones mencionadas?

---

---

---



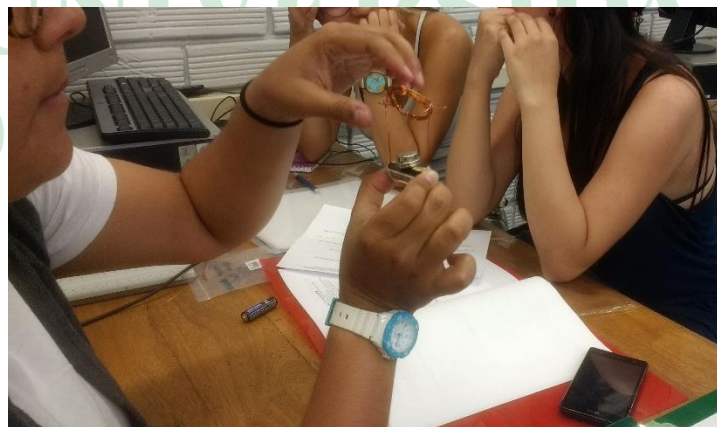
Primer experimento: interacción entre materiales magnéticos y no magnéticos.



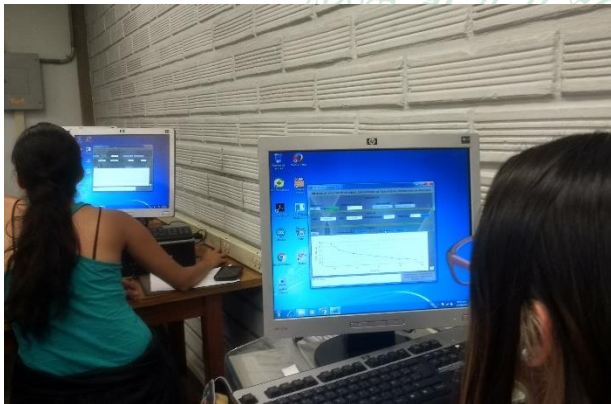
Segundo experimento: comportamiento de un imán polarizado acomodado en la superficie del agua (brújula casera).



Tercer experimento: motor eléctrico sencillo.





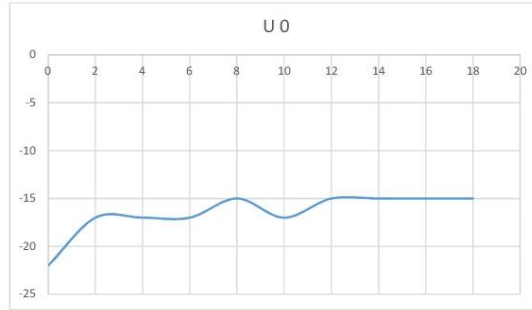




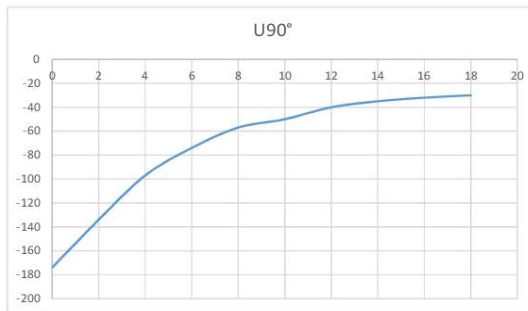
### Anexo J. Gráficas del campo magnético con respecto a la distancia para imanes de diferentes formas

#### Imán Herradura

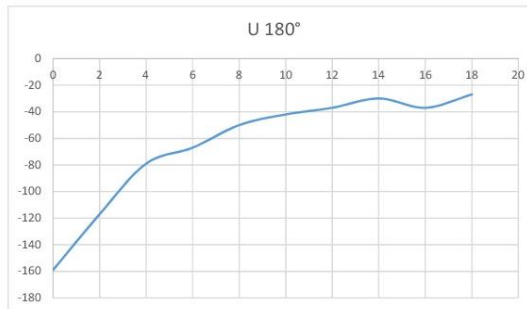
22.0	0	-22
24.5	2	-17
29.0	4	-17
32.0	6	-17
35.5	8	-15
39.5	10	-17
44.0	12	-15
47.5	14	-15
51.0	16	-15
54.0	18	-15



6.5	0	-174
29.5	2	-134
32.5	4	-97
35.5	6	-74
38.0	8	-57
40.5	10	-50
43.5	12	-40
46.0	14	-35
48.5	16	-32
51.0	18	-30



empo (s)	USB3 ( Gauss)	
4.0	0	-159
6.5	2	-117
8.5	4	-79
10.0	6	-67
12.5	8	-50
14.5	10	-42
17.0	12	-37
19.0	14	-30
21.5	16	-37
24.0	18	-27



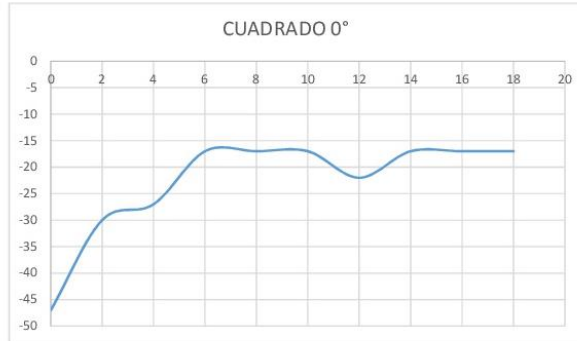
7.5	0	-139
9.5	2	-102
11.5	4	-82
13.5	6	-67
18.0	8	-50
20.0	10	-42
22.5	12	-35
24.0	14	-30
26.0	16	-27
28.0	18	-22







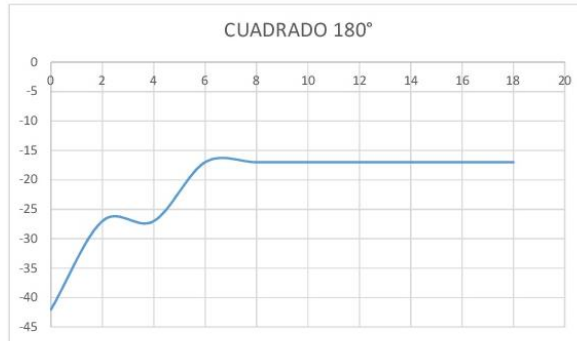
19.5	0	-47
24.5	2	-30
28.5	4	-27
32.0	6	-17
35.5	8	-17
38.5	10	-17
41.5	12	-22
44.5	14	-17
47.5	16	-17
50.5	18	-17



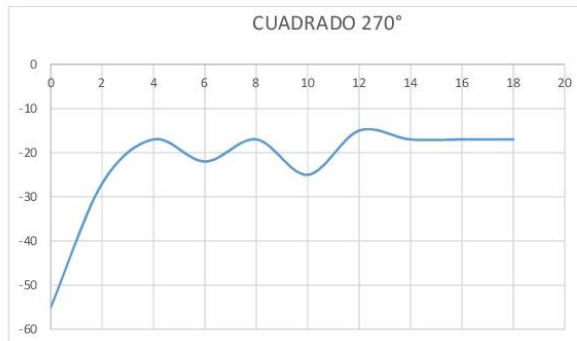
Tiempo (s)	USB3 ( Gauss)	
10.5	0	-50
14.5	2	-25
18.5	4	-22
23.0	6	-17
26.5	8	-17
30.5	10	-22
34.5	12	-17
38.0	14	-17
41.5	16	-15
44.5	18	-15



24.5	0	-42
50.0	2	-27
54.5	4	-27
59.5	6	-17
64.5	8	-17
71.0	10	-17
74.5	12	-17
77.5	14	-17
80.0	16	-17
83.0	18	-17

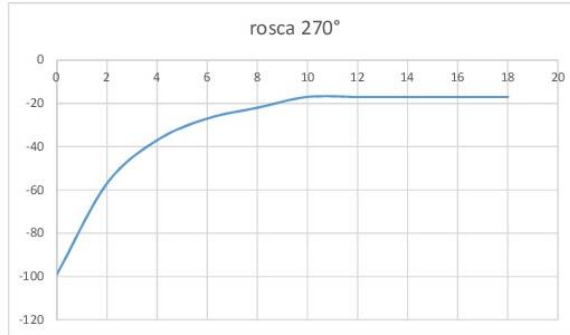


.5	0	-55
11.5	2	-27
16.0	4	-17
18.5	6	-22
22.5	8	-17
25.0	10	-25
28.5	12	-15
31.5	14	-17
34.0	16	-17
36.5	18	-17

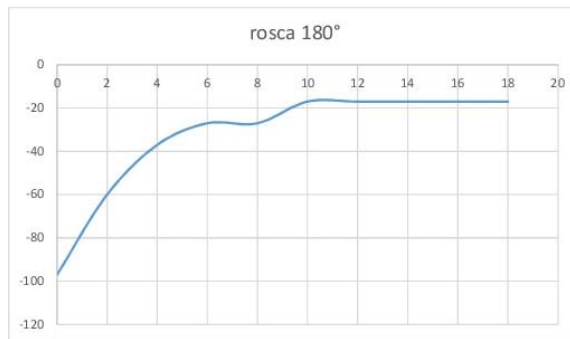




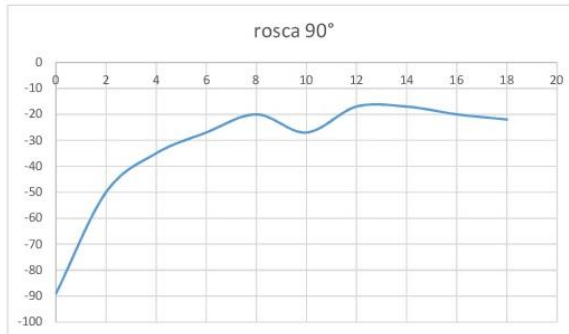
Tiempo (s)	USB3 ( Gauss) distancia	campo
35,5	0	-99
44,5	2	-57
50,5	4	-37
55	6	-27
59,5	8	-22
64,5	10	-17
68,5	12	-17
72,5	14	-17
76,5	16	-17
80,5	18	-17



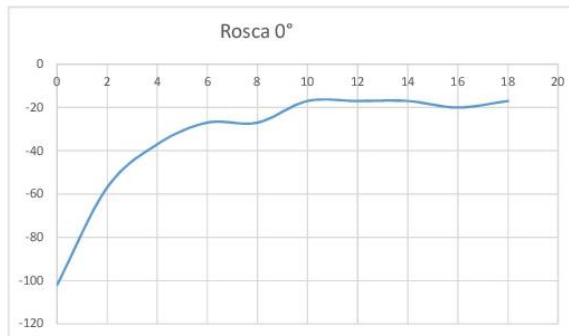
Tiempo (s)	distancia	campo
27.5	0	-97
32.5	2	-60
37.5	4	-37
41.5	6	-27
45.0	8	-27
50.0	10	-17
57.5	12	-17
75.5	14	-17
80.0	16	-17
84.5	18	-17



Tiempo (s)	distancia	campo
11.5	0	-89
23.5	2	-50
28.0	4	-35
33.0	6	-27
37.0	8	-20
42.5	10	-27
48.0	12	-17
53.5	14	-17
59.0	16	-20
63.5	18	-22



Tiempo (s)	distancia	campo
51.0	0	-102
56.0	2	-57
62.0	4	-37
66.5	6	-27
71.5	8	-27
76.0	10	-17
81.0	12	-17
85.5	14	-17
89.5	16	-20
93.5	18	-17

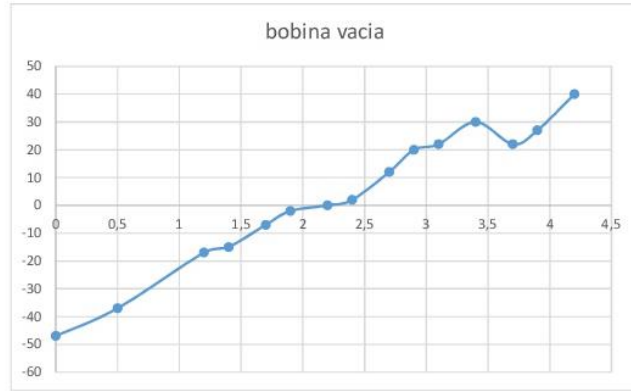




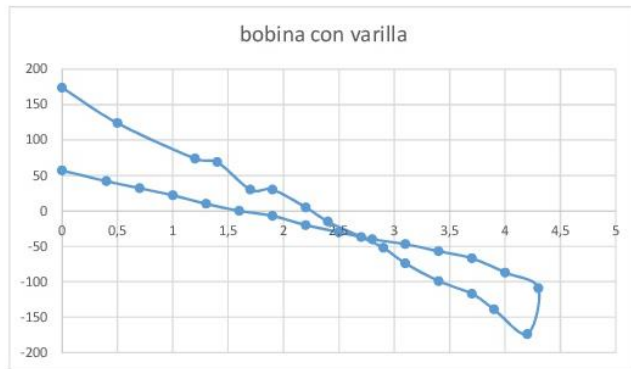


### Anexo L. Gráficas del campo magnético al interior de una bobina antes y después de introducir un núcleo

tiempo	voltaje	campo
51,5	0	-47
65,5	0,5	-37
73,5	1,2	-17
82	1,4	-15
94,5	1,7	-7
104	1,9	-2
119	2,2	0
138,5	2,4	2
157	2,7	12
176	2,9	20
183	3,1	22
203	3,4	30
211,5	3,7	22
222,5	3,9	27
233,5	4,2	40



tiempo	voltaje	campo
166.5	0	174
232.0	0,5	124
256.5	1,2	74
266.5	1,4	69
279.5	1,7	30
289.0	1,9	30
295.5	2,2	5
311.0	2,4	-15
321.5	2,7	-37
336.5	2,9	-52
345.0	3,1	-74
352.0	3,4	-99
362.5	3,7	-117
368.5	3,9	-139
389.5	4,2	-174
7.0	4,3	-109
47.5	4	-87
62.0	3,7	-67
74.5	3,4	-57
99.0	3,1	-47
109.0	2,8	-40
118.5	2,5	-30
124.5	2,2	-20
135.5	1,9	-7
144.5	1,6	0
152.0	1,3	10
160.5	1	22
169.5	0,7	32
182.0	0,4	42
189.0	0	57

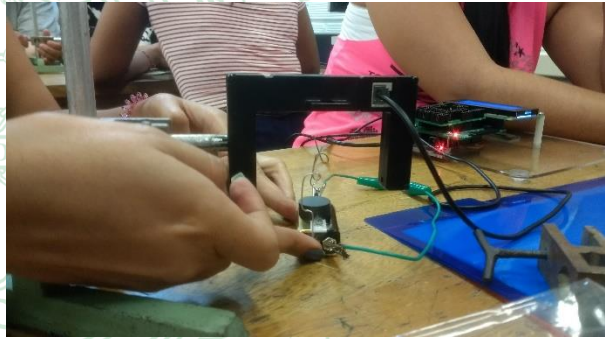
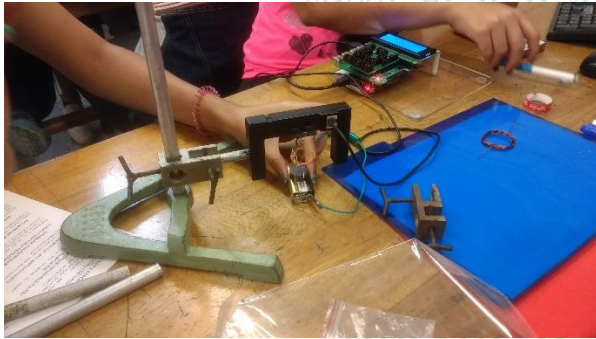






**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Facultad de Educación**  
*Anexo M. Registro fotográfico de la tercera actividad experimental*

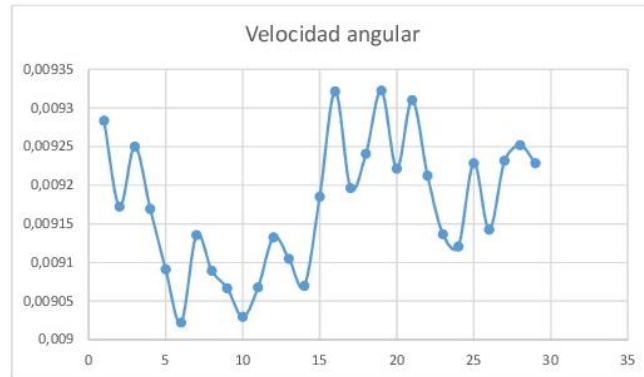
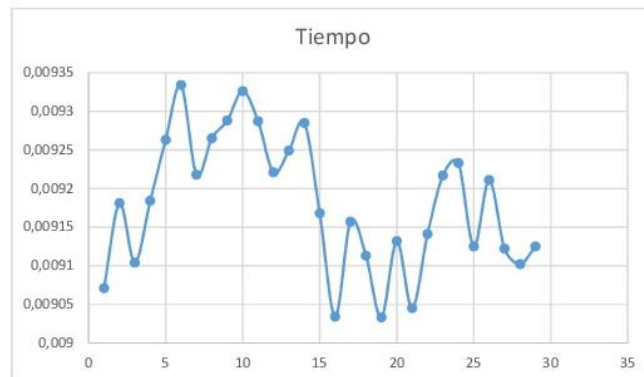
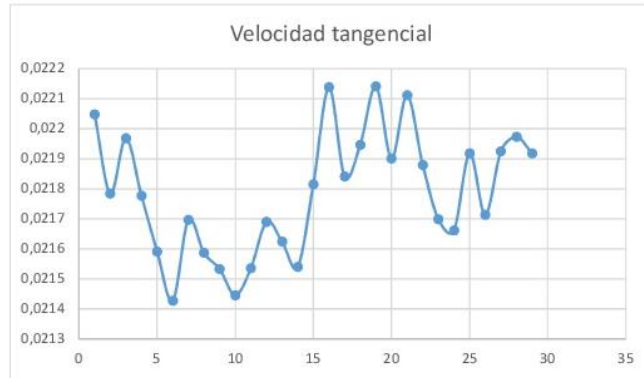


**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

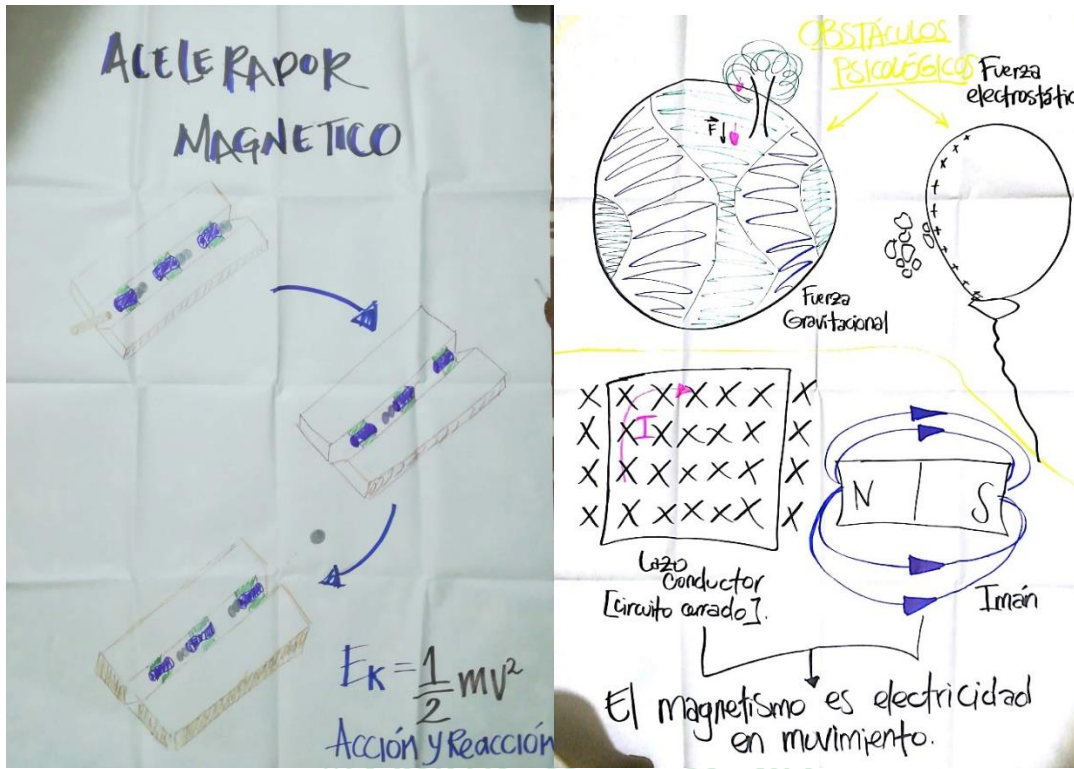


	Tiempo	Velocidad	W
9071	0,009071	0,02204829	0,00928349
9181	0,009181	0,02178412	0,00917226
9104	0,009104	0,02196837	0,00924984
9184	0,009184	0,021777	0,00916926
9263	0,009263	0,02159128	0,00909106
9334	0,009334	0,02142704	0,00902191
9218	0,009218	0,02169668	0,00913544
9265	0,009265	0,02158662	0,0090891
9288	0,009288	0,02153316	0,00906659
9326	0,009326	0,02144542	0,00902965
9287	0,009287	0,02153548	0,00906757
9221	0,009221	0,02168962	0,00913247
9249	0,009249	0,02162396	0,00910482
9285	0,009285	0,02154012	0,00906952
9168	0,009168	0,02181501	0,00918527
9034	0,009034	0,02213859	0,00932151
9157	0,009157	0,02184121	0,0091963
9113	0,009113	0,02194667	0,0092407
9033	0,009033	0,02214104	0,00932254
9132	0,009132	0,02190101	0,00922148
9045	0,009045	0,02211166	0,00931017
9141	0,009141	0,02187944	0,0092124
9217	0,009217	0,02169903	0,00913644
9233	0,009233	0,02166143	0,0091206
9125	0,009125	0,02191781	0,0092855
9211	0,009211	0,02171317	0,00914239
9122	0,009122	0,02192502	0,00923159
9102	0,009102	0,02197319	0,00925187
9125	0,009125	0,02191781	0,0092855







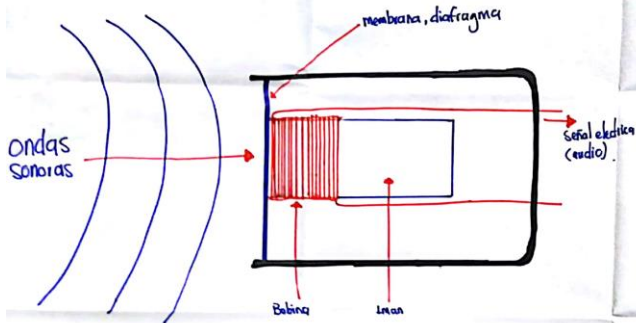


# MAGNETORREOLÓGICOS.





# ¿Qué Sabemos sobre los parlantes?



- los microfonos convierten las corrientes electricas en sonidos.
- un parlante transforma la energia electrica en sonido.

ambos transforman la energia electrica en energia mecanica (sonido) por medio de vibraciones.

La corriente a veces induce atracción y otras repulsión con un iman permanente esta corriente se traduce en vibración y la vibración en sonido.

## Relación entre electricidad y magnetismo



Alambre de cobre conectado a la pila

- ★ Flujo de energía desde la pila
- ★ Carga en movimiento
- ★ Campo magnético

Alambre de cobre desconectado

- ★ Flujo de energía interrumpido
- ★ No hay carga en movimiento
- ★ Campo magnético desaparece

## EL MOTOR ELÉCTRICO



• Fenómeno: Atracción, Repulsión, electricidad.

• Papel: movimiento

• Aplicaciones:

ventiladores, bombas, equipos electrodomesticos



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

## Anexo Q. Cronograma de actividades Facultad de Educación

Tabla 18. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	SEMESTRES ACADÉMICOS														
	Febrero – Junio 2016					Agosto – Diciembre 2016				Febrero – Junio 2017			Agosto – Diciembre 2017		
Presentación y aprobación del proyecto de investigación	Revisión de literatura	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Construcción del planteamiento del problema	✓	✓	✓	✓	✓									
	Definición de los propósitos de investigación	✓	✓	✓	✓	✓									
	Construcción del marco teórico	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Diseño metodológico						✓	✓	✓	✓	✓				
Trabajo de campo	Diagnóstico o estado inicial										✓	✓			
	Intervención o estado intermedio												✓		
	Evaluación del nivel de conceptualización final												✓	✓	
Análisis e interpretación de los datos recolectados	Análisis de resultados												✓	✓	
	Conclusiones y proyecciones													✓	✓
Producción académica	Escritura y publicación de artículo									✓	✓	✓	✓	✓	
	Participación en eventos								✓						
Consolidación del informe final													✓	✓	