UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA
CALI

Modelo didáctico y estación de trabajo con instrumentación electrónica para el desarrollo de laboratorios de Física Mecánica

Grupo de investigación
Laboratorio de Electrónica Aplicada
(LEA)

Juan Carlos Cruz Ardila
Gonzalo Becerra Orozco
Walter Germán Magaña
Erika Sarria Navarro
Rosmery Dussán Aguirre
Vanesa Espinosa Arroyave
Harold Fernando Cruz González

Modelo didáctico y estación de trabajo con instrumentación electrónica para el desarrollo de laboratorios de Física Mecánica

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA CALI

Modelo didáctico y estación de trabajo con instrumentación electrónica para el desarrollo de laboratorios de Física Mecánica

Juan Carlos Cruz Ardila
Gonzalo Becerra Orozco
Walter Germán Magaña
Erika Sarria Navarro
Rosmery Dussán Aguirre
Vanesa Espinosa Arroyave
Harold Fernando Cruz González

2012

Cruz Ardila, Juan Carlos; Becerra Orozco, Gonzalo; Magaña,Walter Germán; Sarria, Erika; Dussán Aguirre, Rosmery; Espinosa Arroyave, Vanesa; Cruz, Harold Fernando.

Modelo didáctico y estación de trabajo con instrumentación electrónica para el desarrollo de laboratorios de Física Mecánica / Juan Carlos Cruz Ardila, Gonzalo Becerra Orozco, Walter Germán Magaña; Erika Sarria, Rosmery Dussán Aguirre, Vanesa Espinosa Arroyave, Harold Fernando Cruz / Cali : Editorial Bonaventuriana, 2012

160 p.
ISBN: 978-958-8785-25-7

1. Química orgánica 2. Química orgánica - Problemas, ejercicios, etc. 3. Química orgánica – Experimentos 4. Química orgánica - Manuales de laboratorio 5. Método de laboratorio 6. Compuestos orgánicos 7. Compuestos aromáticos I. Flórez López, Edwin II. Tít.

547 (D 23)
G751m

©Universidad de San Buenaventura Cali
Editorial Bonaventuriana

Modelo didáctico y estación de trabajo con instrumentación electrónica para el desarrollo de laboratorios de Física Mecánica

©Autores: Juan Carlos Cruz Ardila, Gonzalo Becerra Orozco, Walter Germán Magaña; Erika Sarria Navarro, Rosmery Dussán Aguirre, Vanesa Espinosa Arroyave, Harold Fernando Cruz González.
Grupo de investigación Laboratorio de Electrónica Aplicada (LEA). Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Electrónica, Universidad de San Buenaventura Cali.

© Editorial Bonaventuriana, 2012
Universidad de San Buenaventura Cali
Director Editorial Cali
Calle 117 No. 11 A 62
PBX: 57 (1) 5200299 - 57 (2) 318 22 00 - 57 (2) 488 22
Email: editorial.bonaventuriana@usbrecgen.edu.co
http://editorialbonaventuriana.edu.co
Colombia, Sur América

Los autores son responsables del contenido de la presente obra. Prohibida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier medio, sin permiso escrito de la Editorial Bonaventuriana.
© Derechos reservados de la Universidad de San Buenaventura.

ISBN: 978-958-8785-25-7
Hecho en Colombia.
Edición digital.
Cumplido el depósito legal. (Ley 44 de 1993, Decreto 460 de 1995 y Decreto 358 de 2000).

Cali, Colombia
2012

Contenido

Introducción 9
Planteamiento del problema 11
Objetivos 14
Uso de la tecnología en prácticas de laboratorio de Física Mecánica 17
Introducción 19
El papel del laboratorio en la comprensión de la física 20
¿Permiten las TIC la apropiación del conocimiento o son otra herramienta didáctica en el proceso enseñanza-aprendizaje? 20
¿Es posible la apropiación del conocimiento sin las TIC? 22
En el modelo didáctico que se propone, ¿se entregarían guías de laboratorio? 22
La falta de una estación de trabajo y la apatía de los estudiantes frente a la física 24
¿Qué es un laboratorio con instrumentación electrónica? 25
¿Las prácticas de laboratorio tradicionales se desarrollan en un contexto social? 27
¿Se deben plantear dos modelos didácticos, uno para el laboratorio y otro para la enseñanza de la física? ¿Son el mismo modelo? ¿El modelo para el laboratorio resuelve el problema de la enseñanza de la física? 28
¿El problema de los laboratorios radica en el procedimiento para la toma de los datos experimentales? ¿Se tiene claridad en el concepto de la medida en física y su tratamiento? 29
¿En qué fallan Pasco, Leybol y los grandes diseñadores y constructores de equipos de laboratorio de alta precisión y aplicación de avanzadas tecnologías? ¿Cuál es la solución innovadora en este proyecto? 30
Bibliografía 30

La didáctica en física. Un estado del arte en el laboratorio 33
Introducción 35
La didáctica en física 36
El papel de las tic en la física 41
La V de Gowin como estrategia didáctica aplicable en física 45
Bibliografía 49
Modelo didáctico para la enseñanza de la física básica (Modifis) 53
Premisas del modelo 55
Fundamentación teórica del modelo 56
Experiencias educativas que se privilegian 64
Relaciones que plantea el modelo 67
Operacionalización del modelo 71
Ejecución del modelo 74
Limitaciones del modelo 78
Bibliografía 78
Aplicación de la V de Gowin en los laboratorios de Física Mecánica 81
Introducción 83
Metodología 84
Resultados 86
Discusión 90
Bibliografía 94
Estación de trabajo como sistema con instrumentación electrónica para laboratorio de Física Mecánica 97
Desarrollo del modelo 99
Arquitectura del sistema 99
Diseño e implementación de los sensores 99
Software aplicativo PSoC designer 109
Desarrollo del prototipo 116
Pruebas y resultados 123
Bibliografía 126
Desarrollo de las prácticas de laboratorio de Física Mecánica guiadas por la estructura de la V de Gowin 129
Introducción 131
La V de Gowin en las prácticas de laboratorio 132
Bibliográfía 136
Estación de trabajo como sistema. Diseño a partir de lo ergonómico 139
Introducción 141
Diseño de la estación de trabajo 141
Bibliografía 145
Conclusiones 147

Introducción

El presente proyecto de investigación da respuesta a la necesidad manifiesta en los nuevos laboratorios de Física Mecánica de la Universidad de San Buenaventura Cali, de un documento que dé cuenta a los estudiantes de los procedimientos y prácticas que aquellos exigen. Adicionalmente, se evidencia en los estudiantes cierta apatía por el estudio de la física a pesar de ser este un campo imprescindible en los procesos de formación de futuros ingenieros. Con el establecimiento de un prototipo de laboratorio de física con instrumentación electrónica, se pretende desarrollar prácticas en el área de la Física Mecánica sustentadas en un modelo didáctico que propicie a la vez que estimule en el estudiante de ingeniería la adquisición de competencias en ciencias básicas, acordes con las exigencias y perspectivas del ejercicio profesional.

El proyecto de investigación se desarrolló en el curso de año y medio y en él participaron un ingeniero electricista con maestría en educación, un licenciado en física y especialista en informática, un ingeniero electrónico con especialización en redes de comunicación y un diseñador industrial. Metodológicamente, se ejecutó en cinco etapas conformadas por una serie de tareas que deben cumplirse para la finalización adecuada del proyecto. Las etapas y sus tareas no fueron secuenciales en el tiempo, sino que se entremezclaron para llevar a cabo los objetivos propuestos.

La primera etapa (fundamentación) está asociada a la búsqueda bibliográfica y a la obtención de un estado del arte, tanto en relación con los conceptos pertinentes como con los trabajos más recientes relacionados con la temática. En la segunda etapa (desarrollo), se obtuvo un modelo didáctico y se diseñaron las guías de laboratorio de física pertinentes a la formación del ingeniero en los actuales contextos nacional e internacional. En la tercera etapa (especificación), se especifica, parametriza, selecciona y adquieren los dispositivos necesarios para el funcionamiento electrónico del prototipo de estación de trabajo. La cuarta etapa (diseño), se encaminó al diseñó de las estaciones de trabajo –en su funcionamiento electrónico– y de comunicación (*software*), el aspecto físico (apariencia) y lo concerniente al trabajo ergonómico. Finalmente, en la quinta etapa (implementación), se lleva a cabo el montaje del prototipo de estación de trabajo y se hace la validación correspondiente con los temas de laboratorio propuestos.

Actualmente, se cuenta con una estación de trabajo para desplegar prácticas de laboratorio de Física Mecánica que funciona con la supervisión de un *software* que integra la información de diferentes variables físicas, tomadas de sensores ubicados de acuerdo con las necesidades de la práctica. Así mismo, la instrumentación electrónica permitirá la ejecución de aplicaciones orientadas a la adquisición de habilidades y destrezas, acompañadas por un criterio sistémico y colaborativo por parte de los estudiantes.

Planteamiento del problema

El laboratorio de Física Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Buenaventura Cali lo conforman equipos y accesorios que actualmente no están actualizados y no permiten un ejercicio adecuado de las prácticas de los estudiantes de seis programas de ingeniería en el área de Física Mecánica. Sumado a ello, las prácticas se ejecutan con base en unas dinámicas ortodoxas que están en contravía de los actuales avances de las TIC, lo cual lleva a los estudiantes a repetir mecánicamente el algoritmo descrito en la guía de laboratorio entregada con anterioridad por el profesor, sin conseguir una verdadera apropiación del conocimiento relacionado con los fenómenos físicos.

Al corriente de lo anterior, se hace necesario estructurar y dinamizar las prácticas de laboratorio de física a fin de incentivar y desarrollar en los estudiantes el ejercicio de pensar, fomentar la creatividad y el ingenio y propiciar el ambiente adecuado para el aprendizaje cooperativo.[1] Las actividades en el laboratorio deben desarrollarse en un contexto social de experiencia compartida en el cual

1. ASCÚN, en el documento *Políticas y estrategias para la educación superior de Colombia 2006 – 2010* plantea como una necesidad la "innovación dentro del aula y a la formación de habilidades en los estudiantes que, igualmente, ayuden a desarrollar en estos últimos habilidades de creatividad, pensamiento sistémico, trabajo en equipo y exploración (ensayo-error)" (p. 45).

el estudiante demuestre su habilidad de aplicar la teoría, encuentre en nuevas situaciones problemáticas y se estimule la comunicación.

La construcción de un laboratorio de física con instrumentación electrónica busca la creación de un espacio donde los estudiantes simulen experimentos de Física Mecánica, lleven a cabo mediciones de las propiedades o características de los sistemas físicos pertinentes a las áreas de la ingeniería mediante una estrategia educativa que favorezca la formación técnica y las competencias en áreas de ciencias básicas del ingeniero y utilicen como mediación un modelo didáctico que se ajuste a una infraestructura locativa, de instrumentación, disponibilidad de tiempo y componentes básicos de medición. Se persigue que cada estación de trabajo cuente con sensores de movimiento, luz, sonido y proximidad conectados electrónicamente para detectar las diferentes variables susceptibles de ser medibles y faciliten la construcción de experimentos básicos. Adicionalmente, se pretende que cada módulo cuente con una interfaz gráfica que faculte al usuario para llevar a cabo un seguimiento adecuado de sus actividades, almacenar datos, construir de gráficos y visualizar los comportamientos de las pruebas.

Objetivos

Objetivo general

Erigir un prototipo de laboratorio de física con instrumentación electrónica para desarrollar prácticas en el área de la Física Mecánica, sustentadas en un modelo didáctico que propicie en el estudiante de ingeniería de la Universidad de San Buenaventura Cali la adquisición de competencias en ciencias básicas acordes con las exigencias y perspectivas del ejercicio profesional.

Objetivos específicos

1. Obtener el estado del arte de los modelos didácticos aplicados en la enseñanza de la física para estudiantes de ingeniería.

2. Obtener el estado del arte de los prototipos de laboratorios con instrumentación electrónica empleados para la enseñanza de la física.

3. Plantear un modelo didáctico pertinente para la enseñanza de la física en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Buenaventura Cali.

4. Especificar los sensores necesarios para llevar a cabo las prácticas.

5. Diseñar el sistema electrónico que permitirá la recolección y transmisión de información de cada uno de los sensores para la implementación de las prácticas.

6. Especificar el sistema electrónico que facultará la comunicación entre los sensores y un computador para el procesamiento de datos.

7. Diseñar una alternativa que involucre el funcionamiento ergonómico y antropométrico de la interacción humano-prototipo en la estación de trabajo.

8. Construir un prototipo de laboratorio de física con instrumentación electrónica para desarrollar prácticas de laboratorio de física.

9. Validar el prototipo con el desarrollo de las prácticas propuestas.

Uso de la tecnología en prácticas de laboratorio de Física Mecánica[*]

Juan Carlos Cruz Ardila y Gonzalo Becerra Orozco

* Este capítulo dio lugar a la publicación "Importancia de usar tecnología en el desarrollo de prácticas de laboratorio de Física Mecánica". En: *Educación en ingeniería*. Vol 6. No. 11. 2011. Disponible en http://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/121

Introducción

El proceso de búsqueda ha dado como resultado múltiples interpretaciones y cuestionamientos al proyecto por parte de los físicos encargados de trabajar los temas específicos de la Física Mecánica. Los interrogantes se basan en la intervención de las TIC como elemento dinamizador del conocimiento y la posible pérdida de rigurosidad científica al intentar cambiar las formas de ejecutar las prácticas en el laboratorio. En este capítulo, se aspira recoger las principales inquietudes y su posible respuesta, sustentada en la investigación teórica elaborada a partir del diálogo directo con autores que han investigado una problemática similar.

Las preguntas que se citan a continuación se recogieron en una discusión con profesores de física que llevan bastante tiempo estudiando esta temática y amablemente leyeron el proyecto. Estas propiciaron una reflexión que llevó a darles respuesta con argumentos sustentados en la consulta bibliografía, cuyo resultado ha posibilitado la dilucidación de elementos que van a permitir encontrar puntos en común. Es claro que el desarrollo de este trabajo investigativo debe estar en consonancia con las formas como los docentes conciben la física y las estrategias por las cuales se aproximan al conocimiento científico de ella y no pretende cuestionar la labor de los docentes ni hacer una comparación entre lo bueno y

lo malo. Es evidente que existen problemas de deserción, apatía y poco interés en el estudio de la física, propio también de países europeos, latinoamericanos y de economías desarrolladas como los Estados Unidos.

El papel del laboratorio en la comprensión de la física

Según Crespo *et al.*, (2005) el desarrollo de una práctica de laboratorio es un

> *[…] proceso de enseñanza-aprendizaje facilitado y regulado por el profesor, que organiza temporal y espacialmente para ejecutar etapas estrechamente relacionadas, en un ambiente donde los alumnos pueden realizar acciones psicomotoras, sociales y de práctica de la ciencia, a través de la interacción con equipos e instrumentos de medición, el trabajo colaborativo, la comunicación entre las diversas fuentes de información y la solución de problemas con un enfoque interdisciplinar-profesional* (p. 5).

Es necesario enfatizar la importancia del trabajo en el laboratorio en la comprensión fenomenológica de la física. Es cierto que en la construcción del conocimiento de la física, el estudiante debe adquirir habilidades asociadas a su especialización, como son identificar, generalizar, aplicar y modelar y experimentar un objeto de estudio ligado a un fenómeno físico; es decir, encontrar la solución del problema y para ello le corresponde ejecutar las acciones necesarias para hacer efectiva la actividad del estudio de la física: transformar el objeto de estudio, desarrollar el modelado a través de la representación matemática y hacer la experimentación del modelo matemático del fenómeno estudiado en los equipos disponibles o usar la simulación numérica del fenómeno mediante la computadora (Campelo Arruda y Marín Antuña, 2001), sin olvidar que el laboratorio, como elemento instrumental inconexo de la realidad, no se constituye en un medio para la comprensión.

¿Permiten las TIC la apropiación del conocimiento o son otra herramienta didáctica en el proceso enseñanza-aprendizaje?

Una de las finalidades de la educación es capacitar a los individuos para comprender, crear y participar en la cultura de su tiempo. Las TIC suponen, en ese ámbito, una nueva forma de organizar, representar y codificar la realidad. Son, además, instrumentos valiosos para lograr un elevado grado de aplicación de los conocimientos adquiridos y el profesional de la enseñanza no puede per-

manecer ajeno a esta situación, por lo que debe hacer un esfuerzo en lo que a actualización tecnológica se refiere una vez superada la posible intimidación que la tecnología pueda suponer. Las tecnologías del aprendizaje representan una de las fuerzas renovadoras en los sistemas de aprendizaje y constituyen un elemento clave para el desarrollo de la educación y la formación (Labori de la Nuez y Oleagordia Aguirre, 2000).

Marc Prensky ha propuesto una clasificación de los individuos amparada en el uso de la tecnología, basado en el ordenamiento de la sociedad en dos grupos diferenciados. Un primer grupo, cuyas edades no superan los treinta años, se caracteriza por haber nacido en la era digital razón por la cual sus miembros poseen un dominio total y conviven a diario con todos los dispositivos que se catalogan como TIC por los teóricos actuales. A este grupo de personas Marc las denomina "nativos digitales", con una forma particular de actuar y de adquirir conocimiento. Un segundo grupo, con edades entre los treinta y cincuenta y cinco años, no nació en la era digital pero se ha involucrado a conciencia en la tecnología. Esto ha generado en ellos necesidades imperantes en el manejo de diferentes aparatos electrónicos que suplen mediante razonamientos adquiridos en épocas pasadas, lo cual ha suscitado problemáticas que se visibilizan en su quehacer diario. A este grupo de personas se las denomina, según Marc, "inmigrantes digitales", grupo al que pertenecen la mayoría de docentes de las instituciones de educación superior que centran sus esfuerzos en llevar a sus estudiantes a la comprensión de contenidos a partir de estrategias didácticas que tienden alejarse de las formas actuales como los estudiantes construyen su conocimiento (Prensky, 2001). Esto ha llevado a considerar el papel de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje y se ha encontrado que:

> *Los nativos digitales, estudiantes de hoy en día y del mañana, no son los sujetos para los que los sistemas educativos y sus procesos de aprendizaje fueron diseñados. Sus profesores son, en el mejor de los casos, inmigrantes digitales que han hecho el esfuerzo de acercase a las nuevas tecnologías e intentan enseñar en un lenguaje muchas veces incomprensible para estos nativos digitales, pudiendo producirse cierto rechazo, o pérdida de atención o de interés. Es lógico pensar que existe el riesgo de brecha entre la cultura de los nativos digitales y aquella que enseñan sus profesores. Los docentes saben menos de la tecnología que sus estudiantes y, en consecuencia, los nativos digitales pueden estar siendo formados en un modo que no es relevante para ellos. La enseñanza "analógica" tradicional no los puede preparar de una forma óptima porque el uso de esas tecnologías es uno de los nexos que los unen y los definen como generación o colectivo. Su nivel de decodificación visual es mayor que en generaciones anteriores y rechazan en ocasiones los modos tradicionales*

> *de exposición, solución de problemas, toma de decisiones y otros utilizados en los procesos de educación. Es difícil mantenerlos atentos en una clase tradicional de exposición de contenidos por parte del profesor, porque tienen la percepción de que ese contenido lo pueden consultar en internet, intercambiar entre ellos, localizar otras fuentes o elaborar mapas o visualizaciones. En definitiva, tienden a participar activamente en la construcción de su propio conocimiento. "Ante esta situación, o bien los inmigrantes digitales aprenden a enseñar de una manera diferente y más atractiva, o bien los nativos digitales "retroceden" adaptando sus capacidades intelectuales a su entorno de aprendizaje* (García, Portillo, Romo y Benito, 2008, p. 4).

¿Es posible la apropiación del conocimiento sin las TIC?

Las recientes teorías del aprendizaje propugnan que el conocimiento es algo que cada individuo reconstruye, y por lo tanto el conocimiento no se adquiere por mera transmisión. En consecuencia se sostiene que las estrategias del aprendizaje más efectivas son las que explotan el principio de aprender haciendo (Labori de la Nuez y Oleagordia Aguirre, 2000). Pero la importancia de adquirir conocimiento no se enfoca principalmente en el uso de las TIC, ni tampoco se le puede entregar la responsabilidad de formación a las aplicaciones tecnológicas. Para la comprensión de un concepto físico, es necesario conocer su estructura y su funcionamiento que se traduce por la actualización de las relaciones reciprocas existentes entre tres elementos a saber: el modelo físico, el plan fenomenológico de la descripción de la realidad y el aparato matemático formal de la teoría (Campelo Arruda y Marín Antuña, 2001). Esto, puede estar mediado por las TIC con una construcción coherente de sentido por parte del docente y sus estudiantes. Las TIC *per se* no se constituyen en el elemento educativo que transforme las maneras de apropiarse del conocimiento, detrás de ellas hay intencionalidades, buenas o malas, que han sido construidas desde lógicas provenientes de seres humanos pensantes.

En el modelo didáctico que se propone, ¿se entregarían guías de laboratorio?

Primero, es necesario clarificar que durante el proceso de orientación de la práctica de laboratorio y su ejecución por parte de los alumnos, tanto estos como el profesor se sumergen desde su inicio en un proceso de análisis y reflexiones cognitivas y metacognitivas en el docente concibe cada una de las acciones y procedimientos que se deben ejecutar para el cumplimiento de los objetivos

previstos y orientan y planifican sus acciones de acuerdo con las propuestas del profesor, elaboran sus propias estrategias de aprendizaje y se autorregulan mediante las correcciones hechas por otros más adelantados; de hecho, la manera de adquirir el conocimiento físico (y así debería ser su enseñanza) es un camino inductivo-deductivo. Específicamente, se comienza por el experimento; es decir, la base fenomenológica y se induce la ley general. En un segundo momento se pasa a la deducción; es decir, se comienza por las presuposiciones teóricas inducidas y se va de lo general a lo particular por medio de un desarrollo teórico-matemático para obtener como consecuencia el resultado que experimentalmente desde un principio llevó a la inducción (Campelo Arruda y Marín Antuña, 2001).

En este orden de ideas, la orientación que ofrece el profesor debe propiciar que la actividad de aprendizaje se erija en unidad subjetiva del desarrollo personal, para lo cual es necesario que esta posea significación (significado y sentido para el alumno) y se pongan de manifiesto contradicciones que puedan ser resueltas dentro de la zona de desarrollo potencial del alumno, según el concepto de zona de desarrollo próximo planteado por Vygostky.[1] Si se logra que el sujeto construya de forma consciente, reflexiva y emocional su propia orientación y le imprima su sentido personal, se puede afirmar que se ha conseguido una orientación personalizada. Esto ocurre habitualmente gracias a actividades que él mismo selecciona o crea, comunicándose de esta manera con la sociedad de forma directa o con sus productos o a través de su pensamiento reflexivo e incorpora lo nuevo y significativo a su experiencia personal. Solamente el desarrollo investigativo permitirá determinar la estrategia necesaria para orientar el trabajo de los estudiantes en el laboratorio, a pesar de que en la actualidad no hay un consenso entre los docentes en cuanto a materializar la orientación a los alumnos para la práctica de laboratorio por medio de un sistema de orientaciones o guía metodológica impresa o en formato electrónico en sitios web de la red intranet o hacerlo de forma verbal en actividades teóricas de la asignatura mediante la formulación de situaciones abiertas (Crespo Madera, Álvarez Vizoso, y Bernaza Rodríguez, 2005).

Ahora bien, ¿qué significa apropiación significativa del conocimiento? ¿En qué momento es propicio entregar la guía al estudiante para que esto sea posible?

1. Vygotsky presenta su concepto de zona de desarrollo próximo (ZDP) como la distancia en el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz (Vygotsky, 2000).

Una apropiación significativa del conocimiento encarna llevar a cabo una gama de actividades que requieren pensamiento en cuanto a un tema: explicarlo, encontrar evidencia y ejemplos, generalizarlo, aplicarlo, presentar analogías y representarlo de una manera nueva**.** Por ejemplo, si un estudiante "conoce" la física newtoniana de tal manera que pueda aplicar las ecuaciones a problemas rutinarios de texto, ello no significa que realmente comprende la teoría. Pero, admitamos que el estudiante encuentra ejemplos en su experiencia diaria y además establece hipótesis que ilustran la teoría (podría imaginar unos astronautas en el espacio que emprenden una batalla de bolas de nieve. ¿Qué pasaría si al lanzar las bolas estas los impactan?). En la medida en que el alumno maneje de manera más efectiva un sinnúmero de actividades que requieran pensamiento acerca de las leyes de Newton, se podría afirmar que realmente las comprende y por tanto se da una apropiación significativa del conocimiento (Perkins y Blythe, 1994). Zambrano (2008) manifiesta que en el momento que una "persona adquiere una sensibilidad y no se limita a practicar solamente lo que sabe sino que hace de dicho saber un modo de vida. La formación es una actitud y una disposición que una adquisición exclusivamente técnica" (p. 6).

La falta de una estación de trabajo y la apatía de los estudiantes frente a la física

Es pretensioso creer que se logrará con una estación de trabajo que tenga instrumentación electrónica, eliminar la apatía de los estudiantes hacia la física; sin embargo, es claro que los estudiantes demandan procesos de enseñanza más acordes con su realidad contextual. Bachelard (citado por Gil Pérez y Guzmán Ozamiz, 1993), señaló con toda claridad setenta años atrás:

> *Me ha sorprendido siempre que los profesores de ciencias, en mayor medida, si cabe, que los otros, no comprendan que no se comprenda […] No han reflexionado sobre el hecho de que el adolescente llega a la clase de física con conocimientos empíricos ya constituidos: se trata, pues, no de adquirir una cultura experimental, sino más bien de cambiar de cultura experimental, de derribar los obstáculos ya acumulados por la vida cotidiana* (p. 129).

Hoy día, con el auge de las tecnologías en informática y comunicación, se percibe un estudiante con una visión de realidad muy distinta de la de sus antecesores. Sus necesidades y comportamientos no son tan estáticos en el tiempo y por tanto la solución de problemas se lleva a cabo por procedimientos no concatenados cronológicamente. Su proceder y conocimiento se apoyan en lo sensorial, por

ende la experimentación y la validación (funcionamiento) van ligadas a los conceptos teóricos a fin de ser verdaderamente ser aprehendidos.

¿Qué es un laboratorio con instrumentación electrónica?

Un laboratorio con instrumentación electrónica está pensado como un espacio que involucra varias disciplinas, entre ellas la electrónica, la informática, el diseño industrial y la automática, así como las ciencias físicas y matemáticas. En él se conjugan los diferentes saberes para construir un entorno que facilite el trabajo de experimentación y la adquisición y procesamiento de datos de proyectos relacionados con Física Mecánica. A partir de un estudio ergonómico y antropométrico se busca diseñar un entorno donde el estudiante se sienta cómodo y se identifique con él. Así mismo, la electrónica y la informática le ofrecerán la posibilidad de usar sensores, transductores y sistemas de adquisición de datos que podrán ser procesados rápidamente con el propósito de obtener resultados más eficientemente y verificar las hipótesis planteadas. En general, el laboratorio debe ser un espacio donde el estudiante, de manera libre, desarrolle sus comprobaciones de las teorías previamente estudiadas con sus docentes, cumpliendo así con los requerimientos tecnológicos que en la actualidad hacen parte del quehacer de los discentes.

En la forma como se llevan a cabo las prácticas de laboratorio en el momento actual cabría preguntarse, entonces, cuáles son las competencias de que carece o no se apropia el estudiante**.** El laboratorio no se debe visualizar de manera instrumental como un espacio donde se pretenda que los estudiantes adquieran las competencias propias a su formación profesional, especialmente cuando la organización académica típica responde a las necesidades de las profesiones. En este sentido, Zambrano (2008) señala que el aprendizaje en la universidad está sujeto a necesidades propias del mercado laboral, inscritas en demandas y realidades del mundo de las profesiones, de ahí que el término más empleado actualmente es el de competencia para referirse a las capacidades, habilidades y destrezas que le permitan desempeñarse en un determinado contexto, sobre todo laboral. Adicionalmente, considera que las modalidades académicas obedecen a la lógica del modelo de la profesión y enfatizan en la adquisición de habilidades y destrezas antes que en un modo de pensar, constituyéndose así en expresiones reales del mundo de la producción. Revela que el mayor agravante radica en que la enseñanza universitaria no deriva de procesos investigativos y los sujetos que participan no gozan del estatuto de "sujetos de saber" y los

procesos de aprendizaje son más acumulación que racionamientos críticos. "Los modos de saber, su transmisión y reproducción están alejados, desconectados e inmersos en una lógica de consumo" (p. 7).

Paralelo a lo anterior, según Corvalan y Hawes Barrios (2006)

> *[…] los expertos plantean que actualmente el capital del conocimiento instalado en las distintas disciplinas se multiplica por dos cada cinco años. Esto es lo que hace absurdo formar profesionales muy especializados en áreas específicas, porque a mayor especialización mayor es la caducidad del conocimiento. La tendencia es que el profesional tenga ahora el* know why*, esto es, que sea capaz de explicarse por qué ocurren las cosas; el* know what*, esto es el qué ocurre en su dimensión más descriptiva; el* know how*, que es una competencia asociada a las prácticas, y el know who, puesto que hoy el conocimiento está en redes y lo importante para el profesional es saber quién lo tiene y dónde está.*

Esta dinámica propicia la formulación de estrategias de tipo didáctico que se derivan en acciones propias del quehacer docente en consonancia con los propósitos de formación de los programas de estudio.

Cabe preguntarse, entonces, si a escala universal los físicos e ingenieros que se graduaron antes de poner en marcha esta novedosa propuesta (estación de trabajo + modelo didáctico) alcanzaron la formación pertinente en el contexto nacional e internacional.

Es difícil comparar dos momentos de educación, especialmente cuando han estado mediados por los avances tecnológicos. Lo que sí es evidente es que las transformaciones culturales, económicas y ambientales han llevado a un cambio substancial en la forma de actuar de los individuos de las comunidades humanas de hoy. Cincuenta años atrás los retos de un ingeniero eran otros, más aún cuando hoy en día se han desarrollado herramientas computacionales que simplifican el trabajo de diseño. La pertinencia de la formación está asociada con las situaciones sociales del momento las cuales exigen habilidades y destrezas propias a un contexto inmediato. Sería un buen ejercicio mental traer un ingeniero del pasado, ubicarlo en una situación problemática actual y observar sus desempeños, razonamientos, formas de actuar, tiempos empleados y uso de herramientas; quizá logre la solución, pero pasará dificultades. Si trasladamos al pasado un ingeniero de hoy se verá privado de toda posibilidad para lograr una solución a un problema planteado, dado que sus herramientas de trabajo no existirían y su dinámica de razonamiento será más veloz que la situación

tecnológica que lo rodea en ese momento. En este caso, no es dado aseverar que este ingeniero no tiene la formación adecuada; simplemente no forma parte de su contexto cotidiano.

En términos generales, asumir que no se debe transformar las maneras de aproximarse al conocimiento es un pensamiento simplista que reduce el uso de la tecnología a una acción meramente funcional de almacenamiento de datos y no busca versatilidad y confrontación de estructuras de pensamiento alrededor del mundo ni se vale de la velocidad que permiten las diferentes redes de comunicación.

¿Por qué se afirma que las actuales prácticas de laboratorio no tienen estructura ni son dinámicas? ¿Cuándo una práctica tiene estructura? ¿Cuándo es dinámica? Quizá un análisis exhaustivo de las prácticas de laboratorio permita concluir que están debidamente estructuradas y tienen un componente cognoscitivo importante; pero, un análisis más riguroso del ejercicio directo de las prácticas de laboratorio nos facultaría para colegir que es un proceso disgregado, carente de racionamiento científico y limitado en la comprensión fenomenológica por parte de los estudiantes.

Una práctica es dinámica cuando moviliza diferentes aspectos que conlleven una participación plena de los educandos y no se centra simplemente en la obtención de datos. El dinamismo se puede evidenciar en la solución de un problema concreto que demande la aplicación de conceptos físicos y promueva en los estudiantes la construcción de su propio prototipo de prueba a partir de elementos básicos de medición que se suministren en el laboratorio.

¿Las prácticas de laboratorio tradicionales se desarrollan en un contexto social?

Actualmente se forman grupos de cuatro estudiantes, quienes toman las medidas juntos, se colaboran mutuamente, entregan un solo informe, se comunican, comparten información y se les plantean situaciones nuevas para indagar en el ítem de preguntas.

En este sentido esto es coherente con los planteamientos de Crespo *et al* (2005):

> *La práctica de laboratorio es un proceso de enseñanza-aprendizaje administrado por el profesor, que como resultado de las relaciones sociales entre los sujetos que participan: alumno-profesor-especialistas-alumno-fuentes de información, se ejecuta de modo sistémico a través de una metodología que lo organiza por eta-*

> *pas, tanto en el plano instructivo (objetivos) por la adquisición de las habilidades intelectuales y manuales que se forman al capacitar al alumno para investigar, hacer ciencia y resolver el encargo social mediante la solución de la una situación problemática (problema) concientizada al actuar sobre el objeto de estudio; como en el plano educativo apropiándose de toda una cultura social en correspondencia con el contexto histórico cultural en que ocurre, implícita en la interacción con las fuentes de información relacionadas con el Contenido de la actividad; expresada en la participación colaborativa, activa y consciente de los alumnos con la aplicación de métodos que motiven y despierten el interés, por la asignatura y la profesión, organizado y planificado en espacio y tiempo, observando estructuras organizativas (forma) a partir de los medios (recursos materiales, humanos e informáticos) puestos a disposición de la dinámica de la actividad, determinada por las relaciones causales entre los componentes descritos, y de ellos con la sociedad, que expresados en el comportamiento del alumno en la ejecución de la práctica de laboratorio y la comunicación del informe técnico donde muestra los resultados obtenidos, conlleva a la evaluación final de la práctica de laboratorio con independencia de controles parciales que llevan a la regulación del aprendizaje. Es por tanto, una actividad docente manifestada como proceso, donde están presentes cada uno de los componentes personales: alumno-profesor, y no personales: problema, objetivos, objeto de estudio, medios, formas, métodos, contenido y la evaluación, en continua y sistemática retroalimentación* (p. 9).

Pero el problema va más allá de proponer un trabajo en grupo. Los hechos indican que las intencionalidades docentes alrededor de la práctica de laboratorio no se ejecutan totalmente. Se evidencian situaciones en las que la práctica se transforma en una división del trabajo cuyo enfoque principal es la elaboración del informe a partir de los datos tomados en el ejercicio práctico. Casualmente, los estudiantes se rotan el trabajo del informe y presentan documentos altamente elaborados, pero sin evidencias que le permitan al docente construir una concepción clara del aprendizaje logrado en sus estudiantes, especialmente en el sentido de si comprendieron la temática cómo un constructo global.

¿Se deben plantear dos modelos didácticos, uno para el laboratorio y otro para la enseñanza de la física? ¿Son el mismo modelo? ¿El modelo para el laboratorio resuelve el problema de la enseñanza de la física?

En este proceso no se trata de afrontar por separado la instrucción de la Física Mecánica que se hace en el aula (teoría) con lo que se desarrolla en el laboratorio (práctica) ya que se entiende que el laboratorio es el espacio donde el docente y sus estudiantes hacen la verificación teórica de los fenómenos estudiados en

el aula. Por esta razón, es inútil elaborar un modelo para que el aprendizaje se evidencie de manera crítica y significativa en los estudiantes, independiente si el trabajo se hace en el laboratorio o en el aula donde se imparte la "enseñanza de la física".

Castiblanco y Vizcaíno (2006) plantean dos obstáculos para la enseñanza de la física en un ámbito de pensamiento crítico y reflexivo. El primero es ideológico y hace que el estudiante no le encuentra sentido al estudio de teorías y fórmulas trazadas por científicos, las cuales solo les sirven a ellos y no al común de los estudiantes, quienes no se ven como futuros científicos y solo buscan para su futuro algún campo que no tenga que ver con matemáticas o ciencias exactas.

El segundo obstáculo es de tipo circunstancial y epistemológico y se presenta en contextos educativos de nivel básico y medio cuyo objetivo es "formar personas" críticas y autónomas capaces de generar cambios en la sociedad y en sí mismos, de manera que la pregunta es cómo contribuir a ello desde la enseñanza de la física. Frente a esto planteamos una posibilidad que tiene que ver con el desarrollo mismo de la persona en aspectos como la autoestima, los efectos de sus actos, su capacidad de creación y reflexión e incluso con el efecto que podrían tener los desarrollos científicos en la cultura humana. Es un reto que se debe afrontar y en este sentido se han dado muchos intentos debidamente documentados, pero no se puede olvidar que la educación debe ser dinámica y estar al ritmo de los avances tecnológicos y las transformaciones sociales.

¿El problema de los laboratorios radica en el procedimiento para la toma de los datos experimentales? ¿Se tiene claridad en el concepto de la medida en física y su tratamiento?

La medición ha sido un asunto que desde hace décadas involucra la formación de los ingenieros. Es claro que los desarrollos de la ingeniería están ligados con dimensiones, precisiones y exactitudes que deben acompañar los diseños y en esta vía el desarrollo de sistemas de procesamiento de datos, simuladores y *software* aplicado a la ingeniería han permitido que estos profesionales tengan certeza acerca de las magnitudes físicas relacionadas con sus proyectos al entregar confiabilidad y alto porcentaje de certidumbre en cada uno sus diseños. Esto no significa que en la academia se debe dejar de lado la conceptualización en medición y el tratamiento que deba tener para lograr resultados acordes con la realidad teórica que la circunda. Es necesario que los estudiantes de las facultades de ingeniería se comprometan simbióticamente con el uso de herramientas

tecnológicas que permitan una comprensión más asertiva de la realidad que los circunda. Hoy en día, los estudios relacionados con la medición pueden hacerse en un ambiente mediado por lo tecnológico sin afectar los conceptos teóricos que ratifican una u otra ley física.

¿En qué fallan Pasco, Leybol y los grandes diseñadores y constructores de equipos de laboratorio de alta precisión y aplicación de avanzadas tecnologías? ¿Cuál es la solución innovadora en este proyecto?

Consideramos que no es posible competir con grandes diseñadores y constructores de equipos de laboratorio de alta precisión y aplicación de avanzadas tecnologías, pero sí es claro que el proyecto busca como solución innovadora –a través de un modelo didáctico y utilizando una estación como elemento dinamizador de las acciones de los estudiantes– transformar las maneras de aproximarse al estudio de la Física Mecánica por parte de docentes y estudiantes. Es demostrar que el estudio de la física en las instituciones de educación superior se puede llevar a cabo holísticamente entre teoría y práctica y no de manera disgregada en la cual los momentos teóricos, prácticos de papel y prácticos de laboratorio van por separado.

También es claro, tal como lo manifiestan Crespo y colaboradores (2005) que hoy en día el equipamiento de laboratorio ha evolucionado y tecnificado en grado sumo, al punto que ha quedado atrás el tiempo en el que había que tener en cuenta más el montaje experimental que el fenómeno físico que se estudiaba. Al profesor le debe llevar poco tiempo articular las prácticas de laboratorio cuando disponga de los recursos necesarios, los materiales sean fiables y los instrumentos de medición exactos, a fin de disminuir las fuentes de errores, logrando así correspondencia entre los resultados de las medidas y la predicción de la teoría. No obstante, se requiere que los docentes y el personal técnico encargado conozcan al detalle cómo funciona cada montaje experimental y cada equipamiento para entender el porqué de los resultados obtenidos (Crespo Madera, Álvarez Vizoso y Bernaza Rodríguez, 2005).

Bibliografía

– C. V. y Hawes Barrios, G. (2006). *Aplicación del enfoque de competencias en la construcción curricular de la Universidad de Talca,* Chile. *40* (1).

– Campelo Arruda, J. R., y Marín Antuña, J. (2001). "Un sistema didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la física". En: *Revista Brasilera de Ensino de Física.* 23 (3).

– Castiblanco, O., y Vizcaíno, D. (2006). "Pensamiento crítico y reflexivo de la enseñanza de la física". En: R*evista Colombiana de física.* 38 (2).

– Crespo Madera, E. J., Alvarez Vizoso, T., y Bernaza Rodríguez, G. (2005). *Monografías.com.* Recuperado el 25 de junio de 2010, de http://www.monografias.com/trabajos29/practicas-laboratorio/practicas-laboratorio.shtml

– García, F., Portillo, J., Romo, J., y Benito, M. (2008). *Nativos digitales y modelos de aprendizaje.* País Vasco: Organización de Estados Iberoamericanos.

– Gil Pérez, D. y Guzmán Ozamiz, M. (1993). *Enseñanza de las ciencias y la matemática. Tendencias e innovaciones.* Organización de Estados Iberoamericanos.

– Labori de la Nuez, B., y Oleagordia Aguirre, I. (2000). "Estrategias educativas para el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación". En: *Revista Iberoameriana de Educación.*

– Perkins, D., y Blythe, T. (1994). P*utting Understanding Up Front.* Educational Leadership. *51* (5).

– Prensky, M. (2001). *Digital Natives, Digital Immigrant*s. On de Horizon. MCB Universty Press. 9 (5).

– Vygotsky, L. (2000). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores.* Barcelona: Biblioteca de bolsillo.

– Zambrano, A. (2008). "Formación y autonomía. Tensiones en las modalidades académicas típicas". En: *Revista Colombiana de Educación Superior.* Universidad Santiago de Cali. 1 (0).

La didáctica en Física. Un estado del arte en el laboratorio[*]

Juan Carlos Cruz Ardila

* Este capítulo dio lugar a la publicación "Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las TIC". *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*. No. 35. 2012. Disponible en http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/354/669

Introducción

Para el desarrollo del proyecto se parte de una hipótesis importante está asociada con el interés y nivel de desempeño de los estudiantes en el uso de aparatos tecnológicos empleados en comunicación, entretenimiento y estudio, pero que, infortunadamente, se han potenciado muy poco para lograr un aprendizaje significativo en áreas como la física. Esto se presenta porque hay docentes que conservan una metodología ortodoxa y poco aportan en la construcción de transiciones importantes que articulen estrategias didácticas acordes con el desarrollo de habilidades propias de los jóvenes actuales. Es así como se cimenta un estado del arte de la situación problemática relacionada con la didáctica de la física, la aplicación de TIC y el uso de la teoría de Gowin en el desarrollo de prácticas de laboratorio como una manera de explorar el tema y orientar el trabajo investigativo. Metodológicamente, se revisó lo concerniente a aplicaciones relacionadas con la materia y sus efectos en los laboratorios de física y se tomó como punto de referencia temporal lo acontecido en los últimos diez años, período suficiente para observar cambios en las tendencias y los resultados de las aplicaciones obtenidas. El estado del arte permite detectar avances, dificultades y tendencias en el campo que nos ocupa. Para la búsqueda de información se acudió a tres tipos de fuentes: bibliotecas, centros de documentación e internet,

a partir de las cuales se llevó a cabo una revisión bibliográfica de libros, revistas especializadas y publicaciones electrónicas nacionales y extranjeras.

La didáctica en física

La didáctica de la física relacionada con los asuntos de enseñanza y aprendizaje, tiene como fin orientar los procesos de pensamiento que conduzcan a la adquisición de conocimientos propios de la física. No debe ser entendida como "un conjunto de actividades que rompen la rutina del aula de clase, divierten a los estudiantes o les dan un momento de esparcimiento y relajación" (Auzaque, Contreras y Delgado, 2009); es decir, no consiste en inventar estrategias facilistas y sin objetivos, sino que esta debe aparecer cuando el docente piensa en su quehacer para que los estudiantes manejen e implementen temas de física, a sabiendas de las dificultades que esto trae. Tal como lo plantea Pulido (2009), este proceso no se lleva a cabo en una sola dirección, sino que indaga y profundiza en dos sentidos: en los conocimientos del área por parte del profesor y la forma de impartirlos y en los procesos de apropiación por parte del estudiante. Una actividad en la que se ve inmerso un profesor que razona sus clases, es observar bajo otros puntos de vista (otras situaciones físicas) los conceptos que absorbió de la lectura, pero que al reflexionar sobre su validez pueden tener debilidades o errores o simplemente no ser válidos para determinadas situaciones que se planteen en el aula. Esto conduce al profesor a hacer una epistemología propia del tema al preguntarse por la pertinencia de las ideas que él genera en su mente. Es así como "la manera como el profesor imparta su clase, determinará qué imagen de ciencia el estudiante puede tener y acceder, también qué procesos de pensamiento, podrá llevar a cabo en este" (Pulido, 2009, p. 12)

Las investigaciones de varios autores (López, 2002), (García Sastre, Insuasti M., y Merino, 1999), (Gil Pérez, y otros, 1999), (Campelo Arruda y Marín Antuña, 2001), (Ubaque Brito, 2009) se han centrado principalmente en la construcción de propuestas para que los estudiantes orienten su estudio en la comprensión de los fenómenos propiamente y no en el desarrollo matemático al que muchas veces se ven expuestos. Infortunadamente, subsiste una concepción errada por parte de los discentes de física respecto a la dificultad de su comprensión, especialmente cuando consideran que no poseen las herramientas matemáticas pertinentes, lo cual ha generado actitudes conducentes a aumentar los índices de deserción y repitencia. Así mismo, se ha determinado que la enseñanza de la física continúa siendo conductista (Kurki-Suonio y Hakola, 2007) y en ella el profesor se concentra en trabajar la teoría programada para la clase y procede

concomitantemente a plantear ejercicios de lápiz y papel dejando de lado la verdadera comprensión de los fenómenos.

Lucero y otros (Lucero, Concari y Pozzo, 2006) razonan sobre la cuestión de la enseñanza de física en el ciclo básico universitario y concuerdan en dos grandes propósitos: primero, brindar a los estudiantes sólidos conocimientos de la disciplina para abordar las problemáticas específicas de un campo profesional determinado y empaparse de las nuevas tecnologías que vienen y que vendrán en la sociedad cambiante del mundo moderno; segundo, desarrollar habilidades para el funcionamiento autónomo en los estudios científicos y en la resolución de problemas prácticos inherentes a cada profesión. Bajo esta perspectiva, exponen que en los últimos años se han llevado a cabo pruebas de implementación de diversos métodos en los laboratorios de física para cumplir estos propósitos y enfrentar los imaginarios de que los estudiantes trabajan problemas en las clases buscando afanosamente fórmulas que los conduzcan a los resultados correctos y en el laboratorio operan de forma automática y correctamente dispositivos, pero fracasan cada vez que deben analizar los fenómenos involucrados en la experiencia.

Gil y otros (1999) refieren en su documento una problemática que desde años atrás se presenta en los cursos básicos de física. Consideran que el profesor busca que el estudiante vea con claridad el camino; en otros términos, que un planteamiento problemático finalmente no lo sea para sus discentes. Ello ocasiona que los alumnos "aprendan la solución y la repetirla ante situaciones prácticamente idénticas, pero no aprenden a abordar un verdadero problema" (p. 7) y cualquier variación por pequeña que esta sea, les supone dificultades insuperables que se reflejan en un uso no significativo de datos, fórmulas e incógnitas y llevan comúnmente al abandono. Su propuesta se orienta a articular prácticas de laboratorio, problemas de lápiz y papel y aprendizaje conceptual y no a trabajarlas por separado, como se hace habitualmente en muchas instituciones educativas. Finalmente, sugieren una revisión de la evaluación del aprendizaje de la ciencia y consideran fundamental hacer una restructuración a los mecanismos empleados y por ser más coherentes con la actividad científica.

Una propuesta de tipo didáctico trabajada por Ubaque (2009a) y Douglas De La Peña y otros (2006) plantea la importancia de fortalecer el lenguaje en la física. Manifiestan que siempre

> *[…] ha existido un lenguaje de comunicación entre la comunidad científica y la física misma, el cual ha permitido desarrollar las ideas que explican coherente-*

> *mente un fenómeno, entendiéndolo desde el análisis teórico o desde la actividad experimental. Tal lenguaje en general es asociado a las matemáticas. Este hecho trae consigo efectos negativos en la comprensión del fenómeno por parte del estudiante, ya que ha visto la física como una ciencia abstracta y difícil, la cual solo es necesario aprobar* (p. 20).

La idea principal de la propuesta consiste en cómo orientar la actividad del discente en función del aprendizaje de la física con significado y sentido personal, usando el lenguaje simbólico de la disciplina como instrumento. Las actividades se encauzan a la apropiación de conocimientos y al desarrollo de habilidades y valores en el contexto de la enseñanza de la física que contribuyan a su desarrollo cultural e integral. El docente debe reconocer la importancia de las preconcepciones del estudiante y la manera como se relacionan con la teoría que se trabaja en las aulas. Se propone que el maestro ejercite cinco elementos básicos derivados del modelo constructivista:

1. Uso de las preconcepciones.
2. La ejecución de actividades introductorias.
3. Dar a conocer el fundamento teórico.
4. El trabajo experimental.
5. Actividades de cierre o finalización.

Se pretende, al final de esta metodología, que el estudiante por sí mismo confirme o rechace las ideas que sobre un determinado concepto tiene, lo cual permite la transformación conceptual y de ideas.

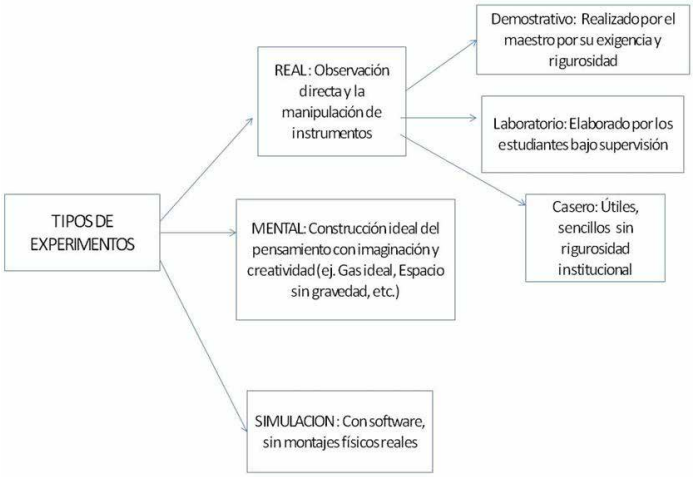
Lucero y otros (2006) consideran fundamental para el avance y mejoría de los procesos pedagógicos en los laboratorios de física, entender que no solo se puede abordar la resolución de problemas desde una mirada cuantitativa, sino que también es necesario vincular procesos reflexivos que posibiliten un análisis cualitativo, lo cual exige una lectura comprensiva del enunciado a fin de identificar el problema real y el área de conocimientos pertinente. Involucra un análisis conceptual profundo de la situación en estudio a la luz de las teorías y principios que sustentan el fenómeno y en ello radica su potencialidad para conducir a aprendizajes significativos.

Dentro de los procesos didácticos, el uso del experimento se torna esencial para la enseñanza y comprensión de la física. Autores como Fonseca, Hurtado, Lombana, y Ocaña, 2006; Flores, Caballero Sahelices, y Moreira, 2009) catalogan el experimento como la principal herramienta que posee la didáctica en

la física y parte esencial y fundamental del proceso de la enseñanza, en virtud a que proporciona al estudiante un pensamiento creativo y le otorga confianza en la investigación científica, lo cual lo facultará para descubrir y comprobar determinados fenómenos o principios científicos. El experimento le dará al estudiante una visión de la física más práctica, real y emocionante en la que pueda, refutar, admitir y consolidar los principales estamentos de la disciplina. Los autores destacan asimismo tres clases de experimentos a saber: real, mental y de simulación (Figura 1).

Figura 1

Tipos de experimentos que pueden ser desarrollados con los estudiantes



Los experimentos típicos son aquellos que se llevan a cabo en el laboratorio y en ellos el estudiante tiene la posibilidad de interactuar con los elementos de medición y estudiar el fenómeno utilizando los sentidos. El experimento mental se caracteriza por comprender fenómenos de la física difíciles de comprobar empíricamente (como el principio de inercia) y los experimentos virtuales responden a un tipo de prácticas actualmente en auge gracias al desarrollo de las TIC. En general, son programas de computador que brindan alternativas al maestro para mostrar y enseñar un fenómeno natural mediante la visualización de los diferentes estados que pueda presentar (Ubaque, 2009).

Este tipo de herramientas de experimentación les permite a los educandos cambiar las condiciones de un problema determinado sin poner en riesgo su integridad ni la de los equipos técnicos que intervienen. Cualquiera de estos

experimentos debe ser un camino para la motivación del aprendizaje y la comprensión del fenómeno físico, razón por la cual la selección deber ser cuidadosa y estar de acuerdo con las estrategias metodológicas, el plan de estudios y el proceso del estudiante a medida que asimila el contenido de la asignatura. Finalmente, los autores concluyen que es fundamental el referente histórico del experimento debidamente preparado y relacionado con el tema, a fin de permitir al estudiante la comprensión holística de la naturaleza del fenómeno físico.

Por otra parte, autores como Torres y Vija (2009) plantean la urgencia de diferenciar entre una práctica de laboratorio y una experiencia de laboratorio. La práctica se caracteriza por tener asociada una guía que señala paso a paso cada una de las actividades que debe llevar a cabo el estudiante para alcanzar los objetivos trazados. Flores, Caballero Sahelices, y Moreira (2009) mencionan que

> *[…] la enseñanza tradicional tipo "receta de cocina" no contribuye a que los estudiantes puedan comprender lo que es la actividad o investigación científica. Es posible que ese tipo de enseñanza sea útil para aprender a seguir instrucciones o desarrollar habilidades técnicas, pero no se le debe sobrevalorar en cuanto a su alcance didáctico* (p. 82).

Por su lado, Torres en la experiencia de laboratorio plantea que

> *[…] el estudiante se enfrenta a un problema previamente planeado por el profesor de manera que pueda moldear preguntas que generen conflicto en el estudiante, este pueda opinar y generar un debate en la clase intentando así dar una solución a la problemática planteada* (p. 32).

Es así como la construcción de experiencias de laboratorio obliga al docente a un planeamiento más organizado de cada una de las situaciones que facultarán al estudiante para enriquecer su conocimiento propio de la física. Torres y Vija (2009) desarrollan un ejemplo concreto de experiencia de laboratorio relacionado con la primera ley de Newton (inercia) y describen el procedimiento didáctico aplicado. Destacan cómo los estudiantes desarrollan una alta capacidad de producción de conocimiento a partir del problema planteado y señalan que este tipo de acciones demandan tiempo prolongado de preparación por parte del docente.

Finalmente, García Sastre, Insuasti M. y Merino (1999) determinan que en el trabajo práctico (TP) el estudiante debe documentarse sobre el tema, plantearse el problema en sus justos términos y formular hipótesis que ha de contrastar mediante experimentos que él mismo decidirá y proyectará. Una vez elaborado el

proyecto previo y ser revisado por el profesor, este decidirá si el alumno (o grupo de alumnos) está en condiciones de iniciar su experimentación o, por el contrario, deberá retocarlo, completarlo o rehacerlo. La revisión previa del proyecto no se hace con un fin calificador, sino para adecuar la preparación del alumno a las necesidades que el desarrollo de este tipo de TP requiere y asegurarse de que se involucre en el problema para de esta forma lograr el aprendizaje, amén de que permite que el profesor tenga una constancia del progreso en el trabajo y le da oportunidad de ejercer una eficaz función tutorial. En este sentido, el docente analiza la coherencia en el diseño, su fundamentación teórica, si se han formulado hipótesis acordes con la previsión de resolución de su problema, si el diseño experimental es lógico y factible, etc.

Con esta propuesta, los investigadores proponen que los estudiantes contextualicen su trabajo experimental a través de un adecuado desarrollo de la fase preexperimental ligada con el problema de indagación en el laboratorio. Esta intención didáctica es una verdadera apuesta por lograr que los discentes construyan sus conocimientos en física con un verdadero significado conceptual.

El papel de las TIC en la física

Las tecnologías de la informática y las comunicaciones han abierto nuevas posibilidades y expectativas a los docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Como se señala en la *Declaración Mundial sobre la educación superior para el siglo XXI: visión y acción* (Unesco, 1998):

> *La educación superior debe hacer frente a la vez a los retos que suponen las nuevas oportunidades que abren las tecnologías, que mejoran la manera de producir, organizar, difundir y controlar el saber y de acceder al mismo. En un mundo en rápido cambio, se percibe la necesidad de una nueva visión y un nuevo modelo de enseñanza superior, que debería estar centrado en el estudiante, […] así como una renovación de los contenidos, métodos, prácticas y medios de transmisión del saber […] Los nuevos métodos pedagógicos también supondrán nuevos materiales didácticos. Estos deberán estar asociados a nuevos métodos de examen, que pongan a prueba no sólo la memoria sino también las facultades de comprensión, la aptitud para las labores prácticas y la creatividad* (p. 1).

Autores como Pontes (2005) plantean que el uso de programas interactivos y la "búsqueda de información científica en internet ayuda a fomentar la actividad de los alumnos durante el proceso educativo, favoreciendo el intercambio de ideas, la motivación y el interés de los alumnos por el aprendizaje de las

ciencias" (p. 340) Esto permite que un gran número de discentes participen en foros de debate sobre temas científicos o elaboren sus propias páginas web, blog y pequeños programas de simulación en lenguajes como Java. Aunque existen actualmente muchos programas de carácter educativo, algunos profesores no los utilizan y quedan obsoletos sin llegar a aplicarse en contextos educativos reales y sin evaluar su posible utilidad didáctica. La causa –considera el autor– puede deberse al hecho de que tales programas están diseñados en lenguajes de programación de alto nivel y se proporcionan como instrumentos cerrados que el usuario puede ejecutar siguiendo una serie de instrucciones o pasos determinados que son poco comprensibles. En principio, el profesor puede utilizar tales programas sin poseer conocimientos específicos del lenguaje de programación, pero no puede modificar su estructura ni sus contenidos o diseñar actividades de aprendizaje. Una de sus principales propuestas es usar el computador en el laboratorio científico como sistema de control y visualización de sensores físicos y de adquisición de datos en aquellos experimentos que necesitan un gran número de ellos, a fin de ser procesados con programas propios. En la actualidad, los fabricantes de material de laboratorio de ciencias experimentales incluyen un mayor número de equipos experimentales que llevan ordenadores acoplados, los cuales recogen y tratan los datos experimentales a partir de los cuales se pueden ejecutar simulaciones, construir gráficas que muestran la relación entre variables o llevar a cabo cálculos y ajustes de diferente tipo que ayudan al estudiante en el desarrollo de la experiencia. Esta aplicación puede ser muy útil en la enseñanza experimental de la física, la química o la tecnología a nivel básico y avanzado, ya que puede servir de introducción al interesante dominio de la automatización, de tanta importancia en la vida moderna.

García, Portillo, Romo y Benito (2008) afirman en su artículo que el aprendizaje, el estudio y la educación juegan un papel vital en el desarrollo de la sociedad como uno de los motores de su desarrollo, razón por la cual la docencia y los procesos de aprendizaje deben adaptarse a las características de los individuos que en cada momento la componen. En el ámbito educativo, la incorporación de los nativos digitales[1] ha supuesto la introducción de una serie de desafíos. Los

1. La expresión nativos digitales (*digital natives*) fue acuñada por Marc Prensky en un ensayo titulado *La muerte del mando y del control*, en el cual los identificaba con aquellas personas que han crecido con la red y los distinguía de los inmigrantes digitales (*digital inmigrants*), llegados más tarde a las TIC. Nacieron en la era digital y son usuarios permanentes de las tecnologías con una habilidad consumada. Su característica principal es, sin duda, su tecnofilia. Sienten atracción por todo lo relacionado con las nuevas tecnologías. Con las TIC satisfacen sus necesidades de entretenimiento, diversión, comunicación, información y, tal vez, también de formación.

nativos digitales (estudiantes de hoy en día y del mañana) no son los sujetos para quienes los sistemas educativos y sus procesos de aprendizaje fueron diseñados. Sus profesores son, en el mejor de los casos, "inmigrantes digitales"[2] que han hecho el esfuerzo de acercase a las nuevas tecnologías e intentan enseñar en un lenguaje muchas veces incomprensible para estos nativos digitales, que lleva muchas veces al rechazo o pérdida de atención o de interés (Prensky, 2001).

La tecnología forma parte de la cotidianidad de los individuos y debe ser tenida en cuenta en los procesos formativos; de lo contrario, el estudiante se cuestionará si le sirve de algo lo que está aprendiendo o si lo que vive en las aulas tiene relación con su quehacer, lo cual le deja grandes vacíos que se traducen en desatención y desmotivación. Es cierto que no se puede involucrar únicamente tecnología, pues por sí sola no logra los objetivos esperados; por el contrario, sin un enfoque pedagógico adecuado estas tecnologías podrían tener un efecto negativo (Alejandro Alfonso C. A., 2004).

Sin embargo, involucrar la tecnología a los procesos formativos requiere una revisión del currículo, pues por sí sola podría ser contraproducente para el aprendizaje. Muchas de las asignaturas han englobado en sus contenidos la posibilidad de actuar a partir de la práctica, lo cual permite el desarrollo de destrezas básicas y de herramientas experimentales para la toma de decisiones y análisis de datos mediante la observación de un fenómeno, la obtención de datos, el análisis de resultados y las conclusiones. En la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI (UNESCO, 1998), auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, se declaraba:

> *Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, los estudiantes deberían aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos* (Gil Pérez, Sifredo, Valdés y Vilches, 2005).

2. Inmigrantes digitales son aquellos que se han adaptado a la tecnología y hablan su idioma, pero con "un cierto acento". Estos inmigrantes son fruto de un proceso de migración digital que supone un acercamiento a un entorno altamente tecnificado, creado por las TIC. Se trata de personas entre los 35 y los 55 años que no son nativos digitales y han tenido que adaptarse a una sociedad cada vez más tecnificada. (Felipe García, Javier Portillo, Jesús Romo, Manuel Benito, 2008).

No se trata de educar a científicos, sino de formar seres integrales que utilicen adecuadamente la ciencia y la tecnología.

García y colaboradores (2008) de la Universidad del País Vasco han propuesto un modelo completo de *e-learning* adaptado para nativos digitales compuesto por los siguientes pasos que forman el proceso formativo:

1. Búsqueda de información en la web.
2. Diálogo, análisis y reflexión compartida en clase.
3. Trabajo individual.
4. Selección y clasificación de material teórico.
5. Producción de nuevos materiales.
6. Simulación práctica.
7. Exposición de los materiales para valoración grupal.
8. Evaluación.
9. Difusión de los resultados.

En este nuevo escenario, el profesor debe modificar su papel en el proceso de aprendizaje y convertirse en organizador de la interacción entre los alumnos y los objetos de conocimiento, generador de interrogantes mediante el estímulo permanente a los alumnos en la iniciativa y el aprendizaje activo con creación, comunicación y participación y guiar los procesos de búsqueda, análisis, selección, interpretación, síntesis y difusión de la información. No se trata únicamente de utilizar herramientas web 2.0,[3] sino y sobre todo, de integrarlas en su práctica educativa.

En la Universidad Central Marta Abreu de Cuba, los profesores Carlos Abilio y Alejandro Alfonso del Departamento de Física de la Facultad de Matemáticas, Física y Computación, han desarrollado una estrategia basada en las TIC para ayudar al alumno a aprender de forma significativa y autónoma los diferentes

3. El término fue acuñado por Dale Dougherty de *O'Reilly Media* en una tormenta de ideas con Craig Cline *de Media Live* para desarrollar conceptos para una conferencia. Dougherty sugirió que la web estaba en un renacimiento, con reglas que cambiaban y modelos de negocio que evolucionaban. Dougherty puso ejemplos (*DoubleClic*k era la web 1.0; *Google AdSense* es la Web 2.0; Ofoto es Web 1.0 y Flickr es Web 2.0) en vez de definiciones y reclutó a John Battelle para dar una perspectiva empresarial, y *O'Reilly Media, Battelle*, y *MediaLive* lanzaron su primera conferencia sobre la Web 2.0 en octubre de 2004. La segunda conferencia se celebró en octubre de 2005. En general, cuando se menciona el término Web 2.0 se refiere a una serie de aplicaciones y páginas de internet que utilizan la inteligencia colectiva para proporcionar servicios interactivos en red dando así al usuario el control de sus datos.

contenidos curriculares. Crearon un *software* interactivo denominado SIDEF (sistema didáctico para la enseñanza de la física) compuesto de tres fases: planificación, realización y evaluación del experimento. Cuando el estudiante ingresa al laboratorio debe traer elaborada la metodología que seguirá para resolver la situación problemática o las tareas específicas de la práctica, amén de tener un primer intercambio con el docente. Luego pasa al proceso de obtención de los datos experimentales y al procesamiento preliminar de estos valores para confrontar, posteriormente, los resultados obtenidos en cada una de las fases (Alejandro Alfonso C. A., 2005).

La V de Gowin[4] como estrategia didáctica aplicable en física

El diagrama V de Gowin es un instrumento que junto a los mapas conceptuales ayudan a los alumnos a aprender a aprender; o lo que es lo mismo, a aprender significativamente.[5] Hay investigaciones que demuestran que los alumnos mejoran en su comprensión del aprendizaje significativo cuando adquieren conocimientos acerca del proceso de construcción del conocimiento y a esto contribuye la V de Gowin. El diagrama V está formado por tres zonas bien diferenciadas (ver Imagen 2):

Lado izquierdo: Es el lado conceptual del diagrama (pensamiento). Es la teoría, el conocimiento; es el lado de "pensar". Incorpora el conocimiento al estudio.

Lado derecho: Es el lado metodológico (acción). Aquí se puede trabajar aquello que ha sido observado y manipulado. Es el lado de "hacer". Este conocimiento es construido dentro de su estudio.

Vértice de la V: Es el nexo de unión entre ambos lados.

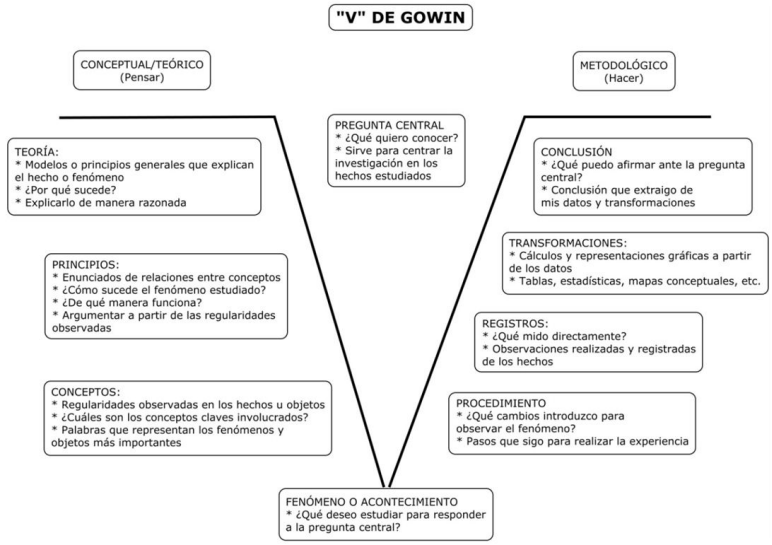
El diagrama V de Gowin (Imagen 2) tiene alguna semejanza con los mapas conceptuales en que ambos van de lo general a lo específico, se da una jerarquización y son instrumentos que potencian el aprendizaje significativo.

4. En 1977, Bob Gowin presentó la creación de esta herramienta heurística en forma de V como medio para representar los elementos implicados en la estructura del conocimiento. Inicialmente fue desarrollado para ayudar a clarificar la naturaleza y los objetivos del trabajo de laboratorio de ciencias y posteriormente para decodificar el conocimiento "empaquetado" en artículos de investigación y su proceso de producción, en cualquier área.
5. Teoría desarrollada por el psicólogo cognitivo David Paul Ausubel (1968) según la cual, para aprender un concepto tiene que haber inicialmente una cantidad básica de información acerca de él, que actúa como material de fondo para la nueva información.

Una forma de presentar la V de Gowin a los estudiantes es a través de los siguientes pasos:

1. Se inicia con el acontecimiento, fenómeno u objeto que se va a estudiar.
2. Se presenta la pregunta (o preguntas) central.
3. Se presentan los conceptos y las ideas de los registros.
4. Se determinan los principios, leyes, teorías o filosofías en los que se fundamenta el trabajo.
5. Se presentan las transformaciones de los registros y las proposiciones sobre conocimiento.
6. Se hacen juicios de valor acerca del acontecimiento, fenómeno u objeto por estudiar.

Figura 2
Esquema simplificado del Diagrama V (Palomino, 2003)



Es un método que permite entender la estructura del conocimiento y el modo como se produce. Gowin propone el diagrama V como una herramienta que pude ser empleada para analizar críticamente un trabajo de investigación, así como para "extraer o desempaquetar" el conocimiento de tal forma que pueda ser empleado con fines instruccionales (Palomino, 2003).

El diagrama V, deriva del método de las cinco preguntas:

1. ¿Cuál es la pregunta determinante?
2. ¿Cuáles son los conceptos clave?
3. ¿Cuáles son los métodos de investigación que se utilizan?
4. ¿Cuáles son las principales afirmaciones de conocimiento?
5. ¿Cuáles son los juicios de valor?

Desde este punto de vista, el conocimiento no es descubierto, sino construido por las personas y tiene una estructura que puede ser analizada. Este proceso permitirá mejorar o modificar los significados que forman parte de nuestro dominio conceptual, reconocerlos y establecer nuevas relaciones entre ellos y poner en evidencia la efectividad de los recursos metodológicos empleados para conseguirlos.

Hernández Millán y Bello Garcés (2005) conceptúan que "cualquier intento de mejora de los procesos de enseñanza aprendizaje está condenado al fracaso –a la falta de operatividad– si no va acompañado paralelamente de un perfeccionamiento de los modelos y técnicas de evaluación" (p. 45). Por ello, la teoría de la V de Gowin surge como una alternativa para la evaluación heurística en la cual el profesor puede constatar rápidamente si ha habido coordinación entre lo que el alumno sabe, piensa, decide y hace.

En investigaciones hechas en la Universidad Nacional del Táchira (UNET) en torno a las dificultades que tienen los alumnos de física para el aprendizaje de las ciencias, se ha determinado que estas se deben en gran medida al desarrollo inadecuado de habilidades cognitivas indispensables para lograr aprender a aprender y es, precisamente, lo que la teoría de la V de Gowin intenta desarrollar a fin de que el estudiante estructure un informe no solamente descriptivo y dé paso a la argumentación y a la relación teoría-práctica. En el trabajo de Quiñónez (Quiñónez y Jiménez, 2008) se genera una propuesta interesante que integra la metodología de la V de Gowin con la construcción de conocimiento a partir de un documento escrito. Hacen un análisis de los elementos más relevantes que debe contener un artículo y describen las partes que debe tener un informe de laboratorio, al tiempo que resaltan la presentación de resultados ajustados a la hipótesis que inicialmente se había planteado. Es una guía que posibilita cuestionamientos alrededor de las necesidades de los estudiantes de expresar sus descubrimientos a partir de la solución de problemas planteados por los docentes en el aula.

El investigador Gil Pérez en sucesivos trabajos cuestiona la didáctica de la resolución de problemas y defiende la utilidad y el potencial de uso de problemas no convencionales (de enunciado abierto). Una de las limitaciones que según él ha tenido la investigación en resolución de problemas, estriba en que no se ha cuestionado en profundidad acerca de lo que se entiende por *problema*. Considera que un problema es una situación para la cual no se tiene una respuesta elaborada de entrada; por tanto, la solución se debería enfocar como una investigación científica. Una de las causas del fracaso generalizado de los estudiantes en la resolución de problemas –según su perspectiva– es culpa de la propia didáctica empleada. Los enunciados habituales dificultan un tratamiento científico de los problemas y dejan particularmente sin sentido la tarea fundamental de emisión de hipótesis (Escudero y Moreira, 1999).[6]

La V de Gowin es un recurso metodológico particularmente útil para que el estudiante exprese la síntesis de conocimientos logrados y actividades intelectuales desarrolladas a través de una experiencia de aprendizaje (Hernández Millán y Bello Garcés, 2005). Sin embargo, en el trabajo experimental del Departamento de Química Inorgánica y Nuclear de la Universidad Nacional Autónoma de México, se constató que la V de Gowin debe ser elaborada no solo por estudiantes, sino también por docentes para organizar su pensamiento y encontrar congruencia entre los objetivos propuestos para una práctica y las actividades realizadas. Uno de los avances más sobresalientes de esta prueba fue reconocer que es necesario cambiar el proceso docente para llevar a cabo un análisis cuidadoso del experimento que se va a desarrollar, para que surja de los alumnos la pregunta clave (Hernández Millán y Bello Garcés, 2005).

La V tiene la utilidad de unir las vertientes conceptuales y metodológicas de una pregunta o problema (Carnicer Murillo, Carrasquer Zamora, Martínez Martínez, De Lama Alcade, y Usó Ballester, 2004), incluidos unos juicios de valor en los cuales se podrán extraer contenidos actitudinales, todos ellos necesarios para responder el problema, seleccionándolos y relacionándolos. En la Universidad de Zaragoza y en la universidad Pública de Navarra (España), además de iniciar con la implementación de la V de Gowin, han adicionado un elemento tan importante como son los mapas conceptuales (MMCC).

6 Aquí se observa, entonces, lo fundamental e importante de un trabajo de investigación: la pregunta; y es desde donde, precisamente, inicia el diagrama de V de Gowin. Es la indagación que nos lleve a construir conocimiento y no a buscar conocimiento preestablecido.

En la llamada sociedad del conocimiento y de la información, para el estudiante es sumamente sencillo "copiar y pegar"; sin embargo, al utilizar los MMCC, se le hace difícil elaborar un mapa correctamente si no tiene un buen dominio del tema. Los mapas han permitido que los alumnos organicen de forma clara y precisa la información obtenida y logren aprendizajes más significativos, duraderos, amén de adquirir competencias profesionales a través del trabajo autónomo y colaborativo (Carnicer Murillo, Carrasquer Zamora, Martínez Martínez, De Lama Alcade, y Usó Ballester, 2004), (Albisu, San Martín, y González, 2006). En las universidades nombradas utilizan una herramienta informática denominada *Cmaptools*[7] que ayuda a optimizar estos procesos.

Por esta razón, los mapas conceptuales se consideran una herramienta fundamental para los procesos de investigación, y una estrategia, un instrumento, un método, una herramienta o una técnica de aprendizaje de naturaleza heurística y metacognoscitiva que permiten la organización de la información (Flores, Caballero Sahelices y Moreira, 2009). Son diagramas bidimensionales de conceptos relacionados y organizados de forma jerárquica que muestran la estructura conceptual de un tema, tópico, libro, artículo u otra fuente (Flores, Caballero Sahelices y Moreira, 2009).

Bibliografía

– Albisu, S., San Martín, I., y González, F. (2006). "Aplicación de los mapas conceptuales (MMCC) y de la V de Gowin en la elaboración de módulos instruccionales en alumnos de magisterio". *Segunda conferencia internacional sobre mapas conceptuales.* San José, Costa Rica.

– Alejandro Alfonso, C. A. *Física experimental en internet.* Recuperado el 14 de agosto de 2010, de Revista Iberoamericana de Educación: http://www.rieoei.org/did_mat16.htm

– Alejandro Alfonso, C. A. (19 de junio de 2005). *Quaderns Digital.* Recuperado el 26 de septiembre de 2010, de Enseñanza estrategica de la física general: http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=8613

7 Programa informático creado por el prestigioso *Institute for Human and Machine* Cognition que permite construir, compartir y criticar conocimientos basados en MMCC (mapas conceptuales)

– Auzaque, T., Contreras, M., y Delgado, J. (2009). *Innovación en el aula un enfoque tecnológico y social.* (U. D. Caldas, Ed.) *Góndola , 1*, 41-44.

– Campelo Arruda, J. R., y Marín Antuña, J. (2001). "Un sistema didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la física". En: *Revista Brasileira de Ensinode Física* , 329-349.

– Carnicer Murillo, J., Carrasquer Zamora, J., Martínez Martínez, R., De Lama Alcade, M. D., y Usó Ballester, F. (2004). *La uve de Gowin y los mapas conceptuales pueden ser el zum de la teoría de la elaboración*. Primer congreso internacional sobre mapas conceptuales. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.

– Douglas De La Peña, C., Bernaza Rodríguez, G., & Corral Ruso, R. (25 de Enero de 2006). *Una propuesta didáctica para el aprendizaje de la física.* Recuperado el 15 de septiembre de 2010, de Revista Iberoamericana de Educación: http://www.rieoei.org/experiencias110.htm

– Escudero, C., y Moreira, M. A. (1999). "La V epistemológica aplicada a algunos enfoques en resolución de problemas". En: *Enseñanza de las ciencias* , 61-68.

– Flores, J., Caballero Sahelices, M. C., y Moreira, M. A. (2009). "El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje". En: *Revista de Investigación* , 75-111.

– Fonseca, M., Hurtado, A., Lombana, C., & Ocaña, O. (2006). La simulación y el experimento como opciones didácticas. *Revista Colombiana de física* , 707-710.

– García Sastre, P. , Insuasti M., J., & Merino, M. (1999). Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de física en el nivel universitario. *Ensñanza de las Ciencias* , 533-542.

– García, F., Portillo, J., Romo, J., & Benito, M. (23 de diciembre de 2008). *Organización de Estados Iberoamericanos.* Recuperado el 23 de agosto de 2010, de Nativos digitales y modelos de aprendizaje: http://www.oei.es/noticias/spip. php?article4105

– Gil Perez, D., Furio Mas, C., Valdes, P. , Salinas, J., Martinez Torregrosa, J., Guisasola, G., y otros. (1999). "¿Tiene sentido seguri distinguiendo entre

aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?" En: *Enseñanza de las Ciencias* , 311-320.

– Gil Pérez, D., Sifredo, C., Valdés, P. , y Vilches, A. (2005). "¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual?" En: *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* Santiago de Chile: Unesco.

– Hernández Millán, G., y Bello Garcés, S. (2005). "La V de Gowin y la evaluación del trabajo experimental". En: *Enseñanza de las ciencias* .

– Kurki- Suonio, T., y Hakola, A. (2007). "Coherent teaching and need-based learning in science:an approach to teach engineering students in basic physics courses". En: *European Journal of Engineering Education*.

– López, B. (2002). "Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental:evaluadores de auxiliares didácticos". En: *Enseñanza de las ciencias*, 115-132.

– Lucero, I., Concari, S., y Pozzo, R. (2006). "El análisis cualitativo en la resolución de problemas de física". En: *Investigações em Ensino de Ciências*.

– Novak, J. D., y Gowin, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender.* Barcelona: Martínez Roca.

– Palomino, W. (2003). *Colombia aprende.* Recuperado el 29 de agosto de 2010, de *El diagrama V de Gowin como intrumento de investigación.*: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/docentes/1596/article-96727.html

– Pontes Pedrajas, A. (2005). "Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica.Primera parte: funciones y recursos". En: *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* , 2-18.

– Prensky, M. (2001). "Digital Natives, Digital Immigrants". En: *On the Horizon,* 1-6.

– Pulido Mendez, W. (2009). *La didactica de la física como investigación en la enseñanza de la física.* (U. F. Caldas, Ed.) Góndola , 1, 9-12.

– Quiñonez, R., y Jimenez, P. (2008). *Notas sobre lectura, escritura y herramientas epistemologicas: arcanos para aprendices de biología*. Facultad de ciencias básicas.

– Torres, L., y Vija, O. (2009). *Experiencia de laboratorio en la primera ley*. Góndola , 30-34.

– Ubaque Brito, K. Y. (2009). *Experimento, Una herramienta fundamental para la enseñanza de la física.* Góndola , 35-40.

– Ubaque Brito, K. Y. (2009a). *Sobre el significado de la didáctica de la física*. Góndola , 19-24.

– Unesco. (9 de octubre de 1998). *Declaracion mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción.* Recuperado el 18 de septiembre de 2010, de http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm

*Modelo didáctico para la enseñanza de la física básica (Modifis)**

Juan Carlos Cruz Ardila

* La materia tratada en este capítulo se presentó en la reunión nacional de Acofi 2011, con la ponencia titulada *Modelo didáctico y estación de trabajo con instrumentación electrónica para el desarrollo de laboratorios de Física Mecánica*. Disponible en: http://acofi.comunidadpmb.org/opac_css/doc_num.php?explnum_id=11

Premisas del modelo

La didáctica es una disciplina del hacer sobre los saberes y sus mecanismos de apropiación y de enseñanza. El conocer es *el ser del mundo*, mientras que el saber es *el estar en el mundo*. El saber se constituye en una voz que permite hablar del conocimiento; no es la ciencia la que explica, es el saber –a través de la gramática– lo que aclara. La didáctica hace posible su propia transposición y pasa –sin perder su esencia– del discurso científico al mundo de lo cotidiano; es decir, al plano de los saberes en virtud de un lenguaje adecuado. En "la didáctica se desarrolla el cómo llevar a cabo el proceso de apropiación del saber, a través de medios, ambientes, métodos, formas y estrategias" (Zambrano, 2006, p. 216).

Se entiende el aprendizaje como un "proceso sistémico"; vale decir, como una red de componentes y fuerzas que trabajan y se potencian recíprocamente. El proceso de enseñanza-aprendizaje es un hecho activo mediante el cual el receptor procesa la información recibida y la pone en práctica al darle una aplicación. El aprender no se reduce a la adquisición de conocimientos, sino que se extiende a la vida, las destrezas, las habilidades y las sensibilidades (Becerra Orozco, Cruz Ardila, y Vivias Berrío, 2003).

El papel del docente es el de facilitador e interlocutor del aprendizaje, sustentado en el intercambio de experiencias y prácticas colaborativas con sus alumnos así como entre ellos mismos.

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son una herramienta didáctica para el proceso enseñanza-aprendizaje; sin embargo, a pesar de ser interactivos y fomentar la creatividad, es necesaria la aplicación de los principios del modelo didáctico para alcanzar los objetivos.

Fundamentación teórica del modelo

Modelo pedagógico crítico

Esta propuesta surge como resultado de los trabajos de la teoría crítica llevados a cabo en las décadas de 1980 y 1990. Algunos fundamentos teóricos contemporáneos de la pedagogía crítica tienen su origen en la teoría crítica propuesta por los filósofos y teóricos sociales de la escuela de Frankfurt y fue Max Horkheimer, director del instituto desde 1931 hasta 1958, quien utilizó por primera vez la expresión "teoría crítica". Este concepto se caracteriza por dos elementos fundamentales: una crítica a las estructuras sociales que afectan la vida de la escuela –particularmente situaciones relacionadas con la cotidianidad escolar y la estructura del poder– y un interés por el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico-reflexivo con el fin de transformar la sociedad.

En el modelo pedagógico crítico se identifican cinco concepciones a saber:

Naturaleza del educando. Cada estudiante posee una experiencia vital cristalizada en conocimientos, criterios, valores, actitudes y hábitos y adquirida en contextos determinados, lo cual incide en su capacidad de contribuir significativamente a la producción colectiva en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Proceso de formación. Considera la enseñanza y el aprendizaje ligados a un contexto social y cultural en el que se encuentran inmersos tanto educadores como educandos. El elemento central de una concepción renovadora del proceso de enseñanza aprendizaje es la necesidad de superar, de partida, la separación convencional entre el aula y su contexto. El lema principal es "enseñar a aprender", su objeto es la formación de intelectuales y profesionales con autonomía creativa capaces de diagnosticar problemas y plantear alternativas y su estilo es propositivo y consensual. Asimismo, propicia la producción colectiva de significado y da mayor peso al desarrollo de la habilidad comunicativa.

Experiencias educativas privilegiadas. La actitud crítica está por encima de los esquemas escolásticos. Por primera vez se considera al profesor como investigador y se destaca la actividad colectiva, en la cual varios interlocutores dan sus argumentos, interpretan y llegan a un consenso.

Relaciones educando-educador. Se basan en relaciones dialógicas y horizontales en las cuales cada uno y desde su nivel particular, aprende, genera propuestas o da alternativas para la construcción de su propia formación. La relación maestro-alumno es una etapa necesaria para el desarrollo del capital humano y se considera al maestro mismo como parte de ese capital, con necesidades de aprender y desarrollarse en su relación con los alumnos.

Estrategias educativas. El proceso de enseñanza-aprendizaje no puede restringirse al ámbito del aula ni limitarse a un proceso individual; es fundamental crear comunidad de trabajo educativo. La mejor estrategia para el desarrollo de un pensamiento crítico es combinar los intentos de formalizar ciertas reglas del pensamiento "correcto" y tematizar sobre todo las formas de pensar, con la creación de una comunidad educativa que estimule el ejercicio del pensamiento reflexivo con la confianza de que este ejercicio contribuirá con su criticidad (Becerra Orozco, Cruz Ardila, y Vivias Berrío, 2003)

Por otro lado, la implementación del modelo pedagógico crítico presenta algunas dificultades, como son lograr que se fomente la cultura para desarrollar la habilidad de pensar, considerar alternativas, sopesar evidencias, llegar a juicios independientes justificándolos de manera razonada y lograr un trabajo conjunto docente-estudiante que conlleve la construcción de conocimiento.

Zona de desarrollo próximo

Uno de los elementos conceptuales de Vygotsky que se incluye en el modelo está asociado con el sujeto, quien no solamente actúa según los estímulos de su contexto inmediato, sino que los interviene mediante la utilización de diversos instrumentos. La relación mutua entre los factores externos e internos y los procesos para adaptarse a las diferentes situaciones y superar así los obstáculos, se dan porque el sujeto asume que los significados provienen del medio social externo (son transmitidos por el otro, por el tutor, por aquel que más sabe), pero deben ser asimilados o interiorizados por cada estudiante a fin de apropiarse de los instrumentos culturales y hacer una reconstrucción interna de ellos.

Vygotsky y Moll (2003) proponen el concepto de zona de desarrollo próximo (ZDP) para exponer la noción de formación superior del pensamiento en una

construcción sociocultural, en la que cada persona toma una apropiación externa y la transforma en una construcción interna. Se define, entonces, como el paso de la zona de desarrollo real a la zona de desarrollo potencial. La zona de desarrollo real es aquella donde se alojan los conceptos previos, las experiencias y los aprendizajes que posee el individuo y se evalúa examinando su individualidad y el potencial inmediato de desarrollo en ese dominio. La zona de desarrollo potencial, por su parte, se caracteriza porque el estudiante es competente para resolver problemas con el acompañamiento de un instructor o un "par" más capacitado. En la ZDP actúan los mediadores físicos y simbólicos también denominados "instrumentos" ya que ayudan al estudiante a alcanzar el desarrollo potencial. Por eso en esta zona actúan las instituciones educativas, la sociedad y las actividades.

En la medida en que los docentes construyan ambientes de aprendizaje que faciliten el tránsito de los estudiantes entre las dos zonas (es la tarea o reto más difícil para el profesor), se logrará que cada uno se apropie del conocimiento de una manera razonada y totalmente contextualizada con su formación profesional.

Aprendizaje significativo

Una de las teorías más importantes del modelo didáctico está relacionada con el aprendizaje significativo. Autores como Ausubel, Novak y Hanesian (2001) han desarrollado una teoría al respecto que plantea que para aprender es necesario relacionar los nuevos aprendizajes a partir de las ideas previas del alumno sin olvidar que el aprendizaje depende de la estructura cognitiva previa –o sea, el conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento así como su organización– relacionada con la nueva información. Lo crucial, pues, no es cómo se presenta la información, sino cómo se integra en la estructura de conocimiento existente. Desde esta consideración, en el proceso de orientación del aprendizaje es fundamental que el docente conozca la estructura cognitiva de sus discentes; vale decir, no solo la cantidad de información que posee, sino cuáles son los conceptos y proposiciones que maneja y su grado de estabilidad. Esta labor no se verá como algo que deba desarrollarse con "mentes en blanco" cuyo aprendizaje debe comenzar de cero, sino conformadas por una serie de experiencias y conocimientos que afectan el aprendizaje y pueden ser aprovechados para su beneficio.

La teoría del aprendizaje significativo se basa en que los conceptos tienen diferente profundidad; es decir, deben ir de lo más general a lo más específico. Consecuentemente, el material didáctico o pedagógico deberá estar diseñado

para superar el conocimiento memorístico general y tradicional y lograr un aprendizaje integrador, comprensivo, de largo plazo, autónomo, estimulante y "auténtico"; vale decir, un aprendizaje que no sea fácilmente olvidado. Para ello es necesario conectar la estrategia didáctica del profesorado con las ideas previas del alumnado y presentar la información de manera coherente y no arbitraria, "construyendo" los conceptos e interconectándolos con los otros en forma de red del conocimiento (Ausubel, Novak y Hanesian, 2001).

Para construir una propuesta didáctica orientada a un aprendizaje significativo, es necesario cumplir las condiciones que se describen a continuación.

Significatividad lógica del material

Se refiere a la estructura interna organizada (coherencia del contenido) susceptible de dar lugar a la construcción de significados. Ello implica tener claridad en las definiciones y en el lenguaje utilizado; manejar datos empíricos y analogías (justificación de su uso y la utilidad que estos representan; un enfoque crítico (estimulación del análisis y la reflexión, estimulación de la formulación autónoma: vocabulario, conceptos, estructura conceptual) y epistemología (problemas generales de causalidad, categorización, investigación y mediación)

Significatividad psicológica del material

Es importante establecer relaciones no arbitrarias entre los conocimientos previos y los nuevos, lo cual es facultativo del alumno y depende de sus relaciones anteriores. En consecuencia, resulta extremadamente difícil separar desarrollo cognitivo de aprendizaje. El punto central es que este es un proceso constructivo interno y debería plantearse como un conjunto de acciones dirigidas a favorecer tal proceso.

Motivación

Es importante además de una disposición subjetiva, una actitud favorable para el aprendizaje por parte del estudiante; debe tenerse presente que la motivación es tanto efecto como causa de aquel. Para que se dé el aprendizaje significativo, no es suficiente que el alumno quiera aprender sino que pueda aprender, para lo cual los contenidos o el material han de tener significación lógica y psicológica.

Rodríguez (2004) plantea los siguientes elementos que son fundamentales para propiciar el aprendizaje significativo:

– Es posible desarrollar aprendizajes significativos si se cuenta con una actitud significativa de aprendizaje por parte de los estudiantes.

– Se genera aprendizaje significativo si están presentes las ideas de anclaje pertinentes en la estructura cognitiva del aprendiz.

– Aprendizaje significativo es diferente de aprendizaje de material lógicamente significativo; se debe diferenciar el proceso con el material con el que se hace.

– El aprendizaje significativo es un proceso que requiere tiempo puesto que vive del intercambio de significados y ese proceso toma su tiempo.

– Aprendizaje significativo va más allá del lenguaje, del modo específico de comunicación aprendiz/profesor. Se puede desarrollar aprendizaje significativo en el alumnado con una organización del contenido escolar diferente de las construcciones lineales y simplistas que caracterizan a los currículos de muchos programas académicos.

– Aprendizaje significativo no es el uso de mapas conceptuales o diagramas V. Es importante diferenciar el proceso en sí con herramientas que pueden facilitarlo o potenciarlo.

Teoría de los campos conceptuales

La teoría de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud es una teoría psicológica cognitivista que postula que el núcleo del desarrollo cognitivo es la conceptualización de lo real. Para Vergnaud (citado por Moreira, 2002) el conocimiento está organizado en *campos conceptuales* cuyo dominio por el aprendiz toma un largo período y es mediado por la experiencia, la madurez y el aprendizaje. La teoría de los campos conceptuales es una postulado cognitivo neopiagetiano que pretende ofrecer un referencial más fructífero que el piagetiano en sí para el estudio del desarrollo cognitivo y del aprendizaje de competencias complejas, particularmente las implicadas en las ciencias y en las técnicas, sobre la base de los propios contenidos del conocimiento y el análisis conceptual de su dominio.

La definición de campo conceptual está orientada hacia un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones de pensamiento, conectados unos a otros y probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición. De esta manera, un campo conceptual contiene un conjunto de *situaciones* cuyo dominio requiere,

a su vez, del conocimiento de varios conceptos, procedimientos y representaciones de naturalezas distintas. Los *conceptos* son definidos por tres conjuntos: el primero, es un conjunto de situaciones que constituyen el *referente* del concepto; el segundo, es un conjunto de invariantes operatorios (teoremas y conceptos-en-acción) que dan el *significado* del concepto; y el tercero lo constituye un conjunto de representaciones simbólicas que componen su *significante*.

La teoría de los campos conceptuales destaca que la adquisición de conocimientos es moldeada por las situaciones y problemas previamente dominados y por lo tanto esos saberes poseen múltiples características contextuales. Así, muchas de las concepciones con las que los estudiantes llegan a un determinado curso, vienen de las primeras situaciones que llegaron a dominar o de la experiencia adquirida al tratar de modificarlas. Sin embargo, se da una brecha considerable entre los invariantes que los sujetos construyen al interactuar con el medio y aquellos que constituyen el conocimiento científico. Vergnaud presenta tres argumentos principales que le permitieron construir la teoría de campo conceptual (Moreira, 2002):

1) Un concepto no se forma dentro de un solo tipo de situaciones.

2) Una situación no se analiza con un solo concepto.

3) La construcción y asimilación de todas las propiedades de un concepto o de todos los aspectos de una situación es un proceso de largo aliento que se extiende por años (a veces de por decenas de años), con analogías y malentendidos entre situaciones, entre conceptos, entre procedimientos y entre significantes.

Es así como la resolución de problemas o las situaciones de resolución de problemas son esenciales para la conceptualización. Sin embargo, según Vergnaud (citado por Moreira, 2002) "un problema no es un problema para un individuo a menos que él o ella tenga conceptos que lo/la tornen capaz de considerarlo como un problema para sí mismo" (p. 20). Esto significa que se da una relación dialética y cíclica entre la conceptualización y la resolución de problemas. Para el autor, la problematización va mucho más allá de la simple abstracción de regularidades del mundo observable. Los problemas son teóricos y prácticos y no meramente empíricos. Cuando un problema específico es resuelto por un individuo (o sea, desarrolla un esquema adecuado para enfrentar todos o casi todos los problemas de esa misma clase) el carácter problemático de ese tipo específico desaparece. Pero esa competencia lo habilita para reconocer o considerar nuevos problemas para sí mismo, convirtiéndose así en un proceso cíclico.

En términos generales, se puede afirmar que las ciencias se construyen sobre la idea de que un número ilimitado de fenómenos pueden ser comprendidos mediante un número limitado de conceptos. Pero un concepto no es una cosa que se dé en la naturaleza y que el científico tiene que descubrir escarbando; es una construcción de la mente humana para comprender y explicar una pluralidad de realidades o fenómenos. Un concepto o una ley no es una entidad real, una parte de la naturaleza, sino un ente de razón, una construcción ideal, abstracta, que sirve para dar unidad y coherencia a una multiplicidad de fenómenos.

La V de Gowin

Como ser social, el hombre siempre ha pensado en la mejor forma de educar a su descendencia en el afán de perpetuar su supervivencia a través de las instituciones sociales. La educación es una de las actividades humanas y culturales que por su naturaleza está en continua construcción y deconstrucción en sus procesos internos, hecho que se evidencia en las teorías educativas coexistentes. En el siglo pasado, fueron muchos los educadores, pensadores, filósofos y hombres de ciencia que se dedicaron a pensar e investigar innovaciones metodológicas para hacer más asequible a la juventud la construcción del conocimiento. En la corriente de la educación constructivista centrada más en el aprendizaje que en la enseñanza (Coll, 1990), (TEC, 2000), un grupo de científicos ha venido trabajando desde finales de la década de 1970, en la creación de herramientas heurísticas tales como la V de conocimiento y los mapas conceptuales con el propósito de promover un aprendizaje más eficaz de las ciencias (Novak y Gowin, 1988), (Eduteka, 2006).

El profesor Bob Gowin, presentó en 1977 una herramienta heurística en forma de V como una estrategia visual para representar los elementos implicados en la estructura de construcción de conocimiento. En sus inicios, fue creada como un medio para motivar la comprensión de la naturaleza y los objetivos del trabajo de laboratorio del área de ciencias (Novak y Gowin, 1988) y posteriormente fue usada como herramienta para la lectura comprensiva de artículos científicos y la redacción de artículos de investigación. Actualmente se hacen de esta técnica aplicaciones en otras áreas del conocimiento.

El diagrama de V ayuda al alumno a identificar los componentes del conocimiento, esclarecer sus relaciones e interpretarlos de forma clara y compacta. Novak y Gowin (1988) conceptúan al respecto:

> *[...] la técnica heurística uve constituye un instrumento que sirve para adquirir conocimientos sobre el propio conocimiento y sobre cómo este se construye y utiliza [...] ayuda a los alumnos a comprender el proceso mediante el cual los seres humanos producen conocimientos. La técnica heurística uve se ocupa de modo complementario de la naturaleza del conocimiento y de la naturaleza del aprendizaje, resultando la conexión entre conocimiento y aprendizaje todavía mucho más evidente cuando se utiliza de forma explícita un mapa conceptual como parte propia de la uve* (pp. 79-80).

Gowin –quizá por su formación científica– presentó su estructura en forma de V haciendo una analogía con los dos hemisferios del cerebro humano, los cuales dominan cada uno por aparte diferentes procesos intelectuales, y están conectados por un ramillete grande de nervios que forman el cuerpo calloso que permite la interacción y la armonía de ambos hemisferios. El diagrama de V de conocimiento, más conocido como V de Gowin, está estructurado con los siguientes componentes:

1. Las preguntas centrales –que pueden ser dos o más– se escriben en la abertura superior de la V para orientar y enfocar el trabajo de investigación. Es el objetivo de la actividad puesto en forma de pregunta.

2. Los conceptos, principios o leyes, teorías, filosofías y visiones del mundo (cosmovisiones), constituyen el lado izquierdo del esquema. Es el componente del dominio conceptual o teórico (el saber) en el que se fundamenta el trabajo de investigación.

3. Los pasos de la investigación, a saber, los registros, los constructos, las transformaciones, los juicios de conocimiento y los juicios de valor, constituyen el lado derecho de la estructura. Es el componente del dominio metodológico (el hacer) del trabajo de investigación.

4. Los acontecimientos, fenómenos u objetos que se van a estudiar o investigar, se escriben en el vértice inferior de la V y componen el objeto de estudio o investigación. Son las experiencias que se pueden llevar a cabo. Es el nexo de unión entre ambos lados y se refleja en la interacción entre estos.

La teoría de Gowin se sustenta principalmente en su diagrama V como un instrumento que junto con los mapas conceptuales ayudan a los alumnos a aprender a aprender; o lo que es lo mismo a aprender significativamente.[1] Los

1. Teoría desarrollada por el psicólogo cognitivo David Paul Ausubel (1968); según este postulado, para aprender un concepto, tiene que haber inicialmente una cantidad básica de

estudiantes mejoran su comprensión del aprendizaje significativo cuando adquieren conocimientos acerca del proceso de construcción del conocimiento y a esto contribuye la V de Gowin.

El diagrama V de Gowin tiene alguna semejanza con los mapas conceptuales:

- Ambos van de lo general a lo específico.
- Existe una jerarquización.
- Ambos son instrumentos que potencian el aprendizaje significativo.

Son metodologías heurísticas enmarcadas dentro de la corriente del aprendizaje visual que contribuyen al estudiante en una compresión significativa del conocimiento.[2]

Es un método que permite entender la estructura del conocimiento y el modo como se produce. Gowin propone el diagrama V como una herramienta para ser empleada en el análisis crítico de un trabajo de investigación o "extraer o desempaquetar" el conocimiento de tal forma que pueda ser empleado con fines instruccionales (Palomino, 2003).

Desde este punto de vista, el conocimiento no es descubierto, sino construido por las personas y tiene una estructura que puede ser analizada. Este proceso permitirá mejorar o modificar los significados que forman parte de nuestro dominio conceptual, reconocerlos y establecer nuevas relaciones entre ellos y poner en evidencia la efectividad de los recursos metodológicos empleados para conseguirlos.

Experiencias educativas que se privilegian

Dentro de la propuesta didáctica para implementar la teoría de Gowin se privilegian cuatro dimensiones: técnica, teórica, creativa y de diseño y humana.

Dimensión técnica

Este aspecto tiene como objetivo fundamental el cambio de paradigma educativo y formativo del estudiante que egresa de la educación media. Se pretende un cambio en la actitud del alumno frente al reto de asumir como propio el compromiso de su aprendizaje; es decir, enfrentar el uso de nuevas herramientas

información acerca de él, que actúa como material de fondo para la nueva información.

2. Tomado del sitio Web http://www.eduteka.org/curriculo2/Herramientas.php?codMat=11

que le permitan de una manera más consciente, construir sus conocimientos en la ciencia física.

La evaluación es enfatizada en los aspectos académicos básicos trazados específicamente para garantizar que los estudiantes adquieran los elementos mínimos y por tanto pueda enfrentar el resto de su proceso formativo. El énfasis no está puesto en la dimensión de la demostración del conocimiento adquirido ni en el dominio que pueda tener de él, sino en el cambio de actitud hacia su formación. En este sentido, está estructurada para posibilitar la transición de un estudiante caracterizado por la pasividad frente a la construcción del conocimiento, a otro más activo capaz de afrontar la construcción de su propio conocimiento gracias a procesos cognitivos de los cuales es gestor.

La pedagogía propuesta está en la corriente de las pedagogías activas en el marco del paradigma constructivista, que asume que el conocimiento es una construcción mental resultado de la actividad cognitiva del estudiante. No obstante, el proceso exige que en sus inicios esté presente la pedagogía tradicional con el propósito de dar los lineamientos iniciales que faculten para comenzar el nuevo proceso educativo. La idea es comenzar por armonizar las relaciones entre el docente y el estudiante con los nuevos elementos del proceso que exige introducir la pedagogía crítica, como son la relación maestro-alumno y la reflexión crítica de los conocimientos, de tal forma que los estudiantes consideren al maestro como parte del capital humano, con necesidades de aprendizaje y desarrollo en su relación con sus alumnos, y demanden la transformación de espacios que propicien la producción colectiva de significado y coadyuven al desarrollo de la habilidad comunicativa. También se introducen elementos de la pedagogía conceptual a partir de sus tres ejes básicos: desarrollo del pensamiento, lectura comprensiva y formación valorativa. Ello da a entender que es tan importante el componente cognitivo como el formativo que se evidencia en la construcción de la V de Gowin desde cuya perspectiva es un mentefacto derivado de las operaciones intelectuales o cognitivas de los estudiantes en este nivel: conceptualizar, argumentar una tesis (con base en lo metodológico) y derivar conclusiones (juicios de valor).

Dimensión teórica

Este aspecto está guiado por el lado izquierdo del diagrama de la V de Gowin, puesto que el estudiante tanto en forma en individual como grupal, para dar solución a la pregunta central del objeto/fenómeno de estudio debe atender a la indagación de los conceptos, los principios/leyes, las teorías, la filosofía y la visión

del mundo que sean necesarios. Ello se traduce en una búsqueda reflexiva de la información pertinente y relevante que explique los fundamentos teóricos de la investigación que hacen sobre el objeto/fenómeno. Esto implica, además de una búsqueda individual del conocimiento, su socialización entre los compañeros de equipo y en la sesión de laboratorio junto al profesor como guía.

Además de permitir una construcción de conocimiento en relación con el otro, en la que la alteridad posibilita acuerdos significativos, la metodología propicia la formación de profesionales con autonomía creativa, capaces de diagnosticar problemas y plantear alternativas a partir de las lógicas propias de las ciencias y por vías heurísticas. Así mismo, potencia en el estudiante el desarrollo eficaz de competencias comunicativas y la capacidad para identificar, seleccionar y utilizar los recursos informáticos a su alcance en procura de un trabajo de calidad.

Dimensión creativa y de diseño

Este aspecto corresponde al dominio metodológico de la V de Gowin, dado que los estudiantes participan activamente en el proceso de investigación del objeto/fenómeno realizando registros, proponiendo constructos, haciendo transformaciones, emitiendo juicios de conocimiento y juicios de valor, para los cual deben manipular acertadamente los elemento necesarios y precisos y crear y diseñar estrategias o procesos con los objetos del laboratorio. Esto propicia una preparación para la vida así como la formación de personas libres, autónomas y seguras.

Dimensión humana

Finalmente, es importante señalar una cuarta dimensión implícita en el modelo y es la dimensión humana, la cual transversa el proceso formativo del estudiante desde el inicio hasta el final, amén de coincidir con la universalidad del saber del Proyecto Educativo Bonaventuriano (PEI) que plantea

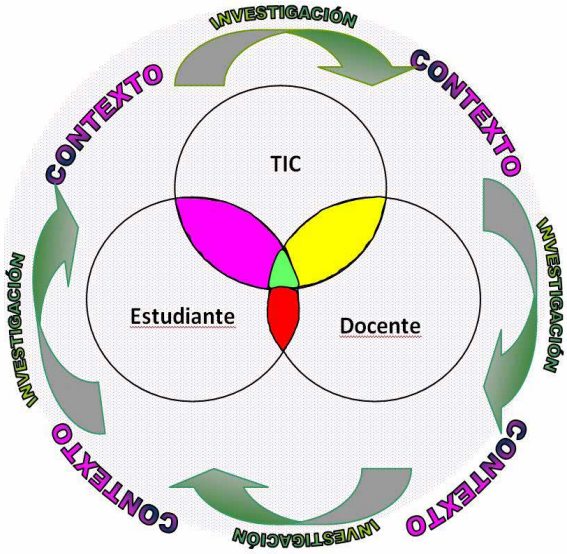
> *[…] el saber como un proceso de desarrollo humano, en constante devenir, cuyo valor no depende de sí mismo o de su tradición sino de la capacidad para responder a las inquietudes humanas y a las necesidades de la sociedad, generando posibilidades de mejoramiento en la perspectiva de un desarrollo sostenible y armónico con la naturaleza* (PEI, 2007, p. 69).

El modelo fortalece la autonomía de la persona y el desarrollo tanto del pensamiento lógico-formal como del pensamiento divergente, en un mundo globalizado donde predomina la complejidad. Es, en últimas, una formación que lo faculta para actuar reflexivamente frente a la realidad, a su entorno y a la naturaleza.

Relaciones que plantea el modelo

Este modelo didáctico posee características autoestructurantes;[3] es decir, un interés por la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes merced a situaciones contextuadas por los docentes. No hay límites en la formación y los profesores no son dueños, ni tienen el control sobre el saber. La enseñanza está dirigida a la construcción de saber y deja de lado la instrucción. La evaluación es de carácter formativo y está enfocada más al alcance de competencias y habilidades que a la obtención de una calificación numérica. El esquema de la Figura 3 es un acercamiento al nivel de las interacciones que exige actualmente el proceso de formación de los ingenieros, las cuales se describen a continuación.

Figura 3
Representación del nivel de interacción que exige el modelo de Gowin en el proceso de formación de los ingenieros



Relación de los docentes y los estudiantes con las TIC

Los conocimientos tienen un efecto constructivo tanto en docentes como en estudiantes, pues con el auge de las TIC se ha producido un aumento conside-

3. Antoni Zabala plantea que para llevar a cabo este proceso mental autoestructurante, los estudiantes necesitan una serie de estrategias metacognitivas que les permitan asegurar el control personal de los conocimientos que van construyendo, así como de los procesos que se elaboran durante el aprendizaje.

rable de la información que circula en todo el mundo, pero se requiere de un elevado juicio reflexivo para obtener lo verdaderamente importante, amén de que contribuya a la formación de cada uno. Por parte de los docentes, se propone una conexión bidireccional[4] mediada por procesos investigativos en el área disciplinar que le compete y un diálogo crítico permanente con otros colegas de la misma área con fines de retroalimentación de los trabajos que se ejecuten.

Competencias de los docentes

Se exige de los profesores preparación para afrontar los desafíos de un mundo globalizado donde las fronteras culturales del conocimiento han desaparecido y la forma de obtener información ofrece gran cantidad de canales de difusión, como la televisión, internet, los chats y la telefonía móvil, entre muchos otros. Por esta razón, es necesario cambiar de paradigma de formación y atravesar el umbral de la presencialidad en el aula como único medio para lograr que los estudiantes accedan a la formación del conocimiento. Asimismo, deben tener competencias enmarcadas por la pedagogía y la didáctica de la educación constructivista que le permitan abrir su visión de educación a fin de crear ambientes de aprendizaje modernos e interactivos acordes con las nuevas tecnologías. Es así como la intersección entre las circunferencias de docentes y estudiantes es menor, debido a que ahora este encuentro está enfocado hacia la autoformación, el aprender a aprender y la producción de elementos propios como artículos y ponencias (Becerra Orozco, Cruz Ardila y Vivias Berrío, 2003).

En la actualidad, una enseñanza productiva e interactiva requiere que el profesor se involucre directamente en la vida del "aula" para comprender el flujo de acontecimientos y su significación; además, tratar simultáneamente más de un acontecimiento, seguir el ritmo diferente de los distintos grupos o personas, mantener y estimular el entusiasmo y conseguir un cambio gradual en tareas y acontecimientos. En este sentido, las competencias de un docente se centran en:

- Capacidad de agrupar sucesos discretos en unidades funcionales.
- Habilidad para diferenciar unidades en términos de su relevancia a corto y largo plazo.
- Capacidad para manejar dos o más acontecimientos claves.
- Rapidez de juicio.
- Habilidad para dirigir y controlar los procesos formativos.

4. La bidireccionalidad hace referencia a la necesidad de diálogo continuo que tiene el docente con el conocimiento a través de la investigación pero, a su vez, él genera o aporta conocimiento nuevo desde su propio quehacer disciplinar.

- Capacidad de interactuar con las TIC para crear mediaciones contextualizadas que contribuyan positivamente al aprendizaje de los estudiantes.
- Habilidad en el planteamiento de procesos investigativos en su área disciplinar que produzcan conocimiento significativo para el desarrollo de su labor docente.
- Capacidad para potencializar en el estudiante una actitud propositiva frente a la construcción del conocimiento.

Finalmente, un profesor interactivo debe poseer una gran dosis de espontaneidad y alto contenido de reflexión, para responder a las iniciativas, preguntas y reacciones de los alumnos que dinamizan en alguna medida el proceso de formación.

Competencias de los estudiantes

Por parte del estudiante actual, se exige un cambio de paradigma que lo lleve de la pasividad en el aprendizaje a una participación activa y consciente de su proceso de construcción de conocimiento que se traduzca en un aprendizaje significativo y en la adquisición de habilidades y destrezas propias de un profesional competitivo y reflexivo ante los cambios propios de la globalización, lo que significa que el educando incorpore en su conocimiento la investigación como una destreza profesional necesaria para una formación permanente.[5] En esta línea, la intersección de la circunferencia de estudiantes y TIC es amplia y cada vez –de acuerdo con las tendencias presentes– se ampliará más.

En la actualidad, ante los avances acelerados de las TIC el aprendizaje memorístico de los estudiantes está siendo relevado por otro que le permita responder más rápidamente a los cambios mediante el uso de sus preexistencias en la estructura cognitiva.[6] El proceso memorístico[7] de aprendizaje de muchos estudiantes, se produce cuando estos toman la información recibida y la almacenan en forma arbitraria, sin interactuar con los conocimientos preexistentes. Un fehaciente ejemplo de ello son las fórmulas matemáticas en el estudio de la física que muchos estudiantes guardan en su estructura cognitiva sin relación alguna con los fenómenos físicos que estas implican, lo cual ocasiona que el educando no

5. Tomado del sitio: http://www.scielo.org.pe/pdf/rmh/v20n3/v20n3e1.pdf
6. Ausbel plantea que la estructura cognitiva de un estudiante es el conjunto de conceptos e ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento, así como su organización.
7. Es bueno señalar que en muchos casos ese aprendizaje es necesario, sobre todo en aquellos que implican una construcción inicial de un cuerpo de conocimientos cuando no existen conceptos relevantes con los cuales pueda interactuar.

construya puentes sólidos que le permitan interpretar claramente los procesos relacionados con su campo de formación. Deben comprender que aprender quiere decir elaborar representaciones personales del contenido que ha motivado el aprendizaje, interiorizarlo e integrarlo en esquemas propios de comprensión (Ausubel, 1976). No se debe partir de cero, sino de los conocimientos previos que se posean para lograr las conexiones con los nuevos contenidos con el fin de atribuirles un grado plausible de significatividad. Las relaciones necesarias no son resultado automático, sino el producto de un trabajo activo hecho por el propio alumno, encargado de posibilitar la organización y enriquecimiento del conocimiento.

En suma, se busca que el estudiante conecte la información recibida por diferentes medios (profesor, libros, mediaciones mediáticas) con conceptos relevantes[8] en su estructura cognitiva, de tal forma que adquiera un significado y se integre de manera no arbitraria y sustancial para favorecer la diferenciación, la evolución y la estabilidad del conocimiento preexistente en su cuerpo cognoscente.

El actual modelo pretende que el estudiante aprenda ayudado por su capacidad de asombro y descubrimiento, que propicia en él la reordenación de la información recibida y la integración con su estructura cognitiva, para luego transformarla y producir así el aprendizaje deseado. La participación activa del estudiante es primordial y por tanto debe hacer un cambio de paradigma educativo, pues llega a la universidad contaminado de procesos formativos que lo impulsan a la pasividad tradicional de aprendizaje.

La transformación de esta pasividad se lleva a cabo construyendo los puentes apropiados de comunicación, ya que tanto docentes como estudiantes deben entender la educación como un proceso de participación guiada y de construcción conjunta que lleva a compartir y negociar significados. Es así como la intersección de las circunferencias se mantiene, pero en una proporción menor a los modelos tradicionales. Para facilitar el desarrollo del alumno, se debe que potenciar el mayor número de intercambios en todas las direcciones, sean estos de tipo virtual, presencial o semipresencial y para ello es imprescindible que el docente se baje del pedestal en que se encuentra y promueva la participación y la relación con sus colegas y estudiantes, así como y entre los mismos alumnos, para debatir opiniones e ideas sobre el trabajo por hacer y las actividades que se generen en el proceso educativo.

8. El aprendizaje relevante se refiere a aquel tipo de aprendizaje significativo que, por su importancia y por su utilidad para el sujeto, provoca la reconstrucción de sus esquemas habituales de conocimiento (Pérez Gómez, 2000).

Es importante aceptar las contribuciones y opiniones de los discentes aunque se expresen en forma poco clara o incorrecta –lo cual es natural– y estimular la participación de aquellos con poca tendencia a intervenir para que no se sientan excluidos y terminen abandonando su proceso formativo. Las actividades deben ser diversas para hacer posible que en un momento dado los estudiantes puedan escoger entre diferentes alternativas con distinto nivel de realización que se constituyan en fuentes movilizadoras de la actividad creativa.

La investigación en el modelo

Es importante señalar que la investigación se enfoca en dos direcciones definidas: una, que parte la investigación formativa que se les propone a los estudiantes, y otra desde la óptica del profesor, que investiga novedosas estrategias pedagógicas en el aula y más aún, hace investigación en el área propia de su conocimiento.

A partir de la investigación formativa que lleva a cabo el estudiante, el profesor debe proponer estrategias de indagación que permitan la construcción autónoma de saberes e inculcar los procesos propios de la investigación. La V de Gowin es un mecanismo ajustado para que el aprendiz logre la apropiación del conocimiento mediante la investigación (por supuesto controlada) en la que interactúa armónicamente con los procesos de indagación conceptual/teóricos y los metodológicos que dan respuesta a la pregunta central.

La investigación del profesor se establece, por una parte, con base en su quehacer, auscultando estrategias metodológicas, observando resultados, diseñando y rediseñando procesos o ambientes formativos que faciliten la construcción de saberes en los discentes. Por la otra, está el profesor investigador que lleva a cabo procesos de investigación propios de su área de conocimiento que de alguna forma se reflejan en el laboratorio con sus estudiantes.

Operacionalización del modelo

No manejar "la guía" como herramienta explicita

Uno de los aspectos más importantes en la operacionalización del modelo es el cambio de paradigma respecto a la guía de laboratorio como instrumento de enseñanza. Tradicionalmente, la guía ha sido utilizada para describir los objetivos, los materiales y los procedimientos en las prácticas de laboratorio de física e incluso muchos docentes detallan en ella, de manera teórica, el experimento que se llevará a cabo. Generalmente, son documentos extensos que demandan un seguimiento cuidadoso por parte de los estudiantes para no omitir detalle alguno, a lo cual se le suma el hecho de que el trabajo se describe linealmente

y no da la posibilidad de disentir. Facilita el control de los estudiantes, porque todos deben resolver el mismo problema descrito en el documento.

Ahora, la propuesta está orientada a la necesidad de problematizar el problema de física para que su solución implique un proceso de investigación y así proponer un experimento que permita verificar si la solución propuesta es la acertada. La guía tradicional desaparece y da lugar a la construcción colectiva de conocimiento. No van a existir aplicaciones de laboratorio unificadas; al contrario, es posible que aparezcan múltiples soluciones. Es importante que el grupo de docentes encargados del área, mediante un ejercicio cuidadoso y sesudo determinen las situaciones problemáticas del curso, asociadas con los temas que se deben trabajar durante las semanas que dura el semestre.

La teoría y la práctica se fusionan en el aula

El modelo propuesto, a pesar de estar dirigido a las prácticas en el laboratorio, obliga necesariamente a que el trabajo teórico en el aula se transforme. Esto se presenta porque la manera como el estudiante se aproxima al conocimiento es mediante situaciones problemáticas propuestas por el docente a fin de abarcar cada una de las temáticas del programa de estudio del curso. Se plantea, entonces, un manejo no diferenciado entre teoría y práctica, de tal forma que el espacio ideal para el desarrollo del curso es aquel donde el docente tenga a su disposición un ambiente de aprendizaje caracterizado por la recursividad latente en tecnología para hacer explicaciones demostrativas o incluso, para que los estudiantes puedan implementar sus experimentos como resultado de la discusión teórica con el profesor.

La capacitación docente y apropiación del modelo

Para operacionalizar el modelo es preciso que los docentes encargados del curso de física básica se empoderen totalmente de él y se convenzan de que busca una apropiación pertinente del conocimiento aplicado a la disciplina de formación de los estudiantes. Lo anterior obliga a que se elabore un proceso de capacitación de los docentes para que el modelo se discuta y operacionalice, en un marco de intercambio de conceptos e inquietudes que permita evidenciar la implementación misma de la metodología planteada en el modelo.

La evaluación del proceso

Se asume la evaluación educativa como un proceso permanente, integral, gradual y continuo, que generalizado al ámbito académico propicie la formulación de juicios cuantitativos y cualitativos acerca de los docentes, los estudiantes, los programas, los procesos, los resultados y el currículo. Asimismo, demanda una

reflexión sistemática, permanente y crítica por parte de los actores del proceso educativo, de tal forma que tanto docentes como estudiantes entren en relación dialógica y reflexiva para elaborar juicios acerca del sentido, los avances, los problemas y el significado esperado en términos del aprendizaje. Dicha relación conduce a proponer alternativas que permitan mejorar y cualificar el desarrollo educativo, pues la evaluación no se reduce únicamente a constatar los conocimientos adquiridos, sino que también valora la formación integral y el desarrollo de las competencias y desempeños.

Es importante que los partícipes del proceso educativo comprendan que la evaluación, como instrumento de aprendizaje, suministra la retroalimentación adecuada a los alumnos y al profesor con el fin de mejorar la enseñanza. De todas maneras, se identifican tres características importantes en la evaluación para que esta se constituya en un verdadero instrumento de aprendizaje:

1. Ser percibida por parte de los estudiantes como una ayuda real que genere expectativas positivas. Aquí es muy importante que el profesor manifieste interés por el progreso de sus alumnos y no utilice la evaluación como elemento dominador. Se recomienda, entonces, que el docente prepare adecuadamente su curso para que pueda determinar aquellos conceptos relevantes susceptibles de ser evaluados a partir de los cuales los estudiantes forjen elementos de juicio valorativo que los motive a mejorar su comprensión.

2. Que se extienda a todos los aspectos (conceptuales, actitudinales y procedimentales) y se dejen de lado aquellas dinámicas que auspicien las repeticiones memorísticas de los "conocimientos teóricos", a pesar de ser las más empleadas, dada la obtención rápida y fácil de un resultado cuantitativo que, sin embargo, conllevan una mala valoración del proceso académico del estudiante. Se trata de escudriñar la evaluación integral del individuo y no la capacidad de guardar una información que, *a posteriori*, será olvidada dada su poquísima utilización. Es transformar la manera como el estudiante enfrenta su proceso de formación y por ende la evaluación de este; en la medida en que se apropie de su autoevaluación será más consciente de las apropiaciones cognitivas necesarias para cualificar su proceso de aprendizaje y la manera de ver el mundo.

3. Es un proceso como tal y no parte de valoraciones terminales que, en últimas, derivan en resultados parcializados que impiden un juicio adecuado del verdadero rendimiento del estudiante. Como proceso pretende que la mayoría haga las cosas bien y no indagar quiénes las hacen mal. Se debe incidir positivamente en un proceso de aprendizaje en el cual se acepte la existencia de

las leyes del olvido y por lo tanto se planifiquen revisiones o profundizaciones de aquello que el docente considere importante y deba ser tenido en cuenta por el estudiante. Es cierto que esta actitud evaluativa implica un manejo flexible del programa planeado al iniciar el curso para que los conceptos sean manejados apropiadamente por los estudiantes.

Ejecución del modelo

Se propone, tanto para el docente como para el estudiante, una ejecución de los momentos que deben seguirse para que el modelo didáctico permita alcanzar los objetivos de formación propuestos en el curso. Estos son:

Construcción de elementos orientadores

El docente, dentro de su conocimiento disciplinar, debe elaborar un mapa conceptual en el que se explicite el contenido del curso, cada una de sus intencionalidades de formación y la manera como se articula con la enseñanza de los estudiantes. Básicamente, es el diseño de los elementos teóricos necesarios para que el educando haga una apropiación pertinente y contextuada de acuerdo con los propósitos de formación trazados en el plan de estudios. Esta actividad faculta para que el diálogo docente-discente se establezca a partir de la discusión de elementos teóricos pertinentes para el primero y novedosos para el segundo, con la particularidad de que siempre se conocerá el principio y el fin de cada uno de ellos.

Concretar los contenidos del curso

El docente debe definir claramente cada uno de los contenidos que serán tratados en el curso. Esto facilitará la elaboración de las preguntas problema que dinaminizarán los procesos de aprendizaje. Es necesario tener presente el nivel de problematización según lo señalado en la dimensión técnica del modelo y articular las intencionalidades de cada tema con el contexto real en que se encuentre inmerso el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo cual facilita la utilización de los diagramas V de Gowin. En la construcción de los contenidos conviene establecer una relación con la temporalidad del curso, dado que hay establecidas unas horas para los encuentros en el aula y el trabajo independiente. Este ejercicio obliga al docente a desarrollar una habilidad en la planeación de los tiempos en que van a desarrollarse las actividades propuestas, con el fin de construir conocimiento alrededor de los temas seleccionados para el curso.

Explorar los conocimientos previos

Como una manera de responder a la propuesta de Vygotsky, el docente, en el primer encuentro, debe llevar a cabo una actividad que le permita explorar los

conocimientos previos de los estudiantes. Este diagnóstico le posibilitará la afinación de las actividades preparadas y además podrá construir una percepción de las comprensiones y el dominio teórico de sus alumnos (dimensión técnica). No se trata de evaluar directamente a cada uno; por el contrario, es establecer un diálogo en el cual se reconozca cada función y se cimente la naturaleza de la formación académica de los dos actores, sujetos responsables de los momentos educativos que se ejecuten mientras dure el curso.

Contextualización de los problemas

Según la propuesta del modelo, los temas tratados durante el curso deben partir de la contextualización de un problema específico. En este punto, el docente debe tener la capacidad de proponer problemas que faculten a los estudiantes para elaborar su construcción teórica; es decir, la elaboración del lado izquierdo del diagrama V de Gowin. Esta etapa debe comenzar con el planteamiento de las siguientes preguntas:

- ¿Por qué es importante investigar el tema objeto de estudio en relación con la realidad?
- ¿Cómo se aprenderá el tema?
- ¿Qué áreas explican?
- ¿Qué ley o principio explica el fenómeno o acontecimiento objeto de estudio?

La solución de estos interrogantes posibilitará la construcción de un derrotero, tanto docente como discente, que le dará sentido a la construcción de conceptos. En este momento, se evidencia la dimensión teórica del modelo en el cual se trazan los puentes y se desarrollan las transposiciones didácticas propias del ejercicio enseñanza-aprendizaje. Es claro que un semestre académico dura diecisiete semanas; por tanto, el docente en su planeación debe construir entre seis y ocho situaciones problemáticas de tal manera que su solución faculte el estudio de cada uno de los temas planeados para el curso.

Seguimiento y acompañamiento

Cada grupo de estudiantes asumirá una mirada, una aproximación y una forma de trabajar distinta frente al problema planteado, por esta razón los encuentros programados en el aula (diferente del espacio de laboratorio) comportará un seguimiento a cada forma como los estudiantes están trabajando. Sin caer en clases magistrales, es necesario que se unifiquen criterios teóricos, se analicen

modelos matemáticos que ya han sido validados universalmente y se resuelvan las inquietudes que surjan en el proceso. En este espacio se evidencia la dimensión creativa y de diseño y se planea el vértice de la V de Gowin (experiencias que se pueden efectuar) porque son los estudiantes los responsables de trazar el camino que posiblemente los llevará a la solución del problema, incluida la aplicación práctica que deberán llevar a cabo. Sin embargo, no se exime la responsabilidad del docente en cuanto a la importancia que tiene su asesoría para impedir que los estudiantes pierdan la orientación y corran el riesgo de no conceptualizar los temas previstos en la planeación del curso.

Desarrollo de actividades

El profesor, de la mano de los estudiantes, construye consensos y propone las reglas y normas, así como las exigencias colectivas e individuales. Se generan acciones para construir el lado derecho de la V de Gowin y se encuentran las afirmaciones de valor, las afirmaciones de conocimiento, transformaciones y los registros. En este punto, los estudiantes dan solución a las siguientes preguntas:

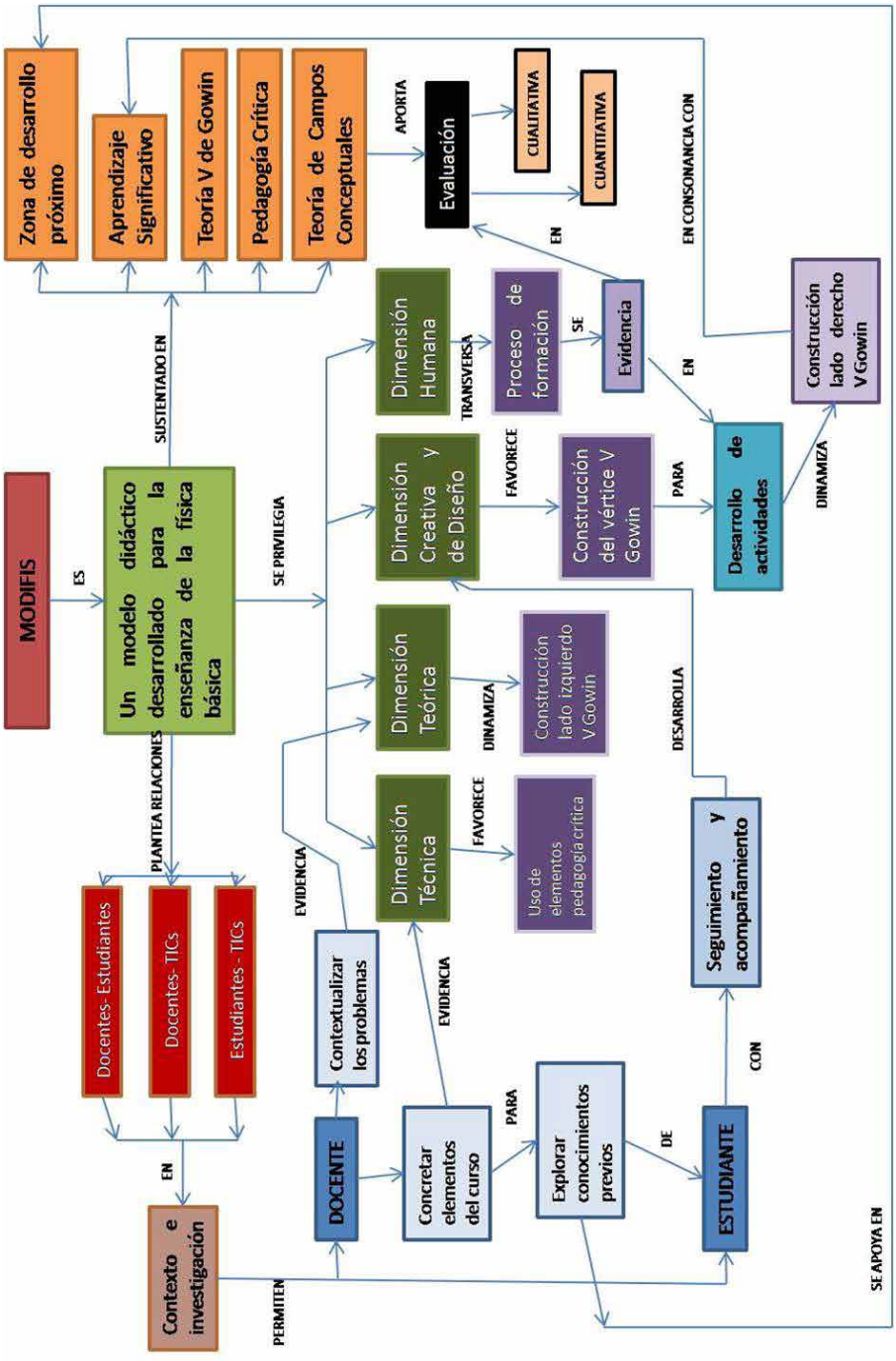
- ¿Para qué fue importante el estudio del fenómeno, acontecimiento o tema de estudio?
- ¿Qué se aprendió del tema?
- ¿Se respondieron las preguntas centrales?

La interacción docente-estudiante se plasma en el laboratorio y por ende este espacio debe contar con las herramientas apropiadas para que los discentes implementen sus ejercicios prácticos.

Momento de evaluación

Se analizan los indicadores trazados con el docente en función del nivel de desarrollo alcanzado y se verifica cuáles no han sido tratados de manera directa. Se propone comprobar las imprecisiones y preparar los elementos para reiniciar su tratamiento a un nivel superior con la aplicación del modelo. La construcción de los elementos de evaluación se vuelve imprescindible y estos no pueden ser solamente de tipo cuantitativo; es necesario orientarlo a la valoración de competencias en consonancia con los conceptos teóricos que en su planeación haya incluido el docente. El profesor debe explicar tanto al grupo como individualmente, en qué medida se alcanzaron los objetivos propuestos.

La descripción del modelo didáctico para física (MODFIS) se muestra en el siguiente mapa conceptual:


MODIFIS
ES
Un modelo didáctico desarrollado para la enseñanza de la física básica
SUSTENTADO EN
Zona de desarrollo próximo
Aprendizaje Significativo
Teoría V de Gowin
Pedagogía Crítica
Teoría de Campos Conceptuales
SE PRIVILEGIA
PLANTEA RELACIONES
Docentes- Estudiantes
Docentes- TICs
Estudiantes - TICs
EN
Contexto e investigación
PERMITEN
DOCENTE
Contextualizar los problemas
EVIDENCIA
Concretar elementos del curso
PARA
Explorar conocimientos previos
DE
ESTUDIANTE
CON
Seguimiento y acompañamiento
DESARROLLA
SE APOYA EN
EVIDENCIA
Dimensión Técnica
FAVORECE
Uso de elementos pedagogía crítica
Dimensión Teórica
DINAMIZA
Construcción lado izquierdo V Gowin
Dimensión Creativa y de Diseño
FAVORECE
Construcción del vértice V Gowin
PARA
Desarrollo de actividades
DINAMIZA
Construcción lado derecho V Gowin
Dimensión Humana
TRANSVERSA
Proceso de formación
SE
Evidencia
EN
Evaluación
APORTA
CUALITATIVA
CUANTITATIVA
EN CONSONANCIA CON

Limitaciones del modelo

Estas se expresan desde los ámbitos considerados en el proceso investigativo: pedagogía, didáctica, currículo, evaluación y contexto.

La transición de una pedagogía tradicional a una centrada en el estudiante implica un cambio paradigmático fuerte, tanto en estudiantes como en docentes. Por esta razón, es necesario implementar estrategias formativas que propicien dicha transición en primera instancia con los directivos del programa; en segunda instancia con los docentes y en una tercera con los estudiantes. El funcionamiento adecuado del modelo depende en alto grado de la manera como se apropien los actores de los elementos propuestos.

Desde el punto de vista instrumental, el modelo debe contar con espacios adecuados para su desarrollo. Se habla, entonces, de la necesidad de estructurar adecuadamente los laboratorios para la ejecución práctica de los estudiantes así como el requerimiento tecnológico y la formación en informática para la aplicación de simulaciones y diseño de los encuentros virtuales.

La operacionalización del modelo se lleva a cabo a través del currículo y por tanto se requiere un estudio detallado de cada variable involucrada para que se reflejen en ellas la intencionalidad del modelo.

La definición del objeto de estudio será fundamental y debe ser coherente con lo planteado didácticamente. Así mismo, los principios filosóficos, epistemológicos, psicológicos y administrativos del currículo deben entrar en consonancia con el modelo, de lo contrario se correrá el riesgo de caer en lo tradicional y no se logrará ningún cambio.

El cambio paradigmático de la evaluación es de carácter cultural y por tanto será un proceso de difícil transformación. Demandará un trabajo ingente de todos los participantes del proceso y será necesario ir mostrando durante el transcurso del modelo, las bondades de una evaluación que no busca sancionar, sino construir colectivos de observación crítica y autoevaluativos.

El espacio para desarrollar prácticas debe ser abierto y estar disponible en tiempos distintos a las horas de clase.

Bibliografía

– Ausubel, D. P. , Novak, J. D., y Hanesian, H. (2001). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo.* Mexico D.F.: Trillas.

– Becerra Orozco, G., Cruz Ardila, J. C., y Vivias Berrío, D. F. (2003). *Lineamientos para un modelo pedagógico como fundamento para la formación del ingeniero electrónico bonaventuriano.* Cali: Universidad de San Buenaventura.

– Buenaventura, U. d. (2007). *Proyecto Educativo Bonaventuriano.* Bogotá: Editorial Bonaventuriana.

– Coll, C. (1990). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento.* Barcelona: Paidos.

– EDUTEKA. (5 de agosto de 2006). *Mapas conceptuales*. Recuperado el 15 de noviembre de 2010, de http://www.eduteka.org/modulos.php?catx=4&idSubX=90&ida=543&art=1

– Hernández Millán, G., y Bello Garcés, S. (2005). "La V de Gowin y la evaluación del trabajo experimental". En: *Enseñanza de las ciencias* , 1-5.

– Moreira, M. A. (2002). "La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. La enseñanza de las ciencias y la investigación en el área". En: *Investigaciones en enseñanza de la ciencia*, 7 (1).

– Novak, J. D., y Gowin, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender.* Barcelona: Martínez Roca.

– Palomino, W. (2003). *Colombia aprende.* Recuperado el 29 de agosto de 2010, de El diagrama V de Gowin como intrumento de investigación.: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/docentes/1596/article-96727.html

– Pontes, A. (2005). "Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos". En: *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* , 2-18.

– Rodríguez P. , M. L. (2004). La teoría del aprendizaje significativo. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mappin.* Pamplona.

– TEC, M. (2000). *Las técnicas didácticas en el modelo educativo del Tec de Monterrey*. Recuperado el 10 de noviembre de 2010, de http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/docs_internos/inf-doc/tecnicas-modelo.PDF

– Unesco. (9 de octubre de 1998). *Declaracion mundial sobre la educacion superior en el siglo XXI: vision y accion.* Recuperado el 18 de septiembre de 2010, de http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm

– Vygotsky, L. S., y MollL, L. C. (2003). *Vygotsky y la educación : connotaciones y aplicaciones de la psicología sociohistórica en la educación.* 4. ed. Buenos Aires: Aique Grupo Editor.

– Zambrano, A. (2006). *Contribución a la Comprensión de la ciencia de la Educación en Francia. Contribución, discurso y sujetos* Tesis doctoral. Atlantic International University. Honolulu, Hawai.

Capítulo 5

Aplicación de la V de Gowin en los laboratorios de Física Mecánica

Juan Carlos Cruz Ardila
Vanesa Espinosa Arroyave

Introducción

En la investigación se identificaron tres paradigmas que dificultan el acontecimiento experimental en los laboratorios, generando así un debate epistemológico entre la ciencia y el pluralismo de la razón. Un primer paradigma muy significativo, es la ubicación de la ciencia como un metarrelato universal, observado como verdad científica absoluta que no permite permeabilidad. Un segundo, es la explicación y la comprensión que afirma la incapacidad de aquel que depende de otros sin opción a elaborarse. El tercero es un paradigma arraigado en los laboratorios de física relacionado con la intención, puesto que todo está predeterminado: se supone que el desarrollo de una guía debe generar un resultado esperado, limitando así en varios aspectos, la vivencia del acontecimiento.

Estos paradigmas convierten las aulas en lugares de desesperanza y en muchos casos no despiertan la curiosidad del estudiante, lo cual genera más desmotivación hacia sus procesos de educación institucional.

Con base en los paradigmas mencionados, se plantea un reto y un desafío permanentes para la elaboración de currículos dinámicos pertinentes, con posibilidades infinitas de flexibilización y sus vínculos con los cambios de época

y tiempo, ya que se deben crear a partir de la revisión del contexto, las necesidades básicas de formación para seleccionar lo que se va a enseñar, de acuerdo con los propósitos y competencias de formación. Incluso, más allá del currículo puede desarrollarse la estrategia didáctica, aquella que media la relación entre el docente y el estudiante.

En este trabajo se presenta un proceso de triangulación proactivo cuyos vértices los componen las competencias en ciencias básicas que se pretender desarrollar en los laboratorios de física, las exigencias profesionales del ingeniero y las perspectivas del mercado y se utiliza como mediación didáctica la V de Gowin.[1] Al hilo de esta propuesta, se busca potencializar no solo la formación disciplinar, sino también la formación humana del futuro ingeniero.

Metodología

Se efectuó un primer ejercicio relacionado con la revisión bibliográfica para construir un estado del arte del problema de investigación planteado. Es así como se elabora el artículo titulado *Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las* TIC[2] el cual refleja el aporte de diferentes autores que han indagado en Latinoamérica la didáctica en laboratorios de física en la última década, el uso de las TIC en física y la V de Gowin como estrategia didáctica. Se lograron detectar avances y tendencias en los modelos didácticos utilizados en los últimos años para la enseñanza de la física y se halló un tránsito desde el modelo conductista hacia el constructivista que le otorga gran participación al estudiante en el conocimiento que adquiere, lo cual influye en grado sumo en los jóvenes debido a que el sujeto de hoy también ha transformado sus modos de aprender (Cruz Ardila y Espinosa Arroyave, 2012, pp. 105, 127).

En un segundo momento, se indagó sobre las posturas de los docentes y estudiantes en los laboratorios de física a partir de una encuesta *online* y física (en papel) llevada a cabo en la Universidad de San Buenaventura Cali (USB), periodo 2010-2,[3] en la cual se pudo detectar que el uso del experimento se constituye

1. Para profundizar este concepto se pueden revisar los trabajos de (Aguirre M, Meza S y Lucero I, n.d.), (Carnicer J, Carrasquer J., Martínez R., De Lama M. D., y Usó F. 2004), (Fox R., 2007) y (Novak, J. D., y Gowin, D. B. 1988).
2. Artículo publicado por la revista virtual de la Universidad Católica del Norte. http://revistavirtual.ucn.edu.co/
3. El *link* del cuestionario *online* para docentes fue enviado a cinco docentes aprobados y vigentes en dicho periodo en la facultad de Ingeniería de la Universidad San Buenaventura Cali, quienes enviaron sus respuestas mediante la misma herramienta. Así mismo, el *link* del

en una herramienta esencial para la enseñanza y la comprensión de la física gracias a que facilita en el estudiante el acercamiento práctico a la teoría, amén de un pensamiento más creativo y una confianza por la investigación científica. Sin embargo, se pudo constatar que la enseñanza de la física en cursos básicos se sigue ejecutando con dinámicas tradicionales que no están en consonancia con los actuales avances de las TIC.

Un tercer momento metodológico permitió analizar los diversos informes de laboratorio entregados por los estudiantes y un video grabado en una práctica de laboratorio identificada como *prueba cero*,[4] en la cual se observa que los estudiantes, al responder las preguntas que le son suministradas por los docentes, son escuetos en sus respuestas y no se detienen en el detalle. Hacen una observación muy general y poco profunda acerca de la práctica experimental y se evidencia un desinterés oculto hacia el informe y una resistencia hacia su evaluación.

En un cuarto momento se diseña una prueba experimental para establecer si la V de Gowin puede favorecer acercamientos entre las ciencias exactas y la visibilización del sujeto en el aula. Esta prueba se lleva a cabo en dos lugares: en el laboratorio de Física Mecánica de la USB[5]; y en un taller experimental denominado *Las TIC y la V de Gowin. Aplicación didáctica de la teoría V de Gowin en las TIC.*[6] De ahí surgen nuevos interrogantes y reflexiones ya que vincular la ciencia, la tecnología, la ética y lo humano conlleva un desafío considerable, pues el pensamiento no es lineal y el devenir de los sujetos hace que muten y se transformen a nuevos estados y lógicas de pensamiento.

En un quinto momento se llevó a cabo un foro con estudiantes que asistieron al laboratorio de Física Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la USB[7] y experimentaron la didáctica de la V de Gowin en el semestre 2011-2, el cual fue grabado para captar las sensaciones, los pensamientos, los análisis y las discusiones.

---

cuestionario *online* para estudiantes se envió a los estudiantes matriculados en los cursos vigentes de Laboratorio de física (aproximadamente 100 estudiantes), recolectando un total de 36 cuestionarios debidamente diligenciados.

4. Se hace un video y se recoge información sobre los informes presentados por catorce grupos de trabajo que desarrollaron la práctica experimental del movimiento rectilíneo con los docentes que dirigen los cursos de Física Mecánica.
5. Efectuada a grupos de trabajo del primer semestre de 2011 de laboratorio de Física Mecánica.
6. Taller llevado a cabo en el congreso No.18 de Prociencia 2011, Provincia de Buenos Aires (Argentina)
7. Aproximadamente 50 estudiantes de diferentes carreras de la facultad de Ingeniería de la USB participaron en el foro.

Los estudiantes afirmaron no haber notado diferencia alguna entre la estrategia tradicional y la V de Gowin y lo único que percibieron como diferente, fue la adición de otra hoja al informe para presentar posteriormente al laboratorio. Demandaron que las prácticas de laboratorio fuesen más frecuentes (al menos una vez por semana) y más contextualización de los fenómenos estudiados así como clases magistrales, ya que desde sus programas de formación no visualizan la conexión con la física y su aporte al quehacer profesional.

Finalmente, en un sexto momento se presentó el trabajo titulado *Modelo didáctico y estación de trabajo con instrumentación electrónica para el desarrollo de los laboratorios de Física Mecánica*. En esta ponencia se visibiliza el engranaje de la V de Gowin con una estación de trabajo, a partir de una instrumentación electrónica desarrollada por un grupo interdisciplinario de estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería de la USB, que responde a una serie de preocupaciones tecnológicas, ergonómicas y científicas que inciden en la enseñanza de la Física Mecánica. Adicionalmente, la estación incluye un *software* que está en consonancia con la estrategia didáctica planteada (MODIFIS) y pretende articular la experimentación y la teoría para propiciar un estilo propio y creativo que permita trabajar sensorialmente (aumentar su capacidad de asombro) con cada uno de los estudiantes.

El carácter multidimensional lo constituye la triangulación entre la didáctica en física, las competencias en ciencias básicas y las perspectivas y exigencias del ejercicio profesional del ingeniero, sin dejar de lado al sujeto. Lo multirreferencial está relacionado con el estudio de las didácticas en física y la revisión de diversas posturas del ejercicio académico en diferentes regiones e instituciones. Lo multicausal se enfoca en el análisis de la comunidad de sentido a partir de entrevistas, cuestionarios, foros, pruebas y demás, a fin de establecer sus posturas frente a la didáctica actual tradicional y la V de Gowin.

Resultados

La preocupación por el aprendizaje de la física básica es general y de gran actualidad, dado los altos niveles de repitencia y deserción (Gaytán P, Olfos A, Castillo C, Uribe R. y Faúndez A, 2002). Adicionalmente, se pretende que los estudiantes cobren consciencia de la importancia de la física en la formación profesional de los ingenieros, aunque es igualmente válida para la enseñanza media. Se busca de esta manera, que lo visto en clase se transforme en un aprendizaje significativo.

Se pudo determinar la importancia de la práctica experimental en el ejercicio mismo del experimento y su conexión con un mundo como el actual, inmerso en la ciencia y la tecnología. El estudiante construye su práctica para ser llevada a cabo en los laboratorios desde una fase preexperimental.

De acuerdo con la revisión efectuada, se evidencia el alcance de la relación dialógica entre docente y discente, comoquiera que permite la construcción de conocimiento significativo a partir del encuentro, sin importar si este es presencial o virtual. Para lograrlo, es necesario diseñar estrategias didácticas que obliguen a las partes a cimentar esos encuentros. La teoría de Gowin es pertinente para desarrollar este tipo de actividades, dado que en ella la lógica de elaboración de conocimiento se sale de los esquemas tradicionales de la enseñanza de la física.

Es importante señalar que una práctica didáctica competente debe ir de la mano de una estrategia de evaluación que le permita construir y retroalimentar permanentemente el modelo a fin de que no se convierta en una práctica aislada sin resultados, pues es la continuidad la que genera procesos reales de transformación.

En cuanto a la postura del docente, el objetivo buscado a través de los laboratorios es la comprobación de la teoría vista en clase y su correspondiente comprensión. No obstante, se reconoce que la práctica es también un mecanismo de construcción, interpretación, comunicación, investigación y forma parte del adiestramiento científico de los ingenieros, pero ligada en gran medida a la *puesta en escena* del docente y del estudiante para afianzar las competencias básicas en los estudiantes de ingeniería, especialmente en lo tocante a lo cognitivo, procedimental y afectivo. Esto se explica en virtud de que se trata de un asunto experimental que genera un acercamiento más visible en la construcción del conocimiento; es decir, alude a un proceso de aprendizaje científico subjetivado.

Por otro lado, los profesores manifiestan falta de motivación del estudiante, ya sea por factores internos (mala preparación; no encuentra conexión con su contexto disciplinar o personal) o externos (la práctica experimental no es lo suficientemente atractiva para el joven actual muy interesado en el mundo virtual). En todo caso, se requiere una enseñanza más acorde con la época que promueva en el estudiante un pensamiento crítico y parta del reto metodológico del docente y de la preocupación por nuevas estrategias de enseñanza ante la dificultad del estudiante para comprender conceptos de alta abstracción, debida sobre todo a la carencia de un componente interactivo o lúdico que mejore la situación motivacional.

El docente reconoce, igualmente, que el momento más importante para el estudiante es la implementación del experimento, cuando este se convierte en un desafío y en una oportunidad de crear su propio conocimiento. Pese a ello, presenta gran dificultad en concluir, sintetizar, recopilar los datos y presentar un informe, tal vez por el temor que entraña no escribir lo que el profesor desea leer o "debe" escribir. En todo caso, es básico aprovechar el interés inicial en la experimentación directa con fenómenos cotidianos para hacer del experimento un proceso que implique mejoras en los análisis de datos y en sus conclusiones.

Otro factor substancial para los docentes es el nivel de competencia de los estudiantes en áreas básicas, considerados bajos o apenas aceptables, posiblemente porque se persiste en utilizar metodologías del siglo XIX a pesar de que el sujeto ha cambiado drásticamente sus modos de pensar. Por tal razón, el estudiante no visualiza los laboratorios como un lugar para construir conocimiento, sino como una guía que le permita llegar al resultado esperado. Si bien es cierto que la implementación del experimento puede llamar su atención, ello no es suficiente para producir un buen informe. Los resultados confirman las características del modelo tradicional donde priman los contenidos dirigidos a la mera información al estudiante, quien en últimas, termina por desarrollar prácticas de física con la simple intención de comprobar los hechos percibidos en la teoría. Por ello, el docente debe confiar plenamente en la tecnología para desarrollar los trabajos experimentales más acordes con la época. Es necesario darle agilidad al momento de recolección de datos, a las gráficas, a las mediciones y demás, para enfocarse en lo que realmente interesa, a saber, el análisis y construcción de conocimiento.

Es así como los maestros expresan que ha llegado el momento del cambio, pues se requieren actitudes más investigativas en la práctica experimental y darle un mayor tiempo a ese encuentro con las herramientas, los aparatos de medición y en general al ambiente práctico, más que a una teoría que al fin y al cabo se encuentra al alcance de todos mediante gracias a internet. Es vital dar oportunidad al momento experimental, al montaje de artefactos, simulaciones y construcciones y no solo a la comprobación. Uno de los retos más significativos es la contextualización del conocimiento mediante la obtención de datos, la medición y la validación con instrumentos y modelos contemporáneos que conduzcan a la formación de hábitos científicos para asimilar y comprender literatura técnica y propugnen el trabajo colaborativo organizado y planeado.

Por otra parte, el estudiante está plenamente convencido de que el objetivo del laboratorio es poner en práctica lo visto en la clase magistral para entenderlo mejor o comprobar un fenómeno determinado, pero no ve en ello la oportunidad

de construir conocimiento. A pesar de esto, presentan una honesta motivación hacia los laboratorios y el momento experimental, quizá porque el experimento en sí promueve un hacer práctico que está en consonancia con sus actividades cotidianas y ofrece una mediación tecnológica. *A contrario sensu*, los alumnos muestran menos interés en la elaboración del informe, básicamente por la dificultad que entraña la producción de textos escritos a causa de la ausencia de ejercicios escriturales. Hoy en día, es un hecho que el chat, los mensajes de texto y los *e-mail* favorecen el deterioro de la producción escrita formal en los jóvenes nativos digitales (Prensky, 2001).

Un factor relevante dilucidado en la revisión de las encuestas a los estudiantes, fue el temor al "error": el estudiante permanece en constante incertidumbre frente a las fallas, no soporta los errores, no los maneja y no los estudia; simplemente busca con afán llegar al resultado que –según él– "debe" llegar, quizá impulsado por la idea de que a pesar de su poca claridad acerca del porqué del estudio de la física, sí reconoce que en algún momento esta disciplina le será útil en su ejercicio profesional. Otro aspecto importante es la seguridad al establecer grupos de trabajo, lo cual da paso a la fragmentación del conocimiento: los estudiantes son dados a repartir las actividades entre los integrantes sin permitirse un espacio de diálogo para interactuar sobre la práctica desarrollada; incluso en ocasiones reconocen que encargan a un tercero el desarrollo de los informes, evidenciando con ello su visión del grupo como una mera suma de aportes y no como un colectivo que debate y discute la construcción del conocimiento.

Como ya se manifestó, el estudiante actual se fascina con la oralidad o la escritura no formal, como los mensajes de texto, el chat, los *e-mails*, etc., razón por la cual al momento de hacer un análisis escrito, su desempeño es a todas luces deficiente. Al momento de hacer una mesa de discusión durante la práctica experimental, se obtiene una mayor atención, motivación e interés y lógicamente, al final debe establecerse un mecanismo de evaluación con otros componentes adicionales al informe grupal presentado. Es posible adelantar un laboratorio de física que tenga varios momentos evaluativos durante la práctica con el desarrollo de la V de Gowin, la mesa redonda de discusión y posteriormente el informe. Con esto no solo se evaluará un trabajo posterior al laboratorio (que se constituiría en el informe), sino también la práctica misma, la resolución de problemas, el análisis de posibles soluciones, el trabajo en equipo y todo lo que se involucra en una labor experimental en el laboratorio.

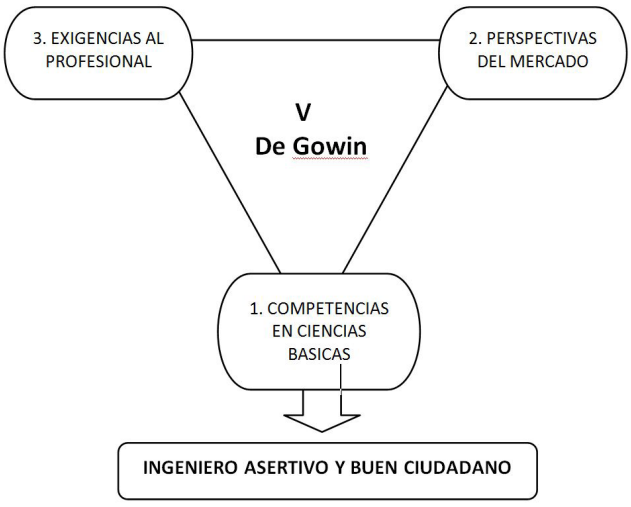
Una estrategia didáctica en las prácticas de laboratorio debe involucrar herramientas tecnológicas que motiven al estudiante, dándole, además, la oportunidad de contextualizar a partir de su disciplinar para hacer de la física

una herramienta en su quehacer cotidiano. También es fundamental enlazar la clase magistral con el laboratorio y proporcionarle una mayor frecuencia para convertirse en un detonante potencializador de competencias y habilidades propias del área de física.

Discusión

La triangulación proactiva entre las competencias en ciencias básicas que se deben desarrollar en los laboratorios de física, las exigencias profesionales del ingeniero y las perspectivas del mercado a partir de la aplicación de la V de Gowin como estrategia didáctica que debe potencializar no solo la formación disciplinar, sino también lo humano, se muestran en el triángulo de la Figura 4, en el cual cada vértice presenta un elemento que dinamiza la formación del ingeniero actual. El triángulo es equilátero porque las interacciones que se generan están en el mismo nivel de exigencia y compromiso. Las exigencias al profesional deben estar en consonancia con las perspectivas del mercado y soportadas por su formación en ciencias básicas, las cuales deben nutrirse del contexto y las exigencias del mercado. La V de Gowin se ubica en el ortocentro porque debe conectar los vértices para englobar los objetivos de formación que se han trazado desde el programa académico y dirigirse a ellos. Finalmente, la intención es ofrecer al contexto inmediato, un ingeniero asertivo en su comportamiento y cumplidor de las normas éticas que lo catalogan como un buen ciudadano.

Figura 4
Triangulación proactiva mediada por la V de Gowin



Para el proceso de triangulación, se propone una participación tanto del docente del estudiante, en escenarios que coadyuven a la articulación de los tres vértices, los cuales se describen a continuación.

Primer escenario

Construcción de elementos orientadores

El docente, dentro de su conocimiento disciplinar, debe diseñar un mapa conceptual en el que se explicite el contenido de su curso de Física Mecánica, cada una de sus intencionalidades de formación y la manera como se articularía con la formación de los estudiantes. Básicamente, es la disposición de los elementos teóricos necesarios para que el estudiante haga una apropiación pertinente y contextuada de acuerdo con los propósitos de formación trazados por el plan de estudios. Esta actividad hace que el diálogo docente-discente se establezca a partir de la discusión de elementos teóricos adecuados para el primero y novedosos para el segundo, con la particularidad de que siempre se conocerá el principio y el fin de cada uno de ellos.

Concretar los contenidos del curso

El educador debe definir claramente cada uno de los contenidos que tratará en el curso a fin de facilitar la construcción de las preguntas-problema que dinamizarán los procesos de aprendizaje. Así mismo, es necesario que articule las intencionalidades de cada tema con el contexto real en que se encuentre inmerso el proceso enseñanza-aprendizaje para facilitar la utilización de los diagramas V de Gowin. En la construcción de los contenidos conviene establecer una relación con la temporalidad del curso dadas las horas establecidas para los encuentros en el aula y para el trabajo independiente. Este ejercicio obliga al docente a desarrollar una habilidad en la planeación de los tiempos de las actividades propuestas con el fin de construir conocimiento alrededor de los temas seleccionados para el curso.

Explorar los conocimientos previos

Como una manera de responder a la propuesta de Vygotsky, en el primer encuentro el docente debe llevar a cabo una actividad que lo lleve a explorar los conocimientos previos de los estudiantes. Este diagnóstico le permitirá afinar las actividades preparadas y percibir las comprensiones y el dominio teórico de sus estudiantes. No se trata de evaluar directamente a cada uno, sino de establecer

un diálogo gracias al cual se reconozcan los papeles de cada cual y se cimente la naturaleza de la formación académica en la que los partícipes son sujetos responsables de los momentos educativos que se ejecuten durante el curso.

Segundo escenario

Contextualización de los problemas

Según la propuesta, los contenidos tratados durante el curso deben partir de la contextualización de un problema específico. En este punto, el maestro debe tener la capacidad de proponer problemas[8] que faculten a los estudiantes para elaborar su construcción teórica; es decir, la elaboración del lado izquierdo del diagrama V de Gowin. Esta etapa debe comenzar con el planteamiento de las siguientes preguntas:

- ¿Por qué es importante investigar el tema objeto de estudio en relación con la realidad?
- ¿Cómo se aprenderá?
- ¿Qué áreas explica?
- ¿Qué ley o principio explica el fenómeno o acontecimiento objeto de estudio?

La solución de estos interrogantes permitirá el trazo de un derrotero docente-discente que dará sentido a la edificación de conceptos. En este momento se evidencia una dimensión teórica en la cual se tienden los puentes y se desarrollan las transposiciones didácticas propias del ejercicio enseñanza-aprendizaje. Es cierto que un semestre académico dura diecisiete semanas, por tanto el docente, en su planeación, debe cimentar de seis a ocho situaciones problemáticas de tal manera que su solución permita el estudio de cada uno de los contenidos del curso.

Mediación con la V de Gowin. Seguimiento y acompañamiento

Cada grupo de estudiantes tendrá una mirada, una aproximación y una forma de trabajar distinta, frente al problema planteado por el docente. Por esta razón, los encuentros programados para desarrollarlos en el aula (diferente al espacio de laboratorio), se deben caracterizar por el seguimiento a cada una de las for-

8. En este ámbito el trabajo presentado por Gangoso dio elementos de reflexión importantes para el desarrollo de la propuesta (Gangoso Z, 1999).

mas en que los estudiantes están trabajando. Sin caer en clases magistrales, es necesario que se unifiquen criterios teóricos, se analicen modelos matemáticos que ya han sido validados universalmente y se resuelvan las inquietudes que surjan en el proceso. En este espacio se evidencia una dimensión creativa y de diseño y se planea el vértice de la V de Gowin (experiencias que se pueden plasmar) porque son los estudiantes los responsables de trazar el camino que posiblemente los lleve a la solución del problema, incluida la aplicación práctica que tendrán que desarrollar. Sin embargo no se exime la responsabilidad del docente en cuanto a la importancia que tiene su asesoría para impedir que los estudiantes pierdan la orientación y por tanto corran el riesgo de no conceptualizar los temas previstos en la planeación del curso.

Tercer escenario

Desarrollo de actividades

El profesor y los estudiantes construyen conjuntamente consensos y proponen las reglas y las normas del trabajo así como las exigencias colectivas e individuales. Se generan acciones para construir el lado derecho de la V de Gowin, se encuentran las afirmaciones de valor, las afirmaciones de conocimiento, transformaciones y los registros. En este punto, los estudiantes dan solución a las siguientes preguntas:

- ¿Para qué fue importante el estudio del fenómeno, acontecimiento o tema de estudio?
- ¿Qué se aprendió del tema?
- ¿Se respondieron las preguntas centrales?

La interacción docente-estudiante se decanta en el laboratorio y por ende este espacio debe contar con las herramientas apropiadas para que los discentes implementen sus ejercicios prácticos.

Evaluación del proceso

Se analizan los indicadores trazados con el docente en función del nivel de desarrollo alcanzado y se verifica cuáles no han sido tratados de manera directa. Se propone comprobar las imprecisiones y preparar los elementos para reiniciar su tratamiento a un nivel superior con la aplicación del modelo. La construcción de los elementos de evaluación se vuelve imprescindible y estos no pueden ser solamente de tipo cuantitativo; es necesario orientarlo a la va-

loración de competencias en consonancia con los conceptos teóricos que en su planeación haya incluido el docente. El profesor debe explicar tanto al grupo como individualmente, en qué medida se alcanzaron los objetivos propuestos.

Bibliografía

– Aguirre M, Meza S y Lucero I. (n.d.). Obtenido el 16 de septiembre de 2011 de http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/humanidades/h-014.pdf

– Carnicer Murillo, J., Carrasquer Zamora, J., Martínez Martínez, R., De Lama Alcade, M. D., y Usó Ballester, F. (2004). *La uve de Gowin y los mapas conceptuales pueden ser el zum de la teoría de la elaboración.* Primer congreso internacional sobre mapas conceptuales. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.

– Cruz Ardila, J. C. y Espinosa Arroyave, V. (2012). "Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las TIC". En: *Revista virtual Universidad Católica del Norte* .

– Cruz Ardila, J. C., y Espinosa Arroyave. (2011). *Modelo didáctico y estación de trabajo con instrumentación electrónica para el desarrollo de laboratorios de Física Mecánica*. Reunión Nacional de Acofi 2011. Acciones y cambios en las Facultades de Ingeniería. http://acofi.comunidadpmb.org/opac_css/doc_num.php?explnum_id=11

– Fox Roddy (2007). "Gowin's Knowledge Vee and the Integration of Philosophy and Methodology: A Case Study". En: *Journal of Geography in Higher Education*. Rhodes University. Grahamstown. South Africa.Vol. 31, No. 2, 269–284.

– Gangoso Zulma. (1999). "Investigaciones en resolución de problemas en ciencias". En: *Investigações em Ensino de Ciências* ,V4(1). Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba.

– Gaytán P, D., Olfos A, R., Castillo C, A., Uribe R, R., y Faúndez A, C. (2002). "Enriquecimiento de la evaluación en asignaturas". *VII Jornada de Innovación en la enseñanza de la matemática Universidad de Viña del Mar.* Viña del Mar, Chile.

– Novak, J. D., y Gowin, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender.* Barcelona: Martinez Roca.

– Prensky, M. (2001). "Digital Natives, Digital Immigrants". En: *On the Horizon.* MCB University Press. United Kindom.

Capítulo 6

Estación de trabajo como sistema con instrumentación electrónica para laboratorio de Física Mecánica

Erika Sarria Navarro
Harold Fernando Cruz González

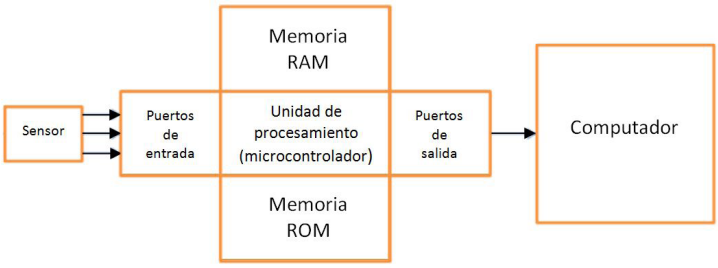
Desarrollo del modelo

Se hace una descripción de los diferentes prototipos en diagramas de bloques, para una mejor visualización del funcionamiento general del proyecto y se muestra el diagrama de bloques de cada dispositivo usado. Para la elaboración del esquemático y PCB, se tuvieron en cuenta todas las recomendaciones de los fabricantes al momento del diseño del circuito, de acuerdo con los requerimientos que el diseño demanda.

Arquitectura del sistema

El procesador escogido es el PSoC CY8C29466 de la compañía *Cypress Perform*. El sistema desarrollado sigue tres etapas generales las cuales se muestran en la Figura 5.

Figura 5
Diagrama de bloques del sistema



En el diseño del sistema se requiere que los diferentes sensores, encargados de adquirir las señales análogas y además de enviar los datos para ser acondicionados para su debido procesamiento, estén debidamente calibrados con el propósito que cada señal sea llevada a los puertos del computador.

Los diferentes sensores fueron seleccionados de acuerdo con los requerimientos exigidos en las diferentes prácticas de Física Mecánica, las guías del laboratorio de Física Mecánica de la Universidad de San Buenaventura Cali y las pautas establecidas por los docentes.

Tabla 1
Selección de sensores escogidos por práctica de laboratorio

A	B
Movimiento rectilíneo	Distancia Sharp GP2Y0A02YK0F Acelerómetro MMA7361L
Movimiento uniforme (MU)	
Movimiento uniformemente acelerado (MUA)	
Segunda ley de Newton	
Teorema del trabajo y la energía	Acelerómetro MMA7361L
Momento de inercia	Giroscopo o giroscopio LPR510AL

Diseño e implementación de los sensores

En el diseño es imperativa la construcción de un módulo donde lleguen las señales capturadas por los sensores y el micro procesador Cypress CY8C29466 será el encargado de adecuarlas para su respectiva transmisión al computador.

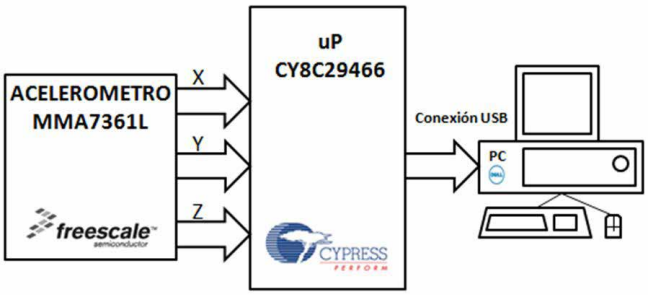
A continuación, se documenta paso a paso con esquemas y figuras el diseño de las *boards* en el *software Eagle* de la compañía CADSOFT, para el cual se tuvieron en cuenta las normas relacionadas con la implementación de *boards*. Por su parte, las conexiones y dispositivos externos, como capacitores y resistencias, fueron los recomendados por los fabricantes de los diferentes sensores: acelerómetro, el sensor de distancia y el giróscopo.

Sensor de aceleración

Este dispositivo posee un sensor de aceleración de baja gravedad diseñado para detectar en tres ejes X, Y, Z. El MMA7361L proporciona tres voltajes de salida correspondientes cada una a las direcciones X, Y, Z, los cuales son proporcio-

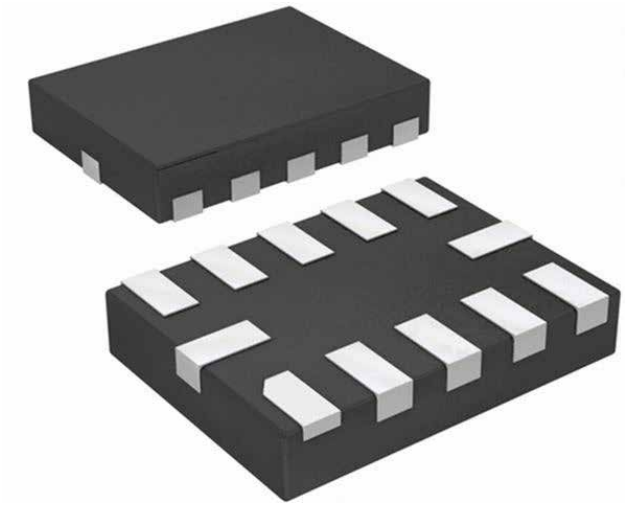
nales al valor de la aceleración sufrida por el dispositivo en cada dirección. Para determinar la aceleración, las tensiones entregadas por el MMA7361L son comparadas con valores previamente almacenados en la memoria del microcontrolador.

Figura 6
Esquema general de conexiones para el acelerómetro triaxial



El sensor tiene un encapsulado tipo QFN con dieciséis pines, cuyas dimensiones son 6[mm] x 6[mm] x 1,45[mm]. En la Figura 7 se muestra la vista desde abajo (*Bottom View*).

Figura 7
Sensor tipo QFN

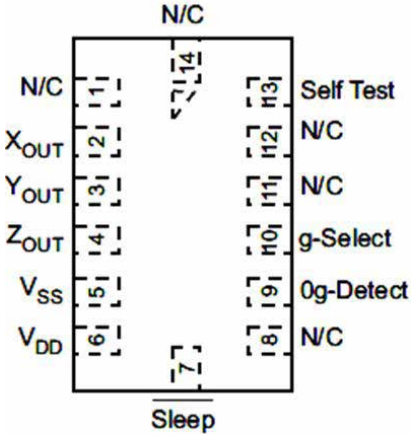


Fuente:
http://media.digikey.com/renders/Texas%20Instr%20Renders/12-QFN_4208463B.jpg

En la Figura 8 se ofrece una vista desde arriba (*top view*) con la distribución de pines del sensor.

Figura 8

Sensor tipo QFN. Descripción de los pines



Fuente:
http://2.bp. blogspot.com/-fLxo2p50WIc/T82sNCPbEkI/AAAAAAAAACE/L1JQAWJC-ow/s1600/Imagen3.png

La característica principal de este dispositivo es que se puede hacer la selección del nivel de sensibilidad mediante la conexión de los pines g-Select1 y g-Select2 (pines 1 y 2), como lo muestra la Tabla 2:

Tabla 2

Nivel de sensibilidad, mediante la conexión de los pines.

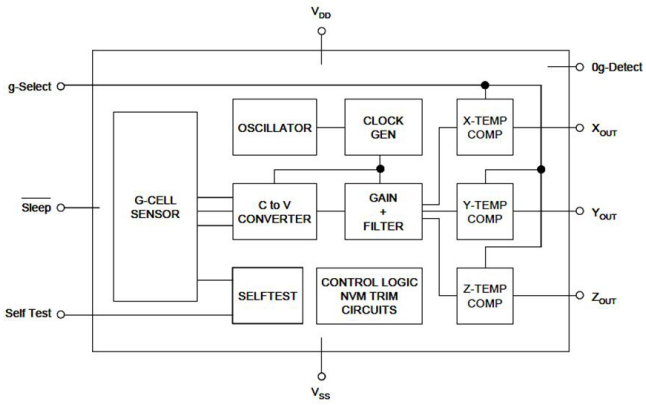
g-Select2	gSelect1	g-Range	Sensivility
0	0	1.5[g]	800[mV/g]
0	1	2[g]	600[mV/g]
1	0	4[g]	300[mV/g]
1	1	6[g]	200[mV/g]

Fuente de alimentación acelerómetro MMA7361L

Los valores de alimentación de este sensor son mínimo 3V y máximo 3.6V. Al ser una salida radiométrica, el valor de tensión correspondiente en la salida para

"0 g" de aceleración, será la mitad de valor escogido para alimentar el sensor 1.65 V. Para un valor de 3.3V de alimentación, se alcanza un valor de corriente de 400uA400uA.

Figura 9
Diagrama de bloques funcional simplificado del acelerómetro



Fuente: http://img.alibaba.com/img/pb/785/721/298/298721785_435.jpg

En este caso, para lograr los 3.3V para su óptimo funcionamiento se decide utilizar el regulador de voltaje FAN1616 que cumple con las especificaciones técnicas para alimentar el acelerómetro, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Características eléctricas del regulador de voltaje FAN1616A

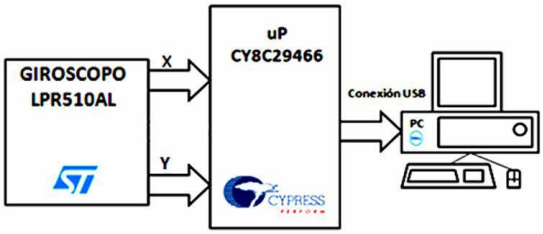
Parameter	Conditions		Min.	Typ.	Max.	Units
Reference Voltage[3]	1.5V ≤ (V_{IN} - V_{OUT}) ≤ 5.75V, 10mA ≤ I_{OUT} ≤ 0.5A	•	1.225 (-2%)	1.250	1.275 (+2%)	V
Output Voltage[4]	10mA ≤ I_{OUT} ≤ 0.5A					
	FAN1616A-1.8, 3.3V ≤ V_{IN} ≤ 12V	•	1.764	1.800	1.836	V
	FAN1616A-2.5, 4.0V ≤ V_{IN} ≤ 12V	•	2.450	2.500	2.550	V
	FAN1616A-3.3, 4.5V ≤ V_{IN} ≤ 12V	•	3.234	3.300	3.366	V
	FAN1616A-5, 6.2V ≤ V_{IN} ≤ 12V	•	4.900	5.000	5.100	V

Fuente: www.fairchildsemi.com/coc/FA/FAN1616AD18X.pdf.

Sensor de giro (giróscopo)

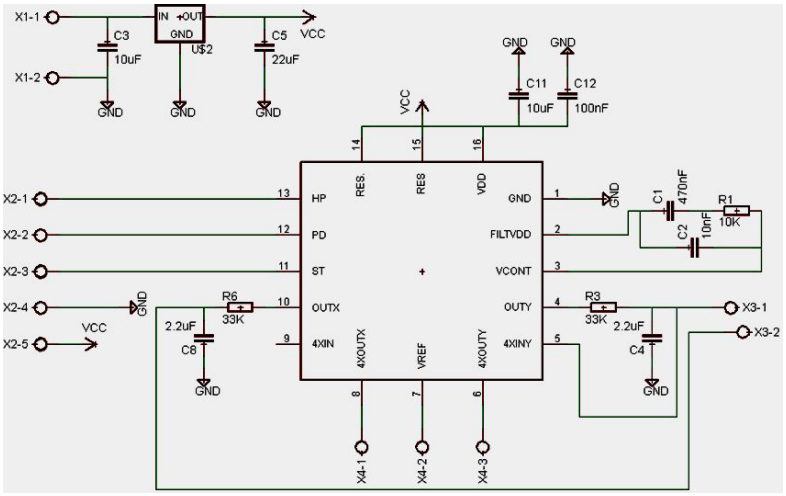
La Figura 10 ilustra el funcionamiento básico del sistema, consistente en un giróscopo que configura sus salidas X, Y a las entradas del PSoC CY8C29466 y los datos salen por conexión USB al PC

Figura 10
Esquema general de conexionado del giróscopo LPR510AL



Uno de los objetivos de este proyecto es adecuar los diferentes sensores al módulo didáctico de Física Mecánica, en este caso el sensor de giro LPR510AL que mide velocidades angulares a lo largo de los ejes de cabeceo y balanceo, cuya ventaja estriba en que la señal de voltaje que entrega es amplificada cuatro veces.

Figura 11
Diseño esquemático para el giróscopo LPR510AL



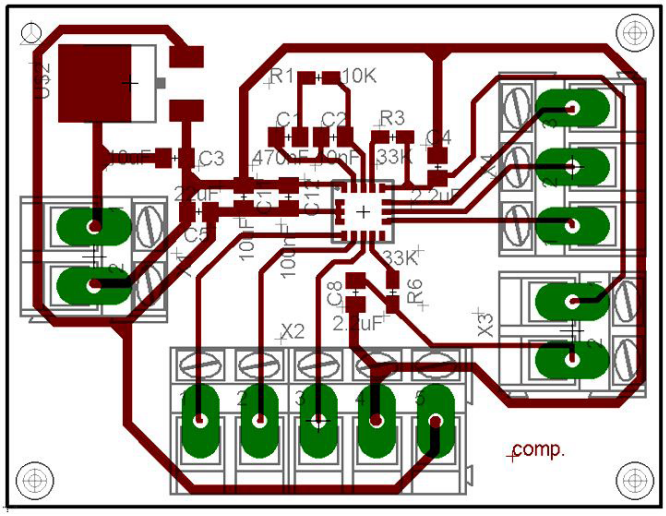
La Figura 11 representa las conexiones del giróscopo a las diferentes borneras. La bornera X_1 se encarga de la llegada de la fuente de alimentación al regulador de voltaje FAN1616 y la bornera X_4 envía la señal de la velocidad angular al microcontrolador PSoC. Finalmente, las borneras quedan disponibles para futuras conexiones por medio de filtros pasa bajas para eliminar las señales que puedan inducir ruido.

Tabla 4
Diagrama de pines giróscopo LPR510AL

Pin #	Pin name	Analog function
1	GND	0V supply voltage
2	FILTVDD	PLL filter connection pin #2
3	VCONT	PLL filter connection pin #1
4	OUTY	Not amplified output
5	4xINY	Input of 4x amplifier
6	4xOUTY	Y rate signal output voltage (amplified)
7	Vref	Reference voltage
8	4xOUTX	X rate signal output voltage (amplified)
9	4xINX	Input of 4x amplifier
10	OUTX	Not amplified output
11	ST	Self-test (logic 0: normal mode; logic 1: self-test)
12	PD	Power-down (logic 0: normal mode; logic 1: power-down mode)
13	HP	High pass filter reset (logic 0: normal operation mode; logic1: external high pass filter is reset)
14,15	Res	Reserved. Connect to Vdd
16	Vdd	Power supply

Tomado de: http://www.st.com/stonline/books/pdf/docs/15811.pdf

Figura 12
Esquema para el hardware hecho para el giróscopo LPR510AL



Fuente de alimentación giróscopo LPR510AL

El objetivo de este módulo es el acondicionamiento del sensor de distancia para su respectivo funcionamiento. Este dispositivo emite el voltaje correspondiente a la distancia de detección por lo cual puede ser utilizado como sensor de proximidad para las diferentes prácticas de laboratorio. Su mayor ventaja, como lo muestra la Figura 13, radica en que solo maneja una sola señal.

Sensor de distancia Sharp GP2Y0A02YK0F

Este sensor de medición de distancia posee como característica especial que su medición está determinada de 20 a 150 c y la única señal que entrega es analógica. Según el esquema de la Figura 12 va conectado al microprocesador donde se hace una adecuación al llegar al ADC para su correcta interpretación de datos y digitalización.

Figura 13

Esquema general de conexionado del sensor de distancia GP2Y0A02YK0F

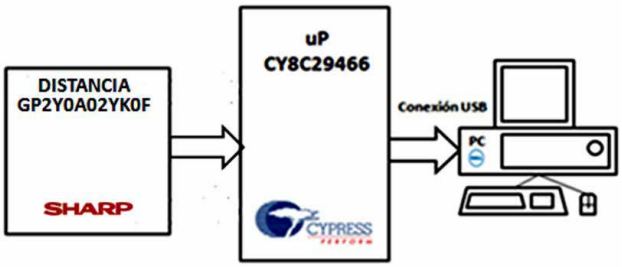


Figura 14

Diagrama de pines sensor de distancia GP2Y0A02YK0F

Fuente: http://es.farnell.com/productimages/farnell/standard/9707891-40.jpg

La Figura 14 representa las conexiones del sensor, donde 1 es la salida de tensión en los terminales, 2 es GND y 3 es la alimentación de voltaje del dispositivo VCC.

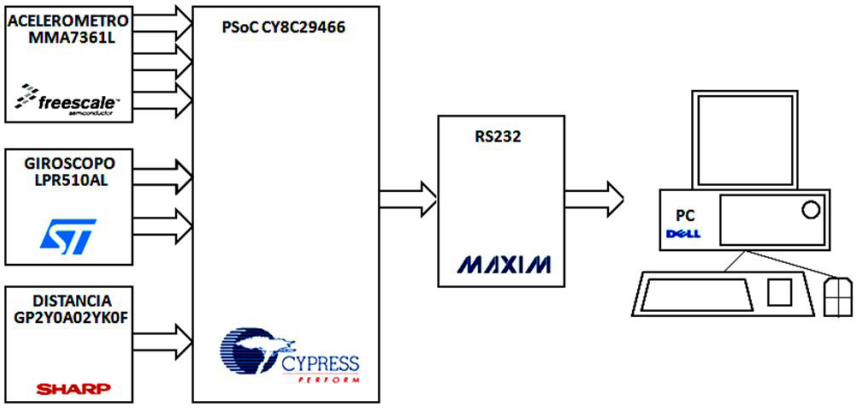
Con el fin de estabilizar la línea de alimentación, se recomienda insertar un condensador de 10μF o más entre VCC y GND cerca de este producto.

Este dispositivo debe mantenerse limpio, pues el polvo, el agua o el aceite lo deterioran y que funcione mal. Cuando el detector está expuesto a la luz directa del sol es difícil medir la distancia exacta.

Diseño PCB PSoC CY8C29466

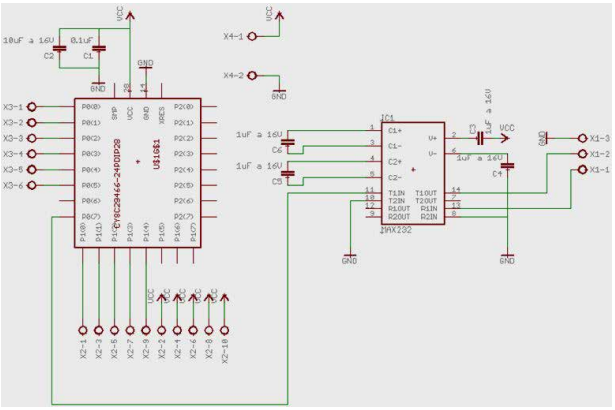
La Figura 15 representa el esquema del diseño más importante del proyecto reúne en un todo las diferentes señales físicas análogas que recogen los sensores de giro, aceleración y distancia

Figura 15
Esquema general de conexión de todos los sensores al PSoC CY8C29466



Dadas las limitaciones de funcionamiento del microcontrolador, en este diseño solo pueden trabajar al tiempo los sensores de distancia y aceleración y se utilizan pulsadores para multiplexar en caso de que se use un sensor de forma individual. Ya que al presionar el pulsador estando conectado los sensores, estos enviarán una señal de manera constante para ser procesada y comunicada al computador, siempre y cuando no se presione el pulsador de parada.

Figura 16
Diagrama general de conexionado de todos los sensores
al microcontrolador PSoC CY8C29466



De acuerdo con la Figura 16, a la bornera X1 llegan las señales de todos los sensores que se relacionan en la Tabla 5:

Tabla 5
Diagrama de puertos PSoC

PSoC puertos	PSoC PIN	Señal
P0.0	24	Giróscopo "Y"
P0.1	4	Giróscopo "X"
P0.2	25	Acelerómetro "Y"
P0.3	3	Acelerómetro "X"
P0.4	26	Acelerometro "Z"
P0.5	2	Distancia
P0.6	27	Libre
P0.7	1	TX8 - Transmision digital
P1.0	15	Pulsador 1 - Configuración sensor acelerómetro y distancia
P1.1	13	Pulsador 2 - Configuración sensor giroscopo
P1.2	16	Pulsador 3 - Configuracion sensor acelerómetro
P1.3	12	Pulsador 4 - Configuración sensor de distancia
P1.4	17	Pulsador 5 - Configuración de

Software aplicativo PSoC *designer*

En este capítulo se explica paso a paso el desarrollo del proyecto de *software* que sirvió de base para el funcionamiento final del equipo de adquisición y adecuación de variables aplicado al módulo didáctico del laboratorio de Física Mecánica.

Programación de la aplicación en el micro controlador CY8C29466

El microcontrolador CY8C29466 de *Cypress Semiconductor* cuenta con un *kit* de desarrollo el CY3210-MiniProg1 el cual cuenta con un *hardware* y un *software* de programación.

PSoC Designer (IDE o entorno de desarrollo integrado) es el *software* para el desarrollo de aplicaciones de los *Programable System-on-Chip*. El IDE se basa en una interfaz de usuario gráfica (GUI por sus siglas en inglés) para llevar a cabo la configuración *hardware*.

PSoC Designer IDE permite la programación de los dispositivos en lenguaje ensamblador o C o la mezcla de ambos. Aunque para programar en C hay que adquirir una licencia para el compilador, no hubo inconveniente con este al descargar de la página del fabricante la versión más actualizada del *software*.

PSoC Designer IDE

PSoC Designer se divide en tres secciones o subsistemas: *Device editor*, *Application editor* y *Debugger*

Device Editor

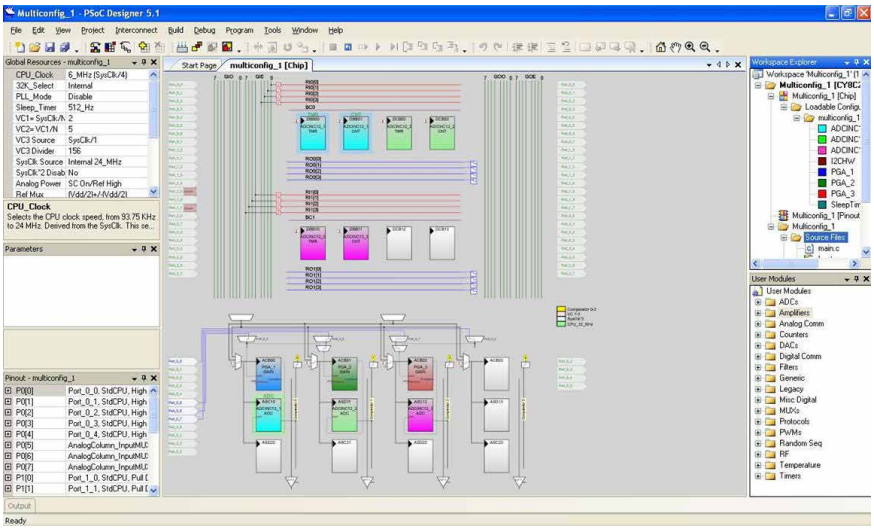
Es el primer sistema que aparece cuando abrimos PSoC Designer. En él se lleva a cabo la configuración del PSoC; es decir, se seleccionan los periféricos (*user modules*) analógicos y digitales necesarios para una aplicación en particular. Una finaliza esta etapa, se generan los ficheros necesarios de configuración (APIs, ISRs, datasheet, etc…) con la opción *Generate Application*.

Device Editor Selection View

En la Figura 17 se seleccionan los *user modules* disponibles en las librerías (menú inferior de la derecha) agrupados en categorías y se incluyen dentro de la configuración del chip (al hacer doble clic sobre el *user module*). Los *user modules*

seleccionados se muestran en la parte superior central. En la parte inferior aparece el esquemático del *user module* y más abajo el *datasheet*. La parte derecha de la pantalla muestra los recursos utilizados del chip.

Figura 17
PSoC Designer IDE, ventana *selection view*



Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/a/ae/Psoc_blocks.PNG/200px-Psoc_blocks.PNG

Device Editor Interconnect view

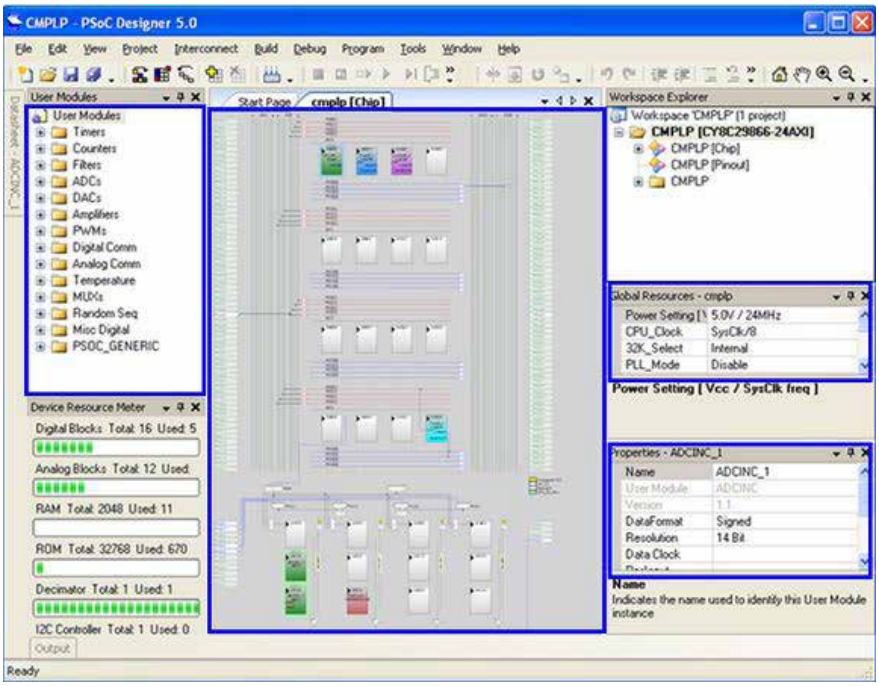
La Figura 18 muestra la pantalla donde están las herramientas necesarias para la conexión de los diferentes bloques PSoC que configuran las matrices analógicas y digitales. En la parte izquierda aparecen tres tablas de *listbox* (menús desplegables). De superior a inferior describen los siguientes menús:

Global resource table. Configura los parámetros generales del dispositivo (tensión de alimentación, *clock* interno/externo, frecuencia del *clock* principal y auxiliares, etc.).

User module parameters. Aquí se seleccionan los parámetros característicos de cada bloque seleccionado (analógico o digital). Los parámetros susceptibles de modificación vienen descritos en el *datasheet* del módulo.

Port table. Mediante esta tabla se seleccionan las características de los puertos de E/S (*general purpose input-output* GPIO).

Figura 18
PSoC Designer IDE, ventana *interconnect view*



Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/a/ae/Psoc_blocks.PNG/200px-Psoc_blocks.PNG

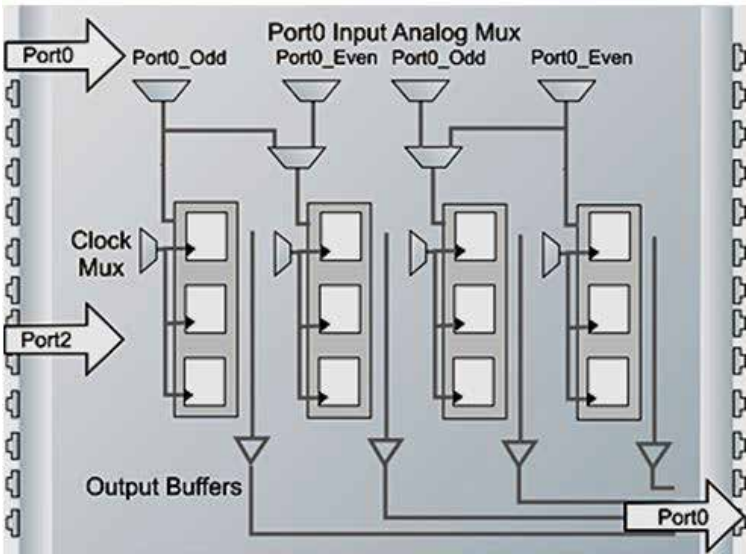
Bloques análogos

Los bloques análogos están agrupados en columnas cuyo número depende de la familia del microprocesador usado (pueden ser tres, cuatro o cinco). Cada columna posee tres bloques los cuales poseen una entrada, una referencia, una

salida. Tienen la ventaja de que se puede acceder directamente a ellos desde el exterior.

Figura 19

Bloques análogos vistos desde el *software* PSoC Designer

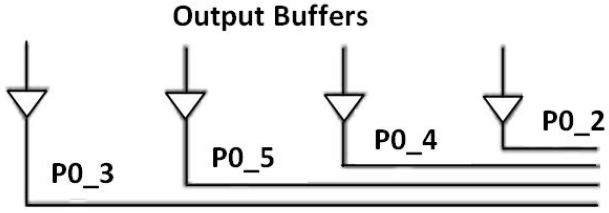


Fuente: http://img.webme.com/pic/p/psoc-chile/analog_programmable_blocks.png

La línea comparadora o de *Output Buffer* es única por columna, por lo cual solo puede ser usada por un bloque en cada columna. A través de este *Output Buffer* se puede direccionar la salida a un pin específico del microcontrolador o bien enviarla hacia los bloques digitales; además, se pueden sumar de forma lógica la salida de dos columnas diferentes

Figura 20

Diagrama de los Output Buffers.

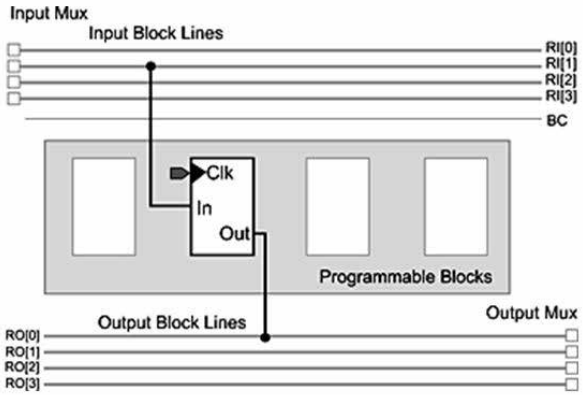


Bloques digitales

Dentro de los bloques digitales hay dos tipos de bloques: DCB (la C del medio indica que es para componentes de comunicación como Uart) y los DBB, de tipo general. De igual forma que los bloques análogos, la cantidad de bloques depende de la familia del microcontrolador (modelo).

Estos bloques, a diferencia de los anteriores, no pueden ser accesados directamente desde el exterior, sino por una señal proveniente de los bloques análogos. Ellos se pueden montar Uart (TX y RX), IRDA, PWM, SPI. Algunos componentes como los conversores análogos-digitales consumen ambos tipos de bloques.

Figura 21
Conexionado de entradas y salidas para los bloques digitales *software* PSoC.

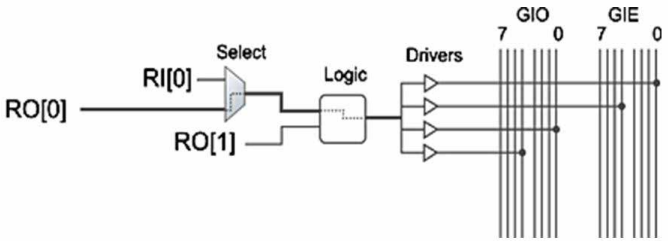


Fuente: http://img.webme.com/pic/p/psoc-chile/programmable_blocks.png

Al seleccionar un componente digital de la Figura 21 según sus características, puede ocupar uno, dos o tres bloques, los cuales se denominan por la sigla DB o DC más el número de su ubicación y pueden asentarse en cualquier bloque disponible. Esto es importante tenerlo en cuenta, ya que posteriormente definirá la ubicación de su interrupción en *software*.

Estos bloques tienen como agregado el hecho de que pueden programar su salida mediante bloques lógicos a través de operaciones lógicas AND, OR, XOR, como lo muestra la Figura 22.

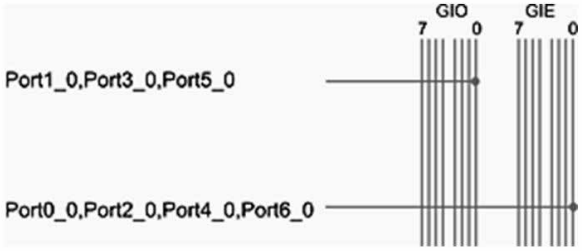
Figura 22
Bloques disponibles para conexionado digital



Tomado de: http://img.webme.com/pic/p/psoc-chile/logic_circuit.png

Son las líneas globales de entrada para la comunicación de sistemas digitales entre las líneas de entrada y los multiplexores. Estas se encuentran divididas en dos grupos que se separan en las líneas pares GIO, tales como P1(2) y las líneas impares GIE, como P1(3), de acuerdo con la Figura 23.

Figura 23
Conexión de las líneas globales



Fuente: http://img.webme.com/pic/p/psoc-chile/global_input_lines.png

Puertos

Los puertos E/S y los registros relacionados, así como el circuito responsable de la capa (interface) de los pines E/S del dispositivo PSoC reciben el nombre de GPIO (E/S, de propósito general). Los bloques GPIO proporcionan la capa entre el núcleo M8C y el mundo exterior. PSoC ofrece múltiples configuraciones para la mayoría de operaciones de E/S para sistemas analógicos y digitales.

GPIO

Los GPIO incorporan *buffers* de entrada, circuitos de salida, registro de almacenamiento del bit y configuraciones lógicas para conectar PSoC al mundo

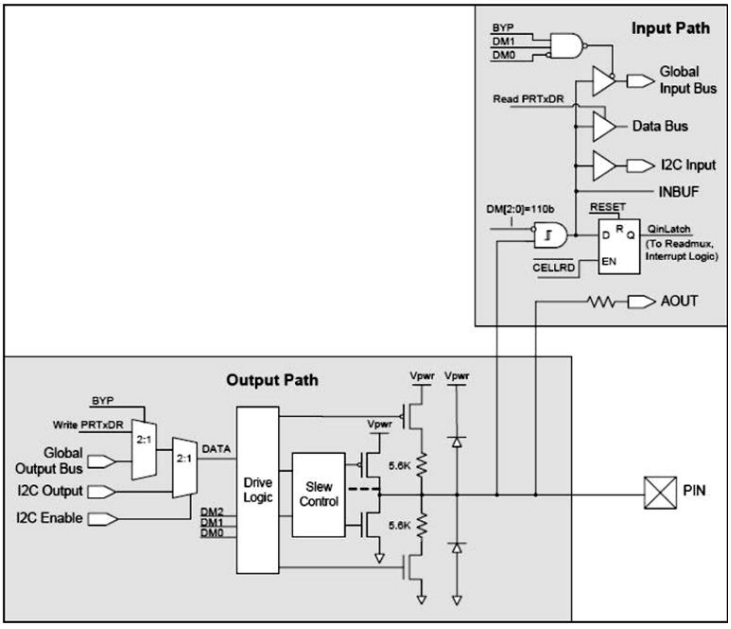
exterior; los puertos E/S disponen de ocho bits cada uno. El modelo CY8C29466 tiene tres puertos cada uno de los cuales contiene ocho bloques GPIO idénticos, identificados con una única dirección y registro del número de bit para cada bloque. Cada bloque GPIO puede usar los siguientes tipos de E/S:

- E/S digitales: entrada y salida digital controlada por *software*.
- E/S globales: entrada y salida para bloques digitales PSoC.
- E/S analógicas: entrada y salida para bloques analógicos PSoC.

Cada pin E/S dispone de diferentes configuraciones de conexión y, por supuesto, interrupciones. Todos los pines GPIO son idénticos y válidos para E/S digitales; sin embargo, algunos pines no se pueden conectar internamente con funciones analógicas.

El diagrama de bloques de GPIO se muestra en la Figura 24. Se debe tener en cuenta que algunos pines no tienen todas las funcionalidades mostradas, las cuales están en función del tipo de conexión interna.

Figura 24
Diagrama de bloques GPIO del PSoC CY8C29466



Puertos E/S digitales

La operación más básica de los puertos GPIO es permitir al M8C el envío de información al exterior del dispositivo PSoC y recoger información para la M8C del exterior. El acceso para la lectura y la escritura se hace mediante el registro PRTxDR, donde la equis equivale al número del puerto.

Desarrollo del prototipo

El desarrollo del proyecto comienza con el estudio de las guías de laboratorio de Física Mecánica de la Universidad de San Buenaventura Cali, mediante el análisis de los fenómenos físicos que los estudiantes van a confrontar en las prácticas.

En dichas prácticas lo más importante es el entendimiento de lo que se está haciendo, más que el tratamiento que se le dé al equipo. Por ello, los dispositivos tienen que ser de muy buena fidelidad en su funcionamiento.

MiniProg1 Kit CY3210

Lo primero que se debe tener en cuenta en la estación es el procesamiento de las señales. Para este proyecto se adquirió el MiniProg1 Kit CY3210 de la compañía Cypress Perform.

Figura 25
MiniProg1 Kit CY3120

Este *kit* contiene programador MiniEval1, el PSoC MiniProg y cable mini usb retractable y dos micros controladores: CY8C29466 y CY8C27443. El disco compacto contiene el *software* de programación pero la versión y de diseño.

PSoC CY8C27443

El PSoC CY8C27443 es de similares características al PSoC CY8C29466 en la distribución de pines, pero se diferencian en el número de bloques digitales

(el primero tiene ocho y el segundo dieciséis) y en su capacidad de memoria ROM de 16Kb y 32Kb. Eso restringe el diseño del usuario, ya que en este caso el programa para la aplicación de los sensores ocupa mayor espacio y no se manejó una memoria ROM externa.

Por tal razón, las primeras pruebas se hicieron en el CY8C27443 para comprobación de funcionamiento de aplicaciones sencillas para adquirir datos y mostrar en diodos *led* en lenguaje de programación en C.

En este proceso de reconocimiento del *software* y el *hardware* se tiene en cuenta que el puerto 0 es el puerto de adquisición de señales análogas y los puertos 1 y 2 son de señales digitales. Cada uno de los puertos es bidireccional.

Adecuación y caracterización de señales por medio de los módulos de usuario

El ADC (*Analog Digital Converter*) es un conversor interno de señales interno de los dispositivos PSoC CY8C29466 que cambia la señal análoga a digital. Estos conversores son de tipo incremental y se pueden colocar por cada configuración 4 ADC'S.

Cada puerto de entrada de cada sensor se debió configurar como de alta impedancia de entrada, ya que son señales análogas. La señal recogida de los sensores se configura en las PGA (*Programmable Gain Amplifier*) como alta impedancia de entrada, ya que son señales análogas que atenúan el ruido o las señales no requeridas cuando es enviada al PSoC. Cada señal es enviada por medio de una adecuación a una PGA, configurables por *software* en el módulo de usuario (*User Module*).

Los módulos PGA son infaltables porque son la señal de entrada de los módulos ADC y necesariamente la señal tiene que venir de una PGA. Las ganancias de las PGA tienen un rango que va desde ganancia unitaria hasta cuarenta y ocho. Estas PGA también pueden ser usadas como atenuadoras dado que se puede especificar un valor menor a uno y una ganancia de menos de uno se conoce como atenuación.

Las ganancias para el sensor de aceleración y el giróscopo fueron escogidas de ganancia unitaria. Para el sensor de distancia, la ganancia es de 1,78 a fin de tener un rango ideal para la conversión con el ADC.

Para la adecuación de las señales de cada sensor se necesita un ADC por cada señal. Por ejemplo, para el sensor de aceleración que maneja tres señales por cada señal se utilizaron tres ADC.

Para el sensor de distancia se utilizó un ADC con resolución de diez bits y para el giróscopo y el acelerómetro la resolución fue de doce bits. Para los dos últimos sensores, no fue necesario caracterizar su desempeño por medio de una tabla, ya que el comportamiento es lineal. En cambio, el sensor de distancia se caracterizó por medio de una tabla debido a que el comportamiento no es lineal y se mantuvo un equilibrio en la resolución para no perder datos y no tener exceso de datos repetido, facilitando así la elaboración de la tabla.

Fórmula para la caracterización del sensor de giro

Para la caracterización se deben tener en cuenta los datos proporcionados en la hoja técnica. Primero, se adquiere el dato resultado de la conversión del ADC y puesto que es el equivalente a un voltaje 0 (como 0v) y su máximo 5v (como 4056) se le debe hacer una operación para convertirlo a las unidades que se necesitan. Las rotaciones siempre serán positivas, como se indica por el valor de las flechas de salida sobre el nivel del aumento de tasa cero:

$$+\frac{100^0}{seg} \rightarrow OUTX, OUTY = 1.23V + S_O \times 100$$

Donde S_O es la sensibilidad y el nivel de tasa cero no es radiométrico para la alimentación de tensión

Para la programación del PSoC tenemos:

$$x_{giros} = \frac{(x_{giros} - 1007)}{2}()$$

De la ecuación dada en el *datasheet*, donde la salida-voltaje es igual a 1,23 más sensibilidad por grados, se despejan los grados:

$$Grados = \frac{salida_{voltaje} - 1.23}{sensibilidad}$$

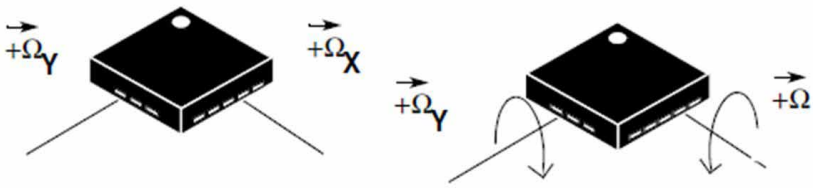
En este caso sensibilidad es igual a $2.5mV/º/s$

Entonces, se tienen los grados:

$$Grados = \frac{salida_{voltaje} - 1.23}{0.0025}$$

Se convierten estos números a su equivalencia según la escala de 0 a 4'95 que entrega el ADC en la variable salida-voltaje.

Figura 26
Salida de la respuesta frente a la rotación del sensor de giro



Fuente: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00237208.pdf

Fórmula para la caracterización del sensor de aceleración

Según el *datasheet* del sensor la gravedad 0 en voltaje correspondía a la mitad del voltaje de alimentación en equivalencia.

$$x_{acele} = \frac{(x_{acele} - 737)}{0.79}$$

Setecientos treinta y siete es el número equivalente en decimales a 0,9 v, o sea, la gravedad 0g. Entonces, a cualquier numero entre 0 y 4095 (resolución ADC 12 bits) que entregue el ADC hay que restarle setecientos treinta y siete.

Se divide 0,79 por esta conversión para que enviar por el TX8 el valor en gravedad por ASCII.

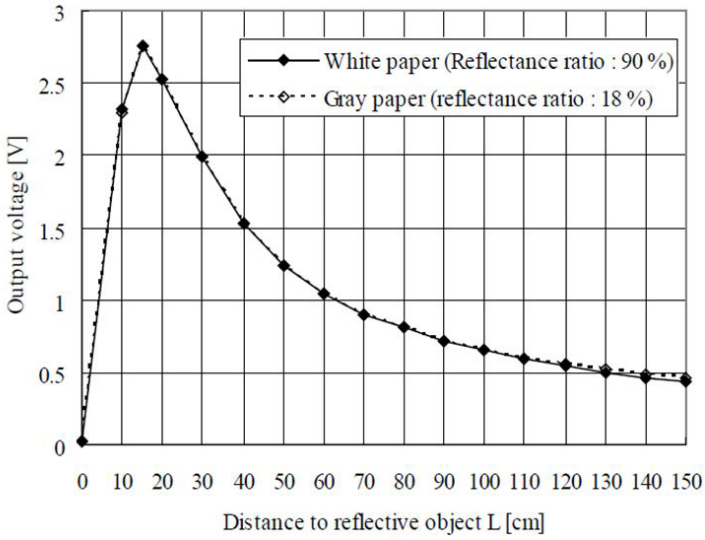
Voltaje-sensor = (1 cambio del ADC/equivalente a 0,00121V)*(1 gravedad/ equivalente a 655 datos del ADC) ya que la sensibilidad es de $800\frac{mV}{g} = 655.$

Simplificando los números del divisor en la operación pasada el resultado es 0,79.

Fórmula para la caracterización del sensor de distancia

La Figura 27 que muestra el comportamiento no lineal del sensor de distancia, se tomó como referencia para caracterizar los datos digitales.

Figura 27
Ejemplo de distancia de las características de medición (de salida)



Tomado de: http://www.cdilsemi.com/datasheets/lm7805.pdf

Cada valor en voltaje que como señal análoga entrega el sensor equivale a un dato digital, según la resolución digital del ADC.

Por ejemplo, para 60 *cm* el voltaje de salida es 1,0625V Como la resolución del ADC es de diez bits, por regla de tres se encuentra el dato digital:

$$\begin{aligned} 5V &\rightarrow 1023 \\ 1.0625V &\rightarrow x \end{aligned}$$

$$x = \frac{1.0625 \times 1024}{5V} \rightarrow x = 217.6$$

Como el dato es digital, se entrega entero: 217.

Comunicación

La comunicación de la estación con el computador en el diseño es con un solo cable de conexión vía USB, debido a que este protocolo es uno de los más utilizados por los computadores de la actual generación.

Se utilizaron varias alternativas para la comunicación. Comoquiera que el circuito de señal mixta o microcontrolador CY8C29466 maneja el protocolo de comunicación I2C, se tomó la decisión entre dos opciones: el dispositivo I2C a USB y el protocolo RS232 y se planificó una sola conexión por medio de un solo cable.

Transmisión serial a USB

Para la transmisión serial en el dispositivo PSoC se utilizan dos *User Module* llamados TX8 y *Counter8*. El Módulo TX8 se encarga de transmitir los datos a un computador utilizando el protocolo RS 232 de comunicación digital serial. En este caso, se utiliza el módulo de usuario TX 8 de PSoC Designer. El TX8 se encarga de la transmisión de los datos y el *Counter8* de generar la tasa de baudios. Se configuró para una tasa de transmisión de 9600Kbps.

Una de las características del TX8 es que configura las propiedades de envío de los datos como el control de flujo, bit de parada. En la aplicación se manejaron ocho bits.

El puerto TX8 para la transmisión envía cuatro bytes ASCII representados en código hexadecimal. El *hardware* externo al PSoC requerido para esta comunicación, es un circuito integrado MAX 232.

Tramas de comunicación

La trama de comunicación se diseña para distinguir los datos enviados al computador. Ante todo se distingue una trama de datos de otra, dado que al inicio de cada trama se diferencian por un código en ASCII diferente a los datos.

La configuración de la trama queda de la siguiente manera:

Acelerómetro y distancia

Palabra en ASCII: ad.

1. Eje x acelerómetro.
2. Baja de línea (*enter*) y corre el carro de escritura al principio (*carriege return*).
3. Eje y acelerómetro.

4. *Enter* y *carriage return.*
5. Eje z acelerómetro.
6. *Enter* y *carriage return.*
7. Envía sensor distancia.
8. *Enter* y *carriage return.*

Giróscopo

Palabra en ASCII: 0g
1. Eje x giróscopo.
2 Baja de línea (*enter*) y corre el carro de escritura al principio (*carriege return*).
3. Eje y giróscopo.
4. *Enter* y *carriage return.*

Acelerómetro

Palabra en ASCII: 0a.
1. eje x acelerómetro.
2. Baja de línea (*enter*) y corre el carro de escritura al principio (*carriege return*).
3. Eje y acelerómetro.
4. *Enter* y *carriage return.*
5. Eje z acelerómetro.
6. *Enter* y *carriage return.*

Distancia

Palabra en ASCII: 0d.
1. Envía sensor distancia
2. *Enter* y *carriage return.*

Pruebas y resultados

Se revisó el programa paso a paso. Una de las pruebas consistió en confirmar el correcto funcionamiento del ADC (conversor análogo digital) del procesador de acuerdo con el número de bits que se utilizaron para cada sensor: doce bits para el giróscopo y el acelerómetro y diez para el sensor de distancia. El valor calculado es un valor ideal y puede variar en función del ruido del sistema y las compensaciones de los chips.

Para determinar el código según el voltaje de entrada específico, se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \frac{(2048 \times V_{in})}{V_{ref}} + 2048$$

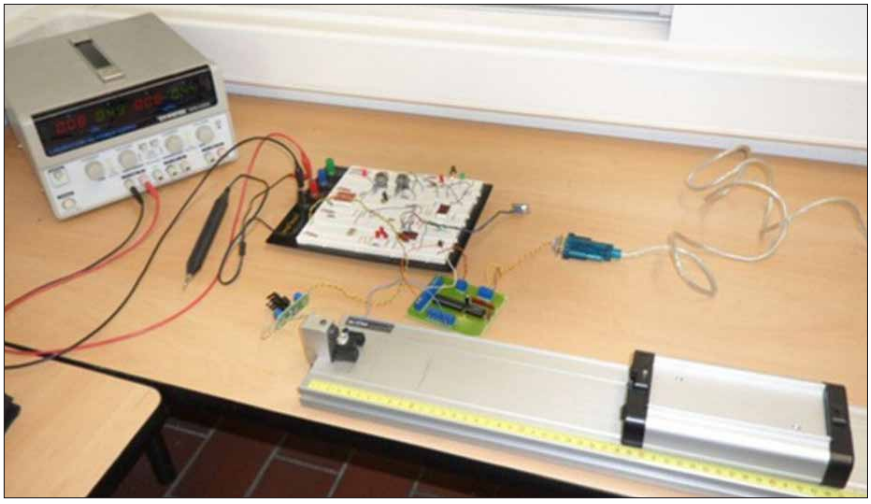
Esta ecuación cambia de acuerdo con las necesidades específicas, para tener un rango de trabajo positivo en la entrega de los datos digitales del ADC.

Las primeras pruebas se hicieron con un potenciómetro logarítmico enviando la señal de entrada por el puerto P0.5 del PSoC CY8C29466 y comprobando su funcionamiento mediante un LCD de 2X16 caracteres. Estas pruebas se hicieron para verificar su correcto funcionamiento antes de ser transmitidas al computador, comprobar errores en las tramas de comunicación y verificar si los datos enviados eran los esperados para cada sensor.

Para el sensor de distancia las pruebas se hicieron con una pista para carro de laboratorio utilizado en las prácticas de física de la Universidad de San Buenaventura Cali.

La ventaja de esta pista (Figura 28) estriba en que tiene una escala de medición métrica en centímetros de 1,20 metros y es muy útil en la calibración, ya que para algunas pruebas solo se contaba con una regla común de 0,50 centímetros.

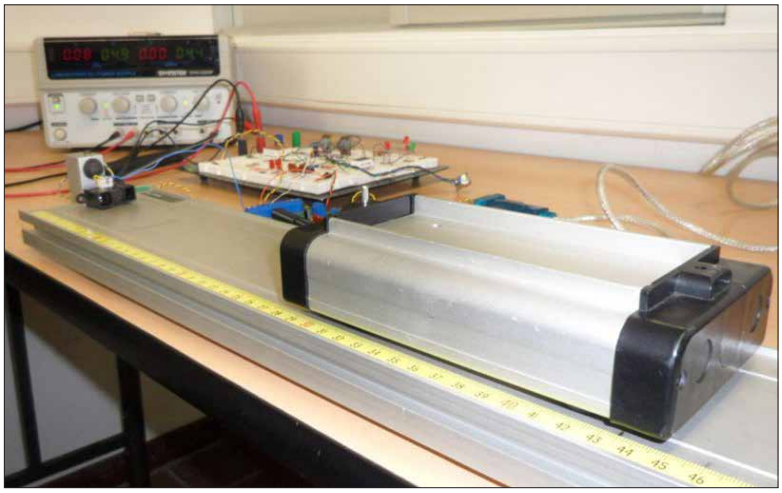
Figura 28
Prueba sensor de distancia



Para las pruebas, se utilizó en todos los casos la *protoboard* para darles funcionamiento a los pulsadores por medio de cables conectados a la *board* principal donde se ubica el procesador PSoC.

Figura 29

Pista y carro de laboratorio



Según los cálculos hechos y los parámetros técnicos, en el momento de hacer la prueba el sensor toma los datos correctamente desde quince y dieciséis centímetros aproximadamente. Se esperaba que tomara medidas desde cero pero la hoja técnica de este dispositivo no es lineal.

Se enviaron los datos en ráfagas y en binarios, visualizados en formato decimal, hexadecimal y ASCII, formato este último seleccionado finalmente para la transmisión al computador.

Tabla 6

Resultados prueba sensor de distancia

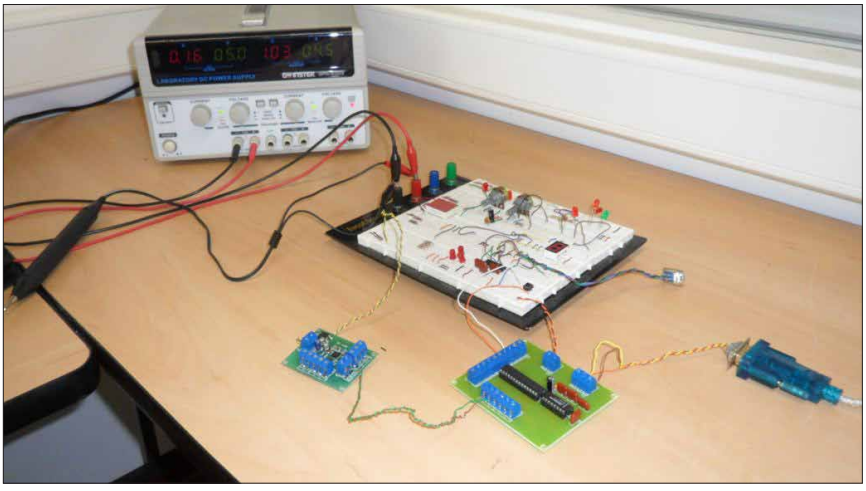
Cantidad de datos	Distancia (c)	Datos prácticos. Voltaje (V)	Datos teóricos. Voltaje (V)
1	25	1.883	1,9
2	26	1.844	1,85
3	27	1.766	1,8
4	28	1.745	1,75
5	29	1.709	1,7
6	30	1.642	1,65

7	31	1.603	1,6
8	32	1.588	1,55
9	33	1.513	1,5
10	34	1.495	1,475
11	35	1.470	1,45
12	36	1.457	1,425
13	37	1.413	1,4
14	38	1.401	1,375
15	39	1.400	1,35
16	40	1.385	1,325
17	41	1.333	1,3
18	42	1.310	1,275
19	43	1.297	1,25
20	44	1.274	1,23125
21	45	1.883	1,2125

En el giróscopo (Figura 30) las pruebas efectuadas en el sensor cuentan hasta 360 grados. Si se requiere hacer una nueva prueba se presiona el botón de parada y se comienza el conteo desde cero.

Esta prueba se hizo con un transportador por debajo de la *board* para contar los grados moviéndolo de manera manual conectándola como se muestra en la Figura 30, con su respectiva conexión al computador.

Figura 30
Pruebas hechas al giróscopo



En este sensor (lenguaje de programación en C en el procesador) se esperaba una medida exacta, pero se utilizaron variables flotantes a fin de dar cifras con decimales en la precisión del sensor.

Bibliografía

– Pontes, A.; Gavilán, J.; Flores, A.(2006). "Diseño y aplicación educativa de un programa de Simulación para el aprendizaje de técnicas Experimentales con sistemas de adquisición de datos" . En: *Revista Eureka.* 3 (2). p. 251-267

– Rosado L. y Herreros J.R. (2002) "Laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física y materias afines". En: *Didáctica de la física y sus nuevas tendencias*, Madrid, UNED, pp. 415-603. Recuperado el 23 de mayo de 2011, en http://www.uv.es/eees/archivo/286.pdf

– Castroa. R. Valdés; Triciob. V. (2007) "Actividades experimentales en física general con fotografía y vídeo digitales". En: *Revista Cubana de Física* vol. 24 No. 1 p. 46-50

– Shih-Chyueh Chuang, m.a; Fu-Kwun hwang, ph.d; Chin-Chung Tsai. (2008) *Students Perceptions of Constructivist Internet Learning Environments by Physics Virtual Laboratory: The Gap between Ideal and Reality and Gender Differences.* Cyberpsychology Behavior. 11(2). p. 150

– Bercovich Guelman., Clarisa; De Leone., Charles; Price., Edward. (2009) *The Influence of Tablet PCs on Students' Use of Multiple Representations in Lab Reports.* CPl 179, Physics Education Research Conference .American Institute of Physics. Recuperado en enero 14 de 2011, en

– http://www.compadre.org/Repository/document/ServeFile.cfm?ID=9460&DocID=1345

– Ogata K. (1998). *Ingeniería de control moderna*. Tercera edición. México. Editorial Prentice Hall Hispanoamérica, S.A.

– STMicroelectronics (2011). "Datasheet MEMS sensor de movimiento: terreno de juego de doble eje y rodillo ± 100 ° / s giroscopio analógico". Recuperado en noviembre 18 de 2010, en http://www.st.com/stonline/books/pdf/docs/15811.pdf

– CY3210-MiniProg1 (2010). Cypress Semiconductor Corporation. Recuperado en septiembre 26 de 2010, en http://www.cypress.com/?id=7&source=header

– Freescale Semiconductor (2010). "Sensor labs, "*3-axis accelerometer - MMA7361L*". Recueperado en septiembre 25 de 2010, en

www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7361L.pdf.Consulta:25 Sept 2010.

– Ureña J (2006). "*Seminario de Diseño y Construcción de Microrrobots*". Universidad de Alcalá. Madrid, España. Recuperado en octubre 6 de 2010, en http://robocat.weebly.com/uploads/9/7/9/5/979560/documentaci_tcnica_de_tot_tipus_de_sensors.pdf

– Tapia, J. (2011). "PSoC Chile". Universidad Tecnológica de Chile Inacap. Recuperado el 2 de marzo de 2011, en www.psoc-chile.es.tl/*software*-e-Interface.htm

– Fairchild Semiconductor,(2011). "*0.5A Adjustable/Fixed Low Dropout Linear Regulator – FAN1616A*" Recuperado el 17 mayo 2011, en www.fairchildsemi.com/coc/FA/FAN1616AD18X.pdf.

– STMicroelectronics (2011). "*MEMS Motion Sensor. dual axis pitch and roll ± 100± /s analog gyroscope*". Recuperado el 25 de septiembre de 2010, en http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00237208.pdf

Capítulo 7

Desarrollo de las prácticas de laboratorio de Física Mecánica guiadas por la estructura de la V de Gowin

Walter Germán Magaña

Introducción

En la formación de los ingenieros, los cursos de ciencias básicas: matemáticas, física, química y biología, constituyen las bases del conocimiento que los futuros profesionales deben aplicar en sus procesos de trabajo. Por lo tanto, es importante señalar la importancia del entrenamiento y la práctica para desarrollar las competencias o habilidades que les ayudarán a resolver los problemas propios de cada campo de la ingeniería.

Los cursos de Física Mecánica, Física de Electromagnetismo y Física de Ondas que por lo general deben tomar los estudiantes de ingeniería, están acompañados –en la mayoría de las mallas curriculares– de las respectivas prácticas de laboratorio, las cuales para muchos docentes se han convertido en una encrucijada por la forma como los estudiantes las asumen y las cumplen. Por lo general, estas se ejecutan en equipos de trabajo y una guía que siguen como un recetario de pasos sin detenerse en la reflexión. Por esto, algunos docentes optan por revisar los datos que cada equipo toma durante la práctica con el propósito hacer sugerencias y controlar la verificación efectiva del fenómeno o evento objeto de estudio. Incluso, se sugiere en muchos casos repetir la práctica por el poco cuidado en la toma de los datos. No obstante, los estudiantes no

establecen esa relación entre la teoría y la práctica y pareciera que los resultados de la toma de datos les son ajenos a la teoría.

En algunos casos se presupone que el problema de la disociación teoría-práctica reside en el instrumento o las guías y para solucionarlo se rediseñan las prácticas con estructuras como la siguiente: el marco teórico (en el que se condensa la teoría por comprobar), los materiales que se van a utilizar y los pasos que deben seguir. Esta última parte se esboza con un enfoque incipiente del método científico: observación, determinación del problema (preguntas), planteamiento de hipótesis, experimentación y finalmente el análisis, que guiado por preguntas conduce a conclusiones en las que se contrasta lo obtenido en el laboratorio con la teoría o ley objeto de estudio (Martínez A. Gabriel; Garza R. Rogelio G. y González Z. Alfonso.; Terrero Escalante, César A.; Pantoja Castro, Roberto; Barbero García, Antonio Juan y Martínez Maraña, Senén, 2002).

Empero, las prácticas siguen siendo consideradas un "trabajo más" para los integrantes del equipo, quienes se lo dividen para que uno de ellos arme el cuerpo del informe y se entregue en los siguientes ocho días. En otros casos, el informe se convierte en un trabajo de turno para uno de los miembros del equipo, perdiendo así el sentido de la discusión y el aprender en colaboración, aunque durante la práctica todos los integrantes del equipo estén completos solo para la toma de datos (Aina, Alfredo Luis, 2009). Ante este panorama, algunos docentes han ideado atractivas formas para que los estudiantes lleven a cabo las prácticas y han aprovechado los recursos tecnológicos al proponerlas en internet (Alejandro Alfonso, Carlos A., (2004)

La V de Gowin en las prácticas de laboratorio

Muchos científicos de la educación han reflexionado y diseñado estrategias pedagógicas con el propósito de concientizar a los estudiantes acerca de la relación entre la teoría y la práctica. En este sentido, una bien creada estructura es la V de Gowin, diseñada por Dixie Bob Gowin en coautoría con Joseph Donald Novak a principios de la década de los ochenta. Es mucha la literatura que muestra la eficacia de la V de Gowin en diversos campos del conocimiento (Palomino N., Wilfredo; Fox, Roddy C.]; Blanco Solsona, Antonio y otros, 2008). Su estructura, que refleja los dos lóbulos del cerebro unidos por el cuerpo calloso como el medio de relación entre ellos, ha tenido una buena acogida como instrumento para potencializar al aprendizaje significativo (Moreira, Marco Antonio Aguirre, María S.; Meza, Susana J.; Lucero, Irene, 2011).

Con algunas variantes se decidió implementar la V de Gowin en las prácticas de laboratorio de un curso de Física Mecánica, tal vez porque el camino por

recorrer era nuevo y surgió la idea de ir construyendo cada paso con los estudiantes. De un total de ocho prácticas de laboratorio programadas para el curso en un semestre, en las dos primeras el dominio conceptual/teórico (el pensar) se edificó durante el desarrollo de los temas de clase con la intención de aplicar la estructura. Con esta información y una vez en el laboratorio se elaboró la pregunta central: ¿Qué se quiere conocer? Por supuesto, el objeto por investigar/estudiar es el fenómeno o evento propuesto. En este punto es importante aclarar que la estructura no se "completaba" como lo proponía el autor y como muchos docentes la han usado; era un referente con una brevísima descripción porque el cuerpo del informe debía contener explícitamente el desarrollo del dominio conceptual/teórico.

En principio, durante estas dos primeras prácticas se dio una conducción por parte del docente en las actividades en el dominio metodológico (el hacer). En los registros se proponían las observaciones y el registro de los eventos o hechos del objetos de estudio. Los equipos de estudiantes hacían la toma de datos en bruto de acuerdo con las indicaciones y para los constructos se generaban ideas que mostraban las relaciones específicas entre conceptos sin origen directo en los eventos o hechos del objeto de estudio. En las transformaciones, se guió la síntesis de los registros que se expresan en tablas o gráficos y debían terminar en una relación matemática acorde con el modelo teórico del fenómeno objeto de estudio. Esto constituía el siguiente cuerpo del informe, es decir, el informe del dominio metodológico.

La parte final del informe fue establecido con las conclusiones que la componían:

Los juicios de conocimiento. Estas guiaron a los equipos de trabajo a la construcción de proposiciones que respondían de alguna forma a la pregunta central y eran interpretaciones razonables de los registros y las transformaciones, resultado de la experimentación, en las que se hacían interpretaciones, explicaciones o generalizaciones en contraste con el dominio conceptual/teórico.

Los juicios de valor. En este aspecto se los invitó a construir proposiciones basadas en las afirmaciones del conocimiento que revelaban el valor y la importancia de la experimentación. Se hicieron declaraciones sobre el valor práctico, estético, moral, social del fenómeno u objeto estudiado según su percepción. El propósito era hacer conciencia de ellos como sujetos frente a la investigación; es decir, cómo valoraban el trabajo.

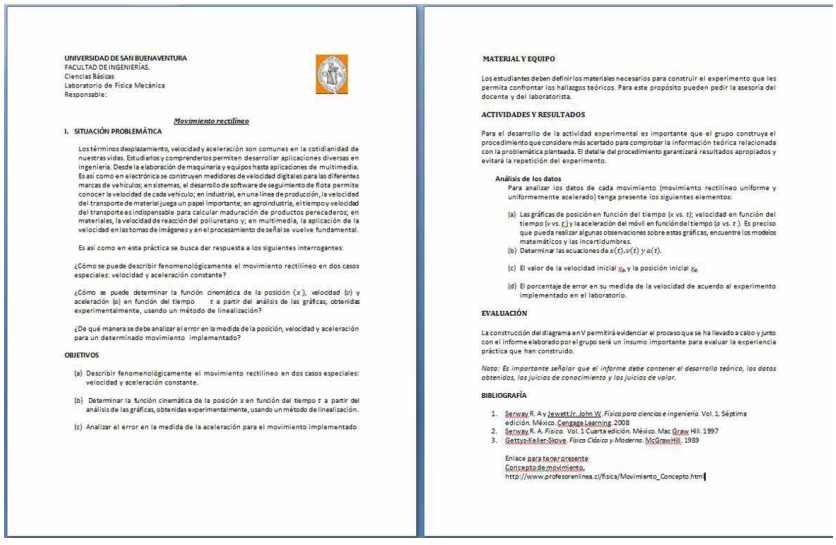
Para las dos siguientes prácticas, los equipos de trabajo debían llevar elaborada la pregunta central y el desarrollo del dominio conceptual/teórico de acuerdo con el fenómeno correspondiente. Pero lo más importante era que cada equipo

debía proponer una forma de hacer el experimento para discutirla previamente con el profesor y proveer los materiales que necesitaban para el desarrollo del dominio metodológico (es claro que tenían a su disposición muchos de los materiales y equipos en el laboratorio). De igual manera, debían entregar el informe con los siguientes apartes: una página con la V de Gowin como síntesis de lo trabajado en el laboratorio, una página con la pregunta central y materiales utilizados, el desarrollo del dominio conceptual/teórico, el desarrollo del dominio metodológico y las conclusiones compuestas por los juicios de conocimiento y los juicios de valor.

En las siguientes prácticas (las cuatro restantes), solo se proponía el fenómeno como un problema de investigación y los equipos de trabajo debían llevar a cabo su práctica con base en la estructura establecida. Las discusiones que con anterioridad debía hacer cada equipo de trabajo con el profesor para determinar la forma de desarrollar la parte experimental, principalmente en aspecto tales como la toma de datos, la elaboración de gráficos, las variables a controlar y los equipos o materiales a utilizar, se mantenían.

En la Figura 32, se muestra un formato que se propone como orientación para el desarrollo de la práctica, según la metodología propuesta.

Figura 32
Formato que utiliza el docente y estudiantes para preparar la práctica de laboratorio de Física Mecánica



UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
Ciencias Básicas
Laboratorio de Física Mecánica
Responsable:

Movimiento rectilíneo

I. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los términos desplazamiento, velocidad y aceleración son comunes en la cotidianidad de nuestras vidas. Estudiarlos y comprenderlos permiten desarrollar aplicaciones diversas en ingeniería. Desde la elaboración de maquinaria y equipos hasta aplicaciones de multimedia. Es así como en electrónica se construyen medidores de velocidad digitales para las diferentes marcas de vehículos; en sistemas, el desarrollo de software de seguimiento de flota permite conocer la velocidad de cada vehículo; en industrial, en una línea de producción, la velocidad del transporte de material juega un papel importante; en agroindustria, el tiempo y velocidad del transporte es indispensable para calcular maduración de productos perecederos; en materiales, la velocidad de reacción del poliuretano y; en multimedia, la aplicación de la velocidad en las tomas de imágenes y en el procesamiento de señal se vuelve fundamental.

Es así como en esta práctica se busca dar respuesta a los siguientes interrogantes:

¿Cómo se puede describir fenomenológicamente el movimiento rectilíneo en dos casos especiales: velocidad y aceleración constante?

¿Cómo se puede determinar la función cinemática de la posición (x), velocidad (v) y aceleración (a) en función del tiempo t a partir del análisis de las gráficas, obtenidas experimentalmente, usando un método de linealización?

¿De qué manera se debe analizar el error en la medida de la posición, velocidad y aceleración para un determinado movimiento implementado?

OBJETIVOS

(a) Describir fenomenológicamente el movimiento rectilíneo en dos casos especiales: velocidad y aceleración constante.

(b) Determinar la función cinemática de la posición x en función del tiempo t a partir del análisis de las gráficas, obtenidas experimentalmente, usando un método de linealización.

(c) Analizar el error en la medida de la aceleración para el movimiento implementado

MATERIAL Y EQUIPO

Los estudiantes deben definirlos materiales necesarios para construir el experimento que les permita confrontar los hallazgos teóricos. Para este propósito pueden pedir la asesoría del docente y del laboratorista.

ACTIVIDADES Y RESULTADOS

Para el desarrollo de la actividad experimental es importante que el grupo construya el procedimiento que considere más acertado para comprobar la información teórica relacionada con la problemática planteada. El detalle del procedimiento garantizará resultados apropiados y evitará la repetición del experimento.

Análisis de los datos

Para analizar los datos de cada movimiento (movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado) tenga presente los siguientes elementos:

(a) Las gráficas de posición en función del tiempo (x vs. t); velocidad en función del tiempo (v vs. t) y la aceleración del móvil en función del tiempo (a vs. t). Es preciso que pueda realizar algunas observaciones sobre estas gráficas, encuentre los modelos matemáticos y las incertidumbres.
(b) Determinar las ecuaciones de $x(t)$, $v(t)$ y $a(t)$.

(c) El valor de la velocidad inicial v_{0x} y la posición inicial x_0.

(d) El porcentaje de error en su medida de la velocidad de acuerdo al experimento implementado en el laboratorio.

EVALUACIÓN

La construcción del diagrama en V permitirá evidenciar el proceso que se ha llevado a cabo y junto con el informe elaborado por el grupo será un insumo importante para evaluar la experiencia práctica que han construido.

Nota: Es importante señalar que el informe debe contener el desarrollo teórico, los datos obtenidos, los juicios de conocimiento y los juicios de valor.

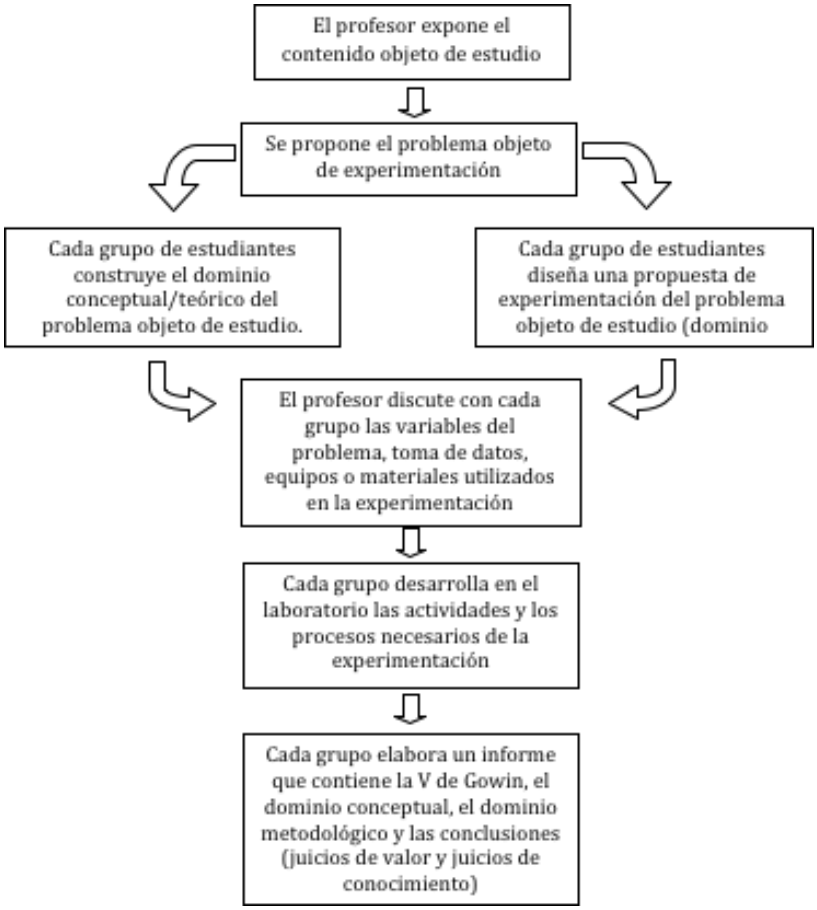
BIBLIOGRAFÍA

1. Serway R. A y Jewett Jr. John W. *Física para ciencias e ingeniería*. Vol. 1. Séptima edición. México. Cengage Learning. 2008
2. Serway R. A. *Física*. Vol. 1 Cuarta edición. México. Mac Graw Hill. 1997
3. Gettys Keller-Skove. *Física Clásica y Moderna*. McGraw Hill. 1989

Enlace para tener presente:
Concepto de movimiento.
http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Movimiento_Concepto.htm

El desarrollo de cada práctica implica la participación del grupo colegiado (docente y estudiantes) para llegar a acuerdos en torno a la problemática que dará lugar a la práctica de laboratorio. Es así como el docente debe estar atento a las orientaciones desde el punto de vista teórico y de esta manera mediar para que los estudiantes construyan el experimento que les permita dilucidar la solución de la problemática planteada. En la Figura 33 se muestra un diagrama de flujo en el cual se detallan los pasos para desarrollar un ejercicio de laboratorio.

Figura 33
Diagrama de flujo de un laboratorio de Física Mecánica guiado por la estructura de la V de Gowin



A manera de conclusión se puede afirmar lo siguiente:

1. La experiencia indica que en una práctica de laboratorio guiada por la estructura de la V de Gowin el profesor debe hacer su mayor esfuerzo para acordar la forma de diseñar la parte experimental que corresponde al dominio metodológico.
2 Es importante destacar el compromiso que adquiere el estudiante frente a la elección y discusión del problema objeto de experimentación. Tiene una mejor actitud y disposición que cuando había la mediación de una guía de laboratorio.
3. Es preocupante que en los equipos de trabajo en los laboratorios aún subsista la idea de que la entrega del informe siga siendo un trabajo que uno de los integrantes debe asumir. Lo positivo estriba en la manera como anticipadamente discuten acerca de cómo debe ser entregado el informe antes de terminar la práctica.

Bibliográfía

– Martínez A. Gabriel; Garza R. Rogelio G. y González Z. Alfonso (2002). "Uso del Método Científico Experimental en los Laboratorios de Física de la FIME". En: *Revista Ingenierías*, Vol. V, No. 17. P. 32-39

– Terrero Escalante, César A. (n.d.). "Guía de Laboratorios. Física Mecánica". Universidad de Colima. Facultad de Ciencias. Recuperado 10 de noviembre de 2011, en http://fejer.ucol.mx/cterrero/Espanol/GuiadeLaboratorio.pdf

– Pantoja Castro, Roberto y otros (2011). "Manual de Prácticas de Laboratorio. Física I". Colegio de Bachilleres de Baja California Sur. Recuperado en septiembre 20 de 2011, en http://www.institutomardecortes.edu.mx/apuntes/fisica1.pdf

– Barbero García, Antonio Juan y Martínez Maraña, Senén (2011). "Coordinación de las Pruebas Acceso a Enseñanzas Universitarias Oficiales de Grado – Física". Laboratorio de Física. Universidad de Castilla – La mancha (UCLM). Recuperado en septiembre 2 de 2011, en http://www.uclm.es/preuniversitario/orientadores/pdf/materias/Fisica.pdf

– Aina, Alfredo Luis (2009). "Teoría versus laboratorio y sus valores respectivos". Zaragoza. Recuperado en octubre 10 de 2011, en http://www.ucm.es/info/gioq/VidaAcademica/TeoriaVersusLaboratorio.pdf

– Alejandro Alfonso, Carlos A. (2004). "Prácticas de laboratorio de Física General en Internet". En: *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias,* Vol, 3 No 2, p. 202-210 Recuperado en noviembre 5 de 2011, en http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero2/ART6_Vol3_N2.pdf

– Palomino N., Wilfredo (2003). "El Diagrama V De Gowin como instrumento de investigación y aprendizaje". I.S.P. P. Santa Ana – Quillabamba – Cusco. Recuperado en noviembre 25 de 2011, en www.colombiaaprende.edu.co/html/docentes/.../articles-96727_archivo.doc

– Fox, Roddy C. (2007). "*Gowin's Knowledge Vee and the integration of philosophy and methodology: a case study*". Journal of Geography in Higher Education, 31 (2). pp. 269-284. ISSN 0309-8265.

– Blanco Solsona, Antonio y otros (2008). "La V Epistemológica de Gowin como instrumento de innovación pedagógica en la Enseñanza de la Ingeniería Electrónica". Departamento de Ingeniería Electrónica. Florida Universitaria. Recuperado en octubre 10 de 2011, en http://taee2008.unizar.es/papers/p44.pdf

– Moreira, Marco Antonio (2011). "Diagramas V y Aprendizaje Significativo (V diagrams and meaningful learning)" Instituto de Física da UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. Recuperado en septiembre 25 de 2011, en http://www.if.ufrgs.br/~moreira/DIAGRAMASesp. pdf

– Aguirre, María S.; Meza, Susana J.; Lucero, Irene (n.d.) "La Potencialidad de la V de Gowin en La Resolución de Problemas". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura – UNNE. Departamento de Física. Argentina. Recuperado en noviembre 20 de 2011, en: http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/humanidades/h-014.pdf

Capítulo 8

Estación de trabajo como sistema. Diseño a partir de lo ergonómico

Rosmery Dussán Aguirre

Introducción

La ergonomía hace un análisis de cuatro elementos importantes: el hombre, el objeto, la labor y el entorno, lo cual, en conjunto, configura el sistema productivo laboral en cualquier empresa. Este sistema permite definir los elementos y equipos con los que debe trabajar el individuo, de tal manera que pueda acondicionarse a las características fisiológicas, el entorno, las condiciones de seguridad, de iluminación y el confort. La finalidad de este sistema es reducir la fatiga laboral para que se dé un aumento en la productividad.

El uso de la ergonomía en los productos se traduce en múltiples beneficios que se reflejan en un aumento en la productividad laboral, incremento del confort, disminución en las enfermedades laborales, del ausentismo, en la tasa de errores y reducción en la rotación del personal, entre otros.

Diseño de la estación de trabajo

Entre los criterios que se tienen para evaluar una estación de están el acceso, la resistencia, la factibilidad, la satisfacción, la iluminación y el confort, elementos indispensables para el diseño de una estación de trabajo. Para este caso, no solo

se trata de una estación de trabajo individual, sino de una estación para prácticas de laboratorio de Física Mecánica efectuadas por grupos de estudiantes en lapsos de trabajo de aproximadamente tres horas.

Para este proyecto se analizaron algunas variables del laboratorio de física y los tipos de prácticas que se desarrollan, entre las cuales se destacan el espacio, la iluminación, el ruido y la temperatura. También se recalcó en la importancia de un mobiliario ergonómico y estético que permitiera integrar las necesidades de los estudiantes y de los docentes en las diferentes actividades académicas.

Como inicio del proyecto, se hizo un trabajo de campo con visitas a otros laboratorios de física de instituciones educativas, donde se pudo hacer una observación *in situ* de cómo era la interacción entre estudiantes, estación de trabajo y equipos del laboratorio. En la Figura 34 se muestra una secuencia fotográfica de los diferentes laboratorios visitados.

Figura 34
Aspecto de los diferentes laboratorios visitados

Se puede observar que las sillas son tipo butaca, de madera, sin espaldar, no relacionadas con la altura de las mesas y no hay un espacio determinado para que los usuarios coloquen en él sus maletas.

De la observación efectuada se elaboró la Tabla 7 en la cual se analizan los espacios de laboratorio de acuerdo con las categorías establecidas para su análisis.

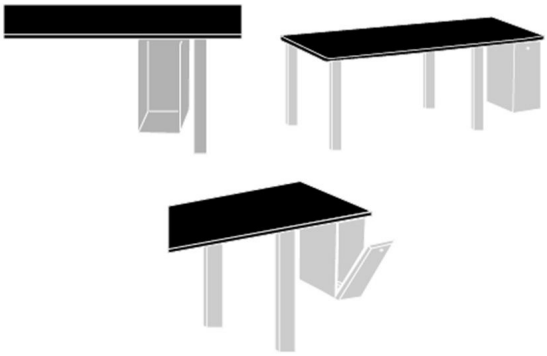
Tabla 7
Clasificación de los laboratorios según categorías establecidas

Lab.	Espacio (tamaño)	Iluminación	Ruido	Temperatura	Mobiliario
1	Mediano	Superior	Bajo	Ambiente	Adecuado
2	Pequeño	Mínima	Alto	Ambiente	Inapropiado
3	Grande	Superior	Bajo	Aire acondicionado	Superior

Según el análisis, se eligieron los elementos y atributos principales del diseño de una estación de trabajo para el laboratorio de Física Mecánica de la Universidad de San Buenaventura Cali, donde la parte ergonómica resulta representativa y servirá como prototipo para todo el mobiliario.

Se desarrolló una idea inicial de la mesa de la estación de trabajo que posteriormente se mandó a fabricar como prototipo, sujeta a cambios y mejoras en el diseño. En la Figura 35 se muestran los bocetos.

Figura 35
Bocetos para la mesa de la estación de trabajo



Se desarrollaron unas determinantes para la mesa con las que se condiciona el diseño de la estación de trabajo: superficie enchapada en fórmica negra mate, con borde decorativo en PVC del mismo color. Dimensiones: 200 c de largo por 100 c de ancho y 87c de alto, con patas en tubo cuadrado de 1 ½ pulgadas, en color gris y gancho para colgar maletas. Debe tener una caja de seguridad para la CPU, de 20 c de alto por 49 c de largo y 42 c de ancho, en tubo cuadrado de una pulgada, tapa frontal y posterior en lámina lisa con chapa de seguridad, sistema de abertura con bisagras. Laterales y base en lámina perforada. Perforaciones laterales para puertos USB y toma corriente a cada lado. Canaleta para cableado eléctrico y datos, debe tener tapa removible y troqueles para facilitar la instalación eléctrica

Para garantizar la postura adecuada de los estudiantes, se seleccionaron butacas de 60 c de altura, sentadero y espaldar en polipropileno, sentadero de 40 c de diámetro, estructura en tubo redondo de una pulgada calibre 20, sin descansabrazos. En las Figuras 36 y 37 se muestran los diagramas finales de la mesa.

Figura 36
Diseño final de la mesa

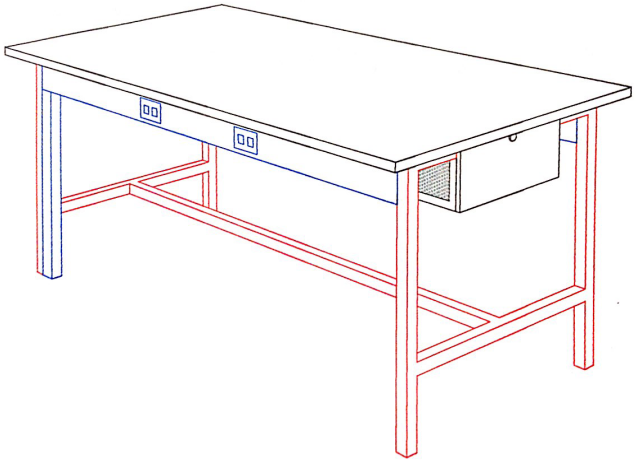
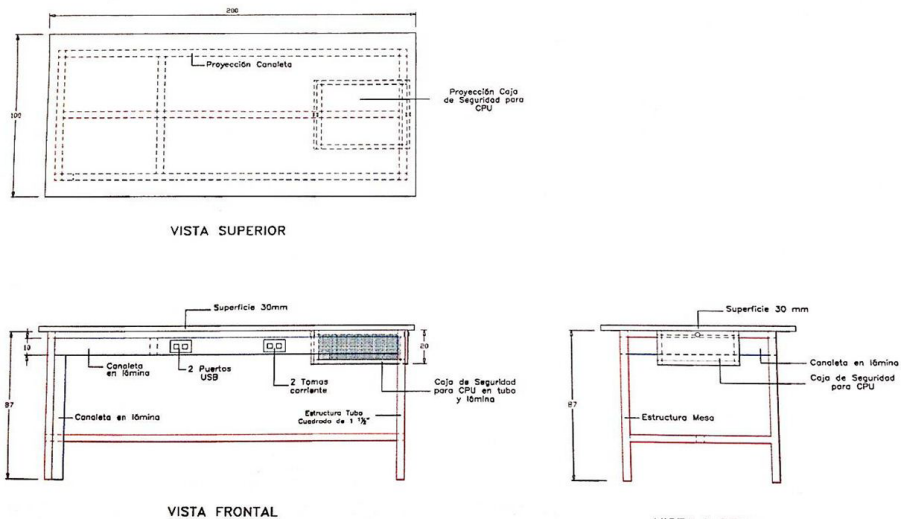


Figura 37
Diagrama de conexiones, tomacorrientes y puertos USB



El elemento central que se desarrolló para este diseño, estuvo enmarcado en el análisis ergonómico con respecto al trabajo en las prácticas del laboratorio de Física Mecánica, así como también en mejorar estéticamente y funcionalmente el mobiliario.

Las experiencias de observación en otras instituciones fueron de vital importancia para mejorar las propuestas actuales que se encuentran en el mercado, lo cual también permitió darle una identidad particular a este mobiliario.

Bibliografía

- Cruz Alberto j; Gárnica Andrés. (2010). *Ergonomía*. Aplicada. Editorial Ecoe.
- Chamorro Koc Marianella. (2001) *Ergonomía.* Pontificia Universidad Católica del Perú. Tomado del sitio: http://agora.pucp. edu.pe/art2990821/PagIntro.htm
- Villarreal E Carmen (nd). La ergonomía es parte del proceso de diseño industrial. Universidad de Monterrey. Tomado del sitio: http://www.semac.org.mx/archivos/5-4.pdf

Conclusiones

La estrategia didáctica V de Gowin no debe basarse simplemente en la elaboración del diagrama con sus correspondientes conceptos, sino enfocarse más hacia la evaluación misma de cada práctica. La V de Gowin como herramienta debe desarrollarse en un momento previo en cuando los estudiantes consultan, surgen interrogantes y analizan la información existente sobre la teoría y en el momento experimental se debe generar a partir de lo anterior, una lluvia de ideas para aclarar conceptos y definir cómo se va a desarrollar el laboratorio y a partir de esto incentivar la creatividad y la iniciativa del estudiante. Al final de la prueba experimental del laboratorio, el estudiante debe estar en la capacidad de sintetizar y concluir el experimento, utilizando como herramienta la V de Gowin, lo que permitirá evaluar si realmente la práctica experimental cumplió con los objetivos propuestos, los que deben ser discutidos en una mesa redonda para que los estudiantes puedan compartir teorías, inquietudes, conclusiones y preguntas de apertura a nuevos contenidos. El informe es fundamental para que, en un espacio diferente al laboratorio, el estudiante pueda desarrollar su habilidad de redacción y organización.

La triangulación proactiva se desarrolla a través de la V de Gowin porque dinamiza la relación entre los vértices del triángulo propuesto, generando una estrategia didáctica asertiva para el aprendizaje significativo. En esta dinámica se desarrollan competencias cognitivas, pues, la capacidad de comprensión y análisis de problemas y modelos se sustentan en la oportunidad que se le da al estudiante de realizar investigación tanto de tipo cualitativo como cuantitativo, generando la curiosidad y el deseo por el conocimiento. También se desarrollan las competencias socioafectivas por la capacidad de organización del trabajo en equipos multidisciplinarios, haciendo consciente la contextualización desde las diferentes miradas como asunto real y vital.

Teniendo como base los laboratorios de Física Mecánica de la Universidad de San Buenaventura, se diseñó y elaboró un dispositivo electrónico que permite la toma de datos de las ocho guías propuestas para las prácticas de laboratorios que los estudiantes deben efectuar en este curso. Cumple tres funciones principales:

1. Adquisición de señales análogas para su conversión a señal digital.

2. Adecuación y codificación de las señales de los sensores.

3. Transmitir por cable serial los datos digitales adquiridos con la información adecuada y codificada al computador.

Las primeras pruebas para un solo sensor se llevaron a cabo en un procesador de la familia Cypress PSoC en este caso el procesador CY8C27433. Para el prototipo final se trabajó la programación definitiva con la implementación del procesador CY8C29466.

Por medio de los comandos API se agruparon las configuraciones de todos los sensores, con el propósito de trabajar con una sola unidad de procesamiento donde se concordó lo escogido con lenguaje gráfico. El dispositivo, como tal, permite que se puedan tener varias configuraciones del sistema para las diferentes funciones de cada sensor.

Al enviar los datos desde un equipo al computador, se encontró que era muy probable una confusión al momento de enviar varios datos juntos. Por esta razón, fue necesario diseñar una trama de envío. Consiste en la creación de una palabra en código ASCII, que identifica el conjunto de datos de las diferentes configuraciones posibles que se pueden trabajar simultáneamente en parejas con los sensores, cuando se accionan los pulsadores, garantizando de esta forma que ningún dato se pierda.

El diseño ergonómico de la estación de trabajo, el diagnóstico y evaluación por medio del prototipo, permitió determinar la viabilidad del proyecto y se observó un mejor desempeño en las prácticas de laboratorio, se disminuyeron las situaciones de riesgo y fatiga y se aumentaron la productividad, la atención y el confort en los usuarios de la estación de trabajo.

El presente proyecto de investigación da respuesta a la necesidad manifiesta en los nuevos laboratorios de Física Mecánica de la Universidad de San Buenaventura Cali, de un documento que dé cuenta a los estudiantes de los procedimientos y prácticas que aquellos exigen. Adicionalmente, se evidencia en los estudiantes cierta apatía por el estudio de la física a pesar de ser este un campo imprescindible en los procesos de formación de futuros ingenieros. Con el establecimiento de un prototipo de laboratorio de física con instrumentación electrónica, se pretende desarrollar prácticas en el área de la Física Mecánica sustentadas en un modelo didáctico que propicie a la vez que estimule en el estudiante de ingeniería la adquisición de competencias en ciencias básicas, acordes con las exigencias y perspectivas del ejercicio profesional.

UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA
CALI