



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES
ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y SOCIALES**

**El Aprendizaje Basado en Proyectos como una estrategia docente
para el desarrollo de competencias profesionales en estudiantes de
Ingeniería Mecánica**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN DOCENCIA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

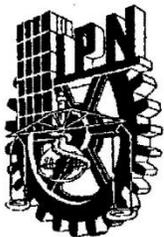
PRESENTA

Cruz Ramírez Ariadna Ivett

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Martha Leticia García Rodríguez

Ciudad de México, junio del 2017



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, el día 2 del mes de junio del año 2017, la que suscribe Ariadna Ivett Cruz Ramírez alumna del Programa de Maestría en Docencia Científica y Tecnológica, con número de registro B150706, adscrita al Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, manifiesta que es la autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Martha Leticia García Rodríguez y cede los derechos del trabajo titulado El Aprendizaje Basado en Proyectos como una estrategia docente para el desarrollo de competencias profesionales en estudiantes de Ingeniería Mecánica, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o directora del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección crai_ariadna@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Ariadna Ivett Cruz Ramírez

DEDICATORIA

A mis hijos y esposo quienes con amor y comprensión me apoyaron durante la realización de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, quienes me otorgaron su tiempo y espacio para poder realizar esta maestría.

A mi madre y abuelos, quienes me enseñaron a esforzarme para lograr mis objetivos.

A mi directora de tesis, Dra. Martha Leticia García Rodríguez, quien estuvo a mi lado y me apoyó en cada momento de esta investigación.

A mis revisores y profesores de la maestría, quienes contribuyeron constantemente en mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE GRÁFICAS	X
SIGLAS	XI
GLOSARIO	XII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 EL ENFOQUE POR COMPETENCIAS	10
1.1 ANTECEDENTES	10
1.2 ORIGEN DEL ENFOQUE POR COMPETENCIAS	17
1.3 COMPETENCIAS GENÉRICAS Y PROFESIONALES DEL PROYECTO TUNING	20
1.4 EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS GENÉRICAS Y PROFESIONALES	24
CAPÍTULO 2 EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS	30
2.1 ANTECEDENTES DEL ABP	30
2.2 FUNDAMENTOS DEL ABP	31
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ABP	34
2.3.1 <i>Objetivos del ABP</i>	35
2.3.2 <i>Fases de un proyecto ABP de acuerdo con el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y el Fondo Social Europeo</i>	36
2.3.3 <i>Rol del docente</i>	40
2.3.4 <i>Rol del estudiante</i>	41
2.4 RELACIÓN DEL ENFOQUE POR COMPETENCIAS CON EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS	42
2.4.1 <i>Toma de decisiones</i>	44
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	48
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.2.1 <i>Fase 1. Análisis de la Asignatura</i>	52
3.2.1.1 Relación del proyecto desarrollado con los Objetivos del Curso	52
3.2.2 <i>Fase 2. Diseño del Proyecto por parte del docente</i>	55
3.2.2.1 Objetivo del proyecto	55
3.2.2.2 Conceptos involucrados	57
3.2.2.3 Competencias Profesionales	61
3.2.2.4 Conocimientos Previos y relación con otras disciplinas	63
3.2.2.5 Posibles Rutas de Solución	64
3.2.2.6 Población	66
3.2.3 <i>Fase 3. Implementación del Proyecto</i>	68
3.2.3.1 Etapa 1. Análisis del Problema	68
3.2.3.2 Etapa 2. Actividades de Investigación	73
3.2.3.3 Etapa 3. Actividades de Construcción	74
3.2.3.4 Etapa 4. Actividades de Cierre	78

3.2.3.5 Etapa 5. Actividades de Evaluación	80
3.2.4 Fase de Análisis de Datos y Resultados.....	81
3.3 INSTRUMENTOS.....	82
3.3.1 Evaluación de la dimensión cognitiva.....	83
3.3.2 Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales.....	86
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90
4.1 EVALUACIÓN DE LA DIMENSIÓN COGNITIVA (D1)	91
4.2 EVALUACIÓN DE LA DIMENSIÓN HABILIDADES TÉCNICAS Y ATRIBUTOS INTERPERSONALES (D2).....	102
4.3 ANÁLISIS DEL NIVEL DE DOMINIO DE CADA COMPETENCIA PROFESIONAL	107
4.3.1 Competencia profesional 1.....	107
4.3.2 Competencia profesional 2.....	109
4.3.3 Competencia profesional 3.....	110
4.3.4 Competencia profesional 4.....	112
CONCLUSIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXOS	128
ANEXO 1 CONTENIDO SINTÉTICO DE ELECTRÓNICA DIGITAL APLICADA	129
ANEXO 2 POSIBLES RUTAS DE SOLUCIÓN AL PROYECTO.....	130
ANEXO 3 RÚBRICAS DE EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS COGNITIVOS	140
ANEXO 4 RÚBRICAS DE EVALUACIÓN DE LAS HABILIDADES TÉCNICAS Y ATRIBUTOS INTERPERSONALES.....	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones que conforman una competencia.	2
Figura 2. Dimensiones de las Competencias.	14
Figura 3. Desarrollo de las competencias.....	15
Figura 4. Paradigma de las competencias.....	16
Figura 5. Actores beneficiados por el enfoque basado en competencias.	17
Figura 6. Áreas temáticas del Proyecto Tuning de América Latina.	23
Figura 7. Secuencia del aprendizaje a través del ABP.	33
Figura 8. Fases del ABP.	37
Figura 9. Relación del enfoque por competencias con la metodología ABP.	44
Figura 10. Proceso a seguir en la toma de decisiones.....	46
Figura 11. Fases de la IAP de acuerdo con Rafael Bisquera.	49
Figura 12. Fases del diseño de la investigación.....	51
Figura 13. Contenido sintético de Electrónica Digital Aplicada.	52
Figura 14. Objetivo de la asignatura de Electrónica Digital Aplicada.....	53
Figura 15. Unidades de aprendizaje usadas en la investigación.	54
Figura 16. Diagrama esquemático del sistema.	57
Figura 17. Comparación entre señal analógica y señal digital.....	58
Figura 18. Microcontrolador PIC16F84A.	60
Figura 19. PCB de una capa.....	61
Figura 20. Competencias profesionales por desarrollar en el proyecto.....	62
Figura 21. Relación del proyecto a desarrollar con otros cursos.	63
Figura 22. Relación de otras disciplinas con el proyecto.	64
Figura 23. Posibles rutas de solución.	64
Figura 24. Esquema general del circuito solución.	66
Figura 25. Recursos disponibles para la elaboración del proyecto.....	72
Figura 26. Simulación del circuito electrónico.	75
Figura 27. Implementación en protoboard del circuito de control.	76
Figura 28. Diseño del PCB.....	76
Figura 29. Sistema de control y tanque de almacenamiento.	77
Figura 30. Prototipos elaborados por los equipos 3 y 4.	79
Figura 31. Placa del prototipo elaborado por el equipo 5.....	80
Figura 32. Evaluación de las dimensiones de la competencia profesional.....	83
Figura 33. Productos por evaluar en el proyecto de cada equipo.....	84
Figura 34. Aspectos que comprenden la evaluación de habilidades técnicas y atributos interpersonales.....	87
Figura 35. Nivel de dominio de la competencia profesional.....	91
Figura 36. Numeración de indicadores.	93
Figura 37. Posibles vías de solución Equipo 1.	94
Figura 38. Posibles vías de solución del docente.....	94
Figura 39. Simulación de la solución a través de compuertas lógicas.....	132
Figura 40. Vista 3D de la simulación por compuertas lógicas.....	133

Figura 41. PCB por compuertas lógicas.	133
Figura 42. Simulación del circuito de control con PIC16F84A	136
Figura 43. Vista 3D de la placa del circuito.	137
Figura 44. PCB del circuito de control por PIC.	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias en la clasificación de competencias entre países	21
Tabla 2. Niveles de logro.....	27
Tabla 3. Técnicas e instrumentos para evaluar competencias	28
Tabla 4. Características de las compuertas lógicas básicas.....	59
Tabla 5. Calendarización de actividades	70
Tabla 6. Distribución de los estudiantes en equipos con especificación del coordinador (a) ..	71
Tabla 7. Indicadores para la dimensión 1 por cada competencia profesional	91
Tabla 8. Matriz de evaluación del Equipo 1 en la dimensión cognitiva de la competencia profesional 1	95
Tabla 9. Matriz de evaluación del Equipo 1 en la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 1	96
Tabla 10. Análisis del nivel de dominio del equipo 1 en la competencia profesional 1	98
Tabla 11. Puntaje por indicador de la D1-CP1	98
Tabla 12. Puntaje por indicador de la D1-CP2	99
Tabla 13. Puntaje por indicador de la D1-CP3	100
Tabla 14. Puntaje por indicador de la D1-CP4	100
Tabla 15. Indicadores para la dimensión 2 por cada competencia profesional	102
Tabla 16. Puntaje por indicador de la D2-CP1	103
Tabla 17. Puntaje por indicador de la D2-CP2	104
Tabla 18. Puntaje por indicador de la D2-CP3	104
Tabla 19. Puntaje por indicador de la D2-CP4	105
Tabla 20. Nivel de dominio por cada equipo en la competencia profesional 1	107
Tabla 21. Nivel de dominio por cada equipo en la competencia profesional 2.....	109
Tabla 22. Nivel de dominio por cada equipo en la competencia profesional 3.....	111
Tabla 23. Nivel de dominio por cada equipo en la competencia profesional 4.....	112
Tabla 24. Tabla de verdad de la solución al proyecto propuesto.....	130
Tabla 25. Planeación de las actividades generales de los equipos	139
Tabla 26. Rúbrica de Evaluación de los elementos cognitivos de la competencia profesional 1	140
Tabla 27. Rúbrica de Evaluación de los elementos cognitivos de la competencia profesional 2	142
Tabla 28. Rúbrica de Evaluación de los elementos cognitivos de la competencia profesional 3	144
Tabla 29. Rúbrica de Evaluación de los elementos cognitivos de la competencia profesional 4	146
Tabla 30. Rúbrica de Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 1	147
Tabla 31. Rúbrica de Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 2	149
Tabla 32. Rúbrica de Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 3	151
Tabla 33. Rúbrica de Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 4	153

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Género de la población de estudio.	66
Gráfica 2. Situación académica de la población de estudio.	67
Gráfica 3. Lugar de procedencia de la población de estudio.	67
Gráfica 4. Nivel de desempeño de cada equipo para la dimensión de elementos cognitivos (D1).	101
Gráfica 5. Nivel de desempeño de cada equipo para la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales (D2).	106
Gráfica 6. Comparación de los niveles de desempeño de la dimensión 1 y 2 para la competencia profesional 1.	108
Gráfica 7. Comparación de los niveles de desempeño de la dimensión 1 y 2 para la competencia profesional 2.	110
Gráfica 8. Comparación de los niveles de desempeño de la dimensión 1 y 2 para la competencia profesional 3.	112
Gráfica 9. Comparación de los niveles de desempeño de la dimensión 1 y 2 para la competencia profesional 4.	113
Gráfica 10. Nivel de dominio de cada competencia profesional por equipo de estudiantes.	114

SIGLAS

ABP	Aprendizaje Basado en Proyectos
AL	América Latina
ANUIES	Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior
CA	Corriente alterna
CD	Corriente directa
CI	Circuito Integrado
CIDAC	Centro de Investigaciones para el Desarrollo A. C
CIFE	Centro de Investigación en Formación y Evaluación
CNT	Centro Nacional Tuning
CONAEDU	Consejo Nacional de Autoridades Educativas
CONFEDI	Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina
ESIME	Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
IAP	Investigación-Acción-Participativa
IES	Instituciones de Educación Superior
IPN	Instituto Politécnico Nacional
LED	Diodo Emisor de Luz (light-emitting diode por sus siglas en inglés)
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
PCB	Placa de Circuito Impreso (Printed Circuit Board)
PIC	Peripheral Interface Controller
PLC	Controladores Lógicos Programables
SNB	Sistema Nacional de Bachillerato

GLOSARIO

A

Aprendizaje Basado en Proyectos

Metodología centrada en el estudiante, en la cual se utiliza un problema del contexto para ser solucionado por los alumnos en forma colaborativa mediante el diseño y construcción de un producto final o artefacto, donde el tutor es considerado un facilitador o guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Uden & Beaumont, 2006).

Atributos interpersonales

En esta investigación, se refiere a los valores y ética profesional que se requieren en el estudiante para una adecuada comunicación humana y desarrollo social.

C

Carga inductiva

Es todo elemento con propiedad de inductancia (electroimán, motor eléctrico, generador eléctrico, transformador eléctrico) conectado a la electricidad, compuestos por bobinas de alambre conductor (generalmente cobre).

Circuito integrado

Circuito electrónico monolítico conformado por transistores, diodos, resistencias y capacitores construido sobre un chip de silicio, los cuales pueden ser de lógica fija o lógica programable (Floyd, 2006).

Competencia profesional

Es aquella que un egresado de nivel superior debe desarrollar para tener un adecuado desempeño laboral; es decir, son propias de cada área temática y tienen la finalidad de desarrollar habilidades cognitivas, técnicas y atributos interpersonales para el desempeño profesional del egresado (Tuning A. , 2007).

Compuerta lógica

Circuito electrónico que realiza una operación lógica básica tales como: suma, multiplicación y complemento. (Floyd, 2006)

E

Elementos cognitivos

Dimensión de la competencia profesional que se refiere a teorías, conceptos o conocimientos implícitos que debe tener el estudiante para desarrollar las actividades de su área profesional (OECD, 2011).

H

Habilidades técnicas

Lo que el estudiante sabe hacer, así como el uso de herramientas propias de su área, requeridas para la adecuada implementación, construcción y desarrollo del proyecto.

L

Lógica de control

En electrónica digital existen dos lógicas de control para niveles de voltaje: lógica positiva y lógica negativa; la primera un nivel alto de voltaje con un 1 lógico, y un nivel bajo con un 0 lógico; la segunda representa un nivel alto de voltaje con un 0 lógico y un nivel bajo con un 1 lógico; generalmente se utiliza lógica positiva (Floyd, 2006)

M

Microcontrolador

Circuito integrado programable que contiene todos los componentes necesarios para controlar el funcionamiento de una tarea determinada; el uso de estos circuitos reduce significativamente el tamaño y número de componentes, así como las averías y el peso de los equipos

P

PLC

Controlador Lógico Programable diseñado para controlar procesos secuenciales que se ejecutan en un ambiente industrial.

Placa de circuito impreso

Tarjeta o placa utilizada para realizar la colocación de los distintos elementos que conforman el circuito y las interconexiones eléctricas entre ellos.

Proyecto Tuning

Proyecto diseñado inicialmente en Europa y posteriormente en América Latina, el cual tiene por objetivo desarrollar perfiles profesionales, resultados de aprendizaje y competencias genéricas y específicas en cada área de estudio (Tuning, 2003)

R

Rúbricas de evaluación (también matriz de evaluación)

Instrumento para evaluar éticamente la actuación integral de las competencias, en la cual se identifica y comprende cada competencia a evaluar para establecer los criterios (parámetros) que posibilitan la valoración de las mismas por medio de evidencias e indicadores de nivel de dominio (Tobón, Pimienta, & J, 2010).

S

Sistema digital

Conjunto de dispositivos para generar, procesar o almacenar señales discretas.

T

Tiristor

Dispositivo electrónico compuesto de cuatro capas de material semiconductor, este dispositivo actúa como interruptor abierto cuando su voltaje es menor al requerido para su activación, una vez que se supera su voltaje de disparo se produce una trayectoria de baja resistencia permitiendo el flujo de corriente a través de él (Floyd, 2008).

Trabajo colaborativo

Es uno de los aportes que la teoría constructivista ha brindado a la educación en el que se establece que el estudiante trabaja de acuerdo con sus propias características individuales y a su ritmo en un equipo conformado por 3 a 5 integrantes con un fin común, en un ambiente de respeto y tolerancia (Torres, 2010).

RESUMEN

En esta investigación se analiza el trabajo de un grupo de 36 estudiantes de ingeniería, en la asignatura de Electrónica Digital Aplicada durante la resolución de un problema de diseño de un sistema digital de control de flujo, nivel y temperatura de un líquido almacenado en un tanque, utilizando la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos para el desarrollo de competencias profesionales.

Se establece que una competencia profesional está integrada por elementos cognitivos, habilidades técnicas y atributos interpersonales; por lo que el énfasis se dirigió a las actividades que realizaron los estudiantes

La investigación parte de la necesidad de impulsar el desarrollo tecnológico y educativo en México para dar respuesta a las problemáticas sociales; de donde emerge la necesidad de utilizar estrategias y enfoques que pongan énfasis en las actividades que realiza el estudiante para generar su conocimiento; que propicien su interés hacia la investigación y propuesta de soluciones; que motiven su participación activa basada en ética y valores, dejando de lado la acción pasiva que generalmente ha tomado la enseñanza tradicional.

La investigación se desarrolló mediante una investigación acción participativa, que incluyó cinco fases: análisis de la asignatura, diseño del proyecto, implementación del proyecto, análisis de datos y redacción del informe final. Los resultados muestran que el diseño y aplicación de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos por parte del docente favorece en los estudiantes de Ingeniería Mecánica el desarrollo de las competencias profesionales establecidas en el programa de Electrónica Digital Aplicada, pues el estudiante construyó su conocimiento a través de la implementación de un proyecto del contexto, en el cual relacionó los temas de la asignatura con su aplicación.

Palabras clave. Aprendizaje Basado en Proyectos, competencia profesional, Electrónica Digital Aplicada.

ABSTRACT

In this research, the work of a group of 36 engineering students in the subject of Applied Digital Electronics during the resolution of a problem of design of a digital system of flow control, level and temperature of a liquid stored in a tank, using the methodology of Project-Based Learning for the development of professional competences.

It establishes that a professional competence is integrated by cognitive elements, technical skills and interpersonal attributes; so, the emphasis was on the activities that the students did

The research starts from the need to promote technological and educational development in Mexico to respond to social problems; from which emerges the need to use strategies and approaches that emphasize the activities that the student performs to generate his knowledge; to foster their interest in research and propose solutions; which motivate their active participation based on ethics and values, leaving aside the passive action that has traditionally taken traditional teaching.

The research was developed through participatory action research, which included five phases: subject analysis, project design, project implementation, data analysis and final report writing. The results show that the design and application of the methodology of Project Based Learning by the teacher favors in the students of Mechanical Engineering the development of the professional competences established in the Applied Digital Electronics program, since the student constructed his knowledge through of the implementation of a project of the context, in which it related the subjects of the subject with its application.

Keywords. Project-Based Learning, Professional Competence, Applied Digital Electronics.

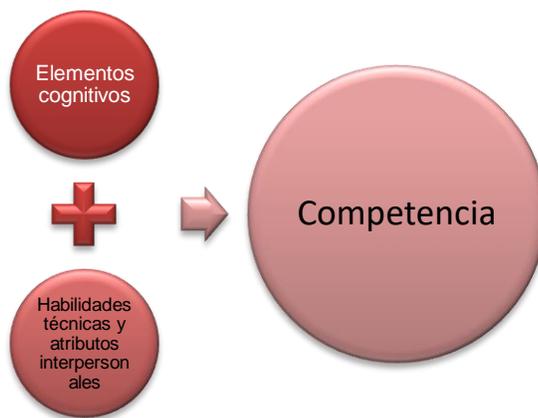
INTRODUCCIÓN

Las necesidades actuales de la industria son de diferente naturaleza; en el campo de la ingeniería se requiere contar con profesionistas con una formación sólida, que vaya a la par de los avances tecnológicos que en las últimas décadas han tenido un constante y rápido desarrollo; también se requiere que estos profesionales cuenten con habilidades directivas. Lo anterior significa, que el profesionista debe ser capaz de tomar decisiones, trabajar en equipo, así como establecer una excelente comunicación con sus compañeros y personal en general, pues estará en constante relación con ellos. Estas actividades las realiza cada vez que requiere diseñar un proyecto para dar solución a un problema. Durante el diseño tiene que interactuar activamente con personal de otras áreas, así como tomar decisiones a partir del análisis que realice para encontrar una solución viable.

Las necesidades de los empresarios son claras, sin embargo, estos manifiestan que los jóvenes egresados no cuentan con estas habilidades para integrarse al mercado laboral (CIDAC, 2014), de donde emerge una impostergable necesidad de reflexionar en la formación que se brinda a los ingenieros en su etapa escolar. Los ingenieros deben estar preparados para aplicar los conocimientos científicos y tecnológicos, deben desarrollar habilidades, actitudes y valores que de manera integral les permitan ejercer su profesión en beneficio de la sociedad y el desarrollo de la nación. (Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco, 2015), este panorama se identifica en las carreras de ingeniería en general y la ingeniería mecánica no es la excepción.

Los conocimientos y habilidades anteriores están asociados con el concepto de competencia, que de acuerdo con la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (en adelante OCDE), se entiende como aquellas habilidades y capacidades adquiridas a través de un esfuerzo deliberado y sistemático para llevar a cabo actividades complejas (OECD, 2011). Es decir, es la capacidad que se consigue al combinar conocimientos, habilidades, actitudes y motivaciones, para aplicarlos en un determinado contexto, como en el ámbito educativo, laboral o el de desarrollo personal. Una competencia se compone de dos dimensiones: una que incluye

elementos cognitivos, tales como el uso que el estudiante da a teorías, conceptos o conocimientos implícitos para conectar sus conocimientos previos con lo que se requiere para analizar y desarrollar el proyecto; otra que abarca habilidades técnicas y atributos interpersonales (OECD, 2011).



*Figura 1. Dimensiones que conforman una competencia.
Elaboración propia con información de OECD (2011).*

El concepto de competencia ha tomado relevancia a nivel internacional y nacional, y hoy se reconoce que aquellos países que cuenten con mecanismos, recursos y metodologías para desarrollar las competencias que son demandadas por el mercado, habrán formado el capital humano que permitirá el crecimiento económico de un país, así como una sociedad más preparada, participativa y con mejores índices de calidad de vida (OECD, 2011).

En contraste con la afirmación anterior en países como México, se identifica que los egresados de las Instituciones de Educación Superior (IES) en muchos casos aun cuando están obteniendo títulos académicos no logran desarrollar las competencias que demanda el mercado laboral. Un caso concreto se encuentra en la encuesta realizada por el Centro de Investigaciones para el Desarrollo A. C. (CIDAC), en la que se identifica que los egresados en nuestro país, no poseen ni el nivel mínimo de dominio de las competencias genéricas: comunicación escrita, comprensión de textos o habilidad para hablar en público, lo que se puede ocasionar que se enfrenten con grandes dificultades en el ámbito laboral y social (CIDAC, 2014).

Es debido a lo anterior que el CIDAC ha emitido algunas recomendaciones para reducir la brecha entre el nivel de dominio de las competencias, que muestran los egresados y el que se solicita en el campo laboral (CIDAC, 2014):

- Sustituir los mecanismos que actualmente se utilizan en las instituciones educativas para evaluar y elegir las prácticas profesionales que realicen los egresados, por otros que consideren las competencias que desarrollará el practicante en ellas.
- Modificar las evaluaciones departamentales que se realizan en las instituciones educativas, por aquellas que se lleven a cabo con un enfoque por competencias.

Ante las demandas de los empresarios y las recomendaciones emitidas por organismos como CIDAC, las IES están obligadas a buscar estrategias para favorecer el desarrollo de estas competencias en los estudiantes, a través de los distintos planes de estudio. En el caso de los programas de ingeniería, se identifica el desarrollo de competencias genéricas que son comunes a diversas áreas o profesiones, mediante procesos sistemáticos de enseñanza, con la finalidad de favorecer la adaptación de los egresados al campo laboral. Dentro de estas competencias se encuentran las competencias comunicativas, matemática, de emprendimiento y trabajo en equipo, entre otras.

Se espera que, en el nivel superior, además de las competencias genéricas, también se desarrollen competencias disciplinares, que son propias de una determinada ocupación o profesión (diseño de proyectos, liderazgo, toma de decisiones), y que además están relacionadas con las competencias profesionales, que son exclusivas de cada programa académico de educación superior, y se caracterizan por la capacidad de abordaje y afrontamiento de problemas complejos (Tobón, 2006). Como cualquier competencia, las competencias profesionales están conformadas por elementos cognitivos que debe tener el profesional para desarrollar la solución más viable de proyectos de ingeniería, las habilidades técnicas requeridas para la

adecuada implementación y desarrollo del mismo; y también los atributos interpersonales que le servirán para su desarrollo social y comunicación humana.

En el caso de la carrera de ingeniería mecánica, en los últimos semestres, los estudiantes cursan asignaturas de especialidad en las que se ponen en práctica los conocimientos adquiridos hasta ese momento de su formación académica, así como los de la asignatura en curso. Tal es el caso de la asignatura de electrónica Digital Aplicada, que se eligió para desarrollar la presente investigación, y que se imparte en el 6° semestre de la carrera de ingeniería mecánica. En ella se utilizan metodologías de enseñanza-aprendizaje tradicionales, el profesor expone los elementos teóricos, se implementan circuitos electrónicos en laboratorio sin que, en la mayoría de los casos, el estudiante identifique la relación con su aplicación en el área de ingeniería mecánica. Los métodos de evaluación también son tradicionales, mediante un examen escrito los estudiantes resuelven ejercicios que generalmente no tienen relación con problemas en el contexto de la ingeniería.

En esta forma de trabajo no se favorece el desarrollo de las competencias profesionales, pues se privilegia la memorización de procedimientos para aprobar el examen. De lo anterior se desprende la necesidad que tiene buscar otras metodologías que coadyuven para que los estudiantes desarrollen las competencias profesionales que requieren para desenvolverse éticamente en beneficio de la sociedad, por tal razón, las metodologías adecuadas no solo deben enfocarse en el desarrollo de habilidades técnicas y atributos interpersonales, sino que también deben permitir la construcción de su conocimiento y la integración de estos.

Durante las asignaturas previas, a la de Electrónica Digital, el estudiante de ingeniería mecánica ha desarrollado competencias aisladas, tal es el caso de la asignatura Circuitos Eléctricos. En ella el estudiante realiza trabajo colaborativo e investigación documental, en las prácticas de laboratorio; así mismo, en Electrónica de Potencia Aplicada el programa establece la elaboración de un proyecto de aplicación de los conceptos que se estudian a lo largo de la asignatura. Todos estos conocimientos y habilidades desarrolladas de manera aislada en los estudiantes requieren de la aplicación de metodologías que las integren para contribuir a la construcción de las

competencias profesionales que se espera desarrollen los estudiantes al egresar de la carrera de ingeniería mecánica.

Aunado a lo anterior, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), es una metodología en la que se propone un problema cercano al contexto de los estudiantes, para que los motive y sea un desafío que los oriente al aprendizaje, y que los motive para desarrollar un pensamiento crítico y analítico (Uden & Beaumont, 2006).

De acuerdo con Uden & Beaumont (2006, p. 40) los objetivos del ABP son:

- Integrar conocimientos y habilidades de una serie de módulos multidisciplinarios
- Establecer relaciones con otras personas y lograr el trabajo en equipo
- Desarrollar análisis y solución de problemas reales
- Desarrollar el pensamiento crítico
- Desarrollar habilidades de aprendizaje

Mediante el ABP los estudiantes desarrollan habilidades y competencias para la planeación, implementación y evaluación de proyectos, que tienen aplicación en el mundo real, más allá del aula. Se reconoce en el ABP la posibilidad de aprender en la diversidad y trabajar en colaboración, estimular el crecimiento emocional, intelectual y personal mediante experiencias directas con personas, alentar la experimentación, así como a aprender de los errores (Galeana, 2002).

Con esta metodología se promueve el trabajo colaborativo, en el que cada integrante de un equipo asume la responsabilidad del trabajo que desarrolla; el aprendizaje que se logra se traduce en saber y hacer; el estudiante parte de sus conocimientos previos para construir nuevo conocimiento. Se ha encontrado también que, se favorece el trabajo en equipo, el análisis, la comprensión, la comunicación oral y la organización, se fomenta la autonomía, la iniciativa, la innovación y la toma de decisiones de los alumnos, todas estas son competencias genéricas las cuales se han desarrollado en forma aislada a lo largo de la formación profesional del estudiante.

Rivera, Agudelo, Ramos y Vargas (2015) señalan que las investigaciones sobre competencias en las que los alumnos estudian materias relacionadas con la electrónica se han desarrollado en torno al ABP y los resultados obtenidos han sido mejores en comparación con las prácticas convencionales.

De estos antecedentes surgió el interés por conocer ¿qué efecto tiene utilizar la metodología de ABP para contribuir al desarrollo de las competencias profesionales en la asignatura Electrónica Digital Aplicada en los alumnos de Ingeniería Mecánica de la ESIME Azcapotzalco?;

Para dar respuesta a esta pregunta, se estableció el siguiente objetivo: determinar el nivel de dominio de las competencias profesionales que muestran los estudiantes del programa de Ingeniería Mecánica de la ESIME Azcapotzalco, en la asignatura Electrónica Digital Aplicada, cuando el profesor utiliza la metodología ABP.

Con la finalidad de lograr el objetivo anterior y dar respuesta a la pregunta de investigación, se establecieron como objetivos específicos: diseñar un proyecto relacionado con los temas de la asignatura Electrónica Digital Aplicada, que favorezca el desarrollo de las competencias profesionales que debe mostrar un ingeniero mecánico; implementar el proyecto mediante la metodología de ABP; diseñar instrumentos para determinar el nivel de desempeño en habilidades técnicas y atributos interpersonales que los estudiantes exhiben y que se encuentran establecidas en el programa Electrónica Digital Aplicada; analizar en que forma el ABP contribuye para que los estudiantes diseñen sistemas de ingeniería mecánica (habilidades cognitivas).

En el caso de la ingeniería Mecánica las competencias profesionales a desarrollar son:

- Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de Ingeniería Mecánica
- Planificar y programar sistemas y proyectos de Ingeniería Mecánica
- Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de Ingeniería Mecánica
- Utilizar tecnologías de la información, software y herramientas para la Ingeniería Mecánica

Se consideró que, debido a la naturaleza de la asignatura, que es teórico práctica es posible conjuntar las habilidades que de manera aislada han desarrollado los estudiantes a lo largo del programa de ingeniería. Por ser la última asignatura del área de eléctrica-electrónica es posible y recomendable que el estudiante ponga en práctica estas habilidades adquiridas durante las materias antecesoras; de esta forma, en el proyecto diseñado se espera que el estudiante haga uso de los conocimientos

adquiridos en las asignaturas que ha cursado, además de conocimientos de otras asignaturas de la formación del ingeniero mecánico, por lo que se consideró viable su aplicación en la asignatura de Electrónica Digital Aplicada.

El Modelo Educativo del Instituto Politécnico Nacional (IPN) promueve una formación con un enfoque por competencias, en él se establecen los lineamientos para desarrollar la práctica docente, que estará centrada en el aprendizaje y desarrollo profesional del alumno; para formar profesionales preparados para contribuir al bienestar y progreso de la sociedad mexicana. Con un enfoque por competencias además de desarrollar conocimientos teóricos propios de la ingeniería (elementos cognitivos), también se da importancia a las habilidades técnicas y atributos interpersonales que debe tener el profesional.

En la enseñanza de materias teórico-prácticas como la Electrónica Digital Aplicada, una de las tareas más difíciles del docente es conseguir que el alumno adquiera buenos fundamentos de la mismas (Oliver, 2005), pues además de analizar y comprender, también debe aplicar el conocimiento obtenido en la implementación de circuitos lógicos. En este sentido una metodología como el ABP, fundamentada en la teoría constructivista, que puede crear un vínculo entre el conocimiento teórico y el práctico, ya que promueve que los estudiantes piensen y actúen con base en el diseño de un proyecto, mediante la elaboración de un plan con estrategias definidas, con el propósito de dar una solución a un problema, con lo que se justifica su implementación en esta investigación.

Con esta propuesta se atiende una necesidad de la Academia Eléctrica-Electrónica de la ESIME Azcapotzalco de desarrollar actividades de enseñanza y aprendizaje para promover en los alumnos conocimientos teórico-prácticos en el área de la Electrónica; la cual se presenta mediante este trabajo de investigación conformado por cuatro capítulos los cuales se describen brevemente a continuación.

En el primer capítulo se expone la fundamentación del enfoque por competencias con base en el Proyecto Tuning, se describen sus antecedentes, su clasificación en competencias genéricas, específicas y profesionales y algunos aspectos de su evaluación. De estas últimas se realizó una adaptación de las competencias

profesionales para ingeniería civil para definir las competencias profesionales de la ingeniería mecánica. Se asume que una competencia profesional está compuesta por dos dimensiones, esto de acuerdo con la OECD (2011) y con los autores Uden & Beaumont (2006).

La primera dimensión corresponde a las habilidades cognitivas que comprende el uso de los conocimientos por parte del estudiante para el análisis del proyecto a desarrollar ; la segunda son las habilidades técnicas y atributos interpersonales necesarias para la elaboración de los productos, la integración y comunicación de equipo, así como los valores involucrados en el desarrollo del proyecto, que en este caso principalmente fueron la responsabilidad, el respeto, la tolerancia, la solidaridad y la honestidad. En el mismo capítulo se describen las características y el proceso a seguir para toma de decisiones, ya que esta competencia genérica estuvo presente en cada fase del desarrollo de proyecto por parte de los estudiantes.

En el segundo capítulo se analizan los antecedentes y las características de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos: sus objetivos, las fases que lo comprenden, el rol del docente y del alumno y su relación con las competencias profesionales. Este capítulo es de gran utilidad ya que fue la base para realizar el diseño de la investigación, que se presenta en el capítulo tres.

En el tercer capítulo, se incluyen los aspectos metodológicos, la investigación tiene un enfoque cualitativo y corresponde a una investigación acción participativa (IAP), en ella el investigador es parte de la investigación lo que permite observar y analizar el proceso seguido por los estudiantes durante la implementación del ABP. Estos últimos son vistos como sujetos activos en lugar de objetos de estudio; así mismo, de acuerdo con Bautista (2011), en las investigaciones sobre grupos de trabajo se suele utilizar principalmente una IAP. El proceso de la IAP favorece el desarrollo de la investigación, ya que se inicia con la problematización de una situación a resolver, para obtener un diagnóstico y de este diseñar la propuesta de cambio, se procede con la aplicación de dicha propuesta y por último se evalúa.

También en el capítulo tres se presenta el diseño de la investigación que incluye cuatro fases: análisis de la asignatura, diseño del proyecto por parte del docente, implementación del proyecto y, análisis de datos y resultados. Así mismo, se presentan los instrumentos para la recolección de datos y de evaluación que fueron diseñados para determinar el nivel de dominio de los estudiantes de cada competencia profesional.

En el cuarto capítulo se desarrolla el análisis de datos y la discusión de resultados relacionados con cada competencia profesional por cada equipo de estudiantes. Se determina el nivel de desempeño de los estudiantes en cada dimensión (los elementos cognitivos y las habilidades técnicas y atributos interpersonales) de las competencias profesionales. Este análisis se realizó comparando el desarrollo del proyecto realizado por el experto (docente) y las actividades desarrollados por los equipos durante la implementación de la metodología ABP, así como de los productos obtenidos por estos y la defensa de su trabajo.

Capítulo 1 El enfoque por competencias

En el presente capítulo se explica el origen y las características del enfoque por competencias en México y se establece su relación con el proyecto Tuning de América Latina y de Europa. Se presenta también la clasificación de las competencias en genéricas, disciplinares y profesionales y las características de cada una de ellas. Para esta investigación, una competencia profesional está integrada por dos dimensiones, la primera comprende los elementos cognitivos, tales como el uso de conocimientos previos para conectar lo que se requieren para analizar determinada actividad; la segunda especifica las habilidades técnicas y atributos interpersonales que se requieren para llevar a cabo dicha actividad.

1.1 Antecedentes

En toda sociedad, la formación de profesionales es esencial para dar respuesta a las demandas de una sociedad en continuo avance en Ciencia y Tecnología. Para lograrlo se requiere de una constante actualización de los programas académicos y de los modelos educativos que adoptan las instituciones educativas para que vayan a la par de dichos avances. El adoptar un nuevo modelo educativo, tiene como uno de sus objetivos solventar las necesidades actuales de la sociedad; para esto se complementa o mejora el modelo educativo anterior, de tal manera que el nuevo tendrá como base pedagógica lo construido anteriormente, pero replanteado de acuerdo con los resultados obtenidos con el modelo anterior (Chagoyán, 2012).

Dado que un modelo educativo debe solventar las necesidades de la sociedad, en la actualidad se requiere de una enseñanza centrada en el aprendizaje del estudiante, donde este sea un ente activo y constructivo de su propio aprendizaje; motivo por el que los modelos educativos actuales se fundamentan en el constructivismo (Díaz-Barriga & Hernández, 2010). Carretero (citado en Díaz-Barriga & Hernández, 2010) señala que la construcción del conocimiento depende de los conocimientos previos y de la actividad ya sea interna o externa que realice el estudiante; lo anterior también se relaciona como lo que Coll (citado en Díaz-Barriga & Hernández, 2010) llama “la

idea fuerza constructivista”, que se refiere a que la construcción de conocimiento se produciría satisfactoriamente mediante la participación del alumno en actividades intencionales, planificadas y sistemáticas que propicien una actividad mental constructivista.

Es decir, el constructivismo rechaza la actividad pasiva del alumno, en la que se concibe a este como un receptor de información, y las actividades que realiza no contribuyen a la construcción e integración de conocimientos, sino que fomentan la memorización de datos. En este sentido, si se asume que el estudiante debe tener un papel activo, se debe poner énfasis en aquellas actividades que tengan como meta no solo la construcción de conocimientos, sino que también el estudiante sea capaz de compartir sus ideas, dialogar y realizar contribuciones valiosas a su grupo de trabajo (Díaz-Barriga & Hernández, 2010). Dicho lo anterior, es necesario diseñar actividades que integren los temas de los currículos, del tal forma que no solo se dé importancia a los contenidos declarativos sino también a los procedimentales y actitudinales. Estos tres contenidos se describen a continuación.

Contenidos declarativos

Es el saber qué o conocimiento declarativo, que se relaciona con los datos, hechos, conceptos o principios; este conocimiento puede clasificarse como factual o conceptual. El primero se refiere a datos o hechos que deben ser aprendidos por medio de una asimilación literal y que no requiere de comprensión, por ejemplo, la simbología utilizada en el área de electrónica la cual está normalizada y debe aprenderse tal cual; el segundo se refiere a aquel conocimiento construido por medio de conceptos, principios y explicaciones de manera no literal que surge de la comprensión que hace el estudiante involucrando sus conocimientos previos (Díaz-Barriga & Hernández, 2010).

Contenidos procedimentales

Se refiere a lo que se sabe hacer o saber procedimental; de acuerdo con Díaz-Barriga & Hernández (2010) “es el conocimiento que se refiere a la ejecución de procedimientos, estrategias, técnicas, habilidades, destrezas, métodos, entre otros” (p.

44). Este saber es práctico y se traduce en acciones realizadas. De acuerdo con Coll y Valls (citado en Díaz-Barriga & Hernández, 2010) “los procedimientos son un conjunto de acciones ordenadas y dirigidas hacia la consecución de una meta determinada” (p. 44). de esta forma, el estudiante debe comprender cuál es el objetivo que se requiere cumplir, así como los pasos a seguir para su realización. Valls indica que se requieren cuatro etapas para su realización (citado en Díaz-Barriga & Hernández, 2010, p. 44)

1. Apropiación de datos relevantes respecto a la tarea y sus condiciones.
2. Ejecución del procedimiento por parte del aprendiz y retroalimentación por parte del docente.
3. Automatización del procedimiento.
4. Perfeccionamiento indefinido del procedimiento.

Si la construcción del contenido procedimental se realiza en colaboración, es necesario e importante tomar en cuenta las formas de interacción entre los participantes, por lo que se necesita fomentar la metacognición y autorregulación del estudiante durante el procedimiento; se debe agregar que, es preciso realizar reflexión y análisis continuos de las acciones procedimentales del estudiante en el contexto en el cual se estén llevando a cabo. En este sentido, es indispensable ofrecer una retroalimentación, para supervisar y perfeccionar el proceso; pero esto no suele ser así, ya que generalmente el estudiante no reflexiona ni actúa mediante situaciones de enseñanza que sean relevantes y aplicadas en contexto (Schön citado en Díaz-Barriga & Hernández, 2010).

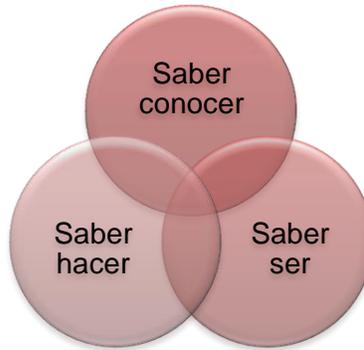
Contenidos actitudinales

Estos contenidos son los menos atendidos y se omite la importancia que tienen, ya que “la actitud se trata de un constructo que media nuestras acciones y que se conforma por tres componentes básicos: cognitivo, afectivo y conductual” (Bednar y Levie (citado en Díaz-Barriga & Hernández, 2010, p. 45). Estos contenidos implican un juicio evaluativo que se aprende en el contexto social, en el que influyen factores como las experiencias previas, actitudes de otras personas, la información, experiencias novedosas y el contexto sociocultural. Generalmente se le da poca importancia al

desarrollo de actitudes y a pesar de que se incluyen en las reformas curriculares actuales no se ha hecho esfuerzo por enseñarlas. Algunas de estas actitudes son la tolerancia, respeto al punto de vista del otro, solidaridad, colaboración, equidad de género, entre otras (Díaz-Barriga & Hernández, 2010).

Los contenidos declarativos, procedimentales y actitudinales están estrechamente relacionados con el concepto de competencia, el cual no puede entenderse como la construcción aislada de conocimientos, habilidades y actitudes, sino que se refiere a la integración de estos tres contenidos con otros recursos cognitivos; por ejemplo, cuando el estudiante tiene que realizar una tarea como parte de la solución a una situación-problema. Se asume que un estudiante domina una competencia cuando puede poner en práctica saberes y habilidades cognitivas, que son pertinentes en un contexto o situación real y concreta (Perrenoud citado en Díaz-Barriga & Hernández, 2010). En este sentido, “la complejidad del aprendizaje por competencias es que la persona debe movilizar, integrar y situar en contexto sus conocimientos teóricos y metodológicos, actitudinales, habilidades específicas e incluso esquemas de percepción pertinentes a la situación que afronta” (Díaz-Barriga & Hernández, 2010, p. 47).

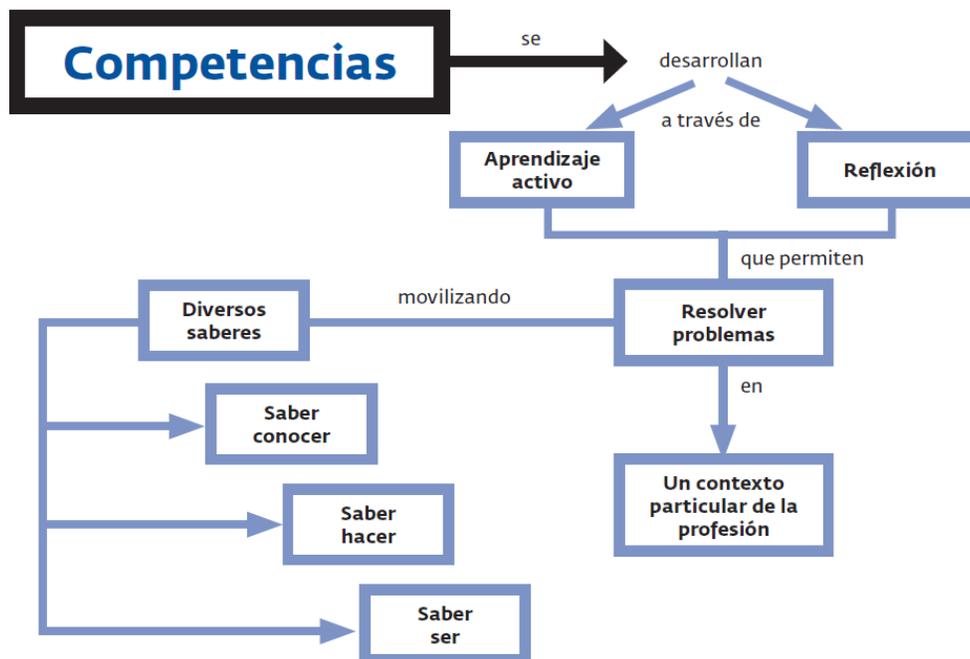
De acuerdo con Díaz-Barriga & Hernández (2010), la definición de competencia que más se acerca al constructivismo es aquella que combina el enfoque de habilidades complejas y generales con el contexto en que se aplica, de tal manera que se concibe como “una compleja estructura de atributos necesarios para el desempeño en situaciones específicas” (Gonczi y Athanasou citados en Díaz-Barriga & Hernández, 2010, p. 48). Así mismo, Pimienta (2012) define una competencia como el “desempeño o actuación integral del sujeto, incluyendo conocimientos declarativos (saber conocer), habilidades, destrezas (saber hacer), actitudes y valores (saber ser), dentro de un contexto ético” (p. 2). A partir de la definición de competencia de Pimienta (2012) y la que presenta Díaz-Barriga & Hernández (2010), es posible identificar en ellas tres dimensiones que son: saber conocer, saber hacer y saber ser.



*Figura 2. Dimensiones de las Competencias.
Elaboración propia con información de Pimienta (2012).*

Otra definición de competencia la encontramos en el proyecto Tuning de Europa, en el cual se concibe a una competencia como la combinación dinámica de atributos, procedimientos, habilidades, actitudes y responsabilidades, que los alumnos deben ser capaces de demostrar al final de un proceso educativo (Tuning, 2003); de manera que, es posible encontrar una relación con las tres dimensiones que se mencionan en el párrafo anterior, pues en el proyecto se habla de la integración del “saber qué y saber cómo, con el saber ser persona en un mundo cambiante y competitivo” (Tuning A. , 2007, p. 35).

Pimienta (2012) afirma que el desarrollo de las competencias se logra mediante un aprendizaje activo y con reflexión, con el propósito de resolver problemas en contexto de acuerdo con alguna profesión en particular (figura 3).



*Figura 3. Desarrollo de las competencias.
Elaborado por Pimienta (2012).*

Se puede cuestionar si es conveniente trabajar con un enfoque por competencias, una opinión es que el desarrollo de competencias en los estudiantes se traduce en que los egresados cuenten con las capacidades adecuadas para desempeñarse profesionalmente en un mundo globalizado, que requiere de personal altamente calificado. En él, se demandan profesionales que no sólo se desempeñen adecuadamente en el ámbito laboral, sino que además sean capaces de comunicarse y socializar, así como contar con valores éticos para integrarse en la sociedad. De acuerdo con Pimienta (2012), con este enfoque además de que se logra una educación integral, también se tiene cambio educativo acorde con la globalización, el mercado y la demanda laboral, entre otros (figura 4).

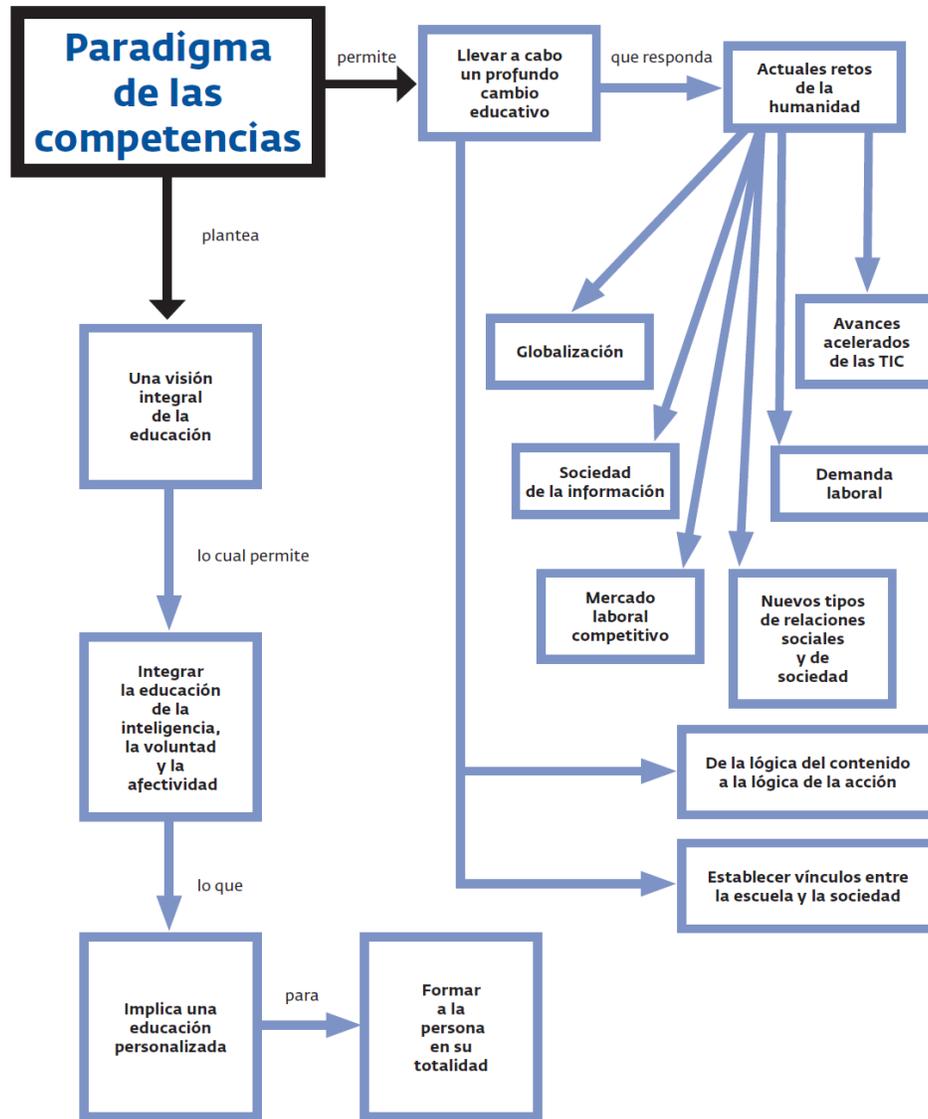


Figura 4. Paradigma de las competencias.
Elaborado por Pimienta (2012).

En las sociedades actuales se identifica que un profesional debe estar preparado para enfrentarse a diversas situaciones a lo largo de su vida laboral, ya que, debido a los constantes avances en Ciencia y Tecnología, no siempre realizará las mismas actividades, por lo que “debe desarrollar flexibilidad mental, capacidad para adaptarse a nuevos desafíos, el saber cómo resolver problemas y situaciones problemáticas, así como preparación para trabajar en la incertidumbre” (Tuning AL, 2007, p.41). En este contexto se identifican beneficios para diversos actores, como los que se presentan en la figura 5.

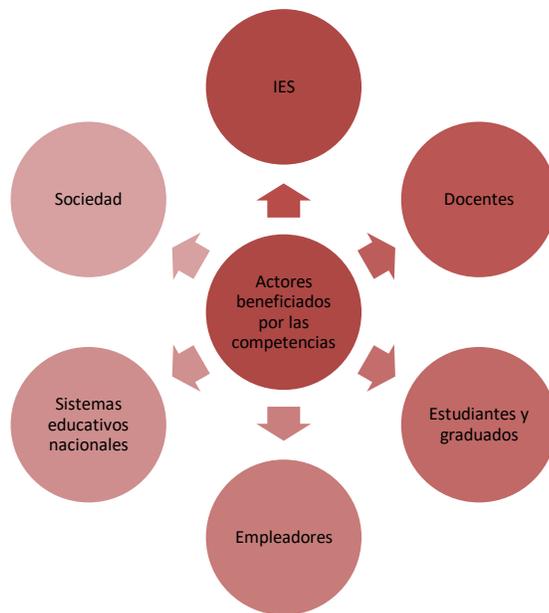


Figura 5. Actores beneficiados por el enfoque basado en competencias. Elaboración propia con información de Tuning América Latina (2007).

En este sentido, el enfoque por competencias es apropiado en la educación, pues, actualmente se requiere de profesionales capaces de aplicar sus conocimientos en el contexto y que además sean participativos, desarrollen sus actividades con responsabilidad, pero, sobre todo trabajen con un profundo sentido de ética; por consecuencia, en esta investigación se retoma la definición de competencia realizado por la OECD, los autores Uden & Beaumont, Díaz-Barriga & Hernández y Pimienta, de las cuales, los atributos necesarios de una competencia pueden concebirse en dos dimensiones; la primera dimensión hace referencia a los elementos cognitivos que se relacionan con los contenidos declarativos, y la segunda dimensión con las habilidades técnicas y los atributos interpersonales que corresponden a los contenidos procedimentales y a los actitudinales respectivamente.

1.2 Origen del enfoque por competencias

De acuerdo con Chagoyán (2012), un nuevo enfoque educativo surge con la finalidad de dar respuestas a las demandas sociales y mejorar la eficiencia de los anteriores; en respuesta a una sociedad en constante cambio, se requirió de hombres con habilidades cognitivas, tecnológicas, lingüísticas, entre otras, con fines económicos,

considerándose como competencia instrumental; sin embargo, esto “situaba al hombre sobre la naturaleza, rechazando lo humano y su trascendencia” (Chagoyán, 2012), en contraste con lo anterior, surge el constructivismo el cual concibe al hombre como un ser capaz de construir su propio conocimiento por medio de lo que ya conoce y la interacción con otros, “busca la trascendencia y su autorrealización mediante un compromiso responsable y vivencia en comunidad” (Chagoyán, 2012).

Sin embargo, el constructivismo pedagógico no fue suficiente para solventar los intereses socio-económicos, de tal forma que en 1999, la UNESCO solicita a Edgar Morín, que en el contexto del pensamiento complejo, elabore un documento donde exprese su idea de la educación del futuro, en este marco surge el enfoque pedagógico de las competencias, a partir de la obra titulada *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro* de Edgar Morín; el cual se basó en la idea de la formación del conocimiento, habilidades, destrezas, actitudes y valores que generaría un ser social competente, centrándose en la formación integral del individuo para trascender a los intereses globalizadores (Morín, 1999).

Uno de los siete saberes necesarios para la educación del futuro que Morín (1999) resalta en su obra es la importancia de la comprensión, pues establece que:

... educar para comprender las matemáticas o cualquier disciplina es una cosa, educar para la comprensión humana es otra; ahí se encuentra justamente la misión espiritual de la educación: enseñar la comprensión entre las personas como condición y garantía de la solidaridad intelectual y moral de la humanidad. (p.51)

En este sentido, el área de estudio de la población que participó en esta investigación, que es la ingeniería, es un pilar para lograr el desarrollo económico y contribuir para la construcción de una sociedad justa y equitativa, en la que todos los individuos tengan acceso a los avances tecnológicos que se desprenden del campo de la ingeniería, pues de acuerdo con el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI), en la ingeniería se emplea el conocimiento adquirido con un buen juicio “en beneficio de la humanidad, el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales” (CONFEDI citado en Giuliano, 2011, p. 1). Por tal razón, la educación no solo debe centrarse en las

actividades que el estudiante realizará para construir su conocimiento y su desarrollo profesional, sino también en cómo este aplicará sus conocimientos en el contexto para contribuir a la sociedad y el medio ambiente.

En el enfoque por competencias se busca reducir la brecha existente entre los conceptos que se aprenden en las instituciones educativas y la aplicación que se les da en la sociedad como producto de los constantes cambios en ciencia y tecnología; se considera que no se puede seguir trabajando en una forma tradicional, pues ahora es esencial proponerse tareas o problemas relevantes, que, durante su resolución, generen aprendizaje (Pimienta y Enríquez, 2009; citado en Tobón, Pimienta, & García, 2010).

Sin embargo, no solo es necesario que los estudiantes generen aprendizaje, también lo es, que apliquen este aprendizaje en diferentes contextos. En este sentido de acuerdo, surge el enfoque de competencias como una respuesta a las necesidades que requería la sociedad actual; el Centro de Investigación en Formación y Evaluación (CIFE) identifica cuatro enfoques de las competencias: el funcionalista, conductual, constructivista y socioformativo. El enfoque conductual de las competencias inicia a finales de los setenta; el funcionalista se desarrolla paralelamente al conductual enfocándose en el proceso de aprendizaje y evaluación centrado en actividades del contexto (Tobón et al, 2010). El enfoque constructivista de las competencias surge a finales de la década de los ochentas, con la finalidad de relacionar las actividades de aprendizaje con el contexto laboral; por último, surge el enfoque socio-formativo (también enfoque sistémico-complejo o enfoque complejo) a finales de los noventa, el cual se orienta a formar personas capaces de afrontar los problemas cotidianos y de los entornos en los que se desempeñen (Tobón et al, 2010).

En este enfoque (Tobón et al., 2010):

...se concibe la formación de las competencias como parte de la formación humana integral, a partir del proyecto ético de vida de cada persona, dentro de escenarios educativos colaborativos y articulados con lo social, lo económico, lo político, lo cultural, el arte, la ciencia y la tecnología. (p. 8)

En el enfoque socio-formativo se requiere de la interpretación, argumentación y solución de problemas del contexto externo, incluye la dimensión ética en todas las competencias que requiere un profesional. En otros enfoques como el conductual, no se ponía mucho interés en el desarrollo de la ética profesional, a pesar de que se considera que debe ser parte de la formación del estudiante, ya que al egresar deberá actuar de acuerdo con ética. El enfoque socio-formativo se basa en el pensamiento sistémico-complejo que propicia que el estudiante se prepare para afrontar los retos y los cambios constantes en la actualidad y en un futuro, a través del desarrollo de problemas del contexto relacionados con su área de acción (Tobón et al., 2010). Las competencias en el enfoque socio-formativo no solo se basan en los tres saberes (ser, hacer y conocer), sino en la relación de estos tres en un marco teórico, para la integración del ser a través de problemas del contexto.

1.3 Competencias genéricas y profesionales del proyecto Tuning

En el 2003 da inicio el proyecto Tuning Educational Structures in Europe, como respuesta a las necesidades de la Educación Superior en Europa, tales como la creación de un Espacio europeo de Educación Superior y la búsqueda de una calidad conjunta en sus universidades como consecuencia del constante cambio social, pues consideraban que la educación superior tenía que ir acorde al área social y económica (Tuning, 2003); el proyecto tiene como objetivo “desarrollar perfiles profesionales, resultados del aprendizaje y competencias deseables en términos de competencias genéricas y específicas relativas a cada área de estudio, incluyendo destrezas, conocimientos y contenido en cada una” (Tuning, 2003, p. 31).

El proyecto Tuning Educational Structures in Europe es desarrollado por un grupo de universidades europeas, el objetivo común era identificar los “resultados del aprendizaje, competencias, habilidades y destrezas” (Tuning, 2003, p. 25) que los estudiantes debían lograr para mejorar la calidad educativa en Europa. Después de la declaración de Bolonia (1999) los gobiernos de algunos países europeos estaban interesados en lograr la convergencia de los sistemas educativos de sus respectivos países. En respuesta a esto, las instituciones de educación superior proponen la

sintonización de los programas académicos y la enseñanza que se promovía, esto se traduciría en determinar el nivel de formación que debían tener los egresados de una institución superior, especificados en términos de competencias y resultados de aprendizaje (Tuning, 2003).

De acuerdo con el proyecto Tuning de Europa y América Latina (AL), una enseñanza basada en competencias aporta ventajas a la educación (Tuning A. , 2007):

- Establece perfiles profesionales y académicos de las titulaciones y programas de estudio.
- Desarrolla un nuevo paradigma de educación, primordialmente centrada en el estudiante y la necesidad de encauzarse hacia la gestión del conocimiento.
- Responde a las demandas crecientes de una sociedad de aprendizaje y de una mayor flexibilidad en la organización del aprendizaje.
- Contribuye a la búsqueda de mayores niveles de empleabilidad y ciudadanía.
- Propicia un impulso para la construcción y consolidación del Espacio América Latina, el Caribe y la Unión Europea de Educación Superior.
- Toma en consideración los acuerdos firmados en la última Conferencia Iberoamericana de Educación.
- Estimula acuerdos para la definición de un lenguaje común, que facilite el intercambio y el diálogo entre los diferentes grupos interesados. (pp. 37-39)

Antes de describir cada competencia, es conveniente comentar que existen clasificaciones diferentes de éstas acorde al lenguaje de cada país, un ejemplo lo encontramos en la clasificación de México y la de Colombia, la cual se presenta en la tabla 1 (Tobón, Pimienta, & J, 2010):

Tabla 1. Diferencias en la clasificación de competencias entre países

México	Colombia
<ul style="list-style-type: none"> • Competencias genéricas • Competencias disciplinares • Competencias profesionales • Competencias para la vida 	<ul style="list-style-type: none"> • Competencias básicas • Competencias laborales generales • Competencias laborales específicas • Competencias ciudadanas

NOTA: Elaboración propia con información de Tobón, S., Pimienta, J., & J, G. (2010). *Secuencias Didácticas. Aprendizaje y Evaluación de competencias*. México: PEARSON EDUCACIÓN. p. 70

Es necesario recalcar que, si bien la clasificación es distinta para cada país, existe cierta relación entre ellas, pues las competencias genéricas son compatibles con las básicas; por otra parte, el proyecto Tuning se enfoca en la educación superior y de acuerdo con Tobón (et al., 2010) las competencias para este nivel educativo solo se clasifican en genéricas y específicas, las cuales se describen a continuación.

- Competencias genéricas

En el proyecto Tuning (2013) las competencias se clasifican en genéricas y disciplinares. Las competencias genéricas son aquellas en las que se identifican elementos comunes a cualquier área temática, como la capacidad de aprender, de tomar decisiones, de diseñar proyectos, habilidades interpersonales, entre otras. En el mismo proyecto se identificaron mediante encuestas a docentes, graduados, estudiantes y empleadores, aquellas que eran de mayor importancia para cada sector en América Latina, de las cuales, las más importantes son (Tuning A. , 2007, p. 66):

1. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
2. Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
3. Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.
4. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.
5. Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.
6. Compromiso ético

Cabe mencionar que las competencias genéricas son de gran importancia en una sociedad en constante cambio, pues en esta se requiere de profesionales con nuevas habilidades mentales para poder adaptarse al cambio y los desafíos que esto conlleva, así como resolver los problemas que se les presenten (Tuning A. , 2007).

- Competencias específicas y/o profesionales

Un profesional debe desarrollar competencias propias de su área que le permitan ser competitivo; en este sentido se requiere de competencias específicas que son aquellas que un egresado de nivel superior debe desarrollar para tener un adecuado desempeño laboral; es decir, son propias de cada área temática y tienen la finalidad de desarrollar habilidades y destrezas para el desempeño profesional del egresado.

En el proyecto Tuning de América Latina, se establecen 12 áreas temáticas para el estudio de las competencias específicas de cada una, éstas áreas se exponen en la figura 6.



*Figura 6. Áreas temáticas del Proyecto Tuning de América Latina.
Elaboración propia con información de Tuning América Latina (2007).*

Debido a que la presente investigación se desarrolla para la carrera de Ingeniería Mecánica, se considera que de las doce áreas temáticas del proyecto Tuning, la que más se relaciona con la de investigación es Ingeniería Civil, pues de acuerdo con este proyecto, en esta área se requiere de conocimientos de ciencias básicas y ciencias de la ingeniería para “diseñar, proyectar, planificar, gestionar y administrar los proyectos de implementación de soluciones a problemas de su contexto” (Tuning A., 2007, p. 214). El grupo de trabajo para esta área estuvo conformado por 21 universidades e institutos de 18 países, entre los cuales se encuentra México; durante el proceso, se analizaron los programas de la carrera para determinar los aspectos en común de las instituciones involucradas con la finalidad de recalcar aquellos que representaban una formación integral para los estudiantes (Tuning A., 2007).

También se analizó los aspectos implicados en la formación de la ingeniería civil, considerando los siguientes: formación en ciencias básicas, formación profesional básica, formación profesional y formación socio-humanística y complementaria. Asimismo, se tomó en cuenta el contexto de aplicación y perfil de egreso de esta área (Tuning A., 2007). Después de realizar el análisis general, se obtuvieron 19

competencias profesionales, de las cuales los docentes, egresados, estudiantes y empleadores consideraron que las más importantes son (Tuning A., 2007, p. 220):

- Concebir, analizar, proyectar y diseñar obras de ingeniería civil.
- Planificar y programar obras y servicios de ingeniería civil.
- Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar obras de ingeniería civil.
- Utilizar tecnologías de la información, software y herramientas para la ingeniería civil.

Estas competencias profesionales para el área de la ingeniería civil fueron adaptadas al contexto del ingeniero mecánico en esta investigación; esta adaptación se realizó de acuerdo con el perfil de egreso de este profesional en la ESIME Azcapotzalco, quedando de la siguiente manera:

1. Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica.
2. Planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica.
3. Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica.
4. Utilizar tecnologías de la información, software y herramientas para la ingeniería mecánica

Una vez que se han establecido las competencias a desarrollar es preciso establecer los criterios para evaluar el nivel de dominio de cada una, para esto, es necesario que el docente comprenda que la evaluación de una competencia va más allá de solo obtener una calificación, pues se requiere realizar una valoración integral tomando en cuenta varios aspectos como los conocimientos previos del estudiante y el contexto, entre otros, que permitan obtener una evaluación real del nivel de dominio alcanzado además de tomar en cuenta las debilidades u obstáculos presentados para poder definir aspectos por mejorar; todo lo relacionado a la evaluación se describe en el siguiente apartado.

1.4 Evaluación de las competencias genéricas y profesionales

El enfoque por competencias, se enfatiza en la integración de las habilidades cognitivas, habilidades técnicas y atributos interpersonales, por tal razón su evaluación

debe corroborar el conocimiento obtenido mediante evidencias que sustenten los resultados y el nivel de desempeño alcanzado donde el objetivo sea la “adquisición de capacidades situadas de orden superior, relevantes para el desarrollo de la persona y para su participación social o profesional” (Díaz-Barriga & Hernández, 2010, p. 48). Para determinar el dominio de una competencia, Pimienta (2012) considera necesario realizar la valoración o el juicio emitido (por el docente) a partir de la comparación del desempeño (del estudiante); que se hace evidente en productos de aprendizaje específicos, identificando las manifestaciones de la competencia mediante indicadores de criterios acordados y compartidos.

Entonces, una evaluación por competencias se refiere a identificar, mediante indicadores, cuál es nivel de desempeño que muestra un estudiante en una o más competencias. Para esto se establecen escenarios y procedimientos de evaluación idóneos que simulen y se aproximen a los escenarios reales (Díaz-Barriga & Hernández, 2010). Es decir, en una evaluación por competencias se determina el nivel de dominio de una competencia que logra un estudiante, a través de acciones concretas (Riquelme & Mendioroz, 2015), por lo que es adecuado conocer el nivel de dominio inicial de un estudiante en una competencia, lo que se puede determinar mediante una valoración diagnóstica, posteriormente se obtendrán nuevas valoraciones para conocer la evolución del desempeño del estudiante.

a) Evaluación diagnóstica

Esta evaluación tiene una especial importancia al inicio de un tema, asignatura o de alguna fase de aprendizaje, ya que proporciona información útil al docente para decidir el nivel de profundidad en que deben abordarse los nuevos contenidos y las relaciones entre los mismos, así como la forma de motivar a los estudiantes para adquirir o mejorar un aprendizaje a través de lo que ellos recuerdan sobre un tema (UDEC, s.f.)

Las características de esta evaluación son:

- Se busca que el estudiante analice sus ideas y conocimientos previos al inicio de la actividad.
- No tiene por qué ser un examen de preguntas y respuestas.

- Puede ser individual o grupal: esto dependerá de la perspectiva que se desee obtener a través de esta evaluación, ya sea una visión global o particular de los estudiantes.
- Esta evaluación debe devolverse a los estudiantes con las observaciones que el docente considere pertinentes para que ellos mismo puedan darse cuenta de su estado inicial ante los nuevos conocimientos y participen activamente en el proceso de construcción.

b) Evaluación continua

Es la evaluación formal que se realizará para valorar las habilidades, actitudes y conocimientos adquiridos por los alumnos. Se usan mapas de progreso, matrices de valoración o rúbricas, ya que en estas se permite plantear niveles de logro de la competencia que se está evaluando, donde la determinación de los niveles va de acuerdo con tres criterios (Pimienta, 2012):

- Contexto en el que se desarrolla la actividad. El contexto puede ser cercano al sujeto o más inmerso en el campo laboral.
- Grado de ayuda externa que recibe el estudiante para su desempeño, que puede ir desde una casi total heteronomía o constante ayuda de algún mediador, hasta la autonomía y profunda reflexión antes, durante y después de la práctica.
- Complejidad de la tarea, lo que comprende desde tareas sencillas o en las que intervienen escasos factores, hasta una tarea compleja, que admite la influencia de múltiples factores.

Un ejemplo de los niveles de logro para diseñar un mapa de progreso (también conocido como rúbrica o matriz de evaluación) se observa en la tabla 2; de acuerdo con Pimienta (2012), el nivel mínimo que un estudiante debe alcanzar en su proceso de formación es el autónomo, lo cual se logrará mediante una retroalimentación constante, análisis, reflexión y mejora.

Tabla 2. Niveles de logro

Niveles de logro			
Nivel inicial	Nivel básico	Nivel autónomo	Nivel sobresaliente
<p>En este nivel es posible advertir que la actuación requiere ayuda externa constante, ya sea de apoyos materiales (libros, manuales, apuntes, modelos) o de mediaciones del docente o colegas; además, la actividad es sencilla, puesto que las variables que intervienen son escasas.</p> <p>La actividad se realiza en un contexto cercano al sujeto</p>	<p>La actuación cada vez requiere de menos apoyos externos, aunque en ocasiones requiere de la mediación de colegas, del docente o de materiales.</p> <p>La tarea va disminuyendo en sencillez, y el contexto se aleja paulatinamente del sujeto.</p>	<p>El estudiante puede realizar la actividad completamente solo y genera productos que denotan una actuación competente. No necesita apoyos y puede expresar el proceso que ha llevado a cabo para lograr el éxito en su actuación. El contexto es profesional, aunque también puede constituir una simulación muy cercana al campo laboral. La tarea es compleja en la medida en que constituye lo que desarrollará el sujeto en el mundo real, con las contingencias que pudieran presentarse. Tiene conocimiento, sabe hacer y manifiesta actitudes en su desempeño que puede argumentar sólidamente.</p>	<p>Es posible advertir una actuación autónoma; pero, además la creatividad e innovación afloran, debido a que el estudiante podría desempeñarse en diferentes contextos y en tareas complejas.</p> <p>Propone nuevas soluciones a problemas que podrían constituir verdaderos retos para su campo de actuación.</p>

NOTA: Pimienta, J. (2012). *Las Competencias en la Docencia Universitaria*. México: Pearson Educación. Página 43.

Estos niveles de logro se establecerán de acuerdo a cada criterio que se considere para para una competencia, los cuales dependerán del diseñador del instrumento de evaluación; en esta investigación se diseñan matrices de evaluación o rúbricas como instrumento para evaluar el nivel de dominio obtenido en cada una de las competencias profesionales, en las cuales se han determinado tres niveles: básico, autónomo y estratégico; cabe mencionar que además de los mapas de progreso, existen otros instrumentos de evaluación, Pimienta (2012) los clasifica de acuerdo a la técnica usada en tradicionales y emergentes; en las tradicionales encontramos técnicas de observación e interrogación; en las emergentes encontramos técnicas de análisis, pruebas con simulación, colaborativas, autoinformes y muestras de desempeño, que permiten realizar una evaluación completa; los instrumentos de evaluación que corresponden a cada técnica se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Técnicas e instrumentos para evaluar competencias

Técnica	Clasificación	Tipos	Instrumentos
Tradicionales	Observación	Sistematizada	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de categorías o diferencial sistemático. • Listas de control o listas de cotejo. • Escalas estimativas
		No sistematizada	In situ
	A posteriori		<ul style="list-style-type: none"> • Diario
	Interrogación	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista (estructurada, Semiestructurada o abierta). • Encuesta • Exámenes objetivos del desempeño. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guías de entrevista. <ul style="list-style-type: none"> • Estructurada. • Semiestructurada Abierta o cualitativa. • Cuestionarios. • Exámenes objetivos. • Tipo ensayo. • De desempeño.
Emergentes	Análisis de diferentes productos	<ul style="list-style-type: none"> • Informes • Modelos • Prototipos 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas de progreso (matrices de valoración o rúbricas). • Escalas estimativas. • Diferencial semántico.
	Pruebas con simulación	<ul style="list-style-type: none"> • Individuales • Colaborativas 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas de progreso. • Escalas. • Listas de cotejo.
	Colaborativas	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo de discusión 	<ul style="list-style-type: none"> • Pautas claras de criterios acordados. • Mapas de progreso. • Escalas. • Listas de cotejo.
	Autoinformes	<ul style="list-style-type: none"> • Autoevaluaciones diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Libre autodescripción. • Técnicas de pensamiento en voz alta. • Historia de vida.
	Muestras de desempeño	<ul style="list-style-type: none"> • Portafolios 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía para la evaluación del portafolio. • Comentario. • Diferencial semántico.

NOTA: Pimienta, J. (2012). *Las Competencias en la Docencia Universitaria*. México: Pearson Educación. Página 46-47.

De los instrumentos de evaluación concentrados en la tabla 3, Pimienta (2012, p. 47) señala que los más usados para la evaluación de competencias son:

- Listas de cotejo.
- Escalas estimativas.
- Diferencial semántico.
- Mapas de progreso (rúbricas o matrices de valoración).
- Portafolio de evidencias con productos para analizar.
- Exámenes escritos.

En el proceso de evaluación, se determina el nivel de dominio que ha alcanzado un estudiante en una competencia específica, para esto se diseñan descriptores para cada nivel, de las estrategias de aprendizaje, actitudes y valores. Estos descriptores incluyen indicadores, el grado o nivel de dominio alcanzado se determina a través del número de descriptores en los que los estudiantes se desempeñaron adecuadamente (Riquelme & Mendioroz, 2015).

En este capítulo se explicó el origen, características y clasificación del enfoque por competencias en México relacionado con el proyecto Tuning de Europa y América Latina, así mismo se analizó la evaluación que se requiere en este enfoque; lo anterior da paso al análisis y desarrollo del siguiente capítulo el cual se destina a la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos el cual tiene como objetivo poner énfasis en las actividades que desarrollará el estudiante para construir su aprendizaje.

Capítulo 2 EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

En este capítulo se presentan los fundamentos y características del Aprendizaje Basado en Proyectos, sus objetivos, las fases que comprende esta metodología, el rol del estudiante y el docente durante la implementación y algunos beneficios que se han identificado al aplicar el ABP. También se analiza la relación que existe entre el ABP y el enfoque por competencias para conformar el marco teórico que sustenta la presente investigación. A lo largo del capítulo se retoman los elementos que explican la importancia del ABP para el desarrollo de habilidades cognitivas, así como las habilidades técnicas y los atributos interpersonales que requiere un egresado de ingeniería.

2.1 Antecedentes del ABP

La metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos inicia con un conjunto de acciones que se llevaron a cabo en diferentes países del mundo, especialmente en Rusia, Alemania y los Estados Unidos. En Alemania consideraban que los precursores de esta metodología eran los profesores Charles R. Richards y John Dewey, a partir de su trabajo *Manual and Industrial Arts Programs* (1900), mientras que en Norteamérica se lo atribuyen a Stimson a partir de su trabajo *Home Project Plan* (1908). Ciro (2012) atribuye a Kilpatrick la metodología de proyectos, e identifica sus fundamentos en la teoría de John Dewey.

A principios del siglo XX y dentro del movimiento progresista estadounidense, que surgió a partir de las teorías de John Dewey, Kilpatrick propuso la metodología por proyectos como el primer modelo pedagógico basado en la experiencia empírica. En el *Project Method* inspirado por Dewey, Kilpatrick (citado en Ciro, 2012) materializa la práctica educativa del pragmatismo pedagógico. La propuesta se aplicó en la Universidad de Columbia, Nueva York en 1918, pero tuvo poca popularidad en los Estados Unidos. Después entró en el olvido y se redescubrió en la década de 1970,

cuando se planteó de nuevo la idea de la metodología por proyectos, pero esta vez con una concepción de currículo abierto y de educación comunitaria (Ciro, 2012).

Las primeras aplicaciones de la metodología ABP datan de la década de los sesentas en la escuela de medicina de la universidad de Case Western Reserve en USA y en la Universidad McMaster de Canadá, donde los estudiantes trabajaban en grupos para resolver un problema profesional (Uden & Beaumont, 2006). El objetivo fue mejorar la calidad de la educación médica, orientando el currículo mediante una serie de actividades previamente realizadas por los profesores, como las exposiciones o planeaciones de unidades temáticas, presentadas mediante problemas de la vida real para solventar las necesidades que existían, pues se consideraba que la teoría estaba desconectada de la práctica, la integración del conocimiento, la toma de decisiones, el trabajo colaborativo y la comunicación humana.

2.2 Fundamentos del ABP

Blank (1977) en su trabajo titulado *Authentic instruction*, relaciona el origen del ABP con la teoría constructivista y con los trabajos de Lev Vygotsky, Jerome Bruner, Jean Piaget y Jhon Dewey. El constructivismo se apoya en la comprensión del funcionamiento del cerebro humano, en cómo almacena y recupera información, cómo aprende y cómo el aprendizaje acrecienta y amplía el aprendizaje previo, concibe al aprendizaje como el resultado de construcciones mentales que forman nuevas ideas o conceptos, con base en conocimientos actuales y previos (Galeana, 2002).

De acuerdo con el constructivismo, se requiere diseñar actividades de enseñanza-aprendizaje que establezcan relación entre lo que el estudiante ya conoce y los conceptos nuevos a aprender para generar el nuevo conocimiento; sin embargo, una de las situaciones importantes que surgen es que los estudiantes deben generar interés por estas actividades; Maldonado (2008) en su artículo titulado *Aprendizaje Basado en Proyectos Colaborativos. Una experiencia en educación superior* señala que:

Mantener a los estudiantes comprometidos y motivados constituye un reto muy grande aún para los docentes más experimentados. Aunque no existe una receta que sirva

para todos, las investigaciones previas evidencian que existen prácticas que estimulan una mayor participación de los estudiantes. Estas prácticas implican dejar de lado la enseñanza mecánica y memorística para enfocarse en un trabajo más retador y complejo; utilizar un enfoque interdisciplinario en lugar de uno por área o asignatura y estimular el trabajo colaborativo. (p. 163)

Generar interés en los estudiantes y mantenerlos motivados frente a las actividades a desarrollar para generar su conocimiento, puede solventarse por medio del ABP, pues de acuerdo con la teoría constructivista, en esta metodología se siguen tres principios básicos:

- El aprendizaje surge de las interacciones con el contexto a través del análisis de una situación real.
- El conflicto cognitivo estimula el aprendizaje al enfrentar cada nueva situación.
- El conocimiento se desarrolla a través del reconocimiento y aceptación de los procesos sociales, así como de la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales del mismo fenómeno. (ITESM, 2000)

De los principios enlistados anteriormente, la interacción con el contexto incrementa la motivación del estudiante, pues se trata de relacionar los conceptos teóricos con su aplicación en la vida real, lo cual provoca que el estudiante comprenda, analice y encuentre sentido a lo que está aprendiendo; así mismo, el camino que toma el proceso de aprendizaje en la enseñanza tradicional se invierte al trabajar en el ABP, pues en la primera, el estudiante es un actor pasivo en la construcción de su conocimiento, mientras que en el segundo, el estudiante es un ente activo.

En la enseñanza tradicional, el docente presenta la información a los estudiantes a través de la exposición en clase, donde los jóvenes son receptores pasivos de esa información que generalmente depende de los libros de texto que conforman la bibliografía del programa de estudios; por lo que, generalmente el aprendizaje no se relaciona con el contexto, lo que provoca que los estudiantes tengan dificultades al momento de aplicar sus conocimientos en el mundo real. En la clase expuesta por el profesor se realizan algunos problemas, paso a paso como si se tratara de una receta, sin que los estudiantes se ocupen de analizarlo y comprenderlo para buscar

soluciones; de esta forma, solo se memorizan los pasos y los conceptos sin entender la importancia de los mismos (Uden & Beaumont, 2006).

Por otra parte, en el ABP el aprendizaje surge de un proceso cognitivo, primero se presenta un problema que sirve como estímulo para el estudiante, posteriormente se identifican las necesidades, se busca la información necesaria para solucionar el problema y finalmente se regresa al inicio para plantear las alternativas de solución y seleccionar la más viable (figura 7); esto último se hace a través de trabajo colaborativo, en el que se comparten conocimientos entre los compañeros de equipo, lo que hace del estudiante un ser activo en la construcción de su conocimiento, habilidades y valores (Uden & Beaumont, 2006).



*Figura 7. Secuencia del aprendizaje a través del ABP.
Elaboración propia con información de ITESM (2000)*

La experiencia de trabajo en pequeños grupos orientado a la solución de un problema es una de las características distintivas del ABP. En estas actividades grupales los alumnos toman responsabilidades y acciones que son básicas en su proceso formativo.

2.3 Características del ABP

En el ABP es necesario diseñar actividades que aumenten la motivación y que integren los conceptos teóricos con el contexto donde el estudiante trabaja en colaboración con sus compañeros de equipo, de tal forma que se incremente la habilidad para resolver problemas y que el conocimiento construido sea perdurable; en este sentido, el proyecto a desarrollar debe cumplir ciertas características como las que se presentan a continuación (Duch citado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2012):

- El diseño debe ser tal que propicie el interés de los alumnos, para que estos se motiven a realizar la búsqueda de información con el propósito de lograr su aprendizaje.
- Debe estar enfocado a la temática del curso y con los objetivos que se buscan alcanzar en el mismo, el análisis debe partir de una situación de la vida diaria para que los alumnos encuentren mayor sentido en el trabajo que realizan.
- Debe permitir al estudiante realizar toma de decisiones por medio de una justificación lógica, basándose en hechos e información fundamentada. Los estudiantes deben seleccionar su información en función de su importancia, además de definir los pasos a seguir para obtener una solución satisfactoria.
- Debe existir cooperación de los integrantes del equipo de trabajo, de esta forma, el problema debe ser realizado entre todos los integrantes por medio de una adecuada planificación de actividades y tiempos.
- Las preguntas iniciales que propone el docente para abrir el tema del proyecto deben generar el interés de los estudiantes en el tema.
- Los conocimientos previos de los estudiantes tienen que relacionarse con los nuevos conceptos que desarrollarán a través de la implementación del proyecto; en algunos casos también podrán enlazarse con temas de otros cursos o disciplinas.

2.3.1 Objetivos del ABP

Dado que a través del ABP se pretende lograr cambios significativos en los estudiantes, el inicio debe ser un proyecto que motive a los alumnos, el objetivo no sólo se enfoca en la resolución de un problema, sino en que este sea el eje para cubrir los objetivos de aprendizaje de una asignatura o curso (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo, 2012), también busca un desarrollo integral en los estudiantes que conjuga la adquisición de conocimientos propios de la especialidad de estudio, además de habilidades, actitudes y valores.

De acuerdo con Uden & Beaumont (2006), en el ABP se requiere obtener la integración de los conocimientos y las habilidades a través de módulos multidisciplinarios, para que los estudiantes aprendan a trabajar y coordinarse en equipo, desarrollar solución de problemas para mejorar la comprensión y retención de conceptos aprendidos, así como del pensamiento crítico; con esta metodología, los estudiantes también desarrollan habilidades metacognitivas que les permiten saber si su solución es adecuada, con lo que logran autorregular su aprendizaje. Los objetivos que proponen estos autores son los siguientes:

- Desarrollo del pensamiento o razonamiento de las habilidades de los estudiantes.
- Desarrollar habilidad para aprendizaje independiente y autodirigido.
- Involucrar a un desafío con iniciativa y entusiasmo
- Desarrollar capacidad para razonar con precisión, de manera efectiva y creativamente desde una base de conocimiento integrada, utilizable y flexible.
- Ser capaz de hacer frente a sus propias deficiencias percibidas en los conocimientos y habilidades.
- Colaborar eficazmente como miembro del equipo
- Monitorear y evaluar su propio aprendizaje para lograr el resultado deseado.
- Desarrollar habilidades para identificar un problema y diseñar una solución adecuada para ello.

- Desarrollar la capacidad de identificar los temas que requieren mayor discusión y autoestudio en el contexto de un problema y cultivar las habilidades necesarias para convertirse en un aprendiz autodirigido.
- Reconocer, desarrollar y mantener las características y actitudes personales necesarias para una carrera como un profesional de la ingeniería, incluyendo: El conocimiento de los bienes personales, las limitaciones y las reacciones emocionales; responsabilidad y confiabilidad; la capacidad de relacionarse y mostrar preocupación por otros individuos; una capacidad de evaluar el progreso personal, la de otros miembros del grupo, y el proceso propio grupo.

Puede observarse que estos objetivos están enfocados en las actividades que desarrollará el estudiante para la construcción de su conocimiento mediante el trabajo colaborativo y la solución de un problema del contexto en el cual también realice una evaluación crítica sobre sus propias habilidades y la adquisición de nuevos conocimientos con fines de mejora continua.

2.3.2 Fases de un proyecto ABP de acuerdo con el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y el Fondo Social Europeo

En una metodología ABP, se elabora un producto final, por lo que se deben definir las fases que darán orden y guiarán en el desarrollo de las actividades de los estudiantes y docente para el logro de este objetivo. En el informe presentado por el Ministerio de Educación Cultura y Deporte y el Fondo Social Europeo (2012), se identifican cinco momentos importantes o fases durante la implementación del ABP (figura 8):

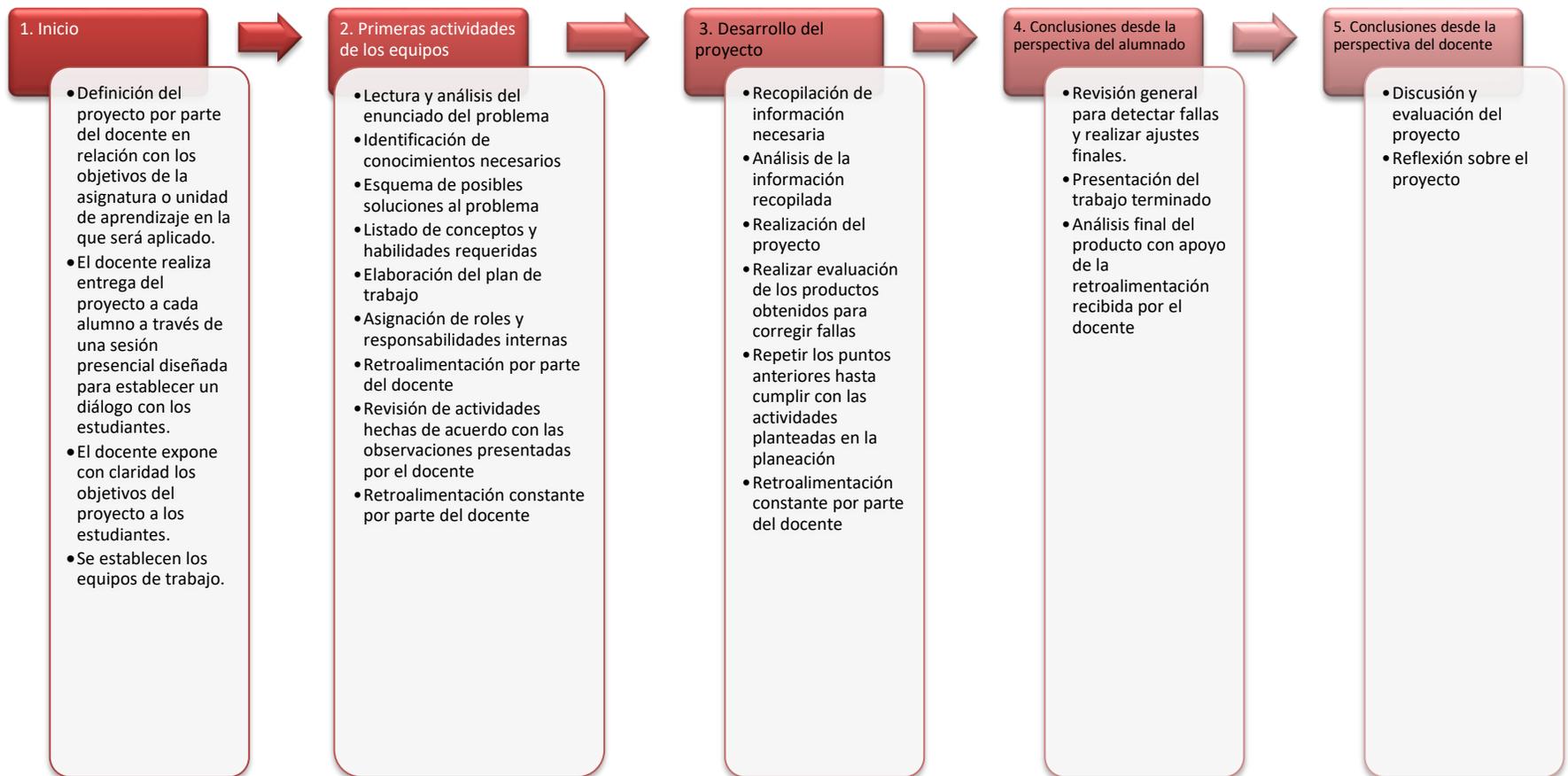


Figura 8. Fases del ABP.

Elaboración propia con información de Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo (2012).

Fase 1. Inicio

Dentro de esta fase, se realiza la definición del proyecto que será desarrollado por los estudiantes; el docente debe establecer cuál es el problema que se resolverá, así como los puntos relevantes del mismo, resaltando los objetivos que este desea alcanzar con la implementación de dicha metodología. Es necesario diseñar el material que será presentado a los alumnos de tal forma que estos entiendan el contenido, las actividades que deben realizar para llegar al producto final, así como los puntos que se tomarán en cuenta para su evaluación, cabe mencionar que el diseño puede ser elaborado por un grupo de docentes que se relacionen con la temática del proyecto (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo, 2012).

Al terminar esta fase ya se debe tener la integración de los equipos y entre ellos ya se habrá realizado la primera reunión para determinar la frecuencia y el sitio de las reuniones; por su parte el docente define los recursos con los que contarán los estudiantes para la realización del proyecto y los dará a conocer para que puedan hacer uso o acceder a ellos con mayor facilidad.

Fase 2. Primeras actividades de los equipos

En esta fase los estudiantes analizan colaborativamente el enunciado del problema planteado para el proyecto, con la finalidad de obtener diferentes ideas de parte de los integrantes para llegar a la solución más viable y elaborar el plan de trabajo que como equipo definirán para el desarrollo del mismo. Al terminar esta fase, el estudiante tiene conocimiento del proceso que seguirán para desarrollar el proyecto, pues ya debe tener un planteamiento con la vía de solución elegida y un plan de trabajo especificando las tareas de los integrantes del equipo y las fechas de las mismas; el docente realiza retroalimentación de las actividades elaboradas por los equipos (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo, 2012).

Fase 3. Desarrollo del proyecto

Cada equipo de trabajo desarrolla las actividades de acuerdo con el plan diseñado en la fase anterior, con la finalidad de concluir todos los objetivos que se plantearon en el mismo. El resultado de esta fase será el producto del proyecto, mismo que será

presentado frente al grupo de clase. En esta fase, el docente debe realizar una evaluación continua de los avances de cada equipo, así como una adecuada retroalimentación, para poderlos conducir hacia el logro del o los objetivos del proyecto que realizan, de esta forma los estudiantes podrán tener apoyo constante por parte del docente (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo, 2012).

Fase 4. Conclusiones desde la perspectiva del alumnado

En esta fase, se realiza la presentación y entrega del proyecto al docente. El equipo de estudiantes debe ser crítico y descubrir los puntos fuertes y débiles del proyecto realizado, así como los logros que obtuvieron, a través de una exposición del producto final (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo, 2012).

Fase 5. Conclusiones desde la perspectiva del docente.

El cierre del proyecto consiste en la evaluación que realiza el docente y la reflexión hecha por los equipos; esta evaluación se lleva a cabo directamente con cada equipo de trabajo analizando todo el proceso que se siguió para llegar a la solución. Es el momento de realizar la evaluación final en la cual se integren los datos empleados durante toda la realización del proyecto (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo, 2012).

De las cinco fases expuestas, se puede identificar las siguientes actividades de aprendizaje por parte del alumno (Ministerio de Educación Cultura y Deporte y el Fondo Social Europeo, 2012):

- Análisis del problema y planificación

Una vez que se presenta el proyecto a resolver, el estudiante debe analizar la posible solución y realizar el plan de trabajo que incluya un mapa conceptual, el reparto de tareas y una aproximación al resultado, en la planificación se debe incorporar una fase de análisis.

- Actividades de investigación y consulta

Después de plantear el proyecto a los estudiantes, estos deben realizar búsqueda de información en diferentes fuentes para su análisis y selección, con la finalidad de

presentar un informe para compartir con el grupo; es necesario recalcar que este informe debe ser revisado por el docente para poder corregir posibles errores de búsqueda bibliográfica.

- Tareas o actividades de evaluación

Durante la presentación donde se evalúa el proyecto final, se analiza si el equipo de trabajo cumplió con los objetivos y metas que se plantearon; sin embargo, en el ABP es necesaria una evaluación continua durante todo el desarrollo del mismo.

- Tareas o actividades de construcción

El equipo de trabajo debe desarrollar una propuesta de solución acorde con los criterios que se hayan definido por el docente, para después analizar las actividades que los ayudarán a llegar a la solución, por lo que es necesario el diseño de una planeación donde se conjunte todo lo anterior, indicando tiempos y metas a lograr durante todo el desarrollo del proyecto.

El docente debe especificar los criterios de entrega para cada una de las actividades, pues esto ayudará al equipo de trabajo en el desarrollo de las mismas. De esta forma, ellos sabrán que es lo que se requiere y el nivel de profundidad con la que deben integrar cada una.

2.3.3 Rol del docente

En una metodología ABP se debe tener presente cual es el rol que tendrá cada actor, pues esto apoyará a desarrollar de manera adecuada el proyecto. El docente juega un papel muy importante, debe realizar actividades diferentes a las que se realizaría en una práctica docente tradicional, pues deja de ser el emisor de información para pasar a ser un guía o tutor. Más aún, en el ABP el docente es un coaprendiz que debe mantenerse con la mente abierta ante las ideas de sus alumnos (Uden & Beaumont, 2006).

El docente debe conocer y entender cada fase del ABP, debe ser consciente de las capacidades de sus estudiantes, por lo que el proyecto a desarrollar debe estar dentro de los alcances de ellos, también le brindará apoyo cuando lo requiera, con la finalidad

de orientar a los alumnos en el proceso (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo, 2012). Al utilizar esta metodología debe proporcionar un mayor tiempo del que se requiere en una convencional, pues al ser guía y facilitador del aprendizaje, al diseñar cada actividad, se debe realizar un análisis cuidadoso de que es lo que se va a lograr, lo que requiere de un mayor tiempo para su elaboración y puesta en marcha.

Uden & Beaumont (2006) identifican algunas de las habilidades que debe tener el docente cuando utiliza el ABP

- Proporcionar un ambiente donde exista integración de conocimiento y habilidades desde diferentes disciplinas.
- Proporcionar a los estudiantes un ambiente para trabajar eficazmente en equipo.
- Diseñar proyectos basados en el contexto que promuevan interés y motivación en los estudiantes.
- Ayudar a los estudiantes a desarrollar resolución de problemas reales, pensamiento crítico, capacidad metacognitiva, diseño y elaboración del proyecto o producto final.

2.3.4 Rol del estudiante

Uden & Beaumont (2006) indican que en una metodología ABP el alumno es un agente activo, responsable de su propio aprendizaje; al trabajar en equipo, debe compartir sus conocimientos con los demás y mantener una relación de trabajo basada en valores, pues en el desarrollo deberán trabajar conjuntamente en analizar, plantear soluciones, organizar y planificar sus actividades, aplicar para llegar a la solución, así como autoevaluarse. También señalan que los estudiantes no sólo tienen que concentrarse en el aprendizaje de los conocimientos y habilidades para realizar el proyecto, también tienen que desarrollar la solución de problemas y de habilidades para aprender a aprender.

Algunas de las conductas y responsabilidades que se requiere para que los estudiantes apliquen con éxito el ABP, son (Uden & Beaumont, 2006, p. 89):

- Cambio de mentalidad
- Compromiso
- Aprendizaje de la información
- Hacer visible el pensamiento
- Alfabetización informacional
- Trabajo en equipo
- Habilidades: interpersonales, de liderazgo, de aprendizaje, metacognitivas y de reflexión.

2.4 Relación del enfoque por competencias con el Aprendizaje Basado en Proyectos

Actualmente en la educación, el docente requiere de otras estrategias de enseñanza-aprendizaje orientadas al desarrollo de habilidades para analizar, aumentar la comprensión, el razonamiento, los valores y la ética del estudiante; Torres (2010), propone las siguientes metodologías para la enseñanza:

- Investigación dirigida
- Aprendizaje por descubrimiento
- Aprendizaje por indagación

Estas metodologías buscan que el estudiante genere su conocimiento a través de la resolución de problemas en contexto, en los que pueda aplicar sus conocimientos para dar solución a los problemas, dejando a un lado la memorización y la aprobación de exámenes teóricos. En ellas también es importante considerar las Tecnologías de la Información y Comunicación en la enseñanza, como una herramienta para facilitar el acceso a la educación a un mayor número de personas.

Así mismo, en un enfoque por competencias, se puede obtener una respuesta positiva ante la aplicación de actividades que incluyan situaciones reales que pongan en juego saberes declarativos (habilidades cognitivas), procedimentales (habilidades técnicas)

y actitudinales (atributos interpersonales) de los estudiantes (Díaz-Barriga & Hernández, 2010), lo cual de acuerdo con Díaz-Barriga & Hernández (2010), hacen más complejo el desarrollo de competencias en los estudiantes, pues se requiere de estrategias o actividades que integren estas habilidades; en consecuencia, dentro de las actividades que contemplan estos autores, se encuentran la resolución de problemas o casos y la elaboración de proyectos, donde esta última “requiere de múltiples saberes declarativos, procedimentales y actitudinales” (Díaz-Barriga & Hernández, 2010, p. 372).

De acuerdo con Pimienta (2012), las cinco metodologías principales que ponen en juego habilidades, capacidades, conocimientos y actitudes lo cual permite el desarrollo de competencias por ser integradoras son: Aprendizaje Basado en Proyectos, Aprendizaje Basado en Problemas, Estudios de caso, Aprendizaje *in situ* y aprendizaje cooperativo; de donde el ABP lo define como una “metodología integradora que plantea la inmersión del estudiante en una situación problemática real, la cual requiere solución o comprobación” (Pimienta, 2012, p.36).

En el proyecto Tuning se proponen cuatro metodologías de enseñanza para el desarrollo de competencias específicas para el área temática de Ingeniería, entre los cuales se encuentra el desarrollo de proyectos guiados, siendo esta metodología la que utilizan como ejemplo de enseñanza y evaluación, considerando el análisis de viabilidad y evaluación continua para presentar el proyecto final en forma oral y escrita (Tuning A. , 2007).

En relación con lo expuesto en los párrafos anteriores, se puede analizar que el desarrollo de competencias se logra por medio de actividades que se relacionen con el contexto del alumno, donde este último sea un ente activo de su aprendizaje e integre habilidades cognitivas, técnicas, y atributos interpersonales; en este sentido y de acuerdo con los puntos 2.2 y 2.3, el ABP es una metodología en la cual el estudiante debe resolver e implementar la solución a un problema del contexto mediante actividades que le permitan integrar conocimientos y habilidades mediante el trabajo colaborativo, lo cual la hace apta para el desarrollo de competencias.



Figura 9. Relación del enfoque por competencias con la metodología ABP.

Elaboración propia

Es importante señalar que las actividades diseñadas para favorecer el desarrollo de competencias por medio de la metodología de ABP, no sólo inciden en una competencia, pues el estudiante va generando experiencia en otras competencias que también son de importancia, como es el caso de la toma de decisiones, que se requiere a lo largo de la vida y que es fundamental para vivir en sociedad. Si bien esta competencia no está nombrada dentro de las competencias profesionales a desarrollar en esta investigación, es de gran importancia para la misma, pues en cada momento del proyecto estuvo presente.

2.4.1 Toma de decisiones

En la vida diaria nos vemos en la necesidad de tomar decisiones respecto a diversas situaciones o actividades, una vez realizado, se pone en juego el camino optado, pues en algunas situaciones puede que la decisión que hayamos tomado no nos lleve a la respuesta que queríamos. Es por esto por lo que a través de nuestro desarrollo vamos aprendiendo a analizar que opciones son mejores que otras, lo que a su vez fortalece nuestra formación como ciudadanos o profesionales.

Lo anterior lleva a la pregunta ¿por qué es importante una decisión?, una posible respuesta es porque en la toma de decisiones se hace uso de los conocimientos que

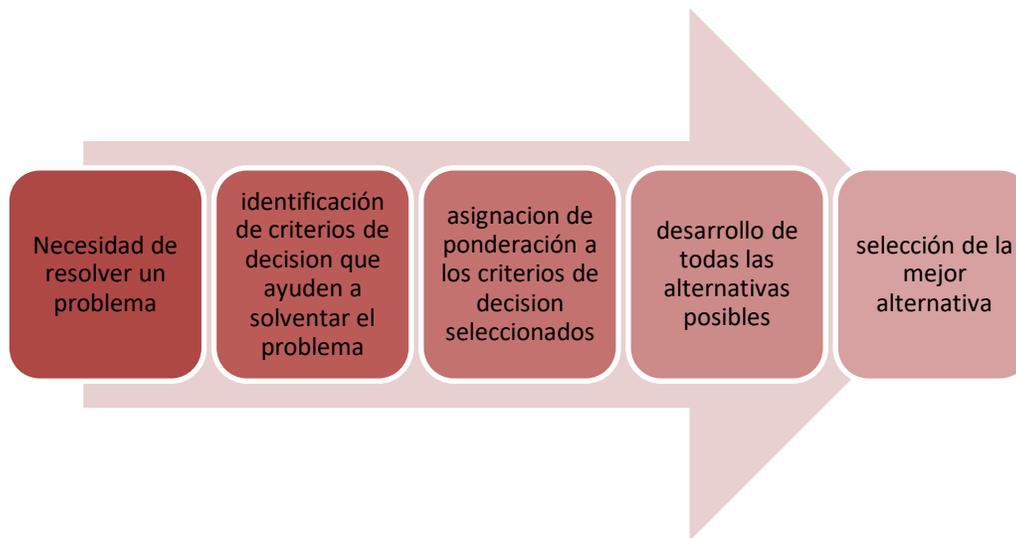
se tienen respecto a un asunto, pues se trata de predecir la situación, ya que se opta por el camino que se cree que es el ideal de acuerdo con la experiencia. Curzio (1998) indica que una decisión “es la combinación de las facultades analíticas de observación, conocimiento e intuición de los seres humanos” (p.15).

La toma de decisiones es algo que un profesional realizará constantemente dentro de su área de trabajo, en ocasiones llegará a ser una de las actividades más importantes que realizará, pues de esta dependerá el futuro o dirección de algún problema, proyecto o inversión. Es aquí donde ésta toma una mayor importancia, pues se sabe que una mala decisión puede traer complejidades que en ocasiones solo afectarán una pequeña parte de la organización laboral, pero en otras puede llegar a repercutir considerablemente hasta en la sociedad; más aún, se puede decir que en la toma de decisiones también se pone en juego la ética del profesional.

De acuerdo con Ramón Betancur (citado en Umanzor, 2011), la toma de decisiones implica correr un riesgo:

Tomar una decisión siempre comienza por elegir entre decidir o no decidir. Al decidir, estamos asumiendo el compromiso con los resultados que se requieren alcanzar, mientras que al no decidir demostramos estar interesados en que las cosas sucedan, pero sin hacer nada para lograr los resultados deseados. Lo que nos lleva a una u otra cosa son nuestros modelos mentales y es por ello que debemos analizar los procesos de toma de decisiones a partir de estos. Normalmente se decide para alcanzar el éxito y se eluden las decisiones cuando se desea evitar el fracaso. (p.16)

Para Umanzor (2011), en la toma de decisiones se sigue un proceso que inicia con la necesidad de resolver un problema y termina con la selección de la alternativa más apropiada (figura 10):



*Figura 10. Proceso a seguir en la toma de decisiones.
Elaboración propia con información de Umanzor (2011).*

- Necesidad de resolver un problema: inicialmente se debe reconocer la necesidad de tomar una decisión, lo cual se presentará cuando se requiera resolver algún problema.
- Identificación de criterios de decisión: posteriormente al reconocimiento de la existencia de un problema, se encuentra la identificación de los criterios a tomar para resolverlo, de lo cual dependerán las características deseadas de la solución que requiera la persona.
- Asignación de ponderación a los criterios: una vez identificados los criterios, es sumamente importante asignar pesos a cada uno de acuerdo con lo que se considere como más viable basado en la experiencia y conocimientos.
- Desarrollar las alternativas: se requiere analizar cada una de las posibles soluciones con la finalidad de realizar una evaluación de acuerdo con la ponderación establecida tomando en cuenta las ventajas y desventajas que se originen en cada una.
- Selección de la mejor alternativa: después de haber realizado un análisis objetivo, crítico y lógico, se podrá llegar a la selección de la alternativa más adecuada, cuidando que se logre el objetivo final, el cual es llegar a la solución.

Núñez (citada en Umanzor, 2011) afirma que las condiciones en las que se toman decisiones son: certidumbre, riesgo e incertidumbre. Umanzor (2011) se refiere a la certidumbre como la condición donde los individuos son plenamente informados sobre un problema, las soluciones alternativas son obvias, y son claros los posibles resultados de cada decisión. El riesgo es la condición en la que los individuos pueden definir un problema, especificar la probabilidad de ciertos hechos, identificar soluciones alternativas y enunciar la probabilidad de que cada solución dé los resultados deseados. La incertidumbre es la condición en que un individuo no dispone de la información necesaria para asignar probabilidades a los resultados de las soluciones alternativas.

El análisis realizado en este capítulo es de gran importancia para el soporte teórico de las actividades que deben ser diseñadas por parte del docente, pues ahora ya se tiene conocimiento de las características de la metodología del ABP, el objetivo que se persigue al implementar esta metodología en el aula, así como las fases a seguir para alcanzar dicho objetivo, el docente tiene conocimiento de su rol durante el desarrollo del proyecto por parte de los estudiantes lo que le permitirá guiar a sus estudiantes hacia el logro del mismo. Aunado a lo anterior, en el siguiente capítulo se presenta el análisis y diseño de la metodología de investigación.

Capítulo 3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se describe la metodología utilizada para la realización de la investigación, así como cada una de las fases que se implementaron con la población que participó en el estudio. Se establece una relación entre el diseño del proyecto propuesto para el ABP con los objetivos de la asignatura Electrónica Digital, las competencias profesionales del ingeniero mecánico y las competencias docente para implementar el ABP. Se identifican los conocimientos previos que deben tener los estudiantes para desarrollar el proyecto y se diseñan los instrumentos para determinar el nivel de dominio de cada competencia profesional en dos dimensiones: elementos cognitivos y, habilidades técnicas y atributos interpersonales, las cuales son el foco de análisis de la investigación.

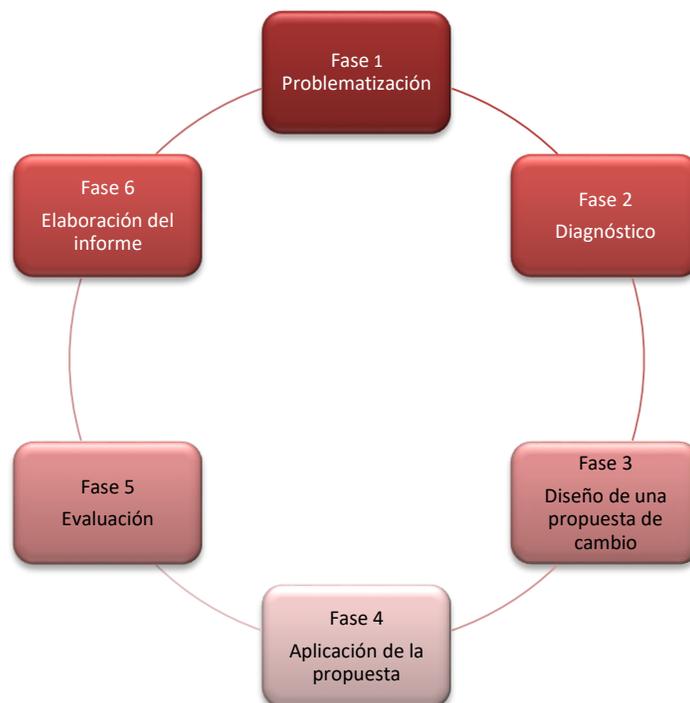
3.1 Tipo de Investigación

Con el propósito de favorecer en los estudiantes el desarrollo de competencias profesionales que son necesarias para su desempeño profesional, se requiere explorar metodologías de aprendizaje diferentes a los convencionales, y determinar los efectos positivos o negativos que tengan en la formación del estudiante, lo anterior justifica el uso de un enfoque cualitativo de investigación (Bautista, 2011). A diferencia de los enfoques cuantitativos que generalizan de manera probabilística los resultados, en la presente investigación se orienta a los aspectos cualitativos que se observan en los estudiantes durante el desarrollo del proyecto. De acuerdo con Escalante (2015), el enfoque cualitativo es un:

conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo “visible”, lo transforman y convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones, grabaciones y documentos. Es naturalista e interpretativo, pues intenta encontrar sentido a los fenómenos en función de los significados que las personas les otorguen.
(p.37)

Durante la investigación, fue necesaria una constante comunicación entre el investigador y los sujetos de estudio, al respecto Bautista (2011) señala que las estrategias del enfoque cualitativo promueven la interacción entre los sujetos de tal manera que el investigador es parte del proceso de manera ética y responsable para que no ocurra un sesgo en los datos y la información obtenida. Se eligió realizar una Investigación-Acción-Participativa (en adelante IAP), ya que en ella el investigador también es parte de la investigación, lo que favorece el compromiso entre ambas partes, esto de acuerdo con Bautista (2011) “se constituye en una de las principales alternativas de investigación en grupos” (p. 97).

El proceso de la IAP es continuo, tiene como principal actividad la reflexión-acción-reflexión; las fases que conforman el proceso de acuerdo con la propuesta de Rafael Bisquera (citado en Bautista, 2011) son: “problematización, diagnóstico, diseño de una propuesta de cambio, aplicación de la propuesta, evaluación y elaboración del informe” (p.103); al término de la IAP se puede dar lugar a una nueva problematización lo cual reinicia el proceso (Bautista, 2011).



*Figura 11. Fases de la IAP de acuerdo con Rafael Bisquera.
Elaboración propia con información de Bautista (2011).*

En este sentido, cada una de las fases que se presentan en una investigación IAP se llevaron a cabo de la siguiente manera: en la primera fase se realizó el análisis de la situación problemática con la finalidad de tener una idea clara del problema, para posteriormente realizar el planteamiento del mismo, de las preguntas de investigación y de los objetivos considerando el contexto, esto corresponde al protocolo de investigación que se incluye en la introducción de la presente investigación.

En la segunda fase, se hizo la búsqueda, análisis y selección de información para fundamentar la investigación, se revisaron diferentes publicaciones sobre el ABP y las competencias profesionales. Este análisis dio origen a los capítulos I y II del presente documento, así como al diseño de la propuesta. En la tercera fase, se diseñó la propuesta de solución al problema del proyecto que realizaron los estudiantes, para esto se tomó en cuenta el objetivo de la asignatura Electrónica Digital, el perfil de egreso del Ingeniero Mecánico y el contexto del estudiante.

Después de llevar a cabo las fases anteriores, se contó con la información necesaria para proceder a la cuarta fase que corresponde a la implementación de la propuesta de cambio, en la que se presentó el proyecto a los estudiantes y se desarrollaron las actividades que lo conforman, para obtener datos significativos para el análisis. En la quinta fase se realizó la evaluación, y se enlazó con una retroalimentación constante entre alumno e investigador (que en esta investigación es el docente).

Al finalizar estas cinco etapas se realizó el análisis de la información y las conclusiones que permitieron la redacción final de la tesis.

3.2 Diseño de la Investigación

La investigación se desarrolló en cuatro fases las cuales son: análisis de la asignatura, diseño del proyecto por parte del docente, implementación del proyecto, análisis de datos y resultados, estas etapas se muestran en la Figura 12.

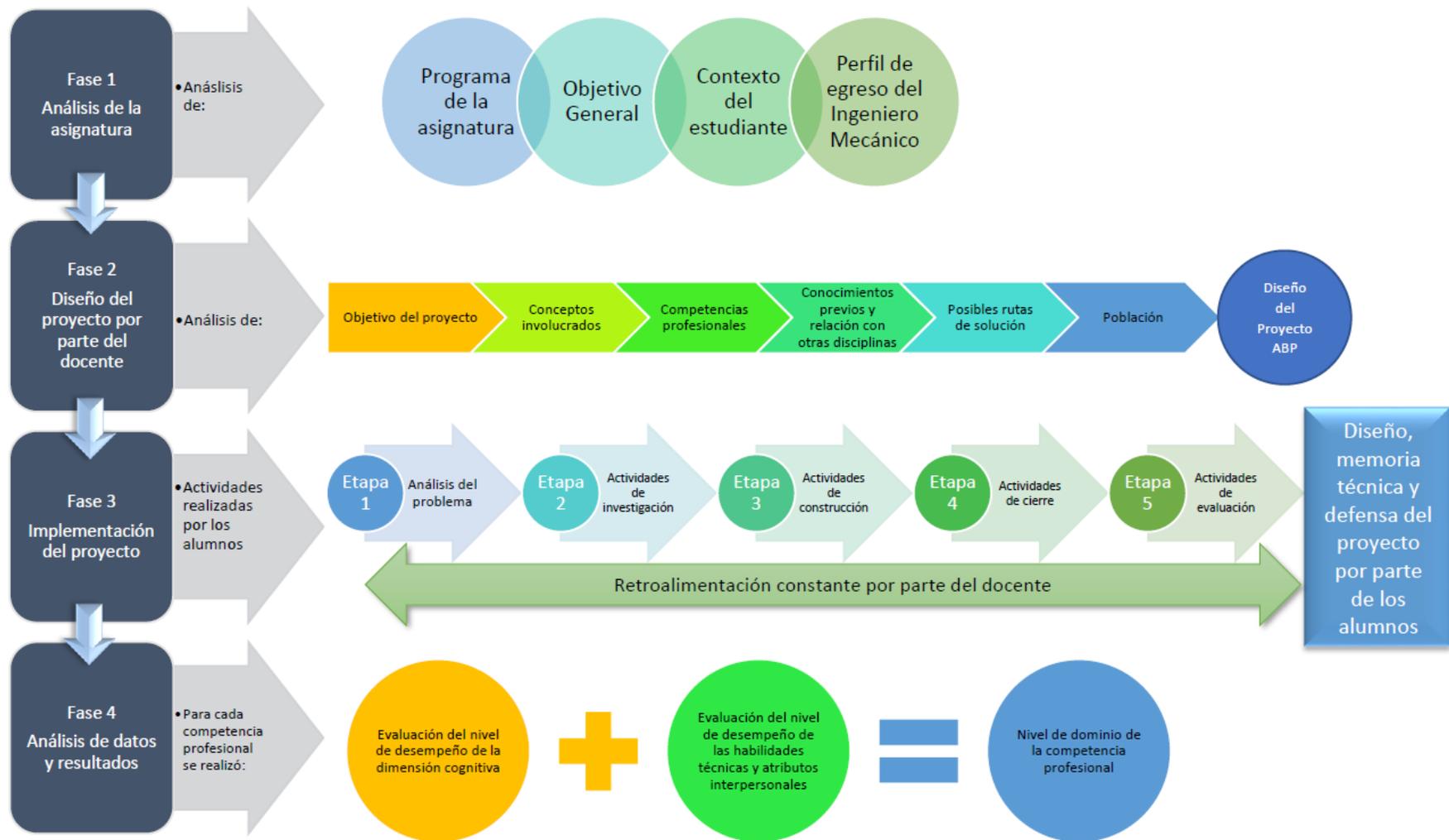


Figura 12. Fases del diseño de la investigación.
Elaboración propia

3.2.1 Fase 1. Análisis de la Asignatura

En la primera fase, el docente realizó el análisis del programa de la asignatura Electrónica Digital Aplicada, consideró como principales puntos: el objetivo general de la misma, el contexto del estudiante y el perfil de egreso del Ingeniero Mecánico.

3.2.1.1 Relación del proyecto desarrollado con los Objetivos del Curso

El curso de Electrónica Digital Aplicada es del tipo teórico-práctico, impartida en el sexto semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica con modalidad escolarizada de la ESIME Unidad Profesional Azcapotzalco, cubre 9 créditos con un total de 108 horas por semestre, de las cuales 54 pertenecen a clase teórica y 54 a prácticas de laboratorio. El curso está conformado por 6 unidades que se muestran en la siguiente figura (Anexo1):



*Figura 13. Contenido sintético de Electrónica Digital Aplicada.
Elaboración propia con información de IPN (2004)*

El diseño de la asignatura se presenta de tal forma que el estudiante vaya adquiriendo los conocimientos requeridos para su alcanzar el perfil de egreso esperado, se inicia con circuitos de control básico como las compuertas lógicas, después se realiza la implementación a través del análisis de procesos industriales donde se necesita el control de motores de CD, CA y de uso específico como los motores a pasos, posteriormente se realiza el diseño de control lógico a través de dispositivos más complejos como los PLC y microcontroladores.

El objetivo general de la Asignatura de Electrónica Digital Aplicada es:



*Figura 14. Objetivo de la asignatura de Electrónica Digital Aplicada.
Elaboración propia con información de IPN (2004).*

De acuerdo con el objetivo de la asignatura, se espera que, al finalizar el curso, el estudiante sea capaz de diseñar circuitos de control de cargas inductivas, en este caso motores, y que además estos circuitos de control se relacionen con su contexto. Así mismo, se hizo un análisis de las unidades de aprendizaje que se requirieron para el desarrollo del proyecto, estas unidades con sus respectivos objetivos se presentan en la figura 15:

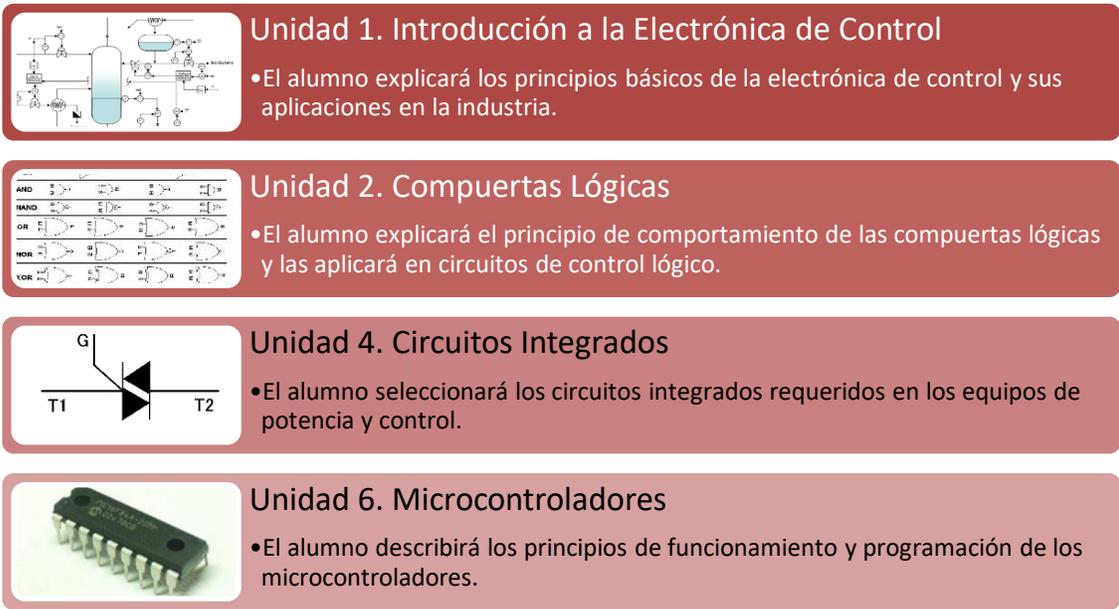


Figura 15. Unidades de aprendizaje usadas en la investigación.
Elaboración propia con información de IPN (2004).

La metodología propuesta en el temario incluye los siguientes puntos (Instituto Politécnico Nacional, 2004):

- Investigación bibliográfica referente al tema.
- Búsqueda y revisión de las páginas web referidas al tema.
- Exposición y discusión del tema por equipos coordinados por el profesor
- Elaboración de material a utilizar en las exposiciones por equipo
- Construcción de prototipos de circuitos
- Simulación de circuitos electrónicos en computadora
- Realización de prácticas en laboratorio con circuitos de control de equipo eléctrico.

(p.1)

De acuerdo con la metodología que presenta el temario de la asignatura, se diseñaron las actividades que desarrollaron los estudiantes para la elaboración de su proyecto; estas se explican en apartado 3.2.2, el cual corresponde a las fases de la implementación del proyecto.

3.2.2 Fase 2. Diseño del Proyecto por parte del docente

El proyecto se diseñó de acuerdo con las características del ABP que se presentaron en el apartado 2.3 de esta investigación, así como en relación con el problema de aplicación para sistemas industriales propuesto por Floyd (2006), este último se consideró apropiado tanto para esta investigación como para el análisis y solución a través de un proyecto que favorezca las dimensiones de las competencias profesionales del Ingeniero Mecánico, pues en el se requiere diseñar un sistema electrónico que controle cargas inductivas de acuerdo con las señales emitidas por sensores de entrada, lo que lo permite al estudiante aplicar sus conocimientos para dar solución a un problema de su contexto.

3.2.2.1 Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto a realizar fue analizar y desarrollar la lógica de control de un sistema digital para controlar el flujo y la temperatura de un líquido en un tanque de almacenamiento industrial, haciendo uso de circuitos integrados a través del diseño e implementación de una placa de circuito impreso (PCB).

En este sentido, se cumplió con el objetivo de la asignatura, pues en el proyecto se desarrolló una aplicación de la lógica de control donde el equipo de trabajo diseñó un sistema digital para el control del flujo y del nivel adecuado de un líquido (agua) dentro de un tanque a través de sensores de nivel y válvulas de entrada y salida; el líquido tenía que mantenerse dentro de un rango de temperatura, por lo que se necesitó de un sistema de calefacción que se activaba cuando un sensor de temperatura detectaba que el líquido estaba abajo del rango especificado, además de contar con otro sensor de temperatura que determinaba cuando el líquido se encontraba más caliente de lo requerido y de esta forma se desactivaba el sistema de calefacción.

En esta aplicación, las salidas de la lógica de control del sistema se encargaron de controlar la entrada y salida de fluido y, la temperatura del líquido. En el caso de la entrada y salida del líquido, este se realizaba a través de la activación de bombas de agua las cuales están directamente relacionadas con las señales de los sensores de

nivel alto y bajo, que fueron colocados dentro del tanque de almacenamiento de acuerdo con el diseño de cada equipo, de tal forma que cuando el sensor de nivel bajo no detecte líquido, la bomba de salida se desactivaba, pues esto indica que se requiere llenar nuevamente provocando la activación de la bomba de entrada, así mismo, cuando se activaba el sensor de nivel alto, esta última válvula se desactivaba, pues el nivel había llegado a su máximo permisible.

En el caso de la temperatura, las salidas del sistema de control se encargaron de la activación y desactivación del sistema de calefacción a través de las señales de entrada que fueron proporcionadas por dos sensores de temperatura, uno para temperatura baja que realizaba la activación del sistema de calefacción y otro de temperatura alta que se encargaba de desactivar el mismo, provocando que el líquido almacenado en el tanque se mantuviera en un rango de temperatura ideal para poder permitir la salida del mismo a través de la bomba de salida. De esta manera, el fluido no podía salir del tanque hasta que no alcanzara la temperatura ideal.

Los requisitos de operación para la lógica de control que siguieron los estudiantes para el problema de aplicación (Floyd. 2006) son:

La salida de cada sensor estará a nivel ALTO mientras que esté sumergido en el fluido y estará a nivel BAJO cuando no quede sumergido. Cuando la salida del sensor de nivel alto está a nivel BAJO, la lógica de control genera un nivel ALTO y abre la válvula de entrada. Cuando la salida del sensor de nivel alto está a nivel ALTO, la lógica de control genera un nivel BAJO y cierra la válvula de entrada.

Antes de abrir la válvula de salida, el fluido debe encontrarse dentro del rango de temperatura especificado.

Un sensor genera un nivel ALTO cuando el fluido está muy caliente y el otro sensor de temperatura genera un nivel ALTO cuando la temperatura es demasiado baja. La lógica de control genera un nivel ALTO para activar el elemento de calefacción cuando se tiene la indicación de temperatura baja; en caso contrario, el elemento de calefacción está apagado. Cuando aparece la condición de temperatura alta, se activa una alarma.

Cuando el sensor de nivel bajo genera una salida a nivel ALTO (lo que indica que está sumergido) y la salida de los dos sensores de temperatura están a nivel BAJO (lo que indica que el fluido está a la temperatura correcta), la lógica de control abre la válvula de salida. Si la salida del sensor de nivel bajo pasa a nivel BAJO o si las salidas de los sensores de temperatura pasan a nivel ALTO, la lógica de control cierra la válvula de salida. (p. 309)

El sistema incluyó una alarma, la cual se activaba si la temperatura del líquido estaba por encima del valor adecuado y cuando existiera alguna falla en los sensores, por ejemplo, cuando el sensor de nivel alto estaba activo y el de nivel bajo inactivo, o cuando el sensor de temperatura baja y alta estaban activos al mismo tiempo.

El sistema puede observarse en la siguiente figura:

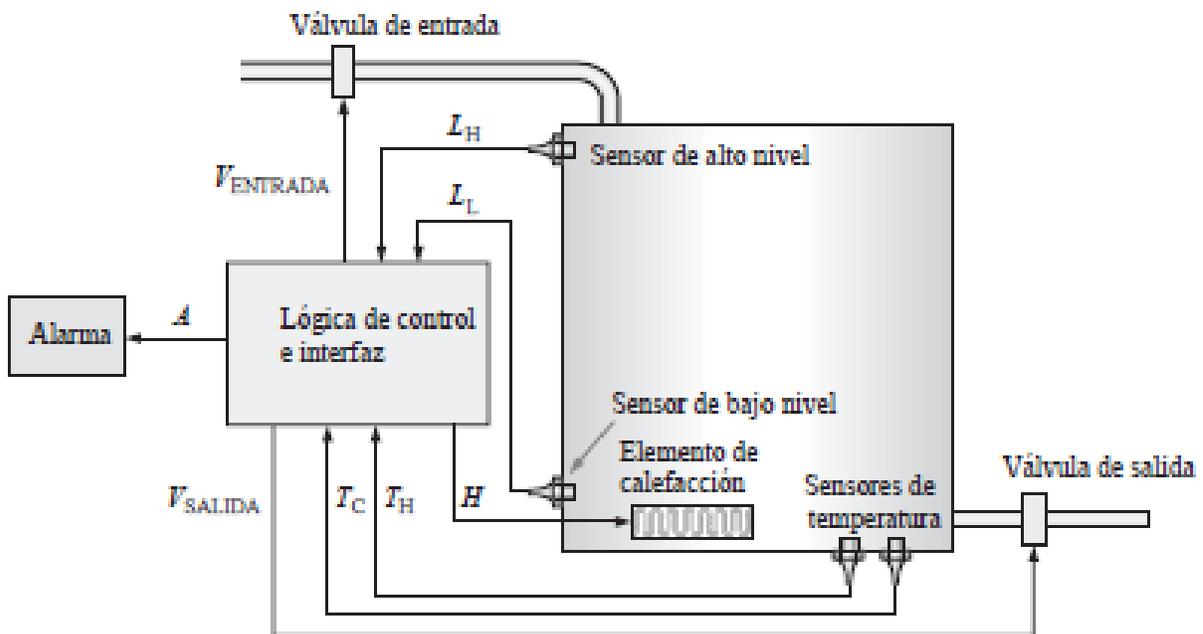


Figura 16. Diagrama esquemático del sistema.
Elaborado por Floyd (2006).

3.2.2.2 Conceptos involucrados

- **Sistema digital:** Un sistema digital se caracteriza por utilizar señales discretas, las cuales toman un número finito de valores en cierto intervalo de tiempo (Assets).

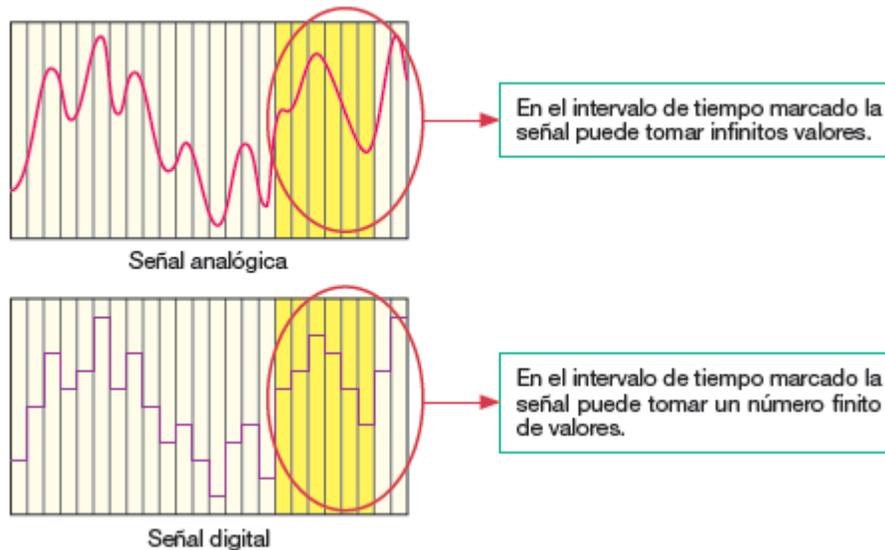
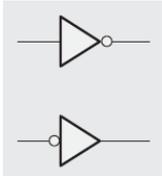
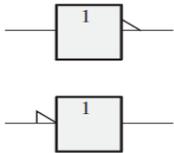
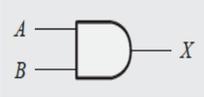
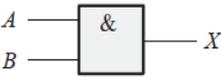
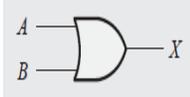
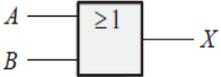
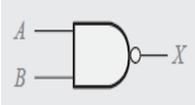
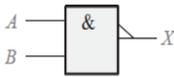
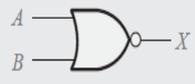
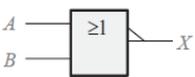
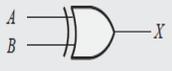
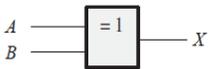
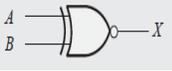


Figura 17. Comparación entre señal analógica y señal digital
Elaborado por Assets (s.f.).

- **Lógica de control:** en electrónica digital solo existen dos estados posibles, que representan niveles de tensión (voltaje) diferentes los cuales son ALTO y BAJO. El sistema de numeración de dos estados es llamado binario representado por dos dígitos: 0 y 1, donde un dígito binario (binary digit) es un bit (Floyd, 2006). Generalmente el 1 representa un nivel de tensión alto y el 0 un nivel de tensión bajo, lo cual se conoce como lógica positiva y será la que se usará para el desarrollo del proyecto.
- **Circuito integrado (CI):** es un circuito electrónico (conformado por transistores, diodos, resistencias y capacitores) monolítico construido sobre un chip de silicio, los cuales pueden ser de lógica fija (por ejemplo, las compuertas lógicas) o lógica programable (por ejemplo, los microcontroladores) (Floyd, 2006).
- **Compuerta lógica:** son circuitos electrónicos capaces de realizar operaciones lógicas básicas como lo es: suma, multiplicación y complementación. cada compuerta tiene un símbolo distintivo y uno estandarizado por la norma ANSI/IEEE 91-1984 que lo caracteriza, así como una expresión lógica y una tabla de verdad en función de sus entradas, los cuales deben ser identificados por el alumno distinguiendo entre el tipo de símbolo y el nombre de la compuerta, las cuales se pueden observar en la tabla 4:

Tabla 4. Características de las compuertas lógicas básicas.

COMPUERTAS LÓGICAS BÁSICAS																			
Nombre	Símbolo distintivo	Símbolo estandarizado	Tabla de verdad	Expresión lógica															
NOT			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	X	0	1	1	0	$X = \bar{A}$									
A	X																		
0	1																		
1	0																		
AND			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	X	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$X = A \cdot B$
A	B	X																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
OR			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	X	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	$X = A + B$
A	B	X																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
NAND			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	X	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$X = \overline{A \cdot B}$
A	B	X																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
NOR			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	X	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	$X = \overline{A + B}$
A	B	X																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	0																	
OR-EX			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	X	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$X = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$
A	B	X																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
NOR-EX			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	X	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$X = \overline{A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B}$
A	B	X																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	

NOTA: Elaboración propia con información de Floyd, T. (2006). Fundamentos de Sistemas Digitales. Madrid, España: PEARSON Educación. Página 309.

- Microcontrolador:** Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes necesarios para controlar el funcionamiento de una tarea determinada (por ejemplo, el control de una lavadora); el uso de estos circuitos reduce significativamente el tamaño y número de componentes, así como las averías y el peso de los equipos. Para el desarrollo de la asignatura de

electrónica Digital Aplicada se usan microcontroladores de la familia PIC (Peripheral Interface Controller), debido a sus buenas características, bajo precio, tamaño pequeño, fiabilidad y comodidad de utilización debido a la cantidad de información disponible de manera gratuita por la compañía que los fabrica la cual es Microchip Technology Inc (Palacios, Remiro, & López, 2009). Nos basaremos específicamente en el microcontrolador PIC16F84A, debido a que es un chip económico con el que se pueden realizar diversas aplicaciones, así como ser uno de los más usados para realización de proyectos educativos. Su simbología y encapsulado se pueden observar en la figura 18.

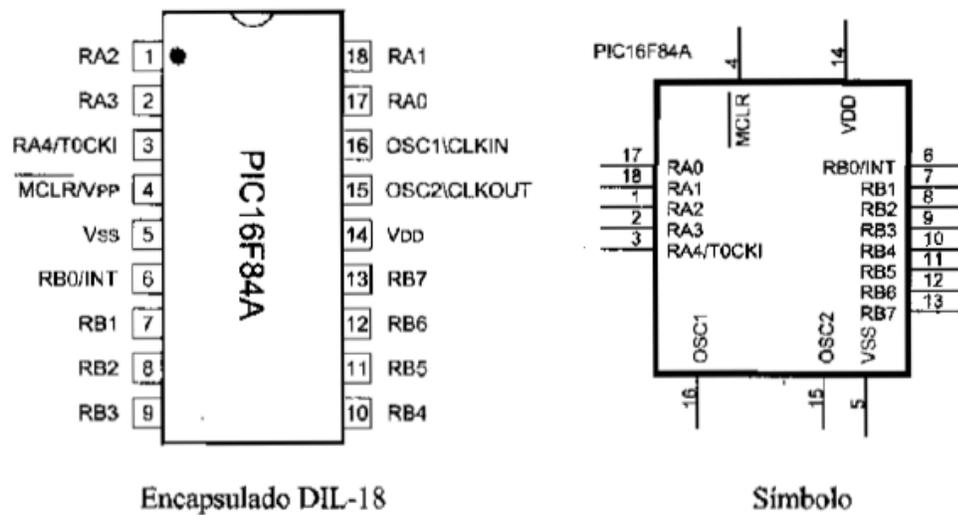
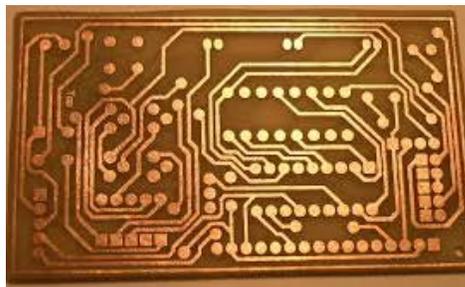


Figura 18. Microcontrolador PIC16F84A.
Elaborado por Palacios, Remiro, & López, (2009).

- Placa de circuito impreso** (PCB por sus siglas en inglés Printed Circuit Board): es una tarjeta o placa utilizada para realizar la colocación de los distintos elementos que conforman el circuito y las interconexiones eléctricas entre ellos. En los últimos años el tamaño de las componentes electrónicas se ha reducido en forma considerable, lo que implica menor separación entre pines para circuitos integrados de alta densidad. Teniendo también en consideración las actuales frecuencias de operación de los dispositivos, es necesaria una muy buena precisión en el proceso de impresión de la placa con la finalidad de garantizar tolerancias mínimas.

Los circuitos impresos más sencillos corresponden a los que contienen caminos de cobre (tracks) solamente por una de las superficies de la placa. A estas placas se les conoce como circuitos impresos de una capa, o en inglés, 1 Layer PCB. Actualmente, los circuitos impresos más comunes son los de 2 capas o 2 Layer PCB. Sin embargo, dependiendo de la complejidad del diseño del físico del circuito (o PCB layout), pueden llegar a fabricarse hasta de 8 o más layers (Cohen, s.f.).

En el diseño del PCB el alumno se apoyó de software para diseño de circuitos que puede ser: Proteus v.8 Professional y PCB wizard.



*Figura 19. PCB de una capa
Elaborado por Electrosoft Ingeniería*

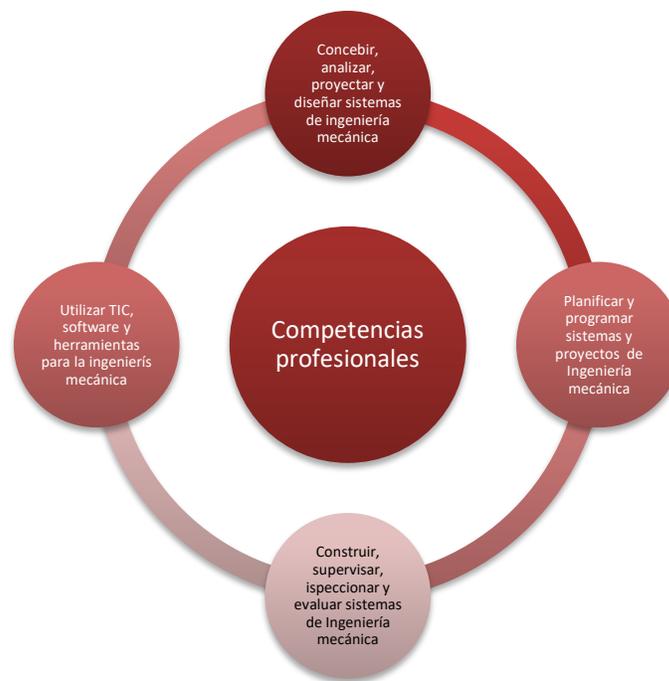
3.2.2.3 Competencias Profesionales

Las competencias profesionales que se ponen en juego durante el desarrollo del proyecto son:

- **Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica:** uno de los principales objetivos de esta investigación, es que el estudiante obtenga la capacidad de análisis de un problema, para poder comprenderlo y a partir de esto buscar posibles soluciones y seleccionar la alternativa más adecuada al mismo; así mismo se requiere que este sea capaz de diseñar el circuito que dará solución al problema propuesto;
- **Planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica:** en esta competencia se pretende desarrollar la capacidad del alumno para

planificar el tiempo y programar las actividades necesarias entre sus compañeros de trabajo para llegar al término del proyecto en tiempo y forma.

- **Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica:** A través del desarrollo del proyecto, el estudiante deberá elaborar el circuito de control, así como el de potencia para implementar el sistema adecuadamente; para ello, deberá realizar la supervisión del avance del de su proyecto, además de evaluar la viabilidad del mismo y de los dispositivos seleccionados.
- **Utilizar tecnologías de la información, software y herramientas para la ingeniería mecánica:** el estudiante hará uso de simuladores digitales para circuitos electrónicos, así como para elaboración de PCB, entre los cuales están: Proteus v.8 Professional y PCB Wizard, además de realizar lógica programable en lenguaje ensamblador para microcontroladores a través del software MPLAB de descarga gratuita a través de la página del fabricante de los microcontroladores, además de hacer buen uso de la paquetería básica de Office.



*Figura 20. Competencias profesionales por desarrollar en el proyecto.
Elaboración propia*

3.2.2.4 Conocimientos Previos y relación con otras disciplinas

Para el desarrollo del proyecto se requirió que el alumno contara con conocimientos previos sobre dispositivos electrónicos de potencia como lo son: sensores de temperatura, sensores de nivel, tiristores (principalmente el TRIAC), transistor de potencia; así como de análisis de circuitos eléctricos de corriente directa (CD) y corriente alterna (CA).

También se requirió de conocimientos sobre máquinas eléctricas ya que se hizo uso de electroválvulas; y, sobre todo, conocimientos de lógica de control ya sea mediante implementación de compuertas lógicas o sobre programación en lenguaje ensamblador de microcontroladores de la familia PIC.

De acuerdo con el temario de la asignatura de Electrónica Digital Aplicada y del análisis realizado con base al proyecto propuesto, el desarrollo del mismo requirió de los conocimientos del curso de Circuitos Eléctricos, Máquinas Eléctricas, Electrónica de Potencia Aplicada, Electricidad y Magnetismo. En forma consecuente apoya a las asignaturas de: Instalaciones Eléctricas, Control y Protección de Motores Eléctricos, Refrigeración, Acondicionamiento de Aire, Plantas de Bombeo, Turbinas y Plantas Hidroeléctricas, y otras asignaturas de Ingeniería Aplicada.

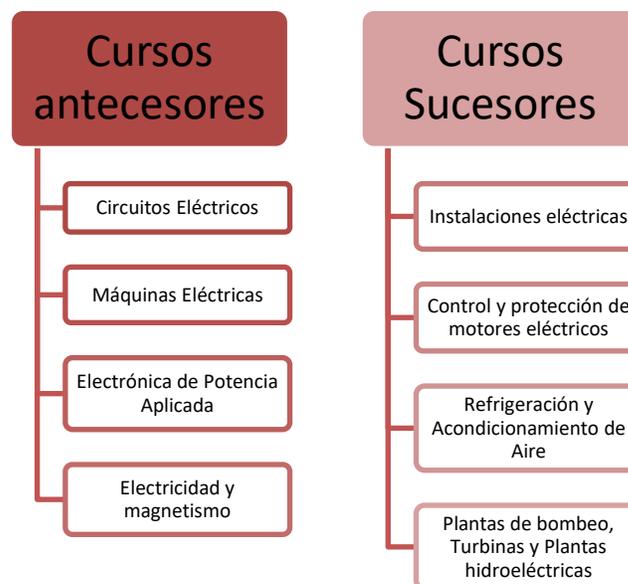
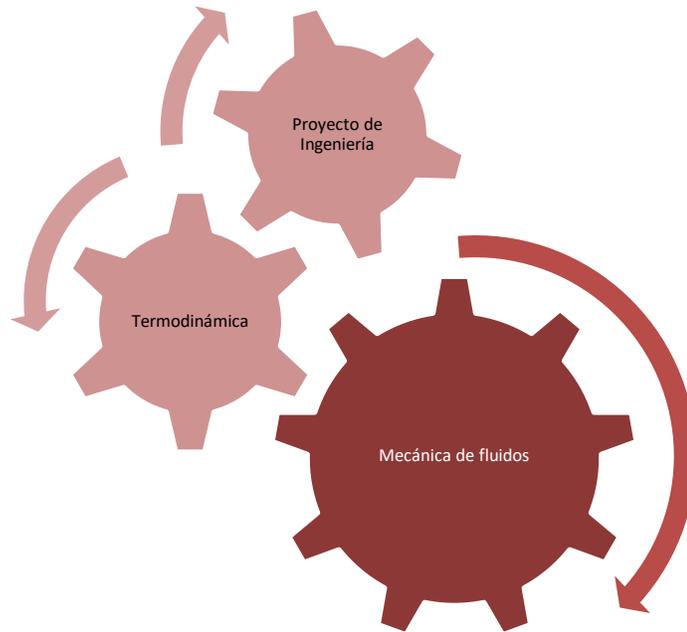


Figura 21. Relación del proyecto a desarrollar con otros cursos.
Elaboración propia

Cabe mencionar que el alumno hizo uso de los conocimientos de otras disciplinas que se relacionen al tema del proyecto, como introducción a los sistemas automáticos, mecánica de fluidos y termodinámica.



*Figura 22. Relación de otras disciplinas con el proyecto
Elaboración propia*

3.2.2.5 Posibles Rutas de Solución

El proyecto puede realizarse mediante el diseño de control con dos tipos diferentes de circuito integrado (Anexo 2):



*Figura 23. Posibles rutas de solución.
Elaboración propia*

Cabe mencionar que el proyecto también podía desarrollarse mediante lógica programable por PLC, sin embargo, no se tomó en cuenta esta opción debido al alto costo que generaría a los estudiantes, la adquisición del material necesario.

Diseño y elaboración de circuito de control a través de compuertas lógicas

Pasos a seguir para el desarrollo de la solución a través de compuertas lógicas:

- Análisis del problema.
- Definición de número de entradas y salidas.
- Obtención de tabla de verdad a partir de las características presentadas en el enunciado del problema.
- Obtención de las expresiones booleanas para cada salida a partir de la tabla de verdad.
- Reducción de las expresiones booleanas por cualquier método.
- Diseño del diagrama de compuertas lógicas de acuerdo con cada expresión booleana.
- Obtener el número de circuitos integrados necesarios de acuerdo con el diagrama de compuertas lógicas.
- Simulación del circuito de control en Proteus v.8 Professional.
- Diseño del PCB en Proteus v.8 Professional o en PCB Wizard.
- Elaboración del PCB físico.

Diseño y elaboración de circuito de control a través de PIC16F84A

- Análisis del problema.
- Definición de número de entradas y salidas.
- Obtención de tabla de verdad a partir de las características presentadas en el enunciado del problema.
- Diseño del diagrama de flujo en relación con la tabla de verdad.
- Desarrollo del programa en lenguaje ensamblador a través del software MPLAB de acuerdo con el diagrama de flujo.
- Compilación del programa.
- Simulación del circuito de control en Proteus v.8 Professional.

- Grabación del programa en el Circuito Integrado a través del BK Presicion 866 B/C.
- Diseño del PCB en Proteus v.8 Professional o en PCB Wizard.
- Elaboración del PCB físico.

Sin depender de la elección del circuito integrado, la solución sigue el esquema de la figura 24:



*Figura 24. Esquema general del circuito solución.
Elaboración propia*

El diseño del circuito de potencia se realizó de acuerdo con las necesidades de cada equipo de trabajo, lo anterior estuvo directamente relacionado con la vía de solución elegida para el diseño del control.

3.2.2.6 Población

La población que participó en el estudio incluyó estudiantes del sexto semestre de ingeniería mecánica de la ESIME Unidad Profesional Azcapotzalco, de los siete grupos que conforman dicho semestre, se trabaja con el 6MM5, conformado por 36 alumnos. El 14% del grupo son mujeres, el porcentaje restante corresponde a hombres (gráfica 1).



*Gráfica 1. Género de la población de estudio.
Elaboración propia*

El 92% de la población del grupo son estudiantes regulares, por lo que no tienen asignaturas reprobadas o en dictamen. Solo el 8% de los 36 estudiantes son irregulares.



*Gráfica 2. Situación académica de la población de estudio.
Elaboración propia*

En la gráfica 3 se puede observar la zona geográfica de procedencia predominan estudiantes del Estado de México; sin embargo, se tienen estudiantes de siete estados de la República Mexicana y uno de Colombia.



*Gráfica 3. Lugar de procedencia de la población de estudio.
Elaboración propia*

Para conocer si tenían experiencia con la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos, se les aplicó una encuesta informal. Se obtuvo que 31 alumnos ya habían sido evaluados por ABP, esto significa que un 86% de la población de estudio ya conocía principios básicos del trabajo con esta metodología.

En el caso de los recursos técnicos con que contaron los estudiantes, estos incluyen un laboratorio de electrónica digital, así como un laboratorio de interfaces y periféricos compuesto por 30 computadoras de escritorio con los softwares necesarios. Los estudiantes harán uso de su computadora personal, impresora, paquetería Office, proyector de imágenes, conexión de internet, material y equipo para el desarrollo de prácticas de laboratorio.

3.2.3 Fase 3. Implementación del Proyecto

En esta fase, las actividades desarrolladas por los estudiantes se agruparon en cinco etapas, estas acorde al diseño del proyecto ABP; en la primera etapa, el docente presentó el proyecto a los estudiantes y estos realizaron el análisis del problema para obtener las primeras actividades que les servirían para llegar a la solución; en la segunda, se realizó la búsqueda, análisis y selección de información que era relevante y necesaria para realizar el proyecto y para su sustento teórico; la tercer etapa se dedicó al diseño y construcción de los productos a entregar que fueron: proyecto físico funcional, memoria técnica descriptiva y exposición mediante diapositivas del proyecto final; en la cuarta etapa los estudiantes revisaron los últimos detalles de sus productos para detectar posibles fallas y poder corregir, también se realizó la entrega de estos mediante exposición oral frente a grupo; en la última etapa se realizó una reflexión grupal respecto la experiencia en el desarrollo del proyecto. Cada etapa se describe a continuación.

3.2.3.1 Etapa 1. Análisis del Problema

Por medio de una sesión presencial, el docente presentó de forma clara lo que se requería durante el desarrollo del proyecto, los objetivos del mismo, las etapas que lo conformaban, así como las actividades que se debían realizar durante el desarrollo de este; las actividades que corresponden a esta etapa se explican a continuación:

- a) Entrega del Proyecto en formato digital a cada alumno a través de correo electrónico

El día 27 de abril del 2016, por medio del correo electrónico grupal elaborado por el jefe de grupo al inicio del semestre (electronica6mm5@hotmail.com), se les hizo llegar un documento de texto el cual contenía los siguientes puntos:

- Enunciado del problema a resolver.
- Diagrama esquemático del sistema a controlar.
- Descripción del proyecto.
- Especificaciones del proyecto (características eléctricas, industriales y normativas que debe cumplir el proyecto).
- Reglas (instrucciones del diseño del proyecto, duración y fechas específicas de revisión y/o evaluación).
- Lista de los participantes en el proyecto.
- Evaluación (en este apartado se les explicó las consideraciones que se tomarían en cuenta para la misma, de esta forma el estudiante tuvo conocimiento de los criterios de valoración de su desempeño).

- b) Sesión inicial

El día 28 de abril en horario de clase, el docente explicó detalladamente el contenido del documento enviado por correo electrónico, posteriormente se estableció una sesión de diálogo con los estudiantes para considerar sus opiniones y de ser necesario, poder modificar los puntos que en acuerdo con ambas partes fueran adecuados.

Calendarización de Actividades

En la tabla 5 se presenta la calendarización de actividades que se acordó con los estudiantes para el desarrollo del proyecto con base en lo establecido en el apartado 2.3.2 de la presente investigación.

Tabla 5. Calendarización de actividades

ETAPA	ACTIVIDADES	FECHA
INICIO	Entrega del Proyecto en formato digital a cada alumno a través de correo electrónico	27/04/16
	Sesión inicial	28/04/16
	Conformación de equipos de trabajo	28/04/16
	Definición de recursos	28/04/16
Actividades iniciales de los equipos	Lectura y análisis del proyecto	02/05/16
	Elaboración de esquema de las posibles soluciones para el proyecto	02/05/16
	Elaboración de un listado con los conceptos que necesitan conocer y los que deben dominar	03/05/16
	Elaboración del plan de trabajo	03/05/16
	Asignación de roles y responsabilidades a cada integrante del equipo	04/05/16
	Recepción de retroalimentación por parte del docente	09/05/16
	Revisión de las actividades anteriores tomando en cuenta la retroalimentación del docente	09/05/16
Desarrollo del proyecto	Recopilación de información necesaria.	11 al 16 de mayo
	Análisis de la información recopilada	16 al 18 de mayo
	Realización del proyecto	19 al 30 de mayo
	El equipo debe estar seguro de haber cubierto su plan de trabajo.	30 de mayo
Conclusiones desde la perspectiva del alumno	Revisión final. Completar el Proyecto y revisar las interpretaciones finales	31 de mayo
	Evaluación final. Presentación del proyecto	01 al 06 de junio
	Cierre del proyecto	01 al 06 de junio
Conclusiones desde la perspectiva del docente	Cierre del Proyecto a partir de una discusión y evaluación del mismo en la clase	07 de junio
	Realización de registro de valoraciones finales. Reflexión sobre el proyecto	07 y 08 de junio

NOTA: Elaboración propia

c) Conformación de equipos de trabajo

Una vez que se llegó a un acuerdo entre el docente y los estudiantes, se conformaron 9 equipos de trabajo con 4 integrantes cada uno, distribuidos de forma aleatoria. La selección se realizó a través de una rifa, en la cual cada estudiante eligió un papel con

un número del 1 al 9, y al ser un total de 36 integrantes del grupo, los equipos fueron exactos, posteriormente cada equipo de trabajo se organizó para seleccionar un coordinador (a) el cual tuvo la función de organizar y controlar el avance de las actividades de su equipo y de establecer comunicación extra-clase con el docente a través de Dropbox y móvil; esta conformación se presenta en la tabla 6:

Tabla 6. Distribución de los estudiantes en equipos con especificación del coordinador (a)

No. Equipo	NOMBRE	COORDINADOR
1	DIANA ALHELI	X
	CITLALI LILIANA	
	MAGDIEL	
	JUAN DANIEL	
2	CARLOS	
	GERARDO	
	ARTURO	X
	JAIR	
3	MANUEL ALBERTO	
	ANDRES	
	OSCAR	
	ENRIQUE DE JESUS	X
4	ANDRES	
	ABRAHAM	
	CESAR ANTONIO	X
	LUIS ANGEL	
5	DIANA NOEMI	
	VICTOR MANUEL	
	MARCO ALEXIS	
	ALEXIS	X
6	BRIAN	
	LUIS ALFONSO	X
	GILBERTO	
	ERWIN ADOLFO	
7	LUIS ESTEBAN	X
	ALAN	
	FABIAN DE JESUS	
	GILBERTO ALEJANDRO	
8	GABRIELA	
	ARUNDATI DEL CARMEN	X
	JESUS	
	JUAN CAMILO	
9	DIEGO ALEJANDRO	
	JOSUE BISMARCK	
	ALDERTH	X
	JORGE LUIS	

NOTA: Elaboración propia

d) Definición de recursos

Fue necesario que los estudiantes conocieran los recursos materiales que podían utilizar durante la realización de su proyecto, lo anterior con la finalidad de facilitar el desarrollo del mismo; en este sentido, se les presentó cada uno de estos recursos en la misma sesión presencial, estos se muestran en la figura 25, que corresponden a los recursos disponibles en ESIME Azcapotzalco.



*Figura 25. Recursos disponibles para la elaboración del proyecto
Elaboración propia*

Cabe mencionar que el uso de las salas de cómputo fue de acuerdo con el reglamento interno y horario de servicio de cada una; en el caso del laboratorio de Interfaces y Periféricos y de Electrónica I, el uso fue en el horario especificado para laboratorio de Electrónica Digital Aplicada del grupo 6MM5 (lunes y miércoles de 13:00-14:30), sin embargo, se les facilitó el acceso a los estudiantes fuera del horario antes mencionado

siempre y cuando se encontrara un docente a cargo y existiera equipo o mesas trabajo disponibles.

3.2.3.2 Etapa 2. Actividades de Investigación

- Lectura y análisis del proyecto

El día 2 de mayo, en horario de clase, se reunieron los jóvenes por equipos para realizar la lectura del enunciado correspondiente al problema a solucionar, con la finalidad de compartir sus opiniones sobre el mismo y empezar a tomar las primeras notas que fueron de apoyo para llegar a la solución.

- Elaboración del esquema de las posibles soluciones para el proyecto

Cada equipo de trabajo desarrolló un esquema en borrador el cual contenía una descripción de las posibles soluciones (el esquema se elaboró posteriormente en formato digital para su incorporación al portafolio de actividades)

- Elaboración de un listado con los conceptos que necesitan conocer y los que deben dominar para el desarrollo del proyecto.

Una vez que se realizó el esquema con las posibles soluciones, los integrantes del equipo tomaron una decisión sobre cuál de ellas era la más viable, presentando la debida justificación de su elección; cada equipo tomó su decisión de acuerdo con sus propias consideraciones.

Posteriormente realizaron un listado de los conceptos necesarios de acuerdo con la solución elegida para analizar cuáles de estos conceptos ya conocían o dominaban (este listado se anexó al portafolio de actividades en formato digital).

- Elaboración del plan de trabajo

Cada equipo realizó un plan de trabajo tomando en cuenta los tiempos indicados en la etapa de inicio, así como los recursos a utilizar (se anexó al portafolio de actividades en formato digital).

- Asignación de roles y responsabilidades a cada integrante del equipo

Se procedió a la asignación de roles de cada estudiante, esto fue un acuerdo interno de cada equipo de trabajo a través del coordinador elegido anteriormente; se solicitó a este último que vinculara su cuenta de Dropbox con la del docente para compartir sus portafolios de actividades y facilitar la comunicación extra clase por este medio a través de la opción de chat, de esta manera el estudiante decidió a quién le vincularía sus documentos, pues este es el administrador de su cuenta de Dropbox.

- Recepción de retroalimentación por parte del docente

El docente recibió el portafolio de actividades de cada equipo a través de la vinculación hecha por cada coordinador en Dropbox, el cual fue analizado para regresarse a los estudiantes con los comentarios y observaciones correspondientes.

- Revisión de las actividades anteriores tomando en cuenta la retroalimentación del docente

En los casos donde fue necesario, se realizaron ajustes a las actividades del portafolio de acuerdo con las observaciones realizadas por el docente, para volver a vincular los archivos con este último y recibir nuevos comentarios.

3.2.3.3 Etapa 3. Actividades de Construcción

- Recopilación de información necesaria

Los estudiantes recopilaron información necesaria y útil a través de la biblioteca de ESIME Azcapotzalco y bibliotecas del IPN; algunos equipos revisaron bibliografía de bibliotecas virtuales; también hicieron uso de la Internet, respetando en todo lugar la fuente que origina la información.

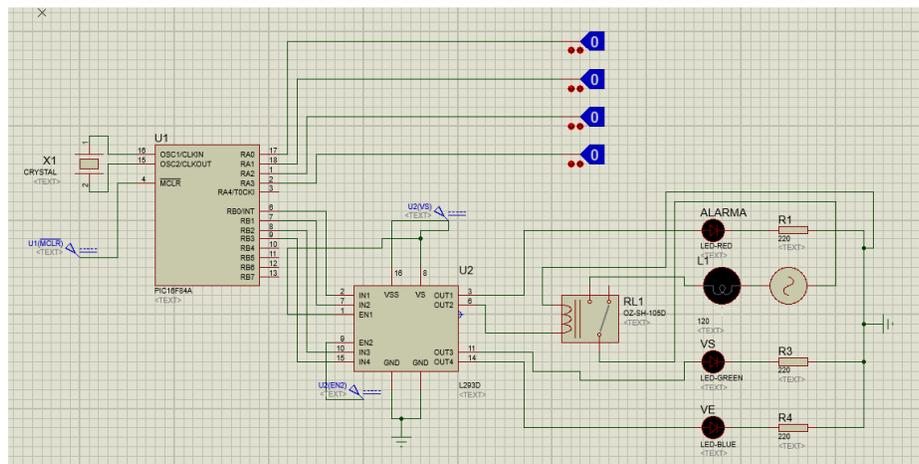
- Análisis de la información recopilada

Con la información obtenida, los estudiantes realizaron un análisis para seleccionar aquellos autores o documentos que fueron útiles en el desarrollo de su proyecto, cabe

mencionar que en esta parte el docente tuvo un papel importante, pues los estudiantes están familiarizados a obtener un sinnúmero de información de páginas de internet que pueden no ser viables, por lo que se les orientó para la adecuada revisión de la información obtenida.

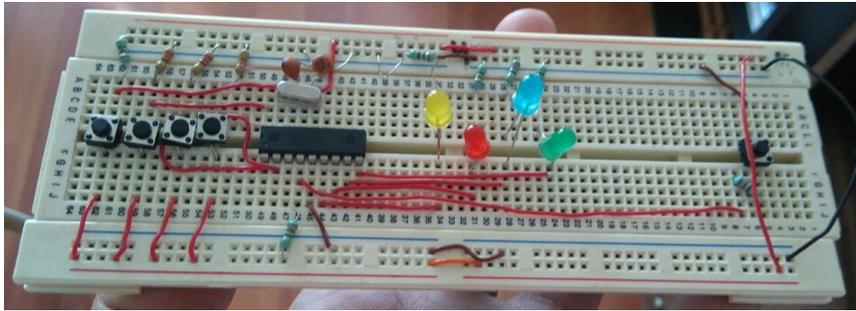
- Realización del proyecto

El desarrollo del proyecto se realizó con base al diagrama a bloques de la figura 25 de la presente investigación; en la cual los estudiantes partieron del análisis del problema para la obtención de la tabla de verdad que dio solución al mismo y de esta forma proceder al diseño del diagrama de flujo; en el caso de aquellos que optaron por lógica fija, obtuvieron las expresiones algebraicas de sus soluciones; para los que eligieron lógica programable, realizaron el código en lenguaje ensamblador; así mismo, ambos tipos de solución procedieron a realizar el circuito electrónico para su simulación en Proteus Professional como se muestra en la figura 26.



*Figura 26. Simulación del circuito electrónico.
Elaborado por los estudiantes que integran el equipo 4*

Al comprobar el funcionamiento del circuito de control en la simulación, procedieron a implementarlo en plantilla de pruebas (protoboard), como se muestra en la siguiente figura.



*Figura 27. Implementación en protoboard del circuito de control.
Elaborado por los estudiantes que integran el equipo 4*

Después de probar el circuito en protoboard y haber realizado las mediciones de voltaje y corriente necesarias, procedieron a la realización del PCB (figura 28).

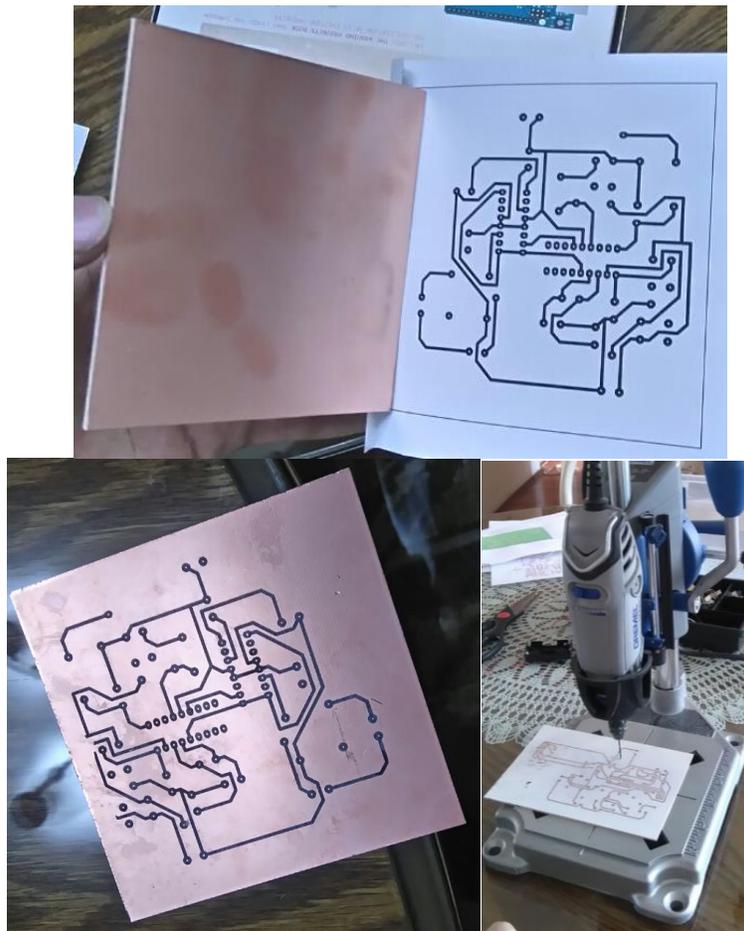


Figura 28. Diseño del PCB

Elaborado por los estudiantes que integran el equipo 4

Posterior al diseño y elaboración de la placa impresa, desarrollaron el sistema completo conformado por el tanque de almacenamiento, los sensores de nivel y temperatura, las válvulas de entrada y salida, el sistema de calefacción y la alarma, (figura 29).



*Figura 29. Sistema de control y tanque de almacenamiento.
Elaborado por los estudiantes que integran el equipo 4*

Al mismo tiempo que desarrollaron el prototipo, también redactaron una memoria técnica descriptiva que contiene todas las características del sistema, así como los cálculos realizados para la obtención de los elementos ideales para el circuito, con la finalidad de sustentar la elección de material.

- El equipo debe estar seguro de haber cubierto su plan de trabajo

Los integrantes de cada equipo corroboraron el trabajo realizado con los puntos establecidos en su plan de actividades, para asegurarse de haber cubierto todos los objetivos y metas planteadas, y en caso de no haber cubierto algunas, justificar por qué o en su defecto corregir y terminar aquellas que se habían olvidado.

3.2.3.4 Etapa 4. Actividades de Cierre

- Revisión final.

Los estudiantes revisaron el funcionamiento general del Proyecto para detectar posibles fallas eléctricas y poder solucionar las mismas antes de realizar la entrega; así mismo se realizó un estudio general de la memoria técnica descriptiva, para corregir errores ortográficos y de redacción. También diseñaron la presentación en Power Point para la exposición final del proyecto frente al grupo y docente.

- Evaluación final. Presentación del proyecto

Se asignó fecha y hora específica a cada equipo de trabajo para la presentación final del proyecto, en la cual se exhibieron puntualmente en el lugar acordado su prototipo y material necesario; el orden es de acuerdo con el número de Cierre del proyecto

- Cierre del proyecto

Los equipos presentaron el proyecto en forma física y funcional, así como la memoria técnica descriptiva en formato impreso, las cuales incluyen las conclusiones obtenidas a través del desarrollo del proyecto, realizando una crítica constructiva hacia la solución elegida para el mismo y apoyándose de la presentación digital que ellos realizaron.

Cada equipo realizó la defensa de su proyecto mediante una exposición oral frente al grupo, en la cual se les hizo preguntas referentes a las características generales del mismo, así como de los elementos que utilizaron, desventajas y ventajas entre otros, en el cual los jóvenes presentaron seguridad de sus respuestas, ya que al realizar el proyecto, fueron adquiriendo otros conocimientos que no estaban dentro del temario de la asignatura y que formaron parte fundamental en el desarrollo del prototipo.

Cabe mencionar que cada equipo realizó su diseño con base en la solución que plantearon y a los dispositivos y materiales que seleccionaron, así como a sus condiciones económicas, lo cual se observó al momento de la entrega (un ejemplo se observa en la figura 30). Sin embargo, a pesar de utilizar elementos diferentes en el

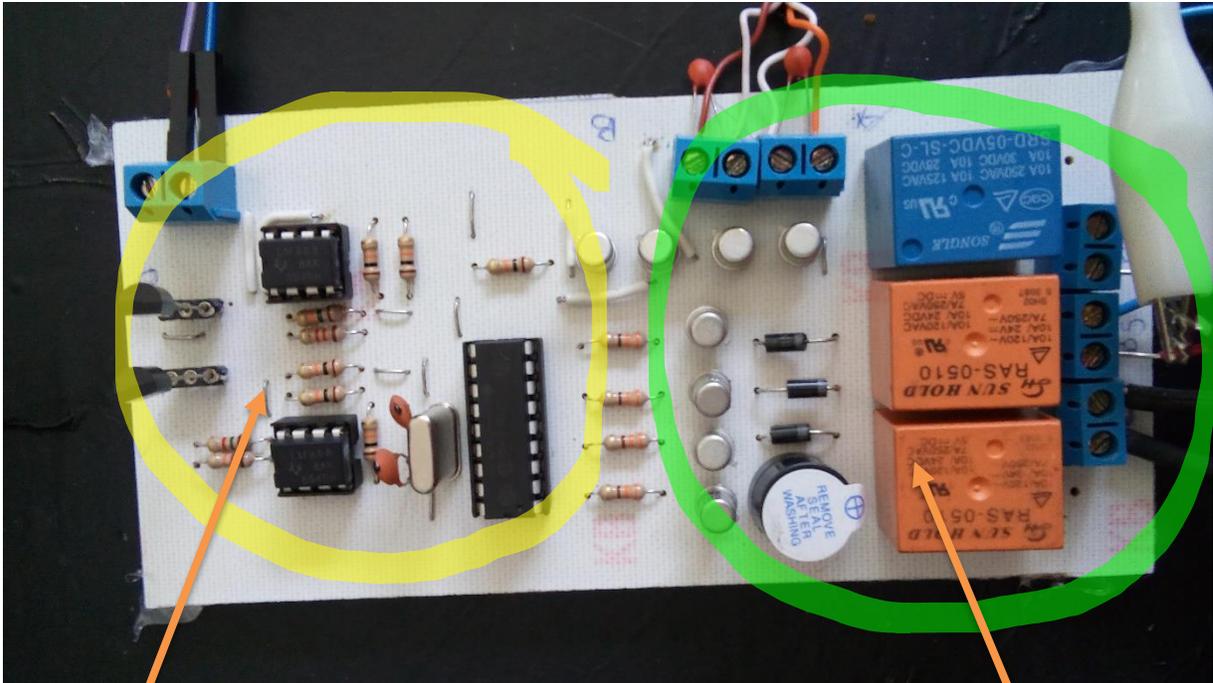
diseño, todos los prototipos funcionaron de acuerdo con el planteamiento del problema, de esta forma, cada equipo trabajó enfocándose en su propia solución sin llegar a copiar la circuitería de algún otro equipo, lo cual se traduce en un gran trabajo realizado por los estudiantes.



*Figura 30. Prototipos elaborados por los equipos 3 y 4
Elaboración propia*

En la siguiente figura se puede observar la circuitería con las etapas que conforman el proyecto: entradas, sistema de control, sistema de potencia y salidas, en el cual no solo se hace uso de la Electrónica Digital Aplicada, sino que también requirió del análisis de circuitos eléctricos, máquinas eléctricas ya que hicieron activación de

bombas de agua y electrónica de potencia para el control de las cargas y la adaptación analógico/digital del sistema; lo anterior sustenta que los estudiantes integran los aprendizajes obtenidos hasta el momento durante su formación profesional.



*Figura 31. Placa del prototipo elaborado por el equipo 5
Elaboración propia*

Etapa de control

Etapa de potencia

3.2.3.5 Etapa 5. Actividades de Evaluación

- Cierre del Proyecto a partir de una discusión y evaluación del mismo en la clase

A través de la última clase teórica del semestre (7 de junio del 2016), se realizó una discusión grupal, sobre el desarrollo del proyecto, mostrando las dificultades e inconvenientes que se presentaron, así como las recomendaciones que los estudiantes consideran para la mejora de la implementación del ABP.

- Reflexión sobre el proyecto

En la misma sesión, por equipos realizaron una reflexión sobre el desarrollo del ABP en la materia de electrónica digital, los beneficios que adquirieron como estudiantes, así como los puntos que se deben mejorar en la implementación de esta metodología.

En esta última etapa de la metodología, también se finalizó la evaluación por parte del docente, la cual se describe con más detalle en el punto 3.3.

3.2.4 Fase de Análisis de Datos y Resultados

Esta fase se realizó en tres etapas; en la primera se analizaron los datos y resultados para la dimensión de elementos cognitivos de cada competencia profesional de cada equipo de trabajo, realizando una comparación entre lo que el docente realizó como solución al problema y las actividades que realizaron los estudiantes, estos datos fueron concentrados en matrices de evaluación que facilitó el trabajo de esta fase, para ello también se revisaron los productos obtenidos por los equipos así como el proceso de obtención lo cual fue establecido como la evidencia de cada indicador; esta matriz se apoyó de la rúbrica de evaluación para cada competencia profesional en la dimensión de elementos cognitivos (Anexo 3) en la cual se establecen puntajes de acuerdo con el nivel de dichas actividades; la suma de los puntajes de cada indicador representa el nivel de desempeño en dicha dimensión.

En la segunda etapa se analizan los datos obtenidos en la dimensión 2 que corresponde a las habilidades técnicas y atributos interpersonales, para lo cual, además de los productos obtenidos por los equipos, también se tomó en cuenta la observación realizada por el docente en el desarrollo de las actividades en el aula y laboratorio de electrónica; estos datos se apoyaron de los indicadores para cada competencia profesional y de los niveles de cada uno los cuales se pueden observar en el anexo 4. De igual forma que la etapa anterior, la suma de los puntajes establecidos para cada indicador representa el nivel de desempeño en la competencia profesional.

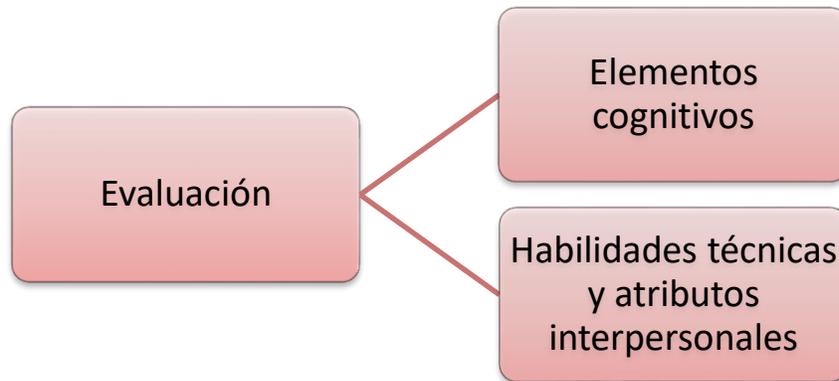
En la tercer y última etapa, se analizaron los niveles de desempeño de la dimensión cognitiva (D1) y de la de habilidades técnicas y atributos interpersonales (D2), ya que el nivel de dominio de la competencia profesional engloba estas dos dimensiones. Se analizó el nivel de desempeño de cada dimensión por equipo de trabajo de cada competencia profesional, este análisis se desarrolla en el capítulo 4.

3.3 Instrumentos

Los instrumentos para evaluar el dominio de las competencias profesionales forman una de las partes más importantes de esta investigación, ya que del diseño de estos dependerá el análisis y obtención de datos significativos, por ello, en este apartado se establecen los instrumentos y criterios que se deben de tomar en cuenta para determinar el nivel de dominio de cada competencia profesional. Cabe mencionar que de acuerdo con el informe del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y, Fondo Social Europeo (2012), la evaluación debe ser diferente a los métodos convencionales como el examen teórico, ya que este no alienta a los estudiantes para generar su conocimiento y no representa realmente la capacidad del estudiante para desarrollar problemas reales, de acuerdo con el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo (2012),

el reto consiste en encontrar un eje estructurador que permita evaluar, a través de un proyecto determinado, las competencias que queremos desarrollar en el alumnado. En este proceso, el estudiante debe aprender a autoevaluarse (constructivamente), pues esto será muy necesario en su actividad laboral. (p. 56)

De acuerdo con Uden & Beaumont (2006), en el ABP se espera incluir resultados de aprendizaje específicos que están relacionados con el conocimiento teórico de la asignatura y cualquier competencia profesional, donde la importancia recae en examinar el nivel de integración de estas dos dimensiones. Esta investigación tiene como objetivo aplicar el ABP para desarrollar competencias profesionales en el ingeniero mecánico, de acuerdo con lo anterior, es necesario desarrollar criterios que evalúen lo que el estudiante puede hacer y los elementos cognitivos que se requieren. Para ello es necesaria una evaluación holística donde se analice que tan bien se integran el conocimiento y las habilidades, para lo cual se toma en cuenta las actividades realizadas que se incluyen en el portafolio de cada equipo y los productos obtenidos.



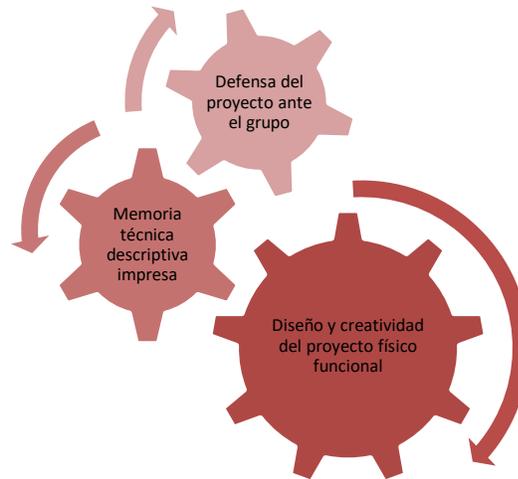
*Figura 32. Evaluación de las dimensiones de la competencia profesional
Elaboración propia con información de Uden & Beaumont (2006).*

3.3.1 Evaluación de la dimensión cognitiva

La evaluación de los elementos cognitivos se realizó mediante las actividades hechas por los equipos de trabajo durante el desarrollo del proyecto, en esta evaluación se incluye la observación realizada por el docente, así como el análisis del proyecto presentado, y se realiza mediante rúbricas o matrices de evaluación.

- **Observación continua del estudiante:** consistió en la observación del docente sobre el trabajo del estudiante, incluye: su participación y el análisis del portafolio de actividades, en este último se incluyeron las actividades iniciales de los equipos de trabajo que fueron fundamentales para el desarrollo del proyecto físico, las cuales son:
 - Posibles soluciones al problema planteado.
 - Selección de la solución.
 - Listado de los conceptos que requieren dominar para el desarrollo del proyecto.
 - Planeación de actividades.

- **Análisis del proyecto presentado por cada equipo:** el proyecto incluyó tres productos, los cuales se observan en la siguiente figura:



*Figura 33. Productos por evaluar en el proyecto de cada equipo
Elaboración propia*

Para ello se diseñaron cuatro rúbricas correspondientes a cada competencia profesional, en cada una se establecieron los indicadores adecuados para identificar el nivel de desempeño obtenido por los equipos; en ellas se establecieron tres niveles de dominio: básico, autónomo y estratégico, considerando al nivel Autónomo como el fundamental para cada competencia (para más información, consultar Anexo 3); a continuación, se presenta una descripción de cada rúbrica de evaluación.

- **Rúbrica para dimensión cognitiva de la Competencia profesional 1**

Corresponde a concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica, en esta se establecieron cuatro indicadores de evaluación para los elementos cognitivos; en el primero, se consideró el análisis y la comprensión del enunciado de un problema de control electrónico, donde se espera que el estudiante especifique las posibles vías de solución al mismo y se elija la más viable para su implementación; el segundo corresponde a la elaboración de un listado de los conceptos que se necesitan dominar para desarrollar del proyecto, tomando en cuenta la vía de solución elegida; el tercer criterio se refiere al diseño de un posible esquema de solución de acuerdo con el planteamiento del problema; en el cuarto, se establece la selección, análisis y síntesis de la información recopilada de mayor relevancia y verídica para la elaboración del proyecto.

- **Rúbrica para dimensión cognitiva de la Competencia profesional 2**

La competencia profesional dos es: planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica, se evaluó mediante la planeación y seguimiento de las actividades a realizar para lograr los objetivos planteados para el proyecto; para ello, se establecieron tres indicadores, el primero es: analiza el proceso a seguir para desarrollar el proyecto que lo llevará al segundo indicador, que corresponde a establecer las actividades ideales para el desarrollo de su proyecto; el último indicador es: analiza las causas del incumplimiento de las actividades propuestas en tiempo y forma, en este se espera que el estudiante reflexione sobre los obstáculos que repercutieron en el avance de las actividades para proponer soluciones y mejorar.

- **Rúbrica para dimensión cognitiva de la Competencia profesional 3**

El desarrollo de las actividades que comprende: construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica, en el laboratorio fue una de las más complejas, ya que a partir de ellas los equipos llegaron a la obtención de los productos finales; para su evaluación se establecieron cinco indicadores: el primero se refiere a la identificación de los conocimientos que se requieren para desarrollar el proyecto, para lo cual se elaboró un listado de los conceptos necesarios y que de este se analizara cuales ya se dominaban (conocimientos previos) y cuales se necesita profundizar; el segundo corresponde al desarrollo de cálculos necesarios para obtener la solución deseada, estos cálculos fueron acorde a la vía de solución elegida inicialmente.

El tercer indicador corresponde al diseño del prototipo con base en el problema planteado incluyendo los elementos adecuados y el cableado de acuerdo a la norma de instalaciones eléctricas de la SENER, la cual se evidencia mediante el trabajo en laboratorio y en el prototipo físico final; cabe mencionar que mediante la implementación del prototipo, los estudiantes se enfrentaron a varios retos, ya que en él adaptaron elementos reales, para lo cual debieron realizar anteriormente los cálculos necesarios para esta adaptación; el cuarto indicador corresponde al análisis de la información para la redacción de la memoria técnica descriptiva que presentó los

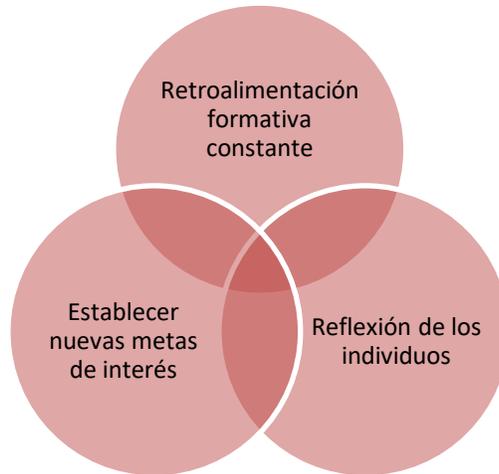
datos teóricos del prototipo realizado el cual es entregado impreso; el último indicador se especifica a evaluar los resultados obtenidos por los estudiantes, contrastando los objetivos y metas que ellos se plantearon así como las actividades de su planeación.

- **Rúbrica para dimensión cognitiva de la Competencia profesional 4**

En el diseño, planeación y construcción del proyecto por parte de los estudiantes, se hizo uso de diferentes herramientas tanto tecnológicas, de información y comunicación, así como propias de su carrera, para ello en esta competencia se establecieron dos indicadores: el primero se enfocó a la búsqueda de información en la WEB que fue de utilidad para redactar la memoria técnica del proyecto; el segundo corresponde al análisis y síntesis de información para presentación de diapositiva la cual sirvió para la defensa de su proyecto frente a grupo.

3.3.2 Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales

De acuerdo con Uden & Beaumont (2006), la evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales son como sostener un espejo entre lo que el docente realizó y lo que los estudiantes entregaron, por ello se requiere que el docente obtenga la habilidad antes de la implementación del proyecto; en esta se requiere de práctica y retroalimentación hasta que se sepa que han obtenido la habilidad; aunado a lo anterior, se requirió de comunicación dentro y fuera del aula de clase, para el segundo caso, la comunicación fue mediante Dropbox lo cual facilitó la revisión de trabajos por parte del docente y retroalimentación constante indicando posibles errores, correcciones o mejoras para sus trabajos, para que de esta forma los estudiantes pudieran volver a revisar y mejorar, este proceso se muestra en la figura 34.



*Figura 34. Aspectos que comprenden la evaluación de habilidades técnicas y atributos interpersonales
Elaboración propia*

Los datos de esta dimensión se obtuvieron mediante cuatro rúbricas o matrices de evaluación, en cada una se consideraron diferentes indicadores que permitieron obtener resultados adecuados acorde a la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de cada competencia profesional; este análisis también se apoyó de los productos obtenidos por los estudiantes, pues en ellos se presentó con claridad el dominio obtenido de esta dimensión a lo largo del proyecto; así mismo, la evaluación también se apoyó de la observación realizada por el docente; cabe mencionar que al igual que las rúbricas de la dimensión cognitiva, estas también se dividen en tres niveles de desempeño: básico, autónomo y estratégico (Anexo 4).

- **Rúbrica para dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la Competencia profesional 1**

En esta rúbrica se establecieron cuatro indicadores de evaluación para la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia: concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica; el primero se enfocó a la comunicación oral y escrita de las posibles soluciones al problema de control electrónico; el segundo a la recopilación de información requerida para el desarrollo del proyecto a través de diversos medios, como lo son: biblioteca institucional, revistas y catálogos relacionados al tema así como la Internet; el tercer indicador se refiere a

la integración del equipo lo cual es fundamental para llevar a cabo el proyecto; y el cuarto al cumplimiento de los plazos de entrega de las actividades.

- **Rúbrica para dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la Competencia profesional 2**

En esta rúbrica se evaluó el nivel obtenido para la competencia: planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica, para ello se especificaron cuatro indicadores; el primero es: realiza la planificación del desarrollo de su proyecto siguiendo las características establecidas para la presentación del mismo; el segundo corresponde a la distribución de tiempos acordes a las actividades a desarrollar; el tercero se asignó al seguimiento de las actividades propuestas en la planeación; el cuarto y último indicador se enfocó al cumplimiento final de la planeación.

- **Rúbrica para dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la Competencia profesional 3**

En la competencia: construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica se evaluaron las habilidades técnicas para la elaboración de los productos a entregar para la cual se establecen cinco indicadores; el primero corresponde a la toma de decisión respecto a los dispositivos que se usarán tomando en cuenta sus características eléctricas, físicas, económicas y ambientales; el segundo se enfocó al diseño de la placa impresa con base en la lógica de control que da solución al problema planteado así como la etapa de potencia; el tercer indicador es: da cuenta en su actuación del valor de la responsabilidad acorde con las tareas del proyecto; el cuarto indicador se refiere a la comunicación oral del desarrollo del proyecto expuesto al finalizar; por último, el quinto indicador es sobre la comunicación escrita del desarrollo del proyecto que se evidencia en la memoria técnica descriptiva.

- **Rúbrica para dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la Competencia profesional 4**

La última competencia se refiere al uso de tecnologías de la información, software y herramientas propias de ingeniería mecánica; para la evaluación de esta se

determinaron cuatro indicadores que corresponden al uso de software para redacción textos, hoja de cálculo y diseño de presentación, así como manejo de simulador de circuitos electrónicos (Proteus Professional), selección de herramientas propias de la ingeniería mecánica y uso adecuado de estas herramientas; la descripción de todos los indicadores así como de los niveles de cada uno se presentan con mayor detalle en el anexo 4.

En este capítulo se presentó el diseño de las fases de la metodología de investigación, así como las actividades que se realizaron en cada una y que dieron paso a la obtención de los datos que servirán para el análisis de resultados; en el siguiente capítulo se presenta este análisis de datos con más detalle en el cual se determina el nivel de dominio de las cuatro competencias profesionales por medio de la implementación del ABP los cuales son el objetivo de esta investigación.

Capítulo 4 Análisis de datos y discusión de resultados

En este capítulo se realiza la evaluación de las dos dimensiones que para esta investigación conforman una competencia profesional, esto con la finalidad de analizar los datos obtenidos en la implementación de la metodología del capítulo anterior para determinar el nivel de dominio de cada competencia.

Esta investigación tiene como objetivo determinar el efecto de aplicar la metodología del ABP en el desarrollo de las competencias profesionales establecidas para ingeniería mecánica en la asignatura electrónica digital aplicada de la ESIME unidad profesional Azcapotzalco. Para recabar información del trabajo de los estudiantes se utilizaron portafolios de evidencias, el prototipo funcional, la memoria técnica descriptiva y la defensa del proyecto mediante exposición oral frente a grupo. Las rúbricas sirven para determinar el nivel de desempeño de los estudiantes en dos dimensiones de la competencia: elementos cognitivos y, habilidades técnicas y atributos interpersonales. Con la información de las rúbricas, se dio respuesta a la pregunta de investigación ¿qué efecto tiene utilizar la metodología de ABP para contribuir al desarrollo de las competencias profesionales en la asignatura Electrónica Digital Aplicada en los alumnos de Ingeniería Mecánica de la ESIME Azcapotzalco?

El análisis de los datos se presenta en tres apartados; en el primero se encuentra la evaluación realizada por el docente que corresponde al nivel de desempeño de la dimensión cognitiva de cada competencia profesional por cada equipo de trabajo; en el segundo, se evalúa el nivel de desempeño de la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de cada competencia profesional; en el tercer apartado se analiza el nivel de desempeño de cada dimensión de la competencia para obtener el nivel de dominio de estas, como se muestra en la figura 35.



Figura 35. Nivel de dominio de la competencia profesional
 Elaboración propia con información de Uden & Beaumont (2006).

4.1 Evaluación de la dimensión cognitiva (D1)

Para realizar el análisis de la dimensión cognitiva se consideraron las trayectorias de solución propuestas por el docente y se contrastaron con las realizadas por los estudiantes y con los productos obtenidos: el prototipo funcional, la memoria técnica descriptiva del prototipo y la defensa del proyecto desarrollado por cada equipo.

Como se mencionó en el capítulo 3, el dominio del estudiante de cada competencia se evalúa a partir de indicadores. La tabla 7 incluye las competencias que se evaluaron y los indicadores para cada una de ellas.

La evaluación de la dimensión 1 de cada competencia se llevó a cabo con la rúbrica correspondiente.

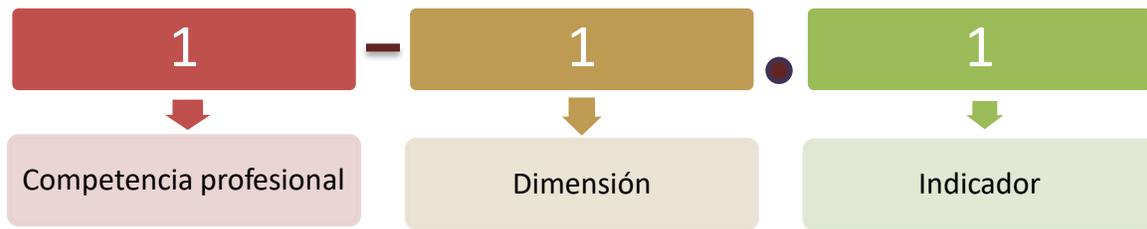
Tabla 7. Indicadores para la dimensión 1 por cada competencia profesional

Competencia	Indicadores
1. Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica.	1-1.1 Analiza y comprende el enunciado de un problema de control electrónico, especifica las posibles vías de solución, elige cuál es la más viable y por qué.
	1-1.2 Elabora un listado de los conceptos que necesita dominar para el desarrollo de su proyecto, de acuerdo con la vía de solución elegida.

	1-1.3 Diseña el borrador de un diagrama electrónico de acuerdo con la vía de solución elegida
	1-1.4 Selecciona, analiza y sintetiza aquella información recopilada que es de mayor relevancia y proviene de fuentes verídicas.
2. Planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica	2-1.1 Analiza el proceso a seguir para desarrollar el proyecto.
	2-1.2 Establece las actividades ideales para el desarrollo de su proyecto.
	2-1.3 Analiza las causas del incumplimiento de las actividades propuestas en tiempo y forma.
3. Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica	3-1.1 Identifica los conocimientos que se requieren para desarrollar el proyecto.
	3-1.2 Desarrolla cálculos necesarios para obtener la solución.
	3-1.3 Diseña el prototipo con base en el problema planteado, incluyendo los elementos adecuados y el cableado de acuerdo a la norma de instalaciones eléctricas de la SENER.
	3-1.4 Realiza el análisis de la información adecuada para redactar una memoria técnica descriptiva en formato Word, especificando los resultados alcanzados.
	3-1.5 Evalúa los resultados obtenidos del proyecto en comparación con los objetivos y planeación propuesta.
4. Utilizar Tecnologías de la Información, software y herramientas para Ingeniería mecánica	4-1.1 Búsqueda de información en la WEB.
	4-1.2 Analiza y sintetiza la información obtenida para diseñar diapositivas

NOTA: Elaboración propia

Para hacer referencia al trabajo del estudiante en la dimensión cognitiva de la competencia 1 y su indicador 1, se utilizará la nomenclatura 1-1.1. Para la competencia 2 y su tercer indicador en esta misma dimensión, 2-1.3, esto se observa en la figura 36.



*Figura 36. Numeración de indicadores.
Elaboración propia*

Para cada dimensión se establecieron tres niveles de desempeño: nivel básico, autónomo y estratégico, un estudiante ubicado en el nivel estratégico obtendría 100 puntos (valor máximo).

Nivel Básico = 0 a 35 puntos

Nivel Autónomo = 36 a 70 puntos

Nivel estratégico = 71 a 100 puntos

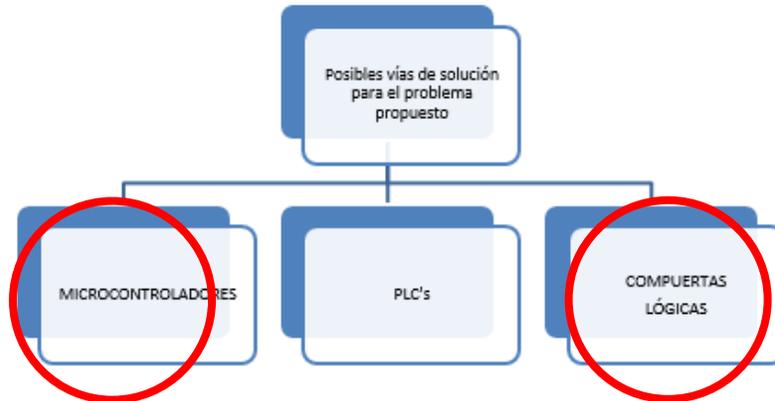
Para ejemplificar la forma en que se llevó a cabo el análisis, se muestra los datos obtenidos del trabajo del equipo 1 en la competencia profesional 1.

Desempeño del equipo 1 en la competencia profesional 1

Competencia 1. Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica

Este equipo propuso tres posibles vías para dar solución al problema (figura 37), al comparar esta propuesta con la del docente (anexo 2) se identifica una coincidencia. El docente propone una solución por compuertas lógicas y por microcontroladores, estas dos soluciones se identifican en la propuesta del equipo 1 (figura 37 y 38).

POSIBLES VÍAS DE SOLUCIÓN



1. ¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR?

Un microcontrolador es un circuito integrado digital que puede ser usado para muy diversos propósitos debido a que es *programable*. Está compuesto por una unidad central de proceso (CPU), memorias (ROM y RAM) y líneas de entrada y salida (periféricos).

Un microcontrolador puede usarse para muchas aplicaciones algunas de ellas son: manejo de sensores, controladores, juegos, calculadoras, agendas, avisos lumínicos, secuenciador de luces, cerrojos electrónicos, control de motores, relojes, alarmas, robots, entre otros. El límite es la imaginación.

Figura 37. Posibles vías de solución Equipo 1.

Elaboración propia

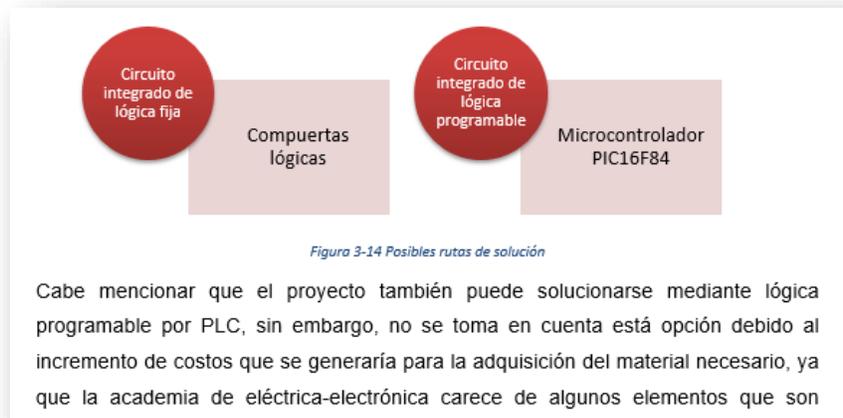


Figura 3-14 Posibles rutas de solución

Cabe mencionar que el proyecto también puede solucionarse mediante lógica programable por PLC, sin embargo, no se toma en cuenta esta opción debido al incremento de costos que se generaría para la adquisición del material necesario, ya que la academia de eléctrica-electrónica carece de algunos elementos que son

Figura 38. Posibles vías de solución del docente

Elaboración propia

Este equipo también propone una tercera solución que no fue considerada por el docente debido al costo de implementarla. Además de las propuestas, realizaron un análisis de las ventajas y desventajas de cada una y escribieron una justificación del porqué de su elección.

Desempeño del equipo 1 en la dimensión cognitiva de la competencia profesional 1

El trabajo reportado por este equipo relacionado con esta competencia en la dimensión cognitiva se evaluó con la rúbrica 1 del anexo 3, para formar una matriz de evaluación (Tabla 8).

Tabla 8. Matriz de evaluación del Equipo 1 en la dimensión cognitiva de la competencia profesional 1

Matriz de evaluación. Equipo 1 en la dimensión cognitiva de la competencia profesional 1				
Competencia 1: Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica				
Tipo de evaluación	Evaluación Formativa por parte del docente			
Dimensión 1	Elementos cognitivos			
Indicador 1	Evidencia identificada	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Analiza y comprende el enunciado de un problema de control electrónico, especifica las posibles vías de solución, elige cuál es la más viable y por qué	<ul style="list-style-type: none"> Analizaron los conceptos de la asignatura que se relacionaban con el problema propuesto Utilizaron conocimientos de otras asignaturas para el diseño Definieron la vía de solución que representaba mayores ventajas para el control, la implementación, respuesta del sistema y costos 			■
Puntaje obtenido en este indicador, valor máximo 30				28
Observación: Este equipo sólo describe el procedimiento de la solución que eligieron				
Indicador 2	Evidencia identificada	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Elabora un listado de los conceptos que necesita dominar para el desarrollo de su proyecto, de acuerdo con la vía de solución elegida	<ul style="list-style-type: none"> Listado de los conceptos relacionados con la solución que proponen, que incluye al menos 85% de los necesarios para el desarrollo del proyecto 			■
Puntaje obtenido en este indicador, valor máximo 10				8
Observación: No utiliza el 100% de los conceptos que se requieren para el desarrollo del proyecto				

Indicador 3	Evidencia identificada	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Diseña un posible esquema de solución de acuerdo con el planteamiento del problema	<ul style="list-style-type: none"> Integran un diagrama de bloques que incluye etapa de entrada, sistema de control relacionado con la solución que proponen, etapa de salida 			■
Puntaje obtenido en este indicador, valor máximo 30				26
Observación: No analizan la posible etapa de potencia				
Indicador 4	Evidencia identificada	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Selecciona, analiza y sintetiza aquella información recopilada que es de mayor relevancia y proviene de fuentes verídicas	<ul style="list-style-type: none"> Avance de la memoria técnica 			■
Puntaje obtenido en este indicador, valor máximo 30				26
Observación: Se requiere corregir algunas observaciones realizadas por el docente				
Puntaje total				88

NOTA: Elaboración propia

Con este puntaje el equipo 1 se ubicó en un nivel de desempeño estratégico en la dimensión cognitiva de la competencia 1.

Desempeño del equipo 1 en la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 1

Los datos obtenidos para esta dimensión se concentran en la matriz de evaluación de la tabla 9, que corresponde con la rúbrica 1 del anexo 4.

Tabla 9. Matriz de evaluación del Equipo 1 en la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 1

Matriz de evaluación del Equipo 1 en la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 1				
Competencia 1: Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica				
Tipo de evaluación	Evaluación Formativa por parte del docente			
Dimensión 2	Habilidades técnicas y atributos interpersonales			
Indicador 1	Evidencia identificada	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Comunica de manera oral y escrita las posibles soluciones al	<ul style="list-style-type: none"> Los integrantes del equipo son capaces de transmitir sus ideas, así como de recibir información. 			■

problema de control electrónico	<ul style="list-style-type: none"> Redactan un documento de texto con las posibles vías de solución con un formato adecuado para su comprensión. 			
Puntaje obtenido en este indicador, valor máximo 30				28
Observación: Este equipo sólo describe el procedimiento de la solución que eligieron				
Indicador 2	Evidencia identificada	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Recopila información requerida para el desarrollo del proyecto a través de diversos medios	<ul style="list-style-type: none"> Recopila información de acuerdo con el listado de los conceptos relacionados con la solución que proponen; obtienen aproximadamente el 85% de la información necesaria 			■
Puntaje obtenido en este indicador, valor máximo 30				26
Observación: No utiliza el 100% de los conceptos que se requieren para el desarrollo del proyecto				
Indicador 3	Evidencia identificada	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Integración del equipo	<ul style="list-style-type: none"> El equipo está bien integrado, son propositivos y su trabajo durante el desarrollo del proyecto fue adecuado. 			■
Puntaje obtenido en este indicador, valor máximo 20				16
Observación: existieron momentos de falta de comunicación interna que fueron solucionados				
Indicador 4	Evidencia identificada	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Cumplen con los plazos establecidos	<ul style="list-style-type: none"> Realizan la entrega de sus actividades iniciales en tiempo y forma. 			■
Puntaje obtenido en este indicador, valor máximo 20				18
Observación: la entrega fue a tiempo sin embargo se requiere corregir algunas observaciones realizadas por el docente				
Puntaje total				88

NOTA: Elaboración propia

De acuerdo con la puntuación obtenida, a este equipo se le asigna un nivel de desempeño estratégico en la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 1, cabe mencionar que para esta competencia se requirió de una constante retroalimentación lo que llevó a los equipos a mejorar sus actividades y reflexionar internamente sobre sus trabajos.

De acuerdo con los resultados del nivel de desempeño para las dos dimensiones de la competencia profesional, se analiza el nivel de dominio general para esta, esto se presenta en la tabla 10.

Tabla 10. Análisis del nivel de dominio del equipo 1 en la competencia profesional 1

Competencia profesional 1					
P= Puntaje		ND= Nivel de Desempeño		A= Autónomo E= Estratégico	
Equipo	Dimensión 1		Dimensión 2		Nivel de dominio
	P	ND	P	ND	
1	88	E	88	E	ESTRATÉGICO

NOTA: Elaboración propia

En la tabla 10 se concentraron los datos obtenidos en el análisis de cada dimensión, en ella se observa que para la dimensión 1 que corresponde a las habilidades cognitivas, el equipo obtuvo 88 puntos lo cual representa un nivel de desempeño estratégico, y para la dimensión 2 (habilidades técnicas y atributos interpersonales) también se obtuvieron 88 puntos que corresponde al nivel de desempeño estratégico; al obtener un nivel de desempeño estratégico para ambas dimensiones, a este equipo se le asigna un nivel de dominio estratégico para la competencia profesional 1. De acuerdo con el ejemplo presentado, se llevó a cabo el análisis de datos de todos los equipos para las dimensiones 1 y 2 de cada competencia profesional; los datos obtenidos para la dimensión cognitiva se presentan a continuación.

Competencia profesional 1 (CP1)

La dimensión cognitiva de esta competencia incluye cuatro indicadores 1-1.1, 1-1.2, 1-1.3 y 1-1.4. El trabajo de los estudiantes en cada uno se identificó mediante las actividades que desarrollaron para: concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica. El análisis de la información del trabajo de cada equipo se realizó de acuerdo con los dos ejemplos presentados anteriormente, la cual se concentró en la tabla 11.

Tabla 11. Puntaje por indicador de la DI-CP1

Competencia profesional 1		Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica							
Dimensión 1		Elementos cognitivos							
B= Básico		A= Autónomo				E= Estratégico			
Indicador	Puntaje								
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9
1-1.1	28	20	30	28	25	24	26	25	20

1-1.2	8	6	10	8	8	8	8	8	6
1-1.3	26	20	30	28	25	25	25	25	22
1-1.4	26	22	30	28	25	22	25	24	22
Total	88	68	100	92	83	79	84	82	70
Nivel de desempeño	E	A	E	E	E	E	E	E	A

NOTA: Elaboración propia

Competencia profesional 2 (CP2)

Se utilizaron tres indicadores de evaluación de los elementos cognitivos para la CP2, los datos obtenidos se presentan en la tabla 12; se evaluó la planeación y programación de sistemas y proyectos de ingeniería mecánica, para lo cual los estudiantes establecieron las actividades a realizar, así como la distribución de tiempos para lograr el objetivo de su proyecto.

Tabla 12. Puntaje por indicador de la D1-CP2

Competencia profesional 2		Planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica							
Dimensión 1		Elementos cognitivos							
B= Básico		A= Autónomo				E= Estratégico			
Indicador	Puntaje								
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9
2-1.1	20	20	28	22	25	18	26	20	18
2-1.2	30	25	36	30	35	25	35	30	25
2-1.3	24	18	28	25	25	20	24	24	18
Total	74	63	92	77	85	63	85	74	61
Nivel de desempeño	A	A	E	E	E	A	E	E	A

NOTA: Elaboración propia

Competencia profesional 3 (CP3)

Esta competencia profesional corresponde a la construcción, supervisión, inspección y evaluación de sistemas de ingeniería mecánica, para la cual los estudiantes realizaron los productos a entregar; para evaluarla se consideran cinco indicadores los cuales están presentes en la siguiente tabla.

Tabla 13. Puntaje por indicador de la D1-CP3

Competencia profesional 3		Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica							
Dimensión 1		Elementos cognitivos							
B= Básico		A= Autónomo				E= Estratégico			
Indicador	Puntaje								
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9
3-1.1	20	15	20	20	16	16	18	18	16
3-1.2	20	14	20	20	18	16	18	18	14
3-1.3	16	12	18	16	16	14	16	15	14
3-1.4	18	14	18	18	18	16	16	16	14
3-1.5	18	15	20	20	18	15	18	16	15
Total	92	70	96	94	86	77	86	83	73
Nivel de desempeño	E	A	E	E	E	E	E	E	E

NOTA: Elaboración propia

Competencia profesional 4 (CP4)

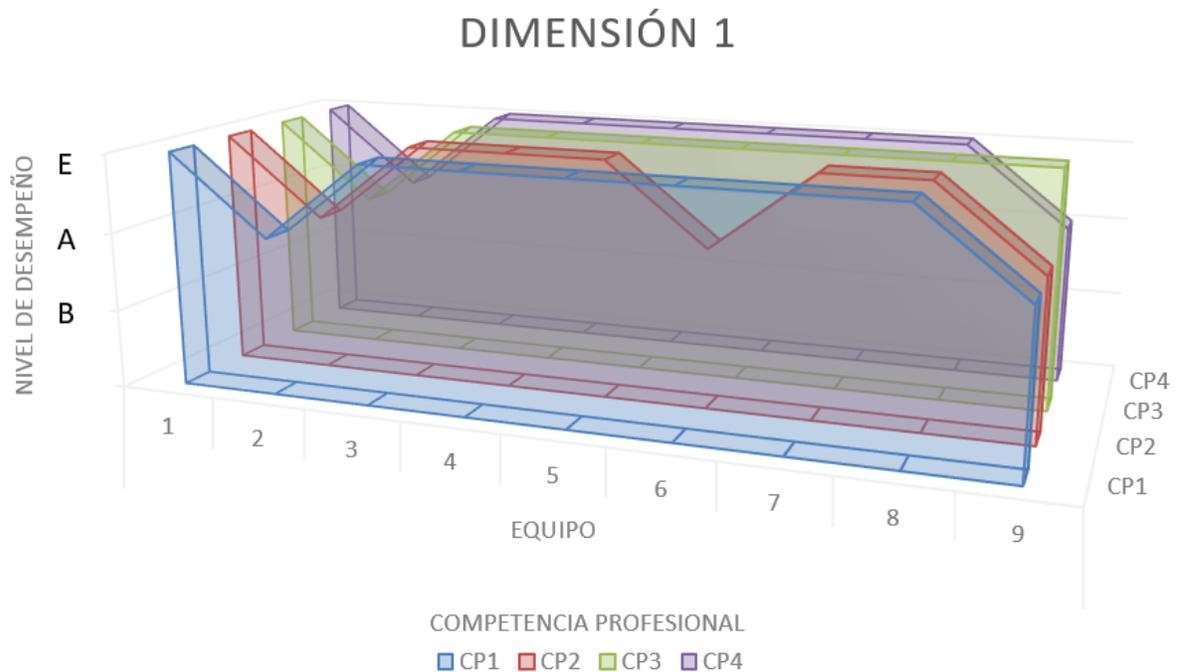
Se utilizaron cuatro indicadores de evaluación de los elementos cognitivos (tabla 14), los cuales se establecieron de acuerdo con las actividades desarrolladas que se relacionan con la competencia profesional: concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica.

Tabla 14. Puntaje por indicador de la D1-CP4

Competencia profesional 4		Utilizar Tecnologías de la Información, software y herramientas para Ingeniería mecánica							
Dimensión 1		Elementos cognitivos							
B= Básico		A= Autónomo				E= Estratégico			
Indicador	Puntaje								
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9
4-1.1	44	34	45	45	40	38	40	40	34
4-1.2	42	34	45	45	40	38	42	40	34
Total	86	68	90	90	80	76	82	80	68
Nivel de desempeño	E	A	E	E	E	A	E	E	A

NOTA: Elaboración propia

En la gráfica 4 se muestran los niveles de desempeño de cada equipo en cada una de las competencias profesionales para esta dimensión.



*Gráfica 4. Nivel de desempeño de cada equipo para la dimensión de elementos cognitivos (D1).
Elaboración propia*

De acuerdo con la gráfica 4, siete de los equipos de trabajo presentan un nivel de desempeño estratégico para la competencia profesional 1, lo que representa que un 77.78% de la población de estudio logró desarrollar elementos cognitivos para concebir y analizar el problema propuesto por el docente para proyectar y diseñar el sistema que daba solución al mismo; el 22.22% restante obtuvo un nivel Autónomo el cual es considerado como el mínimo fundamental para esta investigación, esto representa que logran comprender y analizar el problema, sin embargo requieren de un mayor dominio de los conceptos para poder proyectar y diseñar su solución para lo cual recibieron retroalimentación que les permitió mejorar sus actividades para seguir con el proceso. Se observa que para la competencia profesional 3 que corresponde a las habilidades cognitivas para la construcción, supervisión, inspección y evaluación de sistemas de ingeniería mecánica, ocho de los nueve equipos logran un nivel de desempeño Estratégico, esto se traduce en que una vez comprendido y analizado el problema, es posible entender el proceso de construcción de la solución; sin embargo, para la competencia profesional 2 que establece las habilidades cognitivas para planificar y programar las actividades a realizar para el proceso de solución y construcción de su

proyecto; se observa que una tercera parte de los equipos obtiene un nivel autónomo de desempeño, se puede observar que fue en esta competencia donde se obtuvo el menor nivel de desempeño estratégico para la habilidad cognitiva.

4.2 Evaluación de la dimensión habilidades técnicas y atributos interpersonales (D2)

En el análisis de esta dimensión se consideraron las actividades que desarrollaron los equipos de trabajo así como los productos obtenidos, los cuales se contrastaron con el desarrollo de solución elaborada por el docente; se diseñó una rúbrica por cada competencia profesional, en cada una se establecieron indicadores para evaluar el nivel obtenido por cada equipo; de igual manera que la dimensión cognitiva, los niveles de desempeño son: básico, autónomo y estratégico con los mismos puntajes para cada uno. En la tabla 15 se incluyen las competencias evaluadas con sus respectivos indicadores y la numeración asignada con el mismo formato que los indicadores de la dimensión cognitiva.

Tabla 15. Indicadores para la dimensión 2 por cada competencia profesional

Competencia	Indicadores
1. Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica.	1-2.1 Comunica de manera oral y escrita las posibles soluciones al problema de control electrónico.
	1-2.2 Recopila información requerida para el desarrollo del proyecto a través de diversos medios.
	1-2.3 Integración de equipo.
	1-2.4 Cumplimiento de los plazos establecidos.
2. Planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica	2-2.1 Realiza la planificación del desarrollo de su proyecto siguiendo las características y tiempos establecidos por el docente.
	2-2.2 Distribuye el tiempo acorde a las actividades a desarrollar.
	2-2.3 Seguimiento del diagrama de Gantt.
	2-2.4 Cumplimiento del diagrama de Gantt.
3. Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar	3-2.1 Toma de decisión respecto a los dispositivos que se usarán en relación con sus características eléctricas, físicas, económicas y ambientales.

sistemas de ingeniería mecánica	3-2.2	Diseña la placa impresa (PCB) con base a la lógica de control que da solución al problema planteado, así como la etapa de potencia en caso de requerirse, haciendo uso del menor cableado posible.
	3-2.3	Da cuenta en su actuación del valor de la responsabilidad, acorde con las tareas del proyecto.
	3-2.4	Comunicación oral del desarrollo del proyecto.
	3-2.5	Comunicación escrita del desarrollo del proyecto.
4.Utilizar Tecnologías de la Información, software y herramientas para Ingeniería mecánica	4-2.1	Uso de software para redacción de textos, hoja de cálculo y diapositivas.
	4-2.2	Uso de simulador de circuitos electrónicos (Proteus Professional).
	4-2.3	Selecciona herramientas propias de la ingeniería mecánica.
	4-2.4	hace uso adecuado de herramientas propias de la ingeniería mecánica.

NOTA: Elaboración propia

A continuación, se presenta el análisis de datos para esta dimensión en cada una de las competencias profesionales.

Competencia profesional 1

Se utilizaron cuatro indicadores de evaluación para las habilidades técnicas y atributos interpersonales, considerados para el análisis de la competencia profesional: concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica; estos indicadores se presentan en la siguiente tabla y corresponden a la rúbrica de evaluación del anexo 4, los datos obtenidos por cada equipo de trabajo están registrados en la tabla 16.

Tabla 16. Puntaje por indicador de la D2-CP1

Competencia profesional 1		Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica							
Dimensión 2		Habilidades técnicas y atributos interpersonales							
B= Básico		A= Autónomo				E= Estratégico			
Indicador	Puntaje								
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9
1-2.1	28	22	30	28	26	26	28	26	24
1-2.2	26	20	30	30	24	24	24	24	22
1-2.3	16	16	20	20	18	18	16	18	14
1-2.4	18	14	20	16	16	14	16	14	12

Total	88	72	100	94	84	82	84	82	72
Nivel de desempeño	E	E	E	E	E	E	E	E	E

NOTA: Elaboración propia

Competencia profesional 2

Para esta competencia, se establecieron cuatro indicadores que corresponden a la planeación de actividades para realizar el proyecto, considerando la distribución de tiempos, seguimiento y cumplimiento de estas; los datos obtenidos el análisis fueron registrados en la tabla 17.

Tabla 17. Puntaje por indicador de la D2-CP2

Competencia profesional 2		Planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica							
Dimensión 2		Habilidades técnicas y atributos interpersonales							
B= Básico		A= Autónomo				E= Estratégico			
Indicador	Puntaje								
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9
2-2.1	18	18	25	18	25	18	25	18	18
2-2.2	18	16	25	18	22	16	22	18	16
2-2.3	22	16	22	22	22	18	20	20	16
2-2.4	24	20	25	20	16	18	18	18	16
Total	82	70	97	78	85	70	85	74	66
Nivel de desempeño	E	E	E	E	E	A	E	E	A

NOTA: Elaboración propia

Competencia profesional 3

Se utilizaron cinco indicadores de evaluación para esta competencia los cuales se enfocan a la construcción, supervisión, inspección y evaluación del sistema del proyecto de cada equipo, el análisis de datos se concentra en la tabla 18.

Tabla 18. Puntaje por indicador de la D2-CP3

Competencia profesional 3		Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica							
Dimensión 2		Habilidades técnicas y atributos interpersonales							
B= Básico		A= Autónomo				E= Estratégico			
Indicador	Puntaje								
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9
3-2.1	20	16	20	20	18	16	18	18	16

3-2.2	20	12	16	20	20	18	18	18	14
3-2.3	18	14	20	18	16	14	16	16	14
3-2.4	16	12	20	18	16	16	16	14	12
3-2.5	16	14	20	20	16	16	18	18	14
Total	90	68	96	96	86	80	86	84	70
Nivel de desempeño	E	A	E	E	E	E	E	E	A

NOTA: Elaboración propia

Competencia profesional 4

Para esta competencia, se utilizaron cuatro indicadores de evaluación correspondientes a utilizar tecnologías de la información, software y herramientas para ingeniería mecánica; en la siguiente tabla se presentan estos indicadores y la descripción de cada nivel se puede observar en el anexo 4.

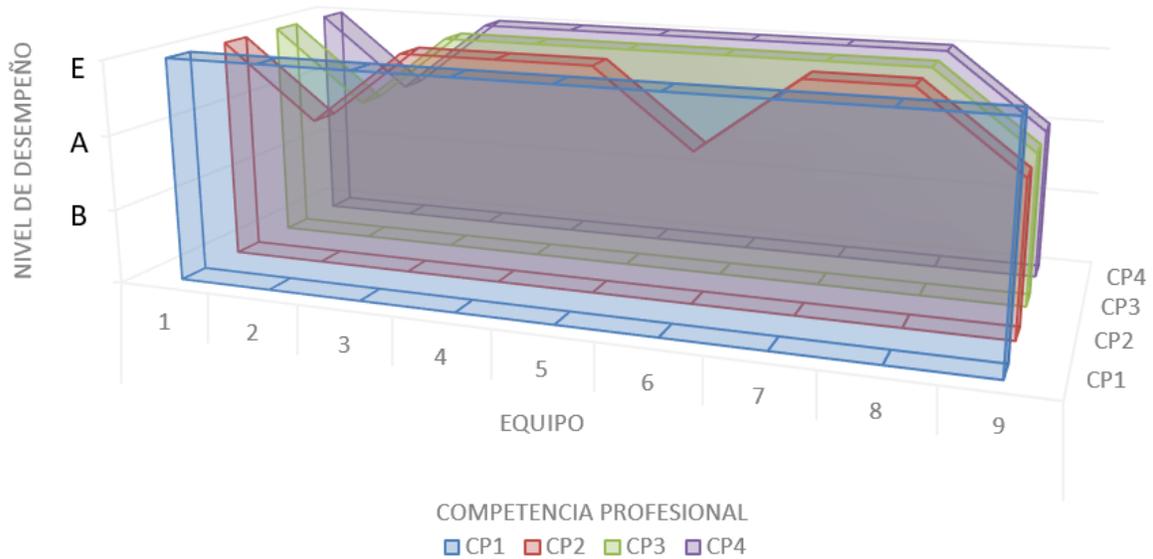
Tabla 19. Puntaje por indicador de la D2-CP4

Competencia profesional 4		Utilizar Tecnologías de la Información, software y herramientas para Ingeniería mecánica							
Dimensión 2		Habilidades técnicas y atributos interpersonales							
B= Básico		A= Autónomo				E= Estratégico			
Indicador	Puntaje								
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9
4-2.1	18	14	20	20	16	16	18	16	13
4-2.2	30	22	28	28	26	24	24	24	22
4-2.3	20	14	20	20	18	16	16	18	13
4-2.4	28	20	28	28	25	25	25	22	20
Total	96	70	96	96	85	81	83	80	68
Nivel de desempeño	E	A	E	E	E	E	E	E	A

NOTA: Elaboración propia

Los datos obtenidos para esta dimensión en cada una de las competencias profesionales se concentran en la siguiente gráfica.

DIMENSIÓN 2



Gráfica 5. Nivel de desempeño de cada equipo para la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales (D2).
Elaboración propia

En la gráfica 5 se observa que para la competencia profesional 2, tres equipos se colocan en un nivel de desempeño autónomo, esto también se presentó en la dimensión cognitiva, siendo la competencia profesional con menor desempeño estratégico por equipos, esto representa que se requiere un mayor trabajo por parte del docente y los estudiantes para perfeccionar esta competencia, la cual se enfoca en la planificación y programación de sistemas y proyectos de ingeniería mecánica. Sin embargo, para esta dimensión, en la competencia profesional 1, los nueve equipos lograron un nivel de desempeño estratégico, esto se debió a la mejora constante de los equipos en la elaboración de sus actividades hasta lograr el visto bueno del docente y a la motivación que presentaron por el desarrollo del problema; para las competencias profesionales 3 y 4, se observa que el equipo 2 y el 9 presentan niveles de desempeño autónomo, lo que se traduce en que lograron la habilidad pero requieren de mayor práctica para una mejora continua.

A continuación, se presenta el análisis del nivel de dominio final por cada competencia profesional.

4.3 Análisis del nivel de dominio de cada competencia profesional

Como se mencionó en el capítulo 3, la evaluación de la competencia profesional se realiza mediante el nivel de desempeño obtenido en la dimensión cognitiva, así como el nivel de desempeño obtenido en la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales; en los apartados 4.1 y 4.2 se desarrolló el análisis de cada dimensión, el nivel de dominio de cada competencia profesional se presenta a continuación.

4.3.1 Competencia profesional 1

En la siguiente tabla se concentran los datos obtenidos en cada dimensión para esta competencia;

Tabla 20. Nivel de dominio por cada equipo en la competencia profesional 1

Competencia profesional 1					
P= Puntaje	ND= Nivel de Desempeño		A= Autónomo	E= Estratégico	
Equipo	Dimensión 1		Dimensión 2		Nivel de dominio
	P	ND	P	ND	
1	88	E	88	E	ESTRATÉGICO
2	68	A	70	A	AUTÓNOMO
3	100	E	100	E	ESTRATÉGICO
4	92	E	94	E	ESTRATÉGICO
5	83	E	84	E	ESTRATÉGICO
6	79	E	82	E	ESTRATÉGICO
7	84	E	84	E	ESTRATÉGICO
8	82	E	82	E	ESTRATÉGICO
9	70	A	72	E	AUTÓNOMO

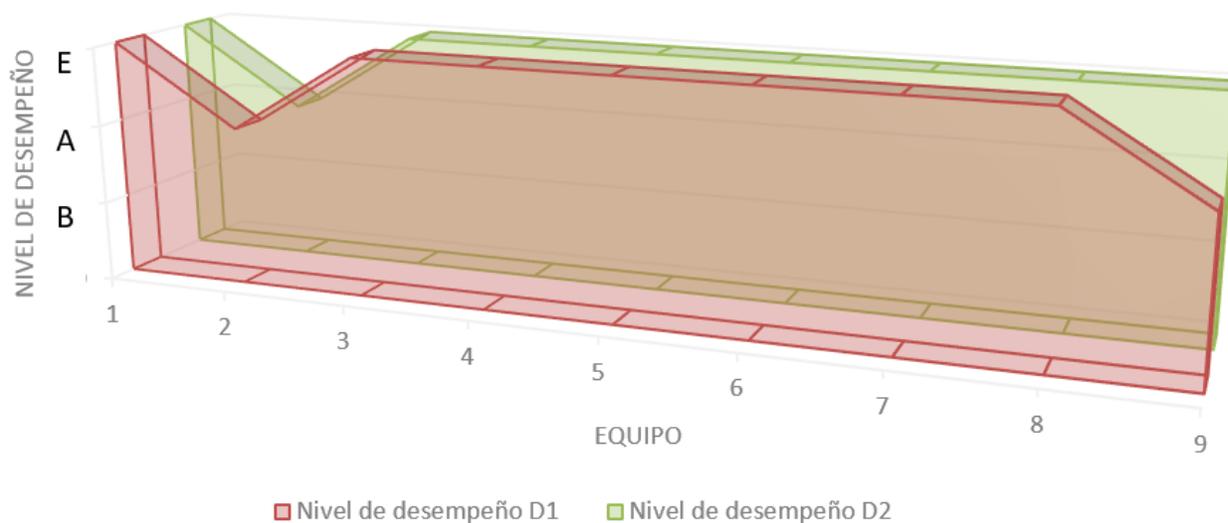
NOTA: Elaboración propia

Para establecer el nivel de dominio de la competencia, se analiza el nivel de desempeño de cada dimensión; en la tabla puede observarse que los equipos 1, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 presentan un nivel de desempeño estratégico para ambas dimensiones; de acuerdo con lo anterior, se determina que su nivel de dominio es estratégico; el equipo

2 presenta un nivel de desempeño autónomo para la dimensión 1 y para la dimensión 2, lo que representa un nivel de dominio autónomo para la competencia profesional.

Sin embargo, para el equipo 9 se observa que en la dimensión cognitiva presentan un nivel de desempeño autónomo y para la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales presentan un nivel de desempeño estratégico, esto representa que los estudiantes tuvieron un mejor dominio de la dimensión 2 que en la dimensión 1, por tal motivo se considera que su nivel de dominio es el autónomo, ya que no se les puede asignar el nivel de dominio estratégico cuando requieren mejorar en la dimensión cognitiva; aunque en el nivel de desempeño en la dimensión 2 haya sido estratégico para este equipo, su puntuación se encuentra en el límite mínimo de este nivel (71 puntos), esto representa que aunque estén dentro de nivel máximo, deben seguir mejorando para incrementar su habilidad.

Nivel de desempeño de la D1 y D2 de la CP1



Gráfica 6. Comparación de los niveles de desempeño de la dimensión 1 y 2 para la competencia profesional 1.
Elaboración propia

Aunado a lo anterior, en la gráfica 6 se observan las relaciones de los niveles de desempeño de la dimensión 1 y 2 para cada equipo.

4.3.2 Competencia profesional 2

Los datos obtenidos en el análisis de la dimensión cognitiva y de habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional: planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica se concentran en la tabla 21, en la misma, se obtiene el nivel de dominio de la competencia, integrando las dos dimensiones antes mencionadas.

Tabla 21. Nivel de dominio por cada equipo en la competencia profesional 2

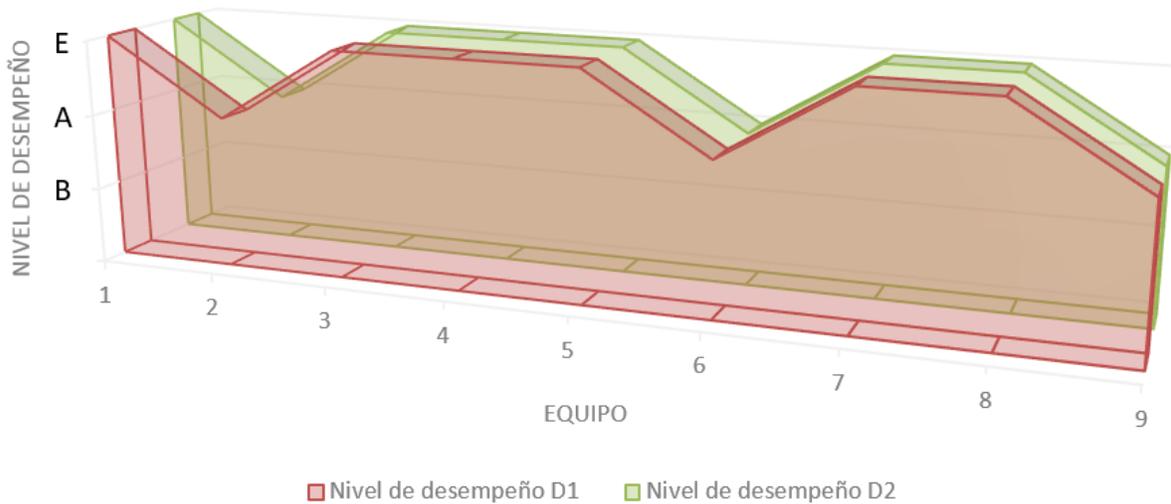
Competencia profesional 2					
P= Puntaje	ND= Nivel de Desempeño		A= Autónomo		E= Estratégico
Equipo	Dimensión 1		Dimensión 2		Nivel de dominio
	P	ND	P	ND	
1	74	E	82	E	ESTRATÉGICO
2	63	A	70	A	AUTÓNOMO
3	92	E	97	E	ESTRATÉGICO
4	77	E	78	E	ESTRATÉGICO
5	85	E	85	E	ESTRATÉGICO
6	63	A	70	A	AUTÓNOMO
7	85	E	85	E	ESTRATÉGICO
8	74	E	74	E	ESTRATÉGICO
9	61	A	66	A	AUTÓNOMO

NOTA: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 21, seis de los nueve equipos obtuvieron un nivel de dominio estratégico para esta competencia, y los tres equipos restantes un nivel de dominio autónomo; esto representa que dos terceras partes del total de la población de estudio logró el nivel más alto en la planificación y programación de sistemas y proyectos de ingeniería mecánica; cabe mencionar que tuvieron complejidades en el desarrollo de las actividades ya que como equipos organizaron y plantearon las actividades que los guiarían para el desarrollo de su proyecto estableciendo un orden y tiempos a cada una por lo que tuvieron que dar seguimiento a ese plan que ellos mismos habían planteado.

En la gráfica 7 se puede observar que el equipo 1, 3, 4, 5, 7 y 8 son los que obtuvieron un nivel de dominio estratégico; mientras que los equipos 2, 6 y 9 un nivel de dominio autónomo.

Nivel de desempeño de la D1 y D2 de la CP2



Gráfica 7. Comparación de los niveles de desempeño de la dimensión 1 y 2 para la competencia profesional 2. Elaboración propia

4.3.3 Competencia profesional 3

En la tabla 22 se concentran los datos obtenidos en la dimensión 1 y 2 de esta competencia profesional; en ella se observa que los equipos 1, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 obtuvieron un nivel de desempeño estratégico para ambas dimensiones, por lo que se les asigna un nivel de dominio estratégico para esta competencia; el equipo 2 obtuvo un nivel de desempeño autónomo en la dimensión 1 y 2, por tal motivo se le asigna un nivel de dominio autónomo; sin embargo el equipo 9 obtuvo un nivel de desempeño estratégico para la dimensión cognitiva, mientras que para la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales obtuvo un nivel de desempeño autónomo; esto se traduce en que este equipo desarrolló un mayor dominio de las habilidades cognitivas que de las habilidades técnicas, a razón de esto se le asigna un nivel de dominio autónomo.

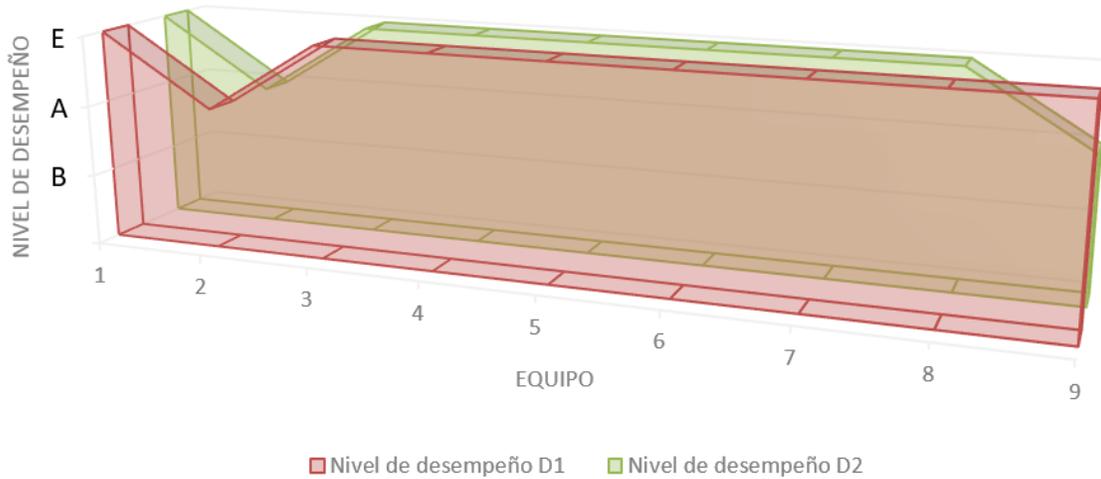
Tabla 22. Nivel de dominio por cada equipo en la competencia profesional 3

Competencia profesional 3					
P= Puntaje		ND= Nivel de Desempeño		A= Autónomo E= Estratégico	
Equipo	Dimensión 1		Dimensión 2		Nivel de dominio
	P	ND	P	ND	
1	92	E	90	E	ESTRATÉGICO
2	70	A	68	A	AUTÓNOMO
3	96	E	96	E	ESTRATÉGICO
4	94	E	96	E	ESTRATÉGICO
5	86	E	86	E	ESTRATÉGICO
6	77	E	80	E	ESTRATÉGICO
7	86	E	86	E	ESTRATÉGICO
8	83	E	84	E	ESTRATÉGICO
9	73	E	70	A	AUTÓNOMO

NOTA: Elaboración propia

Cabe mencionar que tres de los nueve equipos obtuvieron una mayor puntuación en la dimensión cognitiva que en la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales, esto también se observó en la construcción del proyecto; lo anterior se traduce en que los estudiantes dominan los conceptos de la asignatura sin embargo presentan mayor conflicto para la construcción de proyectos del contexto en la cual ponen en práctica estos conocimientos. Estos datos pueden observarse en la gráfica 8.

Nivel de desempeño de la D1 y D2 de la CP3



Gráfica 8. Comparación de los niveles de desempeño de la dimensión 1 y 2 para la competencia profesional 3.
Elaboración propia

4.3.4 Competencia profesional 4

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos en ambas dimensiones de esta competencia profesional, en ella se observa que siete de los nueve equipos obtuvieron un nivel de desempeño estratégico para la dimensión cognitiva y para la de habilidades técnicas y atributos interpersonales, lo anterior determina que su nivel de dominio es estratégico; los dos equipos restantes obtuvieron un nivel de desempeño autónomo en ambas dimensiones para lo cual se establece un nivel de dominio autónomo.

Tabla 23. Nivel de dominio por cada equipo en la competencia profesional 4

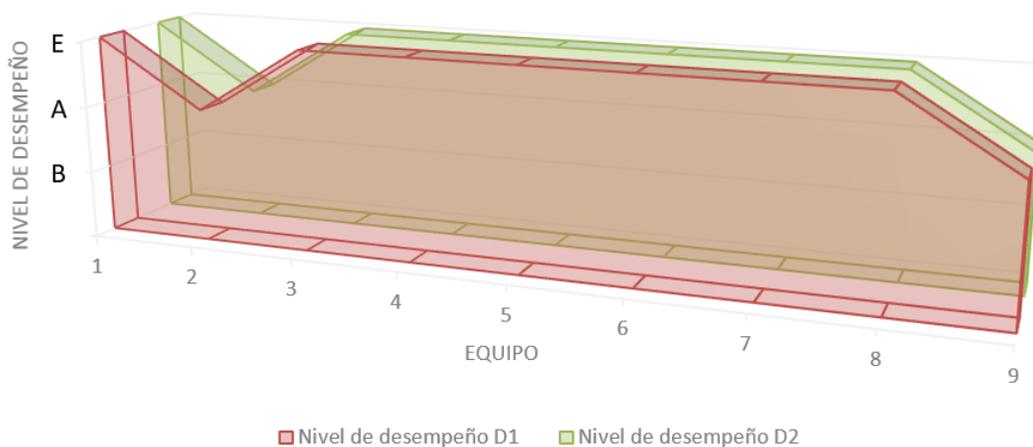
Competencia profesional 4					
P= Puntaje	ND= Nivel de Desempeño		A= Autónomo		E= Estratégico
Equipo	Dimensión 1		Dimensión 2		Nivel de dominio
	P	ND	P	ND	
1	86	E	96	E	ESTRATÉGICO
2	68	A	70	A	AUTÓNOMO
3	90	E	96	E	ESTRATÉGICO
4	90	E	96	E	ESTRATÉGICO
5	80	E	85	E	ESTRATÉGICO

6	76	E	81	E	ESTRATÉGICO
7	82	E	83	E	ESTRATÉGICO
8	80	E	80	E	ESTRATÉGICO
9	68	A	68	A	AUTÓNOMO

NOTA: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se presenta la comparación de resultados de ambas dimensiones; para esta competencia el 77.78% de la población de estudio obtuvo un nivel de dominio estratégico, lo que representa que, por medio de las actividades planteadas para el ABP, los estudiantes adquieren tanto elementos cognitivos como habilidades técnicas y atributos interpersonales para su desarrollo profesional.

Nivel de desempeño de la D1 y D2 de la CP4



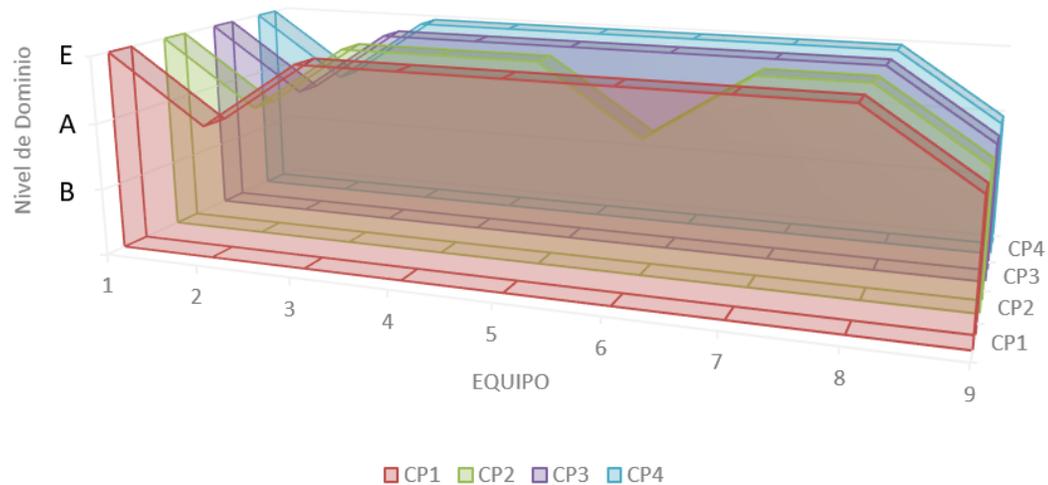
Gráfica 9. Comparación de los niveles de desempeño de la dimensión 1 y 2 para la competencia profesional 4.

Elaboración propia

En la gráfica 10 se concentra el nivel de dominio de las cuatro competencias profesionales para cada equipo de estudiantes; en ella se observa que seis equipos obtuvieron un nivel de dominio estratégico para todas las competencias; el equipo 6 obtuvo un nivel de dominio estratégico para las competencias profesionales 1, 3 y 4, mientras que para la competencia profesional 2 obtuvo un nivel de dominio autónomo; los equipos 2 y 9 presentaron un nivel de dominio autónomo para las cuatro competencias, cabe mencionar que este nivel de dominio es el mínimo fundamental

para esta investigación, lo cual no representa que no hayan obtenido la habilidad, pero que requieren de mayor práctica para incrementar su nivel de dominio.

Nivel de dominio de cada equipo para cada competencia profesional



Gráfica 10. Nivel de dominio de cada competencia profesional por equipo de estudiantes.
Elaboración propia

El trabajo desarrollado por cada equipo representó el esfuerzo y deseo por aplicar sus conocimientos y obtener buenos resultados, lo cual se vio reflejado en el nivel de dominio alcanzado para cada competencia profesional, algunos de los comentarios de los alumnos respecto a la aplicación de la metodología ABP son:

Aprendí mucho en este semestre, en especial de mis compañeros ya que cada uno aportó algo importante, las habilidades de todos apoyaron a cumplir con los objetivos (Estudiante de equipo 1).

Encantada de haber cursado esta materia, fue muy dinámica y me sentí muy satisfecha armando circuitos por mí misma, analizando y pensando. Durante el proyecto mi equipo tuvo muchas complicaciones y llegamos a sentirnos presionados, pero logramos nuestras metas y esa es nuestra mejor recompensa, una vez más comprendí que: “el futuro está en aquellos que creen en la grandeza de belleza de sus sueños” (Estudiante de equipo 8).

Me gustó trabajar en este proyecto, que más que eso fue un reto el cual pudimos resolver. Me quedo con muy buenos conocimientos de electrónica, y lo mejor fue haber terminado el proyecto al 100% por alumnos con sus distintas habilidades. (Estudiante de equipo 9)

Considero que uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de este proyecto fue hacer y respetar una planeación para que se pudieran finalizar las diferentes tareas a tiempo. (Estudiante de equipo 5)

Considero que con este proyecto me quedó mejor entendido los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, ya que no solo se aplicó de electrónica digital, sino también de otras asignaturas como electrónica de potencia y mecánica de fluidos, por ello valoro la aplicación de mis conocimientos ya que me permitió acercarme más a la realidad de lo que es estar en la industria y el trabajo en equipo. (Estudiante de equipo 4)

En el siguiente capítulo se muestran las conclusiones obtenidas con base en la pregunta de investigación y los objetivos planteados.

Conclusiones

Es evidente que los nuevos modelos educativos se enfocan hacia el aprender a aprender, lo que obliga a innovar la práctica educativa, pues ahora el estudiante debe ser partícipe en la formación de su conocimiento, dejando atrás aquellas estrategias que solo fomentan la recepción y memorización de los contenidos. Por otra parte el desarrollo tecnológico genera en las personas la necesidad de actualizarse para dar respuesta a las problemáticas sociales, lo que exige de modelos que permitan programas académicos flexibles que se ajusten a los diferentes contextos sociales. Un modelo que intente lograr los objetivos que plantea la demanda social del sistema educativo, requiere, además de un entorno aplicable, los recursos docentes y tecnológicos que maximicen la calidad del conocimiento que se pretende lograr en un sistema de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

Aunado a lo anterior, Sutz (1998) establece que el objetivo de un curso en Ciencia y Tecnología es presentar estos como procesos sociales, de tal forma que el estudiante relacione los temas con su contexto e identifique las diversas aplicaciones que pueda tener un tema específico, para obtener una perspectiva en torno a la ciencia y la tecnología; sin embargo, para que una educación en CTS tenga resultados positivos, se requiere del uso de diferentes estrategias y enfoques con la finalidad de poner énfasis en las actividades que realizará el estudiante para generar su conocimiento; estas estrategias deben propiciar el interés del estudiante para crear motivación hacia la investigación, proponer soluciones, crear un análisis e interpretación más allá de lo que recibe por parte del profesor, a través de una participación activa basada en una ética y valores, y dejar a un lado la acción pasiva que generalmente se le ha dado en la enseñanza tradicional.

Debido al constante avance en el que nos encontramos, es importante que los estudiantes generen ciertas habilidades que les ayudarán a desarrollarse adecuadamente en el ámbito laboral y social; una forma de lograrlo es a través de una Educación Basada en Normas de Competencia (EBNC), ya que de acuerdo con la

UNESCO (2004), un contexto económico debe ser reforzado a través del vínculo entre la enseñanza superior, el ámbito laboral y otros sectores sociales.

En este tipo de enseñanza, el rol del docente es ser un tutor, pues el estudiante debe ser capaz de realizar un aprendizaje autónomo, ya que es libre de generar sus ideas a través de otros medios de información, por medio de la investigación, el análisis de los datos obtenidos, desarrollo de innovaciones y diseños de posibles soluciones a diversos problemas a través de la tutoría recibida por parte del docente, donde este último debe estar comprometido con su práctica para apoyar al estudiante en su autonomía.

Aunado a lo anterior, la preocupación por la educación ha ido más allá que solo alfabetizar al mayor número de habitantes posible, puesto que se requiere que esta alfabetización sea enfocada en CTS, sin embargo, de acuerdo con Pérez (1998), se ha presentado un decremento en el interés sobre el estudio de ciencias, esto conforme aumenta el grado escolar, originando una preocupación sobre este desinterés y qué es lo que lo genera, pudiéndose pensar que la forma en cómo se enseñan las ciencias puede ser un factor del mismo; se puede comprender que el progreso en educación no solo se logrará con la modificación de planes de estudio, sino que también se debe innovar la forma de enseñanza en relación a las nuevas necesidades sociales.

Es por lo que surge esta investigación, en la cual se buscó dar respuesta a la pregunta: ¿qué efecto tiene utilizar la metodología de ABP para el desarrollo de las competencias profesionales de la asignatura Electrónica Digital Aplicada en los alumnos de Ingeniería Mecánica de la ESIME Azcapotzalco?

En el programa de la asignatura Electrónica Digital Aplicada se establece que el alumno realizará investigación bibliográfica, búsqueda y revisión de páginas web, exposición y discusión por equipos coordinados por el docente, construcción de prototipos, simulación de circuitos en computadora y realización de prácticas en laboratorio con circuitos de control; y la evaluación plantea que se tomarán en cuenta participaciones como exposición, construcción de prototipos de circuitos de control y reportes escritos; aunado a lo anterior es que en esta investigación se aplica el ABP

por medio de un problema de control relacionado al contexto del estudiante donde se incluyeran las actividades y evaluación propuestas en el programa de la asignatura.

Así mismo, de acuerdo con las actividades que plantea el programa de la asignatura, se establecen cuatro competencias profesionales, para cada una se analizó la dimensión de elementos cognitivos que corresponden a los conocimientos que son necesarios para desarrollar el proyecto y la dimensión de habilidades técnicas y atributos interpersonales los cuales son lo que el alumno sabe hacer y ser en relación con las habilidades cognitivas. De esta manera se realizó el análisis del nivel de desempeño para ambas dimensiones, lo cual nos permitió obtener el nivel de dominio de cada competencia profesional por medio de matrices de evaluación apoyadas de indicadores establecidos en las rúbricas de cada dimensión.

Dado, que una competencia se evalúa en dos dimensiones, cognitiva y de habilidades; se confirma lo señalado por los autores Uden & Beaumont en el sentido de que, si un equipo en una competencia se ubica en una dimensión en un nivel de desempeño estratégico en la dimensión cognitiva, por lo menos tiene un nivel de dominio autónomo para la competencia profesional. En relación con lo anterior, se concluye lo siguiente:

Para la competencia concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica se obtuvo que de los nueve equipos de trabajo, siete obtuvieron un nivel de dominio estratégico y dos un nivel autónomo; aunado a lo anterior, el 77.78% de la población de estudio logró transmitir y recibir información relacionada con el problema planteado lo cual les sirvió para establecer las posibles vías de solución al mismo y elegir la vía más adecuada tomando en cuenta las características eléctricas y ambientales, así mismo lograron una adecuada búsqueda y selección de información, el trabajo en equipo fue adecuado lo que les permitió un buen avance en el desarrollo de su proyecto; el porcentaje restante requirió de mayor tiempo y apoyo por parte del docente para poder establecer las rutas de solución, por lo cual se requiere reforzar los elementos cognitivos y las habilidades técnicas y atributos interpersonales.

Para la competencia planificar y programar sistemas de ingeniería mecánica los alumnos tuvieron algunas complicaciones, ya que como ellos lo mencionaron, “no

estamos acostumbrados a elaborar un plan de actividades y llevar a cabo las actividades”, “ fue complicado realizar el diagrama de Gantt ya que en mi caso nunca había elaborado uno”, “estamos acostumbrados a hacer las cosas un día antes de entregarlas, creo que es algo típico del mexicano” (estudiantes del equipo 5, 7 y 8 respectivamente); sin embargo después de ida y vuelta entre entrega de borrador de la actividad y retroalimentación, seis de los equipos lograron obtener un nivel de dominio estratégico para esta competencia profesional

Aunado a lo anterior, se obtiene que el 66.7% logró diseñar un diagrama de Gantt con las actividades ideales para desarrollar su proyecto estableciendo tiempos adecuados a cada una en orden lógico, para el cual analizaron los obstáculos que se les presentaron para poder dar seguimiento y terminar con las actividades planteadas lo cual les ayudó a cumplir con sus metas; entre los comentarios de los estudiantes uno de los más importantes es:

elaborar una planeación de las actividades del equipo nos permitió terminar el proyecto sin atrasos lo cual también sirvió para no atrasarnos en otras materias y no estresarnos tanto en el fin del semestre, deberíamos realizar este tipo de planeaciones con más frecuencia ya que nos es de gran utilidad para organizarnos. (estudiante del equipo 3)

En la competencia: construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica, los equipos obtuvieron grandes resultados ya que en el proyecto se requería diseñar el sistema con sensores de nivel y temperatura que controlaran la acción de las cargas de salida, que en este caso fueron 2 bombas de agua de 12V de CD, una resistencia de inmersión de CA y una alarma visual, lo anterior muestra que tuvieron que realizar el acoplamiento de las señales eléctricas de entrada para que fueran aceptables para el sistema de control, además de calcular una etapa de potencia para activar las cargas de salida de acuerdo a sus niveles de operación; para lo cual los estudiantes llegaron a comentar que “no es lo mismo encender un LED por medio de un interruptor a activar un sistema real, ya que si no se toma en cuenta las características eléctricas no funcionará bien” (estudiante del equipo 4).

Sin embargo, independientemente de las complejidades que se presentaron, los nueve equipos lograron obtener el sistema de control automatizado; al realizar el análisis del

dominio de la competencia también se observó que tres de los nueve equipos presentaron mejor puntaje para la dimensión cognitiva que para la de habilidades técnicas y atributos interpersonales, lo que demuestra que estos equipos están más familiarizados con el dominio de los conceptos que para la aplicación de los mismos, lo cual es un dato de gran importancia ya que demuestra que un porcentaje de los estudiantes, al egresar no se encuentran en un nivel estratégico para la aplicación de sus conocimientos en el área laboral y social, por tal razón se requiere la aplicación de enfoques como el ABP para mejorar el desarrollo de estas habilidades.

En la cuarta competencia profesional establecida para el uso de tecnologías de la información, software y herramientas para Ingeniería Mecánica, se obtuvo que los equipos obtuvieron un mejor desempeño en las habilidades técnicas y atributos interpersonales en comparación de las habilidades cognitivas, lo cual demuestra que tienen mayor familiaridad con el uso de las herramientas tecnológicas y propias de su carrera pero requieren mejorar en lo que respecta a la búsqueda de información en la WEB, el análisis y síntesis para elaboración de diapositivas y redacción de memoria técnica.

Realizando un análisis general, se obtiene que seis equipos obtuvieron un nivel de dominio estratégico en todas las competencias profesionales, representando un 66.7% de la población de estudio, un equipo obtuvo nivel de dominio estratégico en la competencia profesional 1, 3, y 4, y un nivel autónomo en la competencia profesional 3; los dos equipos restantes obtuvieron un nivel de dominio autónomo para las cuatro competencias. Lo anterior también se relaciona con los datos obtenidos en la encuesta informal realizada a la población de estudio donde se obtuvo que 31 estudiantes de los 36 que integran el grupo tenían experiencia básica con el desarrollo de proyectos relacionados con la temática de alguna asignatura; esto se traduce en que mientras más experiencia tenga el estudiante con la metodología ABP, obtendrá un mayor nivel de dominio de las competencias profesionales de su área.

Con base en estos resultados es posible afirmar que el diseño y aplicación de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos por parte del docente favorece en los estudiantes el desarrollo de las competencias profesionales establecidas en el

programa de Electrónica Digital Aplicada ya que en esta se busca que el estudiante genere su conocimiento a través de la implementación de un proyecto del contexto, para que pueda relacionar los temas con su aplicación y que de esta forma le dé significado a través del razonamiento y la puesta a prueba de las soluciones que ellos mismos propongan, dejando a un lado la memorización y la aprobación de exámenes teóricos.

Aunado a lo anterior, también se aprecia la importancia de evaluar por separado la dimensión de elementos cognitivos y la de habilidades técnicas y atributos interpersonales, ya que de esta forma se le permite al docente conocer cuál de las dos dimensiones requiere de mayor atención en cada equipo de trabajo, con la finalidad de analizar las causas u obstáculos que se estén presentando y poder buscar soluciones viables para mejorar el nivel de desempeño.

En esta investigación también se incorporó el uso de la plataforma de Dropbox para facilitar la transmisión de los archivos finales de las actividades iniciales así como seguimiento y retroalimentación por parte del docente, lo cual facilitó la mejora continua de estas actividades y la comunicación, pues en la hora y media que corresponde a una clase presencial no se logra abarcar con la revisión de todos los equipos; de esta forma los jóvenes tuvieron la oportunidad de tener asesoría fuera del horario de clase a través de esta plataforma.

Sin embargo, la aplicación de esta metodología requiere de mayor tiempo de trabajo por parte del docente, pues como lo comento en el párrafo anterior, el tiempo de cada sesión de clase no es suficiente para dar seguimiento a todos los equipos, así mismo, su trabajo inicia desde el análisis y selección de un proyecto que sea adecuado para el perfil del estudiante en relación con la asignatura y los alcances del mismo; el desarrollo de las actividades, la implementación, seguimiento y retroalimentación de cada equipo de trabajo y la evaluación que es constante desde el inicio hasta el final; para ello se requiere estar preparado para afrontar las diversas situaciones que se pueden presentar, además de tener mente abierta ante las posibles soluciones de los estudiantes, ya que puede suscitarse que estos tengan ideas que al docente no se habrían ocurrido.

En la aplicación del ABP también se encontró una desventaja que se considera de importancia por parte del docente y de los alumnos, en el desarrollo de proyectos en asignaturas como lo es la electrónica digital, la adquisición de sensores y cargas incrementa considerablemente los costos, en este caso se necesitó de dos bombas de agua de CD, una resistencia de inmersión de CA, una alarma, dos sensores de nivel y dos sensores de temperatura, además de los costos de la placa fenólica, y otros componentes como resistores, condensadores, cable, conectores entre otros; el costo del proyecto fue alrededor de los \$600.00 M/N dependiendo de los elementos seleccionados, ya que la mayoría de los equipos elaboró sus sensores de nivel lo cual redujo el costo total.

Por tal razón, hay que tomar en cuenta que, de la población de estudio, 53% son originarios de la Ciudad de México y Área Metropolitana, el 45% restante proviene de otros estados de la República y un 2% de otro país (Colombia en este caso), por tal motivo, los estudiantes que corresponden a este 47% deben pagar renta en la CDMX; esto representa que, de su ingreso como estudiantes, cada integrante de equipo tuvo que aportar aproximadamente \$150.00 M/N para la realización de su proyecto.

Lo anterior puede solucionarse, ya que en la Academia de Eléctrica-Electrónica se puede solicitar el material para la implementación de proyectos de este tipo, sin embargo, llevará un lapso para obtenerlo. Otra opción es que en sexto semestre se pidan proyectos en otras asignaturas, lo cual puede favorecer al estudiante mediante un análisis entre las academias para desarrollar un solo proyecto que incluya conceptos de las asignaturas que se relacionen con él; pues en esta implementación, los jóvenes hicieron uso de los conocimientos adquiridos en asignaturas como circuitos eléctricos, máquinas eléctricas y electrónica de potencia aplicada que pertenecen a la academia de eléctrica-electrónica, pero también hicieron uso de conocimientos de otras asignaturas, como mecánica de fluidos, mecánica de materiales, transferencia de calor y manufactura.

Reflexiones finales

He llegado a la fase final de mi trabajo de investigación, cuando llegué al CIECAS traía un solo problema de investigación el cual se fue esculpiendo hasta obtener la versión final de la presente tesis; ahora que he logrado resolver este primer problema, puedo observar que a través de la trayectoria para llegar a ella, fui encontrando otros problemas que tienen tanta o más importancia que el que he resuelto, esto conlleva a iniciar un nuevo trabajo de investigación donde se puede considerar un trabajo colaborativo, pues al implementar la metodología de ABP en la asignatura que imparto, pude darme cuenta que el proyecto diseñado por el docente y desarrollado por los estudiantes además de ser adecuado para cerrar la formación eléctrica-electrónica de estos, también contribuye al fortalecimiento de otras áreas de la ingeniería mecánica, tales como: térmicas, hidráulica, diseño mecánico entre otras, para las cuales como docente no pude asesorar a los estudiantes, ya que desconozco esas áreas.

Lo anterior se traduce en que la metodología de ABP al ser apta para una implementación multidisciplinar, es prudente y necesario analizar y diseñar proyectos a través de la integración de las academias de la ESIME-Azcapotzalco, tomando en cuenta la temática de las asignaturas por semestre, el contexto del estudiante y las necesidades actuales de la sociedad; lo anterior contribuiría a la puesta en práctica e integración de los conocimientos de los estudiantes además de reducir costos de realización de prototipos, pues en lugar de realizar 2 o 3 proyectos finales del semestre, se realizaría solo 1 que abarque temas de todas las asignaturas cursadas.

Así mismo, al realizar un proyecto multidisciplinario, el número de docentes aumentaría lo cual favorece el seguimiento y la revisión del avance de los estudiantes, permitiendo una retroalimentación en tiempo y forma para una mejora constante, pues para la implementación del ABP se requiere disponer más tiempo por parte del docente y de los estudiantes. Lo anterior me llevó a hacer uso de las herramientas tecnológicas como medio de comunicación extra clase, considero que estas herramientas fueron de gran utilidad para el desarrollo del proyecto por parte de los estudiantes, pues por medio de ellas, los jóvenes podían comunicarse con el docente para resolver dudas que se presentaban después de la hora de clase así como para hacer envío de sus

actividades para revisión, considero que en la actualidad es pertinente hacer uso de estas herramientas con fines educativos por lo que también es necesario analizar la adecuada forma de implementación para evitar desvíos de información.

Este trabajo de investigación me ha permitido mejorar mi práctica docente pero más aún, los datos y resultados obtenidos me han abierto un panorama diferente respecto a lo que realmente requiere la educación superior; en este sentido, esta tesis servirá como apoyo para el rediseño de los planes y programas de la academia Eléctrica-Electrónica de la ESIME Azcapotzalco y de ser posible, para las demás academias que conforman esta escuela del Instituto Politécnico Nacional.

Bibliografía

- Assets. (s.f.). *Introducción a los Sistema Digitales*. Obtenido de Mheducation: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844817156X.pdf>
- Bautista, N. (2011). *Proceso de la investigación cualitativa. Epistemología, metodología y aplicaciones*. Bogotá: Manual Moderno.
- Blank, W. (1997). *Authentic instruction*. Tampa, Florida: University of South Florida.
- Chagoyán, P. (2012). Rastreado el origen pedagógico del modelo educativo por competencias. *Revista COEPES*.
- Centro de Investigación para el Desarrollo A. C. (2014). *Encuesta de competencias profesionales 2014*. México: CIDAC.
- Ciro, C. (2012). *Aprendizaje Basado en Proyectos Como estrategia de Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Básica y Media*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Cohen, P. (s.f.). *Electrosoft Ingeniería*. Obtenido de pcb.electrosoft: <http://www.pcb.electrosoft.cl/04-articulos-circuitos-impresos-desarrollo-sistemas/01-conceptos-circuitos-impresos/conceptos-circuitos-impresos-pcb.html>
- Curzio, L. (1998). *Toma de decisiones*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Díaz-Barriga, F., & Hernández, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. México: McGraw-Hill.
- Escalante, M. (10 de Octubre de 2015). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/rmhpe0p0anei/enfoques-de-la-investigacion/>
- Floyd, T. (2006). *Fundamentos de Sistemas Digitales*. Madrid, España: PEARSON Educación.
- Floyd, T. (2008). *Dispositivos Electrónicos*. México: Pearson Educación.
- Galeana, L. (2002). *Aprendizaje Basado en Proyectos*. Colima, México: Universidad de Colima.
- Gil, D. (1998). El papel de la Educación ante las trans- formaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 69-90.
- Giuliano, G. (06 de 2011). *Ingeniería y Desarrollo Sustentable*. Obtenido de [www.uca.edu.ar: http://www.uca.edu.ar/mailling/ingreso/2011-06-Ingenieria-Desarrollo-Sustentable-IngGustavo-Giuliano.pdf](http://www.uca.edu.ar/mailling/ingreso/2011-06-Ingenieria-Desarrollo-Sustentable-IngGustavo-Giuliano.pdf)

- Instituto Politécnico Nacional. (Agosto de 2004). *Programa Sintético de la asignatura Electrónica Digital Aplicada*. México: Secretaría Académica IPN.
- Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco. (1 de 10 de 2015). *esimeazc.ipn.mx*. Obtenido de <http://www.esimeazc.ipn.mx/Paginas/Mecanica.aspx>
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2000). *Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño*. Cd. de México: Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo.
- Labcenter Electronics. (2017). *Proteus Professional*. Obtenido de Labcenter: <https://www.labcenter.com/education/>
- Maldonado, M. (2008). Aprendizaje Basado en Proyectos Colaborativos: Una experiencia en educación superior. *Laurus, Revista de Educación*, 158-180.
- Mandado, E., Acevedo, J., & Pérez, A. (1999). *Controladores lógicos y autómatas programables*. Alfaomega.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; Fondo Social Europeo. (2012). *Competencias para la Inserción Laboral. Guía para el Profesorado*. España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Fondo Social Europeo.
- Morín, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. París, Francia: UNESCO.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2011). *Towards an OECD Skills Strategy*.
- Oliver, M. (2005). *Mixed-Project-Based Learning Methodology in Computer / Electronic Engineering*. Barcelona, España: IEEE International Symposium on Industrial Electronics.
- Omhietecno. (26 de Febrero de 2012). *Omhietecno*. Obtenido de <https://omhietecno.wordpress.com/2012/02/26/ascensor/>
- Osorio, C. (2002). Educación Científica y Tecnológica desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad, Aproximaciones y Experiencias para la Educación. *Revista Ibero-Americana en Educación*, 1-14.
- Palacios, E., Remiro, F., & López, L. (2009). *Microcontrolador PIC16F84. Desarrollo de proyectos*. México, D.F: Alfaomega.
- Pérez, D. (1998). El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 68-90.
- Pimienta, J. (2007). *Metodología constructivista*. México: Pearson Educación.
- Pimienta, J. (2012). *Las Competencias en la Docencia Universitaria*. México: Pearson Educación.

- Riquelme, M., & Mendioroz, A. (2015). *La formación en Competencias para Educación Superior en el IPN*. México: Dirección de publicaciones IPN.
- Tobón, S. (2006). *Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Bogotá, Colombia: Ecoe.
- Tobón, S., Pimienta, J., & J, G. (2010). *Secuencias Didácticas. Aprendizaje y Evaluación de competencias*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Torres, M. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tecnologías. *Revista Electrónica Educare*, 131-142.
- Tuning. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe. Informe final Fase uno*. España: Sócrates.
- Tuning, A. (2007). *Tuning América Latina. Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina*. Universidad de Deusto.
- Universidad de Celaya. (s.f.). <http://www.udec.edu.mx/>. Obtenido de <http://www.udec.edu.mx/portal/docs/DIDACTICA/INSTRUMENTOS%20DE%20EVALUACION.pdf>
- Uden, L., & Beaumont, C. (2006). *Technology and Problem-Based Learning*. United States of America: Information Science Publishing.
- Umanzor, C. (2011). *¿Cómo enseñar a tomar decisiones acertadas?* San Salvador: FUNDESYRAM.

Anexos

Anexo 1 Contenido Sintético de Electrónica Digital Aplicada



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES EN INGENIERÍA Y CIENCIAS FÍSICO
MATEMÁTICAS

PROGRAMA SINTÉTICO

CARRERA: Ingeniería Mecánica

ASIGNATURA: Electrónica Digital Aplicada

SEMESTRE: Sexto

OBJETIVO GENERAL:

El alumno diseñará circuitos de control para motores de CD, CA y motores a pasos incluyendo PLC'S en procesos de control de equipo eléctrico.

CONTENIDO SINTÉTICO:

- I. Introducción a la Electrónica de Control
- II. Compuertas Lógicas
- III. Circuitos Integrados
- IV. Control Electrónico de Motores a Pasos
- V. Controladores Industriales por PLC'S
- VI. Microcontroladores

METODOLOGÍA:

Investigación bibliográfica referente al tema.

Búsqueda y revisión de las páginas web referidas al tema.

Exposición y discusión del tema por equipos coordinados por el profesor

Elaboración de material a utilizar en las exposiciones por equipo

Construcción de prototipos de circuitos

Simulación de circuitos electrónicos en computadora

Realización de prácticas en laboratorio con circuitos de control de equipo eléctrico

EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN:

Se aplicarán tres exámenes departamentales en el transcurso del semestre. Se tomarán en cuenta participaciones como exposición del tema, construcción de prototipos de circuitos de control, reporte de prácticas, etc

BIBLIOGRAFÍA:

Robert Rosenberg, B.S.M.A. Reparación de motores eléctricos, primer tomo, Editorial Gustavo Gill, Barcelona, séptima edición, 1970, 419 pag.

Marc Couédic. Circuitos Integrados para transistores y triacs, Alfaomega Marcombo, 2000, 169 pag.

Timothy J. Maloney. Electrónica Industrial, Editorial Prentice-Hall, Hispanoamericana S.A., primera edición, 1983, 567 pag.

Anexo 2 Posibles rutas de solución al proyecto

Actividades iniciales de los equipos

Desarrollo de las posibles rutas de solución



Para ambos casos, la solución se debe iniciar a través del análisis del problema para poder determinar la tabla de verdad que generará la solución del mismo.

La tabla de verdad se puede observar a continuación:

Tabla 24. Tabla de verdad de la solución al proyecto propuesto

Entradas				Salidas			
A	B	C	D	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	1	0
0	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1

Es necesario establecer una planeación que incluya las actividades a realizar durante el proceso de la elaboración del proyecto, estableciendo tiempos adecuados para cada una, un ejemplo se muestra al final de este anexo.

1. Diseño y elaboración del circuito de control a través de la implementación de compuertas lógicas.

Para esta solución, los pasos a seguir se presentan en el siguiente listado:

- Análisis del problema.
- Definición de número de entradas y salidas.
- Obtención de tabla de verdad a partir de las características presentadas en el enunciado del problema.
- Obtención de las expresiones booleanas para cada salida a partir de la tabla de verdad.
- Reducción de las expresiones booleanas por cualquier método.
- Diseño del diagrama de compuertas lógicas de acuerdo con cada expresión booleana.
- Obtener el número de circuitos integrados necesarios de acuerdo con el diagrama de compuertas lógicas.
- Simulación del circuito de control en Proteus v.8 Professional.
- Diseño del PCB en Proteus v.8 Professional o en PCB Wizard.
- Elaboración del PCB físico.

Una vez obtenida la tabla de verdad, se procede a extraer las expresiones booleanas para cada salida, las cuales se realizan a partir de la reducción por mapas de Karnaugh.

Cada mapa se desarrolla a continuación:

AB/CD	00	01	11	10
00	1	1		1
01	1	1		1
11				
10				

$$X_1 = \overline{A}C + \overline{A}D$$

AB/CD	00	01	11	10
00				
01	1			
11	1			
10				

$$X_2 = B\overline{C}\overline{D}$$

AB/CD	00	01	11	10
00		1		
01		1		
11		1		
10				

$$X_3 = \overline{A}CD + B\overline{C}D$$

AB/CD	00	01	11	10
00			1	1
01			1	1
11			1	1
10	1	1	1	1

$$X_4 = C + A\overline{B}$$

A partir de las expresiones booleanas obtenidas para cada salida, se procede a implementar el diagrama de compuertas lógicas a través del simulador Proteus v. 8 Professional, el cual se muestra en la figura 39.

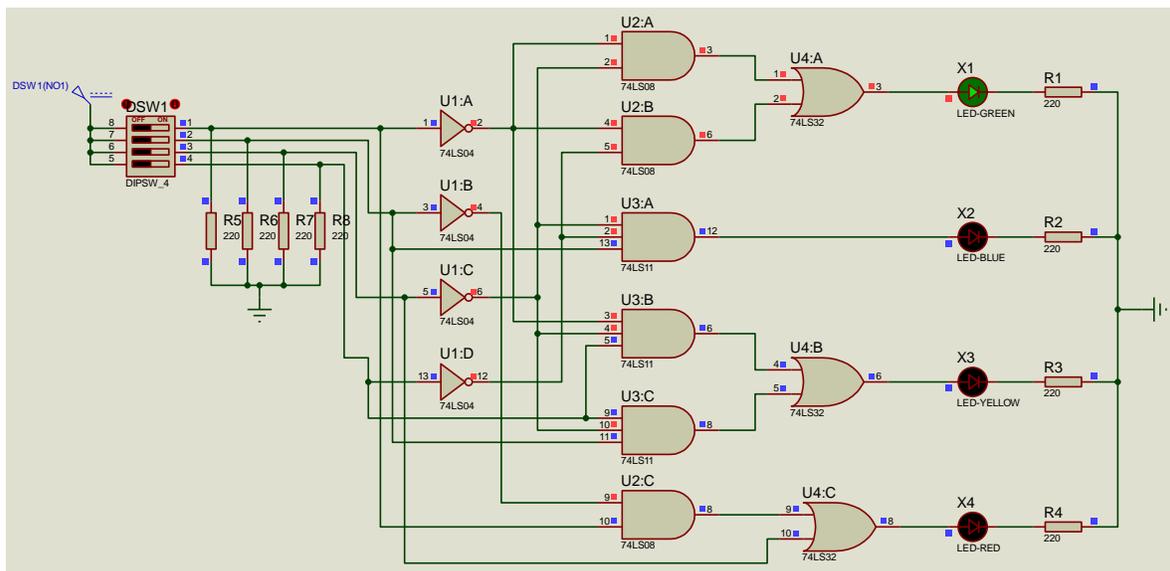


Figura 39. Simulación de la solución a través de compuertas lógicas.

Elaboración propia

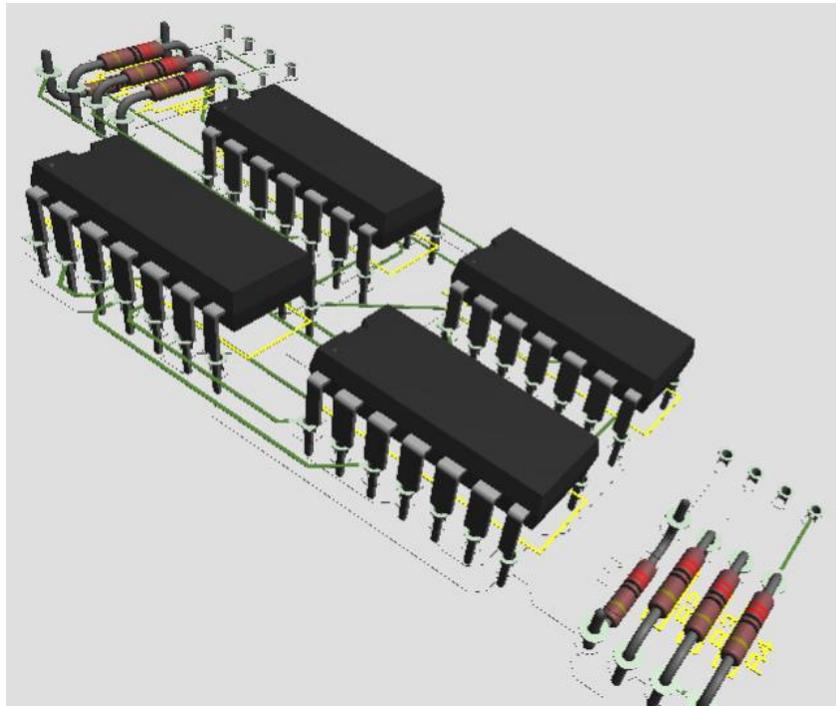


Figura 40. Vista 3D de la simulación por compuertas lógicas.
Elaboración propia

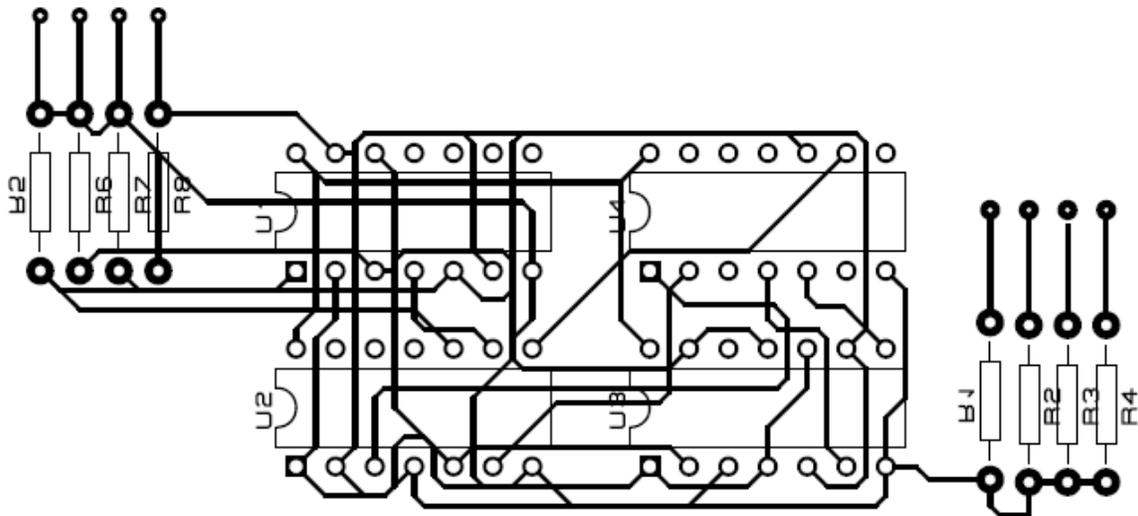


Figura 41. PCB por compuertas lógicas.
Elaboración propia

A partir del diseño se puede observar que se necesitarán los siguientes componentes para la implementación del proyecto a través de compuertas lógicas:

1. 3 compuertas AND de 2 entradas de tecnología TTL (1 CI 74LS08)
2. 3 compuertas AND de 3 entradas de tecnología TTL (1 CI74LS11)

3. 3 compuertas OR de 2 entradas de tecnología TTL (1 CI74LS32)
4. 4 compuertas NOT de tecnología TTL (1 CI74LS04)
5. 4 zócalos de 14 pines c/u
6. 8 resistores de 220Ω a $\frac{1}{2} W$
7. 8 conectores para entradas y salidas
8. 2 sensores de temperatura LM35
9. 2 sensores de nivel SEN-SSI125 de acero inoxidable
- 10.2 electroválvulas
11. Elemento de calefacción de acuerdo a las dimensiones del tanque
12. 1 bombilla LED de color rojo.
13. Placa fenólica de $8 \times 3.5 \text{ cm}$
14. Cable conductor SPT o cordón dúplex calibre 18 (longitud de acuerdo con la distancia desde la caja de control hasta el área del tanque)

Para la elaboración de la placa se requerirá:

1. Ácido férrico
2. 1 recipiente de tamaño mayor a la placa
3. 1 Dremel
4. Estaño
5. Cautín
6. Pasta para soldar
7. Acetato
8. Impresora tóner
9. Plancha

Posteriormente se debe imprimir el diseño del PCB en acetato para poder planchar el mismo sobre la placa fenólica e introducirla en el ácido férrico.

Se procederá a realizar las perforaciones necesarias en la placa para poder soldar los elementos electrónicos de acuerdo con la solución.

Se deberán realizar pruebas de conductividad para revisar las conexiones y soldaduras.

2. Diseño y elaboración del circuito de control a través de la implementación con microcontrolador PIC16F84A

Los pasos a seguir para el desarrollo de la solución a través de compuertas lógicas será la siguiente:

- Análisis del problema.
- Definición de número de entradas y salidas.
- Obtención de tabla de verdad a partir de las características presentadas en el enunciado del problema.
- Diseño del diagrama de flujo en relación a la tabla de verdad.
- Desarrollo del programa en lenguaje ensamblador a través del software MPLAB de acuerdo con el diagrama de flujo.
- Compilación del programa.
- Simulación del circuito de control en Proteus v.8 Professional.
- Grabación del programa en el Circuito Integrado a través del BK Presicion 866 B/C
- Diseño del PCB en Proteus v.8 Professional o en PCB Wizard.
- Elaboración del PCB físico.

A partir de la tabla de verdad obtenida anteriormente (ver tabla 24), se obtienen las salidas para cada combinación posible de acuerdo con las entradas.

Posteriormente se procede a realizar el código en lenguaje ensamblador a través de MPLAB IDE, una forma puede ser de la siguiente manera:

```
__CONFIG _CP_OFF&_WDT_OFF&_PWRTE_ON&_XT_OSC
LIST P=16F84A                                MOVLW B'00001111'
INCLUDE <P16F84.INC>                         MOVWF TRISA
ORG 0                                         BCF STATUS,RP0
BSF STATUS,RP0                               INICIO MOVF PORTA,W
CLRF TRISB                                   CALL TABLA
```

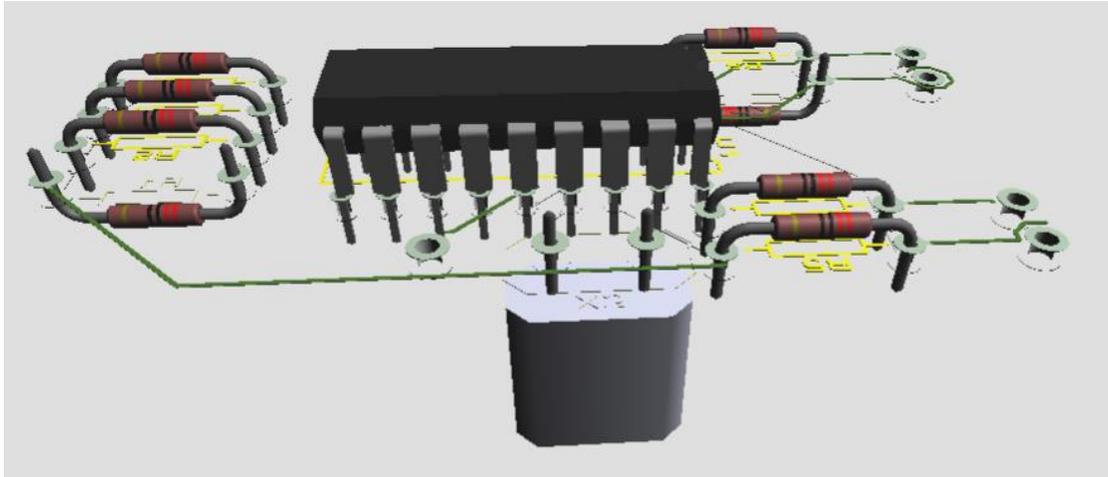



Figura 43. Vista 3D de la placa del circuito.

Elaboración propia

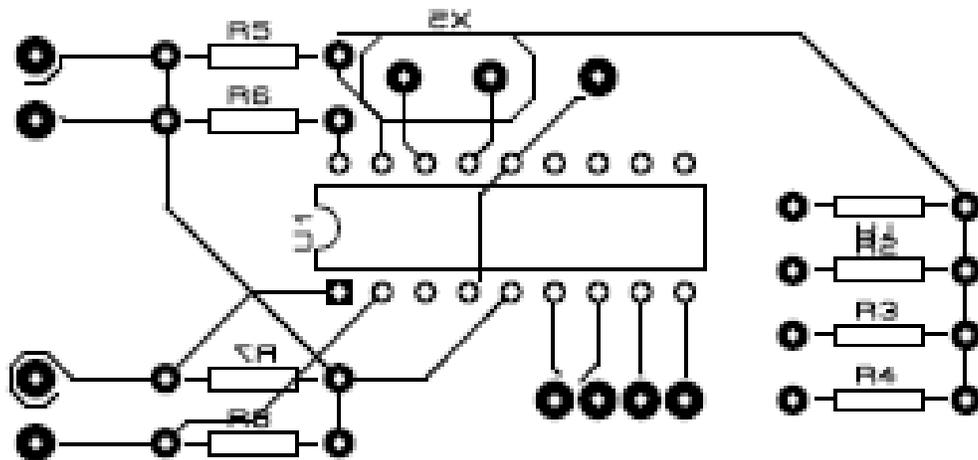


Figura 44. PCB del circuito de control por PIC.

Elaboración propia

A partir del diseño se puede observar que se necesitarán los siguientes componentes para la implementación del proyecto a través de compuertas lógicas:

1. 1 PIC16F84A
2. 1 cristal de cuarzo de 4MHz
3. 1 zócalos de 18 pines
4. 8 resistores de 220Ω a $1/2 W$
5. 8 conectores para entradas y salidas

6. 2 sensores de temperatura LM35
7. 2 sensores de nivel SEN-SSI125 de acero inoxidable
8. 2 electroválvulas
9. Elemento de calefacción de acuerdo con las dimensiones del tanque
10. 1 bombilla LED de color rojo.
11. Placa fenólica de $6 \times 3 \text{ cm}$
12. Cable conductor SPT o cordón dúplex calibre 18 (longitud de acuerdo con la distancia desde la caja de control hasta el área del tanque)

El procedimiento para la elaboración de la placa es el mismo que para la realización con compuertas lógicas.

Se puede observar la disminución de los componentes y la reducción del tamaño de la placa, sin embargo, el costo de las compuertas lógicas es menor en comparación al del microcontrolador, así mismo existen diferencias en relación con la corriente proporcionada en las salidas del sistema de control, por lo cual el alumno deberá decidir qué tipo de CI ocupar dependiendo de sus necesidades.

En la siguiente tabla se presenta la planeación de actividades y fechas propuestas por el docente para la entrega de las actividades por parte de los estudiantes.

Tabla 25. Planeación de las actividades generales de los equipos

ACTIVIDADES	MAYO															JUNIO												
	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	31	1	2	3	6	7	8
Análisis del problema	■	■																										
Diseño de posibles soluciones	■	■																										
Elaboración de listado con conceptos que se requieren dominar		■																										
Planeación de actividades		■	■	■																								
Retroalimentación del docente	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Recopilación de información								■	■	■	■																	
Análisis de la información recopilada								■	■	■	■	■	■															
Realización del proyecto													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Autoevaluación de los miembros de equipo																					■	■						
Revisión de posibles fallas del proyecto																				■	■	■						
Evaluación y cierre de proyectos																							■	■	■	■		
Reflexión del proyecto																											■	■

Anexo 3 Rúbricas de evaluación de los elementos cognitivos

Tabla 26. Rúbrica de Evaluación de los elementos cognitivos de la competencia profesional 1

Matriz de evaluación						
Competencia a evaluar: Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica						
Tipo de evaluación	Evaluación Formativa por parte del docente					
Dimensión 1	Elementos cognitivos					
Indicador	Evidencia	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Recomendaciones de evaluación	Nivel obtenido
Analiza y comprende el enunciado de un problema de control electrónico, especifica las posibles vías de solución, elige cuál es la más viable y por qué	Esquema de las posibles soluciones al proyecto argumentado	Tiene nociones de las posibles vías de solución, pero no define cual es la apropiada	Describe el procedimiento de solución para cada vía, así como sus ventajas y desventajas, pero no definen cual es la más viable.	Elabora un esquema de las vías de solución describiendo el procedimiento de cada una, además de argumentar la solución elegida para su proyecto	El esquema puede ser una tabla comparativa, un mapa mental o conceptual	
		Fundamental				
Puntaje		11	22	30		
Elabora un listado de los conceptos que necesita dominar para el desarrollo de su proyecto, de acuerdo con la vía de solución elegida	Listado en documento Word u otro software de texto.	El documento contiene algunos conceptos relevantes sin embargo no se relacionan con la solución escogida	Los conceptos están relacionados con la vía de solución elegida sin embargo hacen falta algunos que son de gran importancia.	El documento presenta un listado con al menos el 95% de los conceptos necesarios para el desarrollo del proyecto.	El listado debe tener incluir los conceptos de acuerdo con la solución elegida	

Puntaje		3	6	10		
Diseña el borrador de un diagrama electrónico de acuerdo con la vía de solución elegida	Borrador del diagrama electrónico de solución	El diagrama no es claro, no se incluyen los elementos y dispositivos importantes o no concuerda con la solución propuesta	El diagrama está relacionado con la solución propuesta por el equipo, sin embargo, no está bien definido o carece de análisis	El diagrama presenta la idea clara de la solución por parte del equipo, incluye los elementos necesarios y se establece el análisis de la etapa de potencia	Es necesario proporcionar retroalimentación contante al equipo de trabajo	
Puntaje		11	22	30		
Selecciona, analiza y sintetiza aquella información recopilada que es de mayor relevancia y proviene de fuentes verídicas	Avance de memoria técnica	El avance presenta información relacionada con el proyecto, pero no se especifican las fuentes de información	Se presenta la información de manera ordenada y con fuentes de referencia, pero algunos temas no son apropiados para el desarrollo del proyecto.	El avance presentado incluye un cuidadoso análisis y selección de la información adecuada para el desarrollo de su proyecto incluyendo las fuentes revisadas.	Se revisa el avance de la memoria técnica descriptiva	
Puntaje		11	22	30		
Cumple adecuadamente con el código de ética del futuro ingeniero mecánico y con los valores universales						
Retroalimentación final						
Nivel de dominio: Puntaje:		Logros:			Aspectos por mejorar	

Tabla 27. Rúbrica de Evaluación de los elementos cognitivos de la competencia profesional 2

Matriz de evaluación						
Competencia a evaluar: Planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica						
Tipo de evaluación	Evaluación Formativa por parte del docente					
Dimensión 1	Elementos cognitivos					
Indicador	Evidencia	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Recomendaciones de evaluación	Nivel obtenido
Analiza el proceso a seguir para desarrollar el proyecto	Borrador de la planeación	Presenta una idea general de lo que se necesita realizar	Presenta un análisis de las principales actividades técnicas a realizar	Presenta una propuesta que abarca las actividades cognitivas, técnicas y las etapas que se requieren para el proceso del proyecto	Se revisa y retroalimenta para mejorar el borrador	
	Puntaje	10	20	30		
Establece las actividades ideales para el desarrollo del proyecto	Diagrama de Gantt	Se establecen actividades sin orden lógico	Se incluyen actividades principales, pero carece de algunos criterios que son fundamentales para el logro de los objetivos	Se presenta un excelente análisis de las actividades a realizar en orden lógico para el logro de los objetivos planteados	El docente debe retroalimentar a los equipos para desarrollar una adecuada estructuración de actividades	
	Puntaje	15	30	40		
Analiza las causas del incumplimiento de las actividades propuestas en tiempo y forma	Diagrama de Gantt	Realiza análisis de actividades respecto a	Nivel básico y analizan los errores internos y externos que provocaron	Nivel autónomo y proponen soluciones para una mejora	El docente toma nota de las contribuciones de cada equipo	

		tiempos de entrega	retrasos en el desarrollo de las actividades		expuestas en el diagrama de Gantt	
Puntaje		10	20	30		
Cumple adecuadamente con el código de ética del futuro ingeniero mecánico y con los valores universales						
Retroalimentación final						
Nivel de dominio:		Logros:			Aspectos por mejorar	
Puntaje:						

Tabla 28. Rúbrica de Evaluación de los elementos cognitivos de la competencia profesional 3

Matriz de evaluación						
Competencia a evaluar: Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica						
Tipo de evaluación	Evaluación formativa por parte del docente					
Dimensión 1	Elementos cognitivos					
Indicador	Evidencia	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Recomendaciones de evaluación	Nivel obtenido
Identifica los conocimientos que se requieren para desarrollar el proyecto	Portafolio de actividades	Identifica los conocimientos previos que se requieren	Nivel básico y establece la relación de estos con los nuevos conocimientos adquiridos en la asignatura	Nivel autónomo e identifica los conocimientos que se requieren de otras asignaturas	Se evalúa por medio de las actividades iniciales de los equipos	
Puntaje		7	14	20		
Desarrolla cálculos necesarios para obtener llegar a la solución	Avances de proyecto y memoria de cálculo	Se incluye parte de los cálculos realizados para la obtención de los circuitos y diagramas finales.	Se incluyen todos los cálculos realizados y las mediciones hechas en cada parte del sistema de control con los comentarios necesarios.	Nivel autónomo y realiza un análisis pertinente entre los datos calculados y los medidos, para encontrar posibles fallas	Se proporciona retroalimentación de los avances para realizar correcciones	
Puntaje		7	14	20		
Diseña el prototipo con base en el problema planteado incluyendo los elementos adecuados y el cableado de	Prototipo físico funcional	El prototipo no funciona correctamente, tiene falsos contactos.	El prototipo es funcional, contiene entradas, etapa de control, etapa de potencia y salidas, pero no se diseña el	El prototipo es funcional, cuenta con maqueta que facilita su explicación y comprensión. Los materiales están bien	Es necesario revisar todo el sistema	

acuerdo a la norma de instalaciones eléctricas de la SENER			tanque de almacenamiento adecuadamente.	seleccionados, creativamente modificados y adaptados.		
Puntaje		7	14	20		
Realiza el análisis de la información para redactar una memoria técnica descriptiva en formato Word, especificando los resultados alcanzados respecto a lo esperado	Memoria técnica descriptiva impresa	Presenta su memoria técnica en formato general y global, sin un orden	Los resultados presentados en la memoria técnica son relevantes, la estructura es de acuerdo al formato establecido	Los resultados son significativos y pertinentes en relación al proyecto realizado, se respeta el formato establecido.	La memoria técnica descriptiva debe estar relacionada con el proyecto entregado.	
Puntaje		7	14	20		
Evalúa los resultados obtenidos del proyecto en comparación con los objetivos y planeación propuestos	Comentarios de la última sesión	Realizan análisis de resultados de los productos entregados	Nivel básico y analizan los errores de equipo en el desarrollo del proyecto	Nivel autónomo y analizan las fortalezas y debilidades del equipo, proponen soluciones para una mejora	El docente toma nota de las contribuciones de cada equipo	
Puntaje		7	14	20		
Cumple adecuadamente con el código de ética del futuro ingeniero mecánico y con los valores universales						
Retroalimentación final						
Nivel de dominio:		Logros:			Aspectos por mejorar	
Puntaje:						

Tabla 29. Rúbrica de Evaluación de los elementos cognitivos de la competencia profesional 4

Matriz de evaluación						
Competencia a evaluar: Utilizar Tecnologías de la Información, Software y Herramientas para Ingeniería Mecánica						
Tipo de evaluación	Evaluación Formativa por parte del docente					
Dimensión 1	Elementos cognitivos					
Indicador	Evidencia	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Recomendaciones de evaluación	Nivel obtenido
Búsqueda de información en la WEB	Memoria técnica	Busca información referente al tema, pero no sabe seleccionar ni interpretar	Sabe buscar y descargar información relevante, interpretarla y darle un buen uso	Sabe buscar y descargar información relevante, la selecciona de manera eficiente, la interpreta y le da un buen uso	Esto se observará en el desarrollo de la memoria técnica	
Puntaje		18	35	50		
Analiza y sintetiza la información obtenida para diseñar diapositivas	Presentación de Power Point	La información presentada no contiene las ideas principales del proyecto	Se realiza un análisis adecuado de la información. Hacen falta diagramas, figuras y tablas	Se analiza y sintetiza la información de tal manera que no excede el texto y se apoya de diagramas, figuras y tablas creativas que facilitan la exposición	Se evalúa mientras los equipos exponen su proyecto	
Puntaje		18	35	50		
Cumple adecuadamente con el código de ética del futuro ingeniero mecánico y con los valores universales						
Retroalimentación final						
Nivel de dominio:		Logros:			Aspectos por mejorar	
Puntaje:						

Anexo 4 Rúbricas de evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales

Tabla 30. Rúbrica de Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 1

Matriz de evaluación						
Competencia a evaluar: Concebir, analizar, proyectar y diseñar sistemas de ingeniería mecánica						
Tipo de evaluación	Evaluación Formativa por parte del docente					
Dimensión 2	Habilidades técnicas y atributos interpersonales					
Indicador	Evidencia	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Recomendaciones de evaluación	Nivel obtenido
Comunica de manera oral y escrita las posibles soluciones al problema de control electrónico	Documento en Word con las posibles vías de solución al problema planteado y retroalimentación	Tienen una idea general de las rutas de solución, requieren analizar más el problema	Comunican sus ideas adecuadamente de forma escrita, hace falta mayor fluidez oral	Los integrantes del equipo son capaces de transmitir y recibir información relacionada con el problema de control. Son capaces de redactar un documento que contenga las posibles vías de solución	Se revisa el análisis del problema y se conversa con el equipo para retroalimentar	
			Fundamental			
Ponderación		11	22	30		
Recopila información requerida para el desarrollo del proyecto a través de diversos medios	Borrador de memoria técnica y avances de proyecto	Copia y pega información sin analizar su procedencia	Recopila información de acuerdo al listado de conceptos clave para el desarrollo del proyecto	Nivel autónomo y realiza búsqueda personalizada e Identifica la información relevante en diferentes referencias bibliográficas	El docente proporciona retroalimentación constante para corregir datos y verificar referencias	
Ponderación		11	22	30		
Integración del equipo	Observación	Los alumnos no están bien	Los alumnos están bien	Los alumnos del equipo están bien	Se observa en cada sesión	

		integrados, no son propositivos y no analizaron adecuadamente el desarrollo del proyecto.	integrados en el trabajo, pero no son propositivos, no analizaron bien el desarrollo del proyecto.	integrados, son propositivos y su trabajo durante el desarrollo del proyecto fue adecuado.		
Ponderación		7	13	20		
Cumplen con los plazos establecidos	Fecha de entrega establecidas para cada actividad	Realizan la entrega en un lapso no mayor a 2 días de retardo	Realizan la entrega en un lapso no mayor a 1 día de retardo	Realizan la entrega en tiempo y forma o con anticipación	El docente verifica las fechas de entrega con las de recepción	
Ponderación		7	13	20		
Cumple adecuadamente con el código de ética del futuro ingeniero mecánico y con los valores universales						
Retroalimentación final						
Nivel de dominio: Puntaje:		Logros:			Aspectos por mejorar	

Tabla 31. Rúbrica de Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 2

Matriz de evaluación						
Competencia a evaluar: Planificar y programar sistemas y proyectos de ingeniería mecánica						
Tipo de evaluación	Evaluación Formativa por parte del docente					
Dimensión 2	Habilidades técnicas y atributos interpersonales					
Indicador	Evidencia	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Recomendaciones de evaluación	Nivel obtenido
Realiza la planificación del desarrollo de su proyecto siguiendo las características y tiempos establecidos por el docente	Diagrama de Gantt	Presenta tabla sin formato que incluye las actividades a realizar	Presenta un diagrama de Gantt sin establecer un orden lógico	Presenta un diagrama de Gantt con las actividades a realizar en orden lógico de acuerdo a los tiempos esperados.	La planeación debe ir de acuerdo al desarrollo de un proyecto de ingeniería.	
		Ponderación	9	18		
Distribuye el tiempo acorde a las actividades a desarrollar	Borrador de la planeación	Los tiempos establecidos para cada actividad no son adecuados	Se establece mayor tiempo para actividades de menor complejidad lo cual puede afectar el término adecuado del proyecto	Para la asignación de tiempos, se toma en cuenta el grado de complejidad de cada actividad, lo que representa una adecuada distribución	Se retroalimenta para mejorar o corregir distribución de tiempos	
		Ponderación	9	18		
Seguimiento del diagrama de Gantt	Diagrama de Gantt	Son responsables en la realización de las actividades que se propusieron	Nivel básico y analizan las actividades que se atrasan para darles seguimiento después	Nivel autónomo y establecen prioridades respecto a las actividades realizando redistribución de tiempos para concluir las	Diagrama de Gantt y observación	

				actividades propuestas		
Ponderación		9	18	25		
Cumplimiento final del diagrama de Gantt	Diagrama de Gantt	Realizaron en tiempo y forma las actividades principales para la entrega de productos con un retraso mayor a dos días	Realizaron todas las actividades con retraso de 1 a 2 días	Ordenaron y distribuyeron tiempos y actividades de forma que obtuvieron los resultados deseados en tiempo y forma de acuerdo con su planeación	Diagrama de Gantt y observación	
Ponderación		9	18	25		
Cumple adecuadamente con el código de ética del futuro ingeniero mecánico y con los valores universales						
Retroalimentación final						
Nivel de dominio: Puntaje:		Logros:			Aspectos por mejorar	

Tabla 32. Rúbrica de Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 3

Matriz de evaluación						
Competencia a evaluar: Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar sistemas de ingeniería mecánica						
Tipo de evaluación	Evaluación formativa por parte del docente					
Dimensión 2	Habilidades técnicas y atributos interpersonales					
Indicador	Evidencia	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Recomendaciones de evaluación	Nivel obtenido
Toma de decisión respecto a los dispositivos que se usarán en relación a sus características eléctricas, físicas, económicas y ambientales	Hojas de datos de los dispositivos usados.	Los dispositivos elegidos no cumplen adecuadamente las necesidades que requiere el problema	Los dispositivos cumplen las características eléctricas, sin embargo, no son aptos para sistemas industriales	Los dispositivos utilizados cumplen con las características eléctricas, físicas y ambientales.	Se evalúa respecto a la hoja de datos de los dispositivos, los cuales deben incluirse en la memoria técnica descriptiva	
Ponderación		7	12	20		
Diseña la placa impresa (PCB) con base en la lógica de control que da solución al problema planteado	Placa electrónica	El circuito fue elaborado en placa perforada	Presenta un PCB bien diseñado que realiza correctamente la lógica de control con 3 a 5 puentes cableados	El diseño del PCB se realiza en una placa de dimensiones viables además de una soldadura adecuada con 0 a 2 puentes cableados.	Se debe abrir la caja de control para revisar la placa electrónica.	
Ponderación		7	14	20		
Da cuenta en su actuación del valor de la responsabilidad, acorde con las tareas del proyecto	Registro de desempeño	Cumple al menos con la mitad de las tareas establecidas en el proyecto	Tiene autonomía en la realización de las tareas y actividades, cumple con las actividades establecidas desde su propia autorregulación	Establece acciones y estrategias para cumplir con el plan de actividades que diseñaron para el proyecto		
Ponderación		7	14	20		

Comunicación oral del desarrollo del proyecto	Exposición oral del proyecto final	No comunica la información de manera clara. Utiliza un tono monótono, habla entre dientes y murmura. Poco esfuerzo en la preparación, no hubo práctica y las ideas no tienen fluidez. Utiliza muchas muletillas.	La mayor parte de la información se transmite de manera clara, pero existen pequeñas fallas. Generalmente utiliza buena entonación y pronunciación. Demuestra un esfuerzo de preparación, pero algunas ideas no fluyen adecuadamente.	Transmite ideas de manera clara y efectiva. Utiliza la entonación y pronunciación de manera adecuada. Demuestra preparación y las ideas están ligadas adecuadamente.	Se evalúa mientras se realiza la exposición del proyecto	
Ponderación		7	14	20		
Comunicación escrita del desarrollo del proyecto	Memoria Técnica Descriptiva	Contiene desarrollo del proyecto, omiten cálculos y características del diseño del sistema	Incluye el objetivo del proyecto, consideraciones generales del sistema de control y desarrollo de cálculos	Incluye portada, índice, objetivo del proyecto, consideraciones generales del sistema de control, desarrollo de cálculos características y diseño del sistema, conclusiones y bibliografía	Se evalúa durante todo el proyecto y por medio de la memoria técnica descriptiva	
Ponderación		7	14	20		
Cumple adecuadamente con el código de ética del futuro ingeniero mecánico y con los valores universales						
Retroalimentación final						
Nivel de dominio: Puntaje:		Logros:			Aspectos por mejorar	

Tabla 33. Rúbrica de Evaluación de las habilidades técnicas y atributos interpersonales de la competencia profesional 4

Matriz de evaluación						
Competencia a evaluar: Utilizar Tecnologías de la Información, Software y Herramientas para Ingeniería Mecánica						
Tipo de evaluación	Evaluación Formativa por parte del docente					
Dimensión 2	Habilidades técnicas y atributos interpersonales					
Indicador	Evidencia	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Recomendaciones de evaluación	Nivel obtenido
Uso de software para redacción de textos, hoja de cálculo y diapositivas	Diseño de presentación, memoria de técnica	Hace uso básico de las herramientas que proporciona la paquetería office	Sabe crear documentos en diferentes formatos, inserta tablas, gráficos, imágenes, títulos, entre otros	Conoce las herramientas que presenta cada software de la paquetería office o similar y les da el uso adecuado; investiga las opciones que desconoce para dar mejor presentación a sus documentos	Los documentos se reciben en formato digital.	
Ponderación		7	13	20		
Uso de simulador de circuitos electrónicos (Proteus Professional)	Simulación y diseño de circuito electrónico	Maneja el programa con dificultad, necesita ayuda para realizar el circuito electrónico	Maneja el programa de forma básica y lo aplica para la realización de simulación.	Maneja el programa perfectamente, lo aplica para la elaboración del diseño del circuito electrónico y PCB, así como para la simulación.	Se evalúa por medio del diseño del circuito en formato digital. El docente debe tener instalado el software en su PC.	
Ponderación		11	22	30		
Selecciona herramientas propias de la ingeniería mecánica	Estructura del prototipo	Selecciona herramientas básicas como: multímetro,	Selecciona herramientas como: las del nivel básico y	Selecciona las herramientas del nivel autónomo y: torno, fresadora,	Se evalúa por medio de sus avances de	

		pinzas de corte, pinzas de punta	cautín, taladro, cortador de placa PCB	cizalla, segueta eléctrica	prototipo en laboratorio	
Ponderación		7	13	20		
Hace uso adecuado de herramientas propias de la ingeniería mecánica.		Hace buen uso de las herramientas. Requiere de apoyo	Tiene buen dominio de las herramientas, pero requiere de mayor práctica	Demuestra un dominio excelente del uso de las herramientas	Se evalúa mediante el desarrollo práctico en laboratorio	
Ponderación		11	22	30		
Cumple adecuadamente con el código de ética del futuro ingeniero mecánico y con los valores universales						
Retroalimentación final						
Nivel de dominio:		Logros:			Aspectos por mejorar	
Puntaje:						