

**ANÁLISIS Y DISEÑO CURRICULAR DE LA ASIGNATURA INSTRUMENTACIÓN
INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA C.U.C.**

LEWIS ENRIQUE MEJÍA LÓPEZ



**UNIVERSIDAD
DE LA COSTA
1970**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BARRANQUILLA**

2017

**ANÁLISIS Y DISEÑO CURRICULAR DE LA ASIGNATURA INSTRUMENTACIÓN
INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA C.U.C.**

LEWIS ENRIQUE MEJÍA LÓPEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Director: Ing. Heyder Páez Logreira

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BARRANQUILLA**

2017

DEDICATORIA

Este proyecto de grado lo dedico de manera especial a mi madre Merys López, pues ella es el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, quien se esforzó por ayudarme a cumplir mis metas y es mi principal motivación para luchar y salir adelante.

A mis hermanos y novia quienes me han ofrecido el amor y la calidez de la familia a la cual amo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco este trabajo de grado en primer lugar a DIOS, por su amor, bondad y quien me ha dado la vida y salud durante todo el camino. Por sus bendiciones y la oportunidad que me brinda para crecer profesionalmente con disciplina, sabiduría y el conocimiento necesario para la elaboración de este proyecto.

A mi familia por ampararme y motivarme a cumplir mis metas y lograr mis sueños. A mi novia Olga Villa por su apoyo incondicional y sincero, quien me ha impulsado durante el desarrollo de mi carrera.

Al Ingeniero Heyder Páez Logreira, quien como tutor me orientó en el desarrollo de este proyecto y estuvo amablemente dispuesto a brindarme su apoyo y asesoría en el desarrollo de esta investigación.

RESUMEN

La industria y los procesos automatizados requieren de instrumentos y tecnologías que están en constante innovación. Las instituciones de educación superior, los profesionales en el ámbito de la electrónica y el sector industrial son conscientes de la necesidad de actualización del área de la Instrumentación industrial. Las instituciones de educación superior deben formar a sus estudiantes según los requisitos del sector industrial, para lo cual es necesario actualizar continuamente los contenidos de formación académica.

En este proyecto se presenta el estudio para la actualización del programa de asignatura en Instrumentación industrial de la Universidad de la Costa, CUC. En el estudio se analiza el contexto nacional en el ámbito de la Instrumentación industrial, se evalúa la estructura curricular actual de la asignatura Instrumentación industrial de la Universidad de la Costa y Otras Universidades nacionales e internacionales, y finalmente se propone una actualización de contenidos y metodologías de enseñanza-aprendizaje para el programa de asignatura de Instrumentación industrial del programa de pregrado de Ingeniería Electrónica de la Universidad de la Costa, CUC.

Palabras clave: Instrumentación industrial, automatización, programa de asignatura, competencia, encuesta, estructura curricular, metodología, aprendizaje.

ABSTRACT

The industry and the automatized process require of instruments and technologies which are in a constant innovation. The institutions of high education, the professionals in the electronic domain and the industrial sector are conscious about the needs of updating the area of industrial instrumentation. The institutions of education should train their students according to the requirements of industrial sector whereby is necessary update continuously their course contents.

In this project, we present the studies for the updating the Industrial Instrumentation course of Universidad de la Costa (CUC). First, we analyze the national context of industry and evaluate of Industrial Instrumentation curricular structure of Universidad de la Costa and other national and international universities. Finally, we suggest an update of contents and teaching-learning methodologies for the industrial instrumentation course program in the electronic engineering program of Universidad de la Costa, CUC.

Keyword: Industrial instrumentation, automation, subject program, competence, survey, curricular structure, methodology, learning.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS.....	xi
1. EL PROBLEMA.....	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1. Objetivo general.....	17
2.2. Objetivos específicos	17
3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
4.1. Delimitación espacial.....	20
4.2. Delimitación temporal	20
5. MARCO TEÓRICO	21
5.1. Antecedentes de la investigación	21
6. BASES TEÓRICAS	24

6.1.	Formación fundamentada en competencias	24
6.2.	Diseño de currículos	25
6.3.	Aprendizaje cooperativo	26
6.4.	Aprendizaje Basado en la Resolución de Problemas (ARP)	27
6.5.	Proyecto de Aula.....	29
6.6.	Retos de la enseñanza de la Instrumentación Industrial	30
7.	MARCO METODOLÓGICO	32
7.1.	Tipo de investigación	32
7.2.	Diseño de la investigación	32
7.3.	Población.....	34
7.4.	Muestra	35
7.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
7.6.	Elaboración del instrumento	36
8.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	39
8.1.	Análisis y discusión de los resultados.....	39
8.2.	Análisis de los resultados de la encuesta.	49
8.3.	Competencias de formación académica.....	49
8.4.	La asignatura Instrumentación Industrias del programa de Ingeniería Electrónica en el contexto industrial académico.	60

9. PROPUESTA ACTUALIZADA DE CONTENIDO DE ASIGNATURA	
INSTRUMENTACIÓN	62
ANEXOS.....	72
INSTRUMENTO APLICADO A EGRESADOS	73
INSTRUMENTO APLICADO A DOCENTES	74
INSTRUMENTO APLICADO A EMPRESAS	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1 Etapas de desarrollo de un proyecto de aula.....	30
Figura 8.1 Relación entre las competencias de formación en instrumentación industrial y las que se requieren en el sector industrial.	50
Figura 8.2 Temáticas desarrolladas en el campo profesional	52
Figura 8.3 Funciones empresariales desarrolladas por estudiantes en clases, en contexto de la Instrumentación Industrial.	53
Figura 8.4 Roles que desempeña el ingeniero en la implementación de la instrumentación... ..	54
Figura 8.5 Nivel de formación requerido en las actividades técnicas y de ingeniería.	55
Figura 8.6 Fabricantes de SENSORES utilizados en la implementación de la instrumentación industrial.	56
Figura 8.7 Fabricantes de SENSORES utilizados en el desarrollo de temáticas o prácticas de laboratorio en instrumentación industrial.	57
Figura 8.8 Fabricantes de CONTROLADORES DE PROCESO utilizados en la implementación de la instrumentación industrial.	58
Figura 8.9 Fabricantes de CONTROLADORES DE PROCESO utilizados en el desarrollo de temáticas o prácticas de laboratorio en instrumentación industrial.	58
Figura 8.10 Fabricantes de ACTUADORES utilizados en la implementación de la instrumentación industrial.....	59
Figura 8.11 Fabricantes de ACTUADORES utilizados en el desarrollo de temáticas o prácticas de laboratorio en instrumentación industrial.	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 5.1. Antecedentes de la investigación.	23
Tabla 7.1 Indicadores de la Población.	34
Tabla 7.2 Muestra de la Población.	35
Tabla 7.3 Redefiniciones fundamentales	36
Tabla 7.4 Dimensiones e indicadores de la variable de estudio.....	37
Tabla 8.1 Aspectos positivos y negativos de la asignatura Instrumentación Industrial en el contexto nacional e internacional.....	41
Tabla 8.2 Contenido de la asignatura Instrumentación Industrial en universidades nacionales.	42
Tabla 8.3 Contenido de la asignatura Instrumentación Industrial en las universidades internacionales.	46
Tabla 8.4 Habilidades y debilidades de la asignatura Instrumentación Industrial en el contexto industrial académico.	61

INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Electrónica posee un papel importante en el desarrollo industrial y la optimización de procesos de producción. Dentro de estos procesos se aplica la automatización, rama de la ingeniería electrónica que abarca la instrumentación industrial. Por su parte, la instrumentación industrial integra un conjunto de componentes utilizados en los procesos de control para monitorear y controlar la variable de proceso con el objetivo de mejorar los recursos empleados en éste.

Un proceso con instrumentación es un sistema complejo que conforma un grupo de instrumentos, con dispositivos que miden el sistema, conexiones que enlazan estos elementos y controladores programados que realizan la automatización del proceso y la continua lectura de las medidas.

La industria automatiza sus procesos e implementa la instrumentación industrial para optimizar la producción y hacer un mejor control de las variables que esta implica, exigiendo una constante mejora y actualizaciones de las tecnologías implementadas en los equipos de control. Los profesionales en el área de la electrónica y la industria también deben prepararse y estar en una constante actualización de su conocimiento para ser competitivos a momentos de afrontarse a la implementación de las nuevas tecnologías en la industria. Por eso es fundamental que la entidades de educación superior formen a los estudiantes considerando las necesidades de la industria y actualizando continuamente el contenido de formación académica.

En el presente proyecto se realiza la actualización del programa de asignatura de Instrumentación industrial para el fortalecimiento del perfil profesional del ingeniero electrónico de la Universidad de la Costa CUC. Se expone un estudio de las necesidades del sector industrial

nacional para el perfil del ingeniero electrónico en el área de la instrumentación industrial. También incluye el análisis de la temática y metodología de enseñanza/aprendizaje—de la asignatura de Instrumentación industrial de la Universidad de la Costa y otras entidades de educación superior, nacionales e internacionales. Finalmente, se presenta una propuesta curricular para el programa de asignatura de Instrumentación industrial del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Costa, CUC.

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La Ciencia y la Tecnología tienen un rol importante en el desarrollo, evolución y calidad de vida del ser humano. La tecnología es la base principal de la industria para el desarrollo de las actividades que le permiten su sostenimiento y mantenimiento. Mediante la tecnología, la industria logra aumentar la eficiencia de sus procesos y la calidad de sus productos.

Los procesos industriales están equipados con maquinarias y sistemas que poseen equipos tecnológicos. Los equipos de automatización y de instrumentación industrial son parte importante de la tecnología empleada en la industria. Con estos, los procesos obtienen mejoras de tiempos, calidad, seguridad, robustez y fidelidad (González & Roberto, 2004).

La automatización industrial es la implementación de la tecnología para el control de procesos industriales. La automatización industrial emplea equipos inteligentes para el manejo de datos, ejecución de tareas, medición y manipulación de variables.

Los equipos para el manejo de datos y ejecución de tareas permiten tomar decisiones y controlar las acciones del proceso. El Controlador Lógico Programable (PLC), las interfaces Hombre-Máquina (HMI) y los sistemas SCADA son ejemplos de equipos de manejo de datos y ejecución de tareas.

Los equipos de medición de variables permiten la recolección de información física del proceso y son conocidos como instrumentos de campo. Los sensores, transmisores, transductores son ejemplos de equipos de medición de variables o instrumentos de campo.

De estos, los actuadores o equipos de manipulación de variables permiten modificar las propiedades físicas del proceso. Los motores, actuadores neumáticos, válvulas son ejemplos de actuadores o equipos de manipulación de variables. Por su parte, los equipos de medición y manipulación de variables constituyen el área de la automatización que se denomina instrumentación industrial. La instrumentación industrial permite tomar muestra de las variables físicas de los procesos (presión, temperatura, nivel, humedad, etc.) y convertirlas en una señal eléctrica para ser tratadas por los equipos de manejo de datos y ejecución de tareas de control.

Los equipos de instrumentación industrial se encuentran en renovación continua aplicando las nuevas tecnologías para mejorar su funcionamiento y prestación. Debido a esto, los equipos de instrumentación industrial pueden resultar complejos. Los técnicos e ingenieros en electrónica y profesiones afines son los responsables de enfrentar esta complejidad y los retos que suponen la configuración e implementación de los equipos de instrumentación industrial.

Las universidades e Instituciones de Educación Superior son las encargadas de formar las competencias requeridas en instrumentación industrial en los profesionales en Ingeniería Electrónica y profesiones afines. Debido a esto, las universidades deben evaluar y actualizar los contenidos de la asignatura Instrumentación industrial o similares (Azcondo & Allende, 2012; Páez-Logreira, Zabala-Campo, & Zamora-Musa, 2016). Esta evaluación y actualización debe ser realizada de acuerdo a las necesidades y requisitos de la industria para formar profesionales competitivos.

Esta situación descrita, permite plantear el siguiente interrogante que fundamenta esta investigación: ¿Cuál es la estructura curricular para una asignatura de Instrumentación industrial que cumpla con las expectativas académicas y profesionales del sector industrial en la Región Caribe Colombiana?

Adicionalmente surgen estos otros interrogantes:

- ¿Cumple actualmente la estructura curricular de la asignatura Instrumentación industrial de la Universidad de la Costa, con los requisitos de la industria en la Región Caribe Colombiana?
- ¿Cuáles son las expectativas y competencias específicas requeridas en Instrumentación industrial para la formación de Ingenieros Electrónicos?
- ¿Garantiza el programa de asignatura de Instrumentación industrial actual la formación de ingenieros competentes en el área semestre tras semestre?

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Objetivo general

Diseñar un programa de asignatura en Instrumentación industrial, según los requisitos del sector industrial, que contribuya a la calidad académica del Programa de Ingeniería Electrónica de la CUC.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar las competencias en Instrumentación industrial requeridas en la formación de Ingenieros Electrónicos en el sector empresarial y académico de la Región Caribe Colombiana.
- Evaluar la estructura curricular actual de la asignatura de Instrumentación industrial del Programa de Ingeniería Electrónica a partir del contexto industrial y académico.
- Proponer una actualización de contenidos y metodologías de enseñanza-aprendizaje para el programa de asignatura Instrumentación industrial que satisfaga las necesidades del sector empresarial y académico.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Universidad de la Costa CUC es una entidad de educación superior que ofrece el programa de Ingeniería Electrónica. En este, se encuentra la asignatura Instrumentación industrial que tiene como propósito formar al estudiante y dar a conocer los tipos de variables en los procesos industriales, su adquisición, manejo y transmisión a los sistemas de control mediante la implementación de equipos e instrumentos industriales. El programa de Ingeniería Electrónica debe brindar al estudiante un programa de asignatura con los temas necesarios según el contexto actual y la evolución tecnológica e industrial de la Instrumentación en el sector industrial.

Esta investigación, tiene como resultado aportar al programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de la Costa CUC una actualización del contenido por competencias de la asignatura Instrumentación industrial. Así, se pretende fortalecer el perfil profesional y nivel de competitividad del egresado.

Con el proyecto de análisis y diseño curricular de la asignatura Instrumentación industrial de la Universidad de la Costa CUC se propone una actualización del contenido programático que se ajusta a las necesidades actuales de la industria. Dónde se aplica la instrumentación industrial, aplicando las teorías, guías y metodologías constructivas que le permitan al estudiante desarrollar los conocimientos necesarios para comprender y desempeñarse con seguridad en las diferentes aplicaciones que los procesos de la industria requieren.

El epicentro de esta investigación serán las instalaciones de la Universidad de la Costa (C.U.C) con la asesoría de un grupo de docentes y empresas interesadas en este proyecto, las cuales nos apoyarán con sus conocimientos en pro del desarrollo del mismo.

Este proyecto se enmarca en la línea de investigación Tecnología en sistemas electrónicos y Automáticos del grupo GIECUC, y se centra en el área clave de Automatización y Control Industrial.

4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Delimitación espacial

Este proyecto se desarrolló en la ciudad de Barranquilla, en las instalaciones de la Universidad de la Costa, CUC. Con un instrumento tipo encuesta aplicado a nivel nacional.

4.2. Delimitación temporal

Las actividades que se desarrollaron para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto se realizaron en un tiempo de 10 meses comprendidos entre los años 2016 y 2017, distribuidos de la siguiente manera: 4 meses de anteproyecto y 6 meses de ejecución.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Antecedentes de la investigación

El primer antecedente es el proyecto de grado titulado “Análisis y diseño curricular de la asignatura Automatización de la Universidad de la Costa C.U.C” desarrollado por Zabala-Campo, Victor (2015). En este proyecto se propone el diseño curricular para la asignatura Automatización, mediante la definición de una estructura, contenido y metodología; fortaleciendo la formación por competencias en el estudiante según los requisitos del sector profesional. El tipo de investigación es cuantitativa. Zabala presenta un análisis del contexto industrial y académico con el fin de establecer las necesidades y tendencias pedagógicas del área de la Automatización Industrial. Para ello, se realizaron encuestas a docentes y egresados del programa de ingeniería Electrónica, y en empresas del área de la Automatización Industrial.

El producto de esta investigación muestra un análisis desde la perspectiva del área académica y el campo laboral, para la formación de los estudiantes del programa de ingeniería electrónica de la Universidad de la Costa C.U.C., y propone un diseño curricular para la asignatura de Automatización con la bases teóricas y guías de laboratorio, que permiten preparar al estudiante con la competencias requeridas en el área de la Automatización industrial (Páez-Logreira et al., 2016).

El segundo antecedente lo compone la investigación denominada “Desarrollo de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales para la mejora del proceso enseñanza/aprendizaje” realizado por Ernesto Granado, Omar Pérez (Universidad Simón

Bolívar, Miranda - Venezuela.) y Washington Marín (Universidad Nueva Esparta, Caracas – Venezuela) (Granado, 2016).

Este trabajo describe el método de diseño de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales, en donde se realizó la actualización de una planta piloto industrial equipada con instrumentos convencionales. Este banco de pruebas sirve para el entrenamiento y enseñanza de estudiantes de la facultad de ingeniería de la universidad Simón Bolívar de Caracas-Venezuela y para el entrenamiento de profesionales en el área de las comunicaciones industriales.

Ernesto Granado, Omar Pérez y Washington Marín realizan el estudio de la temática de las nuevas tecnologías desarrolladas y aplicadas en el campo de la comunicación industrial tales como buses de campo, sistemas Scada, control/supervisión, interface hombre máquina, etc. Además realiza la actualización de la tecnología de la planta piloto mediante la implementación de una HMI (Interface hombre maquina), un PLC (controlador lógico programable) y módulos de control que permiten interactuar con los instrumentos de medición variables como flujo, presión, nivel, entre otros, permitiendo así recrear de manera aceptable la realidad que puede encontrarse en el sector industrial.

El tercer antecedente hace referencia a una investigación denominada La importancia de la visita a la industria para mejorar el aprendizaje del estudiante en procesos de instrumentación y control en la unidad de cursos de ingeniería, desarrollada por el Sr. Tushar Kanti Sen de la universidad de Curtin, Australia (Sen, 2013).

Esta investigación describe la realización de visitas a plantas industriales Alcoa Kwinana Refinería y Coogee cloro alcalino Pty Ltd., Kwinana, WA, escogidas por tener grandes procesos

y variedad en sus sistemas de control e instrumentación industrial. Personal técnico de cada planta le explican a los estudiantes las diferentes secciones del proceso

Tabla 5.1. Antecedentes de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Título	Año	Autor	Tipo	Aportes
Análisis y diseño curricular de la asignatura Automatización de la Universidad de la Costa C.U.C.	2015	Víctor Zabala Campo	Cuantitativa	La metodología desarrollada en esta tesis fue un aporte fundamental, suministrando las guías para el planteamiento y descripción del problema, diseño y desarrollo de la herramienta de recolección de datos.
Desarrollo de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales para la mejora del proceso enseñanza/aprendizaje	2010	Ernesto Granado Omar Pérez Washington Marín	Cuantitativa	La metodología utilizada brindó las guías para el diseño de las teorías y la actualización de las temáticas de la instrumentación industrial.
La importancia de la visita a la industria para mejorar el aprendizaje del estudiante en procesos de instrumentación y control en la unidad de cursos de ingeniería	2013	Tushar Kanti Sen	Cuantitativa	La metodología implementada proporcionó la orientación para el diseño de las teorías y análisis de los resultados en la herramienta de recolección de datos.

6. BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas están conformadas por la información oficialmente publicada y reconocida en el área de desarrollo del presente proyecto de grado. Para lo cual se llevó a cabo la investigación en libros, bibliotecas físicas y virtuales en el tema de desarrollo pedagógico, diseño curricular, elaboración de contenidos de asignaturas y metodologías de enseñanza aprendizaje. La temática se conforma en la formación por competencias, diseño de currículos, aprendizaje cooperativo, aprendizaje basado en la resolución de problemas, proyecto de aula y retos de la enseñanza de Instrumentación industrial.

6.1. Formación fundamentada en competencias

Por competencias se entiende “la concatenación de saberes, no sólo pragmáticos y orientados a la producción, sino aquellos que articulan una concepción del ser, del saber, saber hacer, del saber convivir” (Larraín & González, 2005).

“En la formación de profesionales es necesario realizar cambios metodológicos, didácticos y actitudinales que promuevan la participación, cooperación y estimulen el pensar del alumno, en la medida que se construyen los conocimientos junto al docente, apostando por un estudiante que aprenda a aprender, con una actitud crítica y capacidad de responder y actuar ante el cambio” (Dokú & Gonzáles, 2006).

“Un currículum por competencias profesionales que articula conocimientos globales, conocimientos profesionales y experiencias laborales, debe reconocer las necesidades y problemas de la realidad. Tales necesidades y problemas se identifican mediante el diagnóstico

de la experiencia y práctica de las profesiones en el contexto y realidad social, también, del desarrollo de la disciplina en el mercado laboral y la misión de la Institución. Esta combinación de elementos permite identificar las necesidades hacia las cuales se orientará la formación profesional, de donde se desprenderá también la identificación de las competencias profesionales integrales o genéricas, indispensables para el establecimiento del perfil de egreso del futuro profesional” (Larraín & González, 2005).

“Un modelo que obliga a cuestionarse alrededor de la pertinencia de los procesos educativos, invita a la educación a repensar al sujeto de aprendizaje como un agente transformador de la realidad, convoca al cuerpo docente a una reflexión y los llama a adaptarse a sus estudiantes, a sus procesos intelectivos, a sus preconcepciones derivados de la experiencia y a sus aptitudes; y no pretender, aun cuando pareciera más sencillo, que los estudiantes se adapten a sus docentes, pues finalmente son ellos los facilitadores” (Zapata, 2005).

6.2. Diseño de currículos

Currículo se refiere, al conjunto de competencias básicas, objetivos, contenidos, criterios metodológicos y de evaluación que los estudiantes deben alcanzar en un determinado nivel educativo. De modo general, el currículo responde a las preguntas: ¿qué enseñar?, ¿cómo enseñar?, ¿cuándo enseñar? y ¿qué, cómo y cuándo evaluar? (De Zubiría Samper, 2006).

De esta manera el currículo, define las cosas que han de hacerse para posibilitar la formación de los educandos. En este se describen los contenidos por competencias que orientan los contenidos temáticos de cada asignatura.

“El desarrollo de currículos basados en competencias, más que una moda intelectual en el campo de la educación superior, es una tendencia que se impone en el mundo de hoy, debido a las exigencias del entorno laboral. Por ejemplo, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, a través del decreto 2566 de 2003 estableció las normas mínimas de calidad de los programas académicos universitarios, el sistema de créditos y la formación por competencias. Estas determinaciones deben ser atendidas por las instituciones universitarias, lo que implica gestionar profundos procesos de cambio conceptual sobre la misión de la universidad, la forma de educar profesionales y la finalidad de los mismos en la sociedad. En definitiva, las universidades colombianas están abocadas a iniciar un proceso masivo de reformas curriculares que las ayuden a adaptarse al mundo de hoy y a las exigencias legales vigentes” (González Bernal, 2006).

6.3. Aprendizaje cooperativo

El objetivo principal del aprendizaje cooperativo es “incorporar un componente grupal en el proceso de aprendizaje. Este método se basa en la interrelación positiva de los elementos del grupo. Mediante el aprendizaje cooperativo, las dudas cognoscitivas y lagunas metodológicas de los alumnos se complementan de forma constructiva, de manera que el número de preguntas que se plantea cada alumno suele ser mayor que las que se plantearía en una aproximación individual al problema. De la misma forma que se comparten las preguntas, también las respuestas y alternativas que se van proponiendo se ponen en común durante el proceso de aprendizaje. Esta dinámica tiene como resultado una interacción positiva de los elementos del grupo, que pueden llegar a plantearse temas de una dificultad elevada con grados de resolución

muy satisfactorios. Esta dinámica, además de aportar elementos de crítica y discusión a los alumnos de forma individual, también les dota de una capacidad de gestión del trabajo en grupo que resulta de gran utilidad en la mayoría de los ámbitos laborales de la actualidad” (Benítez, Giraldo, & Domingo, 2004).

“El aprendizaje cooperativo ha presentado un auge en los últimos 20 años y se emplea como método principal para organizar el trabajo en el aula. Las investigaciones han identificado métodos de aprendizaje cooperativo que pueden usarse en todos los grados y para enseñar todo tipo de contenidos, desde matemática hasta lengua o ciencias y desde habilidades elementales hasta resolución de problemas complejos” (Slavin, 1990; Slavin & Johnson, 1999; Zabala-Campo, 2015).

La metodología de aprendizaje cooperativo permite a los estudiantes desarrollar y compartir conocimiento, ayudándoles a adquirir habilidades adicionales para la solución de problemas en grupo. La aplicación este tipo de metodología en asignaturas como las Instrumentación industrial, les permite a los estudiantes construir su propio conocimiento mediante la implementación de grupos de trabajo, donde las ideas de cada integrante se complementan para desarrollar la competencia requerida.

6.4. Aprendizaje Basado en la Resolución de Problemas (ARP)

“El ARP es una estrategia de enseñanza/aprendizaje que lleva aplicándose hace más de cuarenta años en la docencia universitaria. Intenta desplazar la concepción de la enseñanza basada predominantemente en el profesor como único responsable de transferir conocimientos y

los estudiantes meros receptores pasivos de los mismos, hacia la identificación del estudiante como centro y responsable de su propio aprendizaje. Recoge muchos elementos pedagógicos que han demostrado ser útiles para mejorar los procesos de enseñanza/aprendizaje: aprendizaje cooperativo y activo, retroalimentación rápida, resolución de problemas del mundo real, etc” (López-Zafra, Rodríguez-Espartal, Martínez, & Landa, 2015).

“En la estrategia ABP hay que entender el problema que se plantea es un verdadero desafío que proporciona relevancia y motivación para el aprendizaje. Esto debe ser así, porque con la finalidad de comprender y abordar el problema, los estudiantes han de identificar lo que necesitan aprender (aprendizaje auto dirigido). Además, el problema les conducirá a integrar informaciones procedentes de distintas áreas de conocimiento” (Solaz-Portolés, Sanjosé López, & Gómez López, 2013). De acuerdo con Branda (2009) los objetivos y las tareas que se deben cumplir en el ABP son:

- Utilizar estrategias de razonamiento para proponer hipótesis explicativas.
- Identificar necesidades de aprendizaje
- Capacitar para trasladar los aprendizajes conseguidos hacia otros problemas.

En el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) estimula al estudiante para que se interese en el tema, permitiéndole profundizar y estar comprometido con su aprendizaje. El ABP fomenta el desarrollo del conocimiento mediante la solución de problemas, motivando a los estudiantes para tomar decisiones y realizar análisis según su pensamiento crítico que les permite desarrollar la competencia requerida.

6.5. Proyecto de Aula

“Cuando nos preguntamos, que es un proyecto de aula, las respuestas son variadas: es darle significado a problemas determinados por un colectivo con una intención particular, donde las preguntas, inquietudes y temáticas a desarrollar son reconstruidas continuamente. También sin actividades encaminadas a la resolución de problemas que despiertan interés y surgen por consenso, de las cuales alumnos y maestros planean sobre la marcha. Algunos los comparan como lo opuesto a lo convencional. Los estudiantes participan activamente, indagan agotan posibilidades, salen de los horarios y aulas habituales, leen y consultan hasta se desbordan en sus búsquedas; crean inquietudes en donde el maestro posibilita otras exploraciones” (Martínez, 2000).

“En un proyecto de aula la noción de clase, estudiantes y conocimiento es diferente. La imagen de conocimiento es producto de una actividad cultural (Elkana, 1983), no son los contenidos ni la información, es la construcción social argumentada de nuevas visiones. El conocimiento está definido por un conjunto de explicaciones, producto de la experiencias” (Martínez, 2000).

“El proyecto de aula consta del desarrollo de una investigación y aplicación en congruencia con el aprendizaje realizado en la asignatura. Esta técnica busca fortalecer las competencias teórico-prácticas del alumnado, formando en competencias complementarias o transversales a las desarrolladas por el componente teórico de la asignatura. La investigación tiene por objetivo la elaboración de un producto final, el cual parte de una necesidad o problemática relacionada con una competencia específica” (Zabala-Campo, 2015).

La aplicación del proyecto de aula se lleva a cabo en tres fases, en donde la fase inicial determina la planificación, acción pedagógica y objetivos a cumplir, la según etapa implementa la aplicación de las teorías y desarrollo de las actividades; por último la fase donde se exponen los resultados y logros alcanzados.

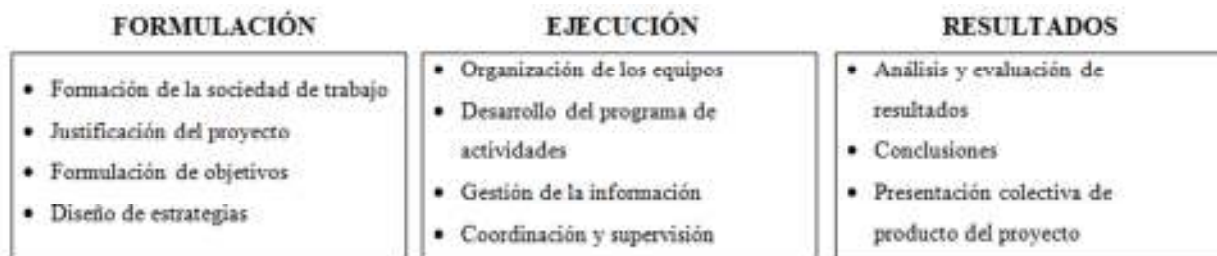


Figura 6.1 Etapas de desarrollo de un proyecto de aula.

Fuente: Elaboración propia.

6.6. Retos de la enseñanza de la Instrumentación Industrial

La instrumentación industrial permite el progreso y desarrollo en una gran cantidad de áreas de la ciencia e ingeniería, permitiendo en un mundo moderno donde la inteligencia computacional y la automatización son omnipresente, poder ejercer control de procesos con procedimientos complejos solamente con dar un clic en el botón del mouse. La medición y la adquisición de datos para obtener información útil de los procesos automatizados se llevan a cabo mediante herramientas e instrumentos complejos. La instrumentación industrial busca mejorar la medición y desarrollar equipos con mejor tecnología, mediante la formación de los profesionales de la ingeniería sobre cómo realizar correctamente las mediciones y el correcto uso

de los instrumentos, así como los científicos e ingenieros trabajan para desarrollar técnicas de medición sofisticada y precisa. El avance tecnológico en el área puede aumentar la brecha técnica y de conocimiento a los usuarios, por lo cual es necesario formar a los profesionales de la ingeniería con las habilidades y conocimientos necesarios para el manejo de estas herramientas (Ooi, 2016).

Hemos entrado en una nueva era de la revolución industrial. El crecimiento rápido de las tecnologías (tecnologías digitales en particular) han creado presión para reformar la educación I&M (Instrumentación y medición). Se necesitan nuevas alianzas entre la industria y el mundo académico para desarrollar nuevos modelos educativos necesarios para los desafíos del siglo XXI (Watanabe, 1999).

La estructura y el contenido curricular de la asignatura de Instrumentación Industrial deben estar desarrollados con base en las competencias requeridas en el sector industrial para formar estudiantes con conocimientos y habilidades para el uso de conocimientos avanzados, poder desarrollar destrezas de autoestudio y autoaprendizajes para manejar temáticas nuevas, realizar trabajo cooperativo y mejorar su competencia en el campo laboral.

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación realizada en este trabajo es cuantitativa, emplea análisis estadístico de los instrumentos de recolección de datos aplicados a egresados, docentes y sector empresarial. Además, posee una etapa exploratoria que enmarca en el análisis de teorías pedagógicas y contenidos temáticos empleados en asignaturas de Instrumentación industrial y afines de otras universidades nacionales e internacionales.

El alcance de la investigación es descriptivo, tiene por propósito especificar las características, propiedades y estructura del programa de asignatura de Instrumentación industrial que cumpla con las necesidades del sector empresarial y académico (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

7.2. Diseño de la investigación

Para lograr los objetivos de esta investigación, se identifican las competencias en Instrumentación industrial en el contexto empresarial y académico de la Región Caribe. Para ello se empleará como fuente primaria de información la técnica de encuesta, realizada a muestras no probabilística de egresados, docentes y miembros del sector empresarial con relación a la Instrumentación industrial. Del sector empresarial se entrevistará a jefes de planta, ingenieros de mantenimiento, gerentes y otros cargos. Del sector académico se entrevistará a docentes y

egresados, con el fin de identificar la percepción actual del programa de asignatura de Instrumentación industrial. Como fuente secundaria de información se realizará la revisión bibliográfica, artículos, libros y noticias del sector académico e industrial en instrumentación como fundamento a la valoración y actualización de los contenidos de la asignatura.

Una vez se realicen las entrevistas, se realizará la evaluación del programa de asignatura actual de Instrumentación industrial, mediante la identificación de aspectos positivos y negativos en los contenidos teórico-prácticos, y las estrategias de enseñanza y aprendizaje de la asignatura.

Con los resultados y conclusiones de la evaluación del programa de asignatura actual de Instrumentación industrial se diseñará la estructura por competencia de los contenidos y estrategias de enseñanza y aprendizaje del programa de asignatura de Instrumentación industrial. Esto implica la selección y/o diseño de contenidos temáticos, guías de prácticas de laboratorio, material bibliográfico e investigativo para estudio y los lineamientos a seguir en actualizaciones futuras.

7.3. Población

La población de estudio está conformada por tres grupos:

- Empresa de automatización e instrumentación industrial de Barranquilla, Colombia.
- Egresados del programa de Ingeniería electrónica.
- Docentes del área de instrumentación industrial.

Tabla 7.1 Indicadores de la Población.

Fuente: Observatorio Laboral Colombiano, Ministerio de Educación Colombia, Cámara de Comercio Barranquilla.

Población	Cantidad
Egresados del programa de ingeniería electrónica a nivel nacional.	72.457
Egresados del programa de ingeniería electrónica en la ciudad de Barranquilla.	7.100
Empresas de Barranquilla del área de la instrumentación industrial.	38

7.4. Muestra

Se implementa un muestreo no probabilístico, donde la elección de los elementos no depende de la probabilidad si no de las características de la investigación, seleccionando una muestra de cada grupo de la población (egresados, docentes y empresas) según su relación a la presente investigación y accesibilidad a la información.

Tabla 7.2 Muestra de la Población.

Fuente: Elaboración propia.

Muestra	Cantidad
Egresados del programa de ingeniería electrónica.	17
Docentes del área de instrumentación industrial.	11
Empresas locales prestadoras de servicios en el área de la instrumentación industrial.	17

7.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se implementó un instrumento de recolección de información de tipo encuesta. La encuesta fue aplicada a una muestra no probabilística de tres poblaciones: 1) Egresados de programas de ingeniería electrónica; 2) Docentes del área de instrumentación industrial; 3) Empresas nacionales prestadoras de servicios en instrumentación industrial. La encuesta permitió el análisis de la relación entre los contenidos programáticos de la asignatura Instrumentación industrial con las competencias requeridas para el desempeño laboral del ingeniero electrónico.

7.6. Elaboración del instrumento

7.6.1. Redefiniciones fundamentales

Las redefiniciones fundamentales son preguntas que permiten corroborar la selección de las variables de interés en la investigación y orientan el diseño del instrumento de recolección de datos. A continuación se muestran las aplicadas para este estudio:

Tabla 7.3 Redefiniciones fundamentales

Fuente: Elaboración propia

¿Qué va hacer medido?	Pertinencia de las competencias de formación en el área de la instrumentación industrial. Habilidades y competencias requeridas en la actividad profesional en el área de instrumentación industrial.
¿Quiénes van hacer medido?	Egresados del programa de ingeniería electrónica. Docentes en el área de instrumentación industrial. Empresas nacionales prestadoras de servicios en el área de instrumentación industrial.
¿Cuándo van hacer medidos?	En julio del 2016.
¿Dónde van hacer medido?	En sus puestos de trabajo y/o a través de internet.
¿Cuál es el propósito al recolectar los datos?	Validar la pertinencia de la formación del ingeniero electrónico en el área de instrumentación industrial frente a las necesidades de la industria.
¿Cuáles son las definiciones operacionales?	Variable 1. Competencias de formación académica en instrumentación industrial.

¿Qué tipo de datos queremos obtener?	Nivel de satisfacción con las competencias desarrolladas en la asignatura Instrumentación industrial. Nivel de competencias requeridas para el desempeño profesional de la instrumentación industrial. Roles del ingeniero en el ámbito laboral de la instrumentación industrial.
--------------------------------------	---

Tabla 7.4 Dimensiones e indicadores de la variable de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Variable	Dimensión	Indicador	Ítems		
			Emp.	Egres.	Doc.
Relación entre las competencias de formación en instrumentación industrial y las que se requieren en el sector industrial.	A nivel académico.	Preguntas genéricas	1	5	5
		Relación de competencias academia – industria	2	2	3
	En la implementación de la instrumentación.	Roles desempeñados	1	1	1
		Competencias requeridas	1	1	1
		Tecnologías y marcas aplicadas en los proyectos.	3	3	3
	Total.			8	12

7.6.2. Construcción del instrumento

El instrumento fue diseñado basado en el concepto de las variables, el estudio de antecedentes y estado de la literatura. Se aplicaron preguntas cerradas. Debido a la diversidad de tipos de preguntas y respuestas se emplearon diferentes codificaciones, todas ellas basadas en el esquema de escala de Likert.

7.6.3. Técnicas de análisis de datos

Conforme el modelo de pregunta y la escala de respuestas en cada una de ellas se aplicaron diferentes técnicas de análisis de datos a conocer, como promedio de las respuestas y cuantificación por grupo en la escala. Las respuestas fueron ordenadas en gráficos expuestos en la sección RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.

8. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

8.1. Análisis y discusión de los resultados

La enseñanza de la Instrumentación industrial en la formación de profesionales de la ingeniería electrónica es de gran importancia. Esta asignatura desarrolla el conocimiento y manejo de instrumentos de control empleados en los procesos industriales que el ingeniero deberá afrontar, atendiendo diversas necesidades.

Los resultados presentados son producto del análisis realizado conforme al diseño metodológico de la presente investigación. Esta sección se organiza así: resultados derivados del análisis de la asignatura Instrumentación Industrial en el contexto académico nacional e internacional; resultados de la encuesta aplicada a empresas, docentes y egresados en el área de la Instrumentación Industrial.

8.1.1. Contexto académico de la asignatura Instrumentación industrial.

El estudio del contexto académico de la asignatura Instrumentación Industrial muestra el análisis de esta y otras asignaturas similares en universidades a nivel nacional e internacional. El estudio incluye tres dimensiones: local, en Barranquilla en la Universidad de la Costa, a nivel nacional en Colombia y a nivel internacional. Se utilizó como fuente de origen de los datos la información publicada en las páginas web de las universidades elegidas.

8.1.2. Caracterización de la asignatura Instrumentación en la Universidad de la Costa C.U.C.

La Universidad de la Costa desarrolla la asignatura de instrumentación industrial en el VIII semestre como una electiva de profundización, con un número total de tres créditos y tiene como pre-requisito la asignatura de Teoría de Control, cursada en VI semestre. La asignatura desarrolla un contenido dividido en tres unidades:

- 1- Conceptos básicos de la instrumentación industrial.
- 2- Transmisores, medición de presión, flujo, nivel y temperatura.
- 3- Elementos finales de control, aplicaciones de la industria y esquemas típicos de control.

La asignatura incluye temáticas como características principales de los instrumentos de control, sistemas internacionales de medidas, transmisores de procesos, protocolos de comunicación, principios de funcionamiento de sensores, medición y control de variables, principales tipos de actuadores neumáticos, cavitación, calderas y máquinas de vapor.

La asignatura desarrolla todo su contenido de manera teórica utilizando los recursos educativos básicos para aplicar sus estrategias didácticas.

8.1.3. La asignatura Instrumentación Industrias en el contexto nacional e internacional de la educación superior.

Se realizó el estudio de la asignatura Instrumentación industrial y similares en programas de Ingeniería electrónica de universidades nacionales e internacionales elegidas, realizando un análisis de sus aspectos positivos y negativos.

Tabla 8.1 Aspectos positivos y negativos de la asignatura Instrumentación Industrial en el contexto nacional e internacional.

Fuente: Elaboración propia

Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
<ul style="list-style-type: none"> • Las asignaturas poseen una estructura concreta, con un número de unidades que se puede desarrollar totalmente en un semestre. • Existen contenidos con desarrollo de prácticas de laboratorio. • Implementación de proyectos de innovación y aplicación de la tecnología, desarrollando aplicaciones de medición, control y automatización de variables físicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Algunas asignaturas tienen 5 o más unidades, lo cual puede resultar extenso para la duración del semestre. • Algunas asignaturas incluyen temas como sistemas de unidades de medida, amplificadores, filtros, convertidores A/D y D/A, correspondientes a otras asignaturas inclusive de semestres o niveles inferiores. • Asignaturas con contenido temático débilmente organizado, sin una orientación por competencias profesionales. • Contenidos con temáticas de asignaturas como Procesos Industriales, tales como Calderas de vapor, secadores y evaporadores, columnas de destilación, intercambiador de calor y Cavitación y flashing en válvulas de control, medidores de tiempo y frecuencia, mediciones de potencia y energía, entre otro. • Asignaturas que no incluyen temas necesarios la competencia específica en instrumentación, como controladores y actuadores.

Tabla 8.2 Contenido de la asignatura Instrumentación Industrial en universidades nacionales.

Fuente: Elaboración propia.

Institución	Universidad Industrial De Santander	Universidad Del Norte	Universidad Del Valle	Universidad Autónoma De Occidente	Universidad de la Costa
Nombre de la Asignatura	Instrumentación	Mediciones e Instrumentación	Instrumentación Electrónica	Instrumentación	Instrumentación Industrial
Unidad 1	Introducción a la Instrumentación	Sistemas de medida de Seguridad en instrumentación	Principios de metrología	Componentes de un sistema de control	Conceptos básicos de la instrumentación industrial.
	¿Qué es instrumentación?, Actuales Tecnologías, Tendencias futuras	Introducción al curso, Sistemas de medida y control, Instrumentos comunes, Seguridad en instrumentación	Medición y error, Sistemas de unidades de medida, Patrones de medición	Descripción, Funciones, Características.	Introducción a la Instrumentación Industrial, Definición de control continuo y control discreto, Clasificación de instrumentos, Características estáticas y dinámicas de los instrumentos de medida y control teniendo en cuenta la metrología de los mismos, Código de identificación de los instrumentos.
Unidad 2	Datos y errores experimentales	Amplificadores	Adecuación de señales	Sistemas de medición	Transmisores, Medición de Presión, Flujo, Nivel y Temperatura.
	Registro e informe de mediciones Precisión, exactitud, resolución y sensibilidad, errores en la medición, análisis estadístico de datos y errores	Amplificador operacional ideal, Amplificación y filtrado, Amp. De instrumentación, Amp. De aislamiento	Adecuación de señales analógicas, Mediciones con puentes, Filtrado, Amplificadores, Linealización, Aislamiento y Adecuación de señales Digitales, Multiplexado, Muestreo y mantenimiento, Conversión A/D y D/A, Sistemas de adquisición de datos.	Principio de funcionamiento de los medidores primarios de las variables de procesos industriales, Acondicionamiento de señal.	Sistema Internacional de unidades. Definiciones, Tipos de transmisión de la variable de proceso medida, ventajas e inconvenientes. Protocolos de comunicaciones empleados en la instrumentación inteligente. Principios de funcionamiento de sensores de nivel, temperatura, presión y caudal. Medición y control de las variables de nivel, temperatura, presión, y caudal.

Unidad 3	Laboratorio eléctrico	Filtros: Fundamentos y diseño	Transductores y sensores	Sistemas de adquisición de datos	Elementos finales de control, Aplicaciones en la industria. Esquemas típicos de control.
	Normas de seguridad, Conexiones a tierra, impedancia de entrada, salida y carga	Filtros analógicos Pasivo activo topología, Características en frecuencia y tiempo, Diseño de filtros. Criterios de selección de filtros	Temperatura, Presión, Nivel, Flujo, Esfuerzo, Desplazamiento.	Conceptos básicos de programación utilizados para el procesamiento y transmisión de las señales en el control y monitoreo de variables industriales, Lenguaje de propósito general Visual Basic, Lenguajes de propósito específico LabView.	<ul style="list-style-type: none"> Definición de válvulas de control, tipos de válvulas, característica de caudal, servomotores, accesorios. Cavitación y flashing en válvulas de control. Coefficiente de dimensionamiento de válvulas para la correcta selección de las mismas de acuerdo a las características del proceso. Calderas de vapor, secadores y evaporadores, columnas de destilación, intercambiador de calor.
Unidad 4	Medidores analógicos de CD y CA	Sensores: Teoría, selección y aplicaciones industriales	Conceptos Avanzados en instrumentación electrónica		
	Movimiento de Arsonval , Medidores electromecánicos, Amperímetros y voltímetros analógicos para CA, Multímetros Analógicos, Medidores analógicos de aplicación especial	Sensores potenciómetros, Resistencia temperatura RTD, Termistores NTC PTC, Resistor LDR, Selección de sensores, Galgas extensiométricas, Switches y actuadores, Sensores inductivos, Sensores piezoeléctricos, Sensores ultrasónicos, Sensores piro	Compatibilidad Electromagnética, Ambientes hostiles para instrumentación, Buses de campo, Especificación y selección de instrumentación		

		eléctricos, Opto electrónicos y encoder, Manejo de catálogos			
Unidad 5	Medidores Electrónicos Digitales	sistema de adquisición de datos			
	Convertidores D/A y A/D, Conteo y codificación digital *Dispositivos de despliegue, Voltímetro y multímetros digitales, Errores de medidores digitales, Prestaciones adicionales de los medidores digitales, Tendencias actuales en tecnología dmm.				
Unidad 6	Medidores de tiempo y frecuencia	Interferencias electromagnéticas y cableado			
	Mediciones de tiempo, Mediciones de frecuencia, Análisis de armónicos y analizadores de espectro	Cableado para minimizar interferencias, Visita ABET			
Unidad 7	Mediciones de potencia y energía	Recomendaciones para diseño PCBs			
	Potencia en circuitos de CA, Mediciones de potencia monofásica, Potencia polifásica, Mediciones de energía, Medidores electrónicos de energía	Proyecto integrador			
Unidad 8	Señales de interferencia y su eliminación y reducción				
	Interferencia Capacitiva, Interferencia inductiva y blindaje, Interferencia Electromagnética y blindaje, Interferencia acoplada				

	inductivamente, Interferencia de circuito a tierra, Guarda de entrada para reducir la interferencia de circuito a tierra				
Unidad 9	Transductores eléctricos				
	Definición, Selección de transductores, Tipos de transductores, Sensores: Micro-sensores, sensores radiactivos químicos, mecanismo y ultrasonido				
Unidad 10	Sistemas de instrumentación				
	Sistemas analógicos, Acondicionamiento analógico de señal, Transmisión de señales analógicas, Muestreo y retención, Sistema de adquisición de datos analógicos a digital				
Unidad 11	Temas especial y aplicación				
	Transmisión de datos en sistemas de aplicación, estándares, Sistemas de instrumentación industrial				

Tabla 8.3 Contenido de la asignatura Instrumentación Industrial en las universidades internacionales.

Fuente: Elaboración propia.

Institución	Universidad de Almería	Universidad Politécnica De Madrid	Universidad Veracruzana	Universidad Autónoma del Estado de Mórelo	Tecnólogo Nacional de México
Nombre de la Asignatura	Instrumentación Electrónica	Instrumentación Electrónica	Instrumentación Industrial	Instrumentación Virtual	Instrumentación
Unidad 1	Introducción a los Sistemas Electrónicos de Medida	La cadena de medida	Introducción a la instrumentación y normas	Introducción	Introducción a la Instrumentación
	1.1. Sistemas de orden 0, 1er orden y 2º orden. 1.2. Magnitudes y variables modificadoras. 1.3. Sensibilidad y precisión. 1.4. Errores y linealidad.	1.1. Conceptos generales 1.2 Características estáticas de sensores 1.3 Características dinámicas de sensores 1.4 Características de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la instrumentación • Definiciones y conceptos • Simbología, normas y sistemas de unidades • Noma ISA y SAMA 	1.1 Sistemas de medición 1.2 Parámetros de medición.	1.1 Definiciones y conceptos 1.2 Clasificación de los instrumentos 1.3 Simbología, Normas y Sistema de Unidades(SAMA, ISA etc) 1.4 Principios generales para la selección de la instrumentación 1.5 Propagación del error
Unidad 2	Muestreo de señales	Sensores resistivos	Tipos de sensores	medición de variables físicas	Sensores y trasmisores.
	2.1. Teorema del Muestreo 2.2. Filtros antialiasing 2.3. Muestreo práctico 2.4. Muestreo y retención	2.1. Potenciómetros 2.2 Galgas 2.3 Resistencias sensores de temperatura 2.4 Termistores 2.5 Otros sensores resistivos 2.6 Acondicionamiento de sensores resistivos	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores de Temperatura • Sensores de Nivel • Sensores de Presión • Sensores de Flujo • Para otras variables físicas: Peso Velocidad Luz PH Conductividad • Criterios para la elección de un sensor 	2.1 Sensores de temperatura 2.2 Sensores de presión 2.3 Sensores de un nivel 2.4 Sensores de flujo 2.5 Transductores 2.6 Transmisores 2.7 Acondicionadores de señal	2.1 Medición de Presión 2.2 Medición de Nivel y densidad 2.3 Medición de flujo 2.4 Medición de temperatura 2.5 Medición de otras variables 2.6 Procedimiento para la calibración 2.7 Criterios de selección 2.8 Acondicionamiento de señal

Unidad 3	Conversión A/D y D/A	Sensores reactivos	Actuadores finales de control	Actuadores	Actuadores
	3.1. Convertidor D/A 3.2. Convertidores A/D aproximaciones sucesivas 3.3. Convertidores Flash 3.4. Convertidores de sobre muestreo 3.5. Cuantificador no uniforme. 3.6. Multiplexado analógico.	3.1 Sensores capacitivos 3.2 Sensores inductivos 3.3 Acondicionamiento de sensores reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de actuadores: Eléctricos Neumáticos Hidráulicos • Tipos de pistones • Otro tipo de actuadores • Criterios para la elección de un actuador 	3.2 Neumáticos 3.3 Eléctricos 3.4 Hidráulicos 3.5 Mixtos	3.1 Actuadores eléctricos 3.2 Actuadores neumáticos 3.3 Actuadores hidráulicos 3.4 Tipos de válvulas 3.5 Otros tipos de actuadores 3.6 Criterios de selección
Unidad 4	Acondicionadores de señal	Sensores generadores	Controladores	diagramas de control y simbología en control de procesos	Controladores
	4.1. Acondicionadores básicos con A.O. 4.2. Amplificador de instrumentación. 4.3. Puentes de medida. 4.4. Efectos del ruido e interferencias. 4.5. Circuitos de aislamiento. 4.6 Amplificadores de electrocardiografía.	4.1 Termopares 4.2 Sensores piezoeléctricos 4.3 Sensores piro eléctricos 4.4 Sensores fotovoltaicos 4.5 Sensores electromagnéticos	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de lazo abierto y cerrado • Modos de control aplicados en instrumentación: on-off Proporcional, proporción + integral Proporcional + integral + derivativo • Criterios para la elección de un controlador • Sintonización de controladores • Aplicaciones de los controladores 	4.1 Conceptos 4.2 Simbología 4.3 Lazos simples de control 4.4 Lazos compuestos de control 4.5 Descripción de procesos industriales elementales	4.1 Aplicaciones de Sistemas de Lazo Abierto y Lazo Cerrado 4.2 Modos de Control aplicados en instrumentation: 4.2.1 On-Off. On-Off con hysteresis 4.2.2 Proporcional 4.2.3 Proporcional + Integral 4.2.4 Proporcional + Derivativo 4.2.5 Proporcional + Integral + derivativo 4.3 Criterios para la Selección de un controlador 4.4 Sintonización de Controladores
Unidad 5	Sensores y transductores	Otros sensores	Tópicos de control asistidos por computadoras	interfaz gráficas para procesos	Control asistido por computadora
	5.1. Transductores resistivos. 5.2. Sensores activos de temperatura.	5.1 Sensores basados en uniones semiconductoras	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de datos • Control Supervisorio Remoto • Control Digital directo 	5.1 Conceptos 5.2 Visualización grafica 5.3 Variables de	5.1 Adquisición de datos 5.2 Control supervisorio 5.3 Control digital 5.4 Control distribuido

	<p>5.3. Conductividad en líquidos</p> <p>5.4. Codificadores de posición.</p> <p>5.5. Transductores de niveles.</p> <p>5.6. Caudalímetros.</p> <p>5.7. Medida de iones y gases.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentación virtual • Control distribuido 	<p>entrada y salida</p> <p>5.4 Arreglos.</p> <p>5.5 Funciones.</p> <p>5.6 Archivos</p>	<p>5.5 Instrumentación virtual</p> <p>5.6 Proyecto final.</p>
Unidad 6	<p>Sistemas de Adquisición de Datos</p>		<p>Proyecto de innovación y transferencia tecnológicas</p>	<p>Comunicaciones Industriales</p>	
	<p>6.1 Estructura de un sistema de adquisición de datos.</p> <p>6.2 Sistemas de adquisición micro procesados.</p> <p>6.3 Almacenamiento de datos, Dataloggers.</p>		<p>Sistema de medición, control y automatización de al menos cuatro variables físicas intercaladas a un PC. Con gráficos dinámicos de simulación del proceso en (LabView, Visual C o Visual Basic), y la simulación de circuitos eléctricos en (Multisim o Prótel), así como la simulación esquemática en Solid Word.</p>	<p>6.1 Rs232</p> <p>6.2 Gpib</p> <p>6.3 Rs485</p> <p>6.4 Pc104</p> <p>6.5 I2c</p> <p>6.6 Usb</p> <p>6.7 Modbus</p> <p>6.8 Devicenet</p> <p>6.9 Lonworks</p> <p>6.10 Ethernet industrial</p> <p>6.11 Hart</p> <p>6.12 Profibus</p> <p>6.13 Can</p>	
Unidad 7	<p>Instrumentación electrónica distribuida</p>				
	<p>7.1 Sistemas de transmisión de datos.</p> <p>7.2 Estructuras distribuidas de medida.</p> <p>7.3 Protocolos de comunicaciones para medidas distribuidas.</p> <p>7.4 Aplicaciones industriales de las medidas distribuidas.</p>				

8.2. Análisis de los resultados de la encuesta.

Los resultados obtenidos mediante el instrumento de recolección de información de tipo encuesta, se organizan en dos dimensiones: competencias de formación académica y formación en la implementación de Instrumentación. Los resultados demuestran la necesidad de actualizar el contenido programático de la asignatura de Instrumentación Industrial por parte de la Universidad de la Costa CUC, dando así soporte al presente proyecto de grado desarrollado.

En la encuesta aplicada a 17 empresas y 17 egresados, todos realizaron completamente la encuesta y en cuanto a los 11 docentes que participaron en la encuesta y que solo 3 realmente la completaron, se evidencia la poca disposición del docente para participar en el estudio, estas respuestas en términos generales no constituyen una fuente fiel para el estudio, que sin embargo se analizaron pero con una menor incidencia en los resultados.

8.3. Competencias de formación académica.

La dimensión Competencias de formación académica, tiene como objetivo identificar el nivel de relación existente entre los contenidos actuales de la asignatura Instrumentación industrial frente a las necesidades de la industria. Esta dimensión se estructuró en indicadores asociados a información general sobre el egresado, empresario o docente para poder ubicar un perfil del mismo acorde al objeto de estudio de este proyecto. Así mismo, como indicador final, el nivel de percepción y satisfacción de la formación en Instrumentación industrial en el contexto de la realidad profesional y empresarial del ingeniero electrónico.

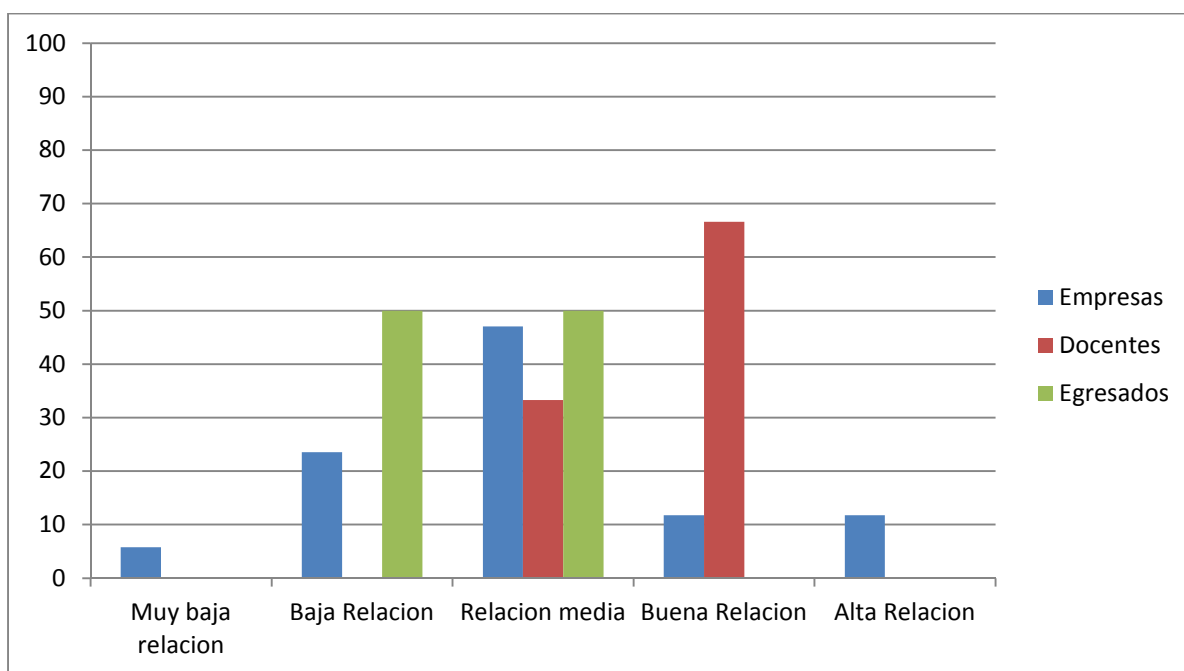


Figura 8.1 Relación entre las competencias de formación en instrumentación industrial y las que se requieren en el sector industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Este resultado demuestra la necesidad de realizar la actualización y fortalecimiento de la asignatura Instrumentación Industrial, considerando que las empresas que trabajan en el área de la instrumentación industrial y egresados de programa de ingeniería electrónica de la Universidad de la Costa C.U.C., perciben una baja relación entre las competencias desarrolladas en la asignatura y los requisitos reales de la industria. Se observa que los docentes son quienes definen una mejor relación, sin embargo este tipo de respuesta puede estar condicionada a que los docentes encuestados si bien son del área, ninguno está dictando la asignatura Instrumentación Industrial hoy en día.

Los resultados permitieron identificar una desviación alta en las respuestas de las empresas, donde unas pocas consideraron una alta y baja relación, demostrando opiniones muy diferentes. Una explicación a este fenómeno es que todas reconocen hacer proyectos de automatización pero no reconocen hacer específicamente proyectos de instrumentación, lo cual demuestra que el área de instrumentación no está claramente definida en las empresas como un área en concreto de sus proyectos, sino como un componente de un proyecto global de automatización. Por otro lado, las empresas que realizan servicios de mantenimiento, servicios de calibración y certificación de instrumentos perciben que no hay una relación directa entre la formación realizada en la asignatura y las necesidades del campo laboral.

En definitiva se evidencia que hay mucho por mejorar debido a la relación media que se observa como resultado y lo cual es congruente con la opinión de los egresados, ya que ninguno considera una buena o alta relación entre lo visto en la asignatura de Instrumentación Industrial y lo experimentado a nivel laboral, si no, de lo contrario una baja o meda relación.

En la Fig. 8.2 se observan cuáles son las temáticas desarrolladas en el campo profesional, donde los egresados consideran que actuadores lineales, clasificación de los instrumentos, sensores de humedad, celdas de carga y acondicionadores de señales lo usan con poca frecuencia. Por su parte las empresas muestran algo parecido donde temas con menos requerimiento son actuadores lineales, acondicionadores de señal, celdas de carga, sensores de humedad, sensores de flujo, principios generales para la selección de instrumentos y sistemas de adquisición de datos.

De los temas encuestados existe congruencia entre la opinión de las empresas y egresados donde se observa en su mayoría que la relación es media y baja, lo cual implica y muestra la

necesidad de realizar una actualización de los contenidos de la asignatura de Instrumentación Industrial.

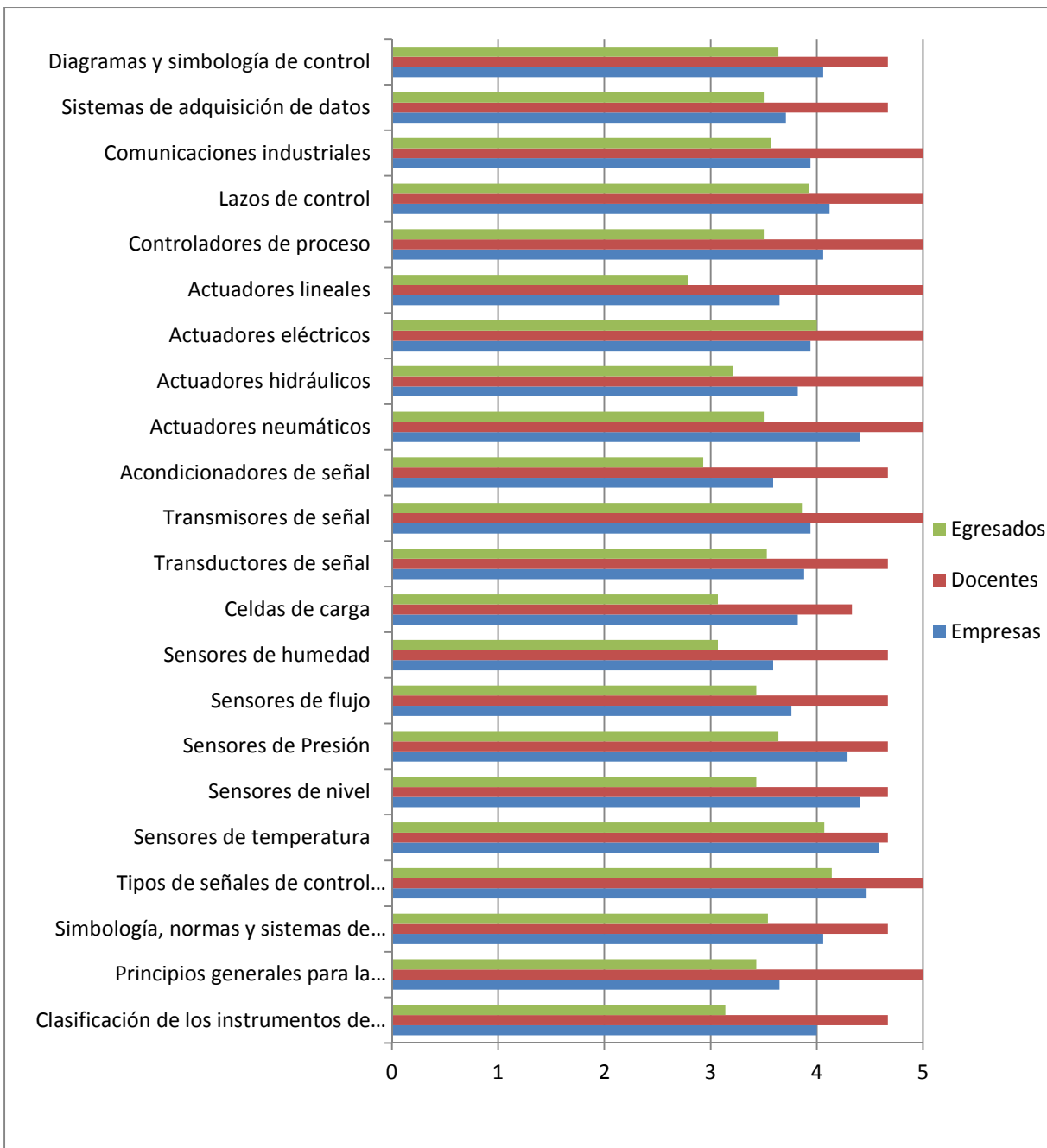


Figura 8.2 Temáticas desarrolladas en el campo profesional

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las respuestas de los docentes, se podría decir que la muestra es poco significativa para de ahí tomar resultados que aporten una verdadera opinión, debido a que solo 3 contestaron la pregunta respecto a las temáticas desarrolladas en la asignatura de Instrumentación Industrial. Sin embargo se realizó su respectivo estudio y análisis.

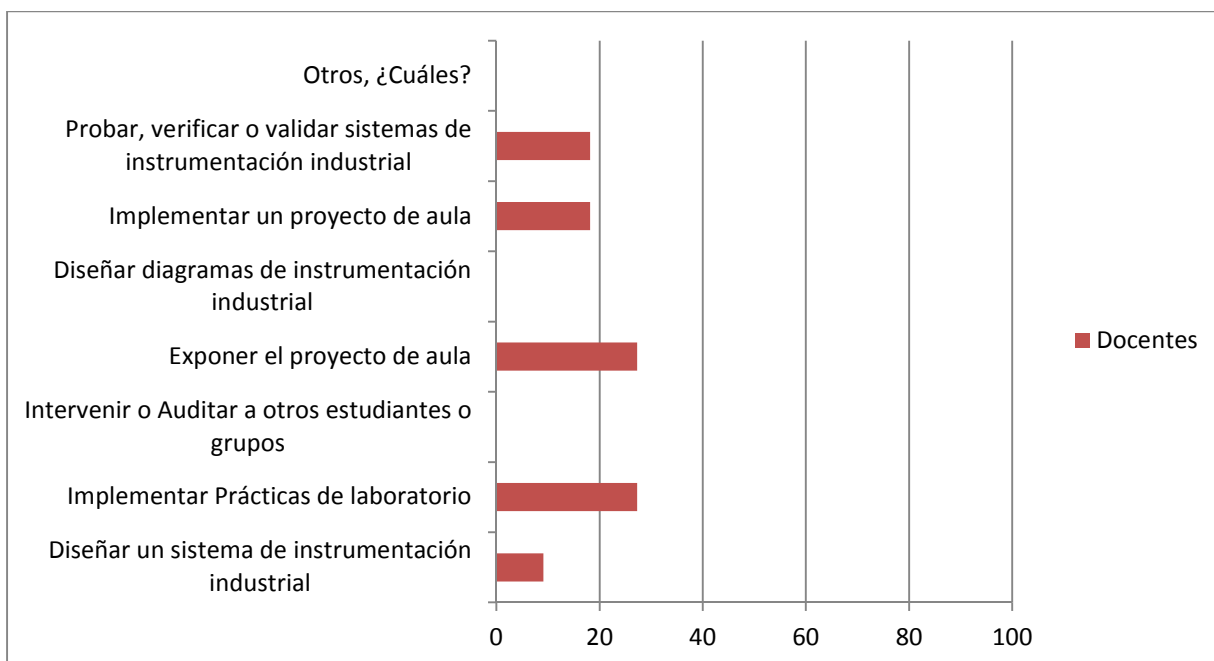


Figura 8.3 Funciones empresariales desarrolladas por estudiantes en clases, en contexto de la Instrumentación Industrial.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.1. Competencias de formación en la implementación de la instrumentación.

Para los roles que desempeña el ingeniero en la implementación de la instrumentación, se observa en la Fig.8.4 que los egresados y las empresas consideran en el rango de poca frecuencia que las funciones de ejecutor y diseñador son las actividades con un mayor grado de ejecución.

A la vez consideran de una menor manera que los roles de ingeniero de pruebas e ingeniero comercial también son requeridos en el campo industrial.

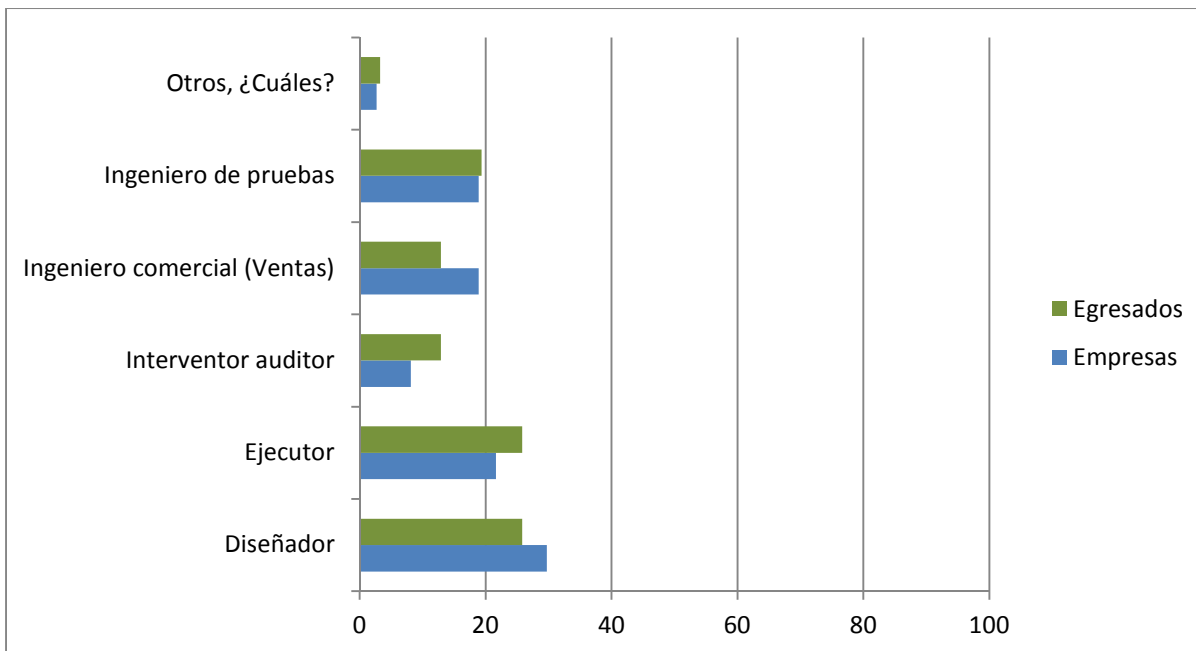


Figura 8.4 Roles que desempeña el ingeniero en la implementación de la instrumentación.

Fuente: Elaboración propia.

Observando la fig. 8.5 que muestra el nivel de formación requerido en las actividades técnicas y de ingeniería, en general los egresados expresan una formación baja y conceptos básicos, en comparación con lo demostrado por la empresas que consideran que en temas de gran importancia en el campo de Instrumentación Industrial como lo son inspeccionar y revisar instrumentos en procesos de control, configurar y conectar transductores y transmisores de señal, seleccionar instrumentos, conectar sensores y actuadores y sintonizar y parametrizar controladores de proceso son requeridos con un nivel mínimo de formación media. Así pues se

demuestra la necesidad de tener en cuenta lo requerido por el sector industrial para desarrollar las temáticas en la asignatura de Instrumentación Industrial que permitan formar a los estudiantes con un buen nivel de competitividad en el campo laboral.

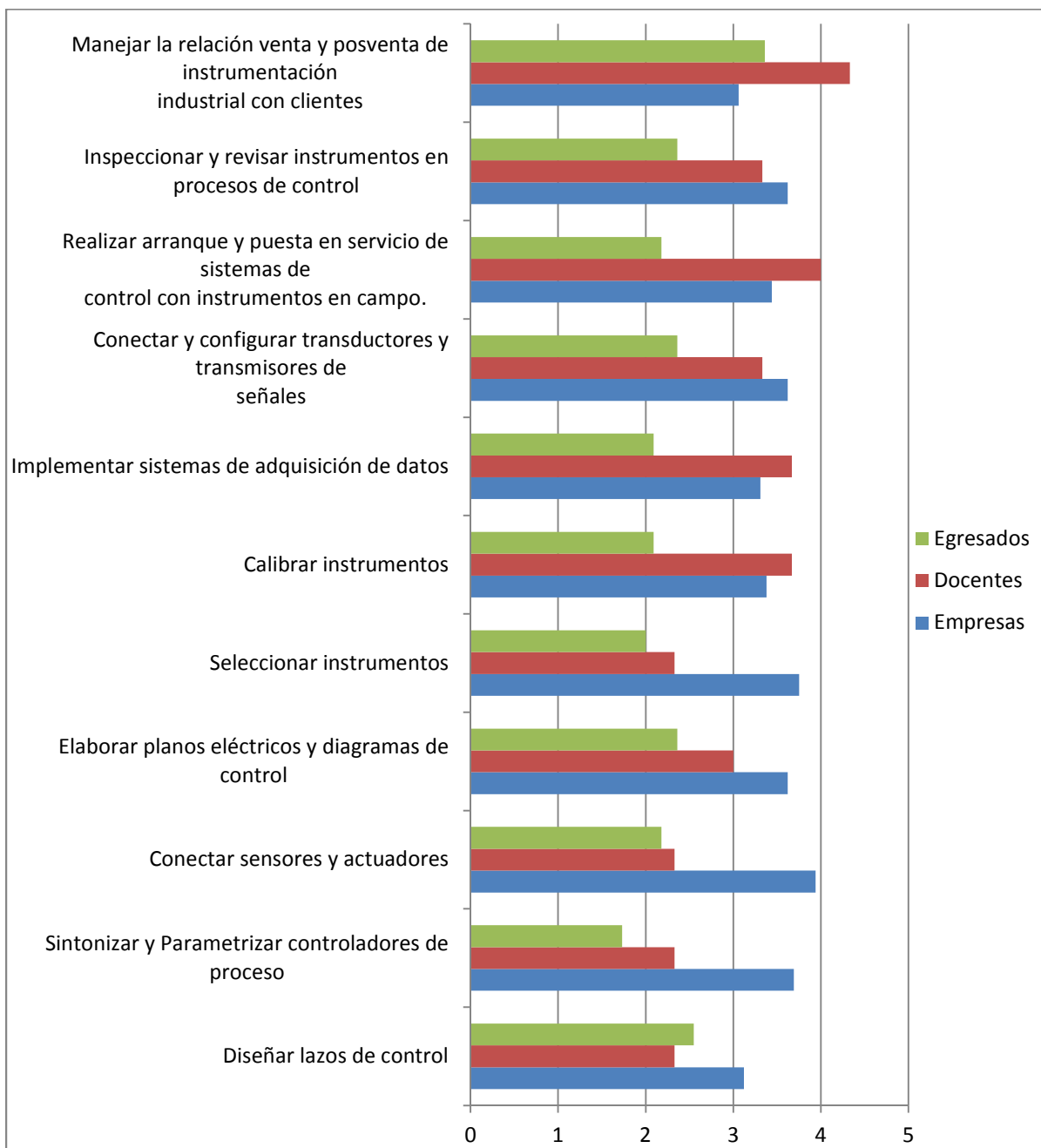


Figura 8.5 Nivel de formación requerido en las actividades técnicas y de ingeniería.

Fuente: Elaboración propia.

Entorno al área comercial del sector de la instrumentación industrial, es de gran importancia medir el comportamiento del mercado en cuanto a los fabricantes y marcas que sobresalen y brindan soluciones con sus productos a los procesos en la industria. Con relación al manejo de sensores, las empresas coincidieron en que todas las opciones propuestas son implementadas en sus servicios y proyectos, por su parte los egresados expresan que las marcas con mayor manejo corresponden a Schneider electric, Siemens, Autonics, Vega, Danffos y otras marcas.

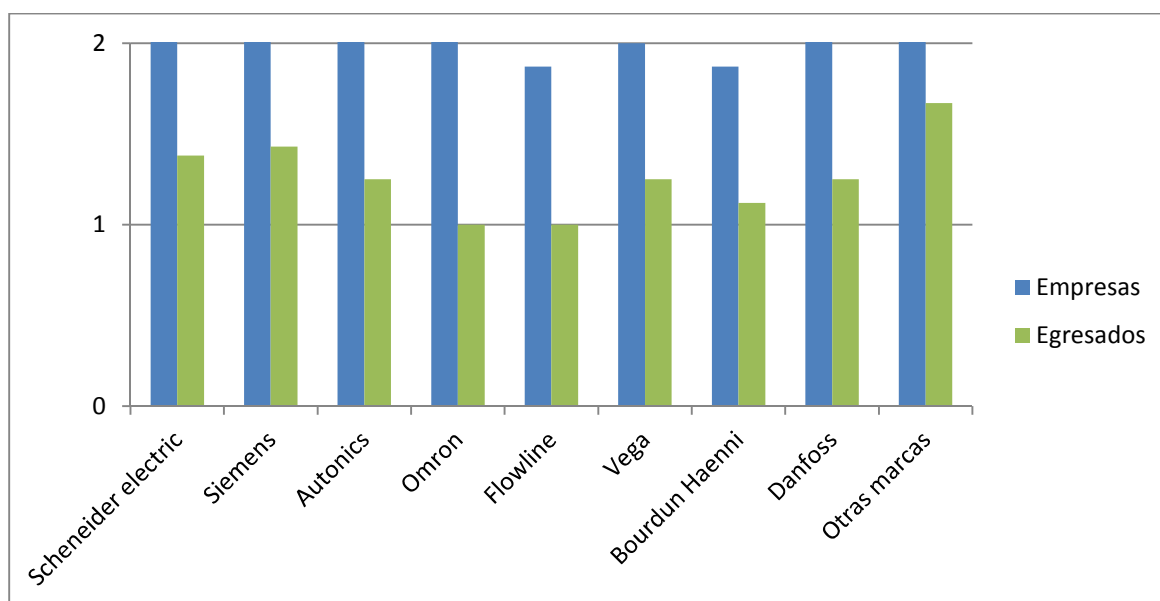


Figura 8.6 Fabricantes de SENSORES utilizados en la implementación de la instrumentación industrial.

Fuente: Elaboración propia.

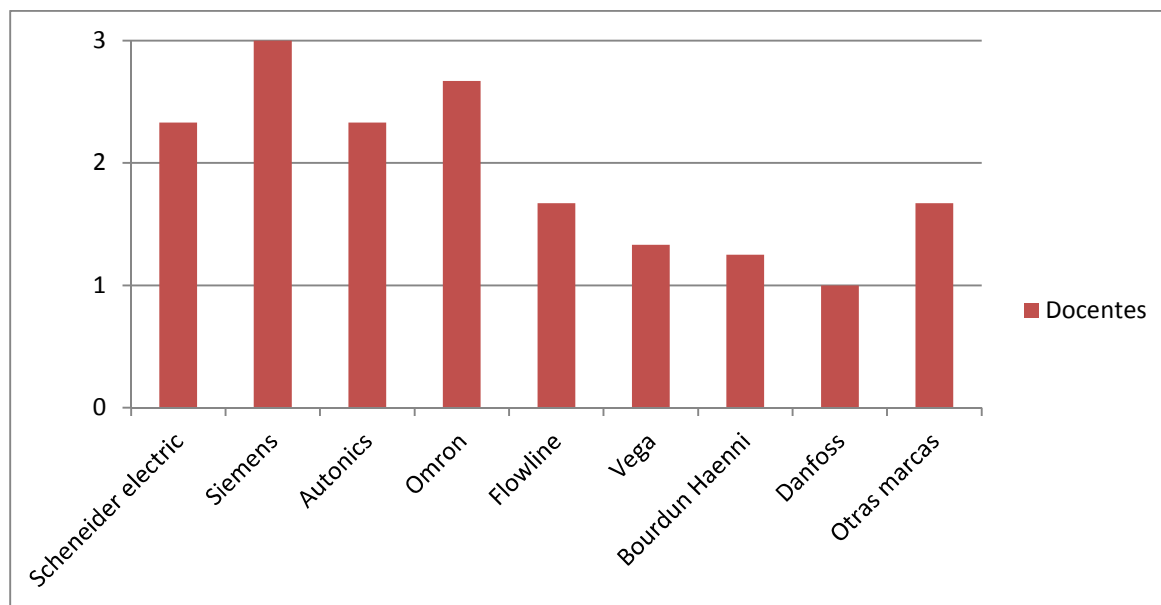


Figura 8.7 Fabricantes de SENSORES utilizados en el desarrollo de temáticas o prácticas de laboratorio en instrumentación industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo en el estudio realizado a los fabricantes de controladores de procesos, las empresas coincidieron en que todas las opciones propuestas son implementadas en sus servicios y proyectos, por otro lado lo egresados indican que las marcas con un mayor manejo son Siemens, Autonics, PR electronics, Shimaden, Intech y otras marcas.

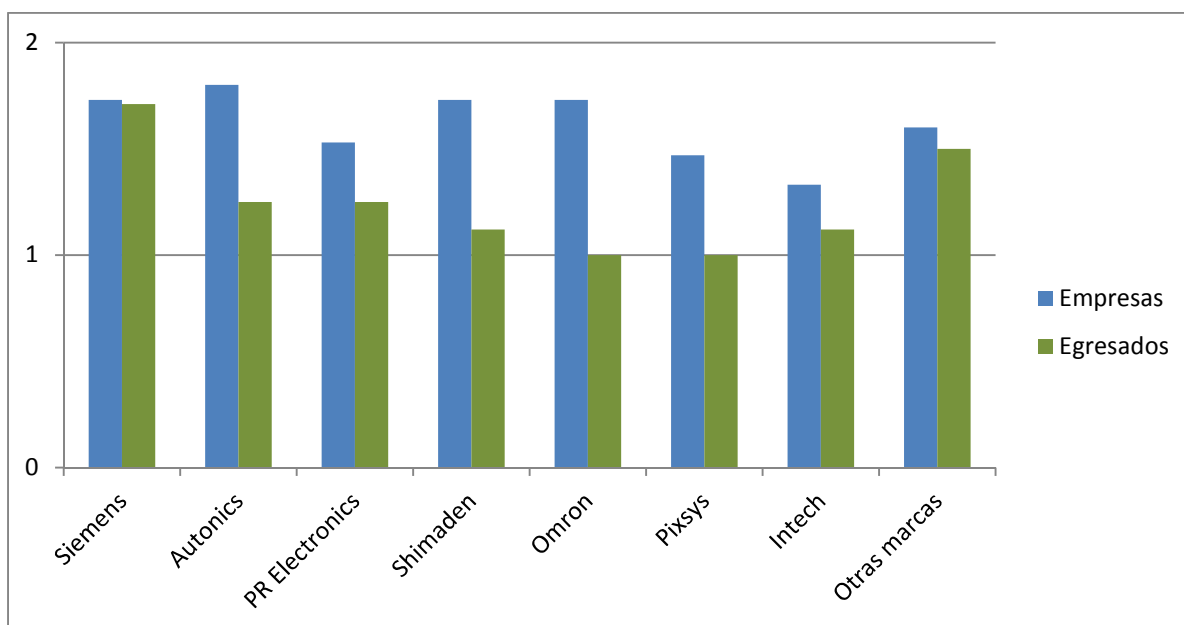


Figura 8.8 Fabricantes de CONTROLADORES DE PROCESO utilizados en la implementación de la instrumentación industrial.

Fuente: Elaboración propia.

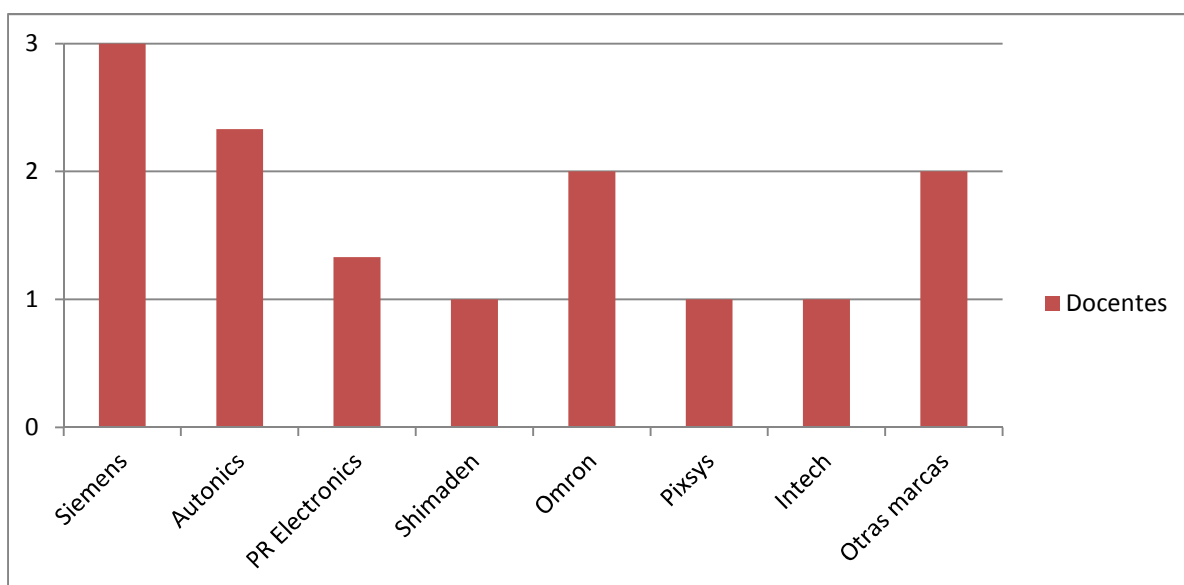


Figura 8.9 Fabricantes de CONTROLADORES DE PROCESO utilizados en el desarrollo de temáticas o prácticas de laboratorio en instrumentación industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, también se analizó a los fabricantes de actuadores en el área comercial del sector de la instrumentación industrial, donde las empresas también determinaron que todas las opciones propuestas son implementadas en sus aplicaciones y los egresados indicaron que las marcas un mayor manejo son Siemens, Norgren, Smc, Festo, Danffos, Weg y otras marcas.

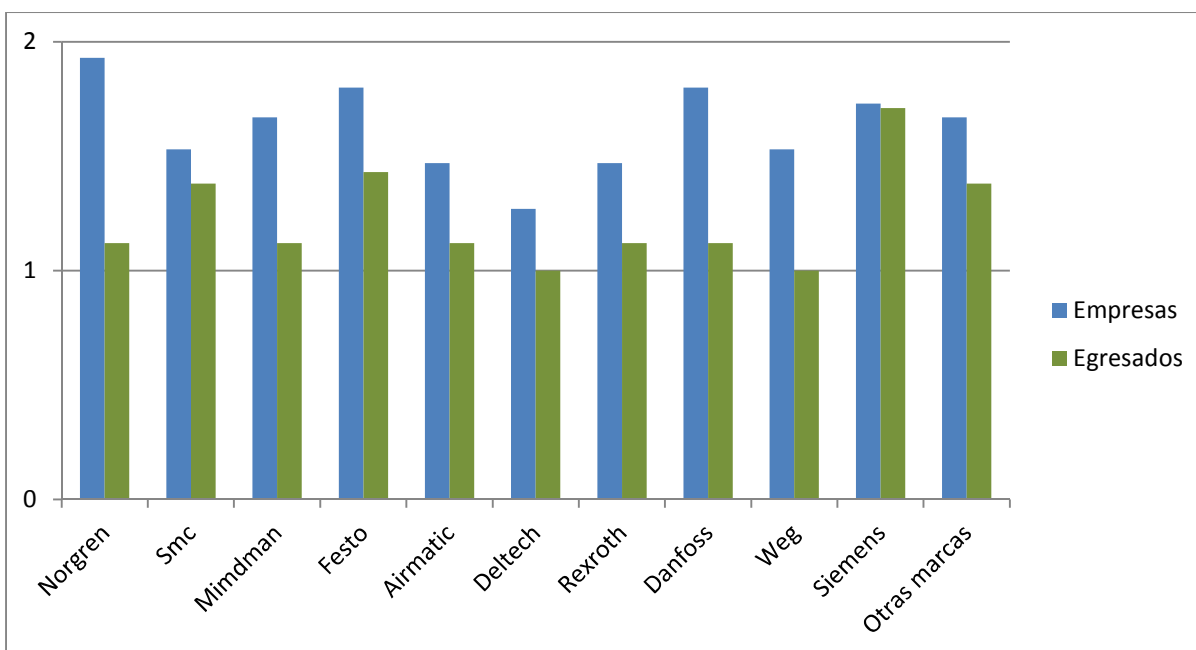


Figura 8.10 Fabricantes de ACTUADORES utilizados en la implementación de la instrumentación industrial.

Fuente: Elaboración propia.

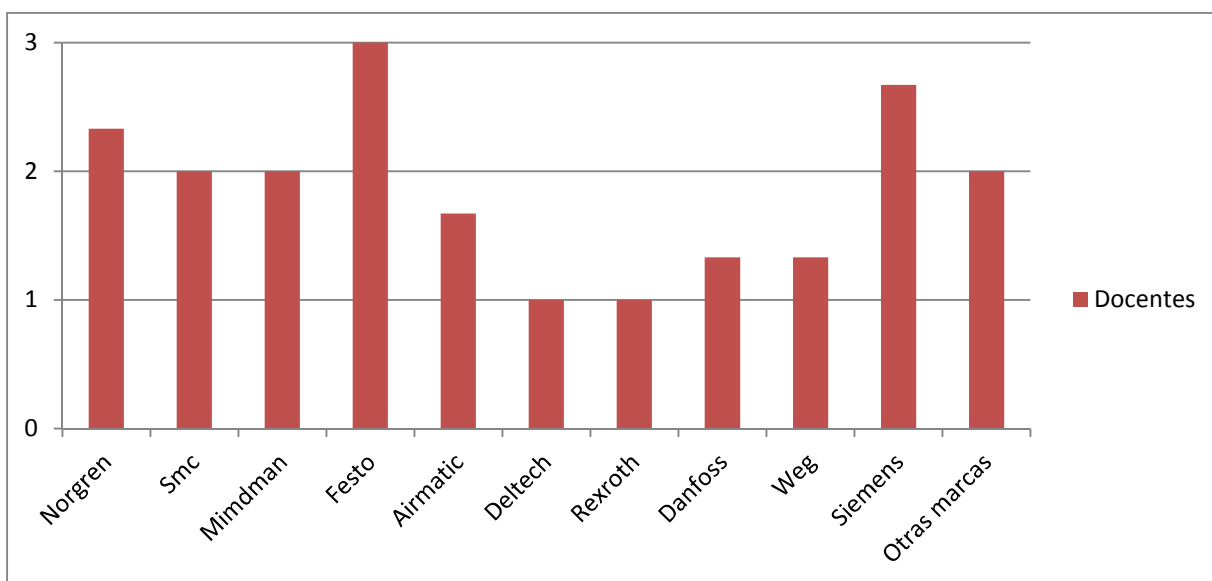


Figura 8.11 Fabricantes de ACTUADORES utilizados en el desarrollo de temáticas o prácticas de laboratorio en instrumentación industrial.

Fuente: Elaboración propia.

8.4. La asignatura Instrumentación Industrias del programa de Ingeniería Electrónica en el contexto industrial académico.

Se realizó el estudio de la estructura curricular actual de la asignatura Instrumentación industrial del programa de ingeniería electrónica de la Universidad de la Costa C.U.C., con el fin de identificar sus habilidades y debilidades, evaluando cada una de las tres unidades que posee y teniendo en cuenta los resultados de la encuesta aplicada a empresas y egresados.

Tabla 8.4 Habilidades y debilidades de la asignatura Instrumentación Industrial en el contexto industrial académico.

Fuente: Elaboración propia

Unidad	Habilidades	Debilidades
Unidad 1 Conceptos básicos de la Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> • Posee temática de introducción, como sistemas de unidades y clasificación de instrumentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incluye temas como definición de control continuo, control discreto y características y dinámicas de los instrumentos de medida y control, temas correspondiente a otras asignaturas.
Unidad 2 Transmisores, medición de presión, flujo, nivel y temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Estudia temas como medición de presión, nivel y temperatura, que en los resultados de la encuesta de las temáticas desarrolladas en el campo profesional fueron elegidas con un alto promedio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados de la encuesta muestran la importancia de temas de transmisores y transductores de señal que en esta unidad no se trata. • Posee temas como protocolos de comunicación con baja aceptación en el requerimiento del sector industrial. • Los encuestados referencian unas marcas de interés para sensores que aquí no están.
Unidad 3 Elementos finales de control, aplicaciones en la industria. Esquemas típicos de control.	<ul style="list-style-type: none"> • Teniendo en cuenta los resultados de la encuesta, los temas en esta unidad tratados no son requeridos por el campo industrial en el área de la instrumentación Industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados definen temas de gran importancia como actuadores neumáticos, eléctricos e hidráulicos que no son tratados en esta unidad. • Temas como lazos de control, controladores de proceso y diseño de diagramas de procesos y control tampoco son tratados. • Los encuestados referencian unas marcas de interés para actuadores y controladores que aquí no están.

9. PROPUESTA ACTUALIZADA DE CONTENIDO DE ASIGNATURA

INSTRUMENTACIÓN

Competencia de la asignatura
Diseñar soluciones de ingeniería en instrumentación industrial mediante el uso de diagramas con simbologías que cumplan con las normas técnicas.

Unidad No.1: Introducción a la Instrumentación Industrial		
Elemento de competencia	Indicadores de desempeño	Contenidos
Interpretar diagramas de procesos y control.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los instrumentos de medida en los diagramas de procesos y control. • Identificar las variables de un proceso industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la Instrumentación Industrial. • Introducción a Diagramas y simbología de instrumentación y control. • Normas y sistemas de unidades. • Clasificación de los instrumentos de medición. • Tipos de señales de control.

Unidad No.2: Sensores y transmisores		
Elemento de competencia	Indicadores de desempeño	Contenidos
Seleccionar e identificar los sensores implementados en los procesos de control.	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar la variable física a medir. • Seleccionar el sensor adecuado para la aplicación, según la caracterización de la variable. • Seleccionar los dispositivos de transmisión de acuerdo a las necesidades del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura y elementos de medición. • Nivel y elementos de medición. • Presión y elementos de medición. • Otras variables y sus elementos de medición. • Transmisores de señal. • Transductores de señal.

Unidad No.3: Actuadores		
Elemento de competencia	Indicadores de desempeño	Contenidos
Seleccionar e identificar los actuadores implementados en los procesos de control.	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar la variable a controlar • Seleccionar el actuador adecuado para la variable a controlar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actuadores neumáticos. • Actuadores Hidráulicos. • Actuadores eléctricos. • Otros tipos de actuadores.

Unidad No.4: Controladores		
Elemento de competencia	Indicadores de desempeño	Contenidos
Diseñar aplicaciones de control de procesos	<ul style="list-style-type: none"> • seleccionar el tipo de controlador necesario para la aplicación de control. • Diseñar aplicaciones de control con instrumentación industrial. • Diseñar diagramas de procesos y control con simbología de instrumentación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lazos de control. • Controladores de proceso. • Diseño de diagramas de procesos y control.

Estrategias didácticas: Unidad 1.	
Estrategias de trabajo presencial	Estrategias de trabajo independiente
Presentación del curso. Introducción a la Instrumentación Industrial.	Búsqueda de Diagramas y Símbolos de Instrumentación y Control.
Introducción a Diagramas y simbología de instrumentación y control (Mesa Redonda). Normas y sistemas de unidades. Asignación de Grupos de Exposición: Temperatura, Presión, Nivel, Otros (asignar en específico) Asignación de Grupos de Exposición: Actuadores Neumáticos, Hidráulicos, Eléctricos, Otros.	Investigación de instrumentos de medición.
Cuestionario: Clasificación de los instrumentos de medición	Investigación sobre señales de control.
Cuestionario: Tipos de señales de control.	Investigación sobre los temas de exposición asignados.

Estrategias didácticas: Unidad 2.	
Estrategias de trabajo presencial	Estrategias de trabajo independiente
Exposición: Temperatura y elementos de medición. Exposición: Nivel y elementos de medición.	Investigación sobre los temas de exposición asignados.
Exposición: Presión y Elementos de Medición. Exposición: Otras variables y sus elementos medición.	Investigación sobre transmisores de señal.
Transmisores de señal	Investigación sobre transductores de señal.
Transductores de señal.	Investigación sobre los temas de exposición asignados.

Estrategias didácticas: Unidad 3.	
Estrategias de trabajo presencial	Estrategias de trabajo independiente
Exposición: Actuadores neumáticos. Exposición: Actuadores Hidráulicos.	Investigación sobre los temas de exposición asignados.
Exposición: Actuadores eléctricos. Exposición: Otros tipos de actuadores.	Investigación sobre los temas de exposición asignados.
Consolidación de Exposiciones. Desarrollo de un caso de estudio: Selección del caso.	Investigación sobre Lazos de Control.

Estrategias didácticas: Unidad 4.	
Estrategias de trabajo presencial	Estrategias de trabajo independiente
Lazos de Control Desarrollo de un caso de estudio: identificación de variables.	Trabajo sobre el Caso de Estudio: Caracterización de variables.
Controladores de proceso. Desarrollo de un caso de estudio: Selección de sensores y actuadores.	Desarrollo de un caso de estudio: Especificación de sensores y actuadores, selección del controlador.
Diseño de diagramas de procesos y control. Desarrollo de un caso de estudio: Diagrama del proceso.	Desarrollo del Informe de Caso de Estudio.
Socialización de Caso de Estudio.	Correcciones de Caso de Estudio.
Consolidación del curso.	

CONCLUSIONES

Al desarrollar el presente trabajo se pretende aportar al programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de la Costa C.U.C., y en general, al sector académico de la instrumentación industrial, proponiendo una actualización de contenido temático de la asignatura Instrumentación industrial. Este tipo de estudios permiten fortalecer la formación de los estudiantes con competencias que mejoren su perfil profesional. A continuación se describen las diferentes conclusiones que demuestran el alcance de los objetivos propuestos y fundamentan los resultados de la presente monografía.

- Se identificaron las competencias requeridas de la asignatura Instrumentación industrial de diferentes universidades a nivel nacional e internacional, donde se hallaron programas con estructuras concretas, unidades de trabajo coherentes y temas de innovación y desarrollo. Por otra parte, se observan también contenidos con temáticas básicas y fuera del contexto de la instrumentación industrial, generando unidades de trabajo muy extensas. Se identificaron competencias requeridas por el sector industrial de mucha importancia para la formación de los estudiantes, como lo son el desarrollo de planos de control, diseño de lazos de control, selección de la instrumentación y conexión de sensores y actuadores.
- Mediante la encuesta aplicada a docentes, egresados y empresas se evaluó e identificó que existe una relación media/baja entre lo requerido por el sector industrial y la estructura curricular actual de la asignatura de Instrumentación industrial del Programa de Ingeniería Electrónica, demostrando así que era necesario proponer una actualización de contenido para mejorar la estructura curricular de la asignatura.

- Se realizó la propuesta de la actualización de contenido de la asignatura de Instrumentación industrial, la cual se construyó basada en competencias con una metodología de enseñanza-aprendizaje, conformada por cuatro unidades (Una unidad más que la actual) en donde excluyen temas no relacionados con la instrumentación industrial, que están en la actual estructura curricular y que contiene temas nuevos, como actuadores eléctricos, neumáticos e hidráulicos, lazos de control, controladores de proceso, diseño de diagramas de procesos, entre otros. Los cuales están organizados en un programa asignatura teniendo en cuenta los requerimientos del sector industrial.

El presente proyecto de grado recomienda realizar acompañamiento y evaluación de la implementación de esta propuesta sobre el crecimiento de competencias en los estudiantes de ingeniería electrónica, además, extender este estudio hacia asignatura Instrumentación Industrial de la especialización en Automatización y Control Industrial y considera tener en cuenta para trabajos futuros, revisar el alcance de la dotación del laboratorio para garantizar la formación de la competencia un poco más allá del diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Azcondo, F. J., & Allende, M. Á. (2012). Un proyecto docente para la asignatura Electrónica e Instrumentación del nuevo Máster Ingeniero Industrial.
- Benítez, R., Giraldo, B., & Domingo, J. (2004). Aprendizaje cooperativo basado en problemas en el diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería. En *Actas del XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas* (Vol. 12).
- Branda, L. A. (2009). El aprendizaje basado en problemas: De herejía artificial a res popularis. *Educación médica*, 12(1), 11–23.
- De Zubiría Samper, J. (2006). *Los modelos pedagógicos: hacia una pedagogía dialogante*. Coop. Editorial Magisterio.
- Dokú, K. C., & Gonzáles, L. E. (2006). *Currículo Universitario basado en competencias*. Universidad del Norte.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Boletín de la sociedad colombiana de epistemología*, 3(10–11), 65–80.
- González Bernal, M. I. (2006). Currículo basado en competencias: una experiencia en educación universitaria. *Educación y educadores*, 9(2).
- González, V., & Roberto, L. (2004). Factores que han impulsado la innovación en la instrumentación industrial, un estudio de caso. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, V(4). Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=40450404>
- Granado, E. (2016). Desarrollo de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales para la mejora del proceso enseñanza/aprendizaje. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 25(1).

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education. Recuperado a partir de <https://books.google.com.co/books?id=oLbjoQEACAAJ>
- Larraín, A. M., & González, L. E. (2005). Formación universitaria por competencias. *Seminario internacional CINDA. Currículo universitario basado en competencias*, 44.
- López-Zafra, E., Rodríguez-Espartal, N., Martínez, L. C., & Landa, J. M. A. (2015). Avaluació d'una experiència d'Aprenentatge Basat en Problemes (ABP) en estudiants universitaris. *Revista d'Innovació Docent Universitària*, (7), 71–80.
- Martínez, S. (2000). ¿Cómo trabajar un proyecto de aula? *Nodos y Nudos*, 2(8).
- Ooi, M. P.-L. (2016). Among the challenges and future trends in I&M [Future Trends in I&M]. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 19(5), 13–14.
- Páez-Logreira, H., Zabala-Campo, V., & Zamora-Musa, R. (2016). Análisis y actualización del programa de la asignatura Automatización Industrial en la formación profesional de ingenieros electrónicos. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(21), 38–43.
- Sen, T. (2013). Industry visit beneficial for student's learning in Process Instrumentation and Control unit. En *Design, develop, evaluate: The core of the learning environment*. WAND.
- Slavin, R. E. (1990). *Cooperative learning: Theory, research, and practice* (Vol. 14). Allyn and Bacon Boston.
- Slavin, R. E., & Johnson, R. T. (1999). *Aprendizaje cooperativo: teoría, investigación y práctica*. Aique Buenos Aires.

- Solaz-Portolés, J. J., Sanjosé López, V., & Gómez López, Á. (2013). Aprendizaje basado en problemas en la Educación Superior: una metodología necesaria en la formación del profesorado. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*.
- Watanabe, K. (1999). Instrumentation education in Japan: Despair and expectation. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 2(1), 14–19.
- Zabala-Campo, V. (2015). *Análisis y diseño curricular de la asignatura Automatización de la Universidad de la Costa, CUC*.
- Zapata, W. A. S. (2005). Formación por competencias en educación superior. Una aproximación conceptual a propósito del caso colombiano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 36(9), 1.

ANEXOS

**INSTRUMENTO APLICADO A
EGRESADOS**

**INSTRUMENTO APLICADO A
DOCENTES**

**INSTRUMENTO APLICADO A
EMPRESAS**