

MECATRÓNICA Y ROBÓTICA



ASOCIACIÓN MEXICANA DE
MECATRÓNICA A.C.

Ramos Arreguín Juan Manuel
Vargas Soto José Emilio
Gorrostieta Hurtado Efrén

“Robótica y Mecatrónica”

Ramos Arreguín Juan Manuel

Vargas Soto José Emilio

Gorrostieta Hurtado Efrén

© Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C.
Prolongación Corregidora Norte No. 168, interior E
Col. El Cerrito, C.P. 76160, Querétaro, Qro.
México.

Internet: <http://www.mecamex.net>

1ª Edición, 19 de Mayo del 2018

ISBN 978-607-9394-14-1

Derechos reservados.

Esta obra es propiedad intelectual de sus autores y los derechos de publicación han sido legalmente transferidos a la editorial. Las opiniones y la información que se muestran en los capítulos del libro son exclusivas de los autores de cada capítulo y no representan la postura de la Asociación Mexicana Mecatrónica A.C. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización por escrito del propietario de los derechos del copyright.

Impreso en México – Printed in Mexico



Índice

Capítulo 23	
Diseño Conceptual de un Sistema Traductor de Texto a Audio	278
González Ortiz Liliana Fernanda, Mérida Licona María Edith, Onofre Piedra Aldo Rodrigo y Hernández Lara Derlis.	
Capítulo 24	
Sistema Electrónico para la Detección de Gas Metano y Dióxido de Carbono en Ganado Bovino	295
Osorio Cruz Francisco, Hernández Rivera Raúl, Romero de la Rosa Pablo Iván y Aguilera Hernández Leodegario G.	
Capítulo 25	
Diseño Conceptual de un Sistema de Monitoreo de Objetos para Motociclistas	305
Sánchez Cuéllar Valeria Paola, Zayas Maya Karla Patricia, Guzmán Rivera Julián Alberto y Hernández Lara Derlis.	
Capítulo 26	
Sensor Laser para Medir Desplazamientos en Marcos de Reacción de 200 Toneladas	321
De Gante García Marcos, Candia García Filiberto, Castillo Flores Martín, Ambrosio Lázaro Roberto C. y Arizpe Islas Jorge.	
Capítulo 27	
Sistema de Monitoreo de Temperatura y Humedad en Suelos Agrícolas Bajo el Concepto de Internet de las Cosas	337
Polo Lara José Alberto, Méndez Alonso José Miguel, Ramiro Ramiro José, Benavidez Avalos Cinthya Carol y Espejo Ponce Luis Alberto.	
Capítulo 28	
Diseño de un Robot Paralelo de Estructura Desacoplada	348
Ramos Alvarado Raymundo, Edgar Daniel García Hernández, Ruíz Torres Maximiano F. y Sandoval Castro X. Yamile.	
Capítulo 29	
Diseño Conceptual de un Sistema Informático de Comparación de Precios de la Canasta Básica	361
Guzmán Ortega Lorena Wendolyn, Ortiz Rodríguez Fabián, Valencia González Laura Lizbeth, Hernández Lara Derlis y Manzano Osornio Víctor Iván.	



Sensor Laser para Medir Desplazamientos en Marcos de Reacción de 200 Toneladas

De Gante García Marcos¹, Candia García Filiberto², Castillo Flores Martín³,
Ambrosio Lázaro Roberto C.⁴ y Arizpe Islas Jorge⁵

^{1,4} Facultad de Ciencias de la Electrónica-BUAP

^{2,3} Facultad de Ingeniería-BUAP

⁵ Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-UANL

Resumen

El presente trabajo se acota en el área del análisis estructural en ingeniería, donde se ha identificado que existe como debilidad la ausencia de material didáctico para su enseñanza. Por ello se ha determinado como indispensable desarrollar material didáctico que sea complemento de las pruebas destructivas de pandeo en columnas y deflexión en vigas. La propuesta son sensores de desarrollo propio, para una mayor y mejor confiabilidad de los resultados en pruebas destructivas. La propuesta se justifica por el alto costo que representa realizar pruebas de deflexión o pandeo mediante una instrumentación convencional con sensores LVDT, galgas extensiométricas y celdas de carga. El resultado ha sido un medidor de desplazamiento vertical que emplea el sensor laser VL53L0X, el cual se integra a un equipo de cómputo personal mediante el software Labview, integración que permite obtener una gráfica de desplazamiento de manera directa. La sistematización de la experimentación permite que el reporte final se incorpore en un cuaderno de prácticas que recopila y estructura la experiencia de enseñanza, para su aplicación en el aula mediante una estrategia constructivista-cognitiva asociada a la teoría del cálculo estructural.

Palabras clave: Medidor de desplazamiento, Sensor laser, Didáctica, Cálculo estructural, Pruebas destructivas.

1. Introducción

El presente trabajo inicia con el planteamiento de los antecedentes que ilustran que actualmente es necesario el desarrollo de estrategias de aprendizaje que conduzcan a la zona de desarrollo próximo del estudiante, propuesta por Vigotsky, para ello es indispensable que los apuntes que el docente proporcione a los estudiantes se complementen con material didáctico de desarrollo propio y se integren a actividades de enseñanza que vayan más lejos de las propuestas del constructivismo para promover un aprendizaje cognitivo. Puesto que la didáctica universitaria se construye y se transforma cuando existe conciencia sobre el estilo de aprender del enseñante, acompañado de una serie de procesos vinculantes con el estilo didáctico que identifica una práctica. Siendo imprescindible humanizar el acto pedagógico para que deleve intenciones de cooperar, apoyar, comprender, motivar, y respetar la diversidad que emerge desde lo humano [1].

El material didáctico es desarrollado a partir del marco teórico que proporciona la didáctica, la cual rescata su sentido más profundo desde el planteamiento de Comenio en su obra máxima, donde se establece la necesidad inmediata de asociación entre la teoría con representaciones pragmáticas, permitiendo el desarrollo de estrategias didácticas que acompañen la enseñanza de las ciencias y la tecnología. La Didáctica Magna de Comenio, colocó al niño (estudiante) como centro del fenómeno educativo, haciendo que todo concurriera a su servicio: maestros, textos, aulas y métodos. A esta obra se debe la creación de la escuela popular, en la que todos tienen acceso a la educación: hombres y mujeres, pobres y ricos, párvulos y adultos, superdotados y atípicos. Aquí se implanta el método



activo (aprender haciendo) por el que el alumno crea su propio conocimiento con la memoria de la experiencia, antes que con la memoria de la palabra [2].

El objetivo principal en este trabajo es el desarrollo de un prototipo funcional que permita realizar la medición del desplazamiento transversal en vigas o columnas. La metodología para la integración del sensor de desplazamiento se plantea a través del método científico-deductivo orientado a la investigación, que ha sido establecido como la mejor referencia para el desarrollo de la didáctica en las culturas; rusa, francesa, inglesa y americana. Lo anterior permitirá como objetivo específico contar con un elemento didáctico que se integra como parte de la instrumentación electrónica a marcos de reacción de 200 toneladas y complementa el estudio pragmático de elementos estructurales complejos como los marcos isostáticos e hiperestáticos.

En la escuela rusa se identifica que la mecatrónica (llamada en ese entonces politécnica) ya ha sido identificada como un elemento de alta relevancia para el desarrollo tecnológico. Los educadores soviéticos han investigado a fondo los fundamentos científicos del contenido de la enseñanza politécnica (mecatrónica). Se han analizado las actividades de los trabajadores que ejercen las ocupaciones más estimulantes y se han utilizado los resultados obtenidos para construir un modelo ideal de la persona politécnicamente (mecatronicamente) formada. En el proceso de producción hay cinco grupos de principios globales que son comunes a toda la industria moderna y que tienen carácter universal, a saber: los principios de la ingeniería mecánica, la electrotecnia, la automatización, la organización y la economía. La enseñanza politécnica (mecatrónica) se imparte mediante el estudio de los fundamentos de la ciencia, la instrucción en las artes manuales, las diversas actividades extraescolares y el trabajo socialmente útil que realizan los alumnos [3].

El desarrollo fue experimental en la fase de integración de hardware y software, pues se adecuaron diversas tecnologías, para favorecer un bajo costo del sensor. Se ajustaron las señales de salida para adquirir mediante el software Labview las mismas y representarlas mediante gráficas. Que favorecen la interpretación de los resultados, tanto para la enseñanza, el aprendizaje y la investigación formal sobre todo cuando se asocian con la enseñanza tradicional como el método "Socrático", para como docente ser plural en la elaboración de apuntes, prácticas y desarrollo tecnológico, sin abusar del constructivismo como la receta para la adquisición de competencias.

Durante el desarrollo se ha privilegiado el uso de la didáctica de las ciencias, considerada como ámbito de investigación, es el estudio de los procesos de elaboración, transmisión y asimilación de los conocimientos científicos. Con carácter general, se pone de manifiesto que el constructivismo actualmente alimenta una doxa pedagógica que, como tal, tiene sus límites. Aunque se sabe que los conocimientos que denotan un proceso de construcción modifican en profundidad el sistema cognitivo de los individuos, es muy perjudicial minimizar la importancia de otras formas de aprendizaje... Cuando hemos trabajado en investigación con enfoques constructivistas, ha sido esencialmente para distinguir lo que implican, tanto desde el punto de vista de la organización de la enseñanza (situaciones, problemas, formas de trabajo, modalidades de intervención del profesor) como de las actividades cognitivas de los alumnos en los planos individual y colectivo. Por lo tanto, es de temer que, sin una reforma profunda de la enseñanza de las ciencias, la doxa constructivista no sea viable y se abandone, descalificando así a los constructivismos psicológico y epistemológico [4].

En la conclusión se anticipa que el proyecto es de alta viabilidad, en base a las pruebas realizadas las cuales determinan que cuenta con alta precisión y exactitud en un rango milimétrico. Como trabajo futuro se establece el requerimiento de una prueba comparada entre el sensor desarrollado y un sensor LVDT utilizado en la instrumentación convencional con un alto costo para los marcos de reacción de 200 toneladas.

2. Antecedentes

La necesidad de fortalecer el proceso cognitivo de los alumnos demanda la constante utilización, actualización o innovación de estrategias de enseñanza-aprendizaje (E-A) ya que es importante que el estudiante comprenda la necesidad de contar con apoyos didácticos para reforzar



su aprendizaje significativo, sobre todo cuando se promueve el aprendizaje basado en proyectos (ABP) el cual demanda que el alumno sea autodidacta y muestre una actitud propositiva fundada en el asombro y el análisis de las partes que forman un sistema.

A pesar del gran valor educativo que tiene la instrucción basada en el análisis de problemas para dotar al alumno de un saber conscientemente asimilado y desarrollar su independencia cognoscitiva, los educadores soviéticos no la aplican a todas las situaciones ni la oponen a los métodos pedagógicos tradicionales, tales como el método de explicación e ilustración o el método reproductivo. Todos los métodos son necesarios para sus tareas educativas específicas y ningún otro método puede sustituirlos. Lo ideal debería ser poder combinarlos armoniosamente [3]. El desempeño del individuo en cualquier campo de la vida requiere de la utilización de determinadas habilidades, destrezas, capacidades, etcétera. La UNESCO (1988) menciona que el aprendizaje a lo largo de toda la vida es un proceso inherente a la formación humana. Pero no es sólo una opción de carácter personal, dado el impacto que tiene en tres niveles de desarrollo:

- Personal y cultural, que es el que da sentido a la existencia de cada individuo;
- Social, que se refiere al lugar ocupado en una comunidad, ciudadanía, participación política y sociabilidad;
- Profesional, que guarda relación con el empleo no precario y de calidad, vínculo con la producción, satisfacción profesional y el bienestar material [5].

Por lo anterior las Instituciones de Educación Superior en Ingeniería deben promover una formación integral que debe pensarse como un proceso dialéctico que refleje la necesidad histórica de la educación y la necesidad de agrupar los aspectos esenciales de la enseñanza pertenecientes a varias disciplinas que se interrelacionan, conformando una nueva unidad de síntesis interdisciplinaria que implica un salto de calidad [6]. Respondiendo así a los problemas causados por el aumento extraordinario de la información científica y de manera que permita a los estudiantes un aprendizaje eficaz y eficiente.

Vygotsky considera que las funciones psicológicas superiores pueden ser: naturales y culturales, no obstante, lo verdaderamente determinante es la condición social. La distinción entre ambas está en el grado y el modo de abstracción y descontextualización de los instrumentos semióticos que se emplean. De esta forma se crea lo que él llamó zona de desarrollo próximo (ZDP). Para Vygotsky, "el aprendizaje es una forma de apropiación de la herencia cultural disponible, no sólo es un proceso individual de asimilación; es el origen y el motor del aprendizaje" [7].

Para recrear una ZDP, es necesario contar con los medios didácticos adecuados, para ello los docentes pueden compilar todo el material a utilizar en una materia dentro de los apuntes de su clase. De igual forma, los estudiantes universitarios necesitan formas de retener la información obtenida fuera y dentro de las aulas; una de ellas es mediante los apuntes. Dejando a un lado la concepción de apuntes como los dictados que realiza el profesor, los apuntes se pueden considerar como el material que el profesor brinda dentro y fuera del salón de clase, mismo que el alumno trabaja o revisa.

Las investigaciones aplicadas llevan a conclusiones y a recomendaciones de orden práctico que pueden utilizarse en la labor pedagógica cotidiana. Sin embargo, para su aplicación práctica, el material más específico son los estudios que planean en detalle el proceso didáctico y educativo, proporcionando a los profesores una ayuda directa en su labor cotidiana con los alumnos [3].

Con apoyo de material didáctico integrador, el estudiante puede analizar la información previamente a una clase o recordarla más tarde mediante una práctica o experimentación, ya que muchas veces resulta difícil memorizar la información presentada, además de que para alcanzar una memoria a largo plazo es necesario repasar nuevos conocimientos. La investigación en didáctica de las ciencias está mostrando que "los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones científicas, con tal de que haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión" (Hodson, 1992), citado en [8].



3. Marco teórico

Para la revisión documental se realizó un recorrido de las publicaciones realizadas por la UNESCO con respecto al tema de la didáctica, para rescatar la percepción de los promotores de su uso y empleo en el aula. Siendo satisfactorio encontrar argumentos teóricos con suficiente vigencia y una perspectiva no saturada en el uso de las TIC's. que refleja el fin último de los educadores, ya sean maestros de profesión o maestros por casualidad.

Con respecto a la didáctica, desde épocas pasadas se han realizado esfuerzos para cumplir una de las tareas más importantes del perfeccionamiento de la educación: reflejar en ésta de la manera más completa y fiel los adelantos modernos de la ciencia, la técnica, la cultura, etc.; lo que significa elevar el nivel teórico de las disciplinas escolares. Para ello tiene especial importancia aplicar los conocimientos teóricos ya adquiridos al estudio de las secciones sucesivas del curso correspondiente y establecer relaciones entre materias conexas. Esto exige determinar en cada curso de la enseñanza escolar las ideas fundamentales en torno a las cuales se dispone el contenido de todo el curso [3].

Como hallazgo se determinó que, en la escuela didáctica rusa como la escuela didáctica americana, se hace principal énfasis en el desarrollo del material didáctico para su uso en una didáctica orientada al método científico deductivo que promueve la investigación (heurístico). Se privilegia el actuar independiente y un contacto directo con la infraestructura productiva. Siempre que exista la regulación de las condiciones para reproducir el proceso de reflexión y asimilación gradual en relación con la edad biológica del estudiante.

El método heurístico estimula al estudiante a desarrollar el comportamiento de un investigador experimentado. Capacita al estudiante para tomar iniciativas, fomenta la confianza en sí mismo, el sano juicio y, por ende, las aptitudes manipulativas mediante el contacto directo con aparatos y materiales. Cada lección debe exponerse en forma de investigación con el estudiante colocado en la postura del descubridor inicial. En el siglo xx la figura principal del descubrimiento considerado como método docente fue John Dewey, que se interesó, sobre todo, por el pensamiento reflexivo y gradual en la mente del estudiante que se esfuerza por descubrir lo que debe aprender. Bruner reivindica también el hecho de que los estudiantes, al descubrir las regularidades de las relaciones y analogías antes desconocidas entre las ideas, tienen más confianza en sus propias capacidades, mientras el tema de investigación se les hace más comprensible, se asegura la transferencia adecuada de conocimientos y se reduce la laguna entre el conocimiento elemental y el avanzado. Del mismo modo, la comprensión de la estructura derivada del descubrimiento permite al estudiante "aumentar su capacidad de intuición ante los problemas" [9].

Con la suficiencia de una experiencia personal enriquecida con la enseñanza a nivel superior, durante la revisión documental se observó que, al inicio para Comenio, como más tarde para Rousseau, el hombre es perfectible indefinidamente y, en consecuencia, la educación puede contribuir a su desarrollo. Quien desee penetrar en el alma de sus discípulos y ganar su confianza tiene una posibilidad: el amor. La observación de la naturaleza y el respeto de sus leyes es el único método eficaz [10].

Por lo tanto, sumado la estricta rigidez del método, el dominio de la técnica y la asociación del reconocimiento del estudiante como ser humano (como se dicta en el constructivismo), la didáctica debe incluir el sentido de la adaptación y evolución cognitiva de manera que sea posible contar con alternativas de mayor impacto en el proceso de E-A. Piaget colocó varias piedras angulares en la investigación didáctica: las ideas de adaptación, de desequilibrio y reequilibrio, un gran número de hechos relativos a la conservación de las cantidades, la representación del espacio y la formación de los conceptos matemáticos y físicos, etc. [10]. Promueve el esquema, que es el lugar psicológico por excelencia de la adaptación. Colocar situaciones susceptibles de provocar la evolución adaptativa de la actividad y de los conocimientos de los alumnos...siendo el conocimiento un proceso de adaptación [11].



4. Análisis estructural

La ingeniería estructural es la rama de la ingeniería que trata la concepción, el diseño y la construcción de las estructuras, basándose fundamentalmente en criterios de funcionalidad, seguridad, economía y estética (figura 1). Se entiende por estructura aquella parte de la construcción que soporta el conjunto, es decir, que es capaz de resistir las acciones que actúan sobre ella -peso propio, sobrecarga de uso, viento, movimientos sísmicos, etc.-.

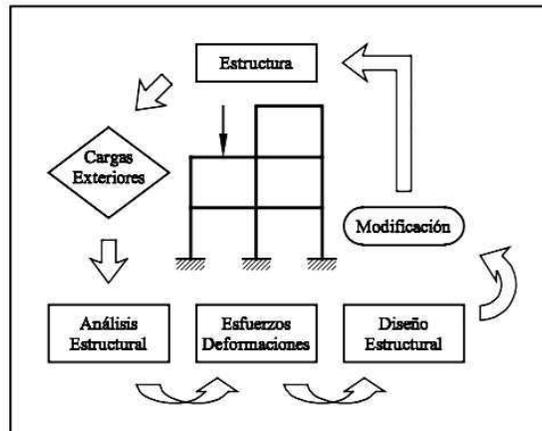


Figura 1. Secuencia operacional de un proyecto estructural.

Como las corrientes pedagógicas actuales de tipo constructivista se centran en el estudiante, quien debe construir su propio cuerpo de conocimientos de una determinada materia con la ayuda del profesor. Con este fin, los entornos de experimentación constituyen una herramienta científica de gran potencial para la transmisión de conocimientos a través de modelos basados en la propia experiencia del estudiante. Con tales modelos se pueden representar fenómenos físicos con el necesario rigor y realismo para que puedan ser identificados de forma clara con situaciones reales. De este modo, el conocimiento científico que subyace bajo cada situación modelizada queda lo suficientemente recalcado, permitiendo una transición simple y directa entre el concepto y el modelo cognitivo [13].

Las materias relacionadas con el análisis y el diseño de estructuras son de obligatoria presencia para el grado de licenciatura y maestría, en la enseñanza de las técnicas actuales de construcción de estructuras civiles y mecánicas. Estas materias tecnológicas incluyen a la vez, diversas asignaturas encaminadas a estudiar el comportamiento estructural desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo, siendo este último el más característico de tales enseñanzas (figura 2). De este modo se justifica la experimentación de elementos estructurales como vigas, columnas y marcos, ya que están en total sintonía con los contenidos de una asignatura tecnológica como mecánica de sólidos o análisis matricial, que por lo general marca el inicio del recorrido curricular en materia de cálculo de estructuras [13].

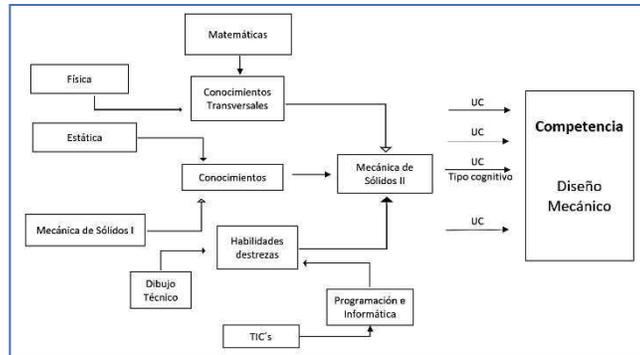


Figura 2. Integración de asignaturas para desarrollar una secuencia didáctica.

4.1 Análisis de vigas

En ingeniería y arquitectura se denomina viga a un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal. Se caracteriza por tener una relación geométrica donde la longitud es mayor a 20 veces el diámetro ($L > 20D$) ver figura 1. Para su diseño estructural es necesario que la deflexión no sobrepase los valores permisibles por los códigos de construcción como las Normas Técnicas de Construcción del Distrito Federal, México. Entre las principales configuraciones de diseño se encuentran la viga catiliver y la simplemente apoyada, a continuación se ilustra el procedimiento analítico para determinar la deflexión en una viga simplemente apoyada mediante la ecuación 1 y el ángulo de giro mediante la ecuación 2.

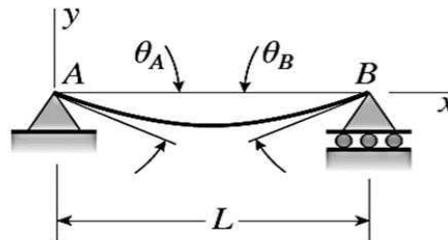


Figura 3.- Representación gráfica de la deflexión y pendiente de una viga simplemente apoyada.

La terminología y simbología empleada para la deflexión es la siguiente:

- v = Deflexión de la viga en la dirección y (positiva hacia arriba)
- $v' = \frac{dv}{dx}$ = Pendiente de la curva de deflexión
- $\delta_c = -v(L/2)$ = Deflexión en el punto medio C de la viga positivo hacia abajo
- X_1 = Distancia del apoyo A al punto de deflexión máxima
- $\delta_{max} = -v_{max}$ = Deflexión máxima (positiva hacia abajo)
- $\theta_A = -v'(0)$ = Ángulo de rotación en el extremo izquierdo de la viga (positivo en el sentido de las manecillas del reloj).
- $\theta_B = -v'(L)$ = Ángulo de rotación en el extremo derecho de la viga (positivo en el sentido de las manecillas del reloj).
- EI = Rigidez constante para toda la viga.

Datos para determinar la deflexión y giro:

E = Módulo de Elasticidad	206 000 N/mm ²
L = Longitud	1 000 mm
P = Carga puntual	9 800 N
I = Momento de inercia	8 333 333.33 mm ⁴
y = Deflexión permitida	0.002 mm

Sustituyendo valores:

$$\delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI} \quad (1)$$



$$\delta_{max} = \frac{9800 * 1000^3}{48 * 206000 * 8333333.33} = 0.1189 \text{ mm}$$

$$\theta_B = \frac{PL^2}{16EI} \quad (2)$$

$$\theta_B = \frac{9800 * 1000^2}{16 * 206000 * 8333333.33} = 0.000356 \text{ rad} = 0.02039^\circ$$

4.2 Detección de distancia

El dispositivo medidor de distancia opera vía transmisión de un pulso corto de alta potencia con respecto a un objeto. Un fotodetector en el sistema receptor identifica la luz reflejada del objeto, conociendo el intervalo de tiempo requerido por la señal para viajar del transmisor al objeto y de regreso al receptor, es posible calcular la distancia del sistema rastreador de objetos. La distancia se calcula por la ecuación 3, con la mitad del intervalo de tiempo entre el pulso de luz emitido y el pulso dispersado de regreso, por la velocidad de la luz:

$$d = \frac{c \times T}{2} \quad (3)$$

Donde:

d = distancia

c = velocidad de la luz

T = tiempo

El sistema óptico transmisor actúa como una antena para reducir el ángulo de divergencia del haz transmitido y para dirigir el haz al objeto. El sistema receptor óptico actúa en su lugar como una antena para coleccionar parte del haz reflejado y concentrarlo "enfocarlo" al detector (figura 3).

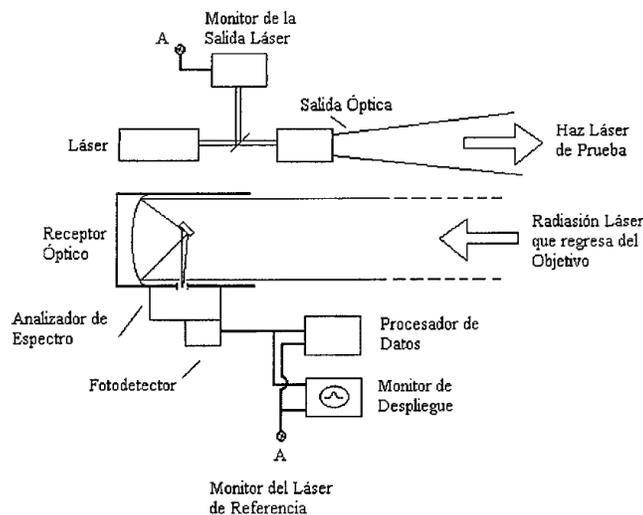


Figura .3- Diagrama de esquemático de un dispositivo de detección de distancia.

El diseño electrónico que mide el intervalo de tiempo desde que la señal láser abandona el transmisor hasta que es recibida por el detector y convierte el resultado en una distancia recorrida se muestra en el diagrama de bloques de la figura 4.

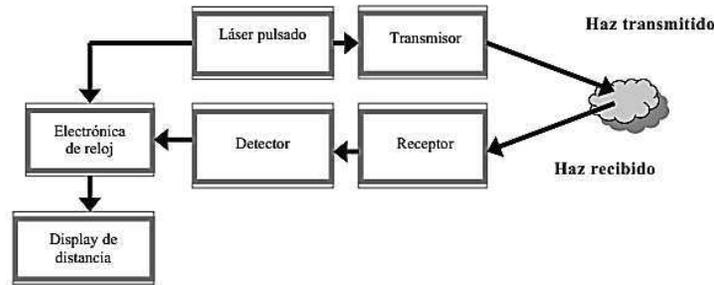


Figura 4.- Diagrama de bloques de un dispositivo medidor de distancia.

5. Metodología

El actual desarrollo (sensor de distancia) es parte del objetivo general de un proyecto de mayor alcance, el cual consiste en elaborar un cuaderno de prácticas de cálculo de elementos estructurales como los marcos isostáticos e hiperestáticos y su material didáctico. Siendo los objetivos específicos:

- 1) Fabricar material didáctico por medio del prototipado rápido.
- 2) Comparar datos analítico-experimentales, por medio de pruebas destructivas.
- 3) Redacción de secuencias didácticas para el cálculo de elementos estructurales como marcos isostáticos e hiperestáticos.

Respecto a la planeación del trabajo actual, este incluye la investigación intensiva y presentación de propuestas de solución a un problema de cálculo estructural (desplazamiento de elementos estructurales ante condiciones de restricción y carga) cuyas condiciones puedan ser reproducibles mediante la experimentación física (pruebas destructivas) y posteriormente reproducibles mediante el prototipado rápido como material didáctico, de acuerdo con el procedimiento, que consta de un desarrollo general y un subprocedimiento (figuras 5 y 6).

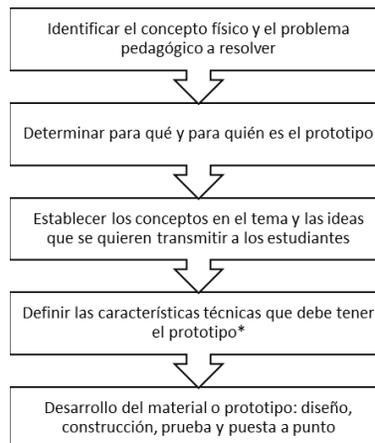


Figura 5.- Procedimiento general para el desarrollo y fabricación de un sensor de desplazamiento, considerado como prototipo didáctico.



Figura 6.- Subprocedimiento para desarrollar y fabricar un sensor de desplazamiento.

6. Desarrollo

Se realizó un sistema de adquisición de datos para sensores de carga, distancia y presión, así como una interfaz en instrumento virtual con LabVIEW, para ello se utilizó una DAQ National Instruments modelo USB 6009 (figura 7), para hacer la interfaz hardware-software, se incluyó un Arduino modelo UNO para realizar acondicionamiento de las señales obtenidas por los sensores y el software de National Instruments LabVIEW en el cual se realizó la interfaz en un instrumento virtual.



Figura 7. DAQ USB 6009 de NI.

Los sensores utilizados fueron los siguientes:

Sensor de presión MPXV7002 en un módulo CJMCU-36 (figura 8). Es un transductor piezoresistivo de silicio, diseñado para realizar una comparación entre dos presiones, una de referencia y la otra que se desea medir. Como un transductor es un dispositivo que transforma una magnitud física que puede ser de naturaleza eléctrica, mecánica, acústica, etc. en energía eléctrica pero siempre dependiente de la magnitud que se está recibiendo. Donde la piezoresistividad es la propiedad de algunos materiales conductores y semiconductores, cuya resistencia eléctrica cambia cuando se los somete a un esfuerzo o estrés mecánico (tracción o compresión) que los deforma.

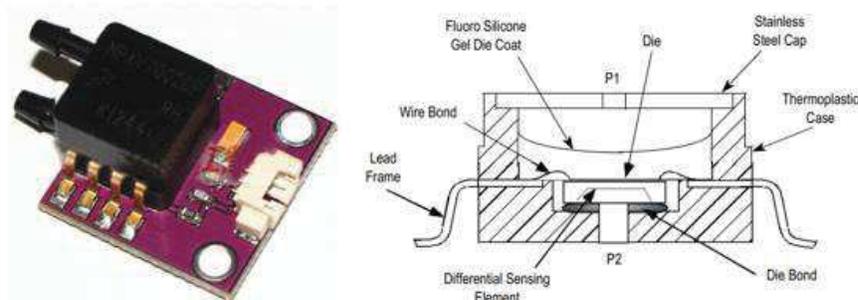


Figura 8. Módulo CJMCU-36 y composición interna del sensor MPXV7002.



Una celda de carga es un módulo de detección de fuerza (figura 9), que incluye una estructura metálica de aluminio con elementos llamados extensómetros montados en ubicaciones precisas de la estructura. Las celdas de carga están diseñadas para medir una fuerza específica e ignorar otras fuerzas que se están aplicando. La señal eléctrica emitida por la celda de carga es muy pequeña y requiere una amplificación especializada, dicha amplificación fue realizada con un módulo HX711. Las celdas de carga están diseñadas para medir la fuerza en una dirección. A menudo se mide la fuerza en otras direcciones, pero la sensibilidad del sensor es diferente, ya que las partes de la celda de carga que funcionan bajo compresión ahora están en tensión, y viceversa.

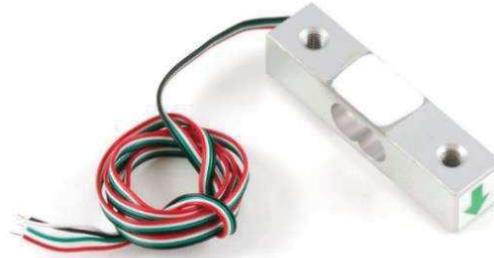


Figura 9. Celda de Carga CZL-A de 10 kg.

La celda de carga de punto único se utiliza comúnmente en escalas pequeñas de joyería y básculas de cocina. Se monta atornillando el extremo de la celda de carga donde se unen los cables y aplicando fuerza en el otro extremo en la dirección de la flecha. El lugar donde se aplica la fuerza no es crítico, ya que esta celda de carga mide un efecto de cizallamiento del haz, no la flexión de este. Si monta una plataforma pequeña en la celda de carga, como se haría en una escala pequeña, esta celda de carga proporciona lecturas precisas independientemente de la posición de la carga en la plataforma.

El módulo HX711 es un convertidor analógico-digital de 24 bits (figura 10) diseñado para celdas de carga y aplicaciones de control industrial. El multiplexor de entrada selecciona la entrada diferencial del canal A o B para bajar el nivel del amplificador de ganancia programable (PGA). El canal A puede programarse con una ganancia de 128 o 64 bits, correspondiente a un voltaje de entrada diferencial en escala completa de $\pm 20\text{mV}$ o $\pm 40\text{mV}$ respectivamente, cuando se conecta una fuente de 5V al pin de suministro de potencia analógico AVDD. El canal B tiene una ganancia fija de 32 bits. El regulador de suministro de energía Onchip elimina la necesidad de un regulador de suministro externo para proporcionar alimentación analógica para el ADC y el sensor. La entrada del reloj es flexible. Puede ser desde una fuente de reloj externa, un cristal o el oscilador en chip que no requiere ningún componente externo. No se necesita programación para los registros internos. Todos los controles del HX711 son a través de los pines.

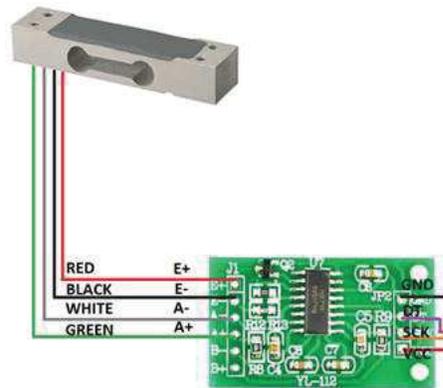


Figura 10. Celda de carga CZL-A y módulo HX711 mostrando la conexión con la celda.



Sensor de distancia VL53L0X en módulo CJMCU 530 (figura 11). Es parte de la nueva generación de sensores de distancia por tiempo de vuelo (ToF: Time of Flight). Posee un empaque ultra pequeño, ofrece mediciones exactas sin importar la superficie reflectante, con un rango de medición de hasta 2 m. El principio de funcionamiento de los sensores de distancia por tiempo de vuelo es similar al de los sensores ultrasonido: El sensor posee un emisor laser que cada cierto tiempo emite un haz de luz, al encontrarse con un objeto la luz es reflejada, el sensor se encarga de medir el tiempo entre la emisión y la detección de la luz y como la velocidad de la luz es un valor conocido entonces se puede calcular la distancia al objeto con el tiempo de vuelo. El emisor laser del VL53L0X es de tipo VCSEL (Vertical Cavity Surface-Emitting Laser) y es totalmente invisible al ojo humano, además posee óptica con filtros anti-infrarrojo.

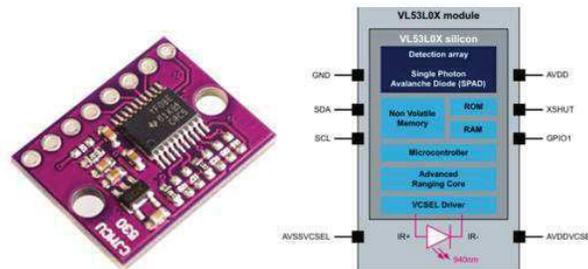


Figura 11. Sensor de distancia VL53L0X en módulo CJMCU 530 y esquema interno del chip.
6.1 Experimentación

La celda de carga y el sensor de distancia se conectaron al Arduino (figura 12), para el procesamiento de señales y del Arduino se realizó una conexión a la DAQ, mientras que el sensor de presión se conectó directamente a la DAQ. El módulo HX711 se conecta a 5V y tierra en sus pines 1 y 2 utilizando los pines de energía del Arduino, los pines CLK y DAT se conectan a los pines digitales 2 y 3 respectivamente. El módulo CJMCU 530 se conecta a 5V y tierra en sus pines 1 y 2 utilizando los pines de energía de Arduino los pines SDA y SCL se conectan a los pines analógicos 4 y 5 respectivamente, el resto de los pines del módulo no se conectan.

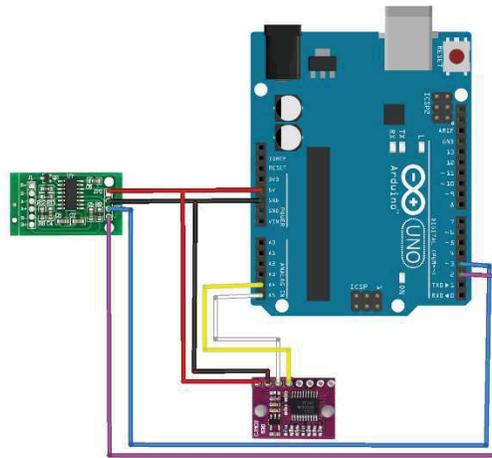


Figura 12. Diagrama de conexión HX711 y CJMCU 530 con Arduino Uno.

El módulo CJMCU 36 (figura 13), se conecta a 5V y tierra, utilizando los pines de energía del Arduino y el pin ANALOG se conecta al pin ai0 de la DAQ. Cabe resaltar que las tierras de ambos dispositivos deben ser comunes.

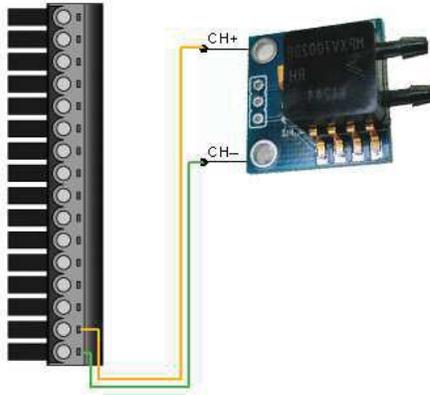


Figura 13. Diagrama de conexión CJMCU 36 a la NI DAQ.

El sistema obtiene las señales analógicas de los sensores, estas señales analógicas son ingresadas en el Arduino mediante sus pines a los ADC (Analog to Digital Converter) y en este dispositivo se realiza un acondicionamiento, se filtran de ruidos y se amplifican a un valor reconocible por la DAQ, una vez hecho este proceso, las tres señales ya acondicionadas se mandan a la DAQ para su lectura en el software LabVIEW, el código de programación del Arduino se muestra a continuación (en él se hacen uso de las librerías proporcionadas por los fabricantes de los módulos y únicamente se despliega la información requerida por el puerto serial en este caso USB por medio de operaciones aritméticas).

```
// Arduino pin 2 -> HX711 CLK
// 3 -> DAT
// 5V -> VCC
// GND -> GND
//
// The HX711 board can be powered from 2.7V
to 5V so the Arduino 5V power should be fine.

#include "HX711.h"
#include "math.h"
#include "Adafruit_VL53L0X.h"
#define calibration_factor -1050 //This value is
obtained using the
SparkFun_HX711_Calibration sketch

#define DOUT 3
#define CLK 2
//An SDA04 y SCL05 dist
HX711 scale(DOUT, CLK);
Adafruit_VL53L0X lox = Adafruit_VL53L0X();
float nilai;
float p;
float dist;
const int analogOutPin9 = 9;
const int analogOutPin10 = 10;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  //Serial.println("HX711 scale demo");
  scale.set_scale(calibration_factor); //This value
is obtained by using the
SparkFun_HX711_Calibration sketch

  scale.tare(); //Assuming there is no weight on
the scale at start up, reset the scale to 0
  Serial.println("Readings:");
  // Serial.println("VL53L0X test");
  if (!lox.begin()) {
    Serial.println(F("Error al iniciar VL53L0X"));
    while(1);
  }
}
void loop() {
  VL53L0X_RangingMeasurementData_t
measure;
  // Serial.print("Leyendo sensor... ");
  lox.rangingTest(&measure, false); // si se pasa
true como parametro, muestra por puerto serie
datos de debug
  dist=measure.RangeMilliMeter;
  if (measure.RangeStatus != 4)
  {
    Serial.print("Distancia (mm): ");
    Serial.println(measure.RangeMilliMeter);
  }
  else
  {
    Serial.println(" Fuera de rango ");
  }
  analogWrite(analogOutPin9, ((dist*255)/1100));
  Serial.print("Reading: ");
  Serial.print(scale.get_units(),
  //scale.get_units() returns a float
  1);
}
```

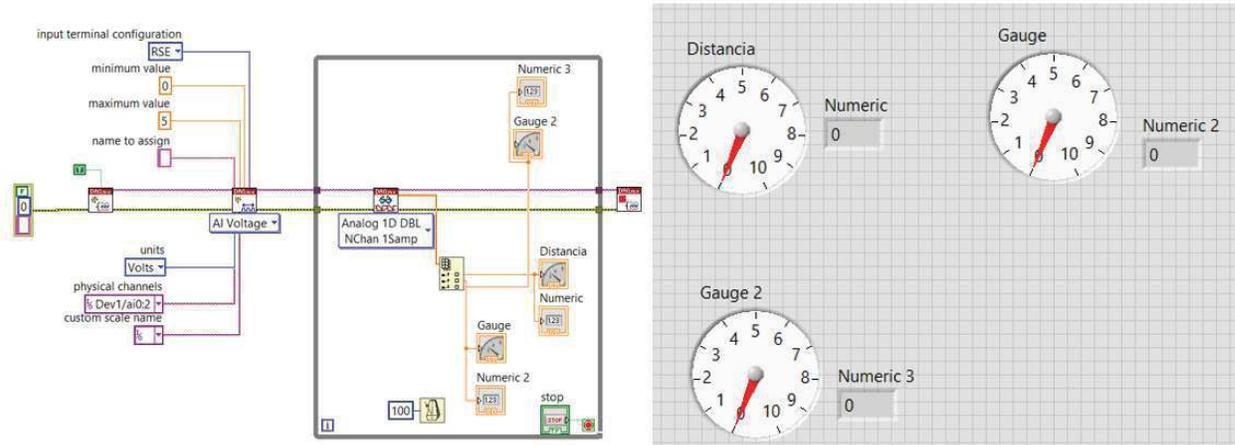



Figura 14. Programa de bloques en Labview.

Asimismo, el diagrama de bloques y el Instrumento Virtual queda como se muestra en la figura 15. Unicamente se tiene un bloque DAQ Assistant para tomar los datos de la DAQ, un bloque de escritura de datos en el cual se escriben las lecturas realizadas en un archivo de Microsoft Excel y la visualización en los indicadores, uno numérico y uno de barra vertical.

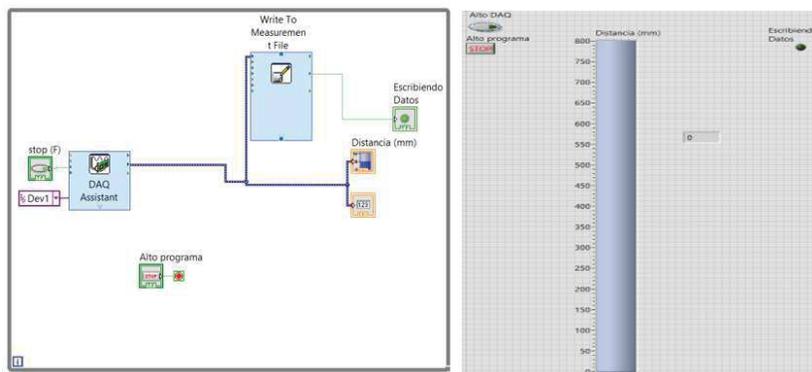


Figura 15. Interfase virtual final.

Finalmente, el sistema armado y conexión física quedó como en la figura 16, cabe destacar que por ahorro de espacio se optó por cambiar de dispositivo Arduino del modelo UNO al modelo Nano quedando con las conexiones integradas con una mayor fijación, para evitar falsos contactos entre terminales y alambrado. En este prototipo la alimentación para el Arduino es mediante su pin 27 VIN por medio del pin de salida de 5V de la DAQ así como su respectiva tierra.

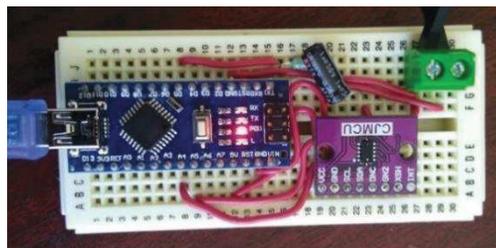


Figura 16. Integración del sensor de desplazamiento.

Así mismo en el prototipo se implementó un filtro RC (figura 17) debido a que Arduino no genera una señal analógica real, sino que utiliza un PWM en el que se varía el ciclo de trabajo de la señal de 5V, al implementar el filtro RC podemos convertir el PWM en una señal muy cercana a una analógica



real. El filtro utilizado tiene una resistencia de $47K\Omega$ y un capacitor de $1\mu F$ conectado de la siguiente manera:

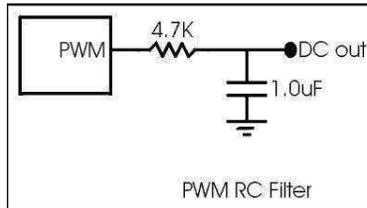


Figura 17. Filtro RC.

Durante la prueba comparativa con una experimentación destructiva, se pudo comprobar el comportamiento mediante la gráfica de la figura 18, en la cual se puede observar el desplazamiento de la adquisición de datos en la dirección del eje “Z” (deflexión).

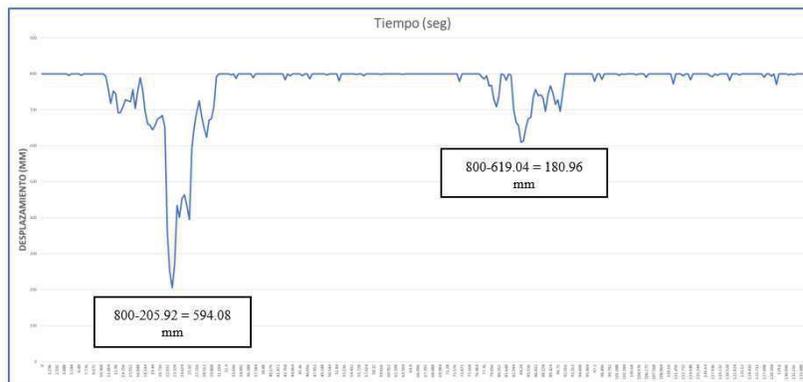


Figura 18. Gráfica de funcionamiento y comportamiento, para valores de desplazamiento en una dimensión.

7. Conclusiones

Durante el proceso de experimentación, se llegó a la conclusión de que la celda de carga debido a sus características no es viable para esta aplicación ya que el peso que puede sensor es directamente proporcional al tamaño de la celda, por tanto, se requeriría una celda muy grande y de alto costo para un marco de carga de 200 toneladas, lo cual reduce la factibilidad de esta implementación.

Por otro lado, el sensor de presión es idéntico en funcionamiento a los comerciales de mayor escala por tanto no hay posibilidad de innovación o mejora, por ello se decidió descartarlo del prototipo y trabajar con sensores comerciales. Dicho lo anterior el único dispositivo susceptible a mejora como sistema completo es el sensor de distancia, se decidió entonces trabajar sobre este único sensor en un sistema mucho más reducido e innovador como medidor de desplazamiento en marcos de carga de 200 toneladas.

Una de las ventajas principales adicionales al bajo costo es la flexibilidad para adecuar la interface de adquisición de datos, al estar desarrollada en el software Labview es posible acondicionar la señal de entrada a la DAQ, para disminuir el ruido, almacenar y graficar los datos, así como emplear los datos almacenados para con el bloque “Formula” matemáticamente determinar la deformación o el coeficiente de Poisson. Asimismo, es posible expandir la adquisición de datos mediante la integración de otros sensores VL53L0X acoplados al Arduino UNO y DAQ USB 6009.



Se concluye que desarrollar material didáctico es un proyecto es de alta viabilidad, en base a las pruebas realizadas -las cuales determinaron que el sensor cuenta con alta precisión y exactitud en un rango milimétrico-. Como trabajo futuro se establece el requerimiento de una prueba comparada entre el sensor desarrollado y un sensor LVDT utilizado en la instrumentación convencional con un alto costo para los marcos de reacción de 200 toneladas.

Referencias

- [1] UNESCO, Didáctica, aprendizajes y competencias, vol. 17, Caracas: UNESCO, 2016.
- [2] J. A. Comenio, Didáctica magna, 2014.
- [3] M. N. Skatkin y V. V. Kraievsky, «Investigaciones didácticas en la U R S S y métodos para introducir sus resultados en la práctica,» PERSPECTIVAS, pp. 301-315, 1978.
- [4] A. Weil-Barais, «Los constructivismos y la didáctica de las ciencias,» Perspectivas, pp. 197-207, 2001.
- [5] UNESCO, «"Conferencia Mundial sobre la Educación Superior",» de La educación superior en el siglo XXI. Visión y acción, PARIS, 1988.
- [6] D. M. Bartlett y I. L. G. Benavides, El fraude de la reforma educativa, Puebla: CIPAE, 2016.
- [7] BUAP, Modelo Universitario Minerva (MUM). Documento integrador, Primera ed., Puebla: BUAP, 2007.
- [8] UNESCO, ¿Cómo promover el interés por la cultura científica?, Santiago: UNESCO, 2005.
- [9] W. Searles, «La heurística en la enseñanza,» Perspectivas, 1979.
- [10] M. M. Rabecq, «JUAN AMOS COMENIUS apóstol de la educación moderna y de la comprensión internacional,» El correo, 1957.
- [11] G. Vergnaud, «Piaget y la didáctica,» Perspectivas, pp. 195-200, 1996.
- [12] D. E. Blanco, R. M. Cervera y A. B. Suárez, ANÁLISIS MATRICIAL DE ESTRUCTURAS, Barcelona: CIMNE, 2015.
- [13] F. Giménez y et al, «Simulación de esfuerzos en pórticos,» Modelling in Science Education and Learning, pp. 207-221, 2011.
- [14] UNESCO, Enseñar las ciencias experimentales, SANTIAGO DE CHILE: UNESCO, 2003.
- [15] UNESCO, Programas de formación docente en servicio en el Perú: Experiencias y aprendizajes durante el periodo 2011-2015, Lima: UNESCO, 2017.
- [16] UNESCO, Proyecto Principal de Educación UNESCO-América Latina, vol. 1, La Habana, 1959.
- [17] L. Albala-Bertrand, «Por una didáctica constructivista socio-genética de la ciudadanía,» Perspectivas, 1996.