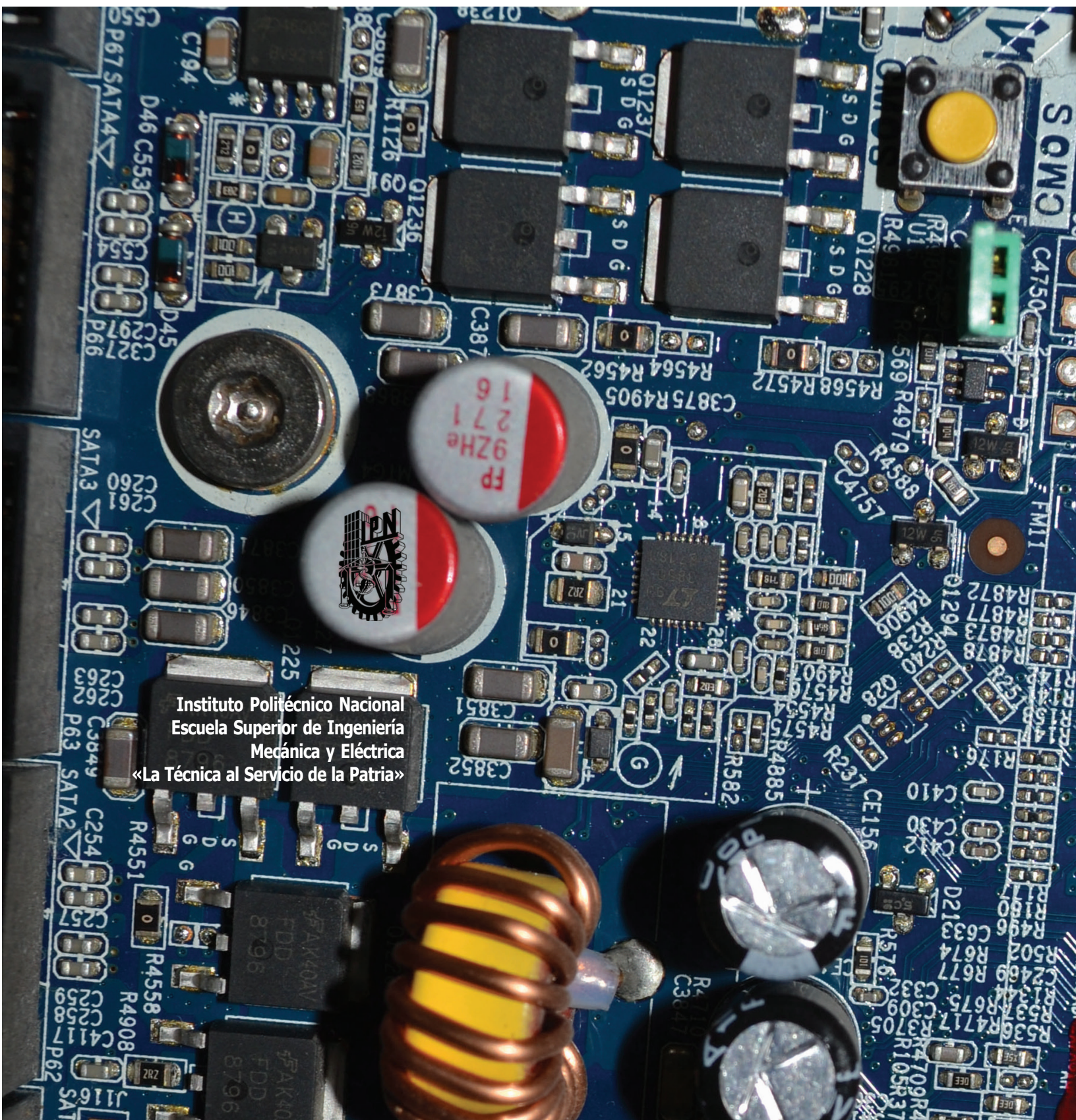


Científica



Científica: The Mexican Journal of Electromechanical Engineering • Volumen 22 Número 1 • edición semestral: enero-junio 2018 • México • www.cientifica.esimez.ipn.mx



Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería
Mecánica y Eléctrica
«La Técnica al Servicio de la Patria»

DIRECTORIO

Guillermo
Urriolagoitia Calderón
Director

Alma Vicenta
Miranda Godínez
**Coordinadora
Editorial**

Cuauhtémoc
Jiménez Pérez
**Editor
Técnico**

Luis Alberto
Méndez Cruz
**Página
Web**

Indizada en:

Latindex: Sistema Regional
de Información en Línea para
Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.
www.latindex.org

Periódica:
Índice de Revistas Latinoamericanas
en Ciencias.
www.dgbiblio.unam.mx

Redalyc: Red de Revistas Científicas
de América Latina y el Caribe,
España y Portugal.
www.redalyc.org

Publindex:
Índice Bibliográfico Nacional
Revistas Científicas Homologadas
del Colciencias.
[http://scienti.colciencias.gov.co:8084/
publindex/](http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/)

Contenido

Análisis de software aeroespacial mediante un algoritmo de planificación modular aviónico

Aerospace Analysis Software Using an Algorithm of Avionic Modular Planning

Verónica **Quintero-Rosas**, Claudia **Martínez-Castillo**, Heber **Hernández-Tabares**, Mario **Camarillo-Ramos**, Gilberto **García-Gómez**, Francisco **Ibañez-Salas**, José **Juárez-Viveros** | MÉXICO

03-11

Determinación del ángulo de proyección ortogonal de corruga de alambre laminado

Determination of the Orthogonal Projection Angle of Cold Deformed Wire Rebars

José Alfredo **Sánchez de León** | MÉXICO

13-15

Propuesta de un modelo para mejorar el desempeño educativo del Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional

Proposal of a Model to Improve the Educational Performance of the Higher Level of the National Polytechnic Institute

Nashielly **Yarzabal-Coronel**, Carmen **Rey-Benguría**, Claudia Patricia **Castro-Rodríguez**, Maricela **Cuellar-Orozco**, Julián **Patiño-Ortiz** | MÉXICO

17-27

La adicción y ansiedad vinculadas a las tecnologías de la información y comunicación, incidencia en la calidad de vida de los estudiantes

Changes in the Quality of Life of Students, Related to Addiction and Anxiety towards Information Technology and Communication

Eduardo Ángel **Zavala-Romero** | MÉXICO

29-39

Assessment of CAR and GIDS Methods to Interpolate Rain Values in Mexico City in Flood Event

Evaluación de los métodos CAR y GIDS para interpolar valores de lluvia en la Ciudad de México en eventos de inundación

Gonzalo **Orozco-Aceves**, Samuel **Alcántara-Montes**, Juan Manuel **Velázquez-Arcos** | MÉXICO

41-49

Diseño, implementación y control para un banco de pruebas con bombas centrífugas en conexión serie y paralelo

Design, Implementation and Control for a Test Bank with Centrifugal Pumps in Serial and Parallel Connection

Ivette **Amores-Silva**, Miriam **Chávez-Estrada**, Mónica **Miranda-Ramos** | ECUADOR

51-59

SAR de teléfonos inteligentes con refracción negativa de metamateriales: primera parte

SAR of smart phones with negative refraction of metamaterials: first part

Héctor **Torres-Silva** | CHILE

61-69

Metodología combinada del uso de MarPrime y Vibrotip para diagnóstico del motor HYUNDAI HIMSEN 9H25/33

Combined Methodology of MarPrime and Vibrotip for the diagnosis of the HYUNDAI HIMSEN 9H25/33 engine

Yovany **Oropesa-Márquez**, Nilo **Cecilia-Simón** | CUBA

71-79

COMITÉ EDITORIAL

Guillermo Urriolagoitia Calderón
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Alexander Balankin
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Jesús del Castillo
Instituto Venezolano de Investigación Científica
(VENEZUELA)

María Teresa Alonso Rasgado
University of Manchester (REINO UNIDO)

Manuel Elices Calafat
Universidad Politécnica de Madrid (ESPAÑA)

Marco Ceccarelli
University of Cassino (ITALIA)

Héctor Pérez Meana
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Jinhui Shao
University of Shuo (JAPÓN)

EDITORES ASOCIADOS

Apolinar Reinoso Hernández
Centro de Investigación y de Estudios
Superiores de Ensenada (MÉXICO)

Baltasar Mena Inesta
Universidad Nacional Autónoma de México
(MÉXICO)

Édgar Sánchez Sinencio
Texas A&M University College Station
(ESTADOS UNIDOS)

Francisco Sánchez Sesma
Universidad Nacional Autónoma de México
(MÉXICO)

Garret Sautis
University of Sheffield (REINO UNIDO)

Guillermo Urriolagoitia Sosa
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Hidilberto Jardón Aguilar
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Israel Saucedo Meza
Universidad de Baja California (MÉXICO)

Joaquín Fernández Valdivia
Universidad de Sevilla (ESPAÑA)

Jorge Sosa Pedroza
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

José de Jesús Álvarez Ramírez
Universidad Autónoma Metropolitana (MÉXICO)

José Luis del Río Correa
Universidad Autónoma Metropolitana (MÉXICO)

José Manuel de la Rosa
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Juan Alfonso Beltrán Fernández
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Luis Héctor Hernández Gómez
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Luis Niño de Rivera y Oyarzábal
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Mariko Nakano Miyatake
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Manuel A. Duarte Marmoud
Universidad de Chile (CHILE)

Michael Shapiro Fihman
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Miguel Ángel Rodríguez Díaz
Instituto de Física de Cantabria
(ESPAÑA)

Miguel Castro Fernández
Centro de Investigación y Pruebas
Electromagnéticas de Cuba (CUBA)

Miguel Cruz Irisson
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Pablo Rogelio Hernández Rodríguez
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Patricia Camarena Gallardo
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Rafael Castro Linares
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Régulo López Callejas
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
(MÉXICO)

Valery Kontorovich
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Víctor Champac Vilela
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica
y Electrónica (MÉXICO)

Victor Kravchenko
Moscow Institute of Physics and
Technology (FEDERACIÓN RUSA)

Vladislav Kravchenko
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
Querétaro (MÉXICO)

Volodymir Ponomaryov
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Científica
ISSN 1665-0654
e-ISSN en trámite

VOLUMEN 22, NÚMERO 1,
ENERO-JUNIO 2018

LA REVISTA MEXICANA
DE INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA

THE MEXICAN JOURNAL OF
ELECTROMECHANICAL
ENGINEERING

Científica, Volumen 22, Número 1, enero-junio de 2018, es una revista semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional a través de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Col. Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México, Tel. +52 55 5729 6000 ext. 54518, www.cientifica.esimez.ipn.mx, revistacientifipn@yahoo.com.mx. Editor responsable: Guillermo Urriolagoitia Calderón. [Versión impresa: Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-112516365800-102, ISSN 1665-0654, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor, Licitud de Título No. 10962, Licitud de Contenido No. 7611, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación] [Versión electrónica: e-ISSN en trámite, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo en trámite]. Este número se terminó de imprimir el 15 de diciembre de 2017. Tiraje: 200 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Esta es una obra intelectual protegida por la Ley Federal del Derecho de Autor, puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa; su uso para otros fines, requiere autorización previa y por escrito de la Dirección General del Instituto Politécnico Nacional.

EDITORIAL

Científica, en su primer número del volumen 22, publica artículos de investigación que cubren las disciplinas que le competen y le invita a consultar los artículos y números completos en línea en su página electrónica www.cientifica.esimez.ipn.mx.

Todo lo referente a aeronáutica desde su fabricación hasta su implementación debe tener un constante monitoreo y análisis de seguridad. Los avances tecnológicos actuales han contribuido a nuevos sensores, nuevos protocolos de comunicación, mejor procesamiento y ahora con los sistemas ciberfísicos, los circuitos y software de redundancia e inclusive software múltiple han dado lugar a nuevas certificaciones y normas de índole federal e internacional. En este primer documento se analizan las diferentes problemáticas y retos a los que se enfrenta la seguridad respecto a software con tecnología ciberfísica y se verifica un algoritmo propuesto, respecto a algoritmos utilizados actualmente. Se simula el algoritmo dentro de un sistema empotrado y encriptado utilizando el algoritmo de Huffman y se dan a conocer los resultados del experimento, sus retos y conclusiones.

En el segundo artículo, se demuestra matemáticamente la posibilidad de utilizar la proyección ortogonal de la corruga de un alambre laminado sobre una superficie específica, para determinar su orientación, como método alternativo al tradicional. Para lograr esto, se desarrolla una función para calcular la orientación de la misma a partir del ángulo subtendido entre su eje imaginario central de simetría y la base del alambre. Finalmente se presenta una fórmula para aplicar mediante una hoja de cálculo la función obtenida y poder ser utilizada en conjunto con el resto de los valores de las variables inherentes para el completo dimensionamiento del alambre laminado.

En el tercer artículo, se analizó el estado actual del nivel medio superior del Instituto Politécnico Nacional, lo que dio lugar a la realización del diseño de un modelo para contribuir al desempeño de esta institución. Se presentan los resultados iniciales de la aplicación de la Teoría General de Sistemas, con el fin de poder aportar una mirada integradora; así como de la Metodología de Sistemas Suaves (SSM) de Peter Checkland, adecuadas para las organizaciones sociales y la aplicación del Modelo Viable de Stafford Beer, el cual ya ha probado sus aportaciones a las organizaciones.

El grado de uso de las tecnologías de la información y la comunicación, genera cambios en la calidad de vida de los usuarios en general. El cuarto trabajo se enfoca a evidenciar los cambios que ocurren en la calidad de vida, y están vinculados con la adicción y ansiedad de los estudiantes y de los usuarios en general, debido al grado de uso que pasan en ellas, dividiendo los resultados por género. El estudio se realizó en una escuela del Instituto Politécnico Nacional, con una población estudiantil de 1400 por turno, y para tener la evidencia de estos cambios, se aplicó un cuestionario a una muestra aleatoria de 140 estudiantes participantes. La muestra aleatoria se procesó mediante técnicas de estadística descriptiva, resultando que el grado de uso, confirma la presencia de la adicción y ansiedad en los estudiantes, provocando cambios en su calidad de vida. Como conclusión, en el género de las mujeres, se encontró mayor adicción y ansiedad, debido al nivel de grado de uso de las tecnologías de la información y la comunicación.

Trabajos previos relacionados con valores de lluvia interpolados en Ciudad de México se han llevado a cabo hasta ahora usando Kriging en sus diferentes formas: OK, KED, UK, etc. La interpolación, en este artículo, se usó para estimar un promedio mensual o para mapear lluvia o temperatura para ayudar a la agricultura. Se presenta una evaluación para observar el desempeño de dos métodos relativamente nuevos: CAR y GIDS. Además, la evaluación se hace para observar el rendimiento de los valores de lluvia en eventos de inundación en la Ciudad. Los valores del 29 de septiembre de 1976 fueron usados y la precisión de los interpoladores fue medida a través de validación cruzada. Los resultados son tabulados y analizados.

El sexto artículo muestra un banco de pruebas desarrollado e instalado en la Escuela Superior Politécnica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias ESPOL (Ecuador) con el objetivo de demostrar a través de la experimentación a los estudiantes de Ingeniería Química la forma en que deben ser operadas las bombas, tanto en paralelo como en serie, infiriendo sus diferentes conclusiones para cada caso. Para lograr este objetivo se ha realizado la implementación y luego la recopilación de datos que aportó al desarrollo del software SCADA en Labview, que permite ingresar el caudal y automáticamente a través de la programación obtener la presión, este proyecto fue concebido desde su diseño, estructura, tanto metalme-cánica como eléctrica y electrónica, además de poseer su propio panel de control y programación.

En el siguiente artículo se analiza la reducción de la tasa de absorción específica (SAR) en smartphones con capa metamaterial bajo la presencia de contaminación magnética. Desde el inicio de la especificación del SAR por parte de los fabricantes, no se tiene en cuenta la fuerte influencia del campo magnético generado por las líneas de transmisión, el interior de las plataformas de los trenes eléctricos, la proximidad de los dispositivos eléctricos que aumentan la absorción. Además de esta contaminación magnética está la contaminación de material particulado (magnetita) que se produce en ciudades industriales, que se aloja en el cerebro y que es responsable de que el valor del SAR que afecta al usuario sea muy superior al SAR estipulado por los fabricantes. La capa metamaterial propuesta en este artículo como blindaje reduce el SAR en aproximadamente el 50%.

En los motores de combustión interna (MCI) las vibraciones debidas al desbalance másico tienen dos fuentes reconocidas para el mecanismo reciprocante biela-manivela-corredera; una por los efectos de la inercia de las partes móviles y otra por la fluctuación en la presión de los gases en la cámara de combustión. El trabajo, que cierra este fascículo, pretende mostrar una metodología para interpretar los resultados en la medición de la presión en los cilindros de un MCI traduciéndolos a un esquema de fluctuación compatible y comparable con el análisis de vibraciones realizado sobre el mismo equipo, con el objetivo de unificar ambos criterios e incrementar la confiabilidad del diagnóstico que se realiza con orientación al mantenimiento predictivo y explotación del motor. La valoración de la efectividad del método se basa en la comparación con lo establecido en las normas ISO 10816 y 10816-3, teniendo además en cuenta su impacto en la economía de la empresa y en la disponibilidad de equipos para la generación.

Científica agradece su preferencia y le invita a someter sus aportaciones a dictaminación en las áreas de la ingeniería que difunde: ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, ingeniería en telecomunicaciones, ingeniería en sistemas y temas sobre educación en ingeniería.

Análisis de software aeroespacial mediante un algoritmo de planificación modular aviónico

Verónica **Quintero-Rosas**

Claudia **Martínez-Castillo**

Heber **Hernández-Tabares**

Mario **Camarillo-Ramos**

Gilberto **García-Gómez**

Francisco **Ibáñez-Salas**

José **Juárez-Viveros**

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Mexicali
Departamento de Sistemas y Computación
Av. Tecnológico s/n, 21254
Mexicali B.C.
MÉXICO.

Tel. (686) 2273518
correo electrónico (email):
veronicaquintero@itmexicali.edu.mx

Recibido 31-07-2017, aceptado 13-10-2017.

Resumen

Todo lo referente a aeronáutica desde su fabricación, hasta su implementación debe tener un constante monitoreo y análisis de seguridad. La respuesta a un fallo, no puede ser improvisado. La seguridad en el sector industrial aeroespacial es un punto crítico e importante a tratar, respecto a su infraestructura y tecnología. Actualmente los diseños de software y hardware han evolucionado respecto a modelos anteriores, donde los controladores eran exclusivamente analógicos y los modelos se diseñaban con procesos independientes en forma de módulos aislados, pero interconectados entre sí. Este diseño punto a punto permitía que si un proceso o módulo fallara, este no afectaría al sistema en conjunto. Se divide en cuatro módulos: control de motor, vuelo, combustible y sistema de aire. Los avances tecnológicos actuales han contribuido a nuevos sensores, nuevos protocolos de comunicación, mejor procesamiento y ahora con los sistemas ciberfísicos, los circuitos y software de redundancia e inclusive software múltiple han dado lugar a nuevas certificaciones y normas de índole federal e internacional. En este documento analizaremos las diferentes problemáticas y retos a los que se

enfrenta la seguridad respecto a software con tecnología ciberfísica y verificaremos un algoritmo propuesto, respecto a algoritmos utilizados actualmente. Simularemos el algoritmo dentro de un sistema empotrado y encriptado utilizando el algoritmo de Huffman y daremos a conocer los resultados del experimento, sus retos y conclusiones.

Palabras clave: industria aeroespacial, seguridad en software, algoritmos.

Abstract

(Aerospace Analysis Software Using an Algorithm of Avionic Modular Planning)

Everything related to aeronautics from its manufacture, until its implementation must have a constant monitoring and security analysis. The answer to a fail, cannot be improvised. Security in the aerospace industry is a critical and important point to argue, with respect to infrastructure and technology. Currently, software and hardware designs have evolved from earlier models, where controllers were exclusively analog and the models were designed with independent processes in the form of isolated but interconnected modules. This point-to-point design allowed that if a process or module failed this would not affect the system as a whole. It is divided into four modules: engine control, flight, fuel and air system. Current technological advances have contributed to new sensors, new communication protocols, improved processing and now with cyberphysical systems, circuits and redundancy software and even multiple software have given rise to new certifications and standards federal and internationals. In this paper, we will analyze the different problems and challenges that security faces regarding software with cyberphysical technology and we will verify a proposed algorithm, regarding algorithms currently used. We will simulate the algorithm inside an embedded and encrypted system using the Huffman algorithm and we will give the results of the experiment, its challenges and conclusions.

Index terms: aerospace industry, software security, algorithms.

1. Introducción

Los sistemas de software aeronáutico para gestión de vuelo, ruta de vuelo, cálculo de distancias, tiempo, combustible y curso fijado, se definen y rastrean en tiempo real [1]. Todo

esto se lleva a cabo mediante algoritmos e interconexiones de comunicación, de sensores de rumbo; los cuales detectan al magnetismo del norte de la tierra, sin olvidar los sensores de altitud, velocidad, temperatura, etc. Esta integración de componentes y software se define como Integración Modular Aviónica (IMA) [2], el cual define una red distribuida de componentes en tiempo real.

Las normas Federales de Procesamiento de Información (FIPS) [3], son normas desarrolladas por el gobierno federal de los Estados Unidos para el uso de sistemas informáticos de agencias gubernamentales no militares y contratistas.

Estas normas establecen requisitos para garantizar la seguridad informática y algunas especificaciones son modificaciones de los estándares de ANSI (Instituto Nacional de Estándares Americanos), IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), etc. [4]. Las consideraciones de seguridad de los sistemas de software aeroespacial [5] radican en la compatibilidad de: hardware-software, software-software, aeronave-software. Dando lugar a técnicas para detección de daños, efectos de carga, errores de software, entre otros. Actualmente existen métodos de encriptado [6] que permiten aumentar la seguridad en la comunicación del software y de hardware.

En el software, un mensaje es utilizado mediante la codificación del contenido; de tal forma que solo pueda ser decodificado únicamente a quien fue asignado; utiliza básicamente claves en forma de tokens.

El estándar más utilizado en sistemas aeroespaciales para encriptación es AES (*Avance Encryption Standard*) [7], el cual es un algoritmo clasificado por la Agencia de Seguridad Nacional de los Estados Unidos (NSA) [8]. El algoritmo de AES está basado en una transformación lineal de permutaciones y codificación simétrica. En este artículo analizaremos este cifrado respecto al algoritmo de adaptación de Huffman [9] utilizando sistemas ciberfísicos [10]. Ya que los sistemas aeronáuticos abarcan desde piloto automático, instrumentos de navegación, controles de motores, parámetros de vuelo, sistemas de navegación (GPS, vor), comunicaciones (control de tránsito aéreo, sistemas de posicionamiento global) entre otros; estos deben estar interconectados respecto a la comunicación de software pero de una manera codificada y segura.

En este artículo verificaremos el uso de la codificación Huffman mediante un token centinela (ciberfísico), el cual supervisa fallas de hardware-software y da informe de estado. Ya que la seguridad de las interfaces del sistema al comunicar hardware y software pueden causar fallas en la seguridad de vuelo del avión.

Debido a la línea de comunicación de circuitos electrónicos, software de redundancia y software múltiple [11], nace aviónica modular integrada [12]; la cual es muy importante para la comprensión de la problemática en la industria aeroespacial y se explica en la siguiente sección.

2. Aviónica modular integrada (IMA)

La aviónica modular integrada [13] es una red distribuida en tiempo real, instalada a bordo de una aeronave. No es propiamente un sistema operativo, ya que son sistemas independientes. La red consta de varios módulos de procesamiento y aplicaciones. Se encuentra en el estándar ARINC 65 [14]. Se basa en la arquitectura de capas, la cual permite aislar aplicaciones del hardware/software. Tiene mecanismos de protección para permitir que los recursos puedan ser compartidos por diferentes aplicaciones con distintos niveles de importancia o jerarquía. También debe permitir que las aplicaciones se inserten o extraigan del sistema sin que causen ningún impacto en el mismo. A estas técnicas, se denomina particiones. En la programación y configuración de software ciberfísico [15] se debe integrar los módulos de sensores inalámbricos [16] y la integración física entre redes, módulos y dispositivos de entrada y salida. Un ejemplo de ello son las redes Gate Link, donde se puede recibir y transmitir información desde y hacia la aeronave.

En México [17], los productos y servicios aeroespaciales incluyen componentes del sistema de propulsión, aerestructuras, componentes de los sistemas de aterrizaje, sistemas de frenado, partes mecanizadas de precisión, piezas de moldeo por inyección de plástico, partes eléctricas y electrónicas, diseño y servicios de ingeniería e interiores de aviones, entre otras; pero no incluye el diseño de software. Hasta el día de hoy la mayoría de la industria aeroespacial no estaba conectada con el mundo exterior, por lo que la seguridad era más robusta. Con las nuevas tecnologías ahora es necesario proteger tanto los instrumentos, el control, programas, etc.; además de toda la plataforma del sistema del software. Es importante resaltar que la nueva industria aeroespacial, es ahora una e-industria automatizada, donde los sistemas ciberfísicos y las aplicaciones basadas en la nube [18] son una realidad. La caracterización se basa en sensores, un sistema de control y un sistema de comunicación interactuando con procesos, protegiendo el buen funcionamiento todo el sistema de la aeronave. En la aviónica modular integrada para un sistema ciberfísico, se debe tener en consideración la reutilización de código, así como su portabilidad y su eficacia en las actualizaciones.

3. Trabajo relacionado

GMV [19] desarrolla sistemas aeronáuticos de aproximación y aterrizaje basados en la navegación por satélite. Básicamente es un proveedor de importantes fabricantes aeronáuticos presta servicios de ingeniería y desarrolla avanzados sistemas y programas para el sector aeronáutico. Tiene servicios en las áreas de ingeniería de sistemas, software para aviónica y seguridad crítica, simuladores, bancos de prueba, entre otras.

Aunque GMS desarrolla toda una infraestructura de diseño, existe software específicamente utilizado en la industria de ingeniería de sistemas aeronáuticos, como PLM [20] de Siemens, el cual incluye procesos de desarrollo, ingeniería estructural, mecánica, de sistemas y ensayos ambientales. Es utilizada también en la industria automotriz, energética y marítima. Este sistema analiza el software de ingeniería de materiales compuestos, simula productividad que alertan sobre los posibles problemas o fallos.

Otra empresa importante desarrolladora de software es AERTEC [21], donde diseñan sistemas de software aeronáuticos, así como sistemas de navegación y control, tomando en consideración la operación en condiciones extremas.

Todos estos sistemas son basados en la protección de red a datos de acceso externo no autorizado, y de software cargable en campo, es decir software y base de datos que se puedan descargar sin retirar del equipo de la aeronave.

4. Normas de software en el sector aeroespacial

O-178B [22]. Son normas y certificaciones para software en sistemas y equipos aeroespaciales. Básicamente es una guía de la seguridad del software y es un estándar para el desarrollo de sistemas de software de aviónica.

DO-326A [23]. Esta norma estipula los procesos de seguridad, el proceso de evaluación (SAE ARP 4761) y el proceso de ingeniería del sistema (SAE ARP 4754A).

DO-178B [24]. Certificación para evidenciar el cumplimiento de requisitos de seguridad. Asigna planes de seguridad de software IEEE STD-1228-1994 y define tareas de análisis de seguridad de software en pasos secuenciales (análisis de requisitos, análisis de diseño de nivel superior, análisis de diseño detallado, análisis de nivel de código, análisis de pruebas y análisis de cambios). Cualquier software que ordene, controle y monitoree las funciones críticas de seguridad debe estar certificado bajo esta norma.

FAA (Administración Federal de Aviación) [25]. Aplica DO-178B como guía para determinar si el software funcionará confiablemente en un entorno aeroespacial. En los Estados Unidos, el DO-178B se establece en el título 14: Aeronáutica y Espacio del Código de Reglamentos Federales.

IDAL: Determina el nivel de garantía del software, es decir determina a partir de procesos de evaluación y análisis de peligros en caso de fallo en el sistema. Las condiciones de falla se clasifican por sus efectos en la aeronave, la tripulación y los pasajeros en [23] [25]:

- a) Catastrófico. La falla puede causar un accidente fatal. Causa pérdida de la función necesaria para volar y aterrizar con seguridad.
- b) Peligroso. Reduce la capacidad de la tripulación para operar la aeronave debido a sufrimiento físico, o lesiones graves o mortales entre los pasajeros.
- c) Mayor. Tiene un impacto menor que un fallo peligroso, puede causar molestias físicas de presión, mareo sin llegar a causar lesiones.
- d) Menor. Fallo notable, puede causar inconvenientes como cambios de plan de vuelo.
- e) Sin efecto. El fallo no tiene impacto en la operación de la aeronave.

ARINC-653[14]. Es un estándar que define el entorno de ejecución de aplicaciones, puede utilizarse siempre que múltiples aplicaciones necesiten compartir un único procesador/memoria, con el fin de garantizar un acceso exclusivo de los recursos físicos y temporales a las aplicaciones mientras que comparte recursos; y garantiza que una aplicación no puede afectar a otra en caso de fallo de la aplicación. En el caso de los sistemas empotrados, ARINC 653 define un esquema de particionado, define crítica la memoria caché, ya que es limitada.

5. Algoritmos de software aeroespacial

Los sistemas aeroespaciales [26] son cada vez más dependientes del software, pero aún tienen desafíos basados en aplicaciones en tiempo real y algoritmos que deben ser modificados para las nuevas arquitecturas de comunicación; ya que aún son utilizados sistemas analógicos además de los sistemas de redundancia digitales.

Algoritmos Vand [27] (búsqueda en profundidad). Consisten en encontrar la mejor solución posible, en un tiempo determinado. Si en la búsqueda a una solución se encuentra una alternativa incorrecta, la búsqueda retrocede hasta el paso

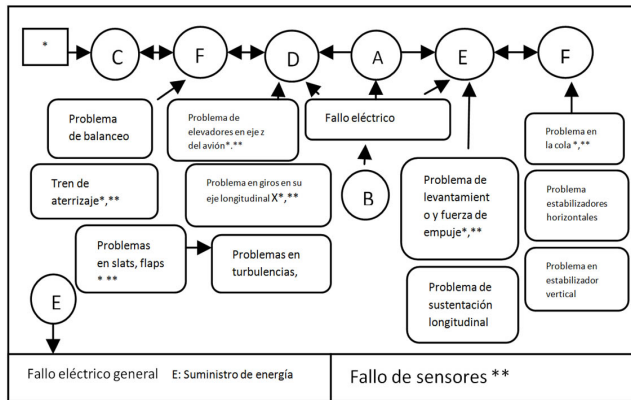


Fig. 1. Monitoreo general del sistema para estabilizar la nave.

anterior y toma la siguiente alternativa; es decir, utiliza la recursividad tal que llama al procedimiento para cada uno de los nuevos estados. La diferencia con los algoritmos de recursividad, es que diseña funciones de corte para no generar estados que no den solución o den una solución peor de la que se tiene. Es similar a los algoritmos de árbol padre-hijo, pero este falla cuando la búsqueda ya no tiene más alternativas. Así se crea un árbol subyacente, cada nodo es un estado de la solución parcial o final. Este algoritmo de profundidad se aplica generalmente en fallos de la aeronave, para reducir un impacto eminente de la nave. Un ejemplo de ello es la figura 1, donde el sistema marcará un fallo general y este inicia un protocolo de chequeo en todo el sistema, para estabilizar la aeronave con las condiciones posibles. Las condiciones generales a revisar son: A: Combustible, B: Comunicaciones, C: Oxígeno, D: Turbina 1, E: Turbina 2, F: Fuselaje, G: Energía.

Esta configuración cambia para cada tipo y modelo de avión, por ejemplo el tipo de motor (turbo jet, turbo hélice, etc.). Esto afecta a las fuerzas que actúan en la aeronave tanto en la sustentación (fuerza que permite mantenerse en el aire), el peso (fuerza de gravedad), la resistencia (fuerza de oposición), el empuje (fuerza del motor opuesta a la resistencia).

Aunque existen códigos de funcionalidad universal [28] como los problemas de rotación de la aeronave donde los elevadores (estabilizadores horizontales de la cola) permiten rotar en su eje lateral y, de llegar a fallar habría un serio problema para ascender y descender en el aire. Este problema generalmente afecta también a la dirección del avión (eje vertical z) el cual da rumbo a la dirección trazada. Algoritmos de reemplazo de páginas. Este algoritmo [29] da referencia a páginas, modificaciones, y está ligado a estampillas de tiempo para hacer

dichas referencias. Encuentra páginas de reciente uso y reduce el consumo de energía.

6. Lógica de intercambio de información entre aplicaciones

La lógica de intercambio de información entre aplicaciones en un sistema aeronáutico [30] se da mediante una interfaz de software que sincroniza, enlaza y da seguridad a una aplicación; para interactuar con otras aplicaciones incluyendo hardware y diferentes tipos de sistemas operativos. Este intercambio de información entre aplicaciones ayuda en la complejidad de la comunicación en sistemas distribuidos y heterogéneos. Aún se encuentra en desarrollo ya que los proveedores en la línea de software espacial han visualizado que el desarrollo de código abierto es muy eficaz en la portabilidad y la lógica del intercambio de información entre las aplicaciones. Las investigaciones financiadas por el Departamento de Defensa de Estados Unidos, ha visualizado la importancia de la lógica de intercambio de información con los sistemas en tiempo real para simplificar el desarrollo de aplicaciones; ya que a medida que las redes de sistemas aeroespaciales crecen, la diversidad de la funcionalidad integrada también aumenta.

Este intercambio de información debe darse en diferentes capas y subcapas, siendo las más utilizadas:

1. Trazo de ruta
2. Piloto automático
3. Sensores
4. Señales de navegación
5. Comunicación

Recordando que los criterios de seguridad en software están definidos por: la arquitectura de redundancia en hardware/software, flujo de datos, rendimiento, velocidad de respuesta y tolerancia a fallos dentro de sistemas embebidos propios de la aeronave. Actualmente este intercambio entre aplicaciones ya está regulado mediante la RTCA [31] (Comisión Radiotécnica para la Aeronáutica); la cual realiza recomendaciones y son base en la FAA (Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos). Dichas recomendaciones certifica el software para aeronaves. A pesar de la utilización digital, actualmente se conserva en los sistemas aeronáuticos una copia de seguridad análoga en los sistemas críticos, por lo que la redundancia tanto en hardware como en software sigue permaneciendo. Cada línea o ruta redundante se denomina canal. Estos canales incluyen sensores, cableado y convertidores análogo-digital, digital-analógico. Se utilizan algoritmos de gestión para determinar si una entrada o res-

puesta es redundante, o si ya está siendo procesada. De tal forma que existen múltiples canales procesando información simultáneamente, y estos deben tener una sincronización para dar respuesta. No se debe olvidar que toda reconfiguración de software debe estar presente en casos de fallo ya que esto preserva, aísla y da seguridad. Los sistemas aeronáuticos integran miles de componentes y conexiones, lo cual aumenta la complejidad de configuración y esto a su vez aumenta la posibilidad de fallos.

En la aeronáutica militar es utilizado el llamado Guardas de Dominio Cruzado (CDG) [32], el cual permite que la información pueda ser transferida entre dos o más dominios de seguridad diferentes. Incluso poder comunicar sensores o hardware con el sistema mediante esta interfaz, es decir, que una red aislada intercambie datos con otra red sin perder la seguridad que conlleva el conectarse con una red distinta. Esto permite la transferencia de información entre dominios o niveles de clasificación incompatibles. Otra técnica para resguardar el intercambio de información entre aplicaciones o sistema en general, es mediante el guardado periódico del estado de la aplicación; haciendo recuperaciones de la información constantemente.

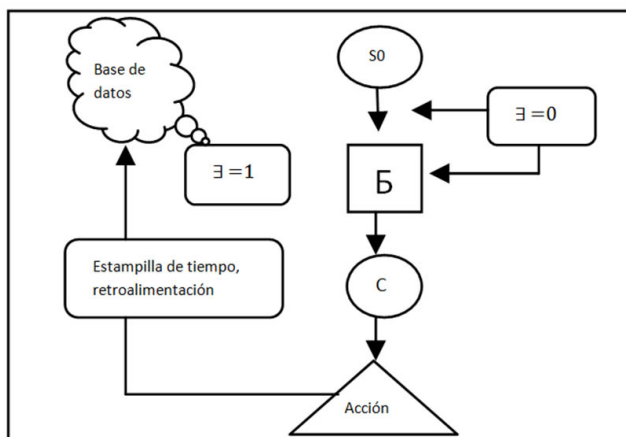
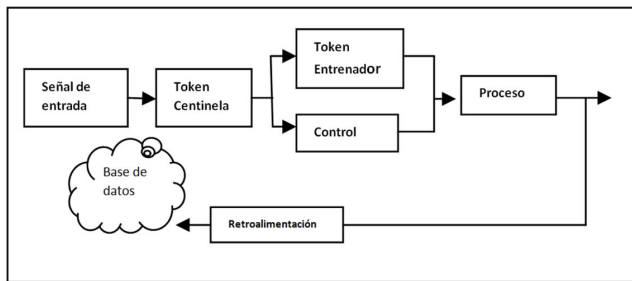
Existen muchos retos en el intercambio de información, entre estos desafíos se encuentra el diseño de aplicaciones para monitorear la caja negra de una aeronave. Actualmente no existe una revisión constante de la caja negra [33] (realmente es color naranja), y se dan casos donde en un fatal accidente al revisar la caja negra esta se encuentra sin información. La caja negra es un módulo muy importante donde se graban las acciones tomadas por los pilotos, instrumentos e inclusive audio. Existe una caja negra de acceso rápido, la cual se encuentra generalmente al frente de la aeronave pero esta no sobrevive en un accidente por su posición. Esta caja de acceso rápido puede dar datos al igual que la caja negra principal, pero con datos restringidos. Actualmente los diseños de última generación podrán enviar los datos de la caja negra principal a una nube y podrán ser leídos mediante una aplicación constantemente; dando disponibilidad y fiabilidad e inclusive video, sin necesidad de que la caja negra se envíe a Washington para ser analizada por especialistas y solo en casos de accidentes fatales. Es en esta etapa donde los sistemas ciberfísicos tienen un papel muy importante, ya que la tecnología ciberfísica [34] demuestra una nueva forma de comunicación y colaboración en los distintos equipos de software y hardware en tiempo real, dando interconexión de sensores, actuadores, controladores, comunicaciones, etc. Es importante resaltar la técnica de los sistemas ciberfísicos, la cual es por realimentación de estados y a su vez compara los resultados con un controlador de planificaciones; es decir un

controlador x , con retroalimentación de salida o estados, el cual garantiza que el sistema en lazo cerrado se encuentre en el estado próximo requerido. Para ello se utilizan diferentes componentes físicos (sensores) tanto en software como hardware, de forma integrada e interactuando para detectar y controlar en tiempo real el estado del planificador de acciones de vuelo, monitoreando, controlando, supervisando y dando reportes de todo el sistema. Es una aplicación embebida ubicua [35] en el cual se comparte hardware, software, sensores, electrónica para comunicar, diagnosticar, almacenar e interconectar multifactorialmente todo el proceso de manera sistemática. Es decir, trabajando de manera modular e independiente todo el sistema aéreo, pero definido en una arquitectura ciberfísica que analiza todo el sistema como un ecosistema complejo.

7. Algoritmo propuesto

La caracterización de los sistemas ciberfísicos se basan en sensores, un sistema de control y un sistema de comunicación interactuando con procesos propios de la aeronave; para el buen funcionamiento todo el sistema. Existen programas realizados en lenguajes de programación Ada, Prolog, Javal, C, entre otras. Todas ellas son utilizadas en diferentes módulos (comunicación, energía, combustible, etc.). En estos módulos independientes, un sistema ciberfísico debe ser capaz de monitorear y controlar dichos módulos; pero además debe verificar el sistema de gestión de vuelo, los enlaces de datos del piloto con el controlador de comunicaciones, controles automáticos del sistema de guía de vuelo además de tener algoritmos de verificación por redundancia cíclica. Existen estándares los cuales no son propiamente algoritmos, pero certifican a los algoritmos utilizados en la aviónica como lo es el Estándar de Cifrado Avanzado (AES) [36]; el cual muestra la especificación para el cifrado de los datos, establecidos por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de los Estados Unidos (NIST) [37]. Estos algoritmos utilizan la misma clave para codificar y decodificar, ejemplo de ellos son los algoritmos vistos.

El algoritmo ciberfísico propuesto se basa en un token entrenador y un token centinela. El token entrenador será quien simule antes de enviar una señal de salida a las posibles combinaciones de respuesta, para emitir la mejor respuesta. El token centinela será quien verifique dicha respuesta respecto al historial. El historial se encuentra en una nube la cual tendrá rutas de vuelo anteriores, registros de datos de instrumentos, datos generales del vuelo, etc. El algoritmo tendrá una etapa de entrenamiento después de 15 rutas del punto A al B. En caso de que se trate de un avión comercial y cambie su ruta de vuelo, el algoritmo podrá verificar la base de datos de la nube respecto a su nuevo vuelo (si el avión es del mismo modelo, caso de los



Acción del piloto	Token Centinela	Token Entrenador
Encendió del tren de aterrizaje	Registro en la nube \$1039	LDAA #\$80 STAA \$1039
Selección del canal	Registro en la nube \$1030	LDAA #\$22 STAA \$1030
Latencia Huffman	100 m/seg.	JSR Latencia
Resultado	Registro en la nube \$1031-4	LDAA \$1033
Limpiar registro		CLR \$1039 CLR \$1030

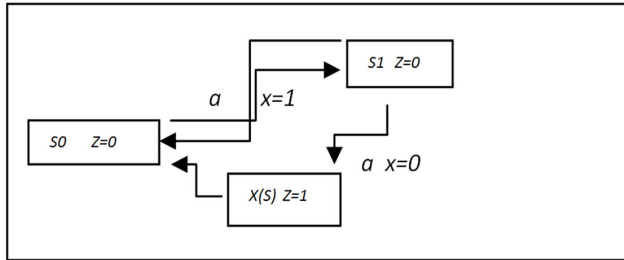


Fig. 5. Algoritmo de planificación.

Los algoritmos criptográficos [39] utilizados actualmente son basados en estructuras algebraicas de anillos de tipo no conmutativa; por lo que los procesadores depuran algoritmos pequeños que no afectan al sistema y esto los hace más seguros. Por tal razón este estudio está definido en un sistema planificador por lo que se utilizó un algoritmo autónomo de planificación (figura 5); donde toma una serie de acciones que resultan en un conjunto de tareas. Está definido por el escenario virtual $S(0)$ en una distribución de estados $S(0) = x(S)$. Dado el escenario actual $S(1)$ donde a es la acción, z es la respuesta.

El pseudocódigo del planificador se muestra en la figura 6 y el pseudocódigo de Huffman en la figura 7.

El tiempo estimado (véase figura 8) para esta fase piloto en la tarjeta HC11 fue de 15 estados, con señal normalizada. En el caso de un sobre flujo en el proceso 11, 12, 26, 27, 28 se nota una descompensación en la fase de entrenamiento siendo el

```

BAUD RMD1 //Reserva la dirección en memoria
SCR1 RMD1
SCCR2 RMD1
SCDR RMD1
SCSR RMD1
ORG $B600 //Empieza
INICIO: LDAA #$2C
STAA SCCR2
LDAA #$30
STAA BAUD
LDAA #$7E
STAA $00C4
CICLO: CLR $0060
BRA CICLO
LDAB SCSR
SERIE 1: ANDB #$20
BEQ SERIE 1
LDAA SCDR
    
```

Fig. 6. Codificación del planificador.

```

HuffmanList lista=new HuffmanList ();
for(int i=0;i<cadena.length();i++){
    bitx=(byte)cadena.charAt(i);
    cadena=Integer.toBinaryString(bitx & 0xFF);
    if(cadena.length()<8)
        cadena=sello(cadena);
    if(i==(cadena.length()-1))
        // decodificación
        for(int i=0;i<Acodificar.length();i++)
            cadena=cadena+Acodificar.charAt(i);
            cadena=tabla.LetraDe(cadena);
    }
    
```

Fig. 7. Codificación de Huffman.

agente centinela más estable después de un sobre flujo o error de la información. Sin embargo su recuperación de proceso es alentadora (véase figura 9).

El trabajo en paralelo del algoritmo, respecto a los atributos de tiempo de respuesta y verificación, así como la organización mediante un planificador de tareas responde bien en 50 acciones.

Sin embargo, después de estas ejecuciones empieza una saturación de memoria que después de limpiarla no responde adecuadamente al planificador, dando solo respuesta a la acción inicial con el token centinela pero no verifica en la base de datos los casos anteriores.

Esto se resolvió agregando una tarjeta BeagleBone [40] dedicado a planificar las tareas, resolviendo en una sola señal de salida en que proceso continuaría (activar flaps, spoilers de las alas, etc.).

Señal		Control	B	Proceso	Estampilla de T.
Activacion del tren de aterrizaje A1	.06 NanoTime	.0001 NT	.08 NT	Accion	.00002 NT
A2	.03 NT	.0001 NT	.03 NT	Accion	.00001 NT
A3	.03 NT	.0001 NT	.03 NT	Accion	.00001 NT
A4	.02 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00003 NT
A5	.03 NT	.0001 NT	.03 NT	Accion	.00001 NT
A6	.04 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00001 NT
A7	.04 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00002 NT
A8	.05 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00001 NT
A9	.05 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00001 NT
A10	.05 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00001 NT
A11	.05 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00002 NT
A12	.05 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00001 NT
A13	.05 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00001 NT
A14	.05 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00001 NT
A15	.05 NT	.0001 NT	.04 NT	Accion	.00001 NT

Fig. 8. Tabla de tiempo total por proceso.

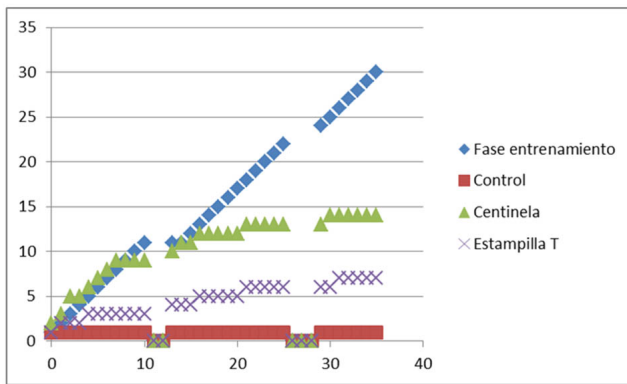


Fig. 9. Comportamiento en caso de error o sobre flujo en la información.

8. Conclusiones

Es necesario hacer un estudio más profundo respecto a nuestro caso de estudio, ya que el algoritmo propuesto solo fue experimentado bajo circunstancias de dos procesos de planificación en un esquema de codificación huffman. El poder simular en la tarjeta HC11 el proceso de error de un sobre flujo o error de comunicación nos permitió visualizar el comportamiento del algoritmo, y su forma de recuperación al sistema dando seguridad y funcionamiento. Sin embargo, necesitamos hacer más pruebas a profundidad para verificar porque después de cincuenta procesos el token de la nube se satura y no verifica en la nube los datos registrados anteriormente. Hasta el día de hoy el poner una tarjeta dedicada al planificador de tareas resolvió el problema, pero debemos replicar el experimento sin la utilización de la tarjeta Beagle Bone para tener un sistema de redundancia a partir de que Beagle Bone pudiera fallar también. La seguridad y la compatibilidad son muy importantes en este sistema, ya que depende del correcto funcionamiento del sistema de control utilizando técnicas intrusivas. Utiliza encapsulamiento y fragmentos en el nivel de aplicación (mensaje), los cuales se consideran segmentos (transporte) y tramas en el nivel enlace. Como trabajo futuro la interfaz de simulación entre distintos dispositivos, sensores, software de doble seguridad en simulación siempre se comunica con la nube, sin embargo en la seguridad aeroportuaria esto no es posible, ya que no está permitido ningún uso de dispositivos de comunicación.

La mayoría de la industria aeroespacial no estaba conectada con el mundo exterior, por lo que la seguridad era más robusta. Con las nuevas tecnologías ahora se tiene que proteger tanto los instrumentos, el control, los programas; además de toda la plataforma de software y hardware. Se deben tener mecanismos de evaluación de riesgos, auto calibración de software y

una planificación de seguridad. Hace falta profundizar y enlazar estos algoritmos de seguridad a los procesos anteriores y posteriores para que esto sea realmente un sistema ubicuo ciberfísico [41]. El control automático e inteligente de todos los procesos con conexión directa a internet puede perturbar el control y funcionamiento general de la aeronave. Los candados de seguridad para el software que comunica sensores, planificadores, base de datos no deben trabajar individualmente, si no como un universo de candados de seguridad con mecanismos multifuncionales que protejan tanto a software como hardware.

Referencias

- [1] J. Cooling, *Software Engineering for Real-Time Systems*, USA: Addison-Wesley, 2002. ISBN-13: 978-0201596205
- [2] R. Wolfig, *A Distributed Platform for Integrated Modular Avionics: Insights on Future Avionics Systems and their Certification Requirements*. Alemania, Verlag, 2008. ISBN-13: 978-3838100494
- [3] National Institute of Standards and Technology, *Federal Information Processing Standards Publications*. ISBN-13: 978-1547148240
- [4] Standards Information Network. *IEEE Standards Dictionary: Glossary of Terms and Definitions*. ISBN-13: 978-0738157399
- [5] C. Anderson & M. Dorfman, *Aerospace Software Engineering: A Collection of Concepts*, 1991. ISBN-13: 978-1563470059
- [6] L. Rierson, *Developing Safety-Critical Software: A Practical Guide for Aviation Software and DO-178C Compliance*, USA: CRC Press, 2013. ISBN-13: 978-1439813683
- [7] C. Cid, S. Murphy, & M. Robshaw, *Algebraic Aspects of the Advanced Encryption Standard*. USA: Springer, 2006. ISBN-13: 978-0387243634
- [8] L. K. Johnson, *National Security Intelligence*, USA: Polity Press, 2012. ISBN-13: 978-1509513055
- [9] K. Sayood, *Introduction to Data Compression*. USA: Elsevier, 2012. ISBN-13: 978-0128094747
- [10] D. B. Rawat, J. Rodrigues, & I. Stojmenovic, *Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice*. USA: CRC Press, 2015. ISBN-13: 978-1482263329
- [11] I. Troch, *Simulation of Control Systems: With Special Emphasis on Modelling and Redundancy*. USA: Elsevier, 1978. ISBN-13: 978-0444851994
- [12] Naval Postgraduate School, *Software-Defined Avionics and Mission Systems in Future Vertical Lift Aircraft*. USA: Penny Hill Press, 2016. ISBN-13: 978-1523265145
- [13] Metrology and testing czech office for standars, CSN EN 4660-005 - Aerospace series - Modular and Open

- Avionics Architectures - Part 005: Software*. ASIN: B01FXCO6SG
- [14] Hephaestus Books, *Aviation standards, including: inter-range instrumentation, ARINC 429, DO-242A, AS9100, ARINC 661, ARINC 708, AS9000, ARINC 653, allied standar*, 2011. ASIN: B007S78CHQ
- [15] R. Rajkumar, I. Lee, & L. Sha, & J. Stankovic, *Cyber-Physical Systems (SEI Series in Software Engineering)*, Proceedings of the 47th Design Automation Conference, Anaheim, California, June 13-18, 2010, pp. 731-736.
- [16] J. Garbarino, *Protocolos para Redes Inalámbricas de Sensores*, Tesis de Ingeniería en Informática, Buenos Aires, Argentina, 2011.
- [17] Federación mexicana de la industria aeroespacial, 2017. Disponible en: <http://www.femia.com.mx/>
- [18] G. Toraldo, *OpenNebula 3 Cloud Computing*. USA: PACKT, 2012. ISBN-13: 978-1849517461
- [19] *Sistemas Aeronauticos*. Disponible en <http://www.gmv.com/pt/Sectores/aeronautica/>
- [20] *Industria de ingeniería de sistemas aeronáuticos*, 2017. Disponible en : https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/aerospace-defense/space-systems/
- [21] *Desarrollo de software aeroespacial*, 2017. Disponible en www.aertecsolutions.com/ingenieria-de-sistemas/
- [22] M. Klamert, *Services Liberalization in the EU and the WTO: Concepts, Standards and Regulatory Approaches*. UK: Cambridge University Press, 2014. ISBN-13: 978-1107034594
- [23] American National Standards Institute, 2017. Disponible en <https://www.ansi.org/>
- [24] V. Hilderman, & T. Baghai, *Avionics Certification: A Complete Guide to DO-178 (Software), DO-254 (Hardware)*. USA: Avionics Communications, 2007. ISBN-13: 978-1885544254
- [25] Administración Federal de Aviación, 2017. Disponible en <https://www.faa.gov/>
- [26] P. Belobaba, A. Odoni, & C. Barnhart, *The Global Airline Industry (Aerospace Series)*. USA: Wiley, 2015. ISBN-13: 978-1118881170
- [27] R. Sedgewick, *Algorithms*. USA: Addison-Wesley, 2011. ISBN-13: 978-0321573513
- [28] J. Prior, *Aviones y su funcionamiento*. USA: Time, 2005. ISBN-13: 978-0743900393
- [29] S. Cardona, S. Jaramillo, & J. Triviño, *Análisis de Algoritmos para Ingeniería de Sistemas y Computación*. México: Elizcom, 2012. ASIN: B00GG6AKF2
- [30] D. Kritzinger, *Aircraft System Safety: Military and Civil Aeronautical Applications*. USA: Elsevier, 2006. ASIN: B00M3Z1I9C
- [31] Comisión Radiotécnica para la Aeronáutica, 2017. Disponible en : <https://www.rtca.org/>
- [32] Cross-domain guards (CDG), 2017. Disponible en : <https://www.deep-secure.com/>
- [33] M. Soler, *Fundamentals of aerospace engineering: An introductory course to aeronautical engineering*. USA: Createspace Independent Pub, 2017. ISBN-13: 978-1493727759
- [34] S. C. Suh, U. J. Tanik, J. N. Carbone, & A. Eroglu. *Applied Cyber-Physical Systems*. USA: Springer, 2014. ISBN-13: 978-1461473350
- [35] D. Molloy, *Exploring BeagleBone: Tools and Techniques for Building with Embedded Linux*. USA: Wiley, 2015. ISBN-13: 978-1118935125
- [36] J. Daemen, & V. Rijmen, *The Design of Rijndael: AES - The Advanced Encryption Standard*. USA: Springer 2002. ISBN-13: 978-3642076466
- [37] Information Systems Audit and Control Association, *Implementing the NIST Cybersecurity Framework*. USA: ISACA, 2014. ISBN-13: 978-1604203578
- [38] J. Park, *Practical Embedded Controllers: Design and Troubleshooting with the Motorola 68HC11*. USA: Elsevier, 2003. ASIN: B001BOT7TE
- [39] B. L. Summers, *Software Engineering Reviews and Audits*. USA: CRC Press, 2011. ISBN-13: 978-1439851456
- [40] B. McLaughlin, *The BeagleBone Black Primer*. USA: Pearson, 2015. ISBN-13: 978-0789753861
- [41] F. Maciá, *Computación ubicua*. España: Universitat d'alacant (publicacions), 2007. ISBN-13: 978-8479089115

Científica

indizada en

Latindex

Sistema Regional de Información en Línea
para Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.
www.latindex.org

Periódica

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.
http://132.248.9.1:8991/F/-/?func=find-b-0&local_base=PER01

Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina
y el Caribe, España y Portugal.
Sistema de Información Científica Redalyc.
www.redalyc.org

Publindex

Índice Bibliográfico Nacional
Revistas Científicas Homologadas
del Colciencias.
<http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/>

Determinación del ángulo de proyección ortogonal de corruga de alambre laminado

José Alfredo **Sánchez de León**

Villacero Planta Trefilados D.D.
Programa de Investigación Continua
Departamento de calidad
Diego Díaz de Berlanga 1005,
Valle del Nogalar, San Nicolás de los Garza,
Nuevo León.
MÉXICO.

Tel. (+5281) 8215 8181
correo electrónico (email):
jose.sanchez@villacero.com
dirac_1902@hotmail.com

Recibido 01-08-2017, aceptado 26-10-2017.

Resumen

En el presente trabajo se demuestra matemáticamente la posibilidad de utilizar la proyección ortogonal de la corruga de un alambre laminado sobre una superficie específica, para determinar su orientación, como método alternativo al tradicional. Para lograr esto, se desarrolla una función para calcular la orientación de la misma a partir del ángulo subtendido entre su eje imaginario central de simetría y la base del alambre. Finalmente se presenta una fórmula para aplicar mediante una hoja de cálculo la función obtenida y poder ser utilizada en conjunto con el resto de los valores de las variables inherentes para el completo dimensionamiento del alambre laminado.

Palabras clave: determinación de orientación de corruga, alambre laminado.

Abstract

(Determination of the Orthogonal Projection Angle of Cold Deformed Wire Rebars)

In this paper it is mathematically exposed the possibility to deploy the orthogonal projection of the reinforcement bars

(rebars) of a cold deformed steel wire over a specific surface to determinate its orientation, as an alternative method to the traditional one. To reach this, is it developed a function to calculate its orientation by means of the dashing angle between its imaginary symmetric axis against the drawing wire base line. Finally it is given a formula to apply this result through any spread sheet; this along the complementary variable values can fully characterize this steel element.

Index terms: Cold deformed steel wire rebars orientation reckoning.

1. Introducción

Mediante un proceso de reducción en frío es fabricado el alambre laminado, a partir de otro alambre de mayor diámetro utilizado como materia prima (alambrón). El alambre laminado consta de un cuerpo de forma cilíndrica en cuya superficie se encuentra impreso un patrón de crestas con una disposición espacial predeterminada, denominadas corrugas, cuya función en este objeto es la de reforzar el anclaje mecánico de su superficie en el concreto, para las distintas aplicaciones para las cuales puede ser destinado. Para mayor información consultar [1].

De entre las distintas variables que dimensionan completamente este objeto prismático, se encuentra la orientación de la corruga; de acuerdo a la norma NMX-B-253 esta variable tiene que ser medida y controlada. Esta variable es caracterizada mediante el empleo de un instrumento denominado transportador; como este elemento presenta concavidad hacia el centro del alambre, ya que es parte del mismo, su superficie es convexa y no puede ser dimensionada de manera adecuada por medición directa sobre la superficie con un instrumento de medición de longitud, como una regla.

Se propone utilizar como método alternativo la proyección ortogonal de este elemento sobre una superficie para determinar su orientación, mediante la determinación del ángulo subtendido entre su eje simétrico principal y su base con respecto al alambre laminado (véase Fig 1).



Fig. 1. Vista general de un alambre laminado grado 50, donde se aprecia la disposición de las corrugas de la superficie.

A continuación, se demuestra matemáticamente la factibilidad de llevar esto a cabo.

2. Desarrollo

Sea V el espacio vectorial $\mathbb{R}^2$ euclidiano, cuyas bases corresponden los conjuntos $\{\beta_1 = \{1, 0\}, \beta_2 = \{0, 1\}\} \in F^2$, para $F = \mathbb{R}$; de tal manera que este espacio puede ser representado por:

$$V = \{\text{span}(\beta_1) \oplus \text{span}(\beta_2): \text{span}(\beta_1) \cap \text{span}(\beta_2) = 0; \{\beta_1\} \cap \{\beta_2\} = \{\emptyset\}\} \quad (1)$$

con las operaciones ordinarias de adición y multiplicación, de tal manera que representa también un espacio con producto interior cuya métrica [2] viene dada por $\langle \cdot, \cdot \rangle : V \times V \rightarrow \mathbb{R}$, por $\|\phi\| := \langle \phi, \phi \rangle^{1/2}$ para $\phi \in V$ la métrica euclidiana estándar.

Se define el operador lineal $T : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$, $(x, y) \rightarrow T(x, y)$ como la proyección de W_1 a lo largo de W_2 por $T(W) = W_1$, donde $\mathbb{R}^2 \supseteq W = W_1 \oplus W_2$.

Sea el vector

$$V \ni \phi = \{(\phi_p, 0) + (0, \phi_j) : \phi_p, \phi_j \in \mathbb{R}^2\} \quad (2)$$

representado en la figura 2; paralelamente se define

$$V \ni \phi' = \{(0, \phi_i) + (\phi_p, 0) : \phi_p, \phi_j \in \mathbb{R}^2\} \quad (3)$$

Aplicando el operador T a ambos vectores se obtiene

$$T(\phi) = (\phi_p, 0) =: \hat{\phi}_i \quad (4)$$

y también

$$T(\phi') = (0, \phi_j) =: \hat{\phi}_j \quad (5)$$

respectivamente. De manera evidente

$$\{\hat{\phi}_i + \hat{\phi}_j\} \in \phi \quad (6)$$

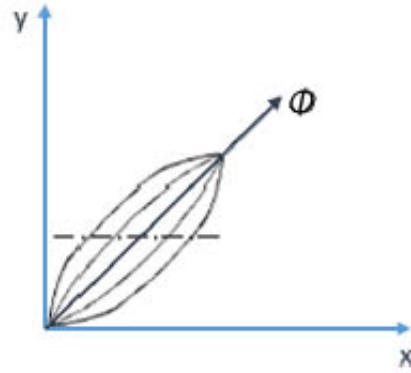


Fig. 2. Representación de la proyección ortogonal de una corruga en el espacio $\mathbb{R}^2$ euclidiano.

Además, de acuerdo a la definición de V , y como V es un espacio vectorial, se tiene que también

$$\phi \in \{\hat{\phi}_i + \hat{\phi}_j\} \quad (7)$$

de tal manera que

$$\{\hat{\phi}_i + \hat{\phi}_j\} = \phi, \text{ y } \phi = \phi' \quad (8)$$

De la definición de ángulo de la norma euclidiana $\langle \cdot, \cdot \rangle$ en V se tiene que precisamente el ángulo $0 \leq \theta \leq \pi$ que existe entre, por ejemplo, $\hat{\phi}_i$ y ϕ , se encuentra dado por:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{\phi \cdot \hat{\phi}_i}{\|\phi\| \|\hat{\phi}_i\|} = \frac{\{\phi_k\}_{k \in \{i,j\}} \cdot \hat{\phi}_i}{[\sum_{k \in \{i,j\}} \{\phi_k\}^2]^{1/2} [\phi_i^2]^{1/2}} \\ &= \frac{\phi_i}{[\phi_i^2 + \phi_j^2]^{1/2}} \end{aligned} \quad (9)$$

Por trigonometría y de acuerdo a [3] se tiene la identidad

$$\sin \theta = \pm \sqrt{1 - \cos^2 \theta} \quad (10)$$

si se divide esta identidad entre la ecuación recién obtenida, se sustituye el valor para $\cos \theta$, y se simplifica, se obtiene

$$\frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{\sqrt{1 - \frac{\phi_i^2}{[\phi_i^2 + \phi_j^2]}}}{\phi_i} \sqrt{[\phi_i^2 + \phi_j^2]} = \left[\frac{\phi_j}{\phi_i} \right] \quad (11)$$

De la definición de la tangente de un ángulo, y por lo anteriormente obtenido, finalmente se tendría que

$$\theta = \arctan \left[\frac{\phi_j}{\phi_i} \right] \quad \forall 0 \leq \theta \leq \pi \quad (12)$$

que representa el ángulo subtendido entre la base del alambre laminado y la proyección ortogonal de la corruga, en términos de variables que pueden ser fácilmente medidas con un instrumento típico de medición de longitud.

3. Aplicación

Para la utilización de la función descrita anteriormente en una hoja de cálculo, se define la siguiente fórmula:

$$\text{atan}(\phi_j/\phi_i) (180/\pi()) \quad (13)$$

la cual involucra la conversión de unidades de ángulo sólido de radianes a grados sexagesimales.

4. Conclusiones

A través de este documento se ha demostrado matemáticamente la posibilidad de utilizar la proyección ortogonal de las corrugas de la superficie de un alambre laminado, sobre una superficie específica para poder determinar físicamente su

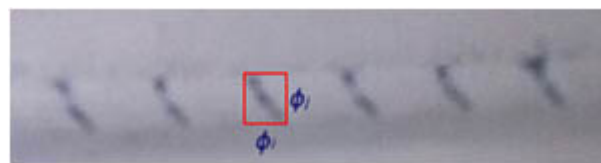


Fig. 3. Patrón de proyección ortogonal de corrugas de alambre laminado sobre una superficie de papel. Como se observa, en esta superficie la medición con una regla o un vernier es posible realizarse fácilmente.

orientación. De este análisis se deriva una función la cual puede ser utilizada para este objetivo. En la práctica la proyección ortogonal puede ser cualquier la impresión de algún segmento de alambre con estas corrugas sobre cualquier superficie (por ejemplo, plastilina, hoja de papel).

Referencias

- [1] Industria Siderúrgica, NMX-B-253-CANACERO-2013, *Alambre de acero liso o corrugado para refuerzo de concreto - Especificaciones y Métodos de Prueba*, Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero Organismo Nacional de Normalización, 2013.
- [2] S. H. Friedberg, A. J. Insel & L. E. Spence, *Linear Algebra*, 4a ed., USA: Prentice Hall, 2003.
- [3] M. Dugopolski, *Trigonometry*, USA: Addison Wesley, 2002.

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas
de América Latina y el Caribe,
España y Portugal

XML JATS en Redalyc

Redalyc ha emprendido una transición y se suma al estándar XML JATS, bajo la especificación JATS4R, lenguaje de metamarcado con reglas simples, que provee de un método uniforme para describir e intercambiar datos estructurados

xmljatsredalyc.org

REDALYC 3.0

Propuesta de un modelo para mejorar el desempeño educativo del Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional

Nashielly **Yarzabal-Coronel**¹

Carmen **Rey-Benguría**²

Claudia Patricia **Castro-Rodríguez**³

Maricela **Cuéllar-Orozco**^{4a}

Julián **Patiño-Ortiz**^{4b}

¹Universidad Anáhuac

Facultad de Educación

Av. Universidad Anáhuac 46, Lomas Anáhuac, 52786

Naucalpan de Juárez, Estado de México.

MÉXICO.

²Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez"

Centro de Estudios Educativos

Escuela de Ciencias Pedagógicas

Carretera a Morón km 9 1/2, Ciego de Ávila.

CUBA.

³Universidad Libre de Colombia

Cl. 8 #580 Bogotá,

COLOMBIA.

⁴Instituto Politécnico Nacional

^{4a}Escuela Superior de Ciencias Administrativas

Carpio 471, Colonia Plutarco Elías Calles,

Delegación Miguel Hidalgo, Ciudad de México.

^{4b}Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

Unidad Profesional Adolfo López Mateos "Zacatenco"

Ciudad de México.

MÉXICO.

Tel. 15538942914

correos electrónicos (emails): nasyarza@hotmail.com

carmenrb@sma.unica.cu, cpatricia.castror@gmail.com

mcuellar02@hotmail.com, jpatinoo@ipn.mx

Recibido 30-08-2017, aceptado 31-10-2017.

Resumen

El desempeño de las instituciones educativas es un imperativo para la mejora del nivel académico del país, debido a que el objetivo de las escuelas es que los alumnos aprendan. Se analizó el estado actual del nivel medio superior del Instituto

Politécnico Nacional, lo que dio lugar a la realización del diseño de un modelo para contribuir al desempeño de esta institución. El presente trabajo presenta los resultados iniciales de la aplicación de la Teoría General de Sistemas, con el fin de poder aportar una mirada integradora; así como de la Metodología de Sistemas Suaves (SSM) de Peter Checkland, adecuadas para las organizaciones sociales y la aplicación del Modelo Viable de Stafford Beer, el cual ya ha probado sus aportaciones a las organizaciones.

Palabras clave: nivel medio superior, desempeño de instituciones educativas, aprovechamiento escolar, metodología de Checkland, modelo viable de Stafford Beer.

Abstract

(Proposal of a Model to Improve the Educational Performance of the Higher Level of the National Polytechnic Institute)

The performance of educational institutions is an imperative for the improvement of the academic level of the country, because the aim of schools is for students to learn; We analyzed the current state of the upper middle level of the National Polytechnic Institute, which led to the design of a model to contribute to the performance of this institution. The present paper presents the initial results of the application of the General Theory of Systems, in order to be able to provide an integrative look; as well as Peter Checkland's Soft Systems Methodology (SSM), well suited for social organizations and the application of the Viable Model of Stafford Beer, which has already proven its contributions to organizations.

Index terms: higher middle level, performance of educational institutions, school achievement, Checkland methodology, viable Stafford Beer model.

1. Introducción

México, como un país en desarrollo, tiene en la educación una valiosa alternativa para conseguir salir adelante de la pobreza, de una economía dependiente de hidrocarburos y de la poca producción tecnológica.

Una de las preocupaciones por parte del gobierno es revertir los bajos índices educativos en los que el país se sitúa a nivel mundial; la falta de políticas educativas a largo plazo ubica a este nivel y al ámbito educativo en un frecuente cambio, lo que ocasiona rezagos en lugar de mejoras.

En el nivel medio superior mejor conocido como bachillerato, prepas o vocacionales, es la última etapa de formación básica y de acuerdo con el Art. 3 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; el estado tiene la obligatoriedad de prestar servicios educativos para que toda la población pueda cursar educación preescolar, primaria, secundaria y media superior, de acuerdo con el decreto con fecha 10 de junio 2013, vigente a partir del día siguiente de la promulgación.

Esta situación coloca al Sistema Educativo frente a retos importantes en términos de acceso y retención particularmente en la Educación Media Superior; de acuerdo con Centro de Investigación y Docencia Económica, en el reporte que elaboró para el Banco Interamericano de Desarrollo menciona: que aún hay más de 3 millones de niños y jóvenes entre los 3 y los 17 años fuera del sistema y más de 5 millones entre los 17 y 29 años con rezago educativo [1].

Otro dato mencionado por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, presenta una cobertura del 54% en el Nivel Medio Superior, este dato se estima del porcentaje de población en las edades idóneas o típicas matriculadas dentro del nivel o tipo educativo correspondiente a su edad [2].

La necesidad de educar a ciudadanos que se integrarán a la vida productiva hace que las instituciones educativas tengan por tarea primordial formar alumnos con las habilidades para desempeñarse en un área específica además de formar ciudadanía, tal es el caso de los Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) pertenecientes al Instituto Politécnico Nacional.

En el Nivel Medio Superior la calidad de sus estudiantes fue demostrada en los resultados obtenidos en la prueba Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE). Esta es una prueba del Sistema Educativo Nacional que se aplica a planteles públicos y privados del país.

Se aplica en educación media superior a jóvenes que cursan el último grado de bachillerato para evaluar las competencias disciplinarias básicas de los campos de comunicación (comprensión lectora) y matemáticas. Esta prueba se aplicó en el instituto desde el año 2006 hasta el año 2014.

De acuerdo con el Informe de Autoevaluación 2012 del IPN y a las cifras publicadas por la Secretaría de Educación Pública,

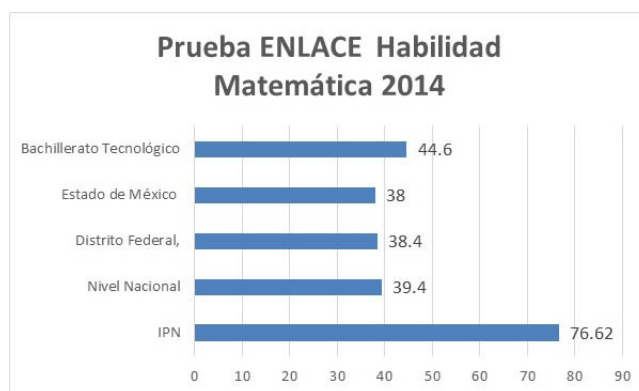


Fig. 1. Resultado de la Prueba Enlace Habilidad Matemática 2014.

por quinto año consecutivo (2008-2012), estudiantes del nivel medio superior del IPN obtuvieron los mejores resultados en la prueba ENLACE, mostrando su calidad en comprensión lectora y habilidad matemática [3].

Para año 2014, los resultados de la Prueba Enlace, continuaron con la tendencia favorable con la que han permanecido desde hace siete años (como se muestra en las figuras 1 y 2).

Por tanto, se observa que los alumnos del Politécnico superan por un amplio margen estos resultados, debido a la calidad de su formación.

El Instituto Politécnico Nacional se ha preocupado por el desempeño y actualización de sus alumnos a través de la revisión de los programas de estudio, así como por mantener y mejorar las instalaciones como son laboratorios, talleres, centros de cómputo y aulas, entre otros. Del mismo modo,

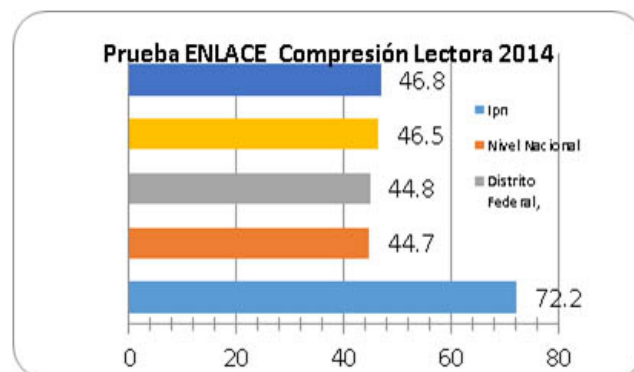


Fig. 2. Resultado de la Prueba Enlace Comprensión Lectora 2014.

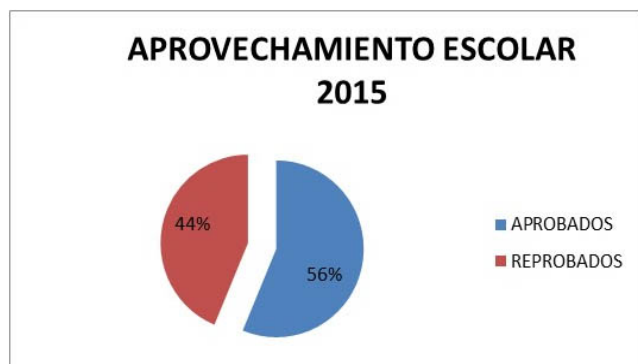


Fig. 3. Aprovechamiento Escolar del ciclo 2014-2015.

también invierte en la capacitación constante de los maestros, con el fin de incidir favorablemente en el proceso enseñanza-aprendizaje de los alumnos.

En cuanto al **aprovechamiento escolar** dentro del instituto; se ha dado continuidad a los programas para mejorar este rubro: el Programa de Tutoría Institucional y el Programa de Proyecto Aula.

De acuerdo al Informe de Autoevaluación 2015 del Instituto Politécnico Nacional, se mencionan los siguientes datos para el ciclo 2014-2015, el porcentaje de alumnos de Nivel Medio Superior aprobaron todas las unidades de aprendizaje cursadas es el 56.28 % [4], como se muestra en la figura 3.

Se presenta, en la figura 4, un comparativo del aprovechamiento de Escolar obtenido de los informes anuales de autoevaluación de Instituto Politécnico Nacional.

En cuanto a la **deserción** en el ciclo 2011-2012 se vio disminuido el porcentaje, asumiendo que los programas ya men-

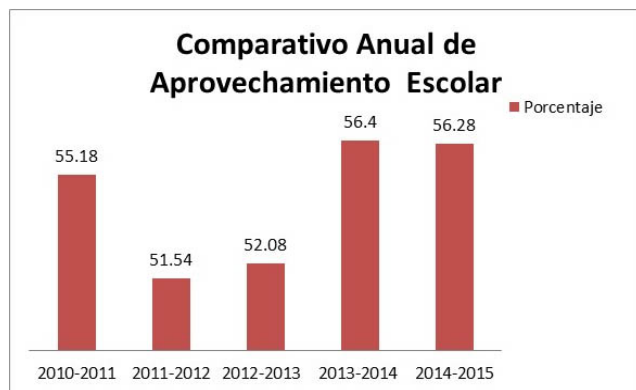


Fig. 4. Comparativo anual de aprovechamiento escolar.

cionados incidieron de manera favorable para este ciclo 2011-2012, lo que se ve reflejado en el índice de deserción del 5.05%, en mejorando el reflejado de 8.47 % del ciclo 2010-2011. Para el ciclo 2012-2013 el índice se eleva a 5.85 %; para el ciclo 2013-2014 llega 6.99% y para el ciclo 2014-2015 logra un ligero descenso de 6.27%.

Otro indicador importante es la **eficiencia terminal** la cual tiene los siguientes datos, para el ciclo 2014-2015, egresaron 14,379 estudiantes y se titularon 2,945 generando un índice de eficiencia de 62.58%. El cual representa un decremento con respecto al ciclo escolar anterior 2013-2014 en donde se alcanzó hasta un 64.91%; no obstante, este indicador representa un área de oportunidad. Como se muestra en la figura 4.

Desafortunadamente, pese a los grandes esfuerzos y las inversiones, estos Indicadores de no tiene los números deseables y presentan resultados que deben analizarse de manera sistémica, para lograr que el Desempeño de la Institución sea adecuado y cumplan con las demandas nacionales así como lograr el proyecto de vida que tienen los alumnos al ingresar al Instituto Politécnico Nacional.

La situación de la **reprobación**, la **eficiencia terminal** y la **deserción** de los alumnos representan desafíos para los directores de dichos centros; una de las causas es el alto índice de reprobación de las materias de ciencias en ambos turnos ya que esto ocasiona que no se cumpla con el objetivo de egreso, además de la consecuente deserción de los alumnos por la reglamentación existente. Este problema de la reprobación de materias ocasiona que el alumno se desfase en sus estudios, ya que al reprobar alguna de estas materias seriadas pierde la oportunidad de cursar las subsecuentes; por lo que requerirá mayor tiempo para terminar sus estudios, entre otras muchas dificultades; lo que impactará en la eficiencia terminal.

La grave situación de los indicadores de **aprobación**, **reprobación** y **eficiencia terminal**, se debe atender analizando de manera integral el Nivel Medio Superior del IPN; este como otros sistemas educativos, se conforma por factores esenciales como: alumnos, docentes, autoridades, personal de apoyo, modelo educativo, la normatividad y el medio ambiente que afecta a los anteriores.

2. Desarrollo

La investigación pretende realizar un estudio del Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional, donde se analicen los subsistemas que conforman el proceso enseñanza-aprendizaje de este nivel, al cual se considera un sistema para mejorar el desempeño educativo por lo que se plantea los

cuestionamientos sobre qué variables intervienen en el sistema de forma determinante y cómo inciden las variables para desarrollar un modelo viable.

2.1. Marco teórico

La Teoría General de Sistemas (TGS) tiene sus orígenes en los principios de la Filosofía y la Ciencia. La palabra sistema proviene de la palabra *systema*, la cual procede de *synistanai* que significa reunir y de *synistemi* que expresa mantener juntos. Como parte de los inicios de la TGS se encuentran las expresiones del filósofo alemán Georg Wilhelm Friedrich Hegel: "El todo es más que la suma de sus partes".

En las últimas décadas hemos asistido al surgimiento del "sistema" como concepto clave en la investigación científica. La tendencia de la ciencia contemporánea a no aislar ya fenómenos en contextos estrechamente confinados sino, al contrario, abrir interacciones para examinarlas y examinar segmentos de la naturaleza cada vez mayores [5].

De acuerdo a la TGS, por su naturaleza como organización social, el sistema educativo, pertenece a la Teoría de Sistemas Flexibles, el cual se incluye a las ciencias sociales, que es donde se estudia el comportamiento del hombre como parte de otro sistema mayor como lo es la organización.

El enfoque de sistemas da una opción a la búsqueda de soluciones a problemas suaves (organizaciones humanas), a los que define Wilson, de la siguiente forma: son combinaciones complejas con situaciones en que se pregunta "qué" y "cómo". En ese sentido las situaciones sociales serán consideradas como problemas suaves, a los que la TGS puede brindar soluciones integrales con el enfoque integrador que esta teoría pretende [6]. En este mismo sentido Checkland establece que existen sistemas de actividad humana, los cuales son sistemas menos tangibles que los sistemas naturales y diseñados [7].

El modelo de la firma Stafford Beer desarrolló el estudiar la fisiología del cerebro pueden obtenerse más principios para la teoría de control de sistemas administrativos, los cuales también pueden ser utilizados en los problemas suaves. Se emplea la Teoría de Stafford Beer, como medio para lograr de control de sistemas administrativos y poder generar mejoras en el sistema [8].

Después de sus bastas experiencias Stafford Beer sugiere un cambio drástico de curso por el cual las soluciones estereotipadas que resuelven los proble-

mas del mundo, son "derrocadas". Debemos remplazar al Homo Faber, "el hombre hacedor", por el Homo Gobernador, "el hombre timonel de grandes sistemas complejos interactivos" [8].

El modelo de sistema viable (MSV) de Stafford Beer lo definen otros simplemente como el modelo de sistema viable. representa un desarrollo conceptual concreto basado en la teoría cibernética que pretende representar los elementos y la forma estructural que debería tener cualquier organización para ser viable, permitiendo de esta forma mediante su aplicación construir las condiciones para su viabilidad, es decir, para conseguir la capacidad de desarrollo, aprendizaje y adaptabilidad en cualquier organización [9].

Las organizaciones cibernéticas se visualizan como "jerarquías de mando" una "infraestructura" de niveles de control que consiste en sistemas de control individual que monitorean los niveles más bajos de los sistemas, que están controlados por sistemas del segundo nivel más bajo. A su vez, los sistemas de este nivel están controlados por niveles, sistemas del siguiente nivel superior, que se integran finalmente en un sistema control, para la organización total [10], como se muestra en la figura 5.

Utilizando el enfoque sistémico, el modelo de Beer, permite contemplar y entender las organizaciones sociales como un todo iterativo, correlacionado e interactuante donde la complejidad de sus problemas, comienza mucho antes que en su interior [11].

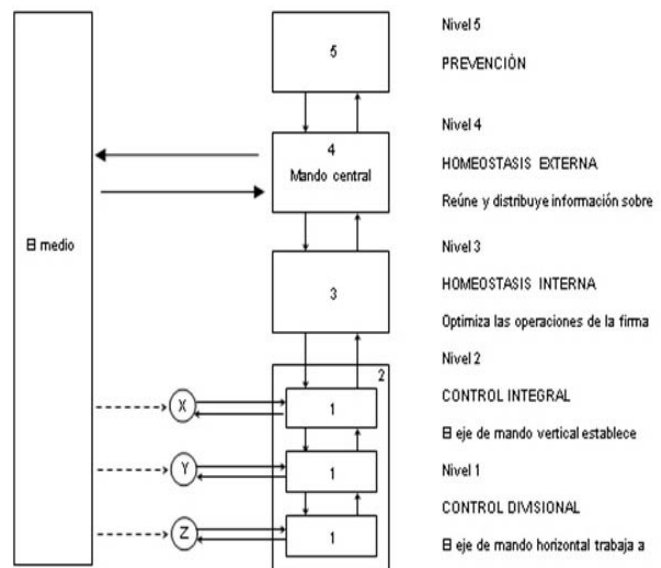


Fig. 5. La empresa cibernética (Fuente: S. Beer, *Brain of the firm*, p.168).

3. Metodología

Cabe señalar, que dentro de la etapa de investigación y en la etapa de desarrollo del Modelo, se empleó la metodología de Checkland para solución de problemas, ya que se concuerda bien al estudio de investigación de fenómenos de las Ciencias Sociales, además de presentar el enfoque de sistemas, el cual brinda la posibilidad de analizar la problemática de una manera integral. La Metodología de Sistemas Suaves (SSM) es una metodología que tiene como objeto introducir mejoras en áreas de interés social al activar entre la gente involucrada en la situación un ciclo de aprendizaje que idealmente no tiene fin [7].

La descripción general y común de la SSM (Metodología de Sistemas Suaves) [7] es la que se muestra en la figura 6.

Estadio I : Metodología de Checkland

Para algunos investigadores educativos como parte de la sociedad perciben a los índices de reprobación, eficiencia terminal y deserción de los alumnos del nivel medio superior como datos preocupantes, sin embargo, también reconocen la calidad de sus egresados ya que han destacado en las pruebas nacionales realizadas.

El sector laboral también como parte de la sociedad tiene la percepción de la alta calidad de los técnicos egresados del IPN, se comprueba con las soluciones diarias, aportaciones y el buen desempeño en el campo laboral. Es pertinente cues-

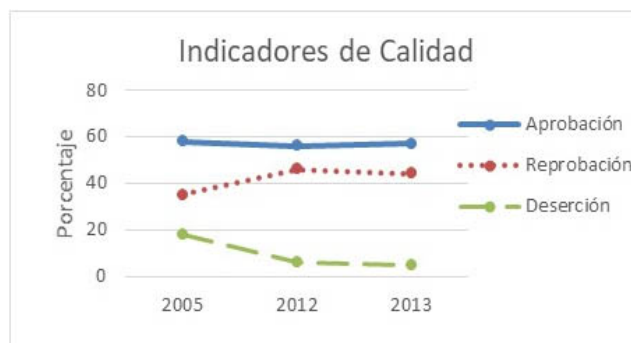


Fig. 7. Evolución de Indicadores del NMS del IPN.

tionar la eficiencia administrativa y académica. En este sentido y como consecuencia la percepción de la sociedad hacia el instituto es de no cumplir sus funciones (véase la figura 7 donde se muestran los indicadores).

El problema actual en el IPN está relacionado con el desempeño educativo que presenta en el nivel medio superior en el área de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas (ICFM) que se evidencia al observar los indicadores de calidad que se presentan en la página web del instituto. El problema es serio y complejo, además tiene diferentes connotaciones y puntos de vista de acuerdo a la cosmovisión diferente de los actores involucrados, así como diferentes magnitudes de percepción de acuerdo a los intereses particulares de los involucrados, que se percibe que no están preocupados por el bien común al

trabajar aislados cuidando sus intereses. Es un hecho contundente y claro, el IPN no está teniendo un desempeño educativo adecuado. El problema se puede percibir desde diferentes posiciones, mientras que para las autoridades se está trabajando para mejorar, los alumnos son los verdaderos afectados, al no aprender quedar desfasados y no inscribirse o en el peor de los casos dejan la escuela (véase la figura 8).

El IPN parece no estar considerando el medio ambiente, la institución se percibe preocupada por sus problemas internos dejando mirar el exterior, quedando aislado del medio ambiente. El IPN debe de mirar al exterior, observar el medio ambiente, para reconocer las exigencias y necesidades que como Instituto le demanda el medio ambiente que precisa cambios de fondo y urgentes. A continuación, el modelo del sistema educativo sujeto de estudio y sus relaciones con el medio ambiente.

En el caso del nivel medio superior en los Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos del IPN, identifi-

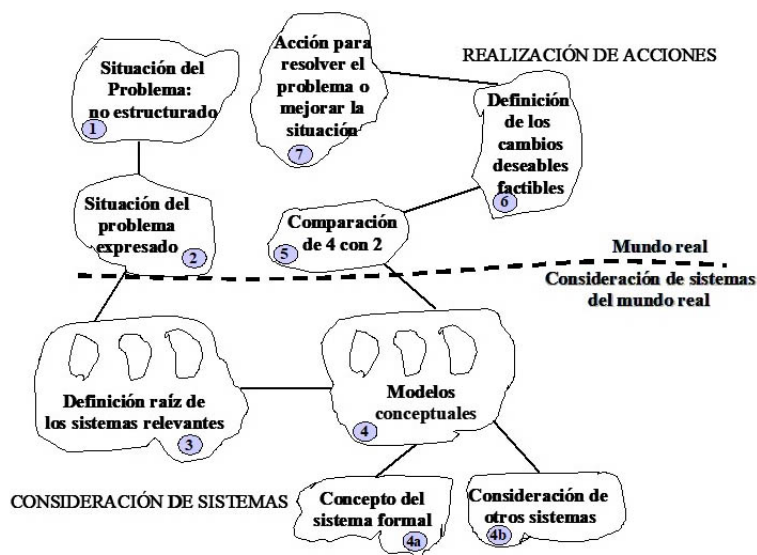


Fig. 6. Metodología de Checkland. Fuente: Checkland,1975.

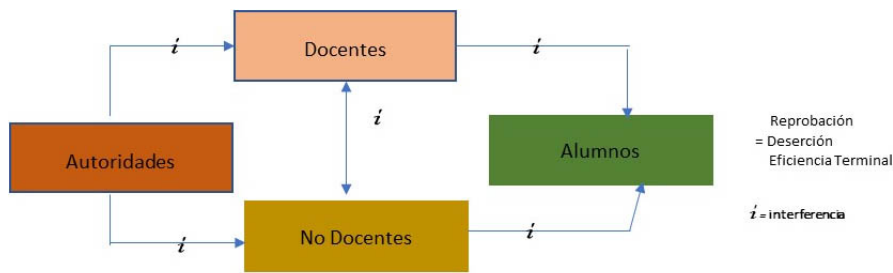


Fig. 8. Situación en la que se percibe en problema.

camos los siguientes involucrados: 1. Alumnos, 2. Docentes, 3. Autoridades 4. Personal de Apoyo y 5. Medio Ambiente.

A continuación, se describe la percepción de cada uno de los grupos considerados, con base en la experiencia propia y a las entrevistas informales que se realizaron con miembros de los grupos considerados como actores.

- Los alumnos son la razón de ser del nivel medio superior del IPN, es un elemento fundamental, sin embargo, es siempre el más vulnerable por ser el más desprotegido, ingresa con altas perspectivas y en el camino se adapta al medio donde se desarrolla. Los alumnos cada semestre se enfrentan estos desafíos aunado a las situaciones personales que se le puedan presentar: económicas, de salud, etc. La mayoría de los alumnos presentan deficiente logros en cuanto al aprendizaje (Índice de Aprobación 58%).
- El grupo de docentes son parte fundamental en el desempeño educativo y del mismo instituto, muchos de ellos ingresan al instituto por necesidad laboral careciendo de vocación, por lo que encontramos entre ellos una actitud, conformista, obsoleta y desactualizada. Algunos de los docentes no pueden dar experiencias de la vida laboral, porque nunca han trabajado fuera del instituto o lo hicieron hace tanto tiempo que la tecnología, los procesos y funciones que se utilizan en la industria ya son muy distintos.
- Las autoridades perciben como un desafío la disminución del alto índice de reprobación de las materias de Ciencias (Química, Física y Matemáticas), ya que este fenómeno contribuye a los deficientes resultados ya mencionados; comentan que percibe que la reprobación es un problema multifactorial y que se ha acentuado más en la última década por la desintegración familiar, la falta de valores y la situación económica que ha ocasionado que ambos padres salgan a trabajar desatendiendo a la familia, también gestionan recursos ante los docentes y administrativos; así como dise-

ñan e implementan estrategias para que el alumno no repruebe, baje la deserción y cumplan con el objetivo de egreso.

- El personal de apoyo es el grupo encargado administrar los procesos escolares (administrativos y académicos) en muchas ocasiones no realizan estos procesos ágil ni eficientemente; siendo los administrativos los causantes de problemas que generalmente afectan al alumno.

El personal administrativo del área de servicios escolares ha observado prácticas en donde puede ayudar al logro de los estudiantes.

- El medio ambiente no se detiene, la generación de conocimiento y tecnología cambia la vida de manera estrepitosa. La realidad es clara y los resultados saltan a la vista no se puede evitar compara si los alumnos egresados están preparados para este siglo con los programas antiguos y sin las condiciones de infraestructura que se utilizan a diario en el sector comercial o en la industria, lugar que será el campo laboral de los egresados.

Para asegurarnos de que se consideraron las características importantes, Se utiliza la visión enriquecida usamos la nemotecnia CATWOE que propone Checkland.

C = Cliente

Son los usuarios:

1. Alumnos IPN.
2. Docentes del IPN.
3. Personal de Apoyo.
4. Autoridades del IPN.

A = Agentes o actores

Son quienes se encargarán de la transformación de las entradas de información en salidas:

1. Autoridades del IPN del Nivel Medio Superior, con el apoyo de:
2. Docentes
3. Personal no docente y de apoyo
4. Autoridades de la SEP y de la Presidencia de la República

T = Transformación

La principal salida será los resultados el Desempeño del NMS del IPN (véase la figura 9)



Fig.9. Proceso de transformación.

en el nivel medio superior del IPN. Con base en el marco metodológico, a conversaciones con profesores, investigadores, trabajadores y alumnos. A continuación, se define cada uno de los subsistemas como parte del mismo.

Como parte de un análisis de la situación, encontramos que el sistema total está compuesto por siete sistemas, los cuales se muestran enseguida:

W = Visión de los involucrados (Weltanschauung)

IPN

(AUTORIDADES, ACADÉMICOS, PERSONAL DE APOYO Y ALUMNOS)

Lo positivo: deseo de mejorar el aprendizaje de los alumnos, el desempeño de la institución y como consecuencia la educación, más y mejores oportunidades de empleo.

Lo negativo: falta de confianza en el modelo, oposición de profesores, trabajadores y autoridades, uso adecuado de recursos, falta de coordinación y control, escasa vinculación gobierno-empresa-sociedad.

SEP

(PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, POBLACIÓN ESTUDIANTIL)

Lo positivo: eficiente aplicación presupuestaria, mejores resultados reflejados en los indicadores, nivel académico de vanguardia.

Lo negativo: oposición de profesores y sindicatos al nuevo modelo, necesidad de recursos.

O = Propietario

Dirección del Centro de Estudios con el apoyo de todos los participantes la institución conformada por los alumnos, docentes, autoridades, personal de apoyo, y como líder, el Director.

E = Medio ambiente

Las consideraciones con un mundo global, competitivo y altamente tecnológico. La Presidencia de la República con el Plan Nacional de Desarrollo y la SEP con el Plan Nacional de Educación. El propio IPN con sus leyes y reglamentos, su planeación estratégica institucional. Los sindicatos, las experiencias nacionales e internacionales de éxito en educación, la sociedad del conocimiento, los recursos y la cultura.

Empleando dicha metodología se comienza identificando y diagnosticando para después, describir brevemente los sistemas relevantes que componen al sistema de educación presencial

1. Sistema de Alumnos
2. Sistema de Docentes
3. Sistema de Autoridades y Personal de Apoyo
4. Sistema de Construcción del Conocimiento (Proceso Enseñanza Aprendizaje Modelo Educativo)
5. Sistema de Tecnología
6. Sistema de Desempeño
7. Sistema Medio Ambiente

A continuación, se describen los sistemas relevantes:

1. Sistema de Alumnos (clientes). Sistema que hace funcionar el sistema total, es la razón de ser de una institución educativa. Los alumnos no obtienen los conocimientos, por lo que reprueban y por lo tanto tampoco están preparados para enfrentar las exigencias del mercado laboral que son exigentes y cambiantes en esta época.
2. Sistema de Docentes. Sistema responsable de las cuestiones académicas necesarias para el funcionamiento del sistema total. Es sistema es uno de los pilares para cambiar los resultados actuales, los docentes son los ejecutores de las grandes reformas siempre y cuando estén convencidos, su actuar es muy valioso para cambiar el desempeño.
3. Sistema de Autoridades y Personal de Apoyo. Sistema encargado de ejecutar, administrar, verificar y controlar la funcionalidad del sistema total con el medio ambiente. Este sistema deberá siempre considerar la razón de ser de la institución son los alumnos por lo que se espera que todas las gestiones favorezcan al bien de los estudiantes.
4. Sistema de Construcción del Conocimiento. Conjunto de técnicas y metodologías de enseñanza-aprendizaje y la infraestructura para el sistema. El IPN necesita evolucionar hacia las exigencias del mundo por lo que deberá facilitar el uso de herramientas y metodologías que beneficien el aprendizaje los alumnos y por ende mejoren el desempeño.
5. Sistema de Tecnología. Conjunto de software, plataformas y aplicaciones específicas. Técnicas y metodologías de enseñanza con TIC, infraestructura requerida por el siste-

ma total, para desarrollar las labores de enseñanza aprendizaje. En el mundo tecnológico que se vive el IPN debe de mantener la vanguardia en el uso de tecnología lo que fortalece a la preparación de los alumnos y por consecuencia al desempeño institucional.

6. Sistema de Desempeño. Propósito final del sistema de educación media superior del IPN, los resultados son alarmantes, es necesario que se tomen acciones para mejorar los resultados ya que el IPN es un pilar de progreso para el país, como una fuente de tecnológica y como el formador de profesionistas que mejoran al país, con sus aportaciones en el día a día.
7. Sistema Medio Ambiente. Sistema que retroalimenta el sistema total, ya que incide y reacciona a las variaciones del sistema total o de un sistema componente. Condiciones actuales de los elementos del sistema alumnos, no son suficientes para afrontar los retos laborales ni para continuar su preparación profesional. El medio ambiente demanda incide, critica y cuestiona el mal funcionamiento de una institución educativa; pero es una situación no atendida de las autoridades.

No necesariamente se requiere la palabra desarrollo, se pueden denominar las secciones según se requiera y numerar las subsecciones con esta nomenclatura.

4. Resultados

Una vez considerados los sistemas relevantes, se diseña el modelo conceptual del Sistema de Educación Media Superior del Instituto Politécnico Nacional que se debería aplicar en cada una de sus escuelas. Este modelo puede cambiar en función de la dimensión tiempo por ser estratégico y es por ello que toma en cuenta los principios de la evolución consciente. El modelo conceptual necesariamente debe adaptarse a los cambios del medio ambiente; por ejemplo, los cambios tecnológicos los cuales deben incorporarse para permanecer como una institución competitiva en la era de la sociedad del conocimiento.

Los Centros Científicos y Tecnológicos del IPN deben mantener ciertos lineamientos congruentes con los objetivos propios de cada escuela, con los del instituto y los del país. Razón por la cual se considera que el Modelo de Sistema Viable es de gran ayuda, ya que la educación la podemos agrupar en este sentido, en tres niveles de recursión.

En el trascurso de la investigación y al iniciar con la elaboración del modelo, se encuentran varias coincidencias con el Modelo Viable de Sistemas de Stafford Beer, por lo cual adoptamos la analogía como un medio para llegar a un fin, por lo que se consideró la elaboración del modelo con base en el Modelo de Sistema Viable, para el cual cabe señalar algunas consideraciones.

En la tarea de administrar "un mundo de complejidad", sin importar si este es natural o hecho por el hombre. Hasta la fecha, los mejores esfuerzos han sido los enfoques empíricos que tratan la complejidad a micronivel, como en el área de educación, entretenimiento, programación de computadoras, sistemas de producción. Ahí se puede observar, sentir, comprender y medir la complejidad. Se espera que estos métodos puedan extenderse, posteriormente, al macronivel para desarrollar enfoques y formular políticas en sistemas mayores. Estos esfuerzos solo tendrán éxito si hacemos caso de la advertencia de Stafford Beer, en relación a la cuestión, ¿hasta qué punto las soluciones que son adecuadas para modelos?, así como cuestionar ¿si las soluciones se pueden aplicar o no al mundo real? o ¿qué tan bien los modelos describen nuestra percepción de la realidad?

Los planificadores y expertos manejan modelos de la realidad en vez de la realidad misma. Beer describe un "mundo subrogado" que reemplaza al mundo de la realidad. Hacemos planes para necesidades que no tienen relación con las demandas y expectativas de la situación real, conceptualizado la posibilidad de dotar a una institución con cinco de tales sistemas.

1. Sistema uno. Control divisional donde las actividades divisionales están programadas y donde se distribuyen los recursos. El eje de mando horizontal trabaja a través de diferentes grupos de criterios.
2. Sistema dos. Control integral para proporcionar la conexión y asegurar la estabilidad entre divisiones.
3. Sistema tres. Homeostasis interna, para asegurar una política integrada de la firma considerada como un todo, optimiza las operaciones de la institución en relación con sus objetivos totales.
4. Sistema cuatro. Homeostasis externa, por la cual la institución se relaciona y recibe entradas de su medio, de otras instituciones, de la economía, etc. La inquietud en este nivel es fijar las estrategias de la empresa en vista de las condiciones externas.
5. Sistema cinco. Prevención que vigila las políticas de sistemas en el nivel cuatro y es capaz de salidas totalmente nuevas. Este nivel significa proyectar estrategias viables y probar políticas que entrevén combinaciones de futuros posibles.

Ahora bien, para el sistema de educación media superior presencial del IPN, tenemos que considerar que se deben seguir normas y lineamientos congruentes con la naturaleza jurídica del instituto.

Como ya se ha mencionado, el IPN es una institución desconcentrada del Estado Mexicano, encargada de la educación tecnológica del País y, en este sentido, considerando el diseño del modelo como un sistema viable, encontramos tres



Fig. 10. Niveles de recurrencia de la educación media superior (presencial).

niveles de recurrencia, en los cuales está inmersa la educación media superior que imparte el instituto.

Dichos niveles son: 1) Nivel de país, 2) Nivel de instituto y 3) Nivel de escuelas del instituto. La figura 10 presenta los niveles de recurrencia de sistema viable enumerados en este párrafo.

El sistema presenta tres niveles de recurrencia o iteración, donde el nivel inferior se convierte en el sistema uno del si-

guiente nivel superior, o lo que es lo mismo, que cada sistema uno de iteración se puede diseñar como sistema viable.

A continuación, se describen cada uno de los niveles de iteración y se presenta el modelo diseñado.

Nivel de Recurrencia (Iteración) 1

Comprende al país como un todo; es decir, el Sistema Nacional de Educación Media Superior, donde interviene la Secretaría de Educación Pública así como todas las instituciones de educación media superior del país, el medio ambiente nacional, y en donde el IPN forma una parte de esta composición. La figura 11 muestra, de manera general, el diseño que se propone de este sistema.

Nivel de Recurrencia (iteración) 2

Comprende al IPN, el cual es de nuestro interés para esta investigación, la figura 12 muestra el modelo. Cabe señalar que este modelo pertenece al nivel 1 en el Sistema Nacional de Educación Medio Superior. Este modelo daría orden interno al

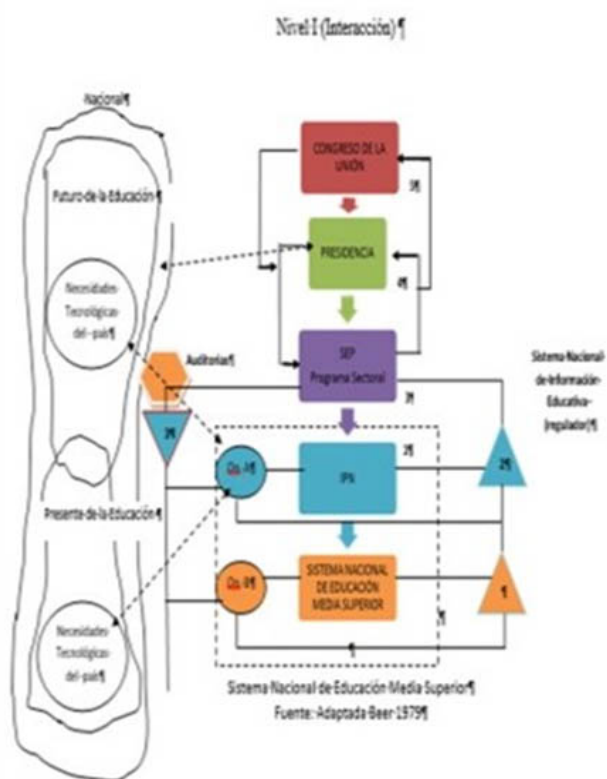


Fig. 11. Sistema Nacional de Educación Media Superior.
Fuente: Adaptada de Beer S., 1979.

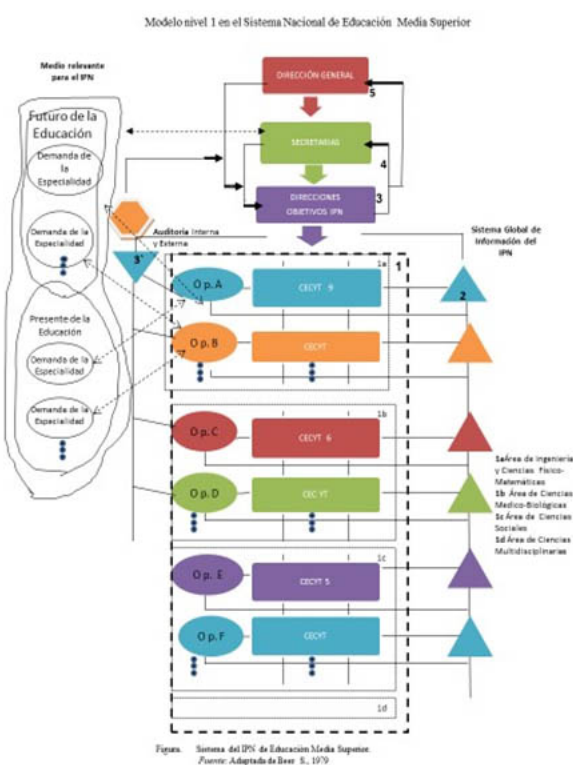


Fig. 12. Sistema de Educación Media Superior IPN.
Fuente: Adaptada de Beer S., 1979.

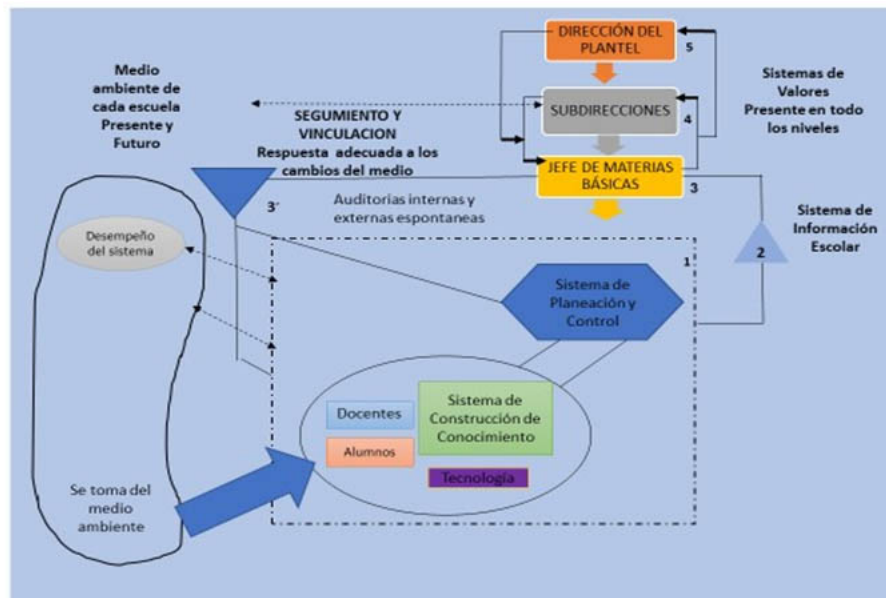


Fig. 13. Sistema de Educación Media Superior para una escuela del IPN. Fuente: Adaptada de Beer S., 1979.

IPN, ya que al adaptar el organigrama actual del IPN, saltan a la vista la duplicidad de funciones que se desarrollan en el Instituto por falta de una planeación adecuada.

Nivel de Recurrencia (iteración) 3

Comprende cada una de las escuelas de Educación Media Superior con las que cuenta el IPN, estas pasan a ser del Nivel 1 en el sistema de educación media superior del IPN. Se muestra la figura 13 el modelo general.

El trabajo diario y real, así como la innovación para generar el cambio empiezan desde este nivel de recurrencia, es aquí donde se acoplan los sistemas relevantes que se describieron anteriormente. La condición de viabilidad del sistema generado establece que se debe tener la capacidad de autonomía y flexibilidad en cada escuela del IPN, de la misma manera lo debe tener el IPN a nivel nacional y el país a nivel mundial.

El modelo anterior se muestra de manera más detallada en la figura 13, con base en la metodología de Checkland, considerando factores y variables que pueden afectar a cada uno de los sistemas relevantes del Modelo de Educación Presencial del IPN.

Cabe destacar que es de suma importancia la ejecución de valores como la honestidad y responsabilidad que son parte de un sistema de valores (axiológico) necesario en toda organización y con mayor contundencia en el sistema educativo,

ya que es muy necesaria la influencia de este sistema en todos los sistemas involucrados en el IPN. También, el modelo más detallado considera que cada uno de los sistemas relevantes necesariamente están formados por subsistemas los cuales están interrelacionados y, por ello, es importante su adecuada planeación.

5. Conclusiones

Esta propuesta pretende mejorar el desempeño del Nivel Medio Superior a través de la aplicación de la metodología de Checkland y aplicando el modelo de Stafford Beer, conocemos la realidad de los sistemas involucrados y sus características esenciales así como sus necesidades por lo que se podrá proponer intervenciones con el fin de mejorar la situación actual.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional, a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco por el apoyo brindado.

Referencias

- [1] Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE), *Retos Educativos 2012-2018, Banco Interamericano de Desarrollo : Retos Educativos 2012-2018*. Recuperado

- de: <http://federalismoeducativo.cide.edu/documents/97536/36092cfa-7133-449f-be68-72dd4dd1d9d1>, (2 de octubre de 2012). p. 9, 2012.
- [2] Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), *Panorama Educativo de México, Indicadores del Sistema Educativo Nacional*, Recuperado de: <http://publicaciones.inee.edu.mx/buscadorPub/P1/B/112/P1B112.pdf>, p. 234, 2013.
- [3] Instituto Politécnico Nacional, *Informe de Auto-evaluación 2012*, Recuperado de: <http://www.gestionestrategica.ipn.mx/Evaluacion/Paginas/InfoAutoeval.aspx>, 2013.
- [4] Instituto Politécnico Nacional, *Gestión Estratégica - Evaluación*. Recuperado de <http://www.gestionestrategica.ipn.mx/Evaluacion/Paginas/InfoAutoeval.aspx>, 2015.
- [5] L. V. Bertalanffy, *Teoría general de sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica, p. 8, 1976.
- [6] B. Wilson, *Sistemas: Conceptos, metodología y aplicaciones*. México: Grupo Noriega Editores, 2005.
- [7] P. Checkland, *La metodología de sistemas suaves en acción*, México: Limusa, p. 44, 1994.
- [8] S. Beer, *The Viable System Model*, Recuperado de: <http://www.StaffordBeer>. p. 9, 2005.
- [9] J. Oliveira, & Y. Gascón, "Modelo de sistema viable como herramienta de diseño para un Programa Ingeniería de Sistemas," *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, vol. 8, núm. 3, pp. 69-82, 2011. Recuperado de <http://200.74.222.178/index.php/enlace/article/view/13691/13674>,
- [10] S. Beer, *Brain of the firm*. Nueva York: Harder y Herde, pp. 397-422, 1972.
- [11] N. Rueda, N. "El modelo de sistema viable: un instrumento para la organización efectiva," *Revista EAN*, vol. 25-26, pp. 5-14. Recuperado de <http://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/1155/1095>, p.7, 201.

Portal de Portales Latindex

El Portal de Portales Latindex (PPL) proporciona acceso a los contenidos y textos completos de revistas académicas disponibles en hemerotecas digitales de América Latina, el Caribe, España y Portugal, adheridas al movimiento de acceso abierto

**más de 1 542 783
artículos indexados
(2016)**

El objetivo de este portal es difundir el conocimiento científico que se publica en la región iberoamericana. El desarrollo informático utiliza el OAI Harvester2 desarrollado por el Public Knowledge Project (PKP) basado en el protocolo OAI-PMH.

www.latindex.ppl.unam.mx

La adicción y ansiedad vinculadas a las tecnologías de la información y comunicación, incidencia en la calidad de vida de los estudiantes

Eduardo Ángel **Zavala-Romero**

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Unidad Profesional Adolfo López Mateos "Zacatenco",
Col. Lindavista, Gustavo A. Madero, CP 07738,
Ciudad de México.
MÉXICO

correo electrónico (email): erzavala@esimez.mx

Recibido 01-06-2017, aceptado 15-09-2017.

Resumen

El grado de uso de las tecnologías de la información y la comunicación, genera cambios en la calidad de vida de los usuarios en general. Este trabajo se enfoca a evidenciar los cambios que ocurren en la calidad de vida, y están vinculados con la adicción y ansiedad de los estudiantes y de los usuarios en general, debido al grado de uso que pasan en ellas, dividiendo los resultados por género. El estudio se realizó en una escuela del Instituto Politécnico Nacional, con una población estudiantil de 1400 por turno, y para tener la evidencia de estos cambios, se aplicó un cuestionario a una muestra aleatoria de 140 estudiantes participantes. La muestra aleatoria se procesó mediante técnicas de estadística descriptiva, resultando que el grado de uso, confirma la presencia de la adicción y ansiedad en los estudiantes, provocando cambios en su calidad de vida. Como conclusión, en el género de las mujeres, se encontró mayor adicción y ansiedad, debido al nivel de grado de uso de las tecnologías de la información y la comunicación

Palabras clave: adicción, ansiedad, cambios, tecnologías de la información y la comunicación.

Abstract (Changes in the Quality of Life of Students, Related to Addiction and Anxiety towards Information Technology and Communication)

The degree of use of information and communication technologies generates changes in the quality of life of users in general. This work focuses on the changes that occur in

the quality of life, and are related to the addiction and anxiety of students and users in general, due to the degree of use they spend in them, dividing the results by gender. The study was conducted at a school of the National Polytechnic Institute, with a student population of 1400 per shift, and to have evidence of these changes, a questionnaire was applied to a random sample of 140 participating students. The random sample was processed using descriptive statistics techniques, resulting in the degree of use, confirming the presence of addiction and anxiety in the students, causing changes in their quality of life. As a conclusion, in the gender of women, greater addiction and anxiety were found, due to the level of use of information and communication technologies.

Index terms: addiction, anxiety, change, information and communications technology.

1. Introducción

A partir del surgimiento de las tecnologías, como el teléfono (1878), la computadora (1937) y la televisión analógica (mediados de 1950) [1] y, posteriormente, la computadora digital (1958), el teléfono celular (1990) y la televisión digital (1990), y con la liberación de internet al público por parte de Estados Unidos en 1990, están siendo utilizadas por la sociedad mundial. En el caso de México, las estadísticas sobre la posesión y uso de las tecnologías por parte de la población son: el 51.3% de la población posee al menos una computadora, 71.5% tiene un teléfono celular, 46.6% y 23.7% poseen televisor analógico y un digital respectivamente, 23% poseen ambos tipos de televisores, 57.4% tienen acceso a internet en su casa, en una población de 119 millones 530 mil 753 habitantes en México [2].

En todos los dispositivos anteriores subyace la tecnología de la información y la comunicación (TIC), la cual se define como: "La TIC es una construcción y extensión del conocimiento que derive en la satisfacción de las necesidades de los integrantes de una determinada organización social" [3].

El uso de esta tecnología cambió a la sociedad, en su manera de aprender, relacionarse, comunicarse y entretenerse, provocando cambios en la vida social y personal de los individuos que la integran [4].

En este artículo se evidencia la presencia de la adicción y la ansiedad, vinculadas al grado de uso de las TIC, bajo el supuesto de que todos los otros factores involucrados no se modifican.

2. Desarrollo

2.1. Situación problemática

Los cambios tecnológicos que las TIC están generando en las actividades que realiza una parte de la sociedad ha motivado a diferentes organizaciones públicas y privadas a realizar diversos estudios sobre los impactos que estas tecnologías tienen en la calidad de vida.

Otros factores que impactan en la calidad de vida son: la atracción tecnológica, el estado emocional, el afecto familiar, las relaciones individuales y sociales, el gasto económico, la actualización a las tecnologías, la ergonomía que se tiene al usar las TIC. Todos estos factores se encuentran relacionados formando un sistema. Sin embargo en este estudio solamente se considera el grado de uso como el factor más importante.

Empíricamente, se ha observado que los cambios en la calidad de vida de los estudiantes que usan las TIC pueden ser insignificantes o moderados, cuando no causan ningún cambio en su salud, ni tampoco hay un exceso en el uso de las TIC, pero si hay un exceso en el uso, frecuencia y atracción tecnológica, se pueden presentar cambios en la salud, de forma intensa a muy intensa, generando molestias biológicas, físico musculares y psicosociales.

2.2. Descripción breve de otras investigaciones realizadas sobre el uso de las TIC por parte de los estudiantes en general

Los siguientes estudios fueron seleccionados y consultados debido a que consideraron el grado de uso de las TIC, como factor importante como se enlista en la Tabla 1.

3. Diagnóstico

3.1. Sintomatología presente en la calidad de vida de los estudiantes

Debido a la cantidad de conocimiento nuevo (adquirido consciente o inconscientemente), que la sociedad adquiere a través de estas tecnologías hoy en día, se le hace llamar la sociedad del conocimiento.

Los cambios generados en la calidad de vida y reflejados en el sistema de salud de los estudiantes, por el grado de uso del teléfono celular, entre otros, son: dolor de cabeza, dolor de oído, sensaciones de aumento de temperatura corporal, aburrimiento, fatiga, vista cansada, distractor de atención al manejar, y con síntomas somáticos, de depresión, de ansiedad, trastornos de sueño e insomnio. También existe preocupación en la sociedad, por la percepción que hay sobre la contaminación electromagnética y sus características como: la frecuencia, la intensidad y la emisión de radiación que emiten los teléfonos celulares, y que tienen interrelación con el sistema de salud del estudiante [9]. Debido a la incidencia electromagnética que emite el dispositivo en el cuerpo de los estudiantes, se presenta la hipersensibilidad electromagnética, que es un padecimiento que afecta el sistema de salud de los estudiantes [10]. En el caso de la computadora los cambios y los síntomas presentes son: dolor en el cuello, hombros, dolores de cabeza [11], ojos irritados [12] y el estrés, debido a que se tiene una postura del cuerpo estático, solo con movimientos repetidos de la mano y de los dedos, para realizar las tareas digitales. Cuando se está viendo la televisión o estar usando la computadora, por más de una hora sin descanso, causa que se presente sedentarismo y obesidad con sus efectos secundarios en los estudiantes [13].

Un cambio que se genera por usar cualquiera de estos tres dispositivos es la sobrecarga y fatiga cognitiva, debido a la concentración mental y al grado de uso continuo de las TIC. La notoriedad de este cambio son reacciones del estrés psicofisiológico. Otro cambio es la desesperación que tiene el estudiante debido a la respuesta del funcionamiento del hardware o del software de los dispositivos de las TIC [14]. Otros cambios en los horarios diferentes para su hora de dormir por lo que se genera trastorno de sueño. La dependencia a las TIC y a la navegación del Internet ha sido asociada con síntomas de adicción y depresión en los adolescentes, provocándose un uso compulsivo al navegar y tienen emociones negativas cuando no tienen acceso a internet [16].

3.2. Metodología

Este estudio sigue la propuesta metodológica de Briones [17], la cual consiste en aplicar métodos de investigación para las ciencias sociales, debido a que la población estudiantil forma parte de la sociedad; partiendo de la observación a los estudiantes dentro de una escuela de nivel superior, sobre su interacción continua y casi sin interrupción con los dispositivos de las TIC, realizada en cualquier lugar y en cualquier momento.

En consecuencia de esto, se presenta este estudio para evidenciar los cambios en la calidad de vida, provocados por el grado y el tipo de uso de las TIC. Este estudio se justifica por

Tabla 1. Estudios realizados por otros organismos, sobre el grado de uso de las TIC, y los tipos de navegación en internet.

Autor	Metodología	Propósito	Estudio	Resultados
Estudio 1 (2008) Instituto de Adicciones de Madrid Salud [5]	Encuesta	Proporcionar información relevante del problema de adicción en los jóvenes de la ciudad de Madrid.	"¿Cuál es la prevalencia de uso problemático entre los jóvenes de la Ciudad de Madrid con las nuevas tecnologías?	* El 8.5% de los jóvenes menciona que tiene algún problema con el uso de los celulares o el correo electrónico y el 0.4% reconocen problemas de necesidad, preocupación y uso compulsivo.
* Con un 0.2% de los jóvenes en el uso de las tecnologías del juego proyecta problemas como, la evasión de atención a sus problemas, pérdida de control para poder dejarlos, abstinencia, abandono de actividades y ocultación.				
* Para la prevalencia de usos problemáticos con el acceso al Internet, un 0.5% de jóvenes aceptan problemas de abandono de actividades y ocultación del uso				
Estudio 2 (2009) Fundación para una Infancia y Adolescencia Saludables (CONF.I.A.S) [6]	Encuesta	Ejecutar acciones de indagación y estudios epidemiológicos relacionados con contextos de afectación a la infancia y a la adolescencia.	"Patrones de uso, abuso y dependencia a las tecnologías de la información en menores", conteniendo los temas de uso y abuso al acceso del Internet, del teléfono celular, de la computadora, de los videojuegos y de la televisión.	El 10% de los adolescentes tienen adicción al Internet, a los videos juegos y al teléfono celular, respecto a la adicción a la televisión el porcentaje es de 4.2%
Estudio 3 (2012) <i>Programme for International Student Assessment</i> (PISA) [7]	Medición ordinal	Lograr la máxima expansión posible del crecimiento económico y el empleo, y un mejor nivel de vida de los países miembros, sin dejar de mantener la estabilidad financiera y, de esa forma, contribuir al desarrollo de la economía mundial.	Medición del grado de uso (tiempo de uso, en horas) de la computadora para entrar a páginas y juegos de entretenimiento a través de navegar (buscar) en el Internet, Por más de 4 horas de uso continuo el navegar (buscar) páginas en el Internet, de cada día de la semana.	Australia, Dinamarca, Estonia, Federación Rusa y Suecia, con un 25 % de los estudiantes dedican más de 4 horas navegando (buscando) en el Internet, por día, fuera de la escuela.
PISA [7] (2012)	Medición ordinal	Contribuir a una sana y sólida expansión económica en países - tanto miembros como no miembros- que estén en pleno proceso de desarrollo económico.	Tipos de navegación en el Internet, a través de la computadora.	El 88% de estudiantes navega para entretenerse, una vez a la semana. Con un 83% de estudiantes se comunican a través de redes sociales. 70% de estudiantes guarda archivos de películas, videos, música, software y juegos, copiados del Internet, la conversación a través del Internet, es del 69%, y para mandar mensajes: 64%.

la cantidad de población de estudiantes que están expuestos a estos cambios.

Para confirmar o negar estos cambios se llevó a cabo un estudio descriptivo, junto con un análisis estadístico y midiendo ordinalmente las actitudes de los estudiantes en el grado de uso de las TIC.

3.3. Escenario y características de los participantes

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional. Se desarrolló en el área de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, en el turno matutino con la participación estudiantil del 1° al 7° semestre de una población estudiantil de 1400 por turno, integrado por 70% de hombres y 30% de mujeres.

La población estudiantil está conformada de diferentes regiones del país, lo que la hace multicultural con diferentes actitudes con respecto al grado de uso de las tecnologías.

Se tomó una muestra aleatoria de 140 participantes, de estos son 70 mujeres y 70 hombres, a la muestra se le proceso probabilísticamente para evidenciar los cambios presentes en la calidad de vida y para medir sus actitudes en el grado de uso de las TIC, a la vez, se efectuó un segundo análisis con una muestra aleatoria de 62 mujeres y 31 hombres.

Las edades de los estudiantes que participaron oscilan entre 17 a 25 años, teniendo la edad de 19 años con un 19.3%, continuando el de 20 años con el 25.7%, el 21 con 18.6% y de 22 con 21.4%.

3.4. Instrumento: diseño del cuestionario

Se diseñó un cuestionario basado en cuestionarios aplicados en los estudios de CONF.I.A.S y del Instituto de Adicciones de Madrid, mejorándolos y adaptándose para este estudio. El cuestionario está formado de 23 preguntas enfocadas a encontrar cambios en la calidad de vida, particularmente en el aspecto de la salud con la presencia de sintomatologías o molestias físicas, biológicas y cambios psicológicos. El cuestionario consistió en aspectos los siguientes:

Preguntas sobre la actitud ante el uso de las TIC

¿Piensa usar la computadora, el teléfono celular, o ver la televisión solo unos minutos, pero continúa por más de una hora? ¿Lleva siempre su teléfono celular a donde quiera que vaya?, ¿tiene siempre encendido el teléfono celular en cualquier lugar donde se encuentre? ¿Cuándo alguien le interrumpe mien-

tras está usando la computadora, el teléfono celular o viendo la televisión se enoja?

Preguntas con relación a la familia y la sociedad

¿Deja de estar con la familia por estar usando la computadora, el teléfono celular o viendo la televisión? ¿Deja de hacer otras actividades por estar usando la computadora, el teléfono celular o viendo la televisión? ¿Se enoja con la familia o con las personas, porque le dicen que no hable por teléfono en lugares restringidos?

Valoración del aspecto psicológico

¿Come constantemente cuando está usando el teléfono celular, la computadora o viendo la televisión? ¿Quiere contestar rápido cuando suena el teléfono celular? ¿Está deseoso por recibir o hacer llamadas por teléfono celular? ¿Desea usar lo más pronto posible la computadora, el teléfono celular o la televisión?

Para el caso de aspectos biológicos

¿La letra pequeña de la pantalla del teléfono le ha causado vista cansada después de un tiempo empleado? ¿El ver la pantalla de la computadora, teléfono celular o televisión durante un tiempo empleado le causa vista borrosa?, y en los síntomas físicos ¿la postura de estar sentado utilizando la computadora, el teléfono celular, o viendo la televisión le causa dolores de espalda? ¿El estar utilizando la computadora, teléfono celular o el estar viendo la televisión después de un tiempo empleado le causa dolor de cuello, de cabeza, de hombros o de dedos en las manos?

Sobre el grado de uso de las TIC

¿Cuántas horas utiliza el teléfono celular, la computadora o ve la televisión al día, menos de 1 hora, menos de 2 horas, menos de 4 horas, menos de 6 horas o más de 7 horas?

Las respuestas elegidas por los estudiantes de las preguntas del cuestionario, evidenciaron los síntomas que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Cambios en la calidad de vida particularmente en los aspectos de salud de los estudiantes.

Tipos de síntomas		Efectos	
Biológicos		Ojos irritados y vista cansada	
Físicos		Malestares de dedos, hombros, cuello, cabeza y espalda	
Psicológicos		Adicción y ansiedad	
Características	Sin afectos	Relaciones y	Bajo
	familiares	hábitos personales	rendimiento
		descuidados	escolar

3.5. Medición de variables

Las opciones seleccionadas por parte de los estudiantes del cuestionario presentado, están encuadrados en una escala de medición, con la finalidad de medir cuantitativamente sus actitudes en el uso de las TIC, a través de la sumatoria de sus respuestas.

Para la medición se usó el formato de la escala de Likert, con la finalidad de determinar su operacionalización de actitudes, en cinco valores a seleccionar entre: Nunca = 1, Rara vez = 2, Algunas veces = 3, Frecuentemente = 4 y Siempre = 5 y ponderando su actitud operativo, en, insignificante de 1 a 2, moderado = 3, intensos = 4 y muy intensos = 5 [17].

3.6. Uso de programa estadístico

Los valores de las opciones seleccionados fueron codificados de acuerdo a la actitud del encuestado, con los valores se creó una base de datos en formato Excel. Para realizar un proceso estadístico y un análisis de dichos datos.

Este proceso fue sometido en el software estadístico *Statistics Statistical Procedures Companion* [18], a través de las pruebas del coeficiente de alfa de Cronbach, y el índice de KMO (Káiser-Meyer-Olkin). El coeficiente de alfa de Cronbach, mide la confiabilidad de consistencia interna, indicando que todas las preguntas de una prueba o encuesta, están midiendo la misma propiedad.

El índice KMO mide la adecuación de la muestra y nos refiere si es factible el análisis factorial, haciendo una comparación entre los valores de los coeficientes de las correlaciones observadas y parciales, (el rango de valores entre 0.5 y 1, revelan que es pertinente realizar el análisis factorial a los datos). Se aplican estas pruebas de análisis de validez y confiabilidad, con la finalidad de encontrar las variables de las actitudes que van de moderados a muy intensos presentes en la calidad de vida de los estudiantes.

Aplicando el análisis de validez y confiabilidad a la base de datos, los resultados para el coeficiente de alfa de Cronbach obtenidos fueron mayores al valor de 0.700, interpretando dichos valores, revela que hay de regular a una buena consistencia interna y expresa que dichas preguntas son claras y precisas para responder. También en la prueba de KMO, los valores emanados fueron mayores de 0.700 interpretando este valor, muestra la relación entre las variables que es de regular a buena. Por lo que se continúa con el análisis de las variables.

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos.

3.7. Grado de uso de las TIC por parte de estudiantes

El resultado de los datos procesados, evidenciaron las actitudes que toman los estudiantes sobre el grado de uso de las TIC y muestran rasgos definidos de cada género respecto al tiempo en horas que pasan usando un teléfono celular, una computadora o viendo la televisión. En los tres casos de las actitudes y de los tres dispositivos, se encontraron valores mayores que 0.7, con base en las preferencias elegidas de las preguntas por los estudiantes, confirman la existencia de algún grado de adicción, ansiedad y malestares físicos.

La Tabla 4 muestra la medida de los grados de uso de 1 a 7 horas diarias, sin embargo, solo se analiza los datos de 4 a 7 horas, debido al cambio en la calidad de vida de los estudiantes de manera moderada con un valor de 4 y a muy intenso a más de 4. En la parte de manera moderada, significa que el cambio que sufre la calidad de vida, no es tan dañino, ya que se puede controlar el grado de uso de las TIC, en la parte a muy intenso si es muy probable que sufra un cambio significativo, causándole malestares diversos.

Los encuestados lo forman 44 mujeres y 22 hombres seleccionados de manera aleatoria, sin embargo, los resultados con cantidades iguales de género, sus resultados son muy similares. Los resultados son los siguientes.

Tabla 3. Valores de las pruebas aplicadas a los datos.

Proceso estadístico	Adicción			Ansiedad			Malestares físicos	
	TC	C	T	TC	C	T	TC	C
Alfa de Cronbach	0.787	0.712	0.772	0.796	0.737	0.711	0.815	0.792
Medida de adecuación muestral (KMO)	0.777	0.708	0.746	0.834	0.788	0.778	0.809	0.768

Teléfono celular = TC

Computadora = C

Televisión = T

En el grado de uso del teléfono celular de menos de 4 y hasta 6 horas, hay 4.5 y 2.5 hombres más que de mujeres, y para más de 7 horas hay 9 mujeres más que, de hombres. Para el grado de uso de la computadora de menos de 4 y hasta 6 horas hay 1 hombre más que de mujeres, y 1 mujer más que de hombres, para más de 7 horas hay 2.5 hombres más que de mujeres. En el caso de la televisión, el valor más significativo está en menos de 4 horas, y hay 3.5 mujeres más que de hombres. Para los otros dos casos, la diferencia es de 0.5 para cada género. Los datos obtenidos están en la Tabla 4. En la parte de las diferencias, se debe a que existe el doble de mujeres que de hombres.

Sintetizando los resultados de las mediciones del grado de uso por edades de los estudiantes, muestran que en las edades que tienen más grado de uso de los dispositivos va de los 17 a 24 años, y con un mayor grado de uso son de 20 años. En la medida de más de 7 horas en el teléfono celular hay 36 estudiantes donde se ve que hay 12 de ellos son de 20 años y 8 con 19 años, entre otros. Con la misma medida, en el grado de uso en la computadora hay 7 estudiantes en total donde 3 de ellos son de 20 años, y solo hay 1 estudiante en ver la televisión, cuya edad es de 21 años. La Tabla 5 muestra esta estadística.

Tabla 4. Medida de grados de uso de los dispositivos tecnológicos por género.

	menos de 1 hora	menos de 4 horas	menos de 6 horas	más de 7 horas	Total	
Teléfono celular						
Mujeres	3	1	10	30	44	66.7%
Hombres	3	5	8	6	22	33.3%
Diferencia	1.5h	4.5h	2.5h	9m	66	100.0%
Computadora						
Mujeres	7	20	14	3	44	66.7%
Hombres	1	11	6	4	22	33.3%
Diferencia	2.5h	1h	1m	2.5h	66	100.0%
Televisión						
Mujeres	25	15	3	1	44	66.7%
Hombres	16	4	2	0	22	33.3%
Diferencia	3.5h	3.5m	0.5h	0.5m	66	100.0%

Estos resultados muestran que a menor edad de 17 años y mayores de 23 años, tienen menor grado de uso de los dispositivos de las TIC, por lo que tenderán a no tener cambios en su calidad de vida.

4. Evidencia de los síntomas presentes en la calidad de vida de los y las estudiantes

En la medición de las actitudes que tienen los estudiantes debido al grado de uso de los dispositivos de las TIC. El grado de afectación que puede tener los estudiantes en su

Tabla 5. Grado de uso de los dispositivos en horas por edad.

Edad	menos de 1 hora			menos de 4 horas			menos de 6 horas			más de 7 horas			Total		
	Tv	Co	Ce	Tv	Co	Ce	Tv	Co	Ce	Tv	Co	Ce	Tv	Co	Ce
17	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
18	5	2	1	2	2	2	1	3	2	0	1	3	8	8	8
19	7	1	3	6	6	0	2	6	4	0	2	8	15	15	15
20	14	2	1	6	12	0	0	3	7	0	3	12	20	20	20
21	6	0	0	0	3	2	1	4	2	1	1	4	8	8	8
22	6	2	1	5	6	1	0	3	3	0	0	6	11	11	11
23	2	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2	2	2
24	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Total	41	8	6	19	31	6	5	20	18	1	7	36	66	66	66

Tv = Televisión Co = Computadora Ce = Celular

calidad de vida, dependerá de las opciones elegidas según su preferencia. Para las opciones nunca, rara vez y algunas veces no son relevantes para este estudio, debido a que no hay cambio de calidad de vida en los estudiantes.

En el caso de las opciones frecuentemente y siempre, sus resultados son relevantes para este estudio, debido a que tienden a evidenciar los cambios de manera intensa a muy intensa. En estos casos los síntomas evidenciados fueron la ansiedad, adicción y malestares físicos.

4.1. Síntoma de adicción

En el caso de la adicción por el teléfono celular se tiene un 2.5 y 1.5% más de mujeres que de hombres, en la opción frecuentemente y siempre, para la computadora hay un 1.2% más de mujeres que de hombres en ambas opciones.

Hay 0.3 más hombres que mujeres en la opción frecuentemente y un 0.7% más mujeres que de hombres en la opción siempre para la televisión.

Los datos muestran que no hay una diferencia muy marcada en el tipo de género, por lo que se tiene de 1 a 2 mujeres más que de hombres que tienen síntomas en su calidad de vida, debido al grado de uso. Los datos resultantes se encuentran en la Fig. 1.

4.2. Síntoma de ansiedad

La sintomatología de la ansiedad, en el grado de uso del teléfono celular, se tiene que un 0.4% y un 0.7% más de mujeres que de hombres en la opción frecuentemente y siempre. Para la computadora hay un 1.7% más hombres que de mujeres en la opción frecuentemente, y un 1.1% más de mujeres que de hombres para la opción siempre. Y para la televisión se tiene un 0.6% y un 0.3% más de hombres que de mujeres para frecuentemente y siempre (véase Fig. 2).

4.3. Malestares físicos

En el caso de malestares físicos se tiene un 2.5% y un 0.8% más mujeres que de hombres en la opción frecuentemente y siempre por el uso del teléfono celular, para la computadora hay un 4.5% y un 3% en las opciones frecuentemente y siempre, y para la televisión son iguales para ambos géneros y en ambas opciones, como se muestra en la Fig. 3.

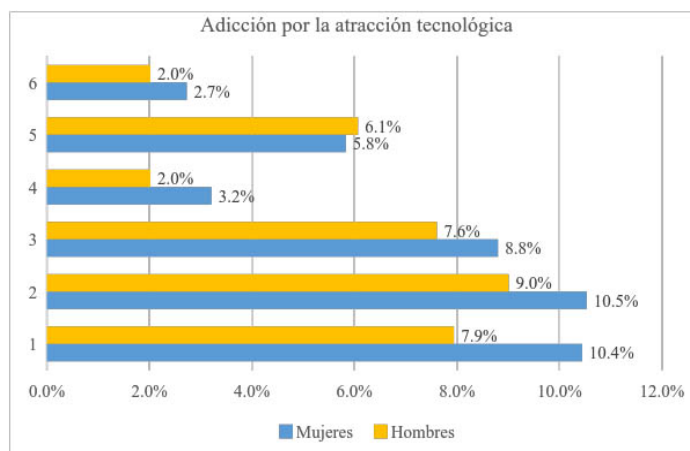


Fig. 1. Porcentajes que se tienen sobre el síntoma adicción en los estudiantes.

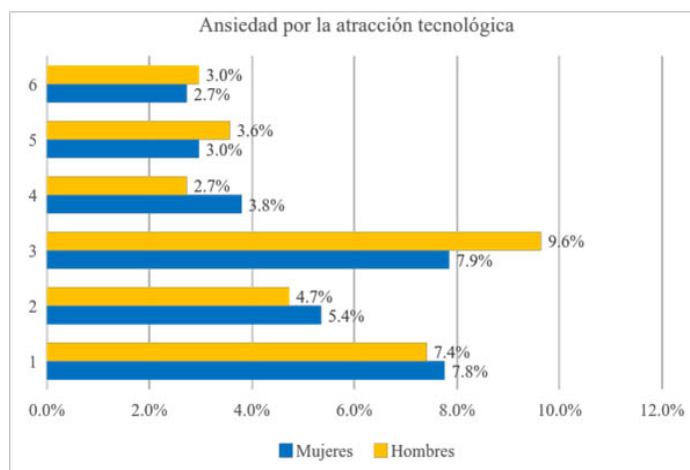


Fig. 2. Porcentajes sobre la ansiedad hacia los dispositivos.

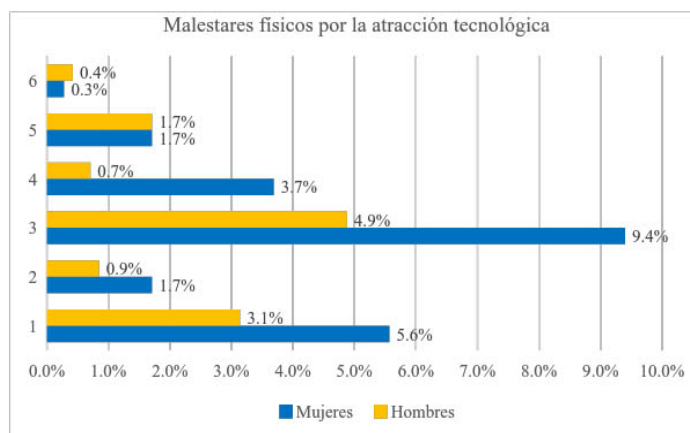


Fig. 3. Porcentajes sobre malestares físicos por el grado de uso de las TIC.

Tabla 6. Cifras de estudiantes afectados en su calidad de vida, de acuerdo a la opción siempre.

Síntomas presentes por el grado de uso								
	adición		ansiedad		Malestares físicos			
	teléfono celular							
Mujeres	17	12.14%	7	5.00%	6	4.28%	En los dedos y manos, de espalda, cuello, cabeza y hombros	
	computadora							
Mujeres	10	7.14%	9	6.42%	25	17.85%		
	televisión							
Mujeres	6	4.28%					En la cabeza y la espalda	
Hombres			2	1.42%	1	0.71%		

Recopilando los resultados anteriores, se muestra en la Tabla 6, la cantidad de estudiantes que sufren cambios en su calidad de vida.

El estudio realizado evidenció los síntomas presentados en los estudiantes por el grado de uso hacia el teléfono celular, la computadora y la televisión, encontrando la sintomatología de la adicción, la ansiedad y malestares físicos.

Existe poca diferencia en las cantidades obtenidas por género, y se remarca un porcentaje un poco mayor en las mujeres con estas sintomatologías que en los hombres. Sobre todo en el grado de uso de los dispositivos del teléfono celular y la computadora. En el caso de la televisión hay más mujeres que hombres que tienen adicción, pero para la ansiedad y malestares físicos por la televisión hay más hombres que mujeres.

5. Sobre los estudios consultados

Estudio 1.

Uso Problemático de las TIC

(adicción al uso de las tecnologías)

El estudio realizado es sobre el uso problemático de las tecnologías de la información, la comunicación y el juego entre los adolescentes y jóvenes de la ciudad de Madrid España.

El objetivo establecido es una investigación por parte de Madrid Salud, en analizar la problemática que se presenta en el uso de las TIC, y la actitud del juego entre adolescente y jóvenes de las edades de 12 a 25 años de la ciudad de Madrid. En particular busca conocer los aspectos cualitativos en el uso de las TIC y los servicios que se ofrecen a través de ellas, cuyas tecnologías y servicios tomados en cuenta son: televisión, computadora, teléfono celular, videoconsola y los servi-

cios como chat, navegación en internet, juegos, etc. Su importancia en su vida cotidiana de estos usuarios.

La población encuestada es de 50 hogares (50 para padres y 50 a hijos), en total fue de 556 encuestas a hogares (sobre 550 previstas), obteniendo resultados de 1112 cuestionarios, con la mitad de padres y la mitad a hijos.

Estudio 2.

Adicción a las tecnologías de la información

Los objetivos que planteó este estudio fueron: 1. Conocer la realidad actual de los adolescentes y el uso de las TIC. 2. Establecer las personalidades (perfiles) de los usuarios de las TIC. 3. Analizar la analogía entre las personalidades de los usuarios que usan las TIC, y el posible conflicto de adicción a las TIC. 4. Razonar la analogía entre los valores individuales de los adolescentes, las tecnologías y su rendimiento escolar.

El total de estudiantes que participaron en el estudio fue de 1509, pertenecientes a la modalidad escolarizada de los cuatro niveles de educación secundaria obligatorio, que son estudiantes de dieciséis centros educativos públicos, pactados y privados localizados de diferentes municipios de la población de Madrid.

Estudio 3.

Grado de uso y tipo de navegación en el Internet

El siguiente estudio considerando una escala categórica (refiere que no fue posible tener, el cómputo del promedio del grado de uso), por lo que se consideró, cambiar el tiempo de 1 a 2 horas por el de 61 minutos.

La figura 4 muestra una lista con los porcentajes que tiene cada país, respecto al tiempo que usan las computadoras sus estudiantes.

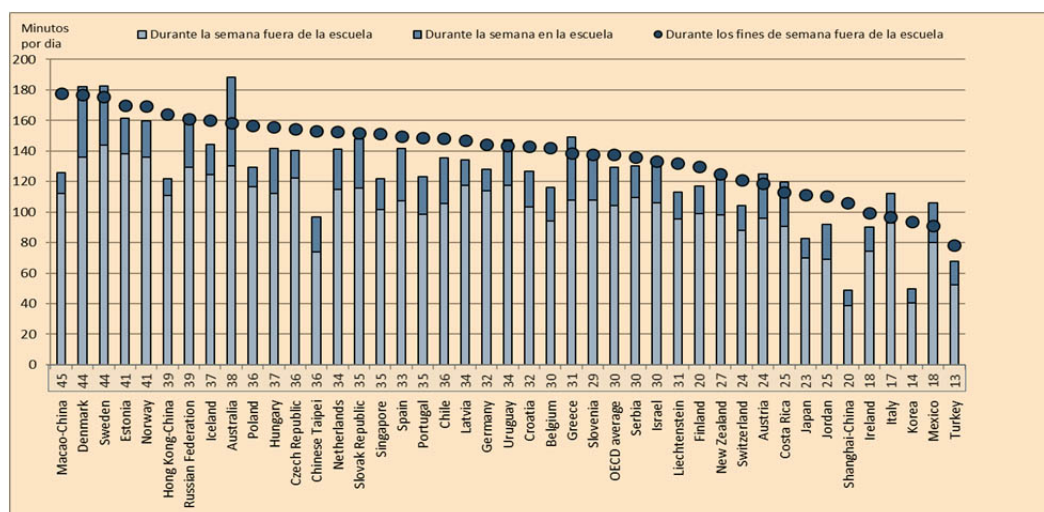


Fig. 4. Grado de uso navegando (buscando) en internet. (Datos del estudio de PISA, 2012 y reportado por OCDE 2015).

En la figura también se encuentran países en las posiciones más altas de la lista como la 45, 44, etc., que tienen más del 40% de sus estudiantes, que ocupan 4 horas por día para buscar en internet. En el caso de México está entre el 20% y 60% de estudiantes con menos de 2 horas buscando en internet durante un fin de semana.

Tipos de navegación a través de la computadora

Hoy en día se tienen acceso a herramientas didácticas, recursos informáticos y apoyos educativos que se encuentran en las TIC, y algunas de ellas se utilizan para navegar en internet,

con el objeto de entrar a las páginas deseadas, esto puede suceder entre otros factores, por la atracción tecnológica y el grado de uso de las TIC, que tienen los estudiantes hacia ellas. Se presenta el término de atracción tecnológica debido a las actividades de pasatiempo y de comunicación relacionadas entre la sociedad, a través de accesos digitales y se enlazan por medio de las aplicaciones, el software y la navegación en internet, cuyas herramientas se usan en las TIC.

La atracción tecnológica es una seducción hacia el uso de las TIC (véase Fig. 5), causándoles placer, con un grado de uso, para jugar, ver vídeos y películas, descargar música, enviar mensajes, chatear y tener comunicación a través de redes

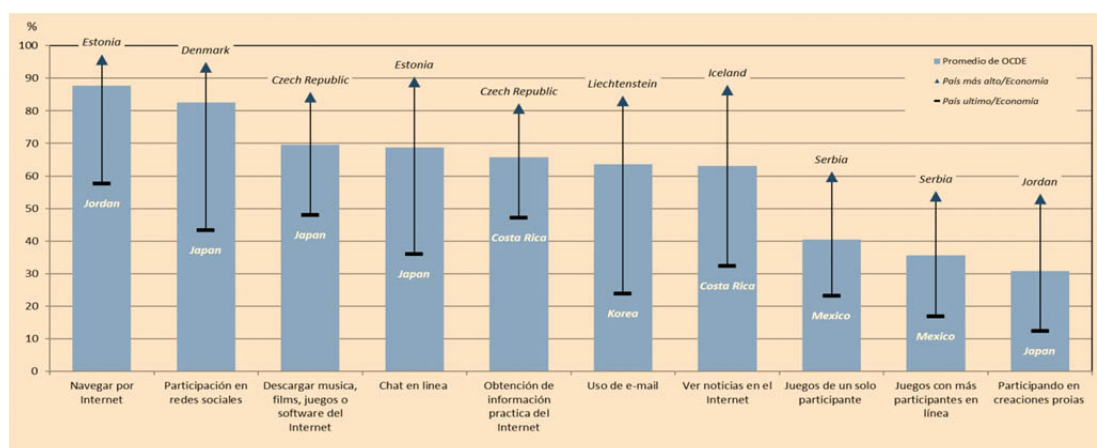


Fig. 5. Porcentajes de estudiantes que reportaron atracción tecnológica durante un día a la semana [7].

sociales, y algunos acceder a contenidos de lectura no éticos, entre otras. La atracción tecnológica se presenta por el deficiente autocontrol de sus actividades digitales en el uso de las TIC, los rasgos de personalidad, como baja autoestima y estado de ánimo, en el momento de uso de las TIC. Para algunos estudiantes, la atracción tecnológica sucede para no tener aburrimiento por la falta de actividades individuales, sociales y no sentir soledad, buscando pertenecer a un grupo social a través de las redes sociales [8].

6. Conclusiones

Con base en la investigación realizada, este estudio resume en tres partes los aspectos relevantes encontrados:

1. El objetivo de este estudio fue evidenciar las variables que se presentan en los estudiantes, en el grado de uso de las TIC; estas resultaron ser la adicción, ansiedad y malestares físicos, provocados por el grado de uso del teléfono celular, la computadora y en menor medida la televisión, provocándose cambios intensos de un 4.28 a un 17.85% de los encuestados.
2. En la medida del grado de uso por más de 7 horas del teléfono celular y la computadora, se tiene una proporción de 6 hasta 25 mujeres más que de hombres, las cuales tienen cambios muy intensos en su calidad de vida. En el caso de la televisión, los valores son muy parecidos. Las respuestas obtenidas por parte de los estudiantes en este estudio, tal vez sean de poco compromiso o sin reflexión al momento de emitir las, por lo que se sugiere realizar una investigación futura, más completa con cuestionamientos enfocados y entrelazados para evidenciar estas sintomatologías u otras variables explorables para el estudio.
3. Al hacer un ejercicio de traslación de valores obtenidos en la encuesta a toda la población estudiantil de la escuela, entonces la población estudiantil afectada sería de 10 veces más de los valores obtenidos.

Referencias

- [1] B. Winston, *Media Technology and Society a History: from the Telegraph to the Internet*, 1998 [en línea] Disponible en: https://monoskop.org/images/d/da/Winston_Brian_Media_Technology_and_Society_A_History_From_the_Telegraph_to_the_Internet.pdf
- [2] INEGI, *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (2015)*, 2015. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_03_01.pdf
- [3] R. Baelo, & I. Cantón "Las tecnologías de la información y la comunicación en la escuela superior," *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 50, núm. 7, pp. 1-12, noviembre, 2009.
- [4] F. Bernete, *Usos de las TIC, relaciones sociales y cambios en la socialización de las y los jóvenes*, 2010. Disponible en: <http://www.injuve.es/sites/default/files/RJ88-08.pdf>
- [5] F. A. Babín Vich, "Estudio del uso problemático de las tecnologías de la información, la comunicación y el juego entre los adolescentes y jóvenes de la ciudad de Madrid," *Trastornos Adictivos*, vol. 11, núm. 3, pp. 151-163, 2009.
- [6] San Sebastián *et al.*, *Patrones de uso, abuso y dependencia de las tecnologías de la información en menores*, 2011. Disponible en: http://www.fundacionconfias.org/pdfs/Estudio_uso_abuso_mal_uso_TICs_CONFIA_Abril2011.pdf
- [7] OCDE, *Students, Computers and Learning: Making the Connection*, 2015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- [8] S. R. Cotten, *Students' Technology Use and the Impacts on Well-Being*, 2008. Disponible en: <http://blog.reyjunco.com/pdf/Chapter4.pdf>
- [9] Huss *et al.*, "Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies," *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 13, núm. 3, pp. 1005-1012, 2008.
- [10] A. Johansson, S. Nordin, M. Heiden, & M. Sandstrom, "Symptoms, personality traits, and stress in people with mobile phone-related symptoms and electromagnetic hypersensitivity," (2010). *Journal of Psychosomatic Research*, núm. 68, pp 37-45, 2010.
- [11] N. Van, & Q. Low, "The effect of a workstation chair and computer screen height adjustment on neck and upper back musculoskeletal pain and sitting comfort in office workers," *South African Journal of Physiotherapy*, vol. 71, núm. 1, pp. 1-10, 2015. Disponible en <https://www.sajp.co.za/index.php/sajp/article/viewFile/279/315>
- [12] D. Berthelette, "Pantallas de Visualización de datos. Enciclopedia de la OIT," en *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo II (IV)*, 2001.
- [13] Reuter *et al.*, "Indicadores de actividades físicas y sedentarismo asociados al sobrepeso/obesidad en escolares," *Cinergis*, vol. 16, núm. 2, pp. 148-151, 2015. Disponible en doi: <http://dx.doi.org/10.17058/cinergis.v16i2.6523>
- [14] Q. Shu, Q. Tu, & K. Wang. *The Impact of computer self-efficacy and technology dependence on computer-related technostress: A Social cognitive theory perspective*, 2011. Recuperado el 20 de julio de 2016, Disponible en: <http://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2295&context=article>

- [15] L. Korpinen, & R. Pääkkönen, Mental Symptoms and the Use of New Technical Equipment, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, vol.15, núm.4, pp. 385-400, 2009.
- [16] D. Torres, & R. Pérez, "Predictores psicosociales de la satisfacción percibida con las relaciones interpersonales en el uso de la mensajería instantánea," *Global Media Journal*, vol. 10, núm.20, pp. 1-16, 2013.
- [17] G. Briones, Medición de actitudes. En *Métodos y Técnicas de Investigación para las ciencias sociales*, pp. 45- 64, 4a ed., México: Editorial Trillas, 2012 .
- [18] IBM SPSS, *Guía breve de IBM SPSS Statistics 19*, 2010. Disponible en:http://pendientedemigracion.ucm.es/info/socivmyt/paginas/D_departamento/materiales/analisis_datosyMultivariable/SPSS19/IBM-SPSS_guia_breve.pdf

Instituto Politécnico Nacional

Científica

La Revista Mexicana
de Ingeniería Electromecánica

Número de artículos descargados por región (2007-2012):

México
54 024

América Latina y el Caribe
40 194

Estados Unidos y Canadá
13 254

Europa
15 967

Asia, África y Oceanía
6 025

Fuente: Sistema de Información Científica Redalyc
www.redalyc.org

Assessment of CAR and GIDS Methods to Interpolate Rain Values in Mexico City in Flood Event

Gonzalo **Orozco-Aceves**¹

Samuel **Alcántara-Montes**¹

Juan Manuel **Velázquez-Arcos**²

¹Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación
Unidad Profesional Adolfo López Mateos "Zacatenco"
Delegación Gustavo A. Madero, CP 07738, Ciudad de México.
MÉXICO

²Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco.
Av. San Pablo Xalpa No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P.
02200, Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México
MÉXICO

correos electrónicos (emails):
gonzalo.orocho.aceves@gmail.com
sammotion@yahoo.com.mx
jmva@correo.azc.uam.mx

Recibido 22-08-2017, aceptado 30-10-2017.

Abstract

Previous works regarding interpolated values in Mexico City has been carried out so far using Kringing in its different forms: OK, KED, UK, etc. The interpolation was used to estimate monthly average or to map the rain or temperature in Mexico to help agriculture. In this work an assessment is presented to observe the performance of two relatively new methods: CAR and GIDS. Furthermore, the assessment is made to observe the performance of rain values in Flood event in Mexico City. The values of September 29th 1976 were used and accuracy of the interpolators was measure through cross validation. The results are tabulated and analyzed.

Index terms: interpolation, CAR, GIDS, rainfall values.

Resumen (Evaluación de los métodos CAR y GIDS para interpolar valores de lluvia en la Ciudad de México en eventos de inundación)

Trabajos previos relacionados con valores de lluvia interpolados en Ciudad de México se han llevado a cabo hasta ahora usando Kringing en sus diferentes formas: OK, KED, UK, etc. La interpolación se usó para estimar un promedio mensual o para mapear lluvia o temperatura para ayudar a la agricultura. En este trabajo se presenta una evaluación para observar el desempeño de dos métodos relativamente nuevos: CAR y GIDS. Además, la evaluación se hace para observar el rendimiento de los valores de lluvia en eventos de inundación en la Ciudad. Los valores del 29 de septiembre de 1976 fueron usados y la precisión de los interpoladores fue medida a través de validación cruzada. Los resultados son tabulados y analizados.

Palabras clave: interpolación, CAR, GIDS, valores de lluvia.

1. Introduction

According to Prevention Web [1], in a period of twenty-eight years, from 1980 to 2008, there have been 2887 events, 195,843 people killed, 6753 people killed per years, causing an economic damage of 397,333,885 thousand dollars and an economic damage per year of 13,701,168 thousand dollars.

It is to take into account the kind of disaster, economical and humanitarian, depicted in this statistic. Several authors have made work evaluating the interpolation methods in many conditions.

Tabios and Salas [2] did an evaluation of the methods. Their conclusion was that Kringing throws the best results and the polynomial interpolation gives the poorest. Daly *et al.* [3] made a program called "Precipitation-elevation Regressions on Independent Slopes Model (PRISM) for the mapping of the average precipitation in which orography is an important parameter. In this paper it must be highlighted the analysis in mountainous terrain, such terrain is similar to Mexico City's. For the cases with elevation, several papers proposed the use of the Digital Elevation

Model (DEM) [4], [5], and a special case is the proposed of Gradient Plus Inverse Distance Squared (GIDS) [6]. This proposal integrates the elevation as a parameter for the estimation of the rain value; the study took place in northern Canada. Schuurmans and Bierkens [7] established in their study how sensitive is the catchment response to rainfall variability and how this situation can lead to errors; in fact, they established that the ground features should be taken into account for the runoff estimation. Furthermore, this paper establishes that when a few meteorological stations are in used, the error can rise; the opposite could take place when more stations are considered and this can be compensated with the use of meteorological radar.

Vilchis Mata *et al.* [8] calculated the daily precipitation aided by a GIS from radar located nearby Mexico City Downtown. This information, they concluded, could be used for efficient management of the water resources in order to prevent future flooding.

The merge of the meteorological radar and daily station network appears in Haberlandt [9], his conclusion was that the use of the Kriging with External Drift is the optimal interpolator.

The integration of variables such a humidity and wind velocity improves the interpolation according to Kyriakidis *et al.* [10], whose paper establishes that the best interpolation methods are the Simple Kriging with local mean and the Kriging with external drift, above the ordinary Kriging.

Faurés *et al.* [11] assess the impact of variables such as inclination and wind velocity in the behavior of the runoff and how these can affect the response of the catchment. Arnaud *et al.* [12] establishes the variability as one of the issues affecting the calculation of the runoff. In their paper made assumptions and simplifications for the models to improve. Shah *et al.* [13], [14] published a study which they divided in two parts, the first one is about the formulation and calibration of the model of the response of the catchment in conditions of spatial variability in rainfall, the second one makes experiments with lumped and distributed models. An interesting paper was written by Demyanov *et al.* [15] with the innovation of the use of Neural Networks with them. González-Hidalgo *et al.* [16] found some rain variabilities related to forest dynamics; in fact, describes an alteration in rainfall due to reduction of the forest area. For a real-time rainfall interpolation, the best interpolator will be the Kriging with external drift [17]. The hourly rainfall could hardly raise its accuracy with the use of an external drift in Kriging interpolation [18], nevertheless, the use of a radar is one option to improve interpolation. In cases where no access to this type of tool could happen, the next option is the use of the meteorological station. The incorporation of elevation as a second variable improves the interpolation [19]. The method

with the best results was the Kriging with external drift, which appears in this study realized in Mexico City. In this paper it was interpolated the rainfall and the temperature for two dates. A study made by Segond *et al.* [20] establishes that urban basins are more sensitive to a rainfall spatial variability than the rural terrain. In this study the Thiessen polygon method [21] was used. Díaz Padilla *et al.* [22] conclude in their study that the best interpolator method for the zone of Veracruz, México is the Thin Plate Smoothing Spline with higher performance than the Kriging and the Inverse Distance Weighting. It could be observed an error regarding the stochastic or deterministic models, which can be accumulative in different steps within flood [23].

This author used a numerical weather prediction, a 2D hydrodynamic and a rainfall-runoff model to assess the propagation of the error. Cisneros *et al.* [24] conclude that the kriging method has a better performance than the splines method. A Cluster-Assisted Regression (CAR) [25] method was proposed as another option to the GIDS method. This method uses a multiple regression with clustering to improve interpolation, especially in mountainous zones, such as the territory of China. Finally, Lorenz [26] who studied the instability of the equations in a rain event establishes that the weather prediction is too variable to be accurately calculated. The objective of this work is to assess the GIS and Car interpolation methods for the climatological and topographical conditions in Mexico City. This City is subject to regular flooding, which has an impact in the population, mostly in the economic issue. So, measures must be taken in order to reduce the impact of such weather phenomena. So, aware of this, an interpolation method is needed in order to calculate, evaluate and, in some cases, predict flood events.

2. Description of CAR and GIDS methods

It was reviewed that in cases of interpolation the method exhibiting a better performance is the Kriging method with external drift and a spherical semivariogram. The proposal is to evaluate the GIDS [6] and the CAR [25] because of the features presented which fit into the Mexico City Orography.

The equation used for the GIDS is:

$$Z = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{Z_i + (X - X_i) x C_x + (Y - Y_i) x C_y + (E - E_i) x C_e}{d_i^2} \right]}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2} \right]}$$

Table 2. Meteorological Stations and their data.

No.	Station	Latitude	Length	Precipitation (mm)	height (m)
1	Aguiles Serdán	19.4690	99.1900	29.6	2255
2	Calvario	19.2030	99.1490	5.6	2726
3	Campo exp. Coyoacán	19.3510	99.1720	0.0	2260
4	Cinzel 42	19.4160	99.1160	11.5	2326
5	Agrícola Oriental	19.3994	99.0750	9.0	2235
6	Colonia América	19.4125	99.2010	12.8	2271
7	Colonia Escandón	19.4014	99.1770	15.5	2245
8	Colonia Guerrero	19.4500	99.1330	5.5	2252
9	Colonia Moctezuma	19.4278	99.1050	15.0	2235
10	Colonia Santa Fe	19.3800	99.2330	8.2	2422
11	Colonia Santa Ursula Coapa	19.3033	99.1480	3.0	2256
12	Colonia Tacuba	19.4590	99.1890	48.5	2255
13	Cuajimalpa	19.3500	99.3000	3.7	2777
14	Cuautepec Barrio Bajo	19.5420	99.1300	11.0	2390
15	Desierto de los leones	19.3139	99.3097	1.0	2995
16	Desviación alta al Pedregal	19.2969	99.1822	2.5	2296
17	Egipto 7	19.4750	99.1861	46.3	2248
18	El Guarda	19.1344	99.1731	7.0	2990
19	General Anaya	19.3667	99.1667	14.8	2240
20	Gran Canal km. 06 + 250	19.4767	99.0914	10.9	2239
21	Gran Canal km. 3 + 0	19.4500	99.1000	7.0	2239
22	Hacienda la Patera	19.5128	99.1583	19.0	2240
23	La Venta Cuajimalpa	19.3330	99.3000	1.6	2850
24	Milpa Alta	19.1906	99.0219	4.2	2420
25	Morelos 77	19.3667	99.0833	1.8	2240
26	Moyoguarda	19.2500	99.1000	19.5	2260
27	Playa Caleta 454 Colonia Marte	19.3953	99.0978	40.0	2235
28	Prensa Ansaldo	19.3333	99.2167	3.6	2363
29	Presa Mixcoac	19.3667	99.2667	8.2	2576
30	Presa Tacubaya	19.3972	99.2125	9.4	2340
31	Puente La Llave	19.4292	99.0528	16.8	2234
32	Rodano 14	19.4250	99.1736	25.8	2250
33	San Francisco Tlalnepantla	19.1967	99.1286	5.0	2620
34	San Gregorio Atlapulco	19.2167	99.0833	2.5	2549
35	San Juan de Aragón	19.4653	99.0792	8.0	2240
36	San Lorenzo	19.1750	99.0311	6.7	2640
37	Santa Ana Tlacotenco	19.1789	99.0028	1.5	2595
38	Tacuba 7	19.4358	99.1389	15.0	2247
39	Tarango	19.3600	99.2125	8.5	2340
40	Tláhuac	19.2628	99.0036	2.0	2240
41	Unidad Modelo	19.3667	99.1167	25.3	2229
42	Vertedor Milpa Alta	19.1833	99.0167	3.4	2488

Table 3. Comparison between the real values, GIDS an CAR values (precipitation in mm).

No.	Station	Real values	GIDS	CAR
1	Aquiles Serdán	29.6	43.54708730	18.13306050
2	Calvario	5.6	5.87271486	1.90176251
3	Campo exp. Coyoacán	0.0	12.46647750	13.74801020
4	Cincel 42	11.5	16.52224490	14.52668200
5	Agrícola Oriental	9.0	18.70288490	14.77312000
6	Colonia América	12.8	15.78198760	16.05062610
7	Colonia Escandón	15.5	15.96269800	15.77033800
8	Colonia Guerrero	5.5	16.55868430	16.91449280
9	Colonia Moctezuma	15.0	13.58017660	16.07995660
10	Colonia Santa Fe	8.2	10.99395480	13.16479470
11	Colonia Santa Ursula Coapa	3.0	8.20519621	11.88382310
12	Colonia Tacuba	48.5	29.70074580	17.77277850
13	Cuajimalpa	3.7	5.17625468	7.91776604
14	Cuautepec Barrio Bajo	11.0	20.36182170	18.19798050
15	Desierto de los leones	1.0	4.25044963	3.74885015
16	Desviación alta al Pedregal	2.5	7.10264409	11.46528390
17	Egipto 7	46.3	32.75961070	18.39880020
18	El Guarda	7.0	3.37399113	3.88831576
19	General Anaya	14.8	8.18501367	14.51780740
20	Gran Canal km. 06 + 250	10.9	11.93400330	17.59346250
21	Gran Canal km. 3 + 0	7.0	13.81951100	16.74920360
22	Hacienda la Patera	19.0	21.64244500	19.54123170
23	La Venta Cuajimalpa	1.6	4.46643943	6.31600964
24	Milpa Alta	4.2	4.11263125	4.36189009
25	Morelos 77	1.8	17.36629500	13.64685010
26	Moyoguarda	19.5	5.63424256	9.46273152
27	Playa Caleta 454 Colonia Marte	40.0	11.59329700	14.86778950
28	Prensa Ansaldo	3.6	8.50914931	12.17472510
29	Presa Mixcoac	8.2	8.93395538	10.92702260
30	Presa Tacubaya	9.4	13.36072430	14.68361810
31	Puente La Llave	16.8	13.00712770	15.59759740
32	Rodano 14	25.8	17.53078610	16.49147660
33	San Francisco Tlalnepantla	5.0	5.65078360	2.93058716
34	San Gregorio Atlapulco	2.5	8.31775587	4.13663145
35	San Juan de Aragón	8.0	12.5280829	17.05344500
36	San Lorenzo	6.7	3.24743605	0.87733255
37	Santa Ana Tlacotenco	1.5	3.71297673	1.33900113
38	Tacuba 7	15.0	13.05640860	16.54831070
39	Tarango	8.5	9.16147932	13.38221730
40	Tláhuac	2.0	7.19707185	9.17970602
41	Unidad Modelo	25.3	13.22846390	14.14739500
42	Vertedor Milpa Alta	3.4	3.91651850	3.11414782

Table 4. MSE in GIDS and CAR.

No.	Station	GIDS	CAR
1	Aquiles Serdán	97.26062230	65.74535050
2	Calvario	0.03718670	6.83848026
3	Campo exp. Coyoacán	77.70653050	94.50389210
4	Cincel 42	12.61147170	4.58040207
5	Agrícola Oriental	47.07298750	16.66445750
6	Colonia América	4.44612493	5.28328511
7	Colonia Escandón	0.10704472	0.03654133
8	Colonia Guerrero	61.14724910	65.14532290
9	Colonia Moctezuma	1.00794919	0.58315309
10	Colonia Santa Fe	3.90309169	12.32459340
11	Colonia Santa Ursula Coapa	13.54703380	39.46115640
12	Colonia Tacuba	176.70598000	472.08107200
13	Cuajimalpa	1.08966394	8.89477521
14	Cuautepec Barrio Bajo	43.82185320	25.90546140
15	Desierto de los leones	5.28271141	3.77808858
16	Desviación alta al Pedregal	10.59216630	40.18815810
17	Egipto 7	91.67107140	389.23847500
18	El Guarda	6.57397018	59.27771000
19	General Anaya	21.87902210	0.03981633
20	Gran Canal km. 06 + 250	0.53458146	22.40122030
21	Gran Canal km. 3 + 0	23.25286550	47.52348500
22	Hacienda la Patera	3.49125787	0.14646580
23	La Venta Cuajimalpa	4.10823750	11.12037350
24	Milpa Alta	0.00381665	0.01310420
25	Morelos 77	121.15477000	70.17392860
26	Moyoguarda	96.12961460	50.37337920
27	Playa Caleta 454 Colonia Marte	403.47038700	315.81400200
28	Prensa Ansaldo	12.04987350	36.76295500
29	Presa Mixcoac	0.26934525	3.71832614
30	Presa Tacubaya	7.84366834	13.95831020
31	Puente La Llave	7.19294029	0.72288600
32	Rodano 14	34.18994900	43.32430430
33	San Francisco Tlalnepantla	0.21175965	2.14123474
34	San Gregorio Atlapulco	16.92314170	1.33928125
35	San Juan de Aragón	10.25176740	40.98243320
36	San Lorenzo	5.96009892	16.95172810
37	Santa Ana Tlacotenco	2.44863300	0.01296032
38	Tacuba 7	1.88877375	1.19863299
39	Tarango	0.21877744	11.91802300
40	Tláhuac	13.50477790	25.77408930
41	Unidad Modelo	72.86099190	62.19029890
42	Vertedor Milpa Alta	0.13339568	0.04085573

Regarding the fig. 2, it is to notice the error in station 12 and 17 in the CAR method and exhibit a similar error both methods in station 27. Still, there are just a few stations in which the error is little.

3. Improvements of the methods

It can be seen in figures 3, 4, 5 the graphic representation of the precipitation values against latitude, and height.

It is to be noticed a great variability, which can't be adjusted by a polynomial. Therefore, to improve accuracy this work proposes to make the analysis to the next criteria:

- Consider the rainfall behaves as a parabolic way regarding time. It means, it begins at time $t = 0$, reaches a maximum and then rain stops. If the graphic in figure 3, it is to notice the rainfall beginning and ending.

- Then the regression could be modeled as a polynomial.

The graphic 4 shows the precipitation values against the latitude coordinate using the criteria above.

If the stations nearby are gathered, the variation of the rainfall against the coordinates become similar to more linear form. Figure 5 shows the variation for the stations 14, 1, 22, 12, 17; which are closer one to another.

It is to noticed that a linear trendline describes with a minor error the behavior of the variation. To improve the method it was taken by segments: stations 1, 14, 22, 17, 12 and 20, 21, 35, 8, 38.

The MSE between the two segments for first using GIDS and CAR are shown in figure 6.

4. Results

The fig. 3 shows a great variability in values for the meteorological stations. It was shown in figure 2 the MSE in CAR and GIDS. It reaches values near 400. The figure 3 shows the

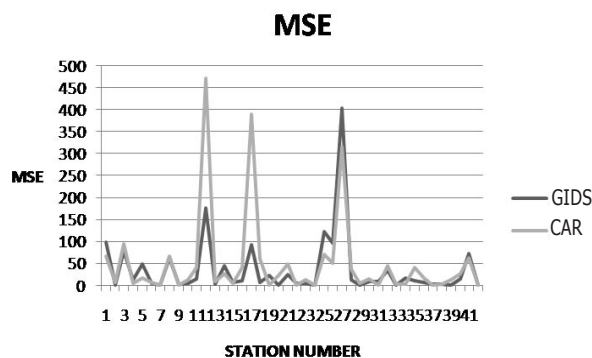


Fig. 2. MSE IN CAR AND GIDS vs. STATION.

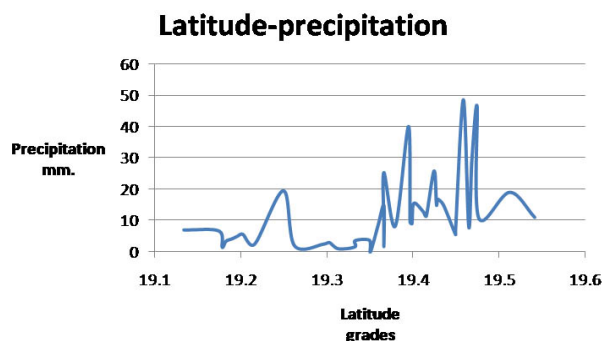


Fig. 3. Latitude vs. precipitation.

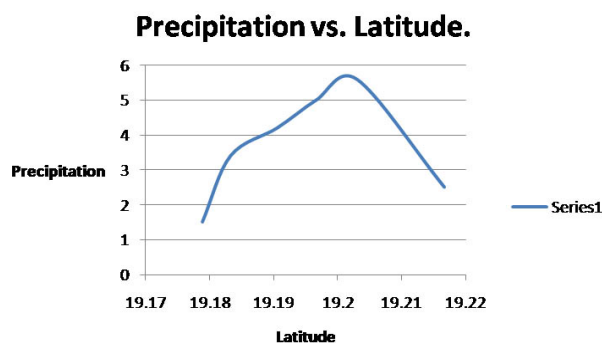


Fig. 4. Latitude vs. Precipitation using the criteria above.

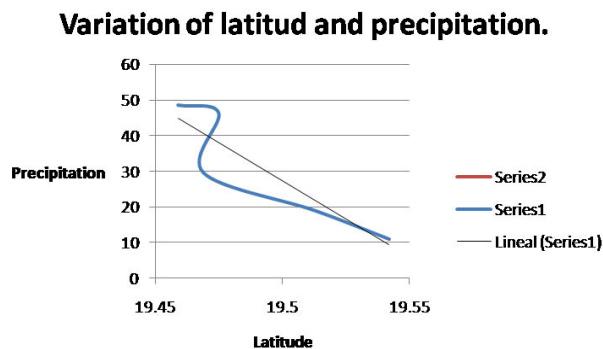


Fig. 5. Variation of precipitation and latitude.

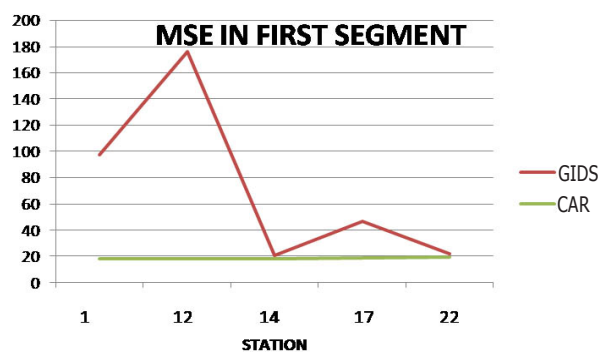


Fig. 6. MSE in CAR and GIDS in first segment.

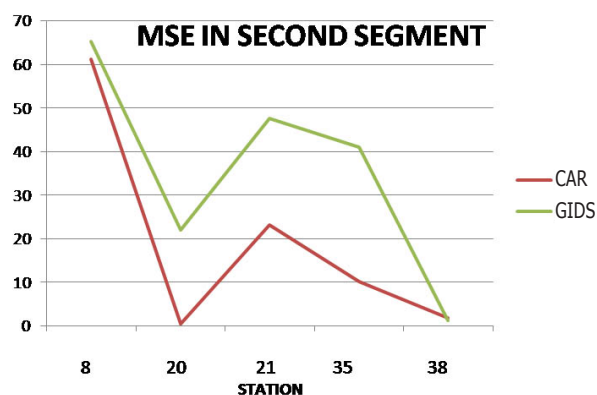


Fig. 7. MSE in CAR and GIDS in second segment.

variability of the values of precipitation. So, because of the variability it was sought to divide in segments. The segment 1 of nearby stations shows a more linear behavior which can be described, with less error, in a linear trendline. Figures 6 and 7 show that dividing in segments, the error can be improved.

5. Conclusion

Two methods that have been applied only in Canada (GIDS) and China (CAR) were assessed in the case of Mexico City. If it is taken into account once with all the values of the

meteorological stations, it should be possible to notice that they display a similar behavior reaching values of MSE of a little more of 400, which made them inaccurate in some cases. Figure 3 shows this variability. This can be linearized by dividing in segments for nearby stations. Figures 6 and 7 shown the reduction of the MSE, from values of 400 to values of maximum 160. If it is compared which method is more accurate, it could be said that is the CAR method. Dividing in segments and applying the CAR method for the case in Mexico City are the formulas to improve efficiency.

References

- [1] Prevention Web. "Hazards.Floods.Data and Statistics". 2008. Available <http://www.preventionweb.net/english/hazards/statistics/?hid=62>
- [2] G. Tabios, & J. Salas, "Comparative Analysis of Techniques for Spatial Interpolation of Precipitation," *Water Resources Bulletin*. American Water Resources Association. Vol. 21, No. 3, 1985.
- [3] C. Daly, R. P. Neilson, & D. Phillips, "A Statistical-Topographic Model for Mapping Climatological Precipitation over Mountainous Terrain," *Journal of Applied Meteorology*, 1994.
- [4] P. Goovaerts, "Geostatistical Approaches for Incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall," *Journal of Hydrology*, No. 228, 2000.
- [5] S. Ly, C. Charles, & A. Degré, "Different Methods for Spatial Interpolation of Rainfall Data for Operational Hydrology and Hydrological Modelling at Watershed Scale. A review," *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, Vol. 17, No. 2, 2013.
- [6] I. Nalder, & R. W. Wein, "Spatial Interpolation of climatic Normals: test of a new method in the Canadian Boreal Forest," *Agricultural and Forest Meteorology*, No. 92, 1998.
- [7] J. M. Schuurmans, & M. F. P. Bierkens, "Effect of spatial distribution of daily rainfall on interior catchment response of a distributed hydrological model," *Hydrology and Earth System Sciences Discussion*, No. 3, 2006.
- [8] I. Vilchis-Mata, E. Quentin, K. M. Ba, & C. Díaz-Delgado, "Estimación de la precipitación diaria a través de un SIG con imágenes de radar meteorológico," *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 2, núm. 4, octubre-diciembre, 2011.
- [9] U. Haberlandt, "Geostatistical Interpolation of hourly precipitation from rain gauges and radar for a large-scale extreme rainfall event," *Journal of Hydrology*, No. 332, 2007
- [10] P. C. Kyriakidis, K. Jinwon, & N. L. Miller, "Geostatistical mapping of precipitation from rain gauge data using atmospheric and terrain characteristics," *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 40, 2001.
- [11] J. M. Faurés, D. C. Goodrich, D. Woolhiser, & S. Sorooshian, "Impact of small scale spatial rainfall variability on runoff modelling," *Journal of Hydrology*, No. 173, 1995.
- [12] P. Arnaud, C. Bouvier, L. Cisneros, & R. Domínguez, "Influence of rainfall spatial variability on flood prediction," *Journal of Hydrology*, No. 260, 2001.
- [13] S. M. S. Shah, P. E. O'Connell, & J. R. M. Hosking, "Modelling the effects of spatial variability on rainfall on catchment response. 1. Formulation and calibration of a stochastic rainfall field model," *Journal of Hydrology*, No. 175, 1996.
- [14] S. M. S. Shah, P. E. O'Connell, & J. R. M. Hosking, "Modelling the effects of spatial variability on rainfall on catchment response. 2. Experiments with distributed and lumped models," *Journal of Hydrology*, No. 175, 1996.
- [15] V. Demyanov *et al.*, "Neural Network Residual Kriging Application for Climatic Data," *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, Vol. 2, No. 2, 1998.
- [16] J. C. González-Hidalgo, M. De Luis, J. Raventós, & J. R. Sánchez, "Spatial distribution of seasonal rainfall trends in a western mediterranean area," *International Journal of Climatology*, No. 21, 2001.
- [17] M. C. Rogelis, & M. G. F. Werner, "Spatial Interpolation for Real-Time rainfall estimation in areas with complex topography," *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 14, 2013.
- [18] A. Verworn, & U. Haberlandt, "Spatial Interpolation of hourly Rainfall," *Hydrology and Earth Science Discussion*, No. 7, 2010.
- [19] J. J. Carrera-Hernández, & S. J. Gaskin, "Spatio temporal analysis of daily precipitation and temperature in the basin of Mexico," *Journal of Hydrology*, No. 336, 2007.
- [20] M. L. Segond, H. Wheeler, & C. Onof, "The significance of spatial rainfall representation for flood runoff estimation: A numerical evaluation based on the Lee Catchment, UK," *Journal of Hydrology*, No. 347, 2007.
- [21] A. H. Thiessen, & J. C. Alter, "Precipitation average for large areas," *Monthly Weather Review*, vol. 39, 1911.
- [22] G. Díaz-Padilla *et al.*, "Variación espacio-temporal de la precipitación pluvial en México: una aproximación a la evaluación de impactos," *Tecnología y Ciencias del Agua*, Vol. 11, No. 4, 2011.

- [23] J. P. Rodríguez-Rincón, A. Pedrozo-Acuña, & J. A. Breña-Naranjo, "Propagation of hydro-meteorological uncertainty in a model cascade framework to inundation prediction," *Hydrology and Earth System Sciences*, No. 19, 2015.
- [24] L. Cisneros, C. Bouvier, & R. Domínguez-Mora, "Aplicación del método Kriging en la construcción de campos de tormenta en la Ciudad de México," *Memorias del XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*. México, 1998.
- [25] L. Tang, X. Su, G. Shao, H. Zhang, & Z. Haoand, "A Cluster-Assisted Regression (CAR) approach for developing spatial climate data sets in China," *Enviromental Modelling and Software*, No. 38, 2012.
- [26] E. N. Lorenz, "Deterministic Nonperiodic Flow," *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 70, 1963.
- [27] E. H. Isaaks, & R. M. Srivastava, *Applied Geostatistics*, USA: Oxford University Press, 1989.
- [28] INEGI, *Anuario estadístico y geográfico del Distrito Federal*, México, 2015.

Científica

indizada en

Latindex

Sistema Regional de Información en Línea
para Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.
www.latindex.org

Periódica

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.
http://132.248.9.1:8991/F/-/?func=find-b-0&local_base=PER01

Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina
y el Caribe, España y Portugal.
Sistema de Información Científica Redalyc.
www.redalyc.org

Publindex

Índice Bibliográfico Nacional
Revistas Científicas Homologadas
del Colciencias.
<http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/>

Diseño, implementación y control para un banco de pruebas con bombas centrífugas en conexión serie y paralelo

Ivette **Amores-Silva**
Miriam **Chávez-Estrada**
Mónica **Miranda-Ramos**

Universidad Politécnica Salesiana
Carrera de Ingeniería Electrónica
Guayaquil, Robles 107 y Chambers
ECUADOR

Tels. +593 939292231, +593 959750131
correos electrónicos (emails):
iamoress@est.ups.edu.ec
mchavez1@est.ups.edu.ec
mmiranda@est.ups.edu.ec

Recibido 26-06-2017, aceptado 25-10-2017.

Resumen

El presente artículo muestra un banco de pruebas desarrollado e instalado en la Escuela Superior Politécnica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias ESPOL con el objetivo de demostrar a través de la experimentación a los estudiantes de Ingeniería Química la forma en que deben ser operadas las bombas, tanto en paralelo como en serie, infiriendo sus diferentes conclusiones para cada caso. Para lograr este objetivo se ha realizado la implementación y luego la recopilación de datos que aportó al desarrollo del software SCADA en Labview, que permite ingresar el caudal y automáticamente a través de la programación obtener la presión, este proyecto fue concebido desde su diseño, estructura, tanto metalme-cánica como eléctrica y electrónica, además de poseer su propio panel de control y programación.

La metodología utilizada en este proyecto es experimental e inductiva; experimental debido a que parte de su diseño es-structural, implementación hidráulica, eléctrica y electrónica, hace posible el accionamiento por medio del panel de control

El proyecto por describir fue financiado por Ing. Carlos Balladares, encargado del laboratorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL campus Guayaquil-Ecuador.

o desde el software; inductiva porque a través de los resulta-dos inferidos por medio de las prácticas en el banco de prue-bas, se ha podido conseguir datos que favorecen la optimización del sistema.

Palabras clave: SCADA, Arduino, Labview, bombas centri-fugas, manómetros, rotámetro.

Abstract (Design, Implementation and Iontrol for a Test Bank with Centrifugal Pumps in Serial and Parallel Connection)

This article shows a testing bench developed and installed in the Escuela Superior Politécnica in the Laboratorio de Opera-ciones Unitarias ESPOL with the objective of demonstrating Chemical Engineering students, through experimentation, the correct way of operating pumps, on series or parallel layouts, inferring its conclusions on each case. This objective has been attained by performing data collection through it's SCADA software on LabVIEW, that allows the user to set the flow and get, automatically through its software, the pressure.

The design, structure, bothmetalworking and electrical and electronic equipment, control panel and programming, was conceived for this project.

The methodology applied in this project is experimental and inductive. It's experimental due to it's structural design, hydraulic electric and electronic implementation, enabling the drive through it's control panel or software. It's inductive due to the inferred results through practice on the testing bench, it has been possible to obtain data that favors the optimization of the system.

Index terms: SCADA, Arduino, Labview, centrifugal pumps, pressure gauges, rotameter.

1. Introducción

El presente trabajo busca mejorar la calidad académica median-te el aprendizaje a través de la práctica [1], para lo cual se desarrolló el banco de pruebas [2] con un sistema de adquisi-ción de datos [3]. Un banco de pruebas es una plataforma para

experimentación de proyectos que brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de gran utilidad en los métodos de enseñanza con importancia relevante en la comprensión de la teoría mediante la implementación [4].

El sistema de adquisición de datos es un método didáctico e ilustrativo que mostrará a los estudiantes y docentes, el comportamiento del banco de pruebas en tiempo real, mismos datos que podrán ser usados para realizar cálculos y comprobar la eficacia del método práctico y el método teórico.

Cuando se realiza algo de forma práctica el ser humano respalda estas acciones en varios tipos de memoria (visual, auditiva, olfativa, lingüística, táctil, contextual, etc.). Es evidente que, si no se memoriza a través de un sentido, se lo hace por los otros [5]. La práctica es la base del aprendizaje [6], por lo que en este caso el banco de pruebas en conjunto con el sistema de adquisición de datos les brinda a los alumnos las herramientas suficientes para la comprensión de la teoría impartida en clases.

El sistema propuesto también le permite al ser humano interactuar con los procesos en los diferentes tipos de industrias sin necesidad de asumir riesgos en la planta, ya que facilitan el control y toma de decisiones de manera remota [7] desde una cabina de mando.

En consecuencia, el presente trabajo tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de control y adquisición de datos para un banco de pruebas con bombas centrífugas [8] conectadas en serie y paralelo, para lo cual se obtuvo las curvas características de las bombas, se desarrolló un módulo de control manual y remoto del equipo, que es justamente lo que diferencia a este proyecto de otros que han sido aplicados únicamente en forma mecánica como se referencian en los ítems [9], [10], [11], [12], trabajos similares creados para estudiar comportamientos de las bombas, también para la aplicación en laboratorios pero sin el uso de un Sistema SCADA [13], [14].

2. Métodos

La metodología aplicada es experimental [15] e inductiva [16], debido a la implementación se tuvo la oportunidad de elegir los materiales e instrumentos, siguiendo con el diseño de la estructura y finalizando con el cableado de los circuitos de fuerza [17] y de control [18], el que está enlazado al programa realizado en Labview [19]. Se debe ingresar al sistema SCADA el valor de caudal que se obtiene de manera práctica del banco de pruebas, la presión que entregan los transmisores [20] es leída mediante el software. Estos permiten que se realicen los cálculos correspondientes para mostrar las curvas características

[21] dando así a conocer a los operadores el comportamiento de las bombas centrífugas, sus componentes y la variación de las magnitudes que intervienen dentro de este banco de pruebas. Debido a todo este cálculo de presión que se deriva de las válvulas [22] que intervienen en el sistema, se cataloga al método inductivo como un componente de este proyecto.

3. Descripción del banco de bombas hidráulicas

Para el correcto entendimiento del software a desarrollarse se debe definir la estructura en la cual se va a trabajar. De forma física, el banco de pruebas está compuesto por todos sus elementos en acero inoxidable, empezando por el tanque, que previamente se deberá llenar sobre los $\frac{3}{4}$ de su capacidad máxima de 80 litros. Este tanque es el encargado de brindar el agua que es succionada por las bombas. Se muestra la figura 1 del Banco de Pruebas implementado.

En la parte inferior del tanque, como se observa en la figura 2, al inicio del recorrido salen 2 tuberías de 1" donde hay dos válvulas manuales V_1 y V_2 encargadas de dar paso a la circulación del agua en dirección a las bombas centrífugas B_1 y B_2 . Los manómetros M_1 y M_2 indican si existe presión negativa en ese punto. TP_1 y TP_2 son sensores de presión, que permiten adquirir datos en tiempo real, mostrar dichos datos en el



Fig. 1. Banco de pruebas instalado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, ESPOL



Fig. 2. Banco de pruebas con bombas centrífugas.

sistema SCADA y así sacar las curvas características correspondientes del sistema. De los rotámetros R_1 y R_2 se toma datos manualmente sobre el caudal de agua a partir de ese tramo. Se puede observar presión también en M_3 y M_4 ; continuando con el recorrido se encuentran las válvulas solenoides S_1 , S_2 y S_3 , normalmente cerradas, que se activarán desde un panel eléctrico o bien del sistema SCADA, al igual que las bombas centrífugas. La tubería de 1" donde se sitúa S_3 es una retroalimentación que, al elegir un recorrido en serie, alimenta a B_1 mediante B_2 , aplicando nuevos factores al sistema para obtener nuevas curvas características.

Dichas válvulas dan paso al flujo de agua, dependiendo del sistema que se quiera observar, es decir, bombas individuales, serie o en paralelo, para luego desembocar en una tubería común de 2" que recorrerá el camino final hacia el tanque de agua cerrando el circuito, pasando por un rotámetro R_3 para observar un caudal final, y antes de este, por una válvula V_5 que permitirá crear una nueva presión para su enseñanza y poder visualizarla en los manómetros M_3 y M_4 .

El desarrollo del sistema SCADA permite ilustrar de forma digital lo descrito anteriormente, lo que beneficia a docentes y alumnado quienes se desarrollarían académica y profesionalmente por medio de clases prácticas. Además de las instituciones del sector público y privado quienes son los que requieren contratar profesionales altamente capacitados.

3.1. Sistema de bombas centrífugas en serie

Para realizar un sistema en serie se debe crear un camino con la ayuda de las válvulas en la cual una bomba centrífuga alimente a la otra. Para ello se debe cerrar la válvula V_1 , y mantener las demás válvulas manuales abiertas. Así se envía el agua a B_2 siguiendo el camino como se muestra en la Fig. 3, por lo que se deberá mantener cerrada la válvula solenoide S_2 y dar paso a

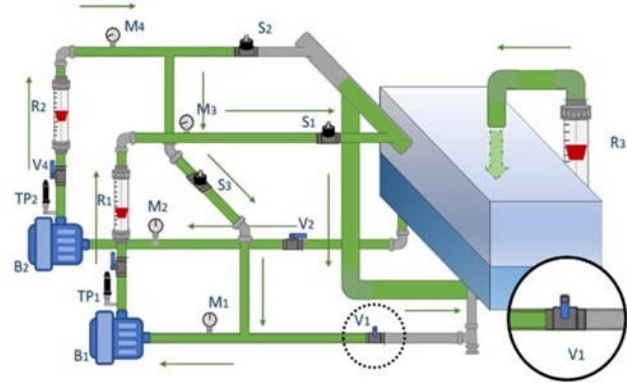


Fig. 3. Sistema de bombas centrífugas en serie.

través del solenoide S_3 . La bomba centrífuga B_1 adsorberá el agua que se le suministre y la enviará a través de S_1 siguiendo el camino restante y desembocando en el tanque.

Como resultado se tendrá que, en un circuito en serie, el caudal (Q), donde Q_1 y Q_2 corresponde al caudal de la bomba 1 y bomba 2, respectivamente, se mantiene y la altura total (H_t) del flujo es la suma de la capacidad de ambas bombas.

$$Q_1 = Q_2 \quad (1)$$

$$H_t = H_1 + H_2 \quad (2)$$

3.2. Sistema de bombas centrífugas en paralelo

Aquí el circuito se describe de forma sencilla, ambas absorben agua de formas independiente del tanque solo juntándose al desembocar en el último tramo como se muestra en la Fig. 4.

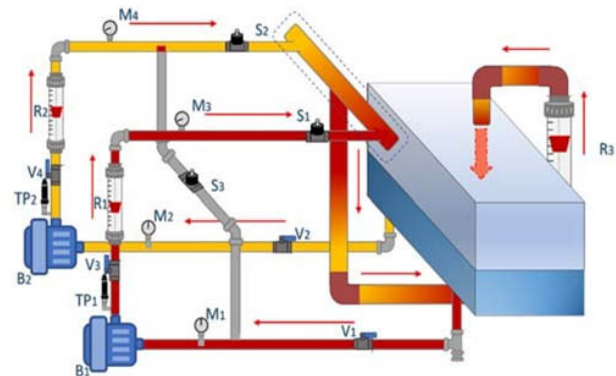


Fig. 4. Sistema de bombas centrífugas en paralelo.

Para ello el sistema debe mantener todas las válvulas manuales abiertas, mientras que solo las válvulas solenoides S_1 y S_2 estarán en el mismo estado, siguiendo con el circuito hasta desembocar de vuelta al tanque.

En un circuito en paralelo el caudal que proporcionan ambas bombas centrífugas se suma, obteniendo un caudal total (Q_t), mientras que la altura (H_t) del flujo será de igual capacidad.

$$Q_t = Q_1 + Q_2 \quad (3)$$

$$H_1 = H_2 \quad (4)$$

4. Marco teórico

Para el desarrollo del programa de modelamiento y simulación se debe obtener los datos de las placas características de ambas bombas centrífugas. Partiendo de estos datos se inicia con el desarrollo del modelo computacional, dentro de la plataforma LabVIEW. Se evaluó todos los parámetros, se crearon hipótesis, se determinaron problemas con sus posibles soluciones y así con los datos recolectados se obtuvieron las curvas características del sistema, por ende, su punto óptimo de trabajo.

4.1. Formulación matemática

El comportamiento de una bomba hidráulica viene especificado en sus curvas características, siendo estas una relación de caudal proporcionado por las bombas en relación con otros parámetros entre los cuales se tiene altura (H), potencia hidráulica (P_h) y rendimiento (N). Estas curvas se obtienen experimentalmente gracias al banco de pruebas y se representan gráficamente en el software SCADA.

A continuación, se detallan las ecuaciones que intervienen:

$$E_p = \frac{P}{\rho g} \quad (5)$$

siendo:

E_p : energía potencial (m)

P : presión (psi=6894,75 Pa), Pa=(kg/ms²)

ρ : densidad del agua (1000 kg/m³)

g : aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

$$E_c = \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

$$A = \pi r^2 \quad (8)$$

donde:

E_c : energía cinética (m)

V : velocidad del fluido (m/s)

Q : caudal (lpm), lpm=(1.67 x 10⁻⁵ m³/s)

A : área (m²)

r : radio, 0.0127 m

$$H = E_p + E_c \quad (9)$$

$$P_h = \frac{g \rho Q H}{3600} \quad (10)$$

$$N = \frac{P_h}{VI \cos \phi} \quad (100) \quad (11)$$

Por lo que:

H : altura (m)

P_h : potencia hidráulica (w, vatio)

N : eficiencia de la bomba (%)

$\cos \phi$: constante 0,95

V : voltaje de alimentación (110 V)

I : corriente en bombas ($B_1 = 7,3$ Amp / $B_2 = 8,8$ Amp)

Para trabajar con el sistema computacional es elemental ingresar manualmente los datos del caudal en lpm (litros por minuto) que se observa en los rotámetros R_1 y R_2 , mientras se realiza la interpretación de los valores de presión que se obtiene de los sensores TP_1 y TP_2 .

4.2. Obtención de presión hidráulica

Los sensores de presión hidráulica colocados en puntos estratégicos del sistema funcionan a 24 volt dc y proporciona una corriente de salida de 4-10 mA, que, en relación a psi, significa que la presión va de 0 a 100 psi. La gráfica de la Fig. 5 nos muestra dicha relación haciendo uso de la ecuación de la recta dando 2 puntos .

$$y - y_1 = \left[\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right] (x - x_1) \quad (12)$$

Con la tarjeta Arduino no se puede leer corriente, solo voltaje, es por eso que por medio de ley de Ohm se sabe que añadiendo una resistencia de 250 ohm, en este caso, tendrá un voltaje de salida de 1-5 volt, del cual se debe realizar otra relación para poder trabajar sobre este nuevo dato y relacionarlo a psi.

Luego de considerar estas conversiones, se procede con la programación del software. Así, una vez que se tuvo despejados todos los factores dominantes para la obtención de resul-

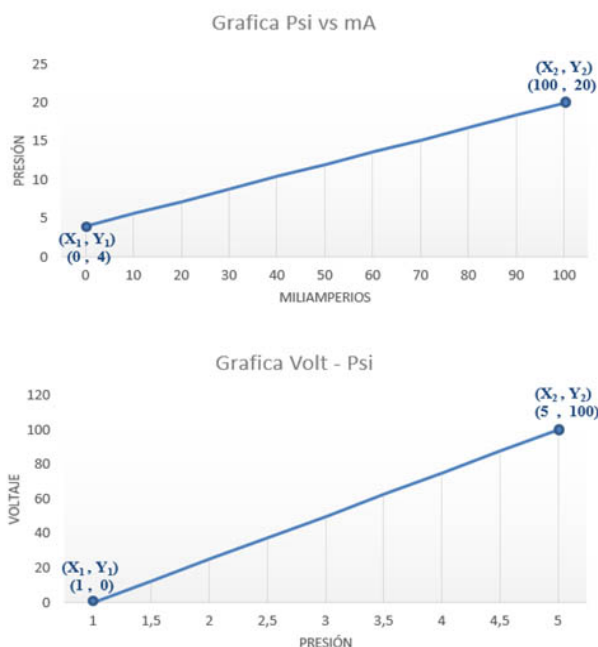


Fig. 5. Relación Psi-mA (arriba) y relación Volt-Psi (abajo).

tados, se procede a poner en marcha el banco de pruebas para solo así poder construir las curvas características con datos reales y poder sacar conclusiones sobre estas.

5. Resultados

Las bombas implementadas transformaron un trabajo mecánico convirtiéndolo en uno de tipo hidráulico, en conjunto con una correcta instalación eléctrica y electrónica, se plantea obtener un ambiente óptimo de estudio. El banco de pruebas con bombas centrífugas se encuentra en estado funcional tanto física como lógicamente, e instalado en el Campus Gustavo Galindo, ESPOL para la práctica de los estudiantes, obteniendo los siguientes resultados.

5.1. Curvas características del sistema

Dentro del software Labview se hizo la programación respectiva para poder presenciar en tiempo real el comportamiento de las bombas centrífugas. Se pide ingresar los parámetros de caudal, que se obtiene de forma visual a través de los rotámetros R_1 y R_2 , y el valor de presión que brinda los sensores TP_1 y TP_2 e interpretadas por la tarjeta Arduino, donde el software toma valor automáticamente una vez encendido el equipo. Para presentar la primera curva, caudal vs altura, hacemos uso de las ecuaciones 5, 6 y 9, donde se

detalla a continuación un ejemplo para la obtención de un punto.

$$E_c = \frac{[(6.41)0.03287 \text{ m/s}]^2}{19.62 \text{ m/s}^2}$$

$$E_c = 0.0023 \text{ m}$$

$$E_p = \frac{68}{1.4228} \text{ m} = 47.78 \text{ m}$$

$$H = 47.78 + 0.0023 = 47.79 \text{ m}$$

Siguiendo el mismo proceso, se obtiene 9 puntos estratégicos de forma práctica para Bomba 1 y Bomba 2, véase tabla 1, para crear una curva simulada y proceder a comparar con los puntos dados por el fabricante.

Dentro de esta comparación se forman dichas curvas mostradas en la Fig. 6, se observa similitudes en sus puntos manejando un margen de discrepancia del $\pm 5\%$, debido al valor de la resistencia para la lectura de los sensores de presión y al recorrido que el flujo realiza donde intervienen diversos factores.

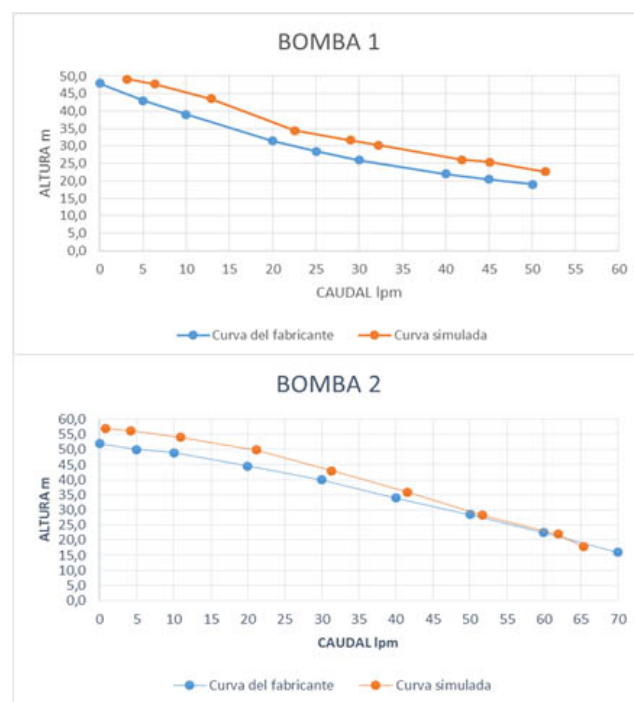


Fig. 6. Comparación entre la curva del fabricante con la curva simulada.

Tabla. 1. Puntos de bomba 1 y bomba 2.

BOMBA 1				
núm.	DEL FABRICANTE		CURVA SIMULADA	
	Q_1 /min	H metros	Q_1 /min	H metros
1	0	48,0	3,19	49,19
2	5	43,0	6,41	47,79
3	10	39,0	12,86	43,58
4	20	31,5	22,52	34,46
5	25	28,5	28,96	31,67
6	30	26,0	32,18	30,28
7	40	22,0	41,85	26,10
8	45	20,5	45,07	25,41
9	50	19,0	51,51	22,63

BOMBA 2				
núm.	DEL FABRICANTE		CURVA SIMULADA	
	Q_1 /min	H metros	Q_1 /min	H metros
1	0	52,0	0,75	56,92
2	5	50,0	4,15	56,22
3	10	49,0	10,94	54,12
4	20	44,5	21,14	49,92
5	30	40,0	31,34	42,92
6	40	34,0	41,53	35,94
7	50	28,5	51,73	28,26
8	60	22,5	61,93	22,00
9	70	16,0	65,33	17,80

Para que el software presente una curva Caudal vs. Altura simulada, tomando más de 9 puntos para mejorar la presentación de la curva, ya que por encima de esta se va a proyectar en tiempo real un "punto informativo" o "punto óptimo" en donde señala su realidad en ese instante.

Para un mejor entendimiento se toma de ejemplo un caudal en Bomba 1 de $Q = 16,08$ lpm, presentando una presión $P = 57$ psi y siguiendo con el ejemplo anterior obtendremos una altura de $H = 40,06$ m. Este nuevo punto se sitúa entre los ya dados 3 y 4 en la tabla 1, y se proyecta a continuación en la figura 7.

La curva Caudal vs. Altura es la única que nos brinda el fabricante de ambas bombas como información, pero ya partiendo con estos datos se obtiene las demás curvas características. Tomando el resultado anterior, se calcula el siguiente punto de trabajo para las demás gráficas de Bomba 1.

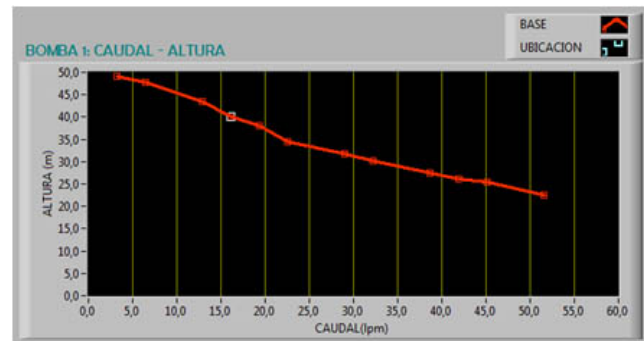


Fig. 7. Punto óptimo de trabajo de la Bomba 1: Caudal vs. Altura.

$$P_h = \frac{(9,81)(1000)(0,964635)(40,06)}{3600} w$$

$$P_h = 105,33 w$$

$$N = \frac{123,62}{(110)(7,3) \cos(0,95)} (100)$$

$$N = 13,1197\%$$

Para hacer posible la presentación de cada una de estas curvas, se empieza por guardar los puntos tomados en pruebas y asignarlos a su matriz respectiva. En el nodo de fórmulas ingresan los valores de Presión y Caudal devolviendo los valores de altura, potencia hidráulica y rendimiento.

La visualización de las gráficas y el punto de trabajo se logran a través de un bloque de trabajo que interpreta estos valores en el plano xy.

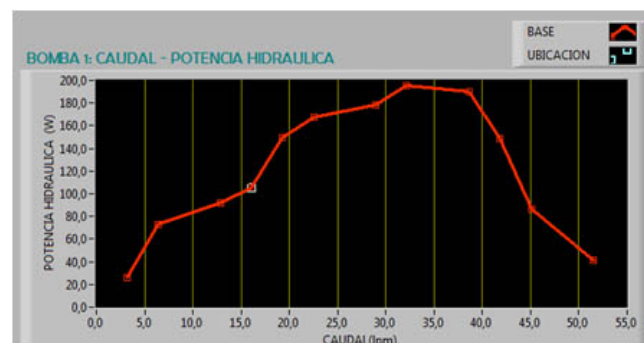


Fig. 8. Punto óptimo de trabajo de la Bomba 1: Caudal vs. Potencia Hidráulica.

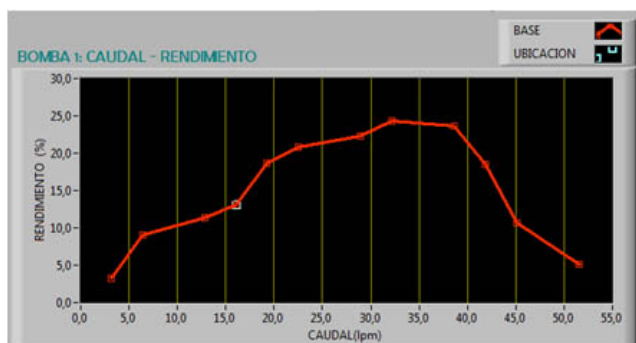


Fig. 9. Punto óptimo de trabajo de la Bomba 1: Caudal vs. Rendimiento.

Para la Bomba 2 se realizó el mismo procedimiento. Las gráficas de bombas en serie se calculan con la ecuación 1, 2 y en paralelo con la 3, 4.

6. Conclusiones

El Sistema SCADA tiene la capacidad de calcular y mostrar el punto de operación en tiempo real en el cual se está trabajando, y a través de la gráfica Caudal vs. Altura permite observar si dicho punto está dentro de los parámetros óptimos, de manera que al ubicarse el punto fuera de la gráfica indica que la bomba tiende a cavitarse, es decir, que las condiciones de trabajo no son ideales, como consecuencia de esto la bomba hace un ruido característico seguido del calentamiento de la misma.

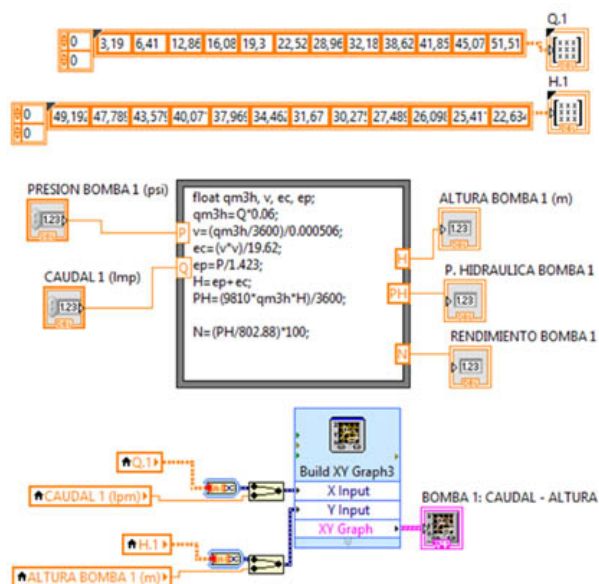


Fig. 10. Captura de la programación dentro del software Labview.

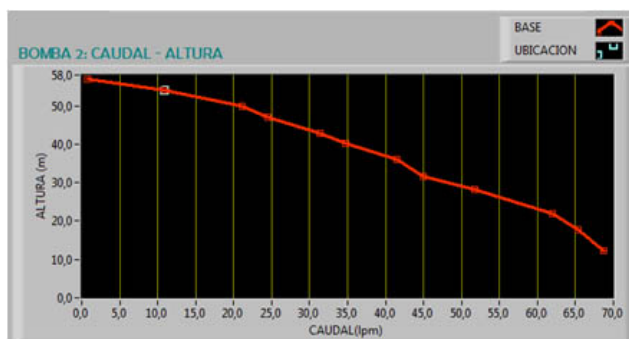


Fig. 11. Punto óptimo de trabajo de la Bomba 2: Caudal vs. Altura.

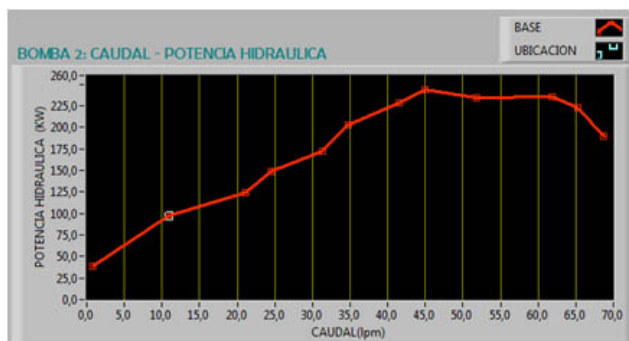


Fig. 12. Punto óptimo de trabajo de la Bomba 2: Caudal vs. Potencia Hidráulica.

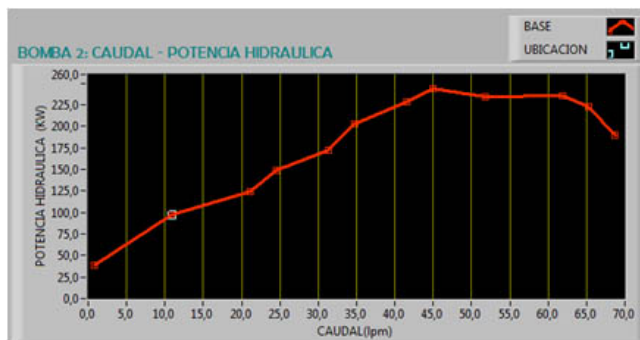


Fig. 13. Punto óptimo de trabajo de la Bomba 2: Caudal vs. Rendimiento.

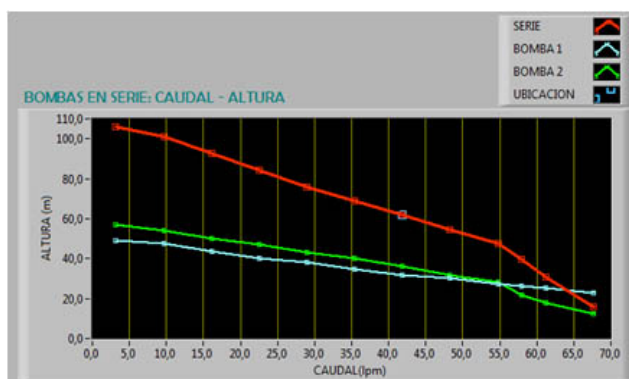


Fig. 14. Gráfica Caudal-Altura con bombas en serie.

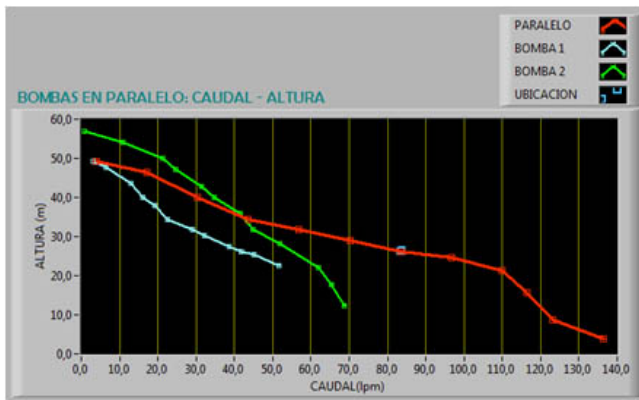


Fig. 15. Gráfica Caudal-Altura con bombas en paralelo.

Dicha curva base es aquella que fue tomada de manera práctica con el banco de bombas, después de haber sido comparada con la curva ideal del fabricante como se observó en la Fig. 6, y del cual se partió para obtener las demás curvas.

Este trabajo cumple la función de instruir a los estudiantes de Mecánica de Fluidos acerca de los diferentes comportamientos de los sistemas en serie y paralelo.

El análisis teórico vs. práctico se logró obtener un margen de error de aceptable, puesto que al conseguir los valores prácticos existe oscilación por las mediciones tomadas en tiempo real de los sensores, por las pérdidas de líquido, pérdidas de camino y otros factores externos.

La eficiencia da a conocer su rendimiento mecánico para verificar su optimización, si el caudal es nulo por ende su rendimiento es nulo.

El resultado de potencia hidráulica se considera de importancia, al haber pérdidas o fugas, se presenta una deficiencia de trabajo en el equipo.

Por las razones antes mencionadas, este trabajo se destaca en capacitar al futuro ingeniero sin experiencia profesional aún, que el mismo pueda, a través de la experimentación de la planta vs. SCADA, encontrar el punto óptimo de funcionamiento y así evitar el daño de la bomba, por lo que este banco de pruebas es un entrenamiento dentro del área hidráulica y electromecánica.

Un sistema SCADA al supervisar, controlar y monitorizar datos en remoto y tiempo real con el fin de mejorar las maniobras de un equipo desde una cabina de mando, dan paso al ingeniero en área de electrónica, que se encuentran capacitado para diseñar circuitos, construir mecanismos, crear alertas y prevenir desvíos de forma efectiva, independientemente del lugar en el que estén localizados tanto el operador y el equipo.

Agradecimientos

A nuestra tutora de la carrera de ingeniería electrónica, Ing. Mónica Miranda M.Sc. y un especial agradecimiento a la Econ. Gloria Chávez M.Sc., por su apoyo e inversión de tiempo al momento de corregirnos y alentarnos a continuar superarnos académicamente. Gracias a Dios, a nuestros padres y aquellas personas que formaron parte directa e indirecta en este proceso.

Referencias

- [1] C. Álvarez-Álvarez, "La relación teoría-práctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje," 2012 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/3F3jKT>
- [2] J. Rodríguez, "Realización de un banco de pruebas casero," 14 de enero del 2012 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/VBHjZ9>
- [3] National Instruments, *Definición: sistema de adquisición de datos*, 2017 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/Ryrd0K>
- [4] C. Álvarez-Álvarez, "Teoría frente a práctica educativa: algunos problemas y propuestas de solución," 2013, [online]. Disponible en: <https://goo.gl/RK5nnf>
- [5] Instituto de Formación de Práctica Judicial, *Importancia de la práctica en la educación*, 10 de diciembre del 2012 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/7gzxT2>
- [6] M. Vázquez-Reina, "Aprender haciendo," 13 de febrero del 2012 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/YR52hm>
- [7] M. Rodríguez-Cerezo, "Sistemas de control remoto para aplicaciones domóticas a través de internet", octubre 2014 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/xV8xQb>
- [8] A. R. Manchegiani, "Bombas centrífugas," septiembre 2014 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/Bvxv9V>
- [9] F. Agila-Díaz, & I. Calahorrano-Pérez, "Diseño y construcción de un banco de pruebas para bombas centrífugas conectadas en serie y paralelo," 14 de junio del 2011 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/kcEBjP>
- [10] A. Correa-Haz, "Proyecto de banco de pruebas para bombas centrífugas," septiembre del 2016 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/yPL4P1>
- [11] S. A. Cajo-Solano, L. E. López-López, "Diseño y construcción de un banco de pruebas para la determinación de la eficiencia de bombas centrífugas domiciliarias," 2012 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/bs8XZy>
- [12] C. A. Moncada-Brochero, & J. Vacca-Duran, "Implementación de un banco de pruebas de bombas centrífugas conectadas en serie y en paralelo para el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña," 2010 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/71cXRc>
- [13] E. Pérez-López, "Los sistemas SCADA en la automatización industrial", 27 de febrero del 2015 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/5yXyhZ>

- [14] L. Corrales, "Interfases de protocolos de comunicación," diciembre 2007 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/eS8tc6>
- [15] A. Marradi, "Método experimental, método de la asociación y otros caminos de la ciencia," 2013 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/jfLbXG>
- [16] M. Sierra-Guzmán, "Métodos generales," 2012 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/Me5vkn>
- [17] J. Ribas, "Circuito de fuerza y circuito de maniobra en instalaciones automatizadas," 2017 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/Eds4qH>
- [18] J. Ribas, "Definición de circuitos de maniobra," 2017 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/Eds4qH>
- [19] I. Jiménez-Escamilla, "Control de temperatura de un horno eléctrico con lógica difusa," junio 2012 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/CFVLQ4>
- [20] E. Saldaña, M. Santos, & H. Zúñiga, "Diseño y construcción del sistema de control para un intercambiador de calor tubular," mayo 2013 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/aGYZNM>
- [21] A. F. Salas, A. F. Salas, & L. P. Urrestarazu, "Curvas Características de una bomba," agosto 2008 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/zxsI36>
- [22] Y. Matarollo, "¿Cómo funcionan las electroválvulas o válvulas solenoides de uso general?," enero 2014 [online]. Disponible en: <https://goo.gl/CyFeCJ>

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas
de América Latina y el Caribe,
España y Portugal

XML JATS en Redalyc

Redalyc ha emprendido una transición y se suma al estándar XML JATS, bajo la especificación JATS4R, lenguaje de metamarcado con reglas simples, que provee de un método uniforme para describir e intercambiar datos estructurados

xmljatsredalyc.org

REDALYC 3.0

SAR de teléfonos inteligentes con refracción negativa de metamateriales: primera parte

Héctor Torres-Silva

Universidad de Tarapacá
General Velázquez 1775, EIEE, Arica.
CHILE.

correo electrónico (email):
htorres@uta.cl

Recibido 02-03-2017, aceptado 28-06-2017.

Resumen

En este artículo se analiza la reducción de la tasa de absorción específica (SAR) en smartphones con capa metamaterial bajo la presencia de contaminación magnética. Desde el inicio de la especificación del SAR por parte de los fabricantes, no se tiene en cuenta la fuerte influencia del campo magnético generado por las líneas de transmisión, el interior de las plataformas de los trenes eléctricos, la proximidad de los dispositivos eléctricos que aumentan la absorción. Además de esta contaminación magnética está la contaminación de material particulado (magnetita) que se produce en ciudades industriales, que se aloja en el cerebro y que es responsable de que el valor del SAR que afecta al usuario sea muy superior al SAR estipulado por los fabricantes. La capa metamaterial propuesta en este artículo como blindaje reduce el SAR en aproximadamente el 50%.

Palabras clave: metamaterial, índice de refracción, SAR, FDTD.

Abstract (SAR of Smart Phones with Negative Refraction of Metamaterials: first part)

An electromagnetic metamaterial is a structured and periodic artificial medium whose electromagnetic properties do not depend on the atoms that make up its materials, but on how the artificially constructed "meta-atoms" that form it correspond to the electromagnetic field. In the broad sense, metamaterials possess properties not found in natural materials and can be designed in any spectral range (optical, microwave and even acoustics). Generally the negative refraction is obtained when the electrical permittivity and the magnetic permeability in a medium are simultaneously negative. Their behavior is an

"emerging" property of the structure itself, rather than of its elementary. In this paper we study the negative refractive index from the point of view of wave that is less known than from the point of view of geometric theory of rays. This concept is applied in the numerical calculation of the SAR for a cell phone shielded by a metamaterial. Absorption is shown to decrease substantially with this configuration. This simulation may be important in the future to include metamaterial in next generations of portable telephones.

Index terms: metamaterial, refraction index, SAR, FDTD.

1. Introducción

Los medios zurdos (*left-handed medium*, LHM) presentan, simultáneamente, una permitividad (ϵ) y una permeabilidad (μ) negativa y han recibido mucha atención de científicos e ingenieros en los últimos años.

Fue inicialmente el físico ruso Veselago, en 1968, quien investigó algunas de las propiedades electrodinámicas de los medios zurdos, como la inversión de la ley de Snell, la desviación Doppler o el efecto Cerenkov [1], [2]. Sin embargo, esta idea se abandonó debido a la imposibilidad de construir este tipo de materiales, quedando simplemente como una curiosidad científica; 30 años después, Shelby [3] creó el primer medio zurdo inspirado en los trabajos iniciados por Pendry [4], [5].

Un medio zurdo presenta propiedades opuestas a las de un medio convencional (*right-handed medium*, RHM). El vector de campo eléctrico $\mathbf{E}$, el vector de campo magnético $\mathbf{H}$ y el número de onda $\mathbf{k}$ forman una triada zurda, lo cual supone que la luz se propague en sentido contrario al flujo de energía, representado por el vector de Poynting.

Como muestra la figura 1(b), en un medio zurdo el vector de Poynting $\mathbf{S}$ y el número de onda $\mathbf{k}$ tienen sentidos opuestos, mientras que en un medio convencional tienen el mismo sentido (véase figura 1(a)).

Consecuentemente, en medios convencionales y en medios zurdos la energía se propaga alejándose de la fuente, pero en un medio zurdo los frentes de onda se desplazan hacia la fuente. Por ello, en dichos medios, las ondas se denominan ondas de retroceso, donde la velocidad de fase $\mathbf{v}_{ph} = \mathbf{k}$ y la velocidad de grupo $\mathbf{v}_g = -\mathbf{k}$ tienen sentidos opuestos.

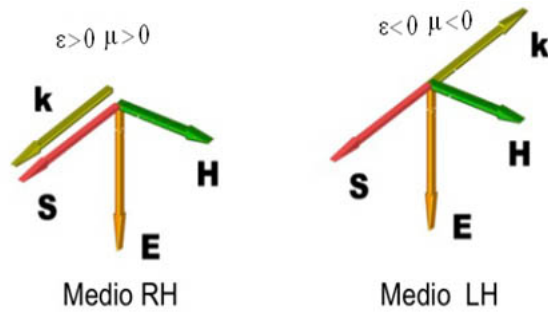


Fig. 1. (a) Triada diestra de un medio convencional. (b) Triada zurda de un medio metamaterial. Vectores de campo $\mathbf{E}$, $\mathbf{H}$, de onda $\mathbf{k}$ y de Poynting $\mathbf{S}$ en medio diestro RH y zurdo LH.

En la figura 2, se muestra la zona III donde el metamaterial es activo. Una de las propiedades más interesantes de los medios zurdos es la refracción negativa, la cual ha atraído mucha atención de la comunidad científica, debido a los cambios de algunas leyes físicas, como la inversión del desplazamiento Doppler, cambios en las ecuaciones de Fresnel y en el principio de Fermat. Se puede demostrar que cuando $\varepsilon < 0$ y $\mu < 0$, el índice de refracción también es negativo. Generalmente el índice negativo de refracción y la ley de Snell se obtienen a través de la teoría de rayos ópticos (óptica geométrica), pero en este suplemento se demuestra a través de la teoría de ondas porque posibilita tratar el problema en forma generalizada, válido para cualquier frecuencia y longitud de onda. Por analogía la demostración sirve como modelo para otro tipo de ondas como por ejemplo ondas elásticas de plasma, de sonido y sísmicas entre otras.

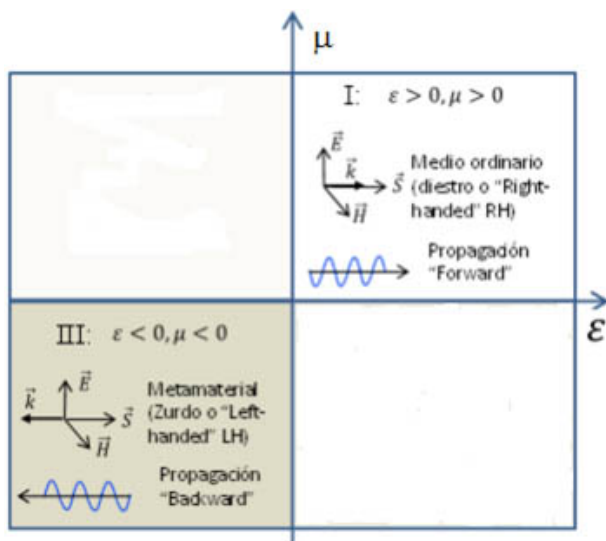


Fig. 2. Diagrama $\mu - \varepsilon$ con distintas propiedades de propagación.

Partiendo de las ecuaciones de Maxwell en función de la frecuencia angular $e^{-i\omega t}$:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -i\omega \mathbf{B} \quad (1)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = i\omega \mathbf{D} \quad (2)$$

Aplicando soluciones homogéneas a las ecuaciones 1 y 2 y se obtiene:

$$\mathbf{k} \times \mathbf{E} = \omega \mathbf{B} = \begin{bmatrix} +\omega|\mu|\mathbf{H}, \mu > 0 \\ -\omega|\mu|\mathbf{H}, \mu < 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\mathbf{k} \times \mathbf{H} = -\omega \mathbf{D} = \begin{bmatrix} +\omega|\varepsilon|\mathbf{E}, \varepsilon > 0 \\ -\omega|\varepsilon|\mathbf{E}, \varepsilon < 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Donde $\mu = \mu_0 \mu_r$ y $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$. Esto da lugar a las triadas $(\mathbf{E}, \mathbf{H}, \mathbf{k})$ en un medio convencional y en un medio zurdo de la figura 2.

Para ser coherente con las ecuaciones de Maxwell y cumplir con la condición en un medio zurdo, a partir del número de onda $\mathbf{k}$ se tiene que:

$$\mathbf{k} \cdot \mathbf{k} = |\mathbf{k}|^2 = \mu \varepsilon \omega^2 \quad (5)$$

y por lo tanto

$$k^2 / \omega^2 = \mu \varepsilon \quad (6)$$

$$k / \omega = \pm \sqrt{\mu \varepsilon} \quad (7)$$

Tiene sentido escoger la raíz cuadrada negativa cuando ε y μ son valores negativos simultáneamente. Por lo que de la ecuación (7) se obtiene que:

$$k / \omega = \pm \sqrt{\mu_{\text{meta}} \varepsilon_{\text{meta}}} \quad (8)$$

Se sabe que el índice de refracción se define como

$$n = kc / \omega \quad (9)$$

siendo c la velocidad de la luz en el vacío, finalmente se obtiene la expresión que refleja un índice de refracción negativo en un medio zurdo

$$n_{\text{meta}} = -c \sqrt{\mu_{\text{meta}} \varepsilon_{\text{meta}}} \quad (10)$$

y la ecuación de onda en un metamaterial es [3]:

$$\nabla^2 \mathbf{E} + \omega^2 \mu_{\text{meta}} \varepsilon_{\text{meta}} \mathbf{E} = 0 \quad (11)$$

2. Metamaterial electromagnético e índice negativo de refracción

El índice de refracción ecuación (10) y la ecuación de onda (11) es posible reconsiderar todos los fenómenos asociados a la propagación de ondas electromagnéticas como son como la inversión de la ley de Snell, la desviación Doppler y el efecto Cerenkov [2]. La inversión de la ley de Snell se aprecia gráficamente en la figura 3.

Estudiaremos el caso en que una onda plana linealmente polarizada proveniente del semiespacio $y > 0$ incide sobre la superficie límite entre ambos medios. El plano de incidencia es el plano x - y . Estudiaremos el caso cuando el campo eléctrico es perpendicular al plano de incidencia. En este caso el campo eléctrico está en la dirección de z . Esto se llama una onda transversal eléctrica o TE ya que el campo eléctrico es normal al plano de incidencia. Tendremos una onda incidente y una reflejada en el semiespacio $y > 0$ (medio 1) y una onda refractada en el semiespacio $y < 0$ (medio 2). En el medio 1 podemos decir que aplicando la ecuación (11):

$$E_z = Ae^{ik_1(x\sin\theta_i - y\cos\theta_i)} + Ce^{ik_1(x\sin\theta_r - y\cos\theta_r)} \quad (12)$$

y en el medio 2 se tiene

$$E_z = Be^{ik_2(x\sin\theta_2 - y\cos\theta_2)} \quad (13)$$

y donde θ_i , θ_r y θ_2 son los ángulos de incidencia, reflexión y refracción, respectivamente. Dado que el plano $y = 0$ es el pla-

no que separa ambas regiones, las componentes tangenciales (z) del campo eléctrico en uno y otro medio deberán ser iguales al llegar a dicho plano, es decir, $\mathbf{k} \times (\mathbf{E}(z^+) - \mathbf{E}(z^-)) = 0$. Por tanto, aplicando dicha condición de contorno en $y = 0$:

$$Ae^{ik_1(x\sin\theta_i)} + Ce^{ik_1(x\sin\theta_r)} = Be^{ik_2(x\sin\theta_2)}$$

Como esta expresión es cierta para cualquier x deberán igualarse todos los términos de fase, es decir:

$$A + C = B, \quad \theta_i = \theta_r, \quad k_1 \sin\theta_i = k_2 \sin\theta_2$$

siendo esta última expresión la Ley de Snell.

Resolviendo la ecuación (11) en dos medios diferentes por ejemplo aire-metamaterial, después de un cálculo directo se llega a la ecuación de dispersión:

$$-n_{\text{meta}} \sin(-\theta_{\text{meta}}) = n_1 \sin\theta_1 \quad (14)$$

Esta ecuación se aplica en la figura 3 en el espectro óptico donde $\theta_i = \theta_1$, $-n_{\text{meta}} = n_2$, y $-\theta_{\text{meta}} = \theta_2$.

En la figura 3 no hemos mostrado los ángulos de reflexión y de refracción positiva porque no son de interés en la situación de metamaterial. El campo eléctrico apunta en la dirección z perpendicular al plano x - y . La segunda condición de contorno para resolver las incógnitas A , B y C se obtiene aplicando la condición de contorno para las componentes tangenciales del campo magnético (eje x) de cada una de las ondas (incidente, reflejada y refractada).

Los metamateriales son creados artificialmente y con lo expuesto se puede pensar que una definición de *metamaterial* pudiera ser la de un material artificial con propiedades electromagnéticas inusuales, que no se dan en medios naturales conocidos y cuyas características proceden de la estructura diseñada y difieren de las de sus componentes y que generalmente *los metamateriales electromagnéticos son estructuras periódicas con dimensiones menores que la longitud de onda incidente*, $d_{\text{dim}} < \lambda$, de modo que la estructura diseñada se comporte como un medio efectivo y pueda ser modelado por parámetros globales de permisividad ϵ_{meta} , permeabilidad μ_{meta} e índice de refracción n_{meta} , etc. Como una aplicación de estos aspectos teóricos en las secciones siguientes se estudia la determinación del SAR (Taza de absorción específica) de microondas de teléfonos celulares en la cabeza humana bajo la influencia del campo magnético externo de baja frecuencia o del campo magnético generado por la corriente de la batería del teléfono celular. El aspecto novedoso es que se considera un teléfono celular blindado por metamateriales que permiten reducir el SAR.

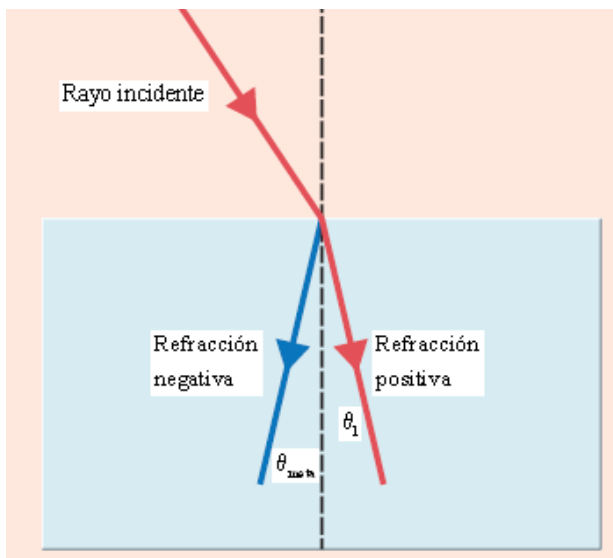


Fig. 3. Diagrama que muestra la trayectoria de los rayos para la refracción positiva $\theta_1 > 0$ y refracción negativa, $\theta_{\text{meta}} < 0$.

3. Tasa de absorción específica (SAR)

El efecto de la radiación electromagnética ha sido considerado fundamentalmente, a través de la acción del campo eléctrico y su efecto térmico, mediante el coeficiente SAR. Pero también la radiación electromagnética debe considerar la acción del campo magnético. Actualmente la telefonía celular crece aceleradamente. Los usuarios usan el dispositivo sin darse cuenta que la radiación y pulsos de campo magnético emitidos pueden provocar daños de diferente índole [12]. Muchos científicos consideran aceptables niveles de campos magnéticos menores a 200 nT. Niveles imprudentes de campos magnéticos pueden estar entre 200 nT a 700 nT, se consideran peligrosos niveles sobre 700 nT. Aunque estos son límites aceptables, muchos de los artefactos que se utilizan actualmente, exceden estos límites, especialmente los teléfonos celulares [12]. Los campos magnéticos son dañinos para el cuerpo humano si se absorben a altas intensidades. La fuerza del campo magnético transmitida desde una antena de la mayoría de los teléfonos celulares (aproximadamente 7.5 a 10 cm de la antena) está sobre los 2000nT. Cuando un teléfono celular se sostiene a la altura de la cabeza humana, emite campos electromagnéticos de 1000 a 6000 nT. Científicos creen que altas intensidades de campos magnéticos son las causales de tumores cerebrales y cáncer en el cuerpo humano [12]. Se define la absorción específica (*Specific Absorption*, SA) la relación existente entre una cantidad de energía infinitesimal, dU , absorbida por un elemento infinitesimal de masa:

$$SA = \frac{dU}{dm} \frac{dU}{\rho dV} \quad [\text{J/kg}]$$

De este modo, se define la tasa de absorción específica (*Specific Absorption Rate*, SAR), como la variación respecto del tiempo de la absorción específica, es decir, el incremento de energía absorbida por un elemento diferencial de masa contenido en un volumen elemental con una densidad determinada.

$$SAR = \frac{d}{dt} \left[\frac{dU}{dm} \right] = \frac{d}{dt} \left[\frac{dU}{\rho dV} \right] \quad [\text{W/kg}]$$

El SAR está relacionada con el campo eléctrico en un punto mediante la siguiente expresión analítica:

$$SAR = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\rho} |E|^2$$

donde:

σ , conductividad del tejido en S/m,

ρ , densidad volumétrica de masa del tejido medida en kg/m³,

E , valor de pico del campo eléctrico medido en V/m.

Resumiendo, el coeficiente o tasa de absorción específica (SAR), mide la forma en que una radiación es absorbida por un cuerpo. Se define como el valor de energía absorbida por unidad de masa de tejido corporal, y se expresa en watt por kilogramo (W/kg o J·kg⁻¹S⁻¹). Su valor depende tanto de la energía que lleva la radiación electromagnética como de la cantidad y tipo de tejido expuesto [10].

4. Ecuaciones de Maxwell con campo magnético a bajas frecuencias

De las ecuaciones de Maxwell anteriormente descritas, se incluye el campo magnético a baja frecuencia por medio de una descomposición de B (densidad de flujo magnético).

$$B = B + B_0 \quad (15)$$

Reemplazando esta expresión en donde B_0 es la densidad de flujo magnético en baja frecuencia, en (15) se obtiene, una nueva expresión para la ecuación que corresponde a la ley de Faraday, quedando:

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial (\vec{B} + B_0)}{\partial t} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} - \frac{\partial B_0}{\partial t}$$

donde:

$$B_0 = B_0 \sin \omega_0 t$$

$$\omega_0 \ll 1 \therefore \cos \omega_0 t \approx 1$$

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} - B_0 \omega_0 \quad (16)$$

Ahora, utilizando el sistema de unidades MKS, se obtiene el sistema a resolver en coordenadas rectangulares (x, y)

$$\frac{\partial H_x}{\partial t} = - \frac{1}{\mu} \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{2B_{0x}\omega_{0x}}{\mu} \quad (17a)$$

$$\frac{\partial H_y}{\partial t} = \frac{1}{\mu} \frac{\partial E_z}{\partial x} - \frac{2B_{0y}\omega_{0y}}{\mu} \quad (17b)$$

$$\frac{\partial H_z}{\partial t} = \frac{1}{\mu} \left[\frac{\partial E_x}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial x} \right] - \frac{2B_{0z}\omega_{0z}}{\mu} \quad (17c)$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\sigma}{\varepsilon} E_x \quad (18a)$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial t} = -\frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial H_z}{\partial x} - \frac{\sigma}{\varepsilon} E_y \quad (18b)$$

$$\frac{\partial E_z}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon} \left[\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \right] - \frac{\sigma}{\varepsilon} E_z \quad (18c)$$

Donde se hicieron las siguientes aproximaciones:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} &\rightarrow j\omega & \frac{\partial}{\partial x} &\rightarrow jk_x & \frac{\partial}{\partial y} &\rightarrow jk_y \\ \omega &= 2\pi f & k_x &= \frac{2\pi}{\lambda_x} & k_y &= \frac{2\pi}{\lambda_y} \end{aligned}$$

Como se observa, las derivadas parciales con respecto a z son iguales a cero, esto es debido a que se asume que la estructura a modelar se extiende infinitamente en la dirección z . Por lo tanto, si no consideráramos el campo magnético de baja frecuencia, las ecuaciones (17a), (17b) y (18c) son llamadas modo transversal magnético en la dirección z o TM_z , y por otro lado, (17c), (18a) y (18b) constituyen el modo transversal eléctrico en la dirección z TE_z . Se puede observar que los modos TM_z y TE_z no contienen vectores de campo comunes. Estos modos pueden existir simultáneamente con interacciones no mutuas para estructuras compuestas de materiales isotrópicos o anisotrópicos tengan o no componentes fuera de la diagonal de sus tensores constituyentes.

Los fenómenos físicos asociados con estos dos modos pueden ser muy distintos. Note que el modo TE_z contiene líneas de campo E en un plano perpendicular al eje infinitamente largo (eje z) de la estructura.

5. Método FDTD para simulación

El método de las diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD) fue propuesto originalmente por Yee en 1966 y posteriormente desarrollado por Taflové [10]. Yee propuso un método para la solución numérica de las ecuaciones de Maxwell de problemas con condiciones iniciales, en medios Isotrópicos. Los apuntes de Yee son los fundamentos del esquema del método de las diferencias finitas en el dominio del tiempo. El acrónimo FDTD fue primero sugerido por Allen Taflové en 1980, ahora él es un prominente experto del FDTD. Matemáticamente el método FDTD es sumamente simple, es además robusto y provee exactitud de modelamiento para la interacción de varias ondas electromagnéticas y sus problemas de campos electromagnéticos. El FDTD es un no tradicional esquema electromagnético, donde las ecuaciones in-

tegrales han dominado por casi 30 años. El esquema computacional es muy complicado y requiere de equipos computacionales avanzados para un desarrollo satisfactorio. Además este es uno de los pocos problemas que se pueden resolver automáticamente a través del tiempo; los rápidos avances en los computadores hacen que el método FDTD sea más atractivo día a día.

Yee introduce una notación para los puntos espaciales y las funciones del espacio y tiempo. A continuación se denotan los puntos espaciales de una grilla rectangular y uniforme.

$$(i, j, k) = (i\Delta x, j\Delta y, k\Delta z) \quad (19)$$

Donde Δx , Δy y Δz son los incrementos de la grilla espacial en la dirección x , y y z , respectivamente e i, j, k son números enteros. Además se denota cualquier función u del espacio y tiempo evaluada en un punto discreto de la grilla y en un punto discreto del tiempo

$$u(i\Delta x, j\Delta y, k\Delta z, n\Delta t) = u_{i,j,k}^n \quad (20)$$

Yee utiliza expresiones de diferencias finitas centrales para las derivadas del espacio y tiempo programadas con precisión de 2o orden en los incrementos espacial y temporal. Considerando una expresión para la primera derivada parcial de u en el espacio y la dirección x , evaluada en el tiempo fijo $t_n = n\Delta t$ se tiene [11].

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{u_{i+1/2,j,k}^n - u_{i-1/2,j,k}^n}{\Delta x} + \xi [(\Delta x)^2] \quad (21)$$

Donde ξ representa el error de la aproximación y es proporcional al cuadrado del incremento espacial. Observe que el incremento de $\pm 1/2$ en el subíndice i de la función u denota una diferencia finita en el espacio sobre Δx .

Yee elige esta notación porque intercala las componentes de E y H en la grilla espacial a intervalos de $\Delta x/2$. Por ejemplo, la diferencia de dos componentes de campo E adyacentes, separados por Δx y localizados a $\Delta x/2$ a ambos lados de un componente H , es usada para proporcionar una aproximación numérica para $\delta E / \delta x$ permitiendo calcular la componente H en el tiempo.

Por analogía, la expresión para la primera derivada parcial de u en el tiempo, evaluada en un punto espacial fijo (i, j, k) es:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u_{i,j,k}^{n+1/2} - u_{i,j,k}^{n-1/2}}{\Delta t} + \xi [(\Delta t)^2] \quad (22)$$

Donde el superíndice $n\pm 1/2$ representa el intervalo de tiempo posterior a calcular. Otras de las expresiones que se obtienen en este algoritmo es para el caso de valores de campos eléctricos que a un paso de tiempo n no se almacenan en la memoria del computador, para estimar este término se utiliza una llamada aproximación implícita.

$$E_x \Big|_{i,j+1/2,k+1/2}^n = \frac{E_x \Big|_{i,j+1/2,k+1/2}^{n+1/2} + E_x \Big|_{i,j+1/2,k+1/2}^{n-1/2}}{2} \quad (23)$$

Aquí los valores de E_x se consideran como un simple promedio aritmético de los valores ya almacenados de E_x . Siguiendo la notación de Yee, se aplican las expresiones (19-23) obteniéndose:

$$\begin{aligned} H_x \Big|_{i-1/2,j+1}^{n+1} &= H_x \Big|_{i-1/2,j+1}^n - C_{ay} \left[E_z \Big|_{i-1/2,j+3/2}^{n+1/2} - E_z \Big|_{i-1/2,j+1/2}^{n+1/2} \right] + \\ &\quad C_{qy} H_x \Big|_{i-1/2,j+1}^n - \frac{2B_{0x}\omega_{0x}}{\mu} \\ H_y \Big|_{i,j+1/2}^{n+1} &= H_y \Big|_{i,j+1/2}^n - C_{ax} \left[E_z \Big|_{i+1/2,j+1/2}^{n+1/2} - E_z \Big|_{i-1/2,j+1/2}^{n+1/2} \right] + \\ &\quad C_{qx} H_z \Big|_{i,j+1/2}^n - \frac{2B_{0y}\omega_{0y}}{\mu} \\ H_z \Big|_{i,j+1}^{n+1} &= H_z \Big|_{i,j+1}^n + C_{ay} \left[E_x \Big|_{i,j+3/2}^{n+1/2} - E_x \Big|_{i,j+1/2}^{n+1/2} \right] - \\ &\quad C_{ax} \left[E_y \Big|_{i+1/2,j+1}^{n+1/2} - E_y \Big|_{i-1/2,j+1}^{n+1/2} \right] + C_{qx} H_y \Big|_{i,j+1}^{n+1/2} \\ &\quad - C_{qy} H_x \Big|_{i,j+1}^{n+1/2} - \frac{2B_{0z}\omega_{0z}}{\mu} \end{aligned} \quad (24a)$$

$$\begin{aligned} E_x \Big|_{i,j+1/2}^{n+1/2} &= D_a \Big|_{i,j+1/2} E_x \Big|_{i,j+1/2}^{n-1/2} \\ &\quad - D_{by} \Big|_{i,j+1/2} \left[H_z \Big|_{i,j+1}^n - H_z \Big|_{i,j+1/2}^n \right] \\ &\quad + D_{qy} E_z \Big|_{i,j+1/2}^{n-1/2} \\ E_x \Big|_{i,j+1/2}^{n+1/2} &= D_a \Big|_{i,j+1/2} E_x \Big|_{i,j+1/2}^{n-1/2} \\ &\quad - D_{by} \Big|_{i,j+1/2} \left[H_z \Big|_{i,j+1}^n - H_z \Big|_{i,j+1/2}^n \right] \\ &\quad + D_{qy} E_z \Big|_{i,j+1/2}^{n-1/2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_y \Big|_{i-1/2,j+1}^{n+1/2} &= D_a \Big|_{i-1/2,j+1} E_y \Big|_{i-1/2,j+1}^{n-1/2} \\ &\quad - D_{bx} \Big|_{i-1/2,j+1} \left[H_z \Big|_{i,j+1}^n - H_z \Big|_{i-1,j+1}^n \right] \\ &\quad + D_{qx} E_z \Big|_{i-1/2,j+1}^{n-1/2} \end{aligned} \quad (24b)$$

$$\begin{aligned} E_z \Big|_{i-1/2,j+1/2}^{n+1/2} &= D_a \Big|_{i-1/2,j+1/2} E_z \Big|_{i-1/2,j+1/2}^{n+1/2} \\ &\quad - D_{bx} \Big|_{i-1/2,j+1/2} \left[H_y \Big|_{i,j+1/2}^n - H_y \Big|_{i-1,j+1/2}^n \right] \\ &\quad - D_{ay} \Big|_{i-1/2,j+1/2} \left[H_x \Big|_{i+1/2,j+1}^n - H_x \Big|_{i+1/2,j}^n \right] \\ &\quad + D_{qx} E_y \Big|_{i-1/2,j+1/2}^{n-1/2} - D_{qy} E_x \Big|_{i-1/2,j+1/2}^{n-1/2} \end{aligned} \quad (24c)$$

donde:

$$\begin{aligned} C_{ay} &= \frac{\Delta t}{\mu_0 \Delta y} & C_{ax} &= \frac{\Delta t}{\mu_0 \Delta x} \\ C_{qy} &= 0 & C_{qx} &= \beta \omega k_x \Delta t \\ D_a \Big|_{i,j} &= \frac{2\varepsilon_{ij} - \sigma_{ij} \Delta t}{2\varepsilon_{ij} + \sigma_{ij} \Delta t} \\ D_{by} \Big|_{i,j} &= \frac{2\Delta t / \Delta y}{2\varepsilon_{ij} + \Delta t \sigma_{ij}} \\ D_{bx} \Big|_{i,j} &= \frac{2\Delta t / \Delta x}{2\varepsilon_{ij} + \sigma_{ij}} \\ D_{qy} &= 0 & D_{qx} &= 0 \end{aligned}$$

Al resolver ecuaciones de campos electromagnéticos en el dominio del tiempo mediante el método FDTD, se presenta un problema frecuente, son las condiciones de contorno absorbentes.

En esta aproximación se utilizan condiciones de contorno absorbentes de primer orden para simular una región bidimensional infinita. El contorno absorbente fue localizado a una distancia de $4\sim 7\Delta$ en la proximidad del objeto de análisis (el modelo de la cabeza) $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.5$ cm.

La fuente de radiación del teléfono celular fue modelada por una fuente puntual que equivale a la sección transversal de una antena de dipolo.

6. Cálculo del SAR

Después de obtener la solución de los campos dados por las ecuaciones (4.18) y (4.19), se calcula el SAR en forma local de la siguiente forma.

$$SAR_{ij} = \frac{\sigma_{ij} E_T^2|_{ij}}{2\rho_{ij}} \quad (25)$$

$$E_T|_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n E_y^2|_{ij} + E_x^2|_{ij} + E_z^2|_{ij}} \quad (26)$$

El esquema del modelado para calcular la ecuación (25) se muestra en la figura 4 en donde se resume paso a paso la obtención de las matrices digitalizadas y los parámetros que son considerados para el cálculo y simulación.

El proceso consta de 6 etapas, las cuales se explican a continuación.

Paso 1. A partir de una lámina MRI, se generan los datos necesarios para llevar a cabo el modelado en detalle de cada tejido al interior de la cabeza. Es así como el modelo de la cabeza humana se genera a partir de scanner. De los datos generados se obtienen sólo imágenes a color, llegando a un total de 54 cortes que juntos forman una cabeza de tipo cilíndrica. Esto representa un modelo de 86.400 celdas cúbicas para el caso de matrices de 40x40, y un modelo de 345.600 celdas para el caso de matrices de 80x80, donde cada corte o capa es de 0,5 cm y cada celda del corte en estudio corresponde a 0,5 cm para

40x40 y 0,25 cm para 80x80, para el caso de matrices de 80x80, se necesitará mayor tiempo de cómputo, debido a que la simulación en MATLAB es lenta. Aunque el objetivo final de nuestro trabajo es usar un modelo tridimensional que considere la totalidad de las capas, hemos analizado las capas 12 y 34, ya que estas se encuentran en dos áreas importantes de la cabeza, el sector oído y el sector cerebro respectivamente.

Paso 2. Se realiza el modelado por medio de MATLAB, obteniendo así una matriz la cual es almacenada en un archivo .mat de MATLAB.

Paso 3: Se obtienen 54 frames correspondientes a la cabeza humana, las que juntas forman el modelo cuadrado de la cabeza humana.

Paso 4. Aquí se indican los parámetros que se considerarán para los cálculos que se desarrollan en este trabajo. Primero se considera el campo magnético en baja frecuencia, el cual está incluido en el desarrollo de las ecuaciones de Maxwell y luego en el método FDTD. El factor normalizado del campo magnético externo o de la batería está incluido sólo en el medio que corresponde al cerebro. La capa metamaterial se incluye entre la antena y la cabeza humana. Este modelo, bioplasmático metamagnético, permite una caracterización más completa del fenómeno analizado y obtener datos más precisos que los obtenidos por otros modelos (véase referencias [12], [13], [14]).

Paso 5. Después de tomar en cuenta las consideraciones ya indicadas, se ejecuta el programa en la plataforma MATLAB, es decir se procede a calcular por medio de FDTD los campos electromagnéticos, para luego obtener el valor del SAR.

Paso 6: La obtención del SAR se representa por medio de una matriz de 40x40 o 80x80 según corresponda, esta se puede representar de diversas formas, en la figura se muestra en forma gráfica 3D, pero también se puede representar por colores, perfiles y una vez obtenidas se pueden graficar curvas paramétricas.

La cabeza humana tiene un comportamiento complejo, debido a un mecanismo microscópico donde la celda de una membrana es una capa bilípida de fluido con inserción de moléculas de proteínas. Cada proteína es polar y tenderá a alinearse con el campo eléctrico aplicado y a veces, a rotar helicoidalmente. Así, cualquier volumen de tejido cerebral tiene celdas de proteínas que pueden resonar a la frecuencia de rotación. El modelo a estudiar, propone caracterizar el cerebro como un bioplasma y analizar su comportamiento mediante la aplicación de las ecuaciones anteriormente descritas [14].

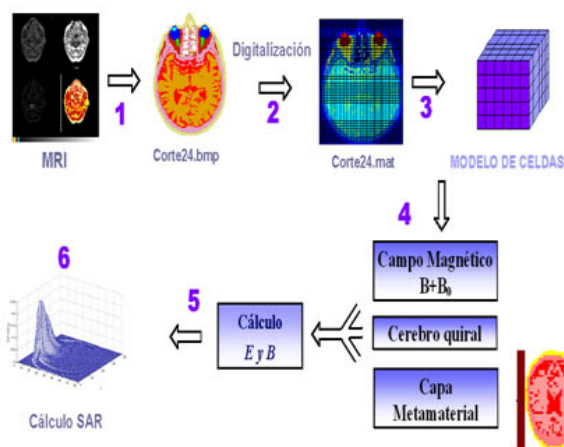


Fig. 4. Esquema de modelado y proceso de simulación utilizado.

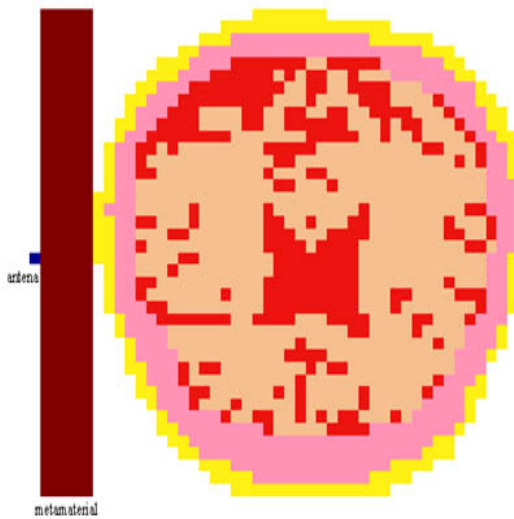


Fig. 5. Estructura utilizada para la simulación de capa metamaterial.

7. Metamateriales como atenuador de radiación

Como ya se ha mencionado en el transcurso de este trabajo, la radiación de microondas producidas por teléfonos celulares causa alteraciones temporales en células, pero aún es muy pronto para saber realmente.

si los niveles del cambio celular realmente son o no dañinos para los usuarios de teléfonos celulares [15]. Por este motivo, se han realizado estudios que puedan disminuir la radiación de los teléfonos celulares sin disminuir la calidad de transmisión de las señales para los usuarios. Se estudia actualmente la posibilidad de disminuir el límite de radiación utilizando metamateriales en los teléfonos celulares. Los metamateriales hacen posible reflejar toda la radiación en una dirección, en este caso fuera del teléfono del usuario. Para que así fuese, se debería utilizar una "placa" de metamaterial entre el usuario y el teléfono o en el futuro disponer de un teléfono blindado por metamaterial.

Tabla 1. Valores de los parámetros.

	ϵ_r (F/m)	σ (S/m)	ρ (g/m ³)
Aire fuente	0	1,0	1,00
Metamaterial (color café en figura 5)	0	-1,0	0,00
Piel	1	23,0	0,63
Hueso	2	5,4	0,04
Cerebro	3	51,0	1,46
Sangre	4	59,0	1,26

En este trabajo, este efecto se simuló modificando el dieléctrico aire entre la cabeza y el teléfono, agregando una interfaz metamaterial, es decir con permitividad y permeabilidad negativas, esto estructuralmente se visualiza en la figura 5 y los valores de los parámetros están en la Tabla 1.

En la figura 5, en el metamaterial se consideran las ecuaciones (11) a (14). En el esquema del cerebro se consideran las ecuaciones (23) a (24). En las figuras 6,7,8 se aprecia la disminución del SAR a medida que se tiene un metamaterial más intenso en su propiedad característica.

8. Conclusión

En este artículo se ha estudiado el metamaterial electromagnético que es un medio artificial estructurado y periódico cuyas propiedades electromagnéticas no dependen de los átomos que forman sus materiales, sino de cómo responden al campo electromagnético los "meta-átomos" construidos artificialmente que lo forman. La refracción negativa es obtenida cuando, la permitividad eléctrica y la permeabilidad magnética en un medio son negativas simultáneamente. Su comportamiento es una propiedad "emergente" de la estructura en sí, más que de sus constituyentes elementales. Se aplica este concepto en el cálculo numérico del SAR para un teléfono celular blindado por un metamaterial. Se demuestra que la absorción disminuye sustancialmente con esta configuración. En las figuras 6,7,8 se aprecia la disminución del SAR a medida que se tiene un metamaterial más intenso en su propiedad característica.

Esta simulación puede ser importante en el futuro para incluir metamaterial en próximas generaciones de teléfonos portátiles.

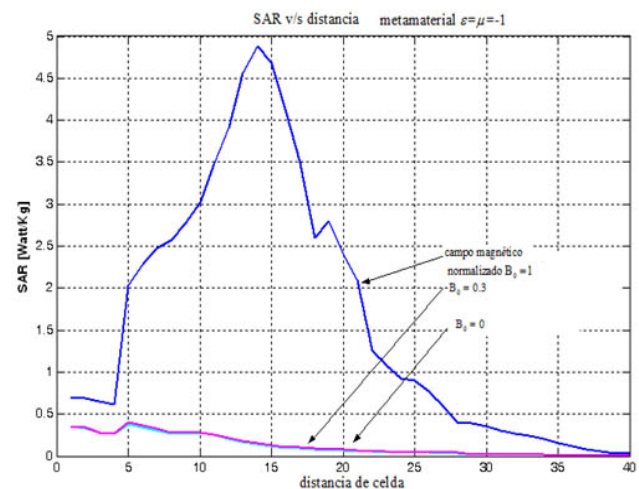


Fig. 6. SAR versus distancia de celda, para un metamaterial con $\mu = \epsilon - 1$. El ángulo de entrada de la microonda es la definida por la ecuación (14).

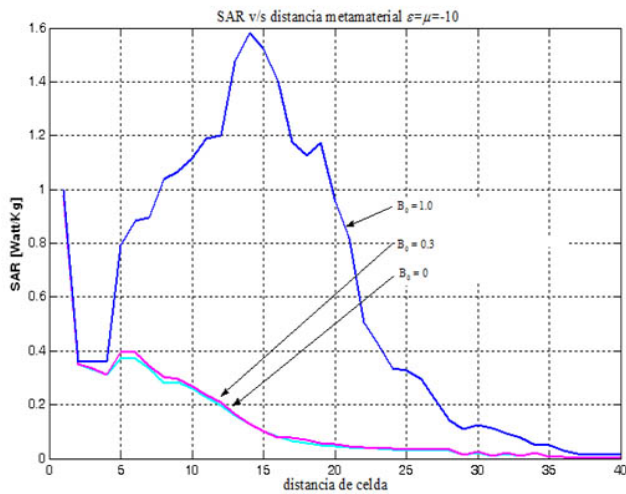


Fig. 7. SAR versus distancia de celda, para un metamaterial con $\mu = \epsilon = -10$, comparado con $\mu = \epsilon = -1$ disminuye en un 300%.

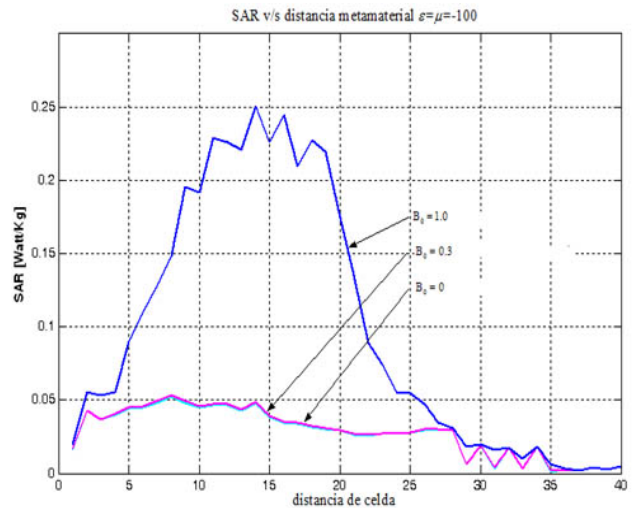


Fig. 8. SAR versus distancia de celda, para un metamaterial con $\mu = \epsilon = -100$, comparado con $\mu = \epsilon = -10$ disminuye en un 600%.

Referencias

- [1] A. F. de Baas (Ed.), *Nanostructured Metamaterials. Exchange between experts in electromagnetics and material science*, 2010.
- [2] A. Pimenov *et al.*, "Negative Refraction Observed in a Metallic Ferromagnet in the Gigahertz Frequency Range," *Phys. Rev. Lett.*, núm. 98, 197401, 2007.
- [3] L.-H. Wu *et al.*, "Experimental observation of light refraction going from negative to positive in the visible region at the pure air/Au interface," *Phys. Rev. B*, núm. 77, 035134, 2008.
- [4] K. Justyna *et al.*, "Gold Helix Photonic Metamaterial as Broadband Circular Polarizer" *Science* núm. 325, 1513, 2009.
- [5] D. Schurig *et al.*, "Metamaterial electromagnetic cloak at microwave frequencies", *Science* núm. 314, pp. 977-980, 2006.
- [6] W. Cai *et al.*, "Optical cloaking with metamaterials", *Nature Photonics* núm. 1, pp. 224-227, 2007.
- [7] X. Chen *et al.*, "Macroscopic invisibility cloaking of visible light," *Nature Communications* 2, núm. 176, 2011.
- [8] H. Torres-Silva, "A Transmission Line Model with Metamaterial Effects in Gamma Ray Bursts", *Journal of Electronics and Communication Engineering Research*, vol. 3, núm. 5, pp. 12-17, 2016.
- [9] H. Torres-Silva, & D. Cabezas, "Chiral seismic attenuation with acoustic metamaterials", *J. Electromagn. Anal. Appl.* núm. 5, pp. 10-5, 2013.
- [10] A. Taflove, & S. Hagness, *Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method*, 2a ed., Artech House, 2000.
- [11] R. L. Burden, & J. Douglas, *Análisis numérico*, Editorial Iberoamericana, 2a ed., 1996.
- [12] F. Ortiz, "Análisis de la propagación de ondas electromagnéticas en medios quirales mediante el método FDTD," Memoria de título de ingeniero civil electrónico, Departamento de Electrónica, Universidad de Tarapacá, 2001.
- [13] M. Soto, "Matriz digital de un modelo cabeza para la obtención del SAR," Proyecto para título de Ingeniero Ejecución Electrónico, Universidad de Tarapacá, 2003.
- [14] H. Torres, "Quirosolitones RCP y LCP en óptica y microondas en régimen normal y de metamaterial". *Revista Facultad de Ingeniería UTA*, vol. 12, núm. 1, pp. 49-57, 2004.
- [15] K. Nikulainen, "Finnish study says cells react to mobile phone radiation," Disponible en http://www.mobile.seiti.com/print.php?story_id=1584

Portal de Portales Latindex

El Portal de Portales Latindex (PPL) proporciona acceso a los contenidos y textos completos de revistas académicas disponibles en hemerotecas digitales de América Latina, el Caribe, España y Portugal, adheridas al movimiento de acceso abierto

**más de 1 542 783
artículos indexados
(2016)**

El objetivo de este portal es difundir el conocimiento científico que se publica en la región iberoamericana. El desarrollo informático utiliza el OAI Harvester2 desarrollado por el Public Knowledge Project (PKP) basado en el protocolo OAI-PMH.

www.latindex.ppl.unam.mx

Metodología combinada del uso de MarPrime y Vibrotip para diagnóstico del motor HYUNDAI HIMSEN 9H25/33

Yovany Oropesa-Márquez
Nilo Cecilia-Simón

Universidad de Pinar del Río
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Mecánica Aplicada.
Martí 270, Pinar de Río, CP 20100
CUBA

Tel. 48779656
+5355026554

correos electrónicos (emails):
yovany.oropesa@upr.edu.cu
nilo@upr.edu.cu

Recibido 02-03-2017, aceptado 28-06-2017.

Resumen

En los motores de combustión interna (MCI) las vibraciones debidas al desbalance másico tienen dos fuentes reconocidas para el mecanismo reciprocante biela-manivela-corredera; una por los efectos de la inercia de las partes móviles y otra por la fluctuación en la presión de los gases en la cámara de combustión. El presente trabajo pretende mostrar una metodología para interpretar los resultados en la medición de la presión en los cilindros de un MCI traduciéndolos a un esquema de fluctuación compatible y comparable con el análisis de vibraciones realizado sobre el mismo equipo, con el objetivo de unificar ambos criterios e incrementar la confiabilidad del diagnóstico que se realiza con orientación al mantenimiento predictivo y explotación del motor. El equipo en cuestión es un motor HYUNDAI HIMSEN 9H25/33 de nueve cilindros en línea, empleado en los grupos electrógenos de 25 MW para generación distribuida y perteneciente a la Empresa de Mantenimiento a Grupos Electrógenos de Fuel Oil (EMGEF) en Pinar del Río, Cuba. Las mediciones y gráficos sobre la presión de los gases se realizaron con ayuda de MarPrime, mientras el análisis de vibraciones se realizó con base en los datos obtenidos por Vibrotip. La valoración de la efectividad del método se basa en la comparación con lo establecido en las normas ISO

10816 y 10816-3, teniendo además en cuenta su impacto en la economía de la empresa y en la disponibilidad de equipos para la generación.

Palabras clave: metodología, vibraciones, diagnóstico técnico.

Abstract (Combined Methodology of MarPrime and Vibrotip for the Diagnosis of the HYUNDAI HIMSEN 9H25/33 Engine)

Vibrations in reciprocating machines as internal combustion engines (ICE) arise due to periodic variation of the gas pressure in the combustion chamber, and inertia forces associated with the moving parts. In this paper, the authors intend to show a procedure to interpret the gas pressure measurement in the ICE cylinders and produce a graphical model consistent with vibration analysis developed on the same engine, in order to unify both criteria and improve the reliability of the diagnosis oriented to predictive maintenance of the engine. The equipment analyzed in this case is an ICE HYUNDAI HIMSEN 9H25/33 of nine-in-line cylinders used in Engine Power Plant in Pinar del Rio, Cuba. The gas pressure measurements and graphics were developed by mean of MarPrime technology and vibration analysis was based on Vibrotip procedure. Validation of the method exposed is based on statements of ISO 10816 and 10816 - 3 and its effect on the Plant efficiency.

Index terms: methodology, vibrations, technical diagnosis.

1. Introducción

Las vibraciones son causadas por una fuerza de excitación, esta fuerza se puede aplicar externamente al objeto o puede tener su origen dentro del mismo objeto. La proporción de frecuencia y la magnitud de las vibraciones están completamente determinadas por las fuerzas de excitación, su dirección y frecuencia, por esta razón un análisis de vibración puede determinar las fuerzas de excitación que actúan sobre una máquina. Estas fuerzas dependen del estado de la máquina y el conocimiento de sus características e interacciones, permitiendo diagnosticar el estado técnico de la máquina [1].

En la actualidad el estudio y análisis de las vibraciones tiene vital importancia en la mayoría de las industrias, tanto extranjeras como cubanas, aunque prevalece la práctica de emplear esta técnica, solo cuando sensorialmente se recibe algún indicio de que la máquina está vibrando demasiado. Hace ya algunos años, se han incorporado tecnologías predictivas en la industria a pesar de lo aparentemente costosas que inicialmente resultan. Su mismo conocimiento y aplicación han contribuido a necesitarlas y fomentarlas. Actualmente, son cada vez más las organizaciones que deciden implementar sistemas de diagnóstico como fuente fundamental de información a su sistema de mantenimiento. Cada día son mayores los beneficios que recibe la economía empresarial cuando se interpretan correctamente las señales de vibraciones medidas con instrumentos modernos, que permiten detectar los defectos y mal funcionamientos de los equipos en etapas cada vez más incipientes, pero que consecuentemente exigen mayor preparación teórica y experiencia práctica [2].

Son muchos los estudios encontrados en la bibliografía consultada con respecto al comportamiento y señales de alarmas de los distintos sistemas vibracionales aplicados a máquinas rotatorias. El autor norteamericano Glen White en su libro *Introducción al análisis de vibraciones* aborda las principales teorías de las vibraciones y el análisis de las mismas aplicadas a la determinación y las características de operación de las máquinas y sus deficiencias, además propone el análisis de frecuencia como diagnóstico para las fallas en máquinas, basándose sobre todo en el análisis de las mediciones. También propone una serie de pasos lógicos para determinar el estado de una máquina basándose en un informe detallado de las formas de las vibraciones [1].

El doctor en ciencias técnicas Palomino Marín, profesor titular de Ingeniería de Vibraciones en el Instituto Politécnico de La Habana (CUJAE), en su libro *Elementos de medición y análisis de vibraciones rotatorias* incluye algunas consideraciones con relación a la clasificación y a las diferentes formas del mantenimiento que existen en el mundo industrial moderno basándose en aportes de prestigiosos autores norteamericanos relacionados con este campo. El estudio de su trabajo permitió conocer una descripción conceptual de los patrones temporales de algunos defectos ilustrados con poco más de 30 formas de ondas. Además, incluye una serie de consideraciones relacionadas con la operación de los colectores analizadores de vibraciones de última generación, haciendo una valoración de los tipos de promedios y de las ventanas de ponderación de estos instrumentos [3].

La ingeniera Cepero Aguilera, en su tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ingeniería y Gerencia de Mantenimiento, presenta una primera aproximación al monitoreo de

las condiciones de los generadores HSR7719-8P de los Grupos Electrónicos HYUNDAI HIMSEN instalados en la Central Eléctrica "Habana 220" basándose en las vibraciones por bandas espectrales. Su estudio se basó en el registro de vibraciones en términos de velocidad de RMS (banda ancha) y Pico (banda estrecha), permitiendo la estimación de los umbrales preliminares de alarma a través del tratamiento estadístico de las amplitudes dominantes dentro de cada banda espectral. La novedad de su trabajo fue la obtención de cuatro bandas espectrales de alarma con distribución discreta como punto de partida para monitorear la condición de generadores despreciando los registros espectrales de generadores de aquellos componentes precedentes del motor de combustión interna [4].

Hoy en día es de gran importancia conocer el comportamiento y tendencia vibracional de máquinas reciprocantes por su gran utilidad en las industrias actuales, dicho tema es un mundo aun sin explorar totalmente, por su complejidad y poca documentación tanto teórica como práctica, puesto que aún no se han implementado técnicas o metodologías capaces de diagnosticar total y eficazmente dichas máquinas.

Los Grupos Electrónicos (GE) pertenecientes a la Central Eléctrica Fuel Oil Antonio Briones Montoto de Pinar del Río, compuestos por 12 motores constituyen la base fundamental de la generación distribuida en el municipio, sin embargo, su eficacia puede verse comprometida si no se aplican las tecnologías apropiadas para el mantenimiento de este tipo de máquinas, puesto que el monitoreo de estado repercute directamente sobre el mantenimiento predictivo. Son muchos los ejemplos que avalan los beneficios de la implementación de estos dos programas, en nuestro país la Empresa de Generación Grupos Electrónicos de Fuel Oil (EMGEF) es una Organización Empresarial para los Servicios Técnicos Especializados en mantenimiento a motores de combustión interna y sus accesorios, perteneciente al Ministerio de Energía y Minas, por lo que la entidad tiene la necesidad de desarrollar una metodología para el análisis de vibraciones en los motores HYUNDAI HIMSEN 9H25/33 de Fuel Oil, que permita el diagnóstico, tendencia y comparación con mediciones realizadas por instrumentos u otros métodos.

2. Determinación de los valores RMS

Para realizar un modelo de IGDL es necesario conocer las características geométricas del motor proporcionadas por su catálogo [5], además de determinar una serie de valores dinámicos, pues en las máquinas de combustión interna se debe tener en cuenta las fuerzas en cada uno de los cilindros del motor, cuando sobre una superficie plana de área (A) se le aplica una fuerza normal (F) de manera uniforme, la presión (P) viene dada por la siguiente ecuación (1)

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

En (1) P representa los valores de presión medidos por Mar Prime [6], [7], en los pistones (bar) bajo condiciones de trabajo reales (véase Fig.1), A es el área del cilindro (0,050 m²) y F representa las fuerzas que actúan sobre el mecanismo biela y manivela (N).

Con la ayuda de la Fig. 1 se puede elaborar un gráfico de presión contra ángulo de giro del cigüeñal y tiempo que se demora en recorrer dicho ángulo; desfasado 40° cada cilindro (véase Fig. 2).

Si despejamos en la ecuación (1) la F y se realiza una sumatoria cada 40° se obtiene la Fig. 3.

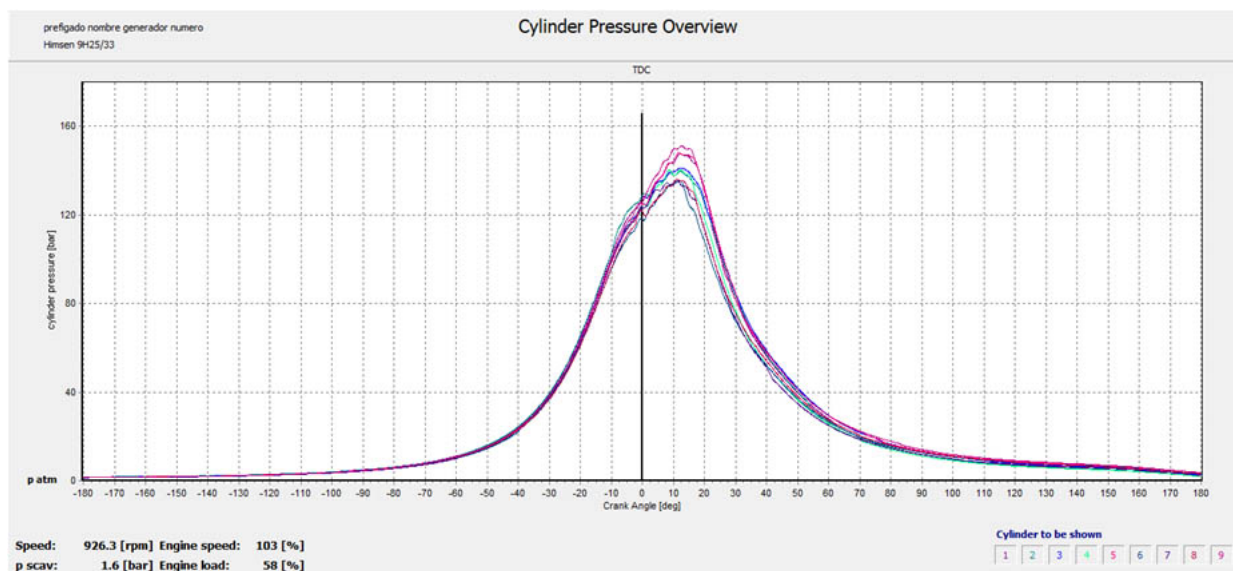


Fig. 1. Gráfico de presión vs. ángulo de giro del cigüeñal obtenido con el empleo del MarPrime.

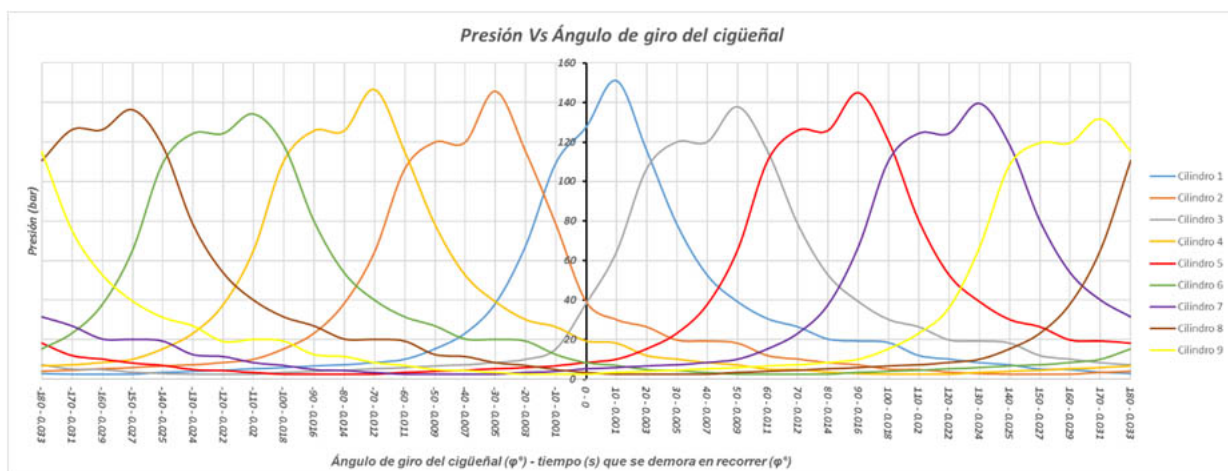


Fig. 2. Gráfico de presión en los cilindros contra ángulo de giro del cigüeñal desfasado 40°.

Si se realiza una sumatoria de las fuerzas en cada diez grados se puede obtener un gráfico (véase Fig. 4) el cual es de gran importancia para poder determinar los distintos parámetros que definen los valores de la fuerza excitadora interna del motor.

Con la interpretación de la Fig. 4 se puede determinar el periodo (T), amplitud (A), ángulo de desfase (θ) y la frecuencia (ω). Se puede apreciar que el periodo es de 0.0009 s por lo tanto la frecuencia de la fuerza excitadora puede ser de 111,11 Hz la cual convertida a rad/s es de 698,13.



Fig. 3. Fuerza real vs. ángulo de giro del cigüeñal.

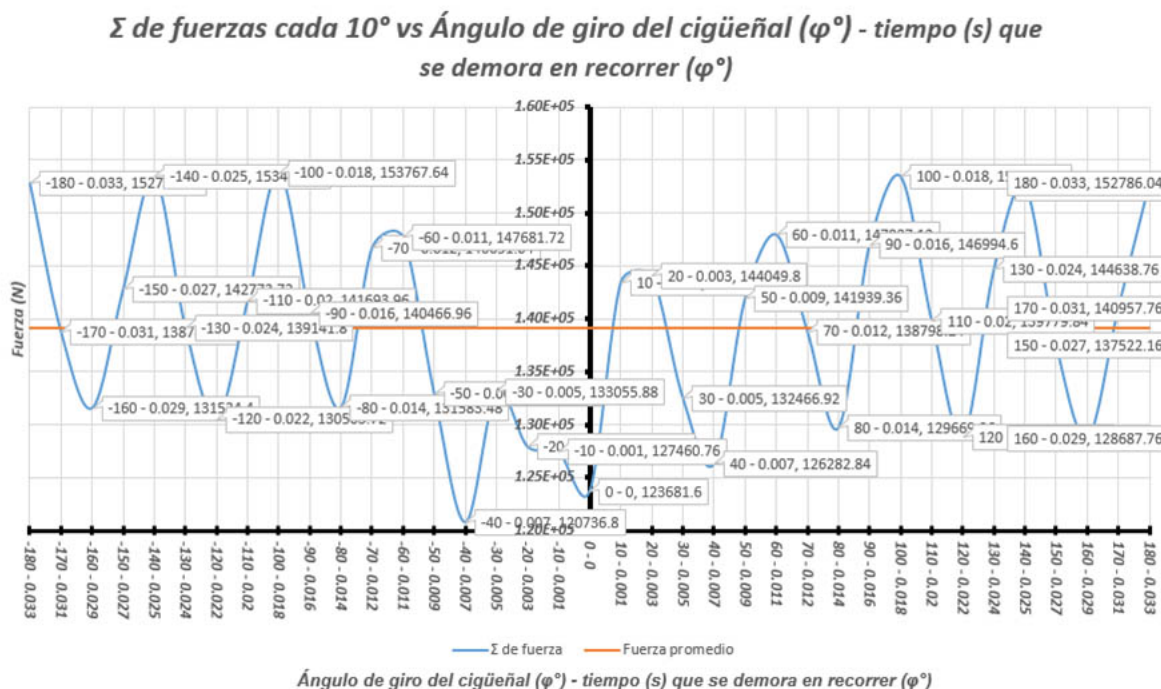


Fig. 4. Sumatoria de fuerzas cada 10° vs. fuerza promedio vs. ángulo de giro del cigüeñal-tiempo que se demora en recorrer (ϕ°).

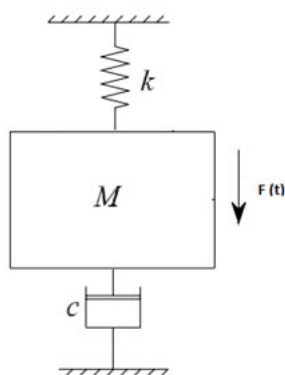


Fig. 5. Modelo concentrado de un grado de libertad con vibración forzada amortiguada del motor HYUNDAI HIMSEN 9H25/33.

Promediando los valores de máximos de amplitud (A) correspondientes a los valores de tiempo (s) de 0,018; 0,025; 0,033 se puede obtener un valor de fuerza de 152867,84 N por lo que la expresión $F(t) = F_0 \cos \omega t$ puede ser escrita de la siguiente forma $F(t) = 152\,867,84 \cos(698,13 t)$ la cual describe un movimiento armónico [8], [9]. Modelando un sistema de 1GDL con vibración forzada amortiguada (véase Fig. 5).

Se conoce que la masa del motor es de 260 200 kg, que el desplazamiento inicial es de $x_0 = 0,015$ m según recomendaciones del fabricante de los calzos [10], la aceleración de $\dot{x}_0 = 0$ y la relación de amortiguamiento $\zeta = 0,1$ sistema subamortiguado o raíces complejas conjugadas puede determinar una serie de parámetros como se muestra en la tabla 1 los cuales permiten determinar la respuesta total del sistema.

La respuesta total del sistema se puede expresar en la siguiente ecuación:

Tabla 1. Parámetros principales.

ω_n	δ_{st}	ω_d	r
3,85 rad/s	0,393 m	2,31 rad/s	181

$$x(t) = 0,015e^{(-0,8 \times 3,85t)} \cos(2,31t - 5) + 1,20 \times 10^{-5} \cos(698,13t)$$

Si se evalúa el tiempo en la expresión que rige la respuesta total del sistema se puede confeccionar un gráfico (véase Fig. 6). El valor eficaz o RMS de la amplitud es representativo de la energía contenida en la vibración y corresponde a un valor medio de la amplitud.

Por lo tanto el valor amplitud máxima con relación a la posición de equilibrio (X_{pico}) es de 4,28 mm y el valor eficaz o RMS (mm) de la amplitud es 3,03 mm/s. El periodo de esta vibración es de 0,068 por lo que presenta una frecuencia de 14,71 Hz que es igual a 92,40 rad/s o 882,36 rpm.

3. Medición de las vibraciones

Las mediciones de las vibraciones tienen en cuenta una serie de instrucciones de trabajo para los motores HYUNDAI HIMSEN 9H25/33 planteadas en el manual de procedimientos de la Empresa de Mantenimiento a Grupos Eléctricos de Fuel Oil [11] y las normas vigentes para los límites del nivel de vibraciones son ISO 10816-6 para motores diésel (véase Fig. 7).

El motor debe estar funcionando con una carga no inferior al 85 % y un tiempo de trabajo de una hora como mínimo. El período de esta vibración es de 0,068 por lo que presenta una frecuencia de 14,71 Hz que es igual a 92,40 rad/s o 882,36 rpm.

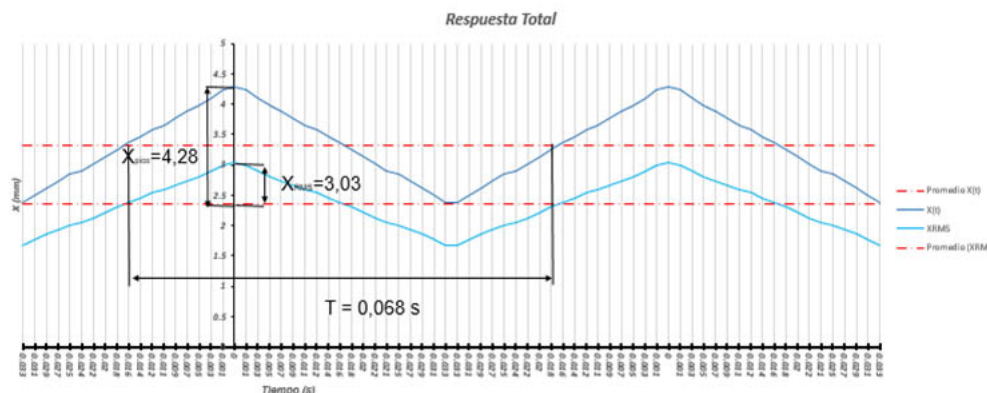


Fig.6. Parámetros fundamentales de las vibraciones en el motor HYUNDAI HIMSEN 9H25/33.

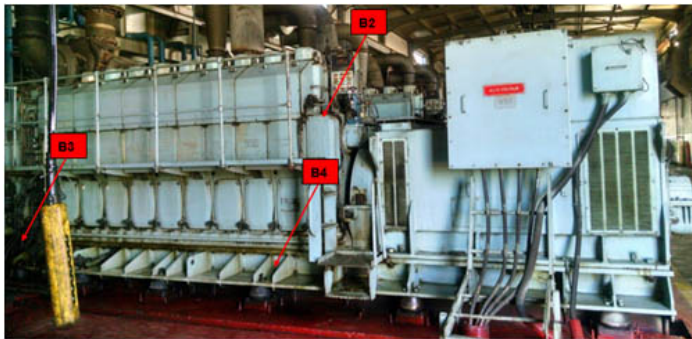


Fig. 7. Puntos de medición recomendados por el manual de instrucciones para motores de combustión interna.

Se realizaron dos mediciones, empleando un Vibrotip como se muestra en la Fig. 8, los puntos seleccionados se tomaron según las instrucciones [11].

3.1. Valoración de los resultados

La medición y análisis de vibraciones tiene como ventaja respecto a otras técnicas que la evaluación que se hace de la máquina no requiere detener o desarmar la máquina por lo que no produce incidencias en la producción.



Fig. 8. Medición de vibraciones empleando un Vibrotip.

El objetivo del análisis de vibraciones es interpretar correctamente la información que contiene la señal de vibraciones. En primer lugar, para determinar si los niveles registrados son admisibles para el tipo de máquina estudiada según las normas vigentes. En segundo lugar, para asociar componentes de esa vibración a los posibles defectos presentes en la máquina en diferentes etapas de su desarrollo.

Al comparar las frecuencias naturales del sistema con el espectro de amplitudes (g) en el dominio de la frecuencia medidas en la base del motor durante el funcionamiento del mismo (véase Fig. 10) se observa que los picos de amplitud tienen lugar a frecuencias de 900,9 y 1 209 rpm, es decir, bastante alejadas de las frecuencias naturales y por tanto de las zonas de resonancia. Esto es una señal de funcionamiento adecuado del motor, desde el punto de vista dinámico.

Por lo tanto, los cálculos realizados sirven como elemento de diagnóstico al compararlos con los obtenidos de las mediciones en condiciones reales y, de esta forma, utilizarlos para prever las fallas que pueden estar teniendo lugar antes de que ocurra una rotura imprevista o evitar mantener en funcionamiento el equipo cuando este se encuentra operando fuera de los parámetros adecuados.

Tabla 2. Medición número uno 11 de abril del 2017 11:30 AM realizada al motor número 11.

Punto de medición	Axial (X) RMS	Transversal (Y) RMS	Vertical (Z) RMS
B2 (extremo trasero superior)	3,8	3,03	3,40
B3 (extremo delantero, base de la estructura (blok))	3,6	3,60	3,03
B4 (extremo trasero, base de la estructura (blok))	3,4	3,10	3,40

Tabla 3. Medición número dos 12 de abril del 2017 11:00 AM.

Punto de medición	Axial (X) RMS	Transversal (Y) RMS	Vertical (Z) RMS
B2 (extremo trasero superior)	3,01	4,30	2,2
B3 (extremo delantero, base de la estructura (blok))	3,60	3,08	3,4
B4 (extremo trasero, base de la estructura (blok))	3,00	3,20	3,4

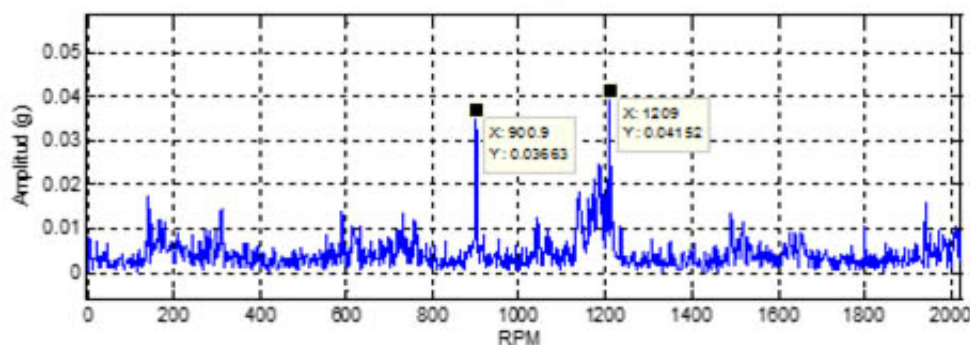


Fig.9. Espectro de amplitudes en el dominio de la frecuencia.

De esta forma pueden determinarse los desgastes en cojinetes y otros pares de fricción, así como desbalances en elementos rotatorios o reciprocantes, el funcionamiento errático del gobernador, el desajuste del mecanismo de regulación de las bombas de inyección (barra de cremalleras), así como el desbalance de las presiones máximas de combustión y la potencia entregada.

Si se realiza una comparación entre el valor de la amplitud máxima X_{pico} y el valor eficaz o RMS medidos por el Vibrotip y los determinados con el empleo del MarPrime se puede obtener la Fig. 10, donde se puede apreciar que si se promedia todas estas mediciones existe una diferencia de 0,28 mm/s de los valores reales con respecto al instrumento de medición por lo que el método empleado tiene gran veracidad. Además, ambas mediciones indican que el motor está en óptimas condiciones pues se recomiendan valores por debajo de 28 mm/s según el manual de instrucciones para el mantenimiento.

3. Conclusiones

Para conocer el estado técnico de una máquina reciprocante es necesario apoyarse en varios criterios por la complejidad y veracidad a la hora de emitir un determinado criterio sobre el posible comportamiento o tendencia a seguir por máquina que se estudia.

Se ha determinado el $X_{pico} = 4,28$ mm, el de RMS = 3,03 mm/s y el periodo de esta vibración $T = 0,068$ s, de donde se puede calcular la frecuencia $\omega = 14,71$ Hz que es igual a 92,40 rad/s. Por lo antes planteado, para poder tener una mayor seguridad se emplean los nomogramas recomendadas por Palomino [2] para poder diagnosticar las vibraciones en este tipo de motores.

El motor tiene una velocidad de rotación de 900 rpm y una velocidad de 3,03 mm/s se puede apreciar que el motor vibra suavemente.

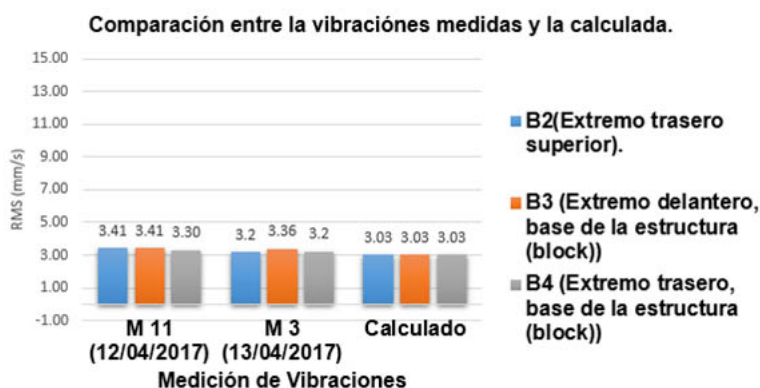


Fig.10. Comparación entre las mediciones reales de vibración y las obtenidas con el empleo del MarPrime.

En la Fig. 11 se pueden apreciar las máquinas en diferentes grupos, además de tener en cuenta los tipos de instalación.

Teniendo en cuenta que el motor tiene una potencia de 2610 kW y se encuentra en estado estacionario se puede apreciar que el motor HYUNDAI HIMSEN 9H25/33 pertenece al grupo uno y como presenta un valor de 3,03 mm/s se encuentra en la zona amarilla por lo que puede funcionar en operación continua sin restricciones.

Por lo antes expuesto se propone la siguiente metodología para poder diagnosticar el estado técnico del motor HYUNDAI HIMSEN 9H25/33 o cualquier otra máquina reciprocante, la cual consta de siete pasos fundamentales.

1. Colección de información técnica del equipo a partir de la observación científica, el estudio de la documentación tecnológica, historial de explotación y entrevistas a operadores y especialistas de mantenimiento.
2. Establecimiento de características y propiedades del equipo como sistema vibratorio; elasticidad, inercia, amortiguamiento, frecuencia de excitación externa y posibles desplazamientos espaciales.

3. Creación de modelos de uno y de varios grados de libertad según geometría, inercia y dinámica de funcionamiento del sistema.
4. Medición de los valores dinámicos. En este paso se hace necesario la utilización de la instrumentación para medir directa o indirectamente la amplitud de la fuerza excitadora. En esta investigación el parámetro utilizado fue la presión en la cámara de combustión del motor, realizada con Mar Prime.
5. Procesamiento de los resultados, determinación de las características de la fuerza excitadora y aplicación al modelo de un GDL con vibración forzada amortiguada.
6. Comparación de los resultados con las normas y nomogramas de explotación de equipos bajo vibraciones mecánicas. Establecer conclusiones sobre la necesidad de intervención de mantenimiento.
7. En caso de existir la posibilidad, comparar los resultados teóricos con mediciones de vibraciones reales.

Referencias

- [1] G. White, *Introducción al análisis de vibraciones*, USA: Azima DLI, 2010. Consultado 5 febrero 2017.

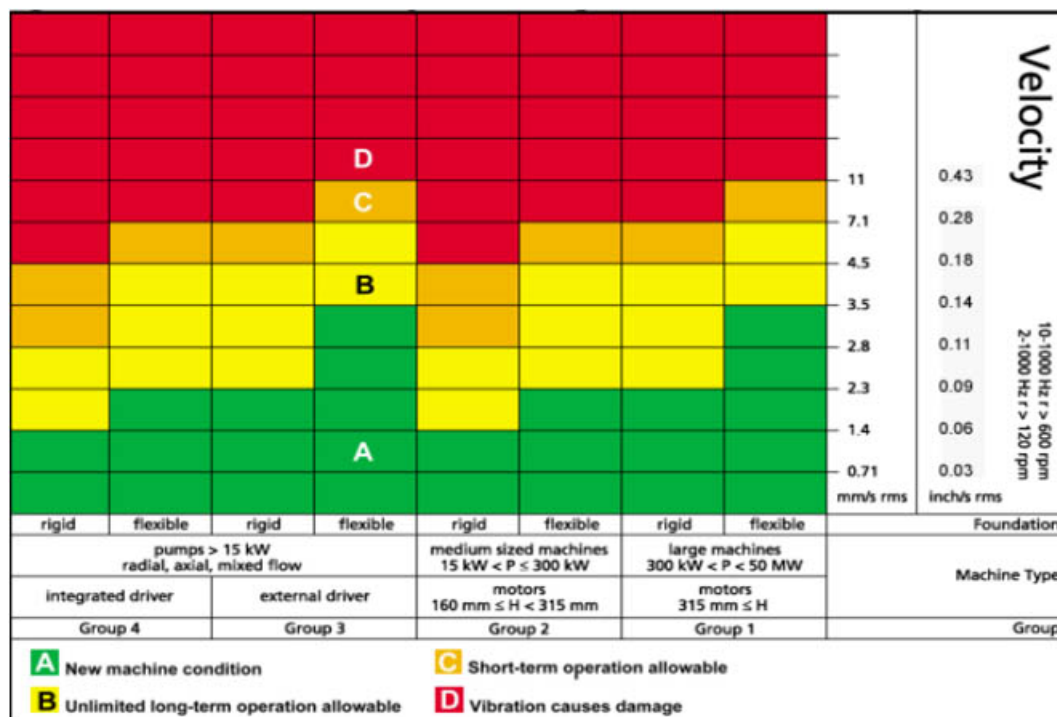


Fig. 11. Criterio de la severidad de las vibraciones acorde con la norma ISO 10816.

- [2] E. Palomino-Marín, *Monitorado y predicción. Actualidad industrial*, Habana, José Antonio Echeverría, 2003. Consultado 10 enero 2017.
- [3] E. Palomino-Marín, *Elementos de medición y análisis de vibraciones en máquinas rotatorias*, Bolivia: Latinas Editores, 2007. Consultado 20 marzo 2017.
- [4] Y. Cepero Aguilar, & E. Palomino-Marín, *Primera aproximación al monitoreo de condiciones en el análisis de vibraciones por bandas espectrales (Generadores HSR 7719-8P de los grupos electrógenos HYUNDAI HIMSEN instalados en la Central Eléctrica " Habana 220 ")*, Tesis de Maestría inédita. Centro de Estudio de Ingeniería y Mantenimiento (CUJAE), 2012. Consultado 11 abril 2017.
- [5] Hyundai Heavy Industries, *Engine & Macchinery*, marzo 2010 [en línea]. Disponible en <http://engine.od.ua/ufiles/Himsen-H25-33V.pdf>. Consultado 27 enero 2017
- [6] Maridis, *Diagnosis & Service*, 2016 [en línea]. Disponible en: <http://www.maridis.de/en/>. Consultado 25 abril 2017.
- [7] Prüftechnik, 2014 [en línea]. Disponible en: <http://www.pruftechnik.com>. Consultado 2 enero 2017.
- [8] S. R. Singiresu, *Mechanical Vibrations vol. II*, Habana, Félix Varela, 2009.
- [9] S. R. Singiresu, *Mechanical Vibrations vol. II*, Habana: Félix Varela, 2009.
- [10] Rubber Design, *Vibration & Noise Control*, agosto 2012 [en línea]. Disponible en: <http://www.rubberdesign.nl>. Consultado 28 febrero 2017.
- [11] R. Ariona-Hernández, *Instrucción de trabajo para la medición del nivel de vibraciones en los motores de las tecnologías MAN y HYUNDAI*. Habana, pp. 2-9, 2016.

Instituto Politécnico Nacional

Científica

La Revista Mexicana
de Ingeniería Electromecánica

Número de artículos descargados por región (2007-2012):

México
54 024

América Latina y el Caribe
40 194

Estados Unidos y Canadá
13 254

Europa
15 967

Asia, África y Oceanía
6 025

Fuente: Sistema de Información Científica Redalyc
www.redalyc.org

Científica

indizada en

Latindex

Sistema Regional de Información en Línea
para Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.
www.latindex.org

Periódica

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.
http://132.248.9.1:8991/F/-/?func=find-b-0&local_base=PER01

Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina
y el Caribe, España y Portugal.
Sistema de Información Científica Redalyc.
www.redalyc.org

Publindex

Índice Bibliográfico Nacional
Revistas Científicas Homologadas
del Colciencias.
<http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/>

Indicaciones para los autores que deseen publicar en Científica

La revista *Científica* es una publicación semestral editada por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México, que presenta trabajos de investigación y propuestas originales e inéditas de la Ingeniería Eléctrica, Mecánica, en Sistemas, Electrónica, en Telecomunicaciones y de la Educación en Ingeniería.

Los manuscritos pueden estar escritos en español o inglés y se reciben en formato electrónico (archivo digital adjunto), por medio del correo electrónico revistacientificpn@yahoo.com.mx con atención al Comité Editorial (Tel. (+52) 55 5729 6000 ext. 54518; Edificio 5, 1^{er} Piso, oficina de la revista *Científica*; Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI) de la ESIME Zacatenco, Col. Lindavista, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, CP 07738, Ciudad de México, México).

Los trabajos recibidos son revisados por el Comité Editorial quienes designan a un Editor Asociado (que desconoce tanto la autoría y procedencia de los manuscritos) de acuerdo a la disciplina que cubren los artículos. El Editor Asociado selecciona dos árbitros para que evalúen el escrito (por pares ciegos). Los trabajos pueden ser aceptados para su publicación, aceptados si se realizan modificaciones necesarias o rechazados. La aceptación está sujeta a la aprobación, en todos los casos, de dos revisores; cuando no hay consenso entre los dos primeros revisores el Editor Asociado resuelve el dictamen. Los trabajos deben ser investigaciones o propuestas originales inéditas, sin excepción, sobre las áreas mencionadas y no pueden estar sujetas a revisión en ninguna otra publicación de forma simultánea; además, el resultado del proceso de arbitraje es inapelable y se sujeta, estrictamente, a las políticas dictadas por el Comité Editorial en funciones. Una vez aceptado un artículo, el autor o autores transfieren los derechos de publicación a la institución editora que está representada por el Editor en Jefe de la revista, los artículos estarán bajo una 'Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional'.

Estructura de los artículos

Los manuscritos deben contener los siguientes elementos: *título*, *datos de los autores*, *resumen* (con palabras clave en español), *abstract* (con palabras clave en inglés: *index terms*), *introducción*, los apartados correspondientes al *desarrollo*, *conclusiones* y *referencias*. Dentro del artículo se numeran, solamente, las secciones desde la introducción hasta las conclusiones.

Título

El título debe ser lo más corto posible (sin utilizar abreviaturas de preferencia) y no exceder de tres líneas.

Datos del autor

Se muestran el o los nombres completos de los autores (sin abreviaturas y distinguiendo los nombres de los apellidos con letras en 'negrita': Nombre **Apellido**), la dirección postal de la institución a la cual pertenecen, país, el teléfono (con la clave internacional de su país) y correo electrónico. En el caso de dos autores o más (de diversas instituciones), se deben mencionar los datos completos de cada uno.

Resumen

Debe contener 250 palabras como máximo. Consiste en una pequeña descripción de la investigación y una breve información de los resultados del trabajo que permite a los lectores identificar con rapidez los aspectos fundamentales del artículo y discernir su relevancia.

Abstract

Se incluye el resumen en inglés.

Palabras clave (Index Terms)

Se deben incluir de tres a cinco descriptores del trabajo en español e inglés.

Declaración de subvenciones

Se debe indicar si el trabajo ha sido realizado con la ayuda de una subvención o fondo especial.

Introducción

Expresa los antecedentes, límites, alcances y relevancia del problema. Plantea las premisas del mismo y el objetivo del trabajo. Se sugiere no extenderla como si fuera una exposición analítica.

Desarrollo

Se refiere al desarrollo del tema que puede ser teórico, experimental, teórico-experimental o la descripción de un nuevo diseño.

Conclusiones

Se establece la respuesta global del problema, son los objetivos alcanzados, las hipótesis comprobadas, modificadas o rechazadas.

Referencias

Es la lista de fuentes bibliográficas: artículos, libros, memorias de congresos, etcétera. Deben aparecer en el orden en el cual se mencionan dentro del artículo, señalándose con el número entre corchetes [1], con las siguientes especificaciones (*IEEE Editorial Style Manual*, AENOR UNE-ISO 690):

Artículo de revista científica:

- [1] A. Autor, "Nombre del artículo," *Nombre de la revista*, volumen, número, páginas, mes, año. [en línea]. Disponible en: URL. Consultado: día mes, año.

Ejemplo:

- [1] R. Ponce-Morales, F. Sánchez-Silva, I. Carvajal-Mariscal, M. Toledo-Velázquez, and J. S. Cruz-Maya, "Estudio experimental de la reducción de fricción en la conducción de fluidos usando surfactantes," *Ingeniería Mecánica. Tecnología y Desarrollo*, vol. 4, no. 6, pp. 205-217, junio, 2014. [en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/revista.oa?id=768&idp=1>. Consultado: 20 octubre, 2014.

Libro:

- [2] A. Autor, *Título del libro*, número de edición. Ciudad: Editorial, año. [en línea]. Disponible en: URL. Consultado: día mes, año.

Ejemplo:

- [2] J. P. Alperin, D. Babini, and G. E. Fischman, *Indicadores de acceso abierto y comunicaciones académicas en América Latina*, 1ª ed., Buenos Aires: CLACSO, 2014. [en línea]. Disponible en: http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20141217052547/Indicadores_de_acceso_abierto.pdf. Consultado: 5 febrero, 2015.

Tesis:

- [3] A. Autor, "Título de la tesis," grado, departamento, institución, ciudad de la institución, país, año. [en línea]. Disponible en: URL. Consultado: día mes, año.

Ejemplo:

- [3] O. I. López-Suárez, "Análisis del desempeño de una prótesis cardíaca en posición aórtica," tesis de maestría, Depto. Ing. Mecánica, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México, 2010. [en línea]. Disponible en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/handle/123456789/10306>. Consultado: 17 junio, 2013.

Memorias en congreso:

- [4] A. Autor, "Nombre de la ponencia," en *Nombre del Congreso*, ciudad, país, periodo, año [en línea]. Disponible en: URL. Consultado: día mes, año.

Ejemplo:

- [4] S. Agrawal, P. Chaporkar, and R. Udmani, "Call admission control for real-time applications in wireless network," en *INFOCOM, 2013 Proceedings IEEE*, Turín, Italia, 14-19 abril, 2013. [en línea]. Disponible en: doi, 10.1109/INFCOM.2013.6566789. Consultado: 28 noviembre, 2014.

Agradecimientos

Los agradecimientos se consideran dentro del cuerpo del artículo y se incorporan después de las conclusiones.

Anexos

Los anexos (nomenclatura, simbología, notación) se consideran parte del artículo.

Otras consideraciones

El trabajo se entrega en un procesador de textos (*word*) con páginas en tamaño 'carta' con tipo de letra 'Times New Roman' de 10 puntos, interlineado sencillo y espacio entre párrafos sin sangría (párrafo moderno), alineados a la izquierda, se puede solicitar la plantilla para manuscritos al correo electrónico de la revista revistacientifipn@yahoo.com.mx.

Las ecuaciones y fórmulas se enumeran para mayor claridad, deben encontrarse en formato editable, no como imágenes; los acrónimos y abreviaciones deben definirse la primera vez que sean usados en el texto.

Las figuras deben aparecer en el cuerpo del manuscrito y, además, entregarse en archivos por separado (.tif, .jpeg), es importante que al pasar cualquier imagen por un escáner debe hacerlo con una resolución de 300 ppp (puntos por pulgada). Las tablas deben aparecer en el documento en formato editable.

Los pies de las figuras deben estar debajo de estas con la indicación 'Fig. 1'; además, el título de los ejes en figuras a menudo es causa de confusión, por lo que se sugiere usar palabras en lugar de símbolos. Los encabezados de las tablas deben estar arriba de estas. Se requiere el uso, en todo caso, de símbolos (SI) en lugar de abreviaturas.

En el formato de las referencias se han considerados los lineamientos del *IEEE Editorial Style Manual* (2014) del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) y las especificaciones de la norma UNE-ISO 690 (2013) para su adaptación al español, traducida por la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR.

Científica considera que el material utilizado por los autores para su publicación está debidamente autorizado para tal propósito y le corresponde a los autores, no a *Científica*, obtener los permisos correspondientes para dicho material.

La revista *Científica* realizará las modificaciones editoriales pertinentes para el diseño de los manuscritos en el formato vigente.

Information for Authors Submitting Papers to Científica Journal

Científica is a biannual Journal sponsored by the Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) of Instituto Politécnico Nacional Mexico, it publishes theoretical and experimental research on Electromechanical and Electronics Engineering, Computer Engineering, Telecommunications, and also Education in Engineering.

Manuscripts could be written in English or Spanish and sent by email to revistacientifpn@yahoo.com.mx addressed to the Editorial Board [Tel. (+52) 55 5729 6000 ext. 54518; Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI), ESIME Zacatenco, Col. Lindavista, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, CP 07738, Mexico City, DF, Mexico].

Papers are reviewed by the Editorial Board and sent to an Associate Editor (AE doesn't know authors and their affiliations), he chooses two referees (blind peer review) selected for their expertise in a given field and reports to the Editorial Board the results. Authors should only submit original work that has neither appeared elsewhere for publication, nor which is under review for another refereed journal. Author accepts sending his/her paper the Editorial Board Policies. Once a manuscript has received the final approval of the reviewers and Editor-in-Chief, the author will be notified and sent a copyright form, in any event, authors must transfer copyright to *Científica*, papers will be shared by a Creative Commons License 'Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)'.

Manuscripts

The manuscript must be prepared in a *word* format with the sections, starting with an abstract, as shown below:

- **Abstract**
- **Resumen (Spanish abstract)**
- **Introduction**
- **Body of the manuscript**
- **Conclusions**
- **References**

Title

Must be concise and no longer than 3 lines using capital and lower case letters.

Authors' Name and Affiliations

The authors' name must be written below the title using a one column format starting with the given name followed by one or two family names, if two family names applies,

they should be joined by a hyphen (family names must be in **bold** type). Below the authors names must be written the affiliation including the address quality, fax, telephone number and email.

Abstract

The abstract with about 250 words must give a brief description about the research including some comments about the experimental or simulation results and conclusion.

Resumen (Spanish abstract)

It is desirable that, if it is possible, a Spanish abstract be provided.

Index Terms (*palabras clave*)

All papers must contain index terms as provided by the authors. They must be incorporated in Spanish too.

Financial support

All financial support for the work must be listed here and not in the acknowledgment at the end of the paper.

Body of the Manuscript

The body of the manuscript must include an introduction in which the relevance of the research must be explained. A review of related research works by either, the same or another authors must be included. The body of the manuscript also must include the theoretical aspects of the research, as well as experimental or simulation results if any, together with a Conclusions Section.

References

A numbered list of references must be provided at the end of the paper. The list should be arranged in the order of citation in text, not in alphabetical order. List only one reference per reference number. It is not necessary to mention the authors of a reference unless such mention is relevant to the text (see *IEEE Editorial Style Manual*). Sample correct formats for various types of references are as follows.

Periodicals:

- [1] F. N. Author, "Name of paper," *Title of Periodical*, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, abbrev. Month, year. [Online]. Available: URL. Accessed on: Month Day, year.

Example:

- [1] L. H. Hernández-Gómez, I. Saucedo-Meza, G. Urriolagoitia-Calderón, A. Balankin, and O. Susarrey, "Evaluation of crack initiation angle under mixed mode loading at diverse strain rates," *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, vol. 42, no. 1, pp. 53-61, Sep. 2004. [Online]. Available: http://www.mfractal.esimez.ipn.mx/integrantes/balankin/balankin_publications/public02/2004_3.pdf. Accessed on: May 25, 2012.

Book:

- [2] F. N. Author, *Title of Published Book*, xth ed. City of Publisher: Abbrev. of Publisher, year. [Online]. Available: URL. Accessed on: Month Day, year.

Example:

- [2] L. Jayamaha, *Energy-Efficient Industrial Systems: Evaluation and Implementation*, 1st ed., Portland: McGraw-Hill Education, 2014.

Theses and Dissertations:

- [3] F. N. Author, "Title of thesis/dissertation," M. S. thesis or Ph. D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., year. [Online]. Available: URL. Accessed on: Month Day, year.

Example:

- [3] L. H. Hernández-Gómez, "Crack Initiation under Shock Loading: Validation of a New Testing Technique," Ph. D. dissertation, Dep. Mech. Ing., Oxford Univ., Oxford, UK, 1992.

Published Conference Proceedings:

- [4] F. N. Author, "Title of paper," in *Abbreviated Name of Conf.*, City of Conf., Country, year, pp. xxx-xxx [Online]. Available: URL. Accessed on: Month Day, year.

Example:

- [4] S. Agrawal, P. Chaporkar, and R. Udmani, "Call admission control for real-time applications in wireless network," in *INFOCOM, 2013 Proceedings IEEE*, Turin, Italy, 14-19 Apr., 2013. [Online]. Available: doi, 10.1109/INFCOM.2013.6566789. Accessed on: Nov. 28, 2014.

Preparation for publication

The following is a list of general guidelines for the submission of electronic media by prospective authors:

The operating system and word processing software used to produce your document should be noted on your e-mail (postscript and Adobe Acrobat PDF files are not acceptable because the files cannot be edited).

Text in 'Times New Roman' at 10, single spacing without paragraph indent; check that your files are complete. Include: abstract, index terms, text, references and figure captions.

Figures comments must be below them and tables comments above. It is necessary to use the International Systems of Units not abbreviations.

In order to achieve the highest quality of reproduction, resolutions of 600 dpi (1 bit/sample) at final printed size for line art (graphs, charts or drawing) and 300 dpi (8 bits/sample) at final printed size for photographs and other grayscale images are required.

Científica assumes that material submitted to its publication is properly available for general dissemination for the readership of this publication. It is the responsibility of the authors, not *Científica*, to determine whether disclosure of their material requires the prior consent of other parties and, if so, to obtain that consent. If an author uses charts, photographs, or other graphics from previously printed material, he/she is responsible for obtaining written permission from the publisher to use the material in his/her manuscript.

Científica does not provide drafting or art services. Thus, the better the quality of the material submitted, the better the published result. Try to adhere to the accepted style as much as possible. Of particular importance here is the references list, editing references guidelines are from the *IEEE Editorial Style Manual* (Chapter V. Editing References, pp.34-40).

Científica

ISSN 1665-0654 | e-ISSN en trámite

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,
Instituto Politécnico Nacional, México.

www.cientifica.esimez.ipn.mx
revistacientifipn@yahoo.com.mx

COMITÉ EDITORIAL

Guillermo Urriolagoitia Calderón
Instituto Politécnico Nacional
MÉXICO

Alexander Balankin
Instituto Politécnico Nacional
MÉXICO

Jesús del Castillo
Instituto Venezolano de Investigación Científica
VENEZUELA

María Teresa Alonso Rasgado
University of Manchester
REINO UNIDO

Manuel Elices Calafat
Universidad Politécnica de Madrid
ESPAÑA

Marco Ceccarelli
University of Cassino
ITALIA

Héctor Pérez Meana
Instituto Politécnico Nacional
MÉXICO

Jinhui Shao
University of Shuo
JAPÓN

Indizada en:

Latindex: Sistema Regional
de Información en Línea para
Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.
www.latindex.org

Periódica:
Índice de Revistas Latinoamericanas
en Ciencias.
www.dgbiblio.unam.mx

Redalyc: Red de Revistas Científicas
de América Latina y el Caribe,
España y Portugal.
www.redalyc.org

Publindex:
Índice Bibliográfico Nacional
Revistas Científicas Homologadas
del Colciencias.
[http://scienti.colciencias.gov.co:8084/
publindex/](http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/)

Análisis de software aeroespacial mediante un algoritmo de planificación modular aviónico

Aerospace Analysis Software Using an Algorithm of Avionic Modular Planning

Verónica **Quintero-Rosas**, Claudia **Martínez-Castillo**, Heber

Hernández-Tabares, Mario **Camarillo-Ramos**, Gilberto **García-Gómez**,
Francisco **Ibañez-Salas**, José **Juárez-Viveros** | MÉXICO

03-11

Determinación del ángulo de proyección ortogonal de corruga de alambre laminado

Determination of the Orthogonal Projection Angle of Cold Deformed Wire Rebars

José Alfredo **Sánchez de León** | MÉXICO

13-15

Propuesta de un modelo para mejorar el desempeño educativo del Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional

Proposal of a Model to Improve the Educational Performance
of the Higher Level of the National Polytechnic Institute

Nashielly **Yarzabal-Coronel**, Carmen **Rey-Benguría**,
Claudia Patricia **Castro-Rodríguez**, Maricela **Cuellar-Orozco**,
Julián **Patiño-Ortiz** | MÉXICO

17-27

La adicción y ansiedad vinculadas a las tecnologías de la información y comunicación, incidencia en la calidad de vida de los estudiantes

Changes in the Quality of Life of Students, Related to Addiction
and Anxiety towards Information Technology and Communication

Eduardo Ángel **Zavala-Romero** | MÉXICO

29-39

Assessment of CAR and GIDS Methods to Interpolate Rain Values in Mexico City in Flood Event

Evaluación de los métodos CAR y GIDS para interpolar valores de lluvia
en la Ciudad de México en eventos de inundación

Gonzalo **Orozco-Aceves**, Samuel **Alcántara-Montes**,
Juan Manuel **Velázquez-Arcos** | MÉXICO

41-49

Diseño, implementación y control para un banco de pruebas con bombas centrífugas en conexión serie y paralelo

Design, Implementation and Control for a Test Bank with Centrifugal Pumps
in Serial and Parallel Connection

Ivette **Amores-Silva**, Miriam **Chávez-Estrada**,
Mónica **Miranda-Ramos** | ECUADOR

51-59

SAR de teléfonos inteligentes con refracción negativa de metamateriales: primera parte

SAR of smart phones with negative refraction of metamaterials: first part
Héctor **Torres-Silva** | CHILE

61-69

Metodología combinada del uso de MarPrime y Vibrotip para diagnóstico del motor HYUNDAI HIMSEN 9H25/33

Combined Methodology of MarPrime and Vibrotip for the diagnosis
of the HYUNDAI HIMSEN 9H25/33 engine

Yovany **Oropesa-Márquez**, Nilo **Cecilia-Simón** | CUBA

71-79

EQUIPO EDITORIAL

Guillermo Urriolagoitia Calderón, **Director** • Alma Vicenta Miranda Godínez, **Coordinadora Editorial**
Cuauhtémoc Jiménez Pérez, **Editor Técnico** • Luis Alberto Méndez Cruz, **Página Web**