



ENTORNO ACADÉMICO

**REVISTA DE
DIVULGACIÓN
CIENTÍFICA**

AÑO 11 / No. 14 / Diciembre de 2014

ISSN: 1870 - 5316

EDITORIAL



Hoy se afirma que vivimos en la “sociedad de la información y del conocimiento”, que tenemos “empresas o clusters del conocimiento”, se habla de “gestión del conocimiento”, que disponemos de “instrumentos de desarrollo basados en el conocimiento”, etc. y se afirma que muchos empleos y hasta la economía requieren un “conocimiento intensivo”.

El conocimiento y, en concreto, el conocimiento científico-tecnológico forma parte de nuestra vida y hasta configura nuestras vidas y formas de vivir. Por medio de la investigación científica, el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta. Por tanto podemos considerar que la ciencia pertenece a la vida social; en cuanto se le aplica al mejoramiento de nuestro medio natural y artificial, a la investigación y manufactura de bienes materiales y culturales, la ciencia día a día se involucra más con nuestras actividades.

La divulgación científica desempeña un papel importante en la cultura actual, ya que es la principal fuente de donde se nutre la gente para obtener conocimientos científicos y porque es una de las principales responsables de la formación de la imagen científica, tanto dentro de las propias comunidades científicas, como hacia fuera, con el público amplio no especializado.

El Instituto Tecnológico Superior de Cajeme tiene claro que una participación más activa de la comunidad científica en la divulgación permitirá entusiasmar a los estudiantes para que conozcan y consideren a la ciencia como una actividad profesional no sólo posible e interesante, sino también agradable. Siendo importante valorar el papel de la buena comunicación de la ciencia, así como de la relación entre sociedad y ciencia, ya que en materia de comunicación entre ambos terrenos hay mucho que hacer, y con mayor urgencia en México.

La ciencia es en realidad parte oculta de la cultura contemporánea, fenómeno este que urge analizar. Una buena forma de contribuir a ello es haciendo una correcta y amplia divulgación de la ciencia. Al divulgar un tema científico no se busca que el público lo domine como lo hace el especialista, sino que adquiera una idea clara de lo que se trata, cuidando el no deformar el conocimiento científico.

En la divulgación de la ciencia también se debe mostrar al público cómo se elabora el conocimiento científico, ya que la ciencia es una actividad que está permanentemente en construcción, así como el método científico. Siendo este método una parte esencial por lo que también debe divulgarse, para que el lector pueda entender que la ciencia es un proceso en continua construcción y cómo lo hace.

Con la revista Entorno Académico no sólo se busca ofrecer datos, presentar hechos y dar información, sino también brindar las pautas necesarias para comparar, confrontar y valorar conocimientos, reconstruir la información y evaluar las conclusiones. De lo que se trata es de que el público participe del mundo de la ciencia en una forma activa e integral, y que la divulgación de la ciencia ayude a distribuir una riqueza cultural que llene una necesidad en nuestros tiempos.

La buena divulgación o comunicación del conocimiento científico-tecnológico configura un motor decisivo en el desarrollo económico-social. Como la comunicación del conocimiento científico-tecnológico tiene lugar en un contexto, se está pasando de la cultura de la autonomía de la ciencia y la tecnología a la cultura de la responsabilidad con relación a la sociedad. En esta línea se presenta Entorno Académico que es una contribución más del ITESCA al crecimiento de nuestra sociedad.

Respetuosamente,
“Casa Abierta al Tiempo y a las Ideas”

M.I. Paulino Antonio Sánchez López

Director del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

DIRECTORIO

DIRECTORIO GENERAL

Lic. Emilio Chuayffet Chemor
Secretario de Educación Pública

Dr. Fernando Serrano Migallón
Subsecretario de Educación Superior

M.A. Manuel Quintero Quintero
Director General de Educación Superior Tecnológica

M.C. David Rafael Trigueros
Director de Institutos Tecnológicos Descentralizados

Mtro. Jorge Luís Ibarra Mendívil
Secretario de Educación y Cultura del Gobierno del Estado de Sonora

C. Gustavo De Unanue Galla
Subsecretario de Educación Media Superior y Superior de la SEC del Estado de Sonora

C.P. José Alberto Ruibal Santa Ana
Subsecretario de Planeación y Administración de la SEC del Estado de Sonora

Profr. Fausto Lara Aguirre
Encargado de la Subsecretaría de Educación Básica de la SEC en el Estado de Sonora

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

M.I. Paulino Antonio Sánchez López
Dirección General

Lic. Miguel Medina Saldaña
Dirección Académica

Ing. Florentino Ruiz Cervantes
Dirección de Vinculación

Mtra. Lucrecia Valenzuela Segura
Subdirección Académica

C. Dr. María Lourdes Sánchez Cruz
Subdirección de Posgrado e Investigación

Lic. Obed Valenzuela Fraijo
Subdirección de Vinculación

Lic. Christopher Alberto Navarro Fregoso
Subdirección de Servicios Administrativos

Mtra. Ana Luisa Aguilar Mendívil
Subdirección de Planeación

Mtro. Marco Antonio Brambilla Ramírez
Departamento de Desarrollo Académico

Mtro. Leobardo Rodríguez Contreras
Dpto. de Tecnologías de la Información y Comunicación

Mtra. Nora Iveth Torres Salazar
Departamento de Planeación y Programación

Lic. María Consuelo Domínguez Haros
Departamento de Personal

Mtra. Guadalupe Vásquez Chávez
Departamento de Calidad

Lic. Luis Alfonso López Martínez
Departamento de Operación y Control Escolar

Mtra. Fabiola Morales Ortega
Departamento de Recursos Financieros

Lic. Reyna Isabel Ramírez Corral
Departamento de Vinculación

Ing. Octavio Ibarra Zayas
Departamento de Recursos Materiales y Servicios

Mtro. Clemente Humberto Grijalva Angulo
División de Arquitectura

Dr. Martín Villa Ibarra
División de Ingeniería Ambiental

Mtro. José Lionso Salazar Huerta
División de Ingeniería Electrónica

Mtro. Hiram Álvarez Velázquez
División de Ingeniería en Sistemas Computacionales

Mtra. Norma Aideé Ríos Lugo
División de Ingeniería Industrial

Mtra. Teresita Burgos Ochoa
División de Ingeniería Mecánica

Mtro. Alberto Limón Valencia
División de Licenciatura en Administración

Mtra. Lylia Elsa Olea Vidaurrázaga
División de Ingeniería en Gestión Empresarial

Dra. Socorro del Rivero Jiménez
División de Ciencias Básicas

Mtro. Bruno García Llanes
Coordinación de Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana

Dr. Baldomero Lucero Velázquez
Coordinación de Maestría en Ing. Mecatrónica

Mtra. Carla Olimpya Zapuche Moreno
Coordinación de Maestría en Administración

Dr. Ernesto Carlos Martínez
Coordinación de Maestría en Educación

Lic. Adelisa Machado Acosta
Coordinación de Idiomas

Mtra. Maribel Alvarado Valdez
Coordinación de Servicios Estudiantiles

Mtra. Mariela Rubí Navarro Valdez
Coordinación de Educación a Distancia

Mtro. Ricardo Alonso Hernández
Coordinación de Cultura

CONSEJO DE PUBLICACIONES

M.I. Paulino Antonio Sánchez López
Presidente

Lic. Miguel Medina Saldaña
Secretario Académico

Mtro. Florentino Ruiz Cervantes
Secretario de Relaciones Internas y Externas

Lic. Obed Valenzuela Fraijo
Secretario de Finanzas y Comercialización

Mtra. Lucrecia Guadalupe Valenzuela Segura
Secretario Técnico

Mtra. María de Lourdes Sánchez Cruz
Jefe de Edición y Producción

Mtro. Leobardo Rodríguez Contreras
Jefe de Edición Digital

Lic. Christopher Navarro Fregoso
Jefe de Resguardo y Distribución de Publicaciones

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Alberto Ramírez Treviño
Dr. Ernesto Alonso Carlos Martínez
Dr. Martín Villa Ibarra
Mtro. Ignacio Yépiz Villaburu

COMITÉ DE PRODUCCIÓN

M.I. Gisela Ruiz Regalado
Editor en Jefe

Lic. Jonathan Monteverde López
Responsable de Diseño y Producción Digital

COLABORADORES

Dr. Bruno Pablos Lugo.

Mtro. Alejandro Jacobo Castelo.

M.I. Francisco Javier Ochoa Estrella.

Dr. Alberto Ramírez Treviño.

M.I. Armando Cota Danzos.

Mtro. René Daniel Fornés Rivera.

Ing. Hugo César Mora Gallardo.

Ing. Marco Antonio Conant Pablos.

Mtro. Moisés Ricardo Larios Ibarra.

Mtra. Francisca Guadalupe Reyes Ruiz.

Mtra. Carla Olimpya Zapuche Moreno.

M.A. Luis Alberto Limón Valencia.

Ing. Juan Guillermo Vega Mejía.

Mtro. Juan Enrique Palomares Ruiz.

Dr. Leoncio Ruiz Moreno.

Mtro. José Guadalupe Castro Lugo.

Dr. Ricardo Ruiz Moreno.

Dra. Socorro del Rivero Jiménez.

Mtro. Fernando Orduña Cabrera.

Ing. Luis Armando Jara Lugo.

Ing. Luz Aurora Florez Matuz.

Ing. Angélica Aguilar Escalante.

Dra. Celia Velázquez Reyna.

ÍNDICE

La declamación en la formación de valores y desarrollo del juicio moral	5
Estudio comparativo de desempeño de un generador piezoeléctrico, basado en arquitecturas diferentes inscritas en un mismo volumen	14
Aplicación de Kaizen para incrementar el flujo del proceso de producción en un área determinada	21
Plan de mejora para el proceso de trituración de minerales en una mina de cobre	28
Demostración de dinámica caótica en la función logística, vía conjugación topológica con el mapeo corrimiento	39
ALDRO / Robot Inteligente	52
Legislación Laboral y Fiscal en las MIPYMES en México	58

La declamación en la formación de valores y desarrollo del juicio moral

Bruno Pablos Lugo. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.

Docente en la Maestría en Educación.

Alejandro Jacobo Castelo. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.

Docente en la Maestría en Educación.

La enseñanza de la ética y la estética a través del arte “declamatorio educativo”, en este siglo de materialidad en que vivimos, es un buen camino para restaurar los altos valores del espíritu.

Lucía Jaramillo (1989).

Resumen

En este trabajo se propone a la declamación como herramienta pedagógica y como promotora del desarrollo del juicio moral y de los valores profesionales, fundamentando su importancia empírica y teórica. Se revisaron algunos de los modelos para desarrollar valores y oralidad. Este estudio de intervención mixta siguió la metodología de la Teoría fundamentada, para determinar en qué medida el curso taller de declamación aquí propuesto, favorece en los alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, una mejor percepción acerca de los valores institucionales, así como el desarrollo de su juicio moral. Se impartió un curso taller de declamación, para el que se utilizaron poemas, cuyos contenidos abordaban los valores del Código de ética de la Institución. Se realizaron entrevistas a profundidad a los alumnos, tomando como ejes de análisis los resultados grupales y se comprobó la hipótesis de que a través del curso taller de declamación aquí propuesto, los alumnos del grupo de intervención mostrarían un incremento en el desarrollo de su percepción positiva de los valores institucionales, así como en el de su juicio moral, en comparación con los alumnos de los grupos que no participaron en el curso taller de declamación.

Palabras clave

Declamación, Oralidad, Herramienta pedagógica, Valores y Juicio moral.

Abstract

This paper proposes a declamation as a teaching tool and as a promoter of the development of moral judgment and professional values, basing their empirical and theoretical importance. We reviewed some of the models to develop values and orality. This study mixed intervention followed the methodology of grounded theory, to determine to what extent the course workshop declamation proposed here, favors students from the Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, a better perception of the institutional values and development of moral judgment. Declamation workshop course for which poems were used, the contents of which addressed the values of the Code of Ethics of the Institution was held. Depth interviews with students were conducted, taking as axes of analysis group results and the hypothesis that through the course shop declamation proposed here, students in the intervention group would show an increase in the development of their positive perception was found institutional values and in your moral judgment, compared to students from groups that did not participate in the workshop course declamation.

Keyword

Declamation, Orality, Pedagogical tool, Values and moral judgment.

Antecedente

Este trabajo está basado en una investigación, para la obtención del título en el doctorado en Planeación y liderazgo educativo de la

Universidad del Valle de México, campus Hermosillo, cuyo examen culminó favorablemente para su autor, en enero de 2013.

La lucha desde la educación contra la conducta violenta y la agresión, constituyen un tema de relevancia social indiscutible. Científicos de todos los campos han dedicado gran atención y esfuerzos a la explicación de este fenómeno, con resultados tan limitados como polémicos (Jacobo, 2002).

Ante la situación social de violencia, es importante señalar, que la tarea educativa, tanto formal como informal, está enmarcada en cuadros legales y pedagógicos que ponen en el centro a los valores institucionales. Nuestra impresión, surgida del trabajo diario en las aulas, es que estos valores no son expresados adecuadamente a los alumnos y mucho menos hemos establecido una forma para medir su conocimiento ni su vivencia.

Precisamos de intervenciones globales, dirigidas a la familia, a la escuela y a otras instancias; para ello, es importantísima la implicación de los involucrados en la solución como en la comprensión del alcance del fenómeno. La familia y la escuela son los más importantes agentes educativos y socializadores para la solución de este problema; en ese sentido, este proyecto se conecta muy estrechamente con estas dos grandes esferas.

Por lo anterior, podemos afirmar que en la vida espiritual de la sociedad en que vivimos, el arte adquiere, junto con la ciencia, una significación cada vez mayor, por lo que es preciso influir en la educación de los sentimientos y la sensibilidad artística.

En este trabajo, se escogió específicamente a la declamación para la fase de intervención. De entre todas las artes, se revisó en el apartado del estado del arte que la declamación no es un tema debidamente abordado por la investigación educativa. Esto no concuerda con la filosofía y principios pedagógicos del Programa Estatal de Educación, que la Secretaría de Educación y Cultura presenta, bajo el lema de Calidad de Sonora en la educación.

Establecimiento del problema

Por lo anterior, nos interesa destacar esta posibilidad que se abre de la participación del arte, pues así como se advierte un olvido institucional de los valores, también apreciamos que se puede estar dando una desatención al papel que puede jugar el arte en la formación ética. La educación y la sociedad en general, parecen poner

sus ojos en el conocimiento y la técnica, descuidando la formación estética de los alumnos.

En sus orígenes, la cultura occidental hermanaba del *tecnos* griego; en la actualidad, hemos separado tanto la filosofía, como la ciencia y el arte de la misma, y el resultado no ha sido positivo. Autores como el filósofo alemán Jürgen Habermas o Zygmunt Bauman proponían modelos que permitían analizar la sociedad como dos formas de racionalidad que están en juego simultáneamente: La *racionalidad sustantiva del mundo* de la vida y la *racionalidad formal del sistema*; ellos, llaman a la sociedad a realizar la nueva integración de estos saberes bajo su propuesta de acción comunicativa. Justificamos buena parte de esta investigación en estos autores, durante el desarrollo del presente trabajo, así como en Kohlberg (1992) y Bruner (1996) sustentaremos la relación entre valores y oralidad.

Objetivo

Esta investigación acción participativa, se fijó el objetivo de estudiar el grado de percepción positiva, por parte de los alumnos del ITESCA, acerca de los valores profesionales, así como el desarrollo de su juicio moral, con la impartición de un curso de declamación, utilizando poemas que en su contenido reflejaran los valores del Código de ética y conducta de la institución.

Justificación

Es necesario buscar estrategias para que nuestros jóvenes no se formen en la cultura de la violencia y del delinquir constante. Aquí está la ruta de esta investigación: *El arte y los códigos sensibles de la oralidad para la formación de valores*.

Este Trabajo de tesis doctoral, se basa en la recuperación de un descuido de *La importancia de la forma*; la Pedagogía de la lectura y de la escritura en México ha tenido, desde finales de los años ochentas, hasta los tiempos recientes, un descuido por la forma.

Las conductas de los alumnos, en este caso, pero las de todas las personas en general, develan la verdadera prioridad que damos a los valores personales, considerando para ello un entorno de absoluta libertad. Los valores son piezas claves que nos permiten acortar la distancia: que lo que verdaderamente nos importa, no se encuentre tan separado de lo que vivimos.

Marco teórico

Analizamos la didáctica de la lengua hablada y la didáctica de los valores, revisamos a detalle las propuestas didácticas para formar valores en la

escuela y preparemos así el terreno para pasar a la fase de intervención.

Partiendo del concepto de lengua hablada y desde allí abordamos a la declamación como recurso pedagógico, hasta llegar a la propuesta del modelo educativo en el que la declamación es el recurso para la promoción de valores profesionales. Cabe destacar, como se puede advertir desde el estado del arte, que sustentamos una aportación teórica metodológica original y que es la intersección entre la perspectiva de los valores y la perspectiva de la enseñanza de la lengua hablada.

Kholberg (citado en Farfán, 2008) y otros autores, nos proporcionan una fundamentación clara y muy sólida sobre la formación en valores, pero el engarce novedoso y complicado del modelo teórico para este trabajo, resulta de vincular el trabajo teórico metodológico de la enseñanza de los valores con el apartado de la didáctica de la lengua hablada, cuyo sustento está en Bruner (1987). Esta aportación retoma un sentido formativo profundo de la declamación y explora su fundamentación teórica.

Desde los tiempos antiguos, hablar es un aprendizaje que la escuela ha considerado. Los griegos incluían en sus enseñanzas, las expresiones de los discursos político (Oratoria) y poético (Declamación) (Mate, 1838; Fagot, 1935). También los romanos daban gran importancia a la enseñanza clásica del trivio y el cuadrivio.

En la actualidad, como en esos tiempos antiguos, hablar es un aprendizaje primordial para la vida social y escolar. Cada cultura establece criterios que califican al buen hablante. La escuela ha retomado ese encargo social.

Es primordial “hablar” en la escuela, sistematizar su enseñanza o promover cursos como el referido en esta tesis, puesto que la escuela es un ámbito privilegiado donde los alumnos pueden adquirir y desarrollar los recursos y estrategias lingüísticas necesarias para superar la desigualdad comunicativa, es responsable de la enseñanza de los géneros más formales, como la exposición, el debate, la entrevista, etc..., géneros que no se aprenden espontáneamente sino que requieren una práctica organizada.

Además, la importancia cultural y psicológica que tiene el habla radica en ser una actividad semiótica, es decir, con símbolos y signos. Al ser ellos los que hacen posible la comunicación oral, su importancia radica en su capacidad de modificar al sujeto y a través de éste a los objetos, lo que es de central interés para las teorías cognitivas y educativas (Pozo, 1989).

La cultura proporciona los signos, pero cada uno de los participantes de esa cultura debe construirlos o, mejor dicho, reconstruirlos en su interior con ayuda de la manipulación de las cosas y de la interacción con otras personas (Vygotsky, 1979).

El lenguaje, en tanto actividad simbólica, provee el medio a través del cual el pensamiento puede ser expresado. El propio uso del lenguaje y la continua experiencia de estar entre usuarios del mismo, influye no sólo en la forma en que el estudiante utiliza el lenguaje, sino, lo que es más importante, en la forma en que pensará y el tipo de interpretación que hará de su experiencia (Tough, 1987, cit. por Reyzábal, 1993:18).

Dada la importancia cultural y simbólica del lenguaje, damos profundidad al discurso sobre el aprendizaje de la lengua, desde los trabajos del profesor Jerome S. Bruner, quien es un insigne promotor de la revolución cognitiva, presentando un nuevo enfoque para el estudio de la mente en su libro *Realidad mental y mundos posibles* (1987).

Con este autor, construimos una explicación teórica que permite vincular la formación moral con la declamación, tomando como punta de partida la enseñanza de los valores y la enseñanza del lenguaje hablado. Bruner, considera que la ciencia cognitiva se ha centrado estrictamente en los aspectos sistemáticos y lógicos de la vida mental; es decir, en los procesos mentales que empleamos para resolver acertijos, comprobar hipótesis y plantear explicaciones.

Bruner explica que existe otra faceta de la mente: la destinada a los actos humanos de la imaginación, los cuales nos permiten dar sentido a la experiencia; es la fase que produce buenos relatos, obras dramáticas, mitos y crónicas históricas. Bruner la denomina “*modalidad narrativa*” y es a partir de este concepto en donde engarzamos nuestro discurso sobre el aprendizaje de la lengua, pues con ello el lenguaje oral puede resultar en excelente vehículo para la formación en valores.

Basándose en el enfoque pragmático de Austin, Bruner considera que la narración (Cuentos, poemas, anécdotas) es un acto de habla que se inicia dando algún tipo de indicación a un oyente o lector: primero, que se va a relatar una historia; segundo, que es real o ficcional, y tercero (Optativo) que pertenece a un género: un cuento triste, una fábula moralista, un relato que ilustra un castigo merecido, un escándalo determinado, un acontecimiento de la vida de alguien.

Además, hay una condición de estilo: que la forma del discurso en la que se constituye el relato deje abierta la “producción de significados”. Es esta última condición la que nos lleva directamente a las propiedades discursivas de los relatos y, por lo tanto, a la declamación como forma y vehículo de la lengua hablada narrativa, tal y como la define Bruner, en oposición a la forma paradigmática explicativa científica.

Aunque Bruner no escribió sobre el tema de la declamación y el desarrollo de valores, sí refirió aspectos de la forma del lenguaje hablado que nos permiten vincular su explicación con nuestro tema. Él se refirió a que *en la “manera de contar” debe de haber “desencadenantes” que suscitan respuestas en la mente del lector, que transforman una fábula trivial en una obra maestra de la narración literaria.*

Bruner presenta en su trabajo, sugestivos ejemplos que ilustran cómo puede estudiarse con éxito la modalidad narrativa de la mente, y señala el camino hacia la consecución de un enfoque más humano y sutil para investigar el funcionamiento de ésta, a partir de recientes trabajos sobre teoría literaria, lingüística y antropología simbólica.

Examina los actos mentales que intervienen en la creación imaginaria de mundos posibles y demuestra cómo la actividad que producen esos mundos sirve de base para las ciencias humanas, la Literatura, la Filosofía y asimismo para el pensamiento cotidiano, que en nuestra conexión es campo fértil con la poética.

A partir de este análisis que hace Bruner, apreciamos que el dilema moral, tiene relación en cuanto a la coincidencia estructural con la narrativa, pues el autor sostiene, que lo que le da unidad al relato es el modo en que interactúan el conflicto, los personajes y la conciencia, para producir una estructura que tenga un comienzo, un desarrollo y un “sentido de final”.

Esta estructura también tiene relación con el acto declamatorio, pues lo que se busca en la estructura del relato es, precisamente, cómo se integran el conflicto, el personaje y la conciencia. Subraya además, que la inseparabilidad del personaje, el ambiente y la acción deben estar profundamente enraizados con el carácter mismo del pensamiento narrativo; difícilmente podemos concebirlos aisladamente.

Por esto, sostenemos la idea de que con la declamación, la más excelsa de las formas de elocución, desde que se expresa el arte poético, es un formato muy atractivo y pragmático para expresar (“narrar”, siguiendo a Bruner) historias

humanas que provocan la mejora de la percepción valoral y el desarrollo del juicio moral.

Es decir, en el aspecto de la estructura, se pueden encontrar coincidencias entre las narrativas y lo que es declamado; la novedad surge en la forma y en la presentación atractiva de la narrativa que puede proveer la declamación; para ello, presentamos el esquema de la siguiente Figura 1.

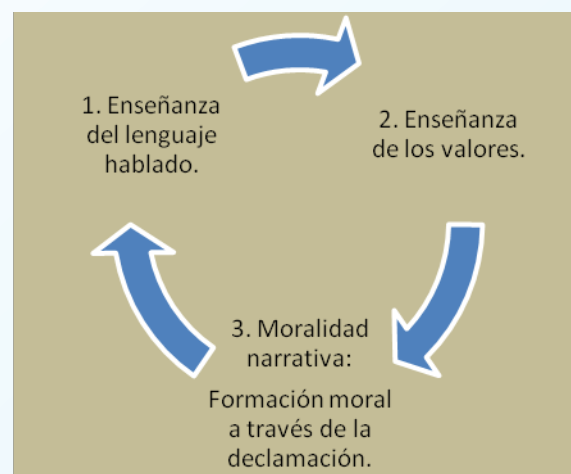


Figura 1. Discurso sobre el aprendizaje de la lengua.

Con este *engarce teórico* se pretende avanzar en el sentido de dar al arte declamatorio la fundamentación teórica que no ha tenido, no obstante, resulta innegable su desarrollo práctico desde la antigüedad (Pelaes, 1835; Mate, 1838; Fagot, 1935; Sarac, 2011) hasta nuestros días, como herramienta para la formación cívica y artística.

Con ello aportamos al *arte de la palabra bella* la fuerte justificación teórica y empírica que le pertenece, no sólo desde esta perspectiva de Bruner (1987), sino de otros importantes autores de esta aproximación cultural, como Vygotsky (1979).

Con este enfoque teórico, el contenido de las piezas poéticas a escoger para una intervención, son de crucial importancia para lograr el desarrollo del juicio moral de los participantes.

Para dar fuerza a esta *unión* entre la narrativa de Bruner y la declamación como herramienta educativa que relaciona los valores profesionales y el desarrollo del juicio moral y justificar el

señalamiento acerca de la importancia del contenido de la pieza poética considerada para la declamación, referimos a Freud. Este autor, a pesar de trabajar desde un paradigma diferente al de Bruner, coincide en el planteamiento que estamos recogiendo sobre el vínculo entre formación moral y lenguaje.

Freud pensaba que *“hacer externo el drama interno” ayuda al lector a identificarse no sólo con los personajes, sino también con los conflictos humanos en los cuales se encuentran*. Esta idea coincide explícitamente con lo afirmado por Jerome Bruner quien nos revela que *el objeto de la narrativa son las vicisitudes de las intenciones humanas*. Son precisamente estas vicisitudes las que pueden promover, mediante la declamación, los dilemas morales (materia prima) a estudiar, para la internalización de valores.

Bruner enfatiza con respecto a la narración que: *“...el lector la recibe componiéndola; el texto mismo tiene estructuras que presentan dos aspectos: un aspecto verbal que guía la reacción y evita que resulte arbitraria, y un aspecto afectivo que es desencadenado por el lenguaje del texto.”*

Aquí es donde puede producirse la mimesis **declamación - valor(es) en el poema - participantes**. Aristóteles, aplica este término *mimesis* como *“imitación creadora”*. La declaración central de la *Poética* de Aristóteles, según la cual epopeya, tragedia y comedia son imitaciones de la acción humana. Si utilizamos el diagrama de Flick (2004) acerca de la mimesis, para esquematizar esta explicación, tenemos la Figura 2.



Figura 2. El proceso de mimesis **declamación - valor(es) en el poema-participantes**

Es decir, en el aspecto de la estructura, se pueden encontrar coincidencias entre las narrativas y lo que es declamado; la novedad surge en la forma y en la presentación atractiva de la narrativa que puede proveer la declamación.

Método

El estudio realizado siguió la metodología de la teoría fundamentada (Flick, U., 2004). El abordaje del objeto implicó, en primer lugar, el análisis del

Código de Ética y conducta del ITESCA, con la finalidad de establecer y mostrar los entes valorales que allí se enuncian. Enseguida, estos valores se tomaron como referentes para su posterior indagación, mediante la aplicación del cuestionario de valores, a todos los alumnos, tanto a los del grupo de aplicación como a los del grupo de control; en esta fase también se aplicó el *Dilema de Heinz* (Evaluación diagnóstica).

Después, realizamos la intervención con el grupo de aplicación, la cual consistió en la impartición del curso de declamación, para continuar con la segunda aplicación del cuestionario y dilema de Heinz (Evaluación final). La información pre y postest fue capturada, graficada y analizada.

Posteriormente se realizaron entrevistas a profundidad a los alumnos de los diferentes semestres (Seguimiento), tomando como ejes de análisis los resultados grupales de la aplicación del cuestionario y del *Dilema de Heinz*. El análisis de los datos obtenidos, tanto del cuestionario del *Dilema de Heinz* y de las entrevistas, se dio en el contexto del Plan de estudios y del Código de ética y conducta del Tecnológico de Cajeme.

Finalmente se analizaron las entrevistas, en las que mostramos a los alumnos los resultados del cuestionario y del dilema de Heinz, pidiéndoles su interpretación, con el objetivo de redondear los hallazgos. A continuación se presentan las fases del método, en la Figura 3.



Figura 3. Las fases de la metodología para esta investigación.

Resultados

Los resultados se presentan por semestre: segundo, cuarto, sexto y octavo; primero enfocándonos en los resultados pre y postest del cuestionario con su correspondiente gráfica comparativa, después los del *Dilema de Heinz* y, finalmente, los resultados de las entrevistas.

Es importante resaltar que la aplicación del cuestionario puede no elaborar un reporte exacto

de la realidad, ni constituye el fin de este trabajo, pero sabemos que tampoco es un elemento prescindible en la investigación cualitativa (Farfán, 2008); en ese sentido, lo declarado por los alumnos, fue un dato a partir del cual se elaboró un análisis más profundo con las entrevistas, cuyos resultados presentamos después.

Como preámbulo a la presentación de los resultados, advertimos al lector que quizá la frialdad de los números no le expresen a fondo los cambios que el curso taller representó, por lo que le sugerimos concentrar su atención en las respuestas de los alumnos en las entrevistas, en donde se refleja la riqueza de la intervención.

Discusión de resultados

Resulta indudable que después de vivir esta aventura en el campo valoral en conjunción con el recurso de la declamación, desde nuestra investigación para el estado del arte hasta los hallazgos de la intervención, apreciamos lo diverso del panorama y confirmamos el dinamismo de los valores a través del tiempo, a través del proceso de enseñanza, de la meditación en las alas del arte y el discurrir de opiniones.

Después de la intervención, los alumnos que llevaron el curso, mejoraron su percepción acerca de los valores institucionales y mostraron avance en el desarrollo de su juicio moral, presentando una mirada optimista de la situación, en este campo.

Hemos encontrado hallazgos, tanto en los resultados del cuestionario como en los de la aplicación del *Dilema de Heinz*, que confirman la hipótesis de que con la impartición del curso taller de declamación, con el objetivo de desarrollar, tanto su percepción sobre los valores plasmados en el Código de ética y conducta del ITESCA como en su juicio moral, sí se logra concienciar a los alumnos acerca de la importancia y del crecimiento personal en el campo de los valores.

Afianzamos la idea de que los cuestionarios miden la percepción que tienen los alumnos acerca de los valores; no podemos afirmar que esos son sus valores, sólo es cómo los perciben. La intervención dejó además una proa visionaria más halagüeña acerca de los valores de la persona y, según nuestra percepción, una mejora en su proceso de pensamiento en lo moral.

La característica de lo mixto en la utilización metodológica para este trabajo de investigación, valora las diferencias desde una mirada ponderada, no fríamente aritmética nada más; o

sea, la experiencia y sentido del investigador cobran gran importancia, ya que permiten distinguir el peso de las diferencias numéricas y, por supuesto, afinar el enfoque importantísimo que juega la entrevista en este estudio.

Es preciso subrayar la justa ponderación sobre la visión numérica y resaltamos el hecho de que el dato señala una dirección positiva sobre la apreciación de los valores institucionales y el desarrollo del juicio moral de los intervenidos, que luego se volvió a confirmar en las entrevistas; lo cual resultó vital para las afirmaciones concluyentes.

Siguen algunas interrogantes particulares de este camino, como el hecho de que los alumnos de segundo semestre obtuvieron en el postest, el porcentaje más alto para la columna *Muy alto grado* con un 49.54%, en la aplicación del cuestionario, contra el 47.89% de cuarto grado en la misma columna, considerando que sólo estos últimos fungieron como grupo de aplicación; pero, debido a que el objetivo era observar el cambio entre antes y después de la intervención, aquí no hubo sorpresas. Salta también la pregunta de Fabiola, de cuarto semestre, que nos cuestionó acerca de que si en vez de utilizar el recurso de la declamación utilizáramos el del teatro: ¿Qué resultados se obtendrían?

Conclusiones y recomendaciones

El tema de los valores en relación con lo artístico es un área que tiene mucho que darnos aún; en específico, lo que se puede lograr con el arte de la declamación y algún otro conjunto de valores que pudieran ser expresados en documentos diversos como el aquí utilizado para el ITESCA; por ejemplo, en el nivel de educación básica resulta un reto muy sugestivo de emprender; podemos adelantar que el tamaño y forma de expresión de las piezas poéticas que utilizaríamos serían más ligeras, las sesiones de trabajo en la fase de intervención más cortas y el curso en general tendría que manejar un grupo valoral más reducido.

Entre las posibilidades para seguir investigando sobre este tema de la declamación como herramienta pedagógica y/o en conjunción con el campo de los valores, se puede vislumbrar que:

1. Es necesario emprender la historia de la declamación en México, en Sonora y en Cd. Obregón. Se demanda precisar cuestiones acerca del origen de la disciplina hasta ser considerada un arte, ya que en esta tesis doctoral logramos demostrar, que lo es. Es necesario hacer el estudio de las instituciones culturales que han

enseñado a declamar y planteles escolares en los cuales se ha impartido esta formación. En esta recuperación, además de la necesaria tarea historiográfica se demandan estudios profundos acerca de la historia de las tendencias del proceso declamatorio.

2. Se debe dar reconocimiento a los precursores de la declamación, como instructores y/o ejecutantes, en los entornos en el que desarrollaron su trabajo.
3. Así como la relación estudiada en este trabajo con el campo de los valores, se deben buscar otros ámbitos en los que la declamación pueda contribuir al desarrollo de aptitudes del ser humano, como podría ser el de aumentar su autoestima, por ejemplo.
4. La declamación en relación con el desarrollo de la competencia lingüística es otro trabajo pendiente y que se relaciona con este tipo de estudios; ello fue una posibilidad para encauzar este trabajo de investigación. En el transcurso de la elaboración de esta tesis pudieran haber surgido nuevas investigaciones para la actualización del estado del arte que habría que estudiar.
5. Queda pendiente presentar de manera oficial a las autoridades del ITESCA, los resultados ya aprobados por los lectores de esta tesis y solicitar su incursión a las materias de corte humanístico que involucren a los alumnos de todas las carreras; lo anterior, como base para establecer una línea de investigación en el área de la cultura, la ciencia y la educación con especialidad en la expresión oral.
6. Sirva este trabajo como preámbulo para la solicitud a las autoridades del Tecnológico de Cajeme, para la reincorporación de materias que fortalecieron a las primeras generaciones de egresados en el campo de los valores, como Habilidades de Comunicación a nivel superior, Habilidades de Lectura a nivel superior y Habilidades de Redacción a nivel superior, así como el evento del *Diado de humanidades*, que desde agosto de 2010 se desincorporó de la retícula de todas las materias del ITESCA.

Ahora, esta aportación que hemos realizado para contribuir al estado del conocimiento, nos anima a continuar en la aventura interminable que representa la investigación educativa; en nuestro caso, seguiremos por la línea de las formas de elocución, recurso básico para el desarrollo global de nuestros alumnos.

Desde los inicios como especialista del arte declamatorio, esta es la oportunidad más

importante que hemos encontrado para darle a este enfoque elocutivo el lugar que se merece dentro de las herramientas pedagógicas y habremos de aprovechar el nivel de doctorado para que sean escuchadas las voces de quienes concedemos gran dignificación y fundamento a la expresión del discurso poético, basándonos en la fuerza y la belleza de la palabra, así como su aportación concreta para dotar al individuo social, de armas para su formación integral.

Referencias

- Abascal, Dolores (1984). "El profesor de declamación". Barcelona: Textos de Didáctica de la lengua y de la literatura. España.
- Agudelo, L. (2005). "Taller pedagógico de poesía infantil". Colombia.
- Bordieu, P. (1982). "¿Qué significa hablar?". Economía de los intercambios verbales. Madrid.
- Bruner, J. (1996). "Realidad mental y mundos posibles". Barcelona, Gedisa.
- Castro, R. (2007). "La intuición de leer, la intención de narrar". Paidós. Argentina.
- Cuevas, H. (1993). "Lo estético en la declamación". Consultado el 13 de octubre de 2011. Disponible en: <http://www.declamando.com.html>.
- Cuevas, H. (1989). "Principales representantes de la escuela moderna de declamación". Consultado el 16 de octubre de 2011. Disponible en: <http://www.declamando.com.html>.
- Cuevas, H. (2011). "Nuevas tendencias de la poesía oral". Consultado el 10 de septiembre de 2011. Disponible en: <http://www.declamando.com.html>.
- Del Río, M. (1991). "La educación contemporánea (artes y oficios)". Ecuador.
- Farfán, E. (2005) "Los valores en la formación de educadoras de las normales públicas de Sinaloa y el Distrito Federal". UAS. Culiacán, Sinaloa.
- Farfán, E. (2009) "La beruf en el discurso de la formación. En Horizontes de la pedagogía". UNAM-FES ARAGON/ Licenciatura en Pedagogía.
- Farfán, E. (2008). "Valores en la formación de alumnos de pedagogía de la FES- Aragón", en López Z. R. (coord.). *Huellas de la*

profesionalidad. Ética profesional en la formación universitaria. México: Plaza y Valdés.

Flick, E. (2004). "Introducción a la investigación cualitativa". Ediciones Morata. Madrid, España.

Guerra, A. (1984). "Curso completo de declamación". Ediciones Santiago. Chile.

Jaramillo, A. (1999). "El arte de la Declamación moderna". Ediciones Universal. Miami, Florida.

Jaramillo, A. (1989). "La escuela clásica de declamación". Ediciones Universal. Miami, Florida.

Jaramillo, A. (1989). "La escuela moderna de declamación". Ediciones Universal. Miami, Florida.

Jaramillo, A. (1989). "Atributos del buen declamador". Ediciones Universal. Miami, Florida.

Jaramillo, A. (1991). "Tratado de Declamación". Ediciones Universal. Miami, Florida.

Jaramillo, A. (1985). "Ventajas de la enseñanza de la declamación". Ediciones Universal. Miami, Florida.

Jaramillo, A. (1990). La técnica en el arte de la declamación. Ediciones Universal. Miami, Florida.

Kohlberg, L. (1992). "The Psychology of Moral Development". Estados Unidos.

Loprete, C. (1989). "La naturalidad: base de la ética declamatoria". Argentina.

Mate, P. (1838). "Discurso para inicio de cátedra de declamación". Consultado el 21 de junio de 2010. Disponible en: www.eric.com. España.

Mendelson, M. (1994). "Declamation, Context and Controversiality". Consultado el 28 de Julio de 2011. Disponible en:

Oropeza, R. (1979). "Declamación". Esfinge. México, D.F.

Oropeza, R. (1979). "Declamación (Ejercicio, técnica, didáctica)". Esfinge. México, D.F.

Oropeza, R. (1999). "Metodología para la enseñanza de la declamación". Esfinge. México, D.F.

Ortiz, D. (1995). "Guía del declamador moderno". Diana. México, D.F.

Ortiz, D. (1991). "La enseñanza de la declamación en la escuela". Esfinge. México, D.F.

Pablos, B. (1997). "¡ Hey, emocionate !". Bellavista. Cd. Obregón, Sonora, México.

Pablos, B. (2008). "El que declama". ITESCA-UTS-APALBA. Cd. Obregón, Sonora, México.

Pablos, B. (2000). "La Declamación Completa". ITESCA - APALBA. Cd. Obregón, Sonora, México.

Pablos, B. (2003). "La Expresión del Discurso". ITESCA - APALBA. Cd. Obregón, Sonora, México.

Pablos, B. (2004). "Declamación-Curso práctico". ITESCA-APALBA. Cd. Obregón, Sonora, México.

Pelaés, A. (1835). "Mesa redonda:El actor y las técnicas de representación". Consultado el 11 de julio de 2011. Diponible en: www.eric.com. España.

Romea, J. (1945). "La naturalidad en la declamación". España.

Sánchez, G. (1993). "La poética al servicio de la declamación". Paidós. México.

Sarac, C. (2011). "A proposal of Applied Social Activities". Consultado el 9 de Julio de 2011. Disponible en: http://marmara.academia.edu/HalilEksi/Papers/1453865/A_Proposal_of_Applied_Social_Activities_Module_for_Undergraduate_Program_of_Turkish_Language_and_Literature_Teachers_A_Qualitative_Study. Turquía.

Steiner, E. (1967). "Sprachunterricht auf der Mittelstufe: 4./5./6. Schuljahr (Language Instruction in Grades 4-6)". Consultado el 27 de Julio de 2011. Disponible en: <http://catalogue.nla.gov.au/Record/5225596>. Suiza.

Tusón Valls, Amparo (1993). "Los géneros literarios frente al arte dramático". Barcelona: Paidós.

Yuste, C. (1990). "La fonética como base para la recitación". Océano. España.

Contacto:

Dr. Bruno Pablos Lugo. Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Monterrey y tiene Maestría en Calidad por la Universidad La Salle del Noroeste. Es Doctor en Planeación y Liderazgo Educativo por la Universidad del Valle de México. Es Premio Nacional de Declamación.

Es autor del Poemario “¡ Hey, emocionate ! “ y de los libros de didáctica de la expresión oral “La declamación completa”, “El que declama”, “La expresión del discurso-oratoria y declamación” y “Declamación-curso práctico”, así como de la serie de 18 discos compactos de poemas “La declamación completa”.

Es ganador del primer concurso de cuento Miguel de Cervantes Saavedra, convocado por el Tecnológico de Monterrey, para todos los Campus del Noroeste, con el cuento “Los Gusanos”.

bpablos@itesca.edu.mx

Mtro. Alejandro Jacobo Castelo. Es Licenciado en Psicología por el ITSON y tiene Maestría en Ciencias de la Educación por el CIIDET. Actualmente se encuentra en proceso de titulación en el Doctorado en Educación por la Universidad Kino.

ajacobo@itesca.edu.mx

Estudio comparativo de desempeño de un generador piezoeléctrico, basado en arquitecturas diferentes inscritas en un mismo volumen

**Francisco Javier Ochoa Estrella. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
División de Ingeniería Electrónica.**

**Alberto Ramírez Treviño. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
División de Ingeniería Electrónica.**

**Armando Cota Danzos. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
División de Ingeniería Mecánica.**

Jorge Antonio Pablos Pérez. Estudiante de Ingeniería Electrónica.

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio comparativo sobre el desempeño de un generador de potencia de baja escala, el propósito es identificar las diferencias más significativas entre tres arquitecturas del dispositivo: base rectangular, semicircular y trapezoidal montadas en una configuración de viga en voladizo con un volumen de 1.323 cm³.

Se toma como base de comparación, el comportamiento del generador W20 de la empresa Vulture cuyo material transductor es el polímero PVDF (Kynar 460) y los parámetros de interés son: frecuencias propias, desplazamiento, voltaje generado, von mises stress y densidad de corriente.

Se utiliza el software para análisis por elementos finitos conocido como COMSOL para realizar el estudio.

Los resultados comparativos de la simulación numérica, se toman considerando los primeros seis valores de las frecuencias naturales correspondientes a cada arquitectura y en estos se muestran que:

Existe una desviación en el rango de frecuencia propia entre las tres arquitecturas, manteniéndose menor el de la estructura rectangular.

El mayor rango de desplazamiento lo presenta la arquitectura trapezoidal.

La mayor variación de voltaje generado corresponde a la estructura semicircular.

La variación en el valor del Stress Von Mises fue mayor en la arquitectura semicircular.

El promedio mayor del valor de la densidad de corriente correspondió a la estructura semicircular.

Palabras clave

Generador, cantiléver, polímero, frecuencia de resonancia.

Abstract

In this paper we present the results of a comparative study of the performance of a power generator for low scale, the purpose is to identify the most significant differences between three different architectures of the device: a rectangular base, semi-circular and trapezoidal configuration mounted on a cantilever with a volume of 1.323 mm³.

The material considered for the structure is the polymer PVDF (Kynar 460) and the parameters of interest are: natural frequencies, displacement, voltage generated, von mises stress and current density.

Software is used for finite element analysis known as COMSOL to perform three types of study for each of the architectures: Natural frequency, frequency response and steady state.

The comparative results of the numerical simulation are taken considering the first six values of the natural frequencies for each architecture and these are shown that: There is a deviation in the resonant frequency range of the three architectures, the remaining less rectangular structure.

The greatest travel range is presented trapezoidal architecture.

The greatest variation generated voltage corresponds to the semicircular structure.

The variation in the value of the Von Mises stress was higher in the semicircular architecture.

- The average value greater than the current density corresponded to the semicircular structure

Keywords

Micro generator, cantilever, polymer, resonant frequency.

Introducción

La recolección de energía del medioambiente es actualmente investigada a través de diferentes métodos, tales como: el uso de vibraciones mecánicas, la potencia solar, los campos electromagnéticos, los gradientes térmicos y la energía producida por el cuerpo humano o por los movimientos de los seres vivos. Entre estos métodos de recolección, la fuente de energía más confiable es la producida por las vibraciones mecánicas ya que es la más sensible, es sencilla de usar y puede ser aprovechada por dispositivos de escala milimétrica

En el diseño de dispositivos recolectores de energía a partir de vibraciones mecánicas, se consideran fundamentalmente la frecuencia de oscilación y la aceleración de la fuente vibrante, en el presente estudio, se enfoca en establecer el desempeño de tales dispositivos de acuerdo con su topología.

La estructura rectangular de referencia considerada en este estudio, se basa en el transductor W20 de la empresa Vulture, que está constituido por dos capas de PVDF como material piezoeléctrico. La figura 1 muestra su arquitectura y dimensiones.

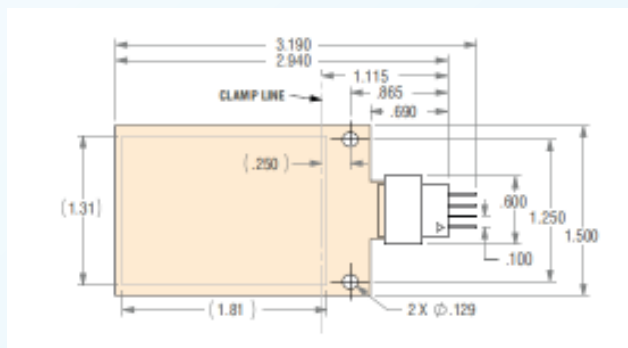


Figura 1. Características del dispositivo de base rectangular.

Para establecer el diseño de un dispositivo generador de potencia, también es importante considerar las figuras de merito que indiquen su

desempeño. En el presente trabajo se compara el desempeño de los diferentes dispositivos, considerando los siguientes parámetros: desplazamiento, voltaje generado, tensión de Von Mises y la densidad de corriente.

El principal parámetro para el diseño de un dispositivo generador de potencia a través de materiales piezoeléctricos es la frecuencia de resonancia ya que está íntimamente relacionada con la configuración de la estructura, dimensiones así como el tipo de material.

Una expresión utilizada en el cálculo de la frecuencia de resonancia del dispositivo

$$wn = \sqrt[2]{K/m} \quad (1)$$

piezoeléctrico es:

Donde:

wn es la frecuencia de resonancia.

m es la masa.

y K es la constante de rigidez.

$$K = \frac{3E}{L^3} * \frac{AH^3}{12} \quad (2)$$

K está dada por:

Donde:

E es el modulo de elasticidad.

L es la longitud de la barra.

A es el ancho.

H es el grosor.

La expresión $\frac{AH^3}{12}$ representa el momento de inercia I .

El efecto piezoeléctrico puede ser expresado en término de relaciones constitutivas, la forma estándar de escribir estas relaciones es:

$$S_{ij} = s_{ij}^E T_{kl} + d_{ij}^T E_k \quad D_i = d_{ik} T_{kl} + \epsilon_{ik}^T E_k \quad (3)$$

Donde:

S_{ij} es el tensor de deformación mecánica,

S_{ijkl}^E es el tensor de flexibilidad a campo eléctrico constante,

T_{kl} es el tensor de tensión mecánica,

d_{kij} es el tensor de acoplamiento electromecánico que contiene los coeficientes de deformación piezoeléctrica,

E_k es el vector de campo eléctrico,

D_i es el vector de desplazamiento eléctrico y

ϵ_{ik}^T es el tensor de permitividad a tensión mecánica constante.

La primera de las ecuaciones dadas en (3) es la ecuación de un actuador piezoeléctrico, y la segunda es la ecuación de un sensor piezoeléctrico.

La densidad de corriente J es importante para el diseño de los sistemas eléctricos y electrónicos y es simplemente la corriente eléctrica I por unidad de área A (unidad SI: A/m²). Su magnitud está dada por el límite:

$$J = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{I}{A} \quad (4)$$

Si la densidad de corriente J pasa a través de la zona en un ángulo θ a la zona normal, entonces:

$$\mathbf{J} \cdot \hat{\mathbf{n}} = J \cos \theta \quad (5)$$

El rendimiento de un circuito depende en gran medida del nivel de corriente generado. La densidad de corriente, se determina por las dimensiones de los elementos conductores y es un parámetro importante en la ley de Ampere.

La tensión de von Mises es considerada por permitir predecir el fallo del material bajo diferentes condiciones de carga. Es útil como criterio en el diseño del dispositivo resonador ya que este es sometido a cargas y frecuencias de vibración diferentes. Su unidad SI es el N/m².

La tensión de Von Mises es un escalar proporcional a la energía de deformación elástica y viene dada por:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - (\sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{zz}\sigma_{xx}) + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad (6)$$

Desarrollo

Considerando la restricción del volumen, se diseñan las tres estructuras con el material PVDF: rectangular, semicircular y la trapezoidal. Para cada una de dichas arquitecturas, se realizan los estudios; respuesta en frecuencia y frecuencias propias, estableciendo para cada una de las frecuencias propias, los valores correspondientes a: desplazamiento, voltaje, estrés von mises y densidad de corriente.

Se utiliza el software de elementos finitos COMSOL para simular el comportamiento de cada estructura.

Análisis computacional: Estructura rectangular.

Las figuras: 2 a), b), c), d) muestran el desempeño de la estructura rectangular respecto a desplazamiento, voltaje generado, stress von mises y densidad de corriente, correspondientes a los valores de las 6 primeras frecuencias propias.

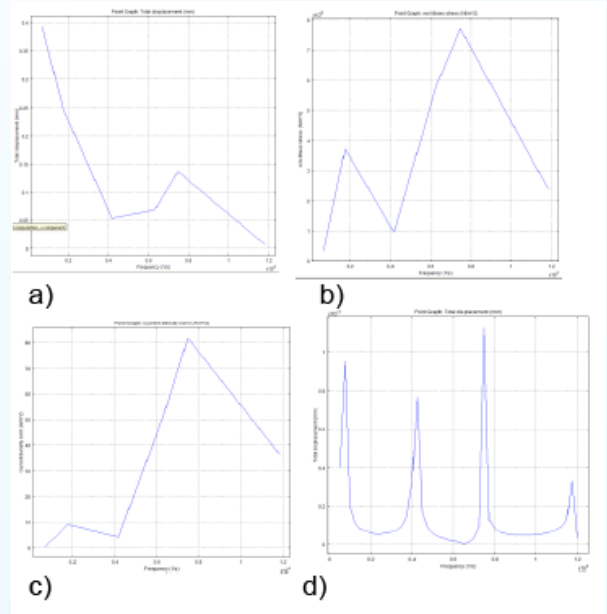


Figura 2. a) Desplazamiento, b) Voltaje generado, c) Von Mises Stress, d) Densidad de corriente.

La figura 3 muestra la respuesta en frecuencia.

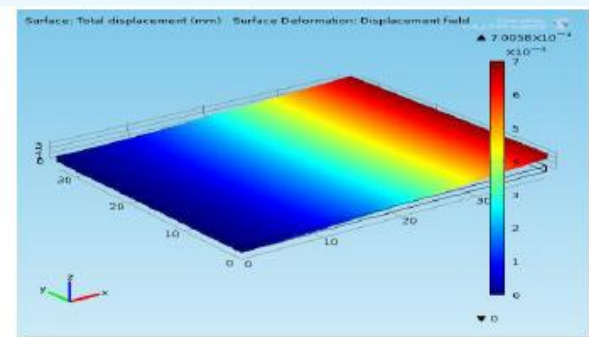


Figura 3. Respuesta en frecuencia, estructura rectangular.

Análisis computacional: Estructura semicircular.

Con las misma restricción de material y volumen, se utiliza el software de elementos finitos COMSOL para simular el comportamiento de la estructura, inicialmente se realizan estudios para determinar las frecuencias propias y

posteriormente la respuesta en el dominio de la frecuencia.

Las figuras: 4 a), b), c), d) muestran el desempeño de la estructura semicircular respecto a desplazamiento, voltaje generado, stress von mises y densidad de corriente, correspondientes a los primeros 6 valores de las frecuencias propias.

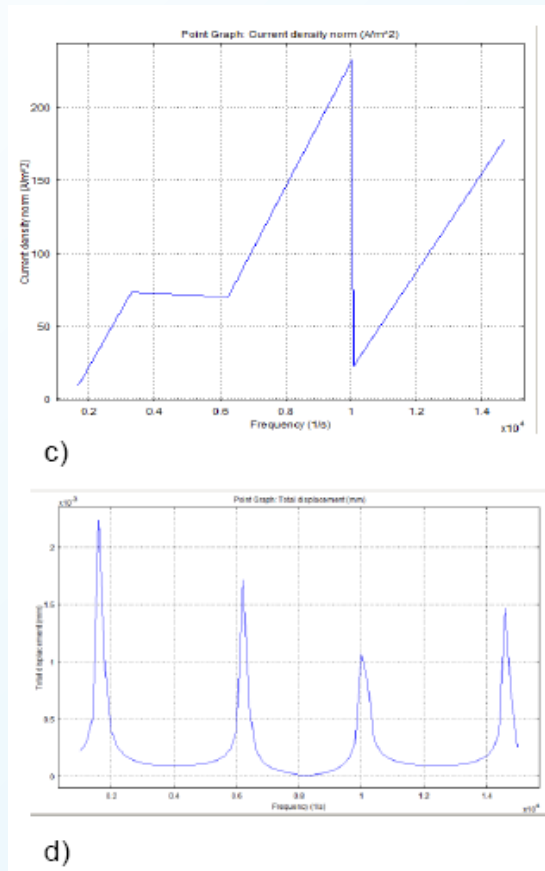
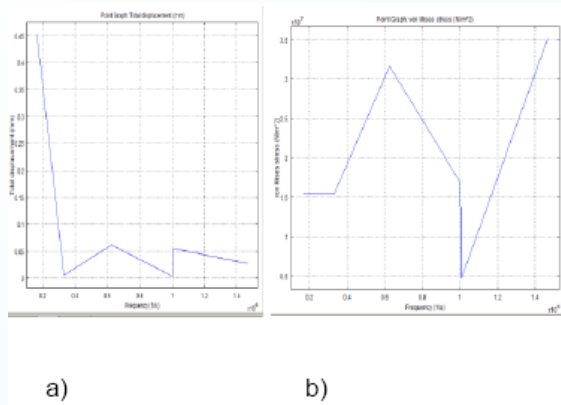


Figura 4. a) Desplazamiento, b) Voltaje generado, c) Von Mises Stress, d) Densidad de corriente.

La figura 5 muestra la respuesta en frecuencia.

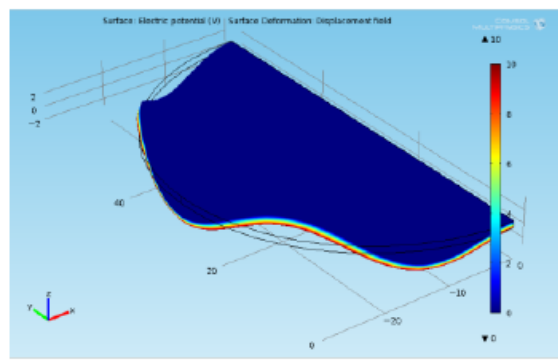


Figura 5. Respuesta en frecuencia, estructura circular

3.3 Análisis computacional: Estructura trapezoidal.

Finalmente se analiza el comportamiento de la estructura trapezoidal, se realizan estudios para determinar las frecuencias propias y posteriormente la respuesta en el dominio de la frecuencia.

Las figuras: 6 a), b), c), d), muestran el desempeño de la estructura trapezoidal respecto a desplazamiento, voltaje generado, stress von mises y densidad de corriente, correspondientes a los valores de las frecuencias propias.

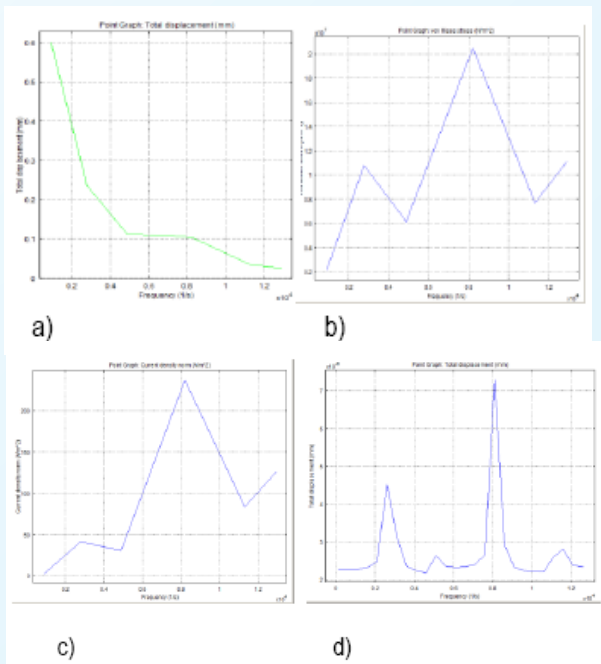


Figura 6. a) Desplazamiento, b) Voltaje generado, c) Von Mises Stress, d) Densidad de corriente.

La figura 7 muestra la respuesta en frecuencia.

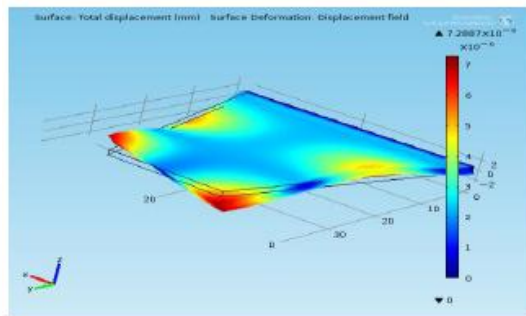


Figura 7. Respuesta en frecuencia, estructura trapezoidal.

Resultados

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se concentran los valores sobre los parámetros de desempeño de cada tipo de las estructuras, considerando el mismo rango de frecuencias propias, los símbolos Δ , P representan la variación y el promedio.

Tabla 1. Características de desplazamiento.

TIPO DE ESTRUCTURA	FRECUENCIAS PROPIAS (Hz)	DESPLAZAMIENTO (mm)
RECTANGULAR	681.16	0.358
	1753.16	0.24
	4178.03	0.05
	6306.89	0.06
	7474.81	0.14
	11826.18	0.01
Δ , P	Δ 11145.02	Δ 0.348
SEMI CIRCULAR	1659.63	0.45
	3306.08	0.01
	6255.11	0.06
	10034.70	0.005
	10082.79	0.05
	14666.47	0.04
Δ , P	Δ 13006.84	Δ 0.41
TRAPEZOIDAL	911.98	0.59
	2786.09	0.2354
	4883.66	0.1128
	8217.81	0.1032
	11309.15	0.0332
	12912.56	0.0255
Δ , P	Δ 12000.58	Δ 0.5645

Tabla 2. Características de voltaje generado y flujo de energía mecánica.

TIPO DE ESTRUCTURA	FRECUENCIAS PROPIAS (Hz)	VOLTAJE GENERADO (V)	FLUJO DE ENERGIA MECÁNICA (W/m²)
RECTANGULAR	681.16	17.16	0.06
	1753.16	30.86	0.16
	4178.03	24.27	-0.05
	6306.89	31.21	0
	7474.81	21.05	0.71
	11826.18	32.93	0.3
Δ , P	Δ 11145.02	Δ 14.05	P 0.168
SEMI CIRCULAR	1659.63	45.05	-3.54X10 ⁻⁴
	3306.08	29.628	-3.5810 ⁻⁵
	6255.11	30.98	3.2210 ⁻³
	10034.70	27.26	0.1572
	10082.79	20.92	-4.08x10 ⁻³
	14666.47	27.88	-2.234
Δ , P	Δ 13006.84	Δ 24.13	P 7.89 x10 ⁻⁵
TRAPEZOIDAL	911.98	18.29	7.89 X10 ⁻⁵
	2786.09	29.17	-6.72 X10 ⁻³
	4883.66	21.04	-0.0156
	8217.81	28.15	-0.017
	11309.15	22.52	0.0182
	12912.56	20.89	0.0312
Δ , P	Δ 12000.58	Δ 10.88	P 0.003

Tabla 3. Características de von mises stress.

TIPO DE ESTRUCTURA	FRECUENCIAS PROPIAS (Hz)	VON MISES STRESS (N/m ²)
RECTANGULAR	681.16	0.4x10 ⁶
	1753.16	3.8 x10 ⁶
	4178.03	1 x10 ⁶
	6306.89	5.9 x10 ⁶
	7474.81	7.8 x10 ⁶
	11826.18	2.5 x10 ⁶
	Δ 11145.02	Δ 7.4x10 ⁶
SEMI CIRCULAR	1659.63	1.544x10 ⁷
	3306.08	1.5405x10 ⁷
	6255.11	3.1605x10 ⁷
	10034.70	1.683x10 ⁷
	10082.79	4.73 x10 ⁶
	14666.47	3.51 x10 ⁷
	Δ 13006.84	Δ 3.1895x10 ⁷
TRAPEZOIDAL	911.98	2.18 X10 ⁶
	2786.09	1.075 X10 ⁷
	4883.66	6.14 X10 ⁶
	8217.81	2.047 X10 ⁷
	11309.15	7.67 X10 ⁶
	12912.56	1.107 X10 ⁷
	Δ 12000.58	Δ 18.29x10 ⁶

Tabla 4. Características de Densidad de carga y densidad de corriente.

TIPO DE ESTRUCTURA	FRECUENCIAS PROPIAS (Hz)	SURFACE CHARGE DENSITY (C/m ²)	CURRENT DENSITY NORM (A/m ²)
RECTANGULAR	681.16	5.27 X10 ⁻⁵	0.294
	1753.16	-2.734 X10 ⁻⁵	8.96
	4178.03	-2.56 X10 ⁻⁵	4.24
	6306.89	2.77 X10 ⁻⁵	50.9
	7474.81	4.87 X10 ⁻⁵	81.7
	11826.18	3.84 X10 ⁻⁵	36.6
Δ.P	Δ 11145.02		P 26.09
SEMI CIRCULAR	1659.63	-3.28 X10 ⁻⁵	9.08
	3306.08	2.765 X10 ⁻⁵	72.8
	6255.11	7.96 X10 ⁻⁵	69.9
	10034.70	-2.515 X10 ⁻⁵	232.4
	10082.79	-1.83 X10 ⁻⁵	22.85
	14666.47	-1.72 X10 ⁻⁴	177.5
Δ.P	Δ 13006.84		P 83.54
TRAPEZOIDAL	911.98	1.723 X10 ⁻⁵	2.294
	2786.09	1.417 X10 ⁻⁴	41.55
	4883.66	-9.65 X10 ⁻⁵	30.31
	8217.81	-1.765 X10 ⁻⁴	237
	11309.15	1.96 X10 ⁻⁵	83.8
	12912.56	2.405 X10 ⁻⁴	125.5
Δ.P	Δ 12000.58		P 74.35

Conclusiones

Analizando los resultados concentrados en las tablas 1, 2, 3 y 4 se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. Existe una desviación en el rango de frecuencia propia entre las tres arquitecturas, manteniéndose menor el de la estructura rectangular.
2. El mayor rango de desplazamiento lo presenta la arquitectura trapezoidal.
3. La mayor variación de voltaje generado corresponde a la estructura semicircular.
4. La variación en el valor del Stress Von Mises fue mayor en la arquitectura semicircular.
5. El promedio mayor del valor de la densidad de corriente correspondió a la estructura semicircular.

Generalmente, la figura de desempeño mas considerada, es la de generación de potencia eléctrica, dado que esta está dada por el producto entre el voltaje y la corriente ($P=VI$), entonces debe seleccionarse la geometría cuya combinación de valores de voltaje y corriente produzcan el

mayor valor, sin olvidar la propiedad de fallo del material en cuyo caso debe seleccionarse el valor de von mises stress más conveniente de acuerdo con la aplicación de la estructura generadora de energía.

Contacto:

M.I. Francisco Javier Ochoa Estrella, Docente adscrito a la carrera de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
fochoa@itesca.edu.mx

Dr. Alberto Ramírez Treviño, Docente adscrito a la carrera de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
aramirez@itesca.edu.mx

M.I. Armando Cota Danzos, Docente adscrito a la carrera de Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
acota@itesca.edu.mx

Aplicación de Kaizen para incrementar el flujo del proceso de producción en un área determinada

**René Daniel Fornés Rivera. Instituto Tecnológico de Sonora.
Departamento de Ingeniería Industrial.**

**Hugo César Mora Gallardo. Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora.
Departamento de Matemáticas**

**Marco Antonio Conant Pablos. Instituto Tecnológico de Sonora.
Departamento de Ingeniería Industrial.**

**Carla Olimpya Zapuche Moreno. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Coordinación de Maestría en Administración.**

**Moisés Ricardo Larios Ibarra. Instituto Tecnológico de Sonora.
Departamento de Ingeniería Industrial.**

**Francisca Guadalupe Reyes Ruiz. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
División de Administración.**

Resumen

La empresa de interés es una planta ensambladora de arneses, láminas de metal mecanizado y conjuntos de productos de la línea de comunicaciones, la cual tiene designadas sus áreas de recibo, corte, subensamble, ensamble final y embarque en el departamento de producción, el cual ha estado presentando problemas tales como: pérdida de piezas, mala distribución de operadores en sus mesas de trabajo y estaciones de trabajo muy reducidas. Para darle solución, se desarrolló un proyecto cuyo objetivo fue mejorar la distribución del área de producción, a través de la implementación de la herramienta Kaizen, para incrementar la producción, el procedimiento consistió en: 1) conocer el área bajo estudio; 2) realizar el análisis para la distribución de las estaciones de trabajo; 3) análisis para la distancia recorrida por pieza producida; y 4) análisis para determinar el tiempo de producción. Los resultados fueron una disminución de operadores, disminución de la distancia recorrida y reducción del tiempo de producción con un ahorro total de \$ 924,746 pesos anuales, cumpliéndose el objetivo en la realización de mejoras a través de la herramienta Kaizen.

Palabras clave

Kaizen, manufactura esbelta, calidad, mejora, desperdicio

Abstract

The company of interest is a Newell Rubbermaid plant harnesses, sheets of metal machining and sets of products for the communications line, which has designated its areas of receipt, cutting, subassembly,

final assembly and shipment in the production department, which has been presenting problems such as: loss of parts and a poor distribution of operators in their desks and workstations very small. To give solution, is a development project whose aim was to improve the distribution of the area of production, through the implementation of the Kaizen tool, to increase production, the procedure was as follows: 1) to know the area under study; 2) perform the analysis for the distribution of the workstations; 3) analysis for the distribution travelled by produced part; and 4) analysis to determine the time of production.

The results were a decrease of operators, decrease the distance travelled and reducing production time with a total savings of \$ 924.746 pesos annually, thus fulfilling the objective in improvements through the Kaizen tool.

Keywords

Kaizen, lean manufacturing, quality improvement, waste.

Introducción

Sistema de Producción Toyota (TPS) permite a los miembros del equipo de producción optimizar la calidad gracias a la mejora constante de los procesos de trabajo y a la eliminación de gastos innecesarios de recursos naturales, humanos y empresariales. Este mismo influye en todos los aspectos de la organización e incluye un conjunto común de conocimientos, valores y procesos de trabajo. El sistema otorga a los empleados responsabilidades claramente definidas en cada fase de la producción y motiva a cada miembro de la plantilla a esforzarse por la mejora del conjunto, Ohno (2000).

De igual manera para Freivalds y Niebel (2014) el TPS fue desarrollado por Toyota Motor Company como una forma de eliminar el desperdicio a consecuencia del embargo petrolero de 1973. Su propósito primordial es la mejora de la productividad y la reducción de los costos mediante la aplicación del sistema de administración científica de Taylor y de la línea de ensamblado en masa de Ford, sin embargo, es un concepto mucho más amplio que se dirige no sólo a los costos de manufactura sino también a los costos de ventas, administrativos y de capital. Toyota sintió que sería peligroso seguir el sistema de producción en masa de Ford, que funcionaba bien en tiempos de alto crecimiento. En épocas de menor crecimiento, era importante prestar atención a la reducción del desperdicio, la disminución de costos y el incremento de la eficiencia. En Estados Unidos este enfoque de TPS recibe el nombre de manufactura esbelta.

Limitantes de la productividad

De acuerdo a Socconini (2009) existen tres limitantes de la productividad que aparecen en un proceso que utiliza materiales, personas, recursos naturales, tecnología y recursos financieros que dan como resultado un producto o un servicio. En todo proceso se realizan ciertas actividades de transformación cuya eficacia se mide por sus indicadores de productividad, sin embargo en los negocios la productividad no es infinita. Ésta se ve afectada por una gama muy amplia de problemas que limitan los resultados que se puedan obtener a partir de los recursos disponibles. Los ingenieros japoneses han clasificado estas limitantes en tres grupos a los que llamaron las “3 Mu”, debido a que todas inician con esta sílaba, las cuales son: 1) Muri (sobrecarga), 2) Mura (Variabilidad), y 3) Muda (Desperdicio).

Para Lefcovich (2004), como para Freivalds y Niebel, (2014), el TPS resalta siete tipos de desperdicio o *muda* (en japonés): 1) sobreproducción, 2) esperas para el siguiente paso, 3) transporte innecesario, 4) sobre procesamiento, 5) inventario excesivo, 6) movimientos innecesarios, y 7) productos defectuosos.

Los elementos clave de TPS o *manufactura esbelta* son: 1) *Keiretsu* (sistema a favor de proveedor, que suministra partes de calidad de una manera oportuna), 2) *poka-yoke* (sistema de control de calidad para prevenir errores), 3) Producción Justo a Tiempo *JIT*, con su *jidoka* asociado (ven lo relacionado al control de defectos o no permite que una unidad defectuosa interrumpa el proceso

subsecuente), 4) *Kanban* (método de tarjetas con la información del producto, que acompaña al producto todo el ciclo de producción, para *mantener el JIT*), 5) *fuerza de trabajo flexible* (número variable de trabajadores en respuesta a los cambios de demanda), 6) *Kaizen* (actividades de mejora continua), y 7) *respeto por el trabajador y un sistema de sugerencias para estimular* (el pensamiento creativo de los empleados) (Freivalds y Niebel, 2014).

Balanceo de línea

Se usa para determinar el número ideal de operadores que se deben de asignar a una línea de producción (Freivalds y Niebel, 2014), a su vez para Zandin (2010), es una serie de estaciones de trabajo de montaje manual o automatizado, en las cuales se ensamblan un producto o varios, son piedra angular en los métodos de producción masiva y el fundamento para la distribución del flujo de productos. Es la distribución de los elementos de trabajo por secciones a lo largo de una línea de montaje, de modo que cada una de aquellas tenga aproximadamente la misma suma de tiempo de operación (Hicks, 2001).

Kaizen

Kaizen es una palabra japonesa que significa *mejora*. Sin embargo sólo recibió el término de *continua* hasta que sus principios empezaron a ser adoptados por organizaciones occidentales.

Kaizen es una forma poderosa de hacer mejoras en todos los niveles de la organización, su principal utilidad radica en su aplicación gradual y ordenada, que implica el trabajo conjunto de todas las personas en la empresa para hacer cambios sin hacer grandes inversiones de capital, ya que es una cadena de acciones realizadas por equipos de trabajo cuyo objetivo es mejorar los resultados de los procesos existentes. Mediante estas acciones los dueños de los procesos y los operadores pueden realizar mejoras significativas en su lugar de trabajo que se traducirán en beneficios de la productividad y como consecuencia rentabilidad para el negocio (Socconini, 2009).

Para Trillanes (2010); Gryna, Chua y Defeo (2007), Kaizen significa cambio para mejorar o mejoramiento, en japonés, su verdadera acepción al español es mejora continua o mejoramiento continuo. El kaizen es una herramienta de la manufactura esbelta que se orienta a la calidad en la empresa, en el trabajo y en el hogar, tanto individual como colectivo. Su impacto es tal que su significado podría ser: hoy mejor que ayer, mañana mejor que hoy y esto no es otra cosa que siempre es posible hacer mejor las cosas; para la

metodología japonesa el concepto es ningún día debe pasar sin una cierta mejora; a su vez para Collier & Evans, (2009) Kaizen se enfoca a las mejoras pequeñas, graduales y frecuentes a largo plazo con una inversión financiera mínima y con participación de todos en la organización.

Objetivos de kaizen

La reducción en los niveles de fallas y errores, o sea, aumentando los niveles de calidad, reducción en los niveles de inventarios, incremento sistemático y continuo en los niveles de productividad, reducción constante en los costos, reducción de los tiempos del ciclo y en los plazos de respuesta. Así se logran menores tiempos para el desarrollo de productos y su puesta en el mercado (Trillanes, 2010).

Algunos de los beneficios de Kaizen, según Lefcovich, (2004) son:

- Reducción de inventarios, productos en proceso y terminados.
- Aumento en los niveles de satisfacción de los clientes y consumidores.
- Importante caída en los niveles de fallas y errores.
- Mejoramiento en la autoestima y motivación del personal.
- Importante reducción en los costos.
- Aumento en los beneficios y rentabilidad.

Un evento kaizen es una cadena de acciones realizadas por equipos de trabajo cuyo objetivo es mejorar los resultados de los procesos existentes. Mediante estas acciones, los dueños de los procesos y los operadores pueden realizar mejoras significativas en sus lugares de trabajo que se traducirán en beneficios de productividad (y como consecuencia de rentabilidad) para el negocio (Socconini, 2009).

Distribución de planta.

Es la colocación física y ordenada de los medios industriales, tales como: maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje, además conservar el espacio necesario para la mano de obra indirecta, servicios auxiliares y los beneficios correspondientes (García-Criollo, 2005).

Objetivos de la distribución de planta.

El objetivo de una distribución de planta bien planeada e instalada es reducir los costos de fabricación como resultado de las siguientes mejoras: Reducción del riesgo para la salud,

incremento de la seguridad y aumento de la moral y satisfacción del trabajador, incremento de la producción, disminución de los retrasos en la producción, optimización del espacio, reducción del manejo de materiales, maximización de la utilización de la maquinaria, mano de obra y servicios. También la reducción del material en proceso, supervisión más eficaz, disminución del congestionamiento de materiales, la reducción de su riesgo y el aumento de su calidad, así como una mayor facilidad de ajuste a los cambios requeridos (García-Criollo, 2005).

La empresa bajo estudio es una planta ensambladora de arneses, láminas de metal mecanizado y conjuntos de productos de la línea de comunicaciones con una superficie de 14, 630 metros cuadrados y aproximadamente con 200 empleados. Actualmente sus clientes son las industrias de servicios tales como militar/defensa, Aeroespacial, Comercial, Médico, Telecomunicaciones, Industrial, Electrónica y Automotriz. En una entrevista no estructurada con el responsable del área de producción, argumenta que de 300 piezas producidas diariamente, 120 son pérdidas, y sólo se contabilizan 180 piezas producidas diariamente como buenas de un modelo en particular, observándose desperdicios (Muda) específicamente en: Muda mano de obra (hay mano de obra no utilizada); Muda esperas (personal en espera del mantenimiento a máquinas); Muda movimientos (el método utilizado de traslado del operador está mal diseñado); Muda de eficiencia (no hay oportunidad de recuperar máquinas para producir); Muda tiempo de entrega (son muy tardados los tiempos en las entregas de materia prima y/o producto), además los espacios en metros cuadrados para los operadores es reducido siendo factible en términos generales el área de producción a la mejora en estos indicadores, dando lugar a la aplicación de una de las herramientas de la manufactura esbelta como Kaizen en el departamento de producción de la compañía manufacturera. Para la problemática anterior se desarrolló el siguiente objetivo: Mejorar la distribución del área de producción, a través de la implementación de la herramienta Kaizen, para mejorar las variables (número de operadores, distancia recorrida por pieza, tiempo de producción).

El objeto bajo estudio es una planta ensambladora de arneses, láminas de metal mecanizado y conjuntos de productos de la línea de comunicaciones.

En la misma se empleó la herramienta de Kaizen o mejora continua con el procedimiento que se explica a continuación.

1) Antes del evento kaizen (preparación):

a. Conocer el área bajo estudio.

Se realizó un recorrido por las instalaciones de interés de la planta, ver Figura 1.



Figura 1. Estación de trabajo

b. Realizar el análisis para la distribución de las estaciones de trabajo.

En este apartado se determinó que: La distribución de las estaciones de trabajo se caracterizan por que cada operador está en una mesa de trabajo donde realiza su actividad asignada, el proceso consta de mantener en óptimas condiciones la estación, la cual cuenta con 16 estaciones de trabajo que equivalen a 20 mesas de trabajo, y estas están organizadas de forma paralela, con 16 operadores y 206 metros cuadrados, ver Figura 2.

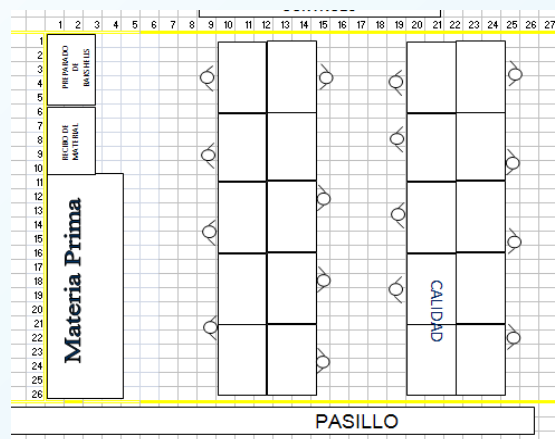


Figura 2. Distribución de la estación de trabajo

En la tabla 1, se muestra el tiempo que realiza el operador al producir una pieza del modelo en cuestión, describiendo en orden las operaciones desde el desforre del primer Jacket, hasta el empaque; el cual toma 155.4 minutos. Este orden de actividades no puede cambiar ya que así está

especificado por parte del departamento de ingeniería y manufactura, Ver Tabla 1.

Tabla 1. Tiempo de realización de la pieza

No.	Operaciones	Tiempo de Ciclo (Seg.)	Tiempo de Ciclo (Min.)
1	Desforre del 1er Jacket	680	11.3
2	Desforre de Conductor	396	6
3	Remache de Terminal	528	8.8
4	Conexion 1er Extremo	628	10.5
5	Instalacion de Maya Metalica	30	0.5
6	Instalacion de Barril	80	1.33
7	Instalacion de Maya Expando	240	4
8	Instalacion de Mangas	210	3.5
9	Amarre de Mayas y Aplicar Color a mangas	360	6
10	Cobre y Silicon	30	0.5
11	Instalacion de Backshelf	60	1
12	Desforre de 2do Jacket	640	10.7
13	Desforre de 2do Conductor	414	6.9
14	Instalacion de Mangas	720	12
15	Remache de Terminal	720	12
16	Conexion 2do Extremo	180	3
17	Instalacion de Maya Metalica	360	6
18	Instalacion de Barril	480	8
19	Amarre de Mayas y Aplicar Color a mangas	360	6
20	Instalacion de Ferrita	360	6
21	Cobre y Silicon	180	3
22	Instalacion de Backshelf	360	6
23	Prueba de Continuidad 100%	207	3.45
24	Instalacion de Etiquetas	160	2.66
25	Prueba Electrica 100%	900	15
26	empaque	20	0.33
Total de tiempo ciclo :		9324 (seg.)	155.4 (Min.)

c. Distancia recorrida por pieza producida.

En la figura 3, se muestra el flujo de producción actual, el cual el operador debe llevar a cabo a la perfección sin saltar ninguna estación de trabajo, dando la distancia de recorrido para una pieza 42 metros.

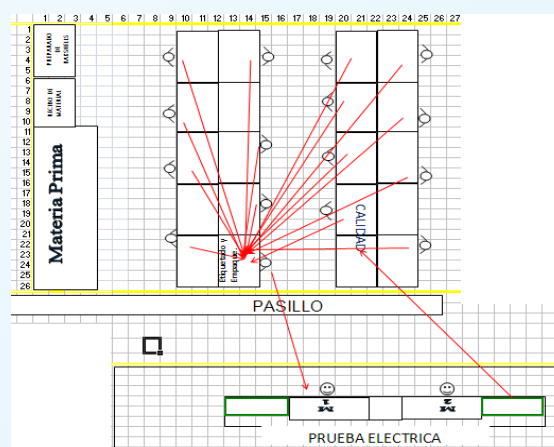


Figura 3. Recorrido de la pieza producida en el área de producción

En la figura anterior se muestra el recorrido que tiene una pieza, desde la estación inicial hasta la estación final de ensamblaje.

2) Durante el evento kaizen (Desarrollo):

Mejoras en el área de producción.

En la figura 4, se presenta la nueva distribución del área de producción sin afectar el flujo del proceso; para lo cual se consideró, el espacio disponible, las estaciones de trabajo y los

operadores que integran al nuevo grupo de trabajo de esta área.

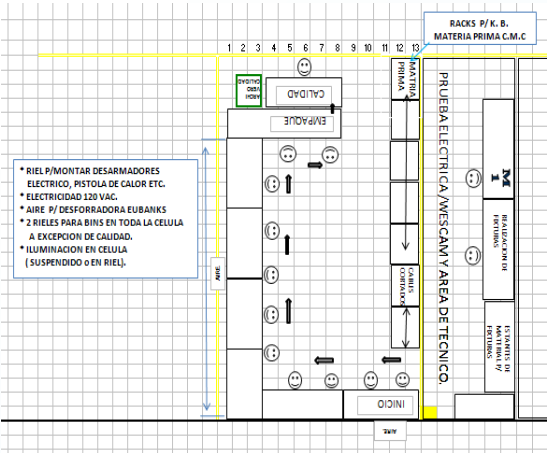


Figura 4. Nueva distribución del área de producción

En la Tabla 2, tras la aplicación de la herramienta Kaizen, se puede ver la nueva hoja de operación del área, percibiéndose la disminución de los operadores y los nuevos tiempo de producción; así como la nueva distribución de operaciones que dio como resultado la disminución de tiempo de 155.4 minutos a solo 140 minutos, lo que equivale a un ahorro de 9.90%; también hubo una disminución en cuanto al número de operadores pasando de 16 operadores a solamente 11, equivalente a 31.2%, dando un ahorro de \$554,746 anuales.

Tabla 2. Hoja de operaciones aplicando Kaizen

Numero de Operadores	Operaciones	Tiempo de Ciclo (Seg.)	Tiempo de Ciclo (Min.)
1	Desforre del 1er Jacket	807	13.45
2	Desforre de Conductor (X21 cond)	798	13.3
3	Remache de Terminal		
3	Conexion 1er Extremo		
	Instalacion de cobre		
	Instalacion de Maya Metalica	753	12.55
4	Instalacion de Maya Expando		
	Instalacion de Mangas		
	Amarre de Mayas y Aplicar Color a mangas	825	13.75
5	Cobre y Silicon		
	Instalacion de Backshelf	700	11.66
6	Desforre de 2do Jacket		
	Instalacion de Maya Metalica	594	9.9
7	Desforre de 2do Conductor		
	Remache de Terminal	810	13.5
8	cobre		
	Instalacion de mangas	825	13.75
8	Instalacion de Baml		
	Conexion 2do Extremo	720	12
10	Amarre de Mayas y Aplicar Color a mangas		
	Instalacion de Fermta	810	13.5
	Cobre y Silicon		
11	Instalacion de Backshelf		
	Prueba de Continuidad 100%		
	Instalacion de Etiquetas	747	12.45
	empaquet		
Total de tiempo ciclo :		8403 (Seg.)	140. (Min.)

Este resultado se obtuvo apoyándose en repartir operaciones básicas, como desforre del Jacket, desforre de conductor y remache de terminal, logrando un ahorro en las operaciones del 50% y reducir desperdicios, tales como el flujo de la pieza, la espera del operador hasta que le llegara la pieza, estaciones de trabajo en forma paralela, logrando un ahorro en la producción de 14 minutos, el cual representa un 9.90% de ahorro en la producción por pieza ensamblada.

3) Después del evento Kaizen (Seguimiento y análisis).

Flujo de producción

El flujo de producción, con esta nueva distribución, mejoró la distancia que recorría la pieza en proceso, pasando de 42 metros a 26 metros. Reduciendo aproximadamente 38% su recorrido, Ver Figura 5.

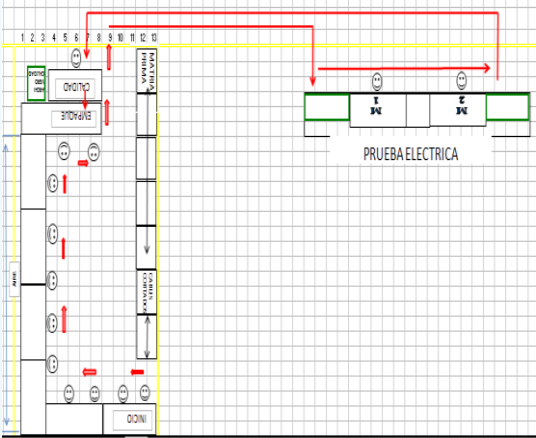


Figura 5. Flujo de producción aplicando Kaizen

En la Tabla 3, Se presenta el comparativo del antes y después de la aplicación de la herramienta Kaizen, con este comparativo se muestra el porcentaje de ahorro que hubo, en el número de operadores, distancia que recorría la pieza en el proceso de su producción y el tiempo de producción por pieza.

Tabla 3. Cuadro comparativo

*	Antes (min)	Después (min)	Mejora (min)	%	Ahorro Anual (pesos)
O	16.0	11.0	5.0	31.2	554,746
D. R.	42.0	26.0	16.0	38.0	90,000
T. P.	155.4	140.0	15.4	9.9	280,000

*O = Operación, D.R. = Distancia Recorrida; T.P. = Tiempo de Producción

Con la información mostrada en la tabla anterior se pueden apreciar las mejoras que se lograron en los rubros antes mencionados, este resultado fue posible mediante el rebalanceo y redistribución del área, basándose en la aplicación de Kaizen.

Discusión

Al igual que en la presente investigación, Esperón (2004), tras la detección de problemas en una empresa del sector servicios, buscó soluciones, empleando herramientas de manufactura esbelta, con lo cual logró mejoras en los procesos de la organización, tales como: reducciones en el tiempo de ciclo e inventarios y por ende en costos de operación.

Otro estudio de referencia, fue la investigación realizada por Rodríguez (2004), “*Oportunidades de mejora mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta*”. De la que se obtuvieron resultados tales como:

- Reducción de inventarios en tiendas y bodega
- Reducción de gastos y costo de recursos humanos y materiales
- Reducción de tiempos en la elaboración de formatos y material de oficina
- Reducción de productos con poca rotación

A su vez Naranjo (2008) en una empresa dedicada al procesamiento y venta de botanas hechas a base de trigo y papa industrializada, se implementó la herramienta kaizen de manufactura esbelta para generar acciones de mejora que permitieron la eliminación de las actividades que no agregan valor del proceso productivo del producto denominado “duro”.

Por otra parte Kaizen Institute (2009), señala el caso de la empresa Caetano Bus, la cual produce carrocerías para autobuses, en la cual se implementó Kaizen incrementando la productividad en un 30% desde 2005, pues en el 2004 se obtuvo una producción de 450 autobuses con poco más de 600 personas y en 2007 la producción fue de 700 con 598 colaboradores. Es decir, el número total de personas se mantuvo, mientras que la producción aumentó de forma notable, lo cual se puede observar enseguida.

- Aumento de la producción, pasando de 5 a 7 autobuses a la semana (para dos modelos de autobuses distintos).
- Aumento de la productividad de los abastecimientos a la línea en un 30% y en un 40%

- Reducción de las paradas por falta de abastecimiento.
- Reducción del número de modificaciones a las piezas hechas por los operarios, y
- Reducción del número de defectos detectados en la inspección final.

Conclusiones

La mejora de la distribución, afectó positivamente en varios rubros como fueron, el tiempo total de la producción por pieza, la distancia se vio reducida, el tiempo por estación de trabajo se mejoró para cada operador de producción y hubo una reducción de personal, arrojando un beneficio (ahorro) anual para la empresa de \$924,746.00 pesos, siendo una cantidad significativa y logrando con ello un mejor posicionamiento en el mercado; con lo cual se concluye que se cumplió con el objetivo al determinar mejores resultados en el número de operadores, distancia de recorrido la pieza en el proceso de su producción y el tiempo de producción por pieza.

Referencias

- Collier, D. & Evans, J. (2009). *Administración de operaciones*. 2da. Edición. Cengage Learning Editores. México.
- Esperón, E. (2004). *Mapeo de procesos para sugerir mejoras en una empresa del ramo llantero*. Puebla: Universidad de las Américas Puebla.
- Frievalds, A. Y Niebel, W.B. (2014). *Ingeniería Industrial de Niebel. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 13ª Edición, Mac Graw-Hill. México
- García-Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2da. Edición, Mac Graw-Hill. México
- Gryna, F., Chua, R., Defeo, J., (2007). *Método juran "Análisis y planeación de la calidad"*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hicks, E.P. (2001). *Ingeniería Industrial y Administración*. 2da. Edición. CECSA. México
- Kaizen Institute. (Octubre de 2009). *El modelo Lean de Mejora Continua de Kaizen Institute*. Documento recuperado el 07 de Marzo de 2014, de Kaizen Fórum: www.es.kaizen.com/fileadmin/DATA/kaizen_es/Kaizen%20Forum%20Oct%202009.pdf

Lefcovich M.L. (2004). *Kaizen – detección, prevención y eliminación de desperdicios: una estrategia para la reducción de costos*.

Naranjo A. (2008). *Manufactura Esbelta: Propuesta de mejora al proceso productivo de una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de frituras*. Disertación doctoral no publicada. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón Sonora, México.

Rodríguez, C. (2004). *Mapeo de procesos para la empresa Comex, Pinturerías de México zona Puebla*. Cholula: Universidad de las Américas Puebla.

Socconini, L. (2009). *Lean Manufacturing, paso a paso*. 2da. Edición. Ed. Norma. México

Ohno, T. (2000). *El Sistema de Producción Toyota, Más allá de la producción a gran escala*. 2ª Edición, Ed. Gestión Barcelona.

Trillanes, G.L.C. (2010). “*El secreto japonés de la productividad Kaizen*”. Revista Pyme HA. (Pp. 40-44). Noviembre 2010.

Zandin, B. K. (2010). *Maynar. Manual del ingeniero industrial*. 5ta Edición. Mac Graw-Hill. México.

desarrollado como Jefa de División de la Carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme; Profesora de Carrera Asociado B, miembro del Cuerpo Académico de Administración y gestión de negocios. Actualmente Coordinadora de Maestría en Administración del ITESCA.
czapuche@itesca.edu.mx

Mtro. Moisés Ricardo Larios Ibarra. Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Industrial. Profesor Investigador Titular B. Miembro del Cuerpo Académico de Sistemas de Gestión de la Calidad Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Sonora.
moises.larios@itson.edu.mx

Mtra. Francisca Guadalupe Reyes Ruiz. Maestra en Administración, de la División de Administración. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme; Profesora de carrera asociado B. Miembro del consejo del posgrado de Administración y miembro del Cuerpo Académico de Administración y gestión de negocios.
lreyes@itesca.edu.mx

Contacto:

Mtro. René Daniel Fornés Rivera. Ingeniero Industrial y de Sistemas, Maestro en Administración en Calidad Total, Candidato a Doctor en Planeación Estratégica para la Mejora del Desempeño; Profesor Investigador Titular B. Miembro del Cuerpo Académico de Sistemas de Gestión de la Calidad. Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Sonora.
rene.fornes@itson.edu.mx

Ing. Hugo César Mora Gallardo. Ingeniero Industrial y de Sistemas. Jefe del Departamento de Matemáticas del Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora.
Hugo.morag@cobachsonora.edu.mx

Ing. Marco Antonio Conant Pablos. Ingeniero Industrial. Profesor Investigador Titular B. Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Sonora.
marco.conant@itson.edu.mx

Mtra. Carla Olimpya Zapuche Moreno. Maestra en Ingeniería Económica y Financiera. Se ha

Plan de mejora para el proceso de trituración de minerales en una mina de cobre

**Juan Guillermo Vega Mejía. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Estudiante de la Maestría en Administración**

**Carla Olimpya Zapuche Moreno. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Maestría en Administración**

**Luis Alberto Limón Valencia. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Maestría en Administración**

**René Daniel Fornés Rivera. Instituto Tecnológico de Sonora.
Departamento de Ingeniería Industrial.**

Resumen

El sujeto de estudio de la presente investigación es una Mina de Cobre, donde se plantean propuestas para mejorar la disponibilidad de la planta por paros no planeados. El resultado al que se pretende llegar, es una propuesta de mejora para la planta que, contribuya a tener plantas con alta disponibilidad en el proceso de depositación de mineral con la finalidad de disminuir los paros no planeados de producción y contribuir directamente a la producción de la planta. Se pretende que este modelo sea aplicado en las otras plantas con las que cuenta la mina productora de cobre y obtengan resultados productivos como los que se planea en el cuerpo de la investigación, además que se busca tener un equilibrio entre planta y personal que labora en ella teniendo los mejores resultados para su personal.

Palabras Clave

Mina, mantenimiento, producción, plan de mejora, trituración, lubricación, costos, transportación, contaminación, tiempo, personal.

Abstract

The subject of this research study is a Copper Mine, where proposals are made to improve plant availability by unplanned stoppages. The result is intended to reach, is a proposal to improve the plant that contribute to having plants with high availability in the mineral deposition process in order to reduce unplanned production stoppages and directly contribute to the production of plant.

It is intended that this model is applied in the other plants that comprise the producing copper mine and get productive results as those planned in the body of research also is sought to have a balance between plant

and personnel working in her having the best outcomes for their staff.

Keywords

Mina, maintenance, production, improvement plan, grinding, lubrication, costs, transportation, pollution, weather, personal.

Introducción

La Mina de Cobre es la mayor productora de cobre en el país, esta cuenta a la fecha con tres plantas. Para este caso específico, se realizara una investigación única y exclusivamente en una de las tres plantas para determinar las causas o eventos repetitivos que detiene el proceso de dicha planta, respecto a su mantenimiento por horas operadas en el día.

Por lo anterior, se juzga conveniente iniciar una investigación para encontrar la forma o el procedimiento para incrementar el nivel de eficiencia de la planta, reduciendo los paros o interrupciones no programadas o correctivas que se puedan presentar durante la operación, es decir, contribuir a que este tipo de plantas sean más funcionales, produciendo mas a menor costo y evitar contratiempos. Al respecto, es importante que este tipo de plantas sean más constantes en su operación, esto con el fin de tener un tiempo mayor para los mantenimientos programados sin afectar los presupuestos de producción.

La presente investigación, se considera de gran utilidad para las otras plantas en minas de cobre del país.

Esta investigación será de gran ayuda para futuros proyectos de la empresa, es decir, se podrían implementar los resultados que se obtengan de la presente investigación y replicarlos posteriormente en otras plantas de la empresa.

Desarrollo

Cuando las plantas de trituración tienen paros en su línea de producción, ya sea de carácter preventivo y/o correctivo por varias horas en los aspectos de mantenimiento y en días consecutivos, el acarreo por camión es más costoso y se mueve menos mineral al día que lo establecido por mina.

En la Figura 1 se muestra la disponibilidad de la planta, donde se puede observar que el objetivo no se cumplió es decir quedo por debajo de la

disponibilidad planeada del mes, en este caso para entender mas el problema, si no se opera en un espacio de una hora se deja de producir 3200 toneladas de mineral, en cada tonelada hay 40 gramos de cobre por lo menos, por lo que haciendo una multiplicación directa son 128kg de cobre que se deja de percibir siendo un aproximado de 950 dólar. Es por eso de la importancia del tema donde normalmente en el mes son de 30 a 40 horas que no se operan por problemas directamente de mantenimiento.

Tabla 1. Se muestra tabla con disponibilidad de plantas de hidrometalurgia.

Area	Diciembre			Acumulado Ene			PM Febrero 2014	Proyección Febrero	Plan 2014
	Plan %	Real %	Cumplim. %	Plan %	Real %	Cumplim. %	Febrero	2014	
ESDE I	95.3	86.5	90.9	95.9	98.7	102.9	97.4	96.5	94.9
ESDE II	95.4	95.2	99.8	97.9	97.6	99.7	97.1	96.4	96.9
QUEBALIX I	81.4	93.8	115.2	85.4	87.9	102.9	86.3	85.3	85.8
QUEBALIX II	81.4	89.0	109.3	90.0	87.9	97.7	90.9	90.9	90.7
QUEBALIX III	85.6	88.0	102.8	91.5	97.2	106.3	92.4	92.4	92.2
QUEBALIX TOTAL	82.8	90.3	109.0	89.0	91.0	102.1	89.9	89.9	89.6
LIXIVIACION	94.9	99.3	104.7	95.3	99.3	101.0	98.2	98.2	98.0
EQ. AUXILIAR	87.3	94.6	108.4	90.1	93.9	104.2	91.9	91.3	93.3
HIDROMETALURGIA	89.0	92.0	103.4	93.2	94.8	101.7	93.7	93.3	93.1

Fuente: Sistema Downtime.

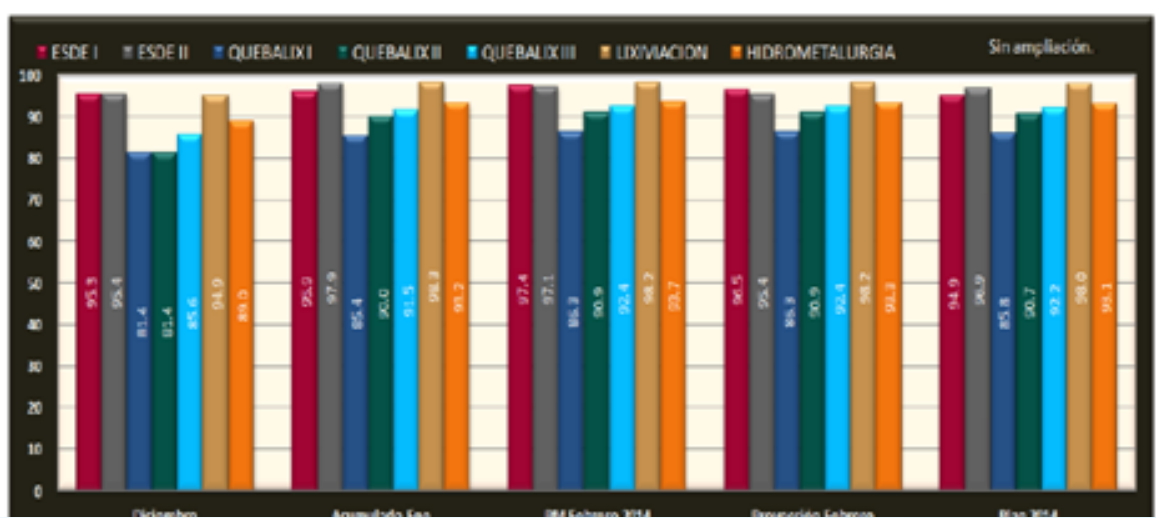


Figura 1. Se Muestra disponibilidad de plantas con gráficas y tendencias.

Fuente: Sistema downtime

Actualmente, la empresa minera tiene en operación tres plantas, estas son las encargadas de triturar material para después depositarlo en un terrero y

posteriormente regarlo para la lixiviación del mineral principalmente, cobre. Para este estudio, se está considerando únicamente la planta.

En esta planta se producen cerca de 54,000 ton., de mineral diariamente, transportándose en bandas equipadas con instrumentos para protección en caso de alguna contingencia. Para ella, se planea la disponibilidad semanal, mensual, trimestral y anual según sea el caso tomando en cuenta que esta ópera las 24 horas del día teniendo un paro semanal de 12 horas y para hacer mantenimiento mayor por cambio de cóncavos y extensión de bandas para continuar el apilamiento de mineral.

¿Cómo reducir los paros no planeados en el proceso de trituración de mineral en la planta?

Los sujetos en estudio con los que se está trabajando en este documento el cual se está aplicando en el Área de planta de la Mina de Cobre.

Sujeto

Esta investigación se realiza en un departamento de la Mina de Cobre, área de trituración de material lixiviable, consiste en recibir el material, el cual es triturado y se pasa por bandas transportadoras y al final es depositado y apilado formando terreros para ser lixiviados.

Se analizara los índices del departamento de mantenimiento específicamente los paros de planta no planeados.

Materiales

Se tomó la información de un sistema de la empresa que registra los eventos del día donde se seleccionara los puntos relacionados con el mantenimiento de la planta mecánico, eléctrico e instrumentación, donde se analizará los puntos más repetitivos y de mayor duración para hacer un plan de mejora y ayudar

sustancialmente a la mejora de la productividad de la planta mencionada. El nombre del sistema es llamado "Downtime" donde se tomara la información para realizar un análisis y se generaran propuestas para mejorar la disponibilidad la planta mencionada anteriormente.

Procedimiento

La información obtenida del sistema de registros de tiempos caídos de la empresa se analizara obteniendo los tiempos y eventos más repetitivos durante los meses del año 2013 comparando el primer semestre con el segundo del año. Del archivo obtenido se realizara un análisis mensual filtrando por categorías o disciplinas del mantenimiento que son eléctrico, mecánico e instrumentación para obtener información confiable de los tiempos por paros no programados. Una vez analizada la información se procede a realizar un plan de mejora y estrategias implementadas para mejorar la disponibilidad de la planta y aumentar su productividad.

Un ejemplo del procedimiento a realizar es el siguiente donde filtramos la información únicamente para la planta y sus disciplinas antes mencionadas donde obtenemos tiempos de duración por cada falla y los eventos más repetitivos de esta implementando o proponiendo una mejora para evitar los contratiempos en la planta.

En la tabla se muestra únicamente en la disciplina eléctrica el costo que tiene o lo que se deja de ganar en una hora en la planta en el mes de Enero del 2013 se tuvo una perdida en tiempo no programado de 3 horas con 16 minutos equivalente a 178,750 USD.

Tabla 2. Tiempos perdidos en la disciplina eléctrica.

PLANTA	FECHA INICIO	FECHA FIN	DURACIÓN	CLASE	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	AGRUPO	CATEGOR	CÓDIGO	FALLA	NOTAS
QUEBALIX II	01/08/2014 07:51:10	01/08/2014 08:57:18	1:06	BANDAS	COSQ2BAN00009	BANDA TEXTIL DE 48" DE BANDA LANZADORA	TDMR	Eléctrica	NOID	FALLA NO IDENTIFICADA	Paro: para sin alarma la banda lanzadora. Paró sin alarma.
QUEBALIX II	01/09/2014 14:05:03	01/09/2014 14:09:54	0:04	BANDAS	COSQ2BAH00003	TRANSPORTADOR NO. 2 DE PLANTA QBLIX II	TNPR	Eléctrica	NESI	DESENERGIZADO	
QUEBALIX II	01/28/2014 08:24:23	01/28/2014 09:23:23	0:59	BANDAS	COSQ2BAT00011	TRANSPORTADOR NO. 4 DE PLANTA QBLIX II	TNPR	Eléctrica	CBAL	CABLE TROZADO	alarma bandera derecha, se encuentra cable trozado
QUEBALIX II	01/28/2014 23:15:29	01/28/2014 23:32:32	0:17	ALIMENTADOR	COSQ2TRA00001	ALIMENTADOR DE DESCARGA DE 78"	TNPR	Eléctrica	FFUS	FUSIBLE DAÑADO	Se cambia fusible de control.
QUEBALIX II	01/29/2014 15:04:17	01/29/2014 15:55:29	0:51	TRIPPER (CARRO)	COSQ2BAN00005	TRANSPORTADOR PRINCIPAL RAHCO Tripper	TNPR	Eléctrica	VAVO	VARIACION DE VOLTAJE	variacion de voltaje por voladura.
			3:16 HRS	EQUIVALE A	\$178,750.00						
En una tonelada de mineral se recupera 2.9Kg de cobre, en una hora de producción de la planta se producen 3200 toneladas de mineral que equivale a 9280kg de cobre recuperado en tres años, por lo que parar una hora la producción en un paro no planeado la planta se deja de recuperar en efectivo 18500lbs de cobre igual a 55000 dolar aproximadamente.											

Fuente: Elaboración propia, basada en sistema downtime.

En la tabla inferior se muestra detalladamente lo que se menciona anteriormente.

Mediante este análisis el primer semestre del 2013 se realizó el plan estratégico que consta de las siguientes estrategias ya realizadas a la fecha con resultados positivos como se observará más adelante.

Tabla 3. Tiempos perdidos en la disciplina eléctrica

DURACIÓN	CLASE	EQUIPO
1:06	BANDAS	C05Q2BAN00009
0:04	BANDAS	C05Q2BAH00003
0:59	BANDAS	C05Q2BAT00011
0:17	ALIMENTADOR	C05Q2TRA00001
0:51	TRIPPER (CARRO)	C05Q2BAN00005
3:16 HRS	EQUIVALE A	\$178,750.00

Fuente: Elaboración propia, basada en sistema downtime.

Una vez obtenidos los tiempos y por disciplina se saca una cuenta rápidamente del tiempo que cuesta en la planta estar parado haciendo un comparativo mes con mes buscando obtener mejores resultados en el segundo semestre del año contribuyendo con la disminución de costos por producción de la planta.

Resultados

Se elaboró propuesta de mejora para aplicarse en planta donde se realizó un análisis de los tiempos por paros no programados revisando las fallas más recurrentes en los equipos y de mayor duración para contribuir a disminuir los tiempos por correctivos. El análisis consta de revisar en las disciplinas eléctrica, mecánica e instrumentación mes a mes del año 2013, tomando en cuenta los tiempos y realizando una suma por disciplina a su vez en una tabla se hace el comparativo con el costo de producción que tiene parar la producción una hora y lo que afecta indirectamente a la producción de cobre. Como se puede observar en la tabla 4, el análisis realizado y sintetizado para su mejor entendimiento donde se puede ver que el mayor tiempo en los paros no programados lo absorbe la disciplina mecánica sumando un total de 109 con 33 minutos en el primer semestre equivalente a 5, 785, 900 USD únicamente en esta disciplina, en la disciplina mecánica incluye por ejemplo reparaciones de bandas, instalación de reductores de velocidad y o ajustes de bandas transportadoras, cambio de rodillos en transportadores.

Tabla 4. Análisis de tiempos y costos.

2013	SEMESTRE 1						HORAS TOTAL SEMESTRE
	ENERO(HRS)	FEBRERO (HRS)	MARZO (HRS)	ABRIL(HRS)	MAYO(HRS)	JUNIO(HRS)	
Instrumentación	10:42	1:49	1:37	1:10	2:43	5:37	23:38
Mecánico	21:09	24:01:00	25:40:00	10:06	24:15:00	4:22	109:33:00
Eléctrico	3:16	2:46	2:52	8:31	1:54	3:40	23
TOTAL	35:07:00	28:46:00	29:27:00	19:47	28:37:00	13:39	156:11:00

Una hora operada equivale a 55,000 DOLLAR

2013	SEMESTRE 1						HORAS TOTAL SEMESTRE
	ENERO(USD)	FEBRERO (USD)	MARZO (USD)	ABRIL(USD)	MAYO(USD)	JUNIO(USD)	
Instrumentación	\$590,000.00	\$99,900.00	\$85,833.00	\$73,000.00	\$118,200.00	\$308,500.00	\$1,275,433.00
Mecánico	\$1,555,000.00	\$1,320,000.00	\$1,382,200.00	\$60,500.00	\$1,333,700.00	\$134,500.00	\$5,785,900.00
Eléctrico	\$178,750.00	\$118,300.00	\$102,600.00	\$467,500.00	\$102,600.00	\$172,200.00	\$1,141,950.00
TOTAL	\$2,323,750.00	\$1,538,200.00	\$1,570,633.00	\$601,000.00	\$1,554,500.00	\$615,200.00	\$8,203,283.00

Propuestas

Propuesta 1. Instalación de medidor de velocidad digital en alimentador de bandas, esto contribuye a tener una mejor regulación del tonelaje que es

transportado por las bandas hasta su depositación para evitar sobrecargar las bandas transportadoras y evitar que sufran un daño prematuro.

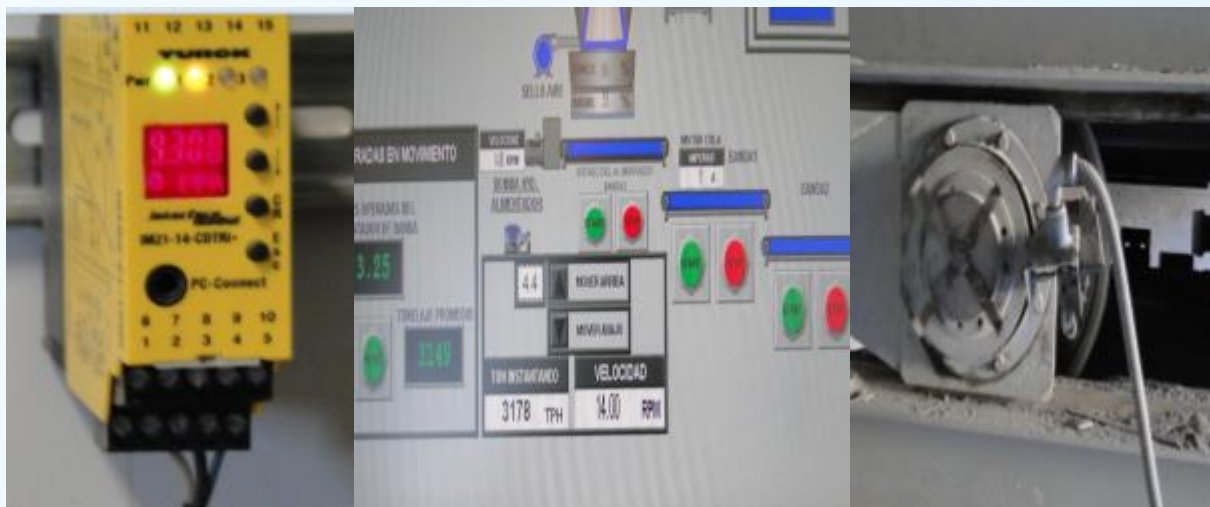


Figura 2. Instrumento para medir revoluciones por minutos del transportador.

En la figura 2 de la derecha se observa electrónica del instrumento de medición, en el centro está la imagen de como lo ve el operador del cuarto de control y la imagen de la derecha es como está instalado en campo el instrumento para enviar la señal al controlador.

En la figura 3 se observa banda con daño prematuro una posible sobrecarga en la banda por no controlar adecuadamente la razón de alimentación.



Figura 3. Banda dañada

Propuesta 2. Cambio total de bandas transportadoras, esto se refiere al cambiar una banda deteriorada lo mejor es cambiar una banda completamente no por secciones esto es debido a que las bandas en uso no pegan o se unen adecuadamente a las bandas nuevas, además de que es recomendable también instalar bandas con la misma característica hasta completar el transportador completo es decir que tenga las mismas lonas las bandas el mismo espesor y la resistencia que tiene la banda a la elongación y a la tensión que puede soportar.

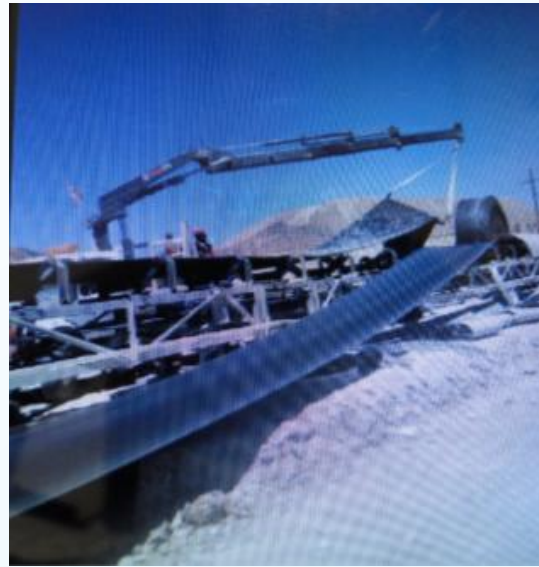


Figura 4. Maniobra del cambio de banda transportadora.

Propuesta 3. Estandarización de rodillos en transportadores, esto se refiere a utilizar únicamente una marca específica que cumpla con las características necesarias para la aplicación minera, esto beneficia a que se maneja una sola línea y son mejor y más rápidos de adquirir los repuestos para estos rodillos.

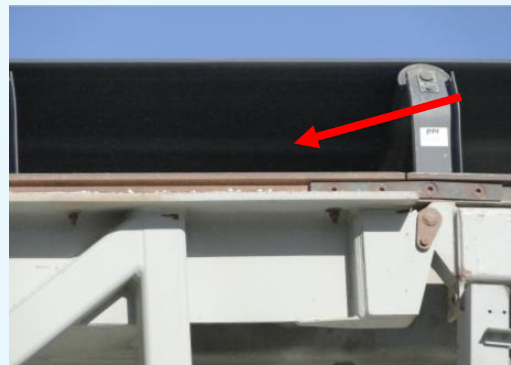


Figura 5. Rodillo en banda transportadora

Propuesta 4. Aplicación en display e implementación de productividad visiblemente para el operador donde puede observar en tiempo real las horas operadas del equipo realizando una operación interna en el programador lógico programable que arroja un resultado que ayuda a mantener un buen índice de operación y buscar las metas establecidas por turno de operación.



Figura 6. Display de pantalla del proceso de la planta

En la figura 6 se observa el display donde se refleja la productividad en tiempo real que permite al operador realizar sus ajustes para alcanzar la meta del turno que es igual a 27,000 toneladas de mineral triturado.

Propuesta 5. Instalación de fuentes de poder alternas en controladores de proceso que permiten en caso de una falla de energía que el controlador no pierda el control y no tenga que restablecerse en campo físicamente hasta que se tenga energía eléctrica, este dispositivo es llamado UPS de gran utilidad para el proceso.

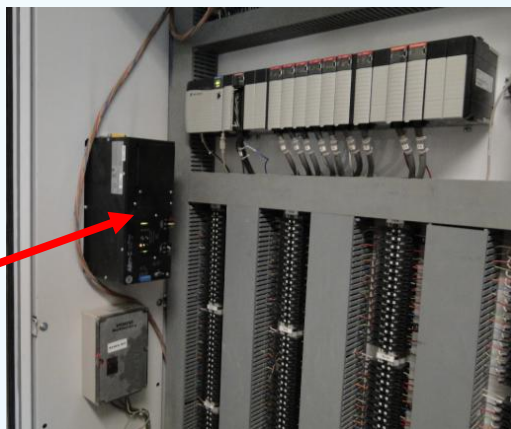


Figura 7. Fuente de poder para procesador.

Propuesta 6. Instalación en transmisiones de banda cruzada apiladora de terreros cuádruple, esto con el fin de asegurar y darle más potencia a la banda mencionada para evitar encampanes o acumulaciones de material que producen pérdidas de tiempo operativas.



Figura 8. Transmisiones en equipo de banda cruzada, apilador de terreros.

Se observa en la figura 8 el equipo con el sistema que tenía anteriormente en la imagen de la izquierda y la imagen derecha se observa la modificación realizada que llevo consigo al aumento de la capacidad de producción de la planta y obtener los mejores resultados de operación hasta la fecha.

Propuesta 7. Acondicionamiento de cuartos de sistema de lubricación basados en mantener el lubricante (aceite) libre de contaminantes que puedan

dañar componentes mayores y sobre todo que puedan detener la operación de la planta, además de esto la adquisición de equipos para la filtración de aceite en operación para mantener su índice de limpieza y contribuir a mantener en buenas condiciones su viscosidad, aditivos y demás que componen los lubricantes.

Los resultados obtenidos una vez aplicados las propuestas mencionadas anteriormente comenzaron a reflejarse en el segundo semestre del año 2013. Actualmente se sigue aplicando estas propuestas con resultados positivos como lo muestra la imagen siguiente donde se observa la mejora de la planta sustancial.



Figura 9. Sistema de filtración en tiempo real.

El sistema de filtración incrementa la vida útil del aceite además de sus componentes de desgaste de alto costo.

Mediante estas propuestas aplicadas en la planta se han aplicado en las otras dos plantas buscando la mejora continua y contribuyendo con la productividad de las plantas buscando un beneficio tanto para los operadores de la planta como para los mantenedores ya que se ven beneficiados una vez obtenida la producción mensual con un bono de producción.

Tabla 5. Disciplina que aporta más tiempo en los paros no programados es la mecánica.

SEMESTRE 2						HORAS TOTAL
JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SEMESTRE
1:23	1:39	0:01	2:57	1:29	2:46	10:15
18:48	6:36	14:30	22:25:00	16:15	11:15	89:39:00
6:10	4:35	2:19	4:16	6:32	7:34	31:26:00
26:21:00	12:50	14:50	39:38:00	29:16:00	21:35	131:20:00

SEMESTRE 2						HORAS TOTAL
JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SEMESTRE
\$76,000.00	\$90,750.00	\$1,000.00	\$163,000.00	\$81,500.00	\$118,300.00	\$530,550.00
\$103,400.00	\$363,000.00	\$797,500.00	\$1,232,900.00	\$894,600.00	\$619,600.00	\$4,011,000.00
\$339,100.00	\$252,000.00	\$127,400.00	\$234,600.00	\$359,300.00	\$416,100.00	\$1,728,500.00
\$518,500.00	\$705,750.00	\$925,900.00	\$1,630,500.00	\$1,335,400.00	\$1,154,000.00	\$6,270,050.00

En la tabla 6 se observa el comparativo de ambas tablas donde se observa una mejora en el segundo semestre de año de 24% que se traduce en dinero a 1,

933,233 Dólares, obteniendo hasta la fecha resultados positivos económicamente y productivamente.

Tabla 6. Tabla comparativa año completo en costos y tiempo.

2013	SEMESTRE 1						HORAS TOTAL SEMESTRE	SEMESTRE 2						HORAS TOTAL SEMESTRE
	ENERO(HRS)	FEBRERO(HRS)	MARZO(HRS)	ABRIL(HRS)	MAYO(HRS)	JUNIO(HRS)		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
Instrumentación	10:42	1:49	1:37	1:10	2:43	5:37	23:38	1:23	1:39	0:01	2:57	1:29	2:46	10:15
Mecánico	21:09	24:01:00	25:40:00	10:06	24:15:00	4:22	109:33:00	18:48	6:36	14:30	22:25:00	16:15	11:15	89:39:00
Eléctrico	3:16	2:46	2:52	8:31	1:54	3:40	23	6:10	4:35	2:19	4:16	6:32	7:34	31:26:00
TOTAL	35:07:00	28:46:00	29:27:00	19:47	28:37:00	13:38	156:11:00	26:21:00	12:50	14:50	39:38:00	29:16:00	21:35	131:20:00

Una hora operada equivale a 55,000 DOLLAR

2013	SEMESTRE 1						HORAS TOTAL SEMESTRE	SEMESTRE 2						HORAS TOTAL SEMESTRE
	ENERO(USD)	FEBRERO(USD)	MARZO(USD)	ABRIL(USD)	MAYO(USD)	JUNIO(USD)		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
Instrumentación	\$590,000.00	\$99,900.00	\$85,833.00	\$73,000.00	\$118,200.00	\$308,500.00	\$1,275,433.00	\$76,000.00	\$90,750.00	\$1,000.00	\$163,000.00	\$81,500.00	\$118,300.00	\$530,550.00
Mecánico	\$1,555,000.00	\$1,320,000.00	\$1,382,200.00	\$60,500.00	\$1,333,700.00	\$134,500.00	\$5,785,900.00	\$103,400.00	\$363,000.00	\$797,500.00	\$1,232,900.00	\$894,600.00	\$619,600.00	\$4,011,000.00
Eléctrico	\$178,750.00	\$118,300.00	\$102,600.00	\$467,500.00	\$102,600.00	\$172,200.00	\$1,141,950.00	\$339,100.00	\$252,000.00	\$127,400.00	\$234,600.00	\$359,300.00	\$416,100.00	\$1,728,500.00
TOTAL	\$2,323,750.00	\$1,538,200.00	\$1,570,633.00	\$601,000.00	\$1,554,500.00	\$615,200.00	\$8,203,283.00	\$518,500.00	\$705,750.00	\$925,900.00	\$1,630,500.00	\$1,335,400.00	\$1,154,000.00	\$6,270,050.00

Disminuye el 24% en tiempo, por lo que contribuye con una ganancia a futuro de un 24%.

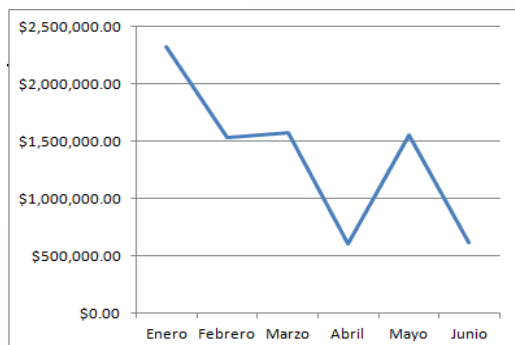


Figura 10. Gráfica primer semestre año 2013 relacionado a costos.

Fuente: Elaboración propia.

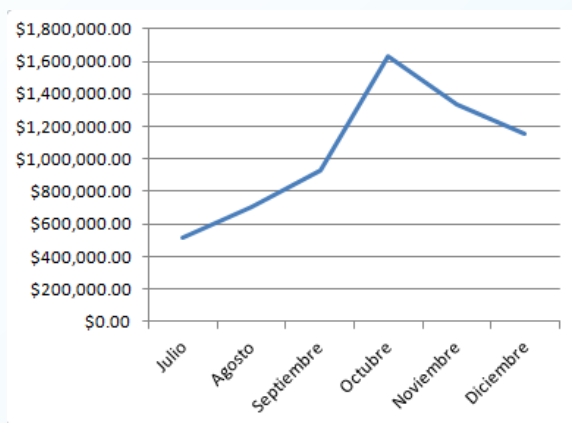


Figura 11. Gráfica segundo semestre una vez aplicada las propuestas.

Fuente: Elaboración propia

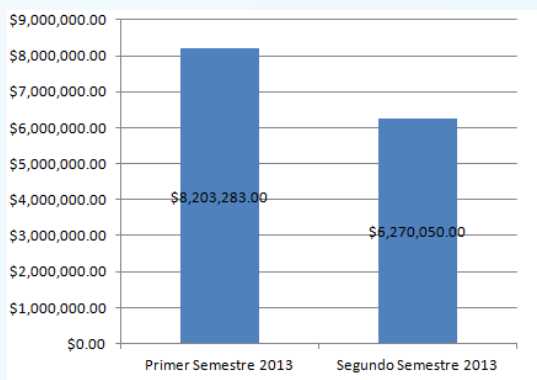


Figura 12. Costos representados en semestres año 2013.

Es importante mencionar que esta investigación con resultados positivos se pueden aplicar en otras plantas similares a esta ya que la esencia es la misma solo ajustándose a sus necesidades. De seguir utilizando las prácticas recomendadas es posible realizar otro tipo de actividades como la mejora continua y proyectos que benefician a la misma planta, además de realizar actividades en el aspecto de ecología y seguridad. Por el momento se está elaborando un programa de mejoras para mejorar el ambiente de los sistemas hidráulicos de la planta, realizando estudios basados primeramente en la ecología esto quiere decir en la disminución del consumo de aceite utilizando filtros de mayor calidad y riñones para mantener en buen estado los lubricantes, el otro punto importante de esta investigación es la seguridad en los sistemas de lubricación entre más limpio y buenas condiciones este el lubricante disminuimos el trabajo realizado por personas y por último se basa en disminuir los tiempos caídos por el factor lubricante es decir aportar beneficios indirectamente a la planta, es un tema para una investigación futuro.

Referencias

Niklas Luhmann, Confianza, Universidad Iberoamericana. 2005.

Vázquez Danus. Crónicas mineras del medio siglo 1950-2000, RIL editores.2001.

Beckel Jorge. El proceso hidrometalúrgico de lixiviación en pilas y desarrollo de la minería en Chile, , 2000. (<http://books.google.com.mx/books419&sak-T>)

García Garrido Santiago, La contratación del mantenimiento Industrial, editorial Díaz.

Arques Patón José Luis. Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario. 2009.

Edwards Deming, Calidad, productividad y competitividad. Edición Díaz de Santos. 2006.

Contacto:

Ing. Juan Guillermo Vega Mejía. Estudiante de la Maestría en Administración del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
juanguillermo.vega@hotmail.com

M.I. Carla Olimpya Zapuche Moreno. Profesor de Carrera Asociado B del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme Docente de la Maestría en Administración.
czapuche@itesca.edu.mx

M.A. Luis Alberto Limón Valencia. Profesor de Carrera Asociado A del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme Docente de la Maestría en Administración
alimon@itesca.edu.mx

Mtro. René Daniel Fornés Rivera. Ingeniero Industrial y de Sistemas, Maestro en Administración en Calidad Total, Candidato a Doctor en Planeación Estratégica para la Mejora del Desempeño; Profesor Investigador Titular B. Miembro del Cuerpo Académico de Sistemas de Gestión de la Calidad. Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Sonora.
rene.fornes@itson.edu.mx

Demostración de dinámica caótica en la función logística, vía conjugación topológica con el mapeo corrimiento

Juan Enrique Palomares Ruiz. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Departamento de Ciencias Básicas.

Leonsio Ruiz Moreno. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Departamento de Ciencias Básicas.

José Guadalupe Castro Lugo. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Departamento de Ciencias Básicas.

Ricardo Ruiz Moreno. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Departamento de Ciencias Básicas.

Socorro del Rivero Jiménez. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Departamento de Ciencias Básicas.

Resumen

La función logística se utiliza con frecuencia para discutir y ejemplificar el concepto de caos (Bertuglia y Vaio, 2005). La idea en principio es sencilla, sin embargo cuando se realizan exploraciones numéricas de la dinámica de la función logística para valores de r mayores a 3, se obtiene un comportamiento de gran complejidad para algunas de las órbitas, lo cual conduce al concepto de caos. Sin embargo dar una definición de caos basada en las observaciones sobre la función logística resulta sumamente complicado, (Melby, Kaidel, Weber, y Hübler, 2000). Por tal motivo, para proponer un concepto de caos y demostrar que la función logística es caótica se sigue un procedimiento indirecto. Como lo es el de demostrar su conjugación topológica con el mapeo corrimiento.

Palabras clave

Caos, Fractal, Cantor, Topología, Función corrimiento, Función Logística, Sistemas dinámicos.

Abstract

The logistic function is often used to discuss and exemplify the concept of chaos. The idea in principle is simple, but when numerical dynamic scans of the logistic function for values of r greater than 3, obtain very complex behavior for some of the orbits, which leads to the concept of chaos. For this it is necessary a definition of chaos based on observations on the logistic function is extremely complicated. Therefore, to propose a concept of chaos and show that the chaotic logistic function is an

indirect procedure is followed. As is to demonstrate the topological transitivity shift mapping.

Keywords

Chaos, Fractal, Cantor, Topology, Shift Function, Logistic Function, Dynamic Systems.

Introducción

La familia de funciones,

$$h_r(x) = rx(1 - x)$$

donde r es mayor que cero, es un modelo razonable de crecimiento poblacional, (Ausloos y Dirickx, 2006). Nótese que la forma de la gráfica de h_r , es una parábola abriéndose hacia abajo con intercepciones en el eje x en 0 y 1 además abre en el punto $(\frac{1}{2}, \frac{r}{4})$.

1.- Resolviendo la ecuación $rx(1 - x) = x$ se deduce que h_r tiene puntos fijos en 0 y en $p_r = \frac{r-1}{r}$. También, 1 y $\frac{1}{r}$ son puntos eventualmente fijos dado que $h_r(1) = 0$ y $h_r(\frac{1}{r}) = p_r$.

2.- Si $0 < r < 1$, entonces $p_r < 0$. p_r es un punto fijo repelente, y 0 es un punto fijo atractor. El conjunto estable de 0 es $(p_r, \frac{1}{r})$, el conjunto estable de p_r es $\{p_r, \frac{1}{r}\}$, y el conjunto estable de infinito es $(-\infty, p_r) \cup (\frac{1}{r}, \infty)$.

3.- Cuando $r = 1$, ocurre una bifurcación transcítica, $p_1 = 0$ y es no-hiperbólico. El conjunto estable de 0 es $[0, 1]$, y el conjunto estable de infinito es $(-\infty, 0) \cup (1, \infty)$. En general, si $r \geq 1$, entonces el conjunto estable de infinito incluye los intervalos $(-\infty, 0) \cup (1, \infty)$.

4.- Si $1 < r < 3$, entonces 0 es un punto fijo repelente, p_r es un punto fijo atractor, el conjunto estable de 0 es $\{0, 1\}$, y el conjunto estable de p_r es $(0, 1)$.

5.- Cuando $r = 3$ ocurre una bifurcación de *período doble*. (es decir, el punto fijo atractor pierde su estabilidad y aparece una órbita periódica de período dos atractor, como se muestra en la figura 1) 0 aún es repelente y p_r es solo débilmente atractor (es decir, $|f'(p)| = 1$) El conjunto estable de p_r es $(0, 1)$.

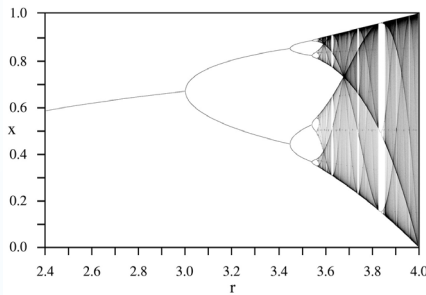


Figura 1: Descripción gráfica de las órbitas de la función logística

6.- Si $3 < r < 3.4$, entonces ambos 0 y p_r son puntos fijos repelentes. El conjunto estable de 0 es aún $\{0, 1\}$, pero el conjunto estable de p_r contiene un número infinito de puntos. De cualquier forma, ahora hay una órbita periódica atractor de período dos y “muchos” de los puntos en $(0, 1)$ convergen asintóticamente hacia uno de los dos puntos en la órbita.

7.- Cuando $r \approx 3.45$ ocurre otra bifurcación de período doble y la órbita atractor de período dos se parte en una órbita atractor de período cuatro y una órbita repelente de período dos.

8.- En el intervalo $3.44 < r \leq 4$ el comportamiento dinámico cambia rápidamente. Existe una órbita periódica de período tres si $r > 3.6$, así que por el Teorema de Sarkovskii se puede afirmar que existen puntos periódicos de todos los ordenes, (Valdés, 2005). Por la complejidad de la dinámica cuando r está en este rango, primero se examina que pasa cuando $r > 4$.

9.- Supóngase $r > 4$. Entonces $h(\frac{1}{2}) > 1$ y $\frac{1}{2}$ diverge asintóticamente hacia infinito. Como $h(\frac{1}{2}) > 1$, $h(1) = 0$ y $h(0) = 0$, el Teorema del Valor Intermedio implica que existe x_0 en $[0, \frac{1}{2}]$ y x_1 en

$[\frac{1}{2}, 0]$ tales que $h(x_0) = h(x_1) = 1$, consecuentemente, $h^2(x_0) = h^2(x_1) = 0$ y ambos, x_0 y x_1 , son eventualmente fijos.

La principal cuestión consiste en conocer que otros puntos de $[0, 1]$ convergen, bajo iteraciones de h , a “algo” en $[0, 1]$.

Para cada número natural n se define

$$\Lambda_n = \{x \mid h^n(x) \in [0, 1]\}.$$

El objetivo es describir el conjunto $\Lambda = \bigcap_{n=1}^{\infty} \Lambda_n$: el conjunto de puntos que permanecen para siempre en $[0, 1]$ bajo la iteración de h . Para hacer esto es necesario conocer más acerca de los conjuntos Λ_n . La siguiente proposición es el primer paso en el desarrollo de la descripción de Λ .

Proposición 1 Si $h(x) = rx(1-x)$ y $r > 4$, entonces las siguientes afirmaciones resultan verdaderas.

a) El conjunto de números reales x en $[0, 1]$ que satisfacen la condición de que $h(x)$ no está en $[0, 1]$ es el intervalo $\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}, \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}\right)$ y por lo tanto,

$$\Lambda_1 = \left[0, \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}\right] \cup \left[\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}, 1\right].$$

b) El conjunto Λ_n consiste de 2^n intervalos cerrados disjuntos para todo número natural n .

c) Si I es uno de estos intervalos cerrados en Λ_n , entonces $h^n : I \rightarrow [0, 1]$ es uno a uno y sobre.

Demostración: Primero se observa que si $h(x)$ está en $[0, 1]$, entonces x debe de estar en $[0, 1]$. Así que Λ_n está contenida en $[0, 1]$ para toda n . Ahora se probará la parte a) de la proposición.

a) La gráfica de $h(x)$ se muestra en la figura 2. Observe que el conjunto de puntos en $[0, 1]$ que no cumplen con que $h(x)$ está en $[0, 1]$ son exactamente aquellos puntos que satisfacen $h(x) > 1$. Pero éstos, son los puntos contenidos entre las raíces de $h(x) = 1$. Usando la fórmula cuadrática se tiene que $h(x) = rx(1-x) = 1$ cuando $x = \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}$ y de aquí se sigue a).

La prueba de b) y c) se realiza por inducción. Esta claro de la parte a) que Λ_1 consiste de 2^1 intervalos cerrados disjuntos. También, se tiene que $h(0) = h(1) = 0$ y que

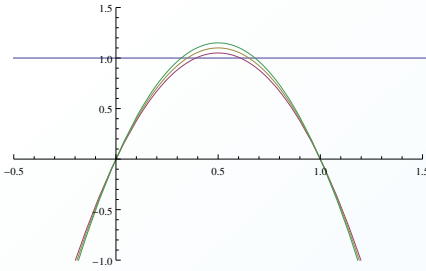


Figura 2: $h(x) = rx(1-x)$ donde $r=4, 2, 4.4$ y 4.6 . Los puntos donde $h(x)=1$ son $x_0 = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}$ y $x_1 = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}$

$h\left(\frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}\right) = 1$. Entonces los puntos finales de los dos intervalos son mapeados en 0 y 1. Por la continuidad de h y por el Teorema del Valor Intermedio se concluye que $h : I \rightarrow [0, 1]$ es sobre. Para verificar que h es uno a uno en los intervalos de Λ_1 , note que la función es estrictamente monótona en estos intervalos; de hecho, $h'(x) = r(1-2x) > 0$ cuando $x < \frac{1}{2}$ y $h'(x) < 0$ cuando $x > \frac{1}{2}$. Así que si I es uno de los dos intervalos en Λ_1 entonces $h : I \rightarrow [0, 1]$ es uno a uno y sobre.

Continuando con el argumento de inducción, supóngase que Λ_k consiste de 2^k intervalos cerrados disjuntos. Aún más, suponga que si I es uno de los intervalos cerrados en Λ_k , entonces $h^k : I \rightarrow [0, 1]$ es uno a uno y sobre y que se cumple que $(h^k)'(x) < 0$ para toda x en I o $(h^k)'(x) > 0$ para toda $x \in [a, b]$. Ahora considérese Λ_{k+1} . Es fácil ver que $\Lambda_{k+1} \subset \Lambda_k$. Sea $[a, b]$ uno de los intervalos en Λ_k y supóngase que $(h^k)'(x) > 0 \forall x \in [a, b]$. Entonces h^k es estrictamente creciente en $[a, b]$. h^k es además continua y $h^k([a, b]) = [0, 1]$, el Teorema del Valor Intermedio implica que existen puntos x_2 y x_3 tales que:

- 1) $a < x_2 < x_3 < b$.
- 2) $h^k([a, x_2]) = \left[0, \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}\right]$.
- 3) $h^k((x_2, x_3)) = \left[\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}, \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}\right]$ y
- 4) $h^k([x_3, b]) = \left[\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}, 1\right]$.

La primera condición indica que los intervalos $[a, x_2]$ y $[x_3, b]$ son disjuntos. Las últimas tres condiciones implican que $h^{k+1}([a, x_2]) = [0, 1]$, $h^{k+1}(x) > 1 \forall x$ en (x_2, x_3) , y $h^{k+1}([x_3, b]) = [0, 1]$. Entonces, el conjunto de puntos en $[a, b]$, los cuales están también en Λ_{k+1} , consisten en los dos intervalos cerrados disjuntos $[a, x_2]$ y $[x_3, b]$. Si x está en $[a, x_2]$, entonces $h^k(x)$ está en $\left[0, \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}\right]$ y $h'(h^k(x)) > 0$. Por hipótesis $(h^k)'(x) > 0$, así que cualquier x está en $[0, x_2]$, $(h^{k+1})'(x) = h'(h^k(x)) \cdot (h^k)'(x) > 0$.

Un argumento similar demuestra que $(h^{k+1})'(x) < 0 \forall x \in [x_3, b]$. Si en el párrafo anterior, se inicia con el argumento de tomar como cierto que $(h^k)'(x) > 0 \forall x \in [a, b]$, entonces es posible utilizar el argumento análogo para mostrar que los puntos de Λ_{k+1} , los cuales son contenidos en $[a, b]$, pertenecen a dos intervalos disjuntos $[a, x_2]$ y $[x_3, b]$ y que además $h^{k+1}([a, x_2]) = [0, 1]$, $h^{k+1}([x_3, b]) = [0, 1]$ y que $(h^{k+1})'$ es estrictamente positiva o estrictamente negativa en cada uno de los intervalos $[a, x_2]$ y $[x_3, b]$.

Como $[a, b]$ es un intervalo arbitrario en Λ_k se sigue que Λ_{k+1} consiste del doble de la cantidad de intervalos que hay en Λ_k . Esto es, Λ_{k+1} contiene $2 \cdot 2^k = 2^{k+1}$ intervalos cerrados disjuntos. Así, se demuestra que si J es uno de los intervalos en Λ_{k+1} , entonces $h^{k+1} : J \rightarrow [0, 1]$ es sobre (por las condiciones (2) y (4) mencionadas anteriormente). También, h^{k+1} es uno a uno en J y es posible concluir el proceso de inducción dado que $(h^{k+1})'$ es estrictamente positiva o estrictamente negativa en J . $\square$

Como se estableció anteriormente, el objetivo es describir el conjunto $\Lambda = \bigcap_{n=1}^{\infty} \Lambda_n$. En la prueba de la proposición 1, se obtiene que Λ_{k+1} se construye removiendo un intervalo abierto de en medio de cada intervalo en Λ_k . El conjunto de puntos que no son removidos mediante este proceso para cada n es Λ . Seguramente para estos momentos ya se ha reconocido que esta construcción es similar a la del conjunto de Cantor $2/3$.

Definición 1 Un conjunto $\Gamma \subset \mathbb{R}$ es conocido como un conjunto de Cantor si:

- a) Γ es cerrado y acotado (compacto).

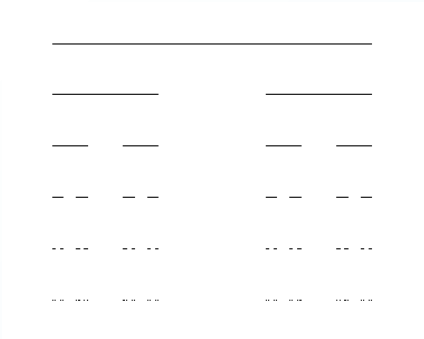


Figura 3: Descripción gráfica de un conjunto de Cantor.

b) Γ no contiene intervalos (conjunto totalmente disjunto).

c) Cada punto en Γ es un punto de acumulación de Γ (es un conjunto perfecto).

Corolario 1 Sea $r > 2 + \sqrt{5}$ y $h(x) = rx(1-x)$. Entonces, existe $\varepsilon > 0$ tal que $|h'(x)| > 1 + \varepsilon$ siempre que x este en Λ_1 . Aún más, la longitud de cada intervalo en Λ_n es menor que $\frac{1}{(1+\varepsilon)^n}$.

Demostración: Si $x \in \Lambda_1 = \left[0, \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}\right] \cup \left[\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}, 1\right]$, se tiene que $h'(x) = r(1-2x)$, $h''(x) = -2r < 0$ por tanto $h'(x)$ es decreciente. Así que, si $x \in \Lambda_1$ entonces $|h'(x)| \geq |h'(x_0)| = |h'(x_1)| = \sqrt{r^2-4r} > 1$ si $r > 2 + \sqrt{5}$.

Esto, ya que $h'(x_0) = r(1-2(x_0))$, $x_0 = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}$ y además

$$h'(x_0) = r - 2r \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r} \right) = \sqrt{r^2-4r}$$

Para comprobar que $\sqrt{r^2-4r} > 1$ obsérvese que $r^2-4r=1$ si $r=2+\sqrt{5}$ y así se tiene que $\sqrt{r^2-4r} > 1$ si $r > 2 + \sqrt{5}$.

Continuando con la demostración se elige $\varepsilon = \delta/2$, y se toma como fijo r y $\delta = \sqrt{r^2-4r} - 1 > 0$ si

$r > 2 + \sqrt{5}$ entonces $\sqrt{r^2-4r} = 1 + \delta > 1 + \varepsilon$ así que, si $x \in \Lambda_1 \implies |h'(x)| \geq \sqrt{r^2-4r} > 1 + \varepsilon$, $\varepsilon > 0$.

La segunda parte del lema, se prueba utilizando la regla de la cadena, se tiene que $(f^k)'(x) = f'(x) \cdot f'(f(x)) \cdot f'(f^2(x)) \cdots f'(f^{k-1}(x))$.

Sea $c \in \Lambda_n \implies h^n(c) \in [0, 1] \implies h^{n-1}(c) \in [0, 1]$.

$$\begin{aligned} (h^k)'(c) &= \underbrace{h'(c)}_{> (1+\varepsilon)} \cdot \underbrace{h'(h(c))}_{> (1+\varepsilon)} \cdots \underbrace{h'(h^{k-1}(c))}_{> (1+\varepsilon)} \\ &> (1+\varepsilon)^k \end{aligned}$$

por lo tanto, si $c \in \Lambda_n \implies (h^k)'(c) > (1+\varepsilon)^k$.

Sean x y y los extremos de un intervalo de Λ_n , $I_j^n = [x, y] \subset \Lambda_n$ aplicando el teorema del valor medio a h^n y a los puntos x, y se obtiene:

$$\begin{aligned} h^n(x) - h^n(y) &= (h^n)'(c)(y-x) \text{ con } x \leq c \leq y \\ |h^n(x) - h^n(y)| &= |(h^n)'(c)| |y-x| \\ |(h^n)'(c)| |y-x| &> (1+\varepsilon)^n |x-y| \end{aligned}$$

además, se tiene que

$$\begin{aligned} |h^n(x) - h^n(y)| &\leq 1 \implies 1 > |x-y| (1+\varepsilon)^n \\ \implies |x-y| &< \frac{1}{(1+\varepsilon)^n}. \square \end{aligned}$$

Se debe tener en cuenta que el valor de ε encontrado en el Lema 1 depende de el valor de r . Cuando r se vuelve pequeña, ε debe de serlo también. La prueba de la primera parte del Lema 1 depende de el hecho, de que si x está en Λ_1 , entonces $|h'_r(x)|$ es mayor o igual que el valor absoluto de la derivada de h_r en $\left(\frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}\right)$. Se probará la segunda parte del lema usando la primera parte de este y el teorema del valor medio.

Teorema 1 El conjunto $\Lambda = \cap_{n=1}^{\infty} \Lambda_n$ es un conjunto de Cantor.

Demostración: Se requiere mostrar que; a) Λ es cerrado y acotado, b) Λ no contiene intervalos, y c) Cada punto de Λ es un punto de acumulación de Λ .

a) Como Λ es la intersección de conjuntos cerrados, este es también un cerrado. Además como Λ está contenido en $[0, 1]$, es por lo tanto, acotado.

b) Si Λ contiene un intervalo abierto (x, y) , con longitud $|x - y|$, entonces para cada n , (x, y) debe estar contenido en uno de los intervalos de Λ_n . El Lema 1 implica que existe un $\varepsilon > 0$ tal que la longitud de un intervalo en Λ_n es menor que $\frac{1}{(1+\varepsilon)^n}$. Es posible encontrar n_0 tal que $|x - y| > \frac{1}{(1+\varepsilon)^{n_0}}$, el intervalo (x, y) no puede caer dentro de algún intervalo en Λ_{n_0} . Así que, Λ no contiene intervalos abiertos.

c) Finalmente, supóngase que x es un punto en el conjunto Λ y sea $N_\delta(x) = (x - \delta, x + \delta)$ una vecindad de x . Se debe mostrar que existe otro punto en Λ distinto de $x \in N_\delta(x)$. Si a es alguno de los extremos de alguno de los intervalos en Λ_n , entonces a está en Λ ya que $h^{n+1}(a) = 0$. Ahora para cada n , x debe de estar contenida en uno de los intervalos de Λ_n . Se elige ε como en el Lema 1 y n lo suficientemente grande tal que $\frac{1}{(1+\varepsilon)^n} < \delta$. Entonces el intervalo completo de Λ_n debe de estar en $N_\delta(x)$ ya que la longitud de cada intervalo en Λ_n es menor que $\frac{1}{(1+\varepsilon)^n}$. Como ambos de los puntos finales del intervalo están en $N_\delta(x)$ y por lo menos uno de ellos es distinto de x , por lo tanto se ha terminado con la demostración. $\square$

Se deja hasta este punto el análisis de la *función logística*. En la sección siguiente se realiza una exposición de la dinámica simbólica, y después establecerá una conexión entre estos dos temas.

Dinámica Simbólica

Esta sección se inicia introduciendo algunas herramientas que serán útiles más adelante.

Definición 2 Sea Σ_2 el conjunto de todas las sucesiones finitas de ceros y unos. Este conjunto es llamado espacio símbolos 0's y 1's ó espacio de sucesiones de 0's y 1's. Más precisamente, $\Sigma_2 = \{(s_0 s_1 s_2 \dots) \mid s_i = 0 \text{ o } 1\}$. La mayoría de las veces se hará referencia a los elementos de Σ_2 como puntos de Σ_2 .

Definición 3 Sea $s = s_0 s_1 s_2 s_3 \dots$ y $t = t_0 t_1 t_2 t_3 \dots$ puntos en Σ_2 . La distancia entre s y t denotada con $d[s, t]$ está dada

por

$$d[s, t] = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{|s_i - t_i|}{2^i}$$

Esta noción de distancia está bien definida, (Hao y Zheng, 1998), esta a su vez satisface las propiedades $d[s, t] \geq 0$, $d[s, t] = 0$ si y sólo si $s = t$, $d[s, t] = d[t, s]$ y $d[s, t] \leq d[s, q] + d[q, t]$.

Se puede corroborar además que, como $|s_i - t_i|$ es 0 o 1, entonces $0 \leq d[s, t] \leq \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{2^i} = 2$ y que, en general, $d[s, t]$ es un número entre 0 y 2.

Corolario 2 Sea s y t elementos de Σ_2 . Si los primeros $n + 1$ dígitos en s y t son idénticos, entonces $d[s, t] \leq \frac{1}{2^n}$. Por otra parte, si $d[s, t] \leq \frac{1}{2^n}$, entonces los primeros n dígitos en s y t son idénticos.

Demostración: Sean $s = s_0 s_1 s_2 s_3 \dots$ y $t = t_0 t_1 t_2 t_3 \dots$ puntos en Σ_2 . Inicialmente se observa que los primeros $n + 1$ dígitos de s son $s_0, s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$. Así que s y t concuerdan en los primeros $n + 1$ dígitos si y sólo si $s_i = t_i$ para $i \leq n$. Entonces

$$d[s, t] = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{|s_i - t_i|}{2^i} = \sum_{i=0}^n \frac{0}{2^i} + \sum_{i=n+1}^{\infty} \frac{|s_i - t_i|}{2^i}$$

o lo que es lo mismo

$$\begin{aligned} d[s, t] &= \frac{1}{2^{n+1}} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{|s_{i+n+1} - t_{i+n+1}|}{2^i} \\ &\leq \frac{1}{2^{n+1}} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{2^i} = \frac{1}{2^n} \end{aligned}$$

de otro modo, si existe $j < n$ tal que $s_j \neq t_j$, entonces

$$d[s, t] = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{|s_i - t_i|}{2^i} \geq \frac{1}{2^j} > \frac{1}{2^n}. \quad \square$$

Ahora se introduce una función mediante la cuál se definirá un sistema dinámico en Σ_2 .

Definición 4 El mapeo $\sigma : \Sigma_2 \rightarrow \Sigma_2$ definido como $\sigma(s_0 s_1 s_2 \dots) = s_1 s_2 s_3 \dots$ es llamado el mapeo corrimiento ("shiftmap", en Inglés). En otras palabras, el mapeo corrimiento se "olvida" del primer dígito en la sucesión. Por ejemplo, $\sigma(1011001010\dots) = 011001010\dots$

Existén importantes observaciones inmediatas que comentar del mapeo corrimiento.

Proposición 2 *El mapeo corrimiento es continuo.*

Demostración: Sea s un elemento de Σ_2 y $\varepsilon > 0$. Se debe mostrar que existe $\delta > 0$ tal que, siempre que $d[s, t] < \delta$ entonces $d[\sigma(s), \sigma(t)] < \varepsilon$. Elijase n tal que $\frac{1}{2^n} < \varepsilon$ y sea $\delta = \frac{1}{2^{n+1}}$. Si $d[s, t] < \delta$, entonces, por el Lema 2, s y t concuerdan en los primeros $n+2$ dígitos. Así que $\sigma(s)$ y $\sigma(t)$ concuerdan en los primeros $n+1$ dígitos y $d[\sigma(s), \sigma(t)] \leq \frac{1}{2^n} < \varepsilon$. $\square$

En la siguiente proposición se enuncian algunas de las más importantes propiedades del mapeo corrimiento.

Proposición 3 *El mapeo corrimiento tiene las siguientes características:*

- El conjunto de puntos periódicos del mapeo corrimiento es denso en Σ_2 .*
- El mapeo corrimiento tiene 2^n puntos periódicos de período n .*
- El conjunto de puntos eventualmente periódicos del mapeo corrimiento, los cuales no son periódicos, es denso en Σ_2 .*
- Existe un elemento de Σ_2 cuya órbita es densa en Σ_2 . Esto es, existe un s^* en Σ_2 tal que el conjunto $\{s^*, \sigma(s^*), \sigma^2(s^*), \sigma^3(s^*), \dots\}$ es denso en Σ_2 .*
- El conjunto de puntos los cuales no son periódicos, ni eventualmente periódicos, es denso en Σ_2 .*

Demostración: a) Supóngase $s = s_0s_1s_2s_3\dots$ es un punto periódico de σ con período k . Entonces $\sigma^n(\sigma^k(s)) = \sigma^n(s)$. Como $\sigma^n(s)$ “se olvida” de los primeros n dígitos de s , obsérvese que $\sigma^n(\sigma^k(s_0s_1s_2s_3\dots)) = s_{n+k}s_{n+k+1}s_{n+k+2}\dots = s_ns_{n+1}s_{n+2}\dots = \sigma^n(s_0s_1s_2s_3\dots)$ y $s_{n+k} = s_n \forall n$. Esto implica que s es una sucesión formada por la repetición de k dígitos, $s_0s_1s_2\dots s_{k-1}$ de manera infinita. Para probar que los puntos periódicos de σ son densos en Σ_2 , primero se debe probar que para todos los puntos $t \in \Sigma_2$ y todo $\varepsilon > 0$, existe un punto periódico de σ contenido en $N_\varepsilon(t)$. De la observación anterior, se infiere que es necesario un punto en $N_\varepsilon(t)$ el cual es una sucesión formada por la repetición de los primeros k dígitos de manera infinita. Pero, si $t = t_0t_1t_2t_3\dots$ y se escoge n tal que $\frac{1}{2^n} < \varepsilon$, entonces se puede tomar $s = t_0t_1t_2t_3\dots t_nt_0t_1t_2\dots t_nt_0t_1t_2\dots$. Como t y s concuerdan en los

primeros $n+1$ dígitos, el lema 2 implica $d[s, t] \leq \frac{1}{2^n} < \varepsilon$ o s está en $N_\varepsilon(t)$ y s es un punto periódico por construcción.

b) Si s pertenece al conjunto de puntos periódicos de período n entonces $s = \underbrace{s_0}_{0,1} \underbrace{s_1}_{0,1} \underbrace{s_2}_{0,1} \underbrace{s_3}_{0,1} \dots \underbrace{s_{n-1}}_{0,1} \dots$ cada elemento con la posibilidad de ser cero o uno, así que Σ_2 tiene 2^n puntos periódicos de período n .

c) Si $s \in \Sigma_2$ es eventualmente periódico (con período k) entonces existe N tal que $\sigma^{n+k}(s) = \sigma^n(s)$ para toda $n \geq N$, i.e.,

$$s = s_0s_1\dots s_{N-1}s_Ns_{N+1}\dots s_{N+k}s_{N+k+1}\dots$$

Ahora, sea $t \in \Sigma_2$,

$$t = t_0t_1t_2\dots t_nt_{n+1}\dots t_{n+k}t_{n+k+1}t_{n+k+2}\dots t_{n+k+1}t_{n+k+2}\dots$$

Además sea $s \in \Sigma_2$ tal que

$$s = t_0t_1t_2\dots t_nt_{n+1}\dots t_{n+k}t_{n+k+1}t_{n+k+2}\dots t_{n+k}t_{n+k+1}t_{n+k+2}\dots$$

entonces para todo $\varepsilon > 0$ existe $n \in \mathbb{N}$ tal que si $\varepsilon > \frac{1}{2^n}$ entonces $d[s, t] < \frac{1}{2^n} < \varepsilon$ implica $s \in N_\varepsilon(t)$ además $s \neq t$ y s es eventualmente periódico.

d) La sucesión que comienza con 01 00 01 10 11 y que incluye todos los bloques posibles de 0 y 1 con tres dígitos (son ocho de ellos) seguido de todos los posibles bloques de 0 y 1 con cuatro dígitos (son 16) y así sucesivamente, es llamada la *sucesión Morse*.

Sea $t \in \Sigma_2$, para todo $\varepsilon > 0$ existe $n \in \mathbb{N}$ tal que $\frac{1}{2^n} < \varepsilon$. Sea $t = t_0t_1t_2\dots t_n$ implica que $d[s, t] < \frac{1}{2^n}$ y es posible encontrar un $\sigma^n(s^*) = s$

e) Como el conjunto de puntos no-periódicos incluye como un subconjunto a la órbita de la sucesión de Morse, definida anteriormente, la verdad de la parte e) de esta proposición se sigue de la parte d). $\square$

Una Definición De Caos

Las características del mapeo corrimiento descritas en la Proposición 3 constituyen uno de los primeros elementos que intervienen en la definición de caos. En esta sección se presentan los dos elementos restantes.

Definición 5 *La función $f : D \rightarrow D$ es topológicamente transitiva si para todo conjunto abierto U y V en D , existen x en U y un número natural $n \in \mathbb{N}$ tales que $f^n(x)$ está en V .*

Algunas veces se describe la acción de una función topológicamente transitiva (Gilmore y Lefranc, 2008), diciendo que f “mezcla del dominio”. Si U es cualquier conjunto abierto en el dominio de la función f , entonces algún punto de U caerá eventualmente en cualquier vecindad, de cualquier punto en el dominio bajo alguna iteración de f . La Proposición 3, d), en conjunto con la Proposición 4 siguiente garantiza que el mapeo corrimiento es topológicamente transitivo.

Proposición 4 *Sea f una función y supóngase que existe un punto cuya órbita es densa en el dominio de f , entonces f es topológicamente transitiva.*

Demostración: Sea $f : D \rightarrow D$ y sean U y V conjuntos abiertos en D . Se debe encontrar $x \in U$ y $n \in \mathbb{N}$ tales que $f^n(x) \in V$. Por hipótesis, existe un punto en D , cuya órbita es densa en D . Si x_0 es tal punto, entonces existe una k tal que $f^k(x_0)$ está en U . Si es posible mostrar que existe un número natural n tal que $f^{k+n}(x_0)$ está en V , entonces se habrá concluido. Ahora, como se puede elegir $x = f^k(x_0)$, en este caso x está en U y $f^n(x) = f^n(f^k(x_0)) = f^{n+k}(x_0)$ está en V .

Como la órbita de x_0 es densa, V contiene al menos una iterada de x_0 . Supóngase que existe solo una cantidad finita de estas iteradas de x_0 en V . Si v es cualquier elemento de V que no es una iterada de x_0 , entonces el número $\varepsilon = \min\{|v - f^n(x_0)|\}$ es positivo y la vecindad $N_\varepsilon(v)$ no contiene iterada alguna de x_0 . Entonces, la órbita de x_0 no es densa en D , lo cual es una contradicción. Consecuentemente, V debe contener una cantidad infinita de iteradas de x_0 . Y como sólo hay una cantidad finita de números menores que k , entonces existe $m > k$ tal que $f^m(x_0)$ está en V . Si se elige $n = m - k$, la prueba está completa. Finalmente, observe que para toda $s \in \Sigma_2$ y toda $\varepsilon > 0$, existen $t \in \Sigma_2$ y $n \in \mathbb{N}$ tales que $d[s, t] < \varepsilon$ pero $d[\sigma^n(s), \sigma^n(t)] = 2$.

Esto se demuestra escogiendo n tal que $\frac{1}{2^n} < \varepsilon$ y además eligiendo t tal que los primeros n dígitos de t son los mismos que los de s y los otros dígitos de t son todos diferentes de los siguientes dígitos correspondientes de s .

Esto es, $s_i = t_i \iff i < n$. En este caso, $d[s, t] = \frac{1}{2^n} < \varepsilon$. Como $\sigma^n(s) = s_n s_{n+1} s_{n+2} \dots$ y $\sigma^n(t) = t_n t_{n+1} t_{n+2} \dots$ entonces $d[\sigma^n(s), \sigma^n(t)] = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{|s_{i+n} - t_{i+n}|}{2^i} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{2^i} = 2$. De hecho, vemos que $d[\sigma^k(s), \sigma^k(t)] = 2 \forall k \geq n$. Así, después de un número finito de iteraciones la separación

entre s y t es la máxima posible ($= 2$) en Σ_2 , aunque inicialmente se pudiesen elegir tan cercanas como se desee. Este es un ejemplo extremo de la sensibilidad a la dependencia en las condiciones iniciales. $\square$

Definición 6 *Sea D un espacio métrico con métrica d . Entonces la función $f : D \rightarrow D$ exhibe sensibilidad a la dependencia en las condiciones iniciales si existe $\delta > 0$ tal que $\forall x \in D$ y todo $\varepsilon > 0$, existe $y \in D$ y un número natural n tal que $d[x, y] < \varepsilon$ y además $d[f^n(x), f^n(y)] > \delta$.*

Hablando intuitivamente, la sensibilidad a la dependencia en las condiciones iniciales implica que si se está usando una función para modelar el comportamiento dinámico de alguna variable (como el crecimiento poblacional, o alguna variable climatológica o económica) y la función exhibe sensibilidad en los cambios de las condiciones iniciales, entonces cualquier error en las mediciones de las mismas podría resultar en grandes diferencias entre el comportamiento esperado y el actual del sistema que se está modelando. Como todas las mediciones físicas incluyen error, esta condición limita severamente la utilidad del modelo. Las funciones que muestran las tres características mencionadas anteriormente para σ se dicen caóticas.

Definición 7 (Devaney, 1992). *Sea D un espacio métrico. Entonces la función $f : D \rightarrow D$ es caótica si:*

- Los puntos periódicos de f son densos en D .*
- f es topológicamente transitiva, y*
- f exhibe dependencia en las condiciones iniciales.*

Resumiendo, esta definición implica que una función caótica muestra una cierta regularidad y mezcla bien el dominio. Aún más, incluso los más pequeños cambios en las posiciones iniciales puede terminar en resultados dramáticamente diferentes en los valores, bajo la iteración de la función. La regularidad se muestra en el hecho de que siempre es posible encontrar una órbita periódica en cualquier vecindad, no importa cuán pequeña sea, de cualquier punto en el dominio de la función. Del otro lado, el dominio es bien mezclado por la función, ya que si se escoge cualquier conjunto abierto, entonces se puede encontrar un punto en cualquier otro conjunto abierto que eventualmente caerá en el primer conjunto bajo la iteración de la función.

Como se observó, en $\sigma : \Sigma_2 \rightarrow \Sigma_2$, exhibe todos estos comportamientos y por lo tanto es caótica.

Se complementará esta parte del trabajo, presentando un resultado sorprendente y relativamente reciente, (Abril de 1992).

Teorema 2 Sea $f : X \rightarrow X$ topológicamente transitiva y supóngase que los puntos periódicos de f son densos en X . Si X contiene un número infinito de elementos, entonces f exhibe dependencia en las condiciones iniciales.

Demostración: Sea $f : X \rightarrow X$ topológicamente transitiva y supóngase que los puntos periódicos de f son densos en X . Sea d la métrica en X . Se mostrará que existe un $\delta_0 > 0$ tal que para todo $x \in X$, existe un punto periódico q , tal que la distancia de x a $f^n(q)$ es mayor o igual a δ_0 para todo n . En otras palabras, cualquier $x \in X$ está alejado al menos δ_0 de una órbita periódica. Defínase δ_0 escogiendo dos puntos periódicos p y q con diferente órbita y fíjese $\delta_0 = \frac{1}{2} \min_{n,m \in \mathbb{N}} \{d[f^n(p), f^m(q)]\}$. Como sólo existe una cantidad finita de puntos en las órbitas de p y q , se concluye que $\delta_0 > 0$. Por definición, todos los puntos en la órbita de p están por lo menos $2\delta_0$ unidades, separados de todo punto en la órbita de q . Entonces por la desigualdad del triángulo, se tiene $2\delta_0 \leq [f^n(p), f^m(q)] \leq d[f^n(p)] + d[f^m(q)]$ para todos $n, m \in \mathbb{N}$. Se sigue que, cuando $d[f^n(p), x] \leq \delta_0$ para algún n , entonces $d[f^m(q), x] \geq \delta_0 \forall m$, e inversa. De aquí que, cualquier punto x está al menos, δ_0 unidades distante de cualquier otro punto en la órbita de q o cualquier punto en la órbita de p .

Ahora, sea $\delta = \frac{1}{4}\delta_0$. Se inicia mostrando que para toda x en X y todo $\varepsilon > 0$ existe una y tal que $d[x, y] < \varepsilon$ y $d[f^n(x), f^n(y)] > \delta$ para algún n . En otras palabras, se muestra que δ satisface el criterio para comprobar que f exhibe dependencia de las condiciones iniciales.

Sea x cualquier elemento de X y $\varepsilon > 0$. Como la condición es más restrictiva a medida ε se hace más pequeño es posible asumir, sin pérdida de generalidad, que $\varepsilon < \delta$. Como los puntos periódicos de f son densos en X , se puede encontrar un punto periódico p con período primo k tal que $d[x, p] < \varepsilon$. También, existe un punto periódico q tal que cualquier punto en su órbita está por lo menos a una distancia $4\delta = \delta_0$ de x . Anteriormente se ha demostrado que tal órbita existe.

Finalmente, defínase

$$V = \bigcap_{i=0}^k f^{-i}(N_\delta(f^i(q))) =$$

$$\{x \mid d[f^i(x), f^i(q)] < \delta \text{ para } 0 \leq i \leq k\},$$

donde $N_\delta(f^i(q))$ es el conjunto de puntos que se encuentran a una distancia menor que δ de $f^i(q)$. Claramente se ve que q está en V , por la definición de V , que V es abierto, que $N_\delta(f^i(q))$ también es abierto para toda i , y que f^i es continua. Entonces $f^{-i}(N_\delta(f^i(q)))$ es abierto para cada i , y en consecuencia V , siendo la intersección finita de conjuntos abiertos, es abierto.

Ahora, como V y $N_\varepsilon(x)$ son abiertos, la transitividad topológica de f implica que existen y y m tales que y está en $N_\varepsilon(x)$ y $f^m(y)$ está en V . Sea j el entero que satisface $\frac{m}{k} < j \leq \frac{m}{k} + 1$, o, lo que es lo mismo, $0 < kj - m \leq k$.

Antes de completar la demostración se recapitula lo hecho hasta este punto. Se tiene el punto arbitrario x y $0 < \varepsilon < \delta$. Dentro de $N_\varepsilon(x)$ se encuentran tres puntos: x , p , que es un punto periódico con período k , y y . También otro conjunto abierto V el cual no intersecta $N_\varepsilon(x)$ y tal que: (i) el punto periódico q está en V , (ii) si z está en V e $i \leq k$, entonces la distancia entre $f^i(z)$ y $f^i(q)$ es menor que δ , y (iii) $f^m(y)$ está en V . Para completar la prueba, se mostrará que se cumple una de las dos desigualdades siguientes:

$$d[f^{kj}(p), f^{kj}(x)] > \delta \text{ o } d[f^{kj}(x), f^{kj}(y)] > \delta$$

Como la distancia de x a alguno de los puntos p o y es menor que ε , esto probará que f exhibe sensibilidad a las condiciones iniciales. La distancia de $f^{kj}(y) = f^{kj-m}(f^m(y))$ a $f^{kj-m}(q)$ es menor que δ ya que se eligió y tal que $f^m(y)$ está en V , la distancia entre $f^i(z)$ y $f^i(q)$ es menor que δ siempre que z este en V y $i \leq k$, y, como en un principio, se escogió j tal que $kj - m \leq k$. Por lo tanto la desigualdad del triángulo implica

$$d[x, f^{kj-m}(q)]$$

$$\leq d[x, p] + d[p, f^{kj}(y)] + d[f^{kj}(y), f^{kj-m}(q)] \quad (1)$$

Como se asume que $d[x, p] < \varepsilon < \delta$ y se ha demostrado que

$$d[f^{kj}(y), f^{kj-m}(q)] < \delta.$$

La desigualdad (1) implica

$$d[x, f^{kj-m}(q)] < d[p, f^{kj}(y)] + 2\delta \quad (2)$$

Recuérdese que se ha elegido q como un punto periódico con la propiedad de que $d[x, f^{kj-m}(q)] > 4\delta = \delta_0$. Entonces se sigue de la desigualdad (2) que

$$4\delta < d[p, f^{kj}(y)] + 2\delta \text{ o } 2\delta < d[p, f^{kj}(y)] \quad (3)$$

Como p es periódico con período k , entonces $f^{kj}(p) = p$ y así se concluye de la desigualdad (3) que $2\delta < d[f^{kj}(p), f^{kj}(y)]$. Finalmente por la desigualdad del triángulo se tiene

$$2\delta < d[f^{kj}(p), f^{kj}(y)]$$

$$\leq d[f^{kj}(p), f^{kj}(x)] < +d[f^{kj}(x), f^{kj}(y)]$$

De aquí que alguna de las desigualdades

$$d[f^{kj}(p), f^{kj}(x)] > \delta \text{ o } d[f^{kj}(x), f^{kj}(y)] > \delta$$

se cumple. $\square$

El Caos En La Función Logística

En esta sección se retoma nuevamente el análisis de la función logística. El objetivo final es probar que si $r > 2 + \sqrt{5}$, entonces $h_r(x) = rx(1-x)$ es caótica en Λ donde Λ es el conjunto de todos los puntos en $[0, 1]$ que permanecen ó caen de nuevo en $[0, 1]$ bajo la iteración de $h(x)$. Esto es $\Lambda = \{x \mid h^n(x) \text{ está en } [0, 1] \forall n\}$ por el Teorema 2 sería suficiente probar que los puntos periódicos de h son densos en Λ y que h es topológicamente transitiva en Λ . Probar que los puntos periódicos de h son densos en Λ no es realmente complicado, sin embargo, probar que h es topológicamente transitiva en Λ directamente de la definición es un trabajo relativamente difícil.

En consecuencia, se mostrará en vez de eso, que la dinámica de σ en Σ_2 es esencialmente la misma que la de h en Λ . Hablado en términos matemáticos, se dice que h en Λ es un conjugado topológico de σ en Σ_2 .

Definición 8 Sean $f : D \rightarrow D$ y $g : E \rightarrow E$ dos funciones. Entonces se dice que f es topológicamente conjugada a g si existe un homomorfismo $\tau : D \rightarrow E$ tal que $\tau \circ f = g \circ \tau$. En este caso τ es la conjugación topológica (entre f y g).

El hecho de que exista un homomorfismo entre los espacios D y E implica que las topologías de D y E son idénticas. Esta afirmación se precisa en la siguiente proposición.

Proposición 5 Sean D y E espacios métricos y sea $\varphi : D \rightarrow E$ un homomorfismo. Entonces:

- El conjunto U en D es abierto $\iff$ si el conjunto $\varphi(U)$ es abierto en E .
- La sucesión $x_1, x_2, x_3, \dots$ en D converge a x en $D \iff$ si la sucesión $\varphi(x_1), \varphi(x_2), \varphi(x_3), \dots$ converge a $\varphi(x)$ en E .
- El conjunto F es cerrado en $D \iff$ el conjunto $\varphi(F)$ es cerrado en E .
- El conjunto A es denso en $D \iff$ el conjunto $\varphi(A)$ es denso en E .

La demostración de la Proposición 5 se puede leer en cualquier texto de topología (Spanier, 1994). La existencia de un homomorfismo entre los espacios D y E implica que las topologías de los dos espacios son idénticas. Si, además, este homomorfismo es una conjugación topológica entre dos funciones, $f : D \rightarrow D$ y $g : E \rightarrow E$ entonces las dinámicas de de estas funciones son también idénticas. Este es el contenido del Teorema siguiente.

Teorema 3 Sean D y E espacios métricos. $f : D \rightarrow D$, $g : E \rightarrow E$. Sea $\tau : D \rightarrow E$ una conjugación topológica. Entonces:

- $\tau^{-1} : E \rightarrow D$ es una conjugación topológica.
- $\tau \circ f^n = g^n \circ \tau$ para todo número natural n .
- p es un punto periódico de f sí y sólo sí $\tau(p)$ es un punto periódico de g . Aún más los períodos primos de p y $\tau(p)$ son idénticos.
- Si p es un punto periódico de f con conjunto estable $W^s(p)$, entonces el conjunto estable de $\tau(p)$ es $\tau(W^s(p))$.
- Los puntos periódicos de f son densos en D sí y sólo si los puntos periódicos de g son densos en E .
- f es topologicamente transitiva en D sí y sólo si g es topologicamente transitiva en E .
- f es caótica en D sí y sólo si g es caótica en E .

Demostración: La demostración de (a) es obvia. De $\tau \circ f = g \circ \tau$ y de la inversibilidad de τ se sigue que $\tau^{-1} \circ g = f \circ \tau^{-1}$.

b) $\tau \circ f^n = g^n \circ \tau$ se satisface, por definición, para $n = 1$. Supóngase que se satisface para $k \in \mathbb{N}$, ésto es, $\tau \circ f^k = g^k \circ \tau$. Entonces $\tau \circ f^{k+1} = (\tau \circ f^k) \circ f = (g^k \circ \tau) \circ f = g^k \circ (\tau \circ f) = g^k \circ (g \circ \tau) = g^{k+1} \circ \tau$.

De manera que (b) se satisface para todo $N \in \mathbb{N}$.

c) Sea p un punto periódico de f con período primo k . Primero se mostrará que $g^k(\tau(p)) = \tau(p)$. Ya que $f^k(p) = p$, se obtiene el siguiente diagrama conmutativo

$$\begin{array}{ccc} p & \xrightarrow{f^k} & f^k(p) \\ \tau \downarrow & & \downarrow \tau \\ \tau(p) & \xrightarrow{g^k} & g^k(\tau(p)) \end{array}$$

De aquí que $g^k(\tau(p)) = \tau(p)$ y $\tau(p)$ es un punto periódico de período k de g . Si $0 < n < k$, entonces se tiene que $g^n(\tau(p)) = \tau(f^n(p)) \neq \tau(p)$ ya que τ es uno a uno y p tiene período primo k bajo f . Por lo tanto $\tau(p)$ tiene período primo k bajo g . Como τ^{-1} es una conjugación topológica, el mismo argumento demuestra que si q es un punto periódico de g con período primo k , entonces $\tau^{-1}(q)$ es un punto periódico de f con período primo k .

d) Sea p un punto periódico de f con período primo k y sea x un elemento de $W^s(p)$. Entonces por la definición de $W^s(p)$, para cada $\delta > 0$ existe una $N \in \mathbb{N}$ tal que si $n \geq N$ y d_D es la métrica en D , entonces $d_D[f^{kn}(x), p] < \delta$. Se debe mostrar que para cada $\varepsilon > 0$, existe un M tal que, siempre que $n \geq M$ entonces $d_E[g^{kn}(\tau(x)), \tau(p)] < \varepsilon$, donde d_E es la métrica en E . Supóngase que $\varepsilon > 0$. Como τ es continua, existe $\delta > 0$ tal que si $d_D[y, p] < \delta$, entonces $d_E[\tau(y), \tau(p)] < \varepsilon$. Se toma M tal que si $n \geq M$, entonces $d_D[f^{kn}(x), p] < \delta$. Por continuidad se tiene que,

$$d_E[\tau(f^{kn}(x)), \tau(p)] = d_E[g^{kn}(\tau(x)), \tau(p)] < \varepsilon, \text{ cuando } n \geq M.$$

e) La preservación de la densidad de los puntos periódicos en la conjugación topológica se desarrolla fácilmente de la parte c) de este teorema y la parte d) de la proposición 5.

f) Supóngase que f es topologicamente transitiva en D . Se quiere mostrar que g es topologicamente transitiva en E . Dado un conjunto abierto U en E , es necesario

encontrar una x en U tal que para algún número natural n , $g^n(x)$ cae en el conjunto abierto V en E .

$$\begin{array}{ccc} \tau^{-1}(U) \subset D & \xrightarrow{f^n} & \tau^{-1}(V) \subset D \\ \tau \downarrow & & \downarrow \tau \\ U \subset E & \xrightarrow{g^n} & V \subset E \end{array}$$

Ya que $\tau : D \rightarrow E$ es un homomorfismo entre los espacios métricos D y E y $U, V \subset E$ son abiertos, entonces $\tau^{-1}(U)$ y $\tau^{-1}(V)$ son abiertos. De aquíque, como f es topologicamente transitiva en U , existe una y en $\tau^{-1}(U)$ y un número natural n tal que $f^n(y) \in \tau^{-1}(V)$. Elijamos $x = \tau(y)$. Entonces $g^n(x) = g^n(\tau(y)) = \tau(f^n(y))$, por la parte b) del Teorema 3. De esta manera $g^n(x) = \tau(f^n(y))$ el cual está en V ya que $f^n(y)$ está en $\tau^{-1}(V)$.

g) Esta parte del teorema es consecuencia directa e inmediata de las partes e) y f) y del Teorema 2. $\square$

Se completará el objetivo construyendo una conjugación topológica entre $h_r : \Lambda \rightarrow \Lambda$ y $\sigma : \Sigma_2 \rightarrow \Sigma_2$ cuando $r > 2 + \sqrt{5}$. Como σ es caótica en Σ_2 , el Teorema 3 implicará que la función logística h_r es caótica en el conjunto de Cantor en Λ .

Se inicia definiendo la función $\psi : \Lambda \rightarrow \Sigma_2$. Tómesese de nuevo los intervalos como $I_0 = \left[0, \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}\right]$ e $I_1 = \left[\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}, 1\right]$. Se debe recordar, de la Proposición 1, que $\Lambda_1 = \{x \mid h(x) \text{ está en } [0, 1]\} = I_0 \cup I_1$. Como Λ es un subconjunto de Λ_1 Λ está también incluido en $I_0 \cup I_1$. Para cada x en Λ defínase la sucesión $\psi(x) = s_0 s_1 s_2 \dots$ en Σ_2 tal que $h^n(x)$ está en I_{s_n} para cada n . Por ejemplo, si $r = 5$, entonces $h^0\left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right) = \frac{1-\sqrt{5}}{2}$ está en I_0 . $h^1\left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right) = 1$ está en I_1 y $h^k\left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right) = 0$ está en I_0 para toda $k \geq 2$. Así que $\psi\left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right) = 010000\dots$. Es posible pensar que $\psi(x)$ es el itinerario de x sobre los intervalos I_0 e I_1 bajo h . El dígito S_n en $\psi(x) = s_0 s_1 s_2 \dots$ es 0 sí y sólo si $h^n(x)$ está en I_0 y $S_n = 1$ sí y sólo si $h^n(x)$ está en I_1 . Claramente ψ está bien definida.

Teorema 4 La función $\psi : \Lambda \rightarrow \Sigma_2$ definida anteriormente, es una conjugación topológica. Esto equivale a:

- a) ψ es uno a uno y sobre.
- b) ψ es continua.
- c) ψ^{-1} es también continua, y
- d) $\psi \circ h = \sigma \circ \psi$.

Demostración: Sean h , I_0 y I_1 como los se definieron anteriormente y sea $s_0s_1s_2\ldots$ un elemento de Σ_2 . Se denotará con

$$I_{s_0s_1\ldots s_n} = \left\{ x \mid h^k(x) \text{ está en } I_{s_k} \text{ para todo } k \leq n \right\}$$

a cada uno de los intervalos en Λ_{n+1} donde $\Lambda_{n+1} = \{x \mid h^{n+1}(x) \text{ está en } [0, 1]\}$. Nótese que esta definición de Λ_n es la misma que la usada anteriormente.

Se demostrará lo descrito anteriormente por inducción.

Por la proposición 1, I_{s_0} debe de ser I_0 o I_1 . Como $\Lambda_1 = I_0 \cup I_1$ la afirmación del Teorema es válida en este caso. Supóngase que $I_{s_0s_1s_2\ldots s_{n-1}}$ es alguno de los intervalos en Λ_n . Se tiene que mostrar que a su vez esto implica $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$ es uno de los intervalos en Λ_{n+1} . Observe primero que $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$ es un subconjunto de $I_{s_0s_1s_2\ldots s_{n-1}}$ así que es suficiente determinar cual porción de $I_{s_0s_1s_2\ldots s_{n-1}}$ pertenece a $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$.

Sea $I_{s_0s_1s_2\ldots s_{n-1}} = [a, b]$. Entonces por la proposición 1, $h^n([a, b]) = [0, 1]$ y h^n es monótona en $[a, b]$. Supóngase que h^n es creciente en $[a, b]$; la prueba es similar cuando h^n es decreciente. Por el Teorema del Valor Intermedio, existen c_1 y c_2 , $a < c_1 < c_2 < b$, tales que $h^n(c_1) = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}$, y $h^n(c_2) = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}$. En consecuencia,

$$\begin{aligned} h^n([a, c_1]) &= \left[0, \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r} \right] = I_0, \\ h^n((c_1, c_2)) &= \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}, \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r} \right), \\ \text{y } h^n([c_2, b]) &= \left[\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{r^2-4r}}{2r}, 1 \right] = I_1. \end{aligned}$$

Así que si $s_n = 0$ entonces $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n} = [a, c_1]$ y si $s_n = 1$ entonces $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n} = [c_2, b]$. Como este es el mismo procedimiento con el que se trataron los intervalos de Λ_{n+1} en la prueba de la Proposición 1, se infiere que $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$ es uno de los intervalos incluidos en Λ_{n+1} .

a) Sea $s = s_0s_1s_2s_3\ldots$ un elemento de Σ_2 . Para mostrar que ψ es uno a uno y sobre, se debe mostrar que

$\psi^{-1}(s)$ contiene exactamente un solo punto. Pero si x está en $\psi^{-1}(s)$, entonces x está en $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$ para toda n . De esta manera, $\psi^{-1}(s) = \bigcap_{n=0}^{\infty} I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$. Así que es necesario demostrar que esta intersección es no vacía y además contiene exactamente un punto. Sea $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n} = [a_n, b_n]$. Supóngase que $\psi^{-1}(s)$ contiene dos puntos x y y . Entonces $|x - y| \leq |b_n - a_n|$ para toda n pues x y y están en cada uno de los intervalos $[a_n, b_n]$. El Lema 1 implica que $|a_n - b_n|$ se aproxima a cero cuando n tiende a infinito. Por tanto $|x - y| = 0$ y en consecuencia $x = y$. Así que $\psi^{-1}(s)$ contiene a lo más un punto. Sólo resta mostrar que $\psi^{-1}(s)$ contiene por lo menos un punto. Pero este resultado es inmediato a partir del conocido Teorema de los Intervalos Anidados, (Velasco, 2005) el cuál establece que la intersección de intervalos cerrados anidados es no vacía.

b) Sea $\varepsilon > 0$ y x en Λ . Para mostrar que ψ es continua en x se debe encontrar $\delta > 0$ tal que si $|x - y| < \delta$, entonces $d[\psi(x), \psi(y)] < \varepsilon$. Si se elige n tal que $\frac{1}{2^n} < \varepsilon$, entonces el Lema 2 implica que es suficiente mostrar que existe una $\delta > 0$ tal que las sucesiones $\psi(x)$ y $\psi(y)$ concuerden en los primeros $n + 1$ dígitos siempre que $|x - y| < \delta$. En otras palabras, si $\psi(x) = s_0s_1s_2\ldots$ entonces x está en $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$ y es necesario demostrar que y está en $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$ siempre que y este en Λ y $|x - y| < \delta$.

Sean $[a_1, b_1], [a_2, b_2], [a_3, b_3], \ldots, [a_{2n+1}, b_{2n+1}]$ los 2^{n+1} intervalos en Λ_{n+1} y supóngase que están etiquetados de tal manera que $b_{i-1} < a_i \forall i$. Sea $\delta = \frac{1}{2} \min \{|a_i - b_{i-1}|\}$. Como los intervalos no se traslapan y son además un número finito, δ es positivo. También si x y y están en Λ_{n+1} , como $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$ es un intervalo en Λ_{n+1} y x está en $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$, Se tiene que y debe de estar en $I_{s_0s_1s_2\ldots s_n}$ y la prueba de la parte b) esta completa.

c) Sea $\varepsilon > 0$ existe $\delta > 0$ tal que si $|x - y| < \delta$ implica $|f(x) - f(y)| < \varepsilon$

Sea $\frac{1}{2^n} < \delta$, sea $x, y \in \Sigma_2$ tal que $|x - y| < \frac{1}{2^n} < \delta$ entonces los primeros n -dígitos de sus itinerarios son idénticos, esto implica que $\psi^{-1}(x), \psi^{-1}(y)$ están en el mismo Λ_n entonces $d(\psi^{-1}(x), \psi^{-1}(y)) < \frac{1}{(1+\varepsilon_0)^n} < \varepsilon$.

d) Sólo resta mostrar que $\psi \circ h = \sigma \circ \psi$. Sea x en Λ y $\psi(x) = s_0s_1s_2s_3\ldots$. Como se mostró en la prueba de la parte a), x es el único punto en

$$\begin{aligned} I_{s_0s_1s_2\ldots} &= \bigcap_{n=0}^{\infty} I_{s_0s_1s_2\ldots s_n} \\ &= \bigcap_{n=0}^{\infty} \{x \mid h^k(x) \text{ está en } I_{s_k} \forall k \leq n\}. \end{aligned}$$

De aquí, se sigue que $h(x)$ es el único punto en

$$I_{S_0 S_1 S_2 \dots} = \bigcap_{n=0}^{\infty} I_{S_0 S_1 S_2 \dots S_n} \\ = \bigcap_{n=0}^{\infty} \{x \mid h^{k+1}(x) \text{ está en } I_{S_k} \forall k \leq n\}.$$

Así que $\psi(h(x)) = s_1 s_2 s_3 \dots = \sigma(\psi(x))$ dando fin a la demostración. $\square$

Corolario 1 Sea $r > 2 + \sqrt{5}$, $h(x) = rx(1-x)$, y

$\Lambda = \{x \mid h^n(x) \text{ está en } [0, 1] \text{ para toda } n\}$. Entonces, h es caótica en Λ .

Conclusiones

Se ha demostrado la presencia de una dinámica caótica en la función logística a través de una conjugación topológica con el mapeo corrimiento, lo cual permite demostrar la existencia de caos en una función a través de otra, tendiendo un puente entre las mismas. Así mismo se demostró de forma indirecta que el dominio sobre el cual la función logística es caótica es un conjunto de Cantor, lo que concuerda con los resultados obtenidos por diversos autores, donde se ha demostrado que el dominio de una función caótica es en realidad un fractal. Sin embargo queda abierta el cuestionamiento de si todo fractal es en realidad el dominio de una función caótica.

Referencias

- Ausloos, M., y Dirickx, M. (2006). *The logistic map and the route to chaos: From the beginnings to modern applications*. Springer.
- Bertuglia, C. S., y Vaio, F. (2005). Nonlinearity, chaos, and complexity: the dynamics of natural and social systems. *OUP Catalogue*.
- Devaney, R. L. (1992). *A first course in chaotic dynamical systems*.
- Gilmore, R., y Lefranc, M. (2008). *The topology of chaos: Alice in stretch and squeezeland*. John Wiley & Sons.
- Hao, B.-L., y Zheng, W.-M. (1998). *Applied symbolic dynamics and chaos*. World Scientific.
- Melby, P., Kaidel, J., Weber, N., y Hübler, A. (2000). Adaptation to the edge of chaos in the self-adjusting logistic map. *Physical review letters*, 84(26), 5991.

Spanier, E. H. (1994). *Algebraic topology* (Vol. 55) (n.º 1). Springer.

Valdés, J. E. N. (2005). Funciones continuas, órbitas y caos. el teorema de sarkovskii. *Boletín de matemáticas*, 12(2), 98–113.

Velasco, A. (2005). El problema del continuo antes de cohen (1873-1963). *Aportaciones Matemáticas. En Memorias*, 35, 61–69.

Contacto:

Mtro. Juan Enrique Palomares Ruiz: Profesor de tiempo completo con perfil PROMEP, su formación es Licenciado en Matemáticas con Maestría en Ingeniería Mecánica y Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Mecánica. Actualmente desarrolla proyectos de Modelación Matemática con fondos Tecnológico Nacional de México.

Dr. Leonsio Ruiz Moreno: Profesor de tiempo completo con perfil PROMEP, posee una amplia experiencia docente en el nivel superior. Su formación es Licenciado en Matemáticas con Maestría en Ciencias Matemáticas y Doctorado en Educación

Mtro. José Guadalupe Castro Lugo: Profesor de tiempo completo con perfil PROMEP, su formación es Licenciado en Matemáticas con Maestría en Electrónica y Estudiante del Doctorado en Control. Actualmente desarrolla proyectos de Modelación Matemática con fondos del Tecnológico Nacional de México.

Dr. Ricardo Ruiz Moreno: Profesor de tiempo completo con perfil PROMEP, posee una amplia experiencia docente en el nivel superior. Su formación es Licenciado en Matemáticas con Maestría en Optimización y Doctorado en Educación.

Dra. Socorro Del Rivero Jiménez: Profesor de tiempo completo con perfil PROMEP, posee una amplia experiencia docente en el nivel superior. Su formación es Licenciado en Matemáticas con Maestría en Ciencias de la Ingeniería Industrial y Doctorado en Educación. Actualmente se desempeña como Jefa del Departamento de Ciencias Básicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen todo el apoyo recibido por parte de la dirección del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, para el desarrollo de sus investigaciones y la publicación de las mismas.

ALDRO

Robot Inteligente

**Fernando Orduña Cabrera. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
División de Ingeniería en Sistemas Computacionales**
**Luis Armando Jara Lugo. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
División de Ingeniería en Sistemas Computacionales**
**Luz Aurora Flores Matuz . Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
División Ingeniería en Sistemas Computacionales**

Resumen

ALDRO tiene como objetivo principal el ser un robot autónomo e inteligente, capaz de tomar sus propias decisiones que le permitan lograr sus objetivos de la manera más óptima. Para lograr tomar las decisiones ALDRO se vale de la interacción de dos agentes; un agente reactivo y un agente deliberativo. Ambos agentes se coordinan con la finalidad de lograr un objetivo. El agente deliberativo se encarga de tomar decisiones en base al conocimiento adquirido y determina el camino al mejor resultado. El agente reactivo recibe las decisiones tomadas por el agente deliberativo y las transforma en acciones a ejecutarse en el entorno, estas acciones tienen base en las técnicas de robot seguidor de línea. ALDRO proporciona eficiencia al trasladarse de un punto a otro cuando aplica su técnica. ALDRO ofrece competencia computacional ya que reduce el número de decisiones a procesar.

Palabras Clave

Aprendizaje por refuerzo, Agentes inteligentes, Robot seguidor de línea, Arduino, Arquitectura de navegación. Abstract

This research is aimed to get an intelligent navigation robot, whose functionality is based on the interaction of two agents, a reactive agent and a deliberative agent, where both agents take decisions jointly to achieve a goal. The deliberative agent makes a decision based on the acquired knowledge and determines which way leads to the best result. The reactive agent receives the decision made by the deliberative agent and transforms it into a physical interaction with the environment using line following techniques. This method was implemented successfully into a robot and the tests results were as expected.

Keywords

Q-Learning, Intelligence Agents, Line follower, Arduino, Environment Learning.

Introducción

En la actualidad, el auto-aprendizaje en robótica es un tema muy común. Esta línea de investigación busca encontrar el método óptimo de realizar una actividad con la menor intervención humana. Lo anterior puede ser logrado por medio de la utilización de técnicas de aprendizaje por refuerzo, tal como Q-Learning, el cual ha sido materia de estudio en varios proyectos de investigación, como los de Smart & Kaelbling (Richard S et al, 1998) y (Andhra Pradesh, 2011).

Algunos proyectos desarrollados, como lo es la propuesta de (Richard S et al, 1998) y (Andhra Pradesh, 2011) se basan en aprender el entorno. Para lograr este objetivo se utiliza un joystick para controlar el robot y así guiarlo a través de los estados del entorno. Esta técnica le permite aprender de manera pasiva con intervención humana el entorno, una vez capturado el entorno será capaz de funcionar sin ayuda alguna y basándose únicamente en el conocimiento previamente procesado. Por su parte ALDRO, aplica técnicas de seguidor de línea (Nelson et al, 2006) para interactuar en el entorno, aplica el uso de sensores para “ver” su entorno y así aprenderlo. ALDRO utiliza estados y recompensas que representan el entorno.

El objetivo principal de los seguidores de línea es minimizar el tiempo de desplazamiento, considerando el rastreo de trayectorias complejas. Lo anterior se logra con el uso de técnicas de control y la implementación de algoritmos computacionales avanzados.

Algunos ejemplos del uso de robots seguidores de línea son entre muchos otros (Mario González et al, 2009) y (Restrepo et al, 2009). En (Mario González et al, 2009) emplean técnicas con el uso de un PID (Proportional + Integral + Derivative control), con el propósito de la corrección de errores para rastrear líneas y así disminuir el estado de error estable en trayectorias rastreables. En (Restrepo et al, 2009) con el propósito es analizar y calcular la mejor localización implementan algoritmos genéticos.

En (Ashish et al, 2012), se presenta el desarrollo de un robot con configuración dinámica el cual tiene la particularidad de reconfigurarse en línea, sin tener que detener sus actividades. La reconfiguración es la habilidad para detectar las líneas blancas y negras sin especificar este parámetro.

Comparando los trabajos previamente mencionados con este artículo, esta investigación muestra un robot seguidor de línea capaz de encontrar la vía óptima y llegar al objetivo en el menor tiempo posible (Orduña et al, 2012).

En esta investigación se propone el ALDRO Robot Inteligente que integra una combinación de aprendizaje por refuerzo y técnicas de seguidor de línea, para descifrar el entorno y posteriormente aplicar el conocimiento obtenido para encontrar el camino con la mayor recompensa. Implementando un agente reactivo (seguidor de línea) y un agente deliberativo (que utiliza Q-Learning). Las técnicas empleadas le permiten a ALDRO ser un robot que aprende por sí mismo sin intervención humana.

El robot

En la figura 1 se muestra la arquitectura propuesta, la cual está dividida en tres partes fundamentales. En la primera parte se encuentran los sensores cuyas señales permiten el conocer el entorno. En la segunda parte se llevan a cabo las deliberaciones por agentes inteligentes (Mario González, 2009). Finalmente la parte reactiva para hacer posible el navegar en el entorno y así poder aprenderlo.

La arquitectura propuesta tiene como base en su segunda fase la interacción del agente Reactivo (**aR**) y del agente Deliberativo (**aD**). En primera parte en la adquisición del entorno se emplean sensores infrarrojos (IR), el objetivo de los sensores es detectar si se han encontrado intersecciones. La deliberación tiene como objeto instruir el camino a seguir basado en el conocimiento de la ubicación actual. Para lograr una deliberación rápida y certera los agentes son apoyados con la ubicación de etiquetas que contienen información parcial del entorno. En esta parte de la arquitectura el **aD** implementa aprendizaje por refuerzo para encontrar el mejor punto siguiente hacia donde deberá desplazarse. Una vez encontrado este siguiente punto el **aD** se lo da a conocer al **aR** cuya tarea principal es ordenar al controlador L293D rotar los motores para moverse a la dirección deseada.

La comunicación entre los agentes hace posible el aprendizaje del entorno y hace posible que se tome la inferencia del próximo movimiento.

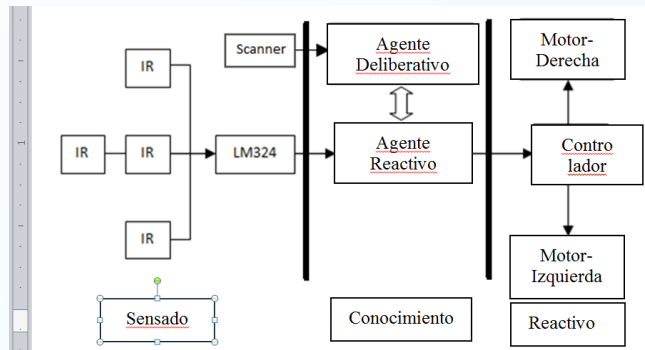


Figura 1. Arquitectura

Protocolo de comunicación

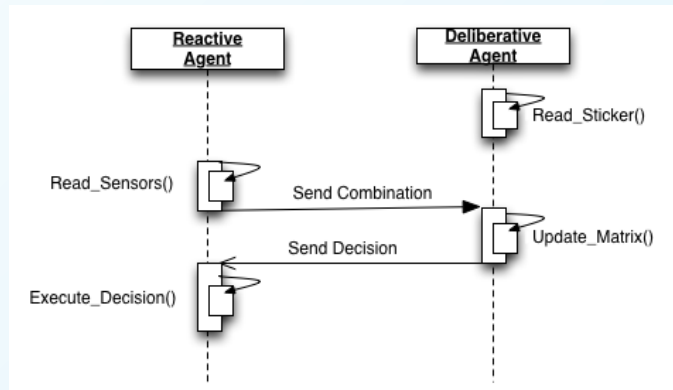


Figura 2. Protocolo de comunicación

La figura 2 muestra la dinámica de comunicación que se genera durante la exploración del entorno. Al inicio del proceso el agente Deliberativo tiene como tarea seguir la línea del entorno hasta encontrar en su camino una etiqueta que le indique la ubicación actual. Durante la navegación el agente puede encontrarse con un cruce de líneas. Las decisiones en los cruces de líneas son tomadas por el agente Deliberativo que tiene la tarea de generar la inferencia de navegación enviando una decisión al agente Reactivo para su ejecución.

El agente reactivo tiene diferentes comportamientos como el comportamiento cíclico de lectura del entorno, representado en la figura 2 como Read_Sensors(), otro comportamiento es la implementación de la inferencia recibida, que se indica en la figura 2 como Execute_Decision(). Los comportamientos del agente Deliberativo son:

presentar la inferencia tomada y mantener actualizada la posición en el entorno.

El comportamiento del agente Reactivo descrito en la figura 2, indica que se obtiene información de los sensores, especialmente se identifican las intersecciones encontradas en el entorno. Para ello en la figura 3 se detallan las posibles intersecciones a encontrar, así como las vueltas en 90 grados.

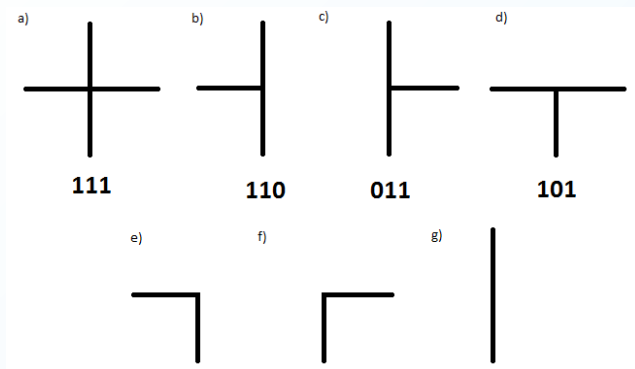


Figura 3. Combinación de la lectura por el *ar*.

La dinámica propuesta es que el agente Reactivo toma la información de los sensores la procesa y la envía al agente Deliberativo indicando el tipo de intersección encontrada (de las cuales según la figura 3 son: a, b, c, o d). Si la lectura de los sensores no indica una intersección (según figura 3 estas son: e, f o g) entonces el agente Reactivo ejecuta técnicas de seguidor de línea que le permiten seguir moviéndose en el entorno, estas decisiones se caracterizan por ser las dediciones propias del agente Reactivo haciendo más eficiente la toma de decisiones.

Las inferencias tomadas por el agente Deliberativo son basadas en la implementación del algoritmo de Q-Learning. El algoritmo indica las acciones siguientes que se deben de llevar a cabo para lograr el objetivo. La Tabla 1 muestra todas las posibles decisiones que el *ad* puede tomar, donde se asigna un número binario como identificación. Una vez generada la inferencia por el *ad* esta es enviada al *ar*.

Tabla 1. Combinación enviada por el *ad*.

Posible decisión	Combinación enviada al <i>ar</i>
Girar a la izquierda	000
Girar a la derecha	001
Seguir adelante	010
Girar 180°	011
Meta encontrada	100

Obteniendo el Entorno

En la figura 4 se describe el entorno para el aprendizaje y la ejecución de pruebas. El entorno contiene estados representados por *letras* y comunicados entre sí por aristas *líneas*. Los estados indican decisiones que se pueden ser razonadas por el robot. Cuando el robot va de un estado a otro se dice que tomo una decisión, donde la decisión es convertida en acciones.

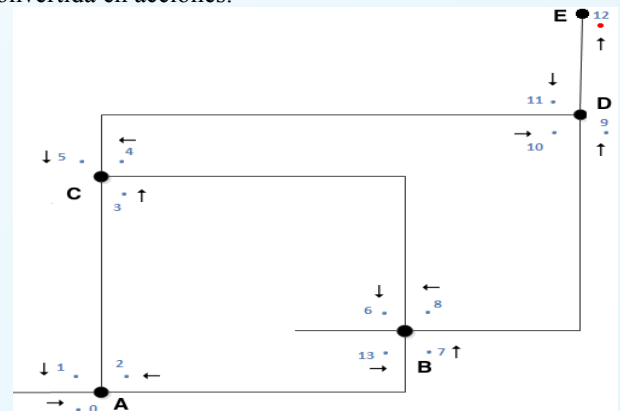


Figura 4. Entorno

En la figura 5 se muestran las posibles acciones que el robot puede tomar en el proceso de aprendizaje.

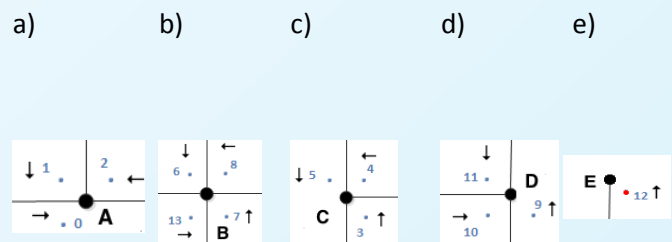


Figura 5. Intersecciones del entorno.

En la figura 5 se muestran los estados (círculos negros) A, B, C, D, E, donde cada estado tiene un conjunto de etiquetas con información del entorno. Las etiquetas están representadas por los números que rodean a cada punto. Finalmente la meta está indicada en el estado E. En su navegación el agente encontrará etiquetas, en su lado derecho, que le ayudaran a ubicarse en el entorno y con ellas procesar los algoritmos de aprendizaje para saber su siguiente desplazamiento. En la misma figura 5, se muestran algunas flechas que indican la dirección hacia donde se dirige el robot. Cabe señalar que esto es solo visual para la comprensión humana del entorno, pero para el robot es innecesario debido a que basta con las etiquetas. El comportamiento de desplazarse de un estado a otro lo lleva a cabo el agente reactivo, pero este agente si empre obedece al agente deliberativo que le indica el siguiente desplazamiento. Para hacer posible la toma de decisión de desplace el agente deliberativo requiere de la ubicación actual del robot. Este comportamiento de cooperación es descrito en la matriz de direcciones (tabla 2).

Cuando el agente inicia la navegación el entorno le es desconocido. Para conocer su entorno el robot debe desplazarse aleatoriamente en el entorno y así ir generando su conocimiento del mismo. La tabla 2 es la representación del entorno que se ha generado una vez terminada la fase de desplazamiento. La figura 1 representa una matriz la cual es necesaria para la generación de las inferencias del agente deliberativo. La matriz se describe de la siguiente manera: la información de las celdas indican la posición del robot y las direcciones que puede tomar. Con el uso de la matriz se predice las direcciones que el robot puede tomar. El valor de -1 en las celdas indica que en el entorno no hay un camino en esa dirección. Las letras representan el siguiente estado hacia donde debe desplazarse el agente reactivo. Como ejemplo. Al leer la etiqueta 0, las posibles opciones son C (hacia la izquierda) y B (hacia delante).

Las letras en cursiva y negritas en la matriz indican casos especiales. Esto significa que el *ar* ha encontrado un camino sin salida y tiene que regresar al estado donde se encontraba anteriormente.

Interpretando el entorno

Una vez que el robot conoce el entorno, la siguiente tarea es interpretar este conocimiento obtenido. Para lograr una interpretación correcta, el agente deliberativo utiliza la matriz de direcciones. El objetivo de interpretar el entorno es crear una matriz llamada *R* que refleja las relaciones entre los nodos y

las líneas. Esta matriz permite la aplicación de los algoritmos de aprendizaje por refuerzo mismos que con su implementación se genera el conocimiento.

La descripción de la matriz *R* es de la siguiente manera: es una matriz cuadrática que se forma tomando en cuenta el número de estados que forman la matriz de direcciones (tabla 2). La información que contiene la matriz *R* consiste en el conjunto de las posibles acciones por tomar en cada estado. El primer paso en el proceso de llenado es seleccionar un estado el cual es considerado como el estado actual y así obtener todas las posibles decisiones que se pueden tomar en ese estado. Por ejemplo: Estando el robot situado en el estado actual A, las posibles opciones son C, B y A. Esto se hace para todos los estados de la matriz. En la intersección del estado actual y sus posibles opciones por tomar habrá un valor de 0. P. ej. la celda {A,C}, {A,B} y {A,A} tendrán un valor de 0. Una vez terminado el proceso anterior, las celdas vacías se llenan con un valor numérico, para este caso se seleccionó -1. Estas celdas no son consideradas en el proceso de aprendizaje. En el procedimiento el estado final es identificado cuando no hay más opciones que regresar al estado anterior y tiene un valor mayor que 0. P. ej. {D,E} tendrá el máximo valor de recompensa.

Tabla 2. Matriz de direcciones

Etiqueta	Izquierda	Derecha	Derecho	Atras	Estado actual
0	C	-1	B	<i>A</i>	A
1	B	<i>A</i>	-1	C	A
2	-1	C	<i>A</i>	B	A
3	-1	B	D	A	C
4	A	D	-1	B	C
5	B	D	A	D	C
6	D	<i>B</i>	A	C	B
7	<i>B</i>	D	C	A	B
8	A	C	<i>B</i>	D	B
9	C	-1	E	B	D
10	E	B	-1	C	D
11	-1	C	B	E	D
12	-1	-1	-1	D	E
13	C	A	D	<i>B</i>	B

Tabla 3. Matriz R

	A	B	C	D	E
A	0	0	0	-1	-1
B	0	0	0	0	-1
C	0	0	-1	0	-1
D	-1	0	0	-1	100
E	-1	-1	-1	0	100

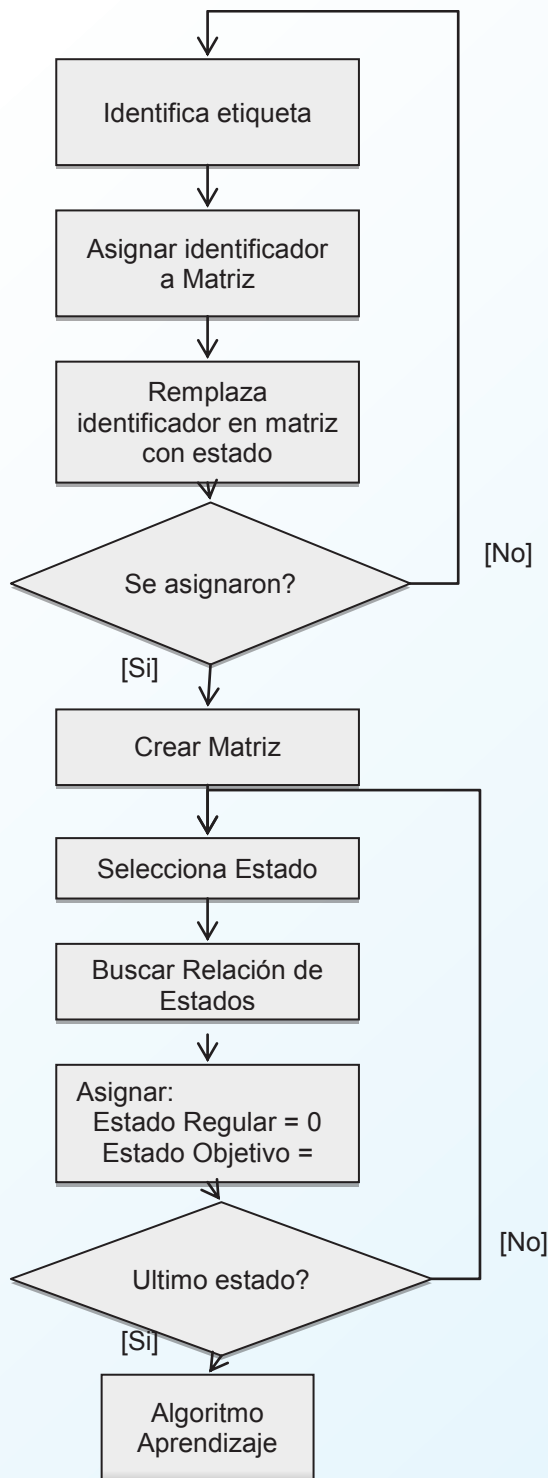


Figura 6. Diagrama de algoritmo de creación de matriz R.

La figura 6 muestra el algoritmo desarrollado para la creación de la matriz R. Para hacer funcional el algoritmo se requiere del uso de las tablas 2 y 3.

Aprendiendo del entorno

La técnica implementada es una técnica combinada en la que se implementa la estrategia del robot seguidor de línea y el algoritmo de aprendizaje por refuerzo llamado Q-Learning. Esta técnica permite que el *ar* tenga una navegación más eficiente por el entorno. El objetivo del *ar* seguidor de línea es llegar a la meta en el mejor tiempo posible, pero no se considera eso en esta propuesta. Se considera más relevante la acción de que el robot siga avanzando utilizando la estrategia del seguidor de línea mientras no se encuentre una intersección. Cuando el *ar* está situado en un camino sin salida, rota 180° para regresar al estado anterior; esta es una decisión interna tomada por el *ar*. El *ar* lee una señal de entrada del entorno que tiene que interpretar. Una vez que la combinación es interpretada, el *ar* tiene que evaluarla para tomar una decisión. La decisión es tomada de acuerdo a la señal obtenida del entorno que indica la combinación donde está posicionado el *ar*. El *ar* ejecuta la decisión tomada y continua avanzando siguiendo la línea hasta que se encuentre una combinación diferente.

Cuando el *ar* obtiene una señal que indica una intersección, tiene que esperar a que el *ad* le mande una decisión. En la figura 3 se muestran las diferentes intersecciones. La señal del entorno indica las diferentes direcciones que el *ar* puede tomar. La comunicación entre el *ar* y el *ad* es esencial en esta parte del proceso ya que el *ad* tiene que mandar una decisión al *ar* cuando se llegue a una intersección. La señal del entorno indica dónde se encuentra el *ad* y pueda tomar una decisión basado en el algoritmo de Q-Learning y la matriz de decisiones. El *ad* envía la decisión tomada al *ar* para ser evaluada y el robot se mueva en la dirección indicada.

Conclusiones

El objetivo del método ALDRO es comunicar dos agentes para mejorar el proceso de toma de decisiones de un robot de navegación. La propuesta describe en profundidad el método usado por el agente deliberativo para tomar decisiones teniendo como apoyo el método de aprendizaje por refuerzo y el agente reactivo que tiene un proceso interno de decisiones para seguir la línea de manera adecuada. La arquitectura implementada incluye una tarjeta

Arduino Uno para el agente deliberativo y un microprocesador PIC16F8877 para el agente reactivo. Se construyó un protocolo de comunicación que fue exitosamente implementado. Nuestro método explora y analiza el entorno para crear conocimiento acerca del mismo y encontrar la meta. El agente deliberativo determina la mejor opción para llegar a la meta. La combinación del algoritmo Q-Learning con el seguidor de línea mejora el movimiento del robot por el entorno. Los resultados de las pruebas fueron los esperados; siendo que el robot obtuvo el conocimiento acerca del entorno y llegó a la meta por el mejor camino posible. Esto fue posible ya que se logró una buena sincronización y comunicación entre los dos agentes.

Referencias

Gaskett, Chris. "Q-Learning for Robot Control", Ph.D. thesis, Doctor of Philosophy, The Australian National University, 2002.

González Mario. "Inteligencia Artificial en Robots Móviles para Competencia para su Aplicación en el Diseño de un Agente Inteligente en un Robot Seguidor de Trayectoria", Bachelor thesis, Instituto Politécnico Nacional, 2009.

Muñoz Nelson and Andrade Carlos, "Diseño de un Robot Móvil Orientado a la Enseñanza y la Investigación", Ingeniería y Desarrollo, Universidad del Norte, vol. 19, pp. 114-127, 2006.

Orduña Cabrera Fernando, Valle R Alma, V. Alán Dennis, Rojas D. Javier. "ALDRO Learning and Mixed Decision Support Method for Mobile Robot", Workshop Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent Environments. 2012 The authors and IOS Press. All rights reserved. doi:10.3233/978-1-61499-080-2-113.

Pradesh Andhra, "Design and Implementation of Double Line Follower Robot", International Journal of Engineering Science and Thecnology, vol. 3, no. 6, pp. 47-53, 2011.

Restrepo Patiño Carlos, Milina Varga Jason, Torres P. Carlos Andrés. "Algoritmo genético para la ubicación óptima de sensores en un robot seguidor de línea", Scientia et Technica Año XV, no 41, 2009.

Smart William D. and Pack Kaelbling Leslie, "Effective Reinforcement Learning for Mobile Robots", ICRA, pp. 3404-3410, 2002.

Sutton Richard S. and Barto Andrew G., "Reinforcement Learning: An Introduction", A Bradford Book, 322 p., 1998.

Thakre Ashish K., "Reconfiguration of Mobile Robot", International Journal of Electronics and

Computer Science Engineering, vol. 1, no. 2 pp. 161-165, 2012.

Contacto:

Mtro. Fernando Orduña Cabrera. Maestro en Ciencias Computacionales, Estudios de Doctorado en Inteligencia Artificial por la Universidad Politécnica de Cataluña con mención de calidad de la Unión Europea; en su tesis propone una arquitectura de implementación de estrategias de razonamiento basado en casos. Actualmente trabaja en el desarrollo del proyecto Traductor Castellano-Yaqui-Castellano aplicando estrategias de lenguaje natural, docente en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme extensión Vícam.

forduna@itesca.edu.mx.

Ing. Luis Armando Jara Lugo. Ingeniero de Software. Tesis de ingeniería "Desarrollo de un sistema para la transcripción de audio a texto utilizando un SDK comercial". Actualmente colaborador del proyecto Traductor Castellano-Yaqui-Castellano.

ljara@itesca.edu.mx

Ing. Luz Aurora Florez Matuz. Ingeniero en Sistemas Computacionales de ITESCA, con especialidad en Ingeniería de Software. Actualmente colaborador del proyecto Traductor Castellano-Yaqui-Castellano.

dorita1391@outlook.com

Agradecimientos

El presente proyecto fue desarrollado gracias al apoyo del Dr. Alberto Ramírez Treviño, quien apoyo con sus comentarios y facilitó el equipo electrónico para el desarrollo de ALDRO.

Legislación Laboral y Fiscal en las MIPYMES en México

**Angélica Aguilar Escalante. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Estudiante de la Maestría en Administración
Celia Velázquez Reyna. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
División Académica de Licenciatura en Administración en Negocios
Internacionales.**

Resumen

Las Micro Pequeñas y Medianas empresas se establecen como un eslabón fundamental para la economía mexicana. Del total de empresas en México las MIPYMES representa un 99.8%, generan 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y 72% del empleo en el país, se identifica que son indispensables para el crecimiento de México. En este contexto los elementos legales y fiscales que influyen en su desempeño condicionan su capacidad competitiva. Las nuevas reformas laborales y fiscales tienen sus consecuencias en las MIPYMES. Es fundamental establecer acciones para mejorar el entorno económico y apoyar directamente a las empresas, con el propósito de crear las condiciones que contribuyan a su establecimiento, crecimiento y consolidación de las mismas.

Palabras Clave

MIPYMES, legislación laboral y fiscal, reformas fiscales, competitividad.

Abstract

The Micro Small and Medium enterprises are established as a vital link for the Mexican economy. Of all the companies in MIPYMES Mexico represents 99.8%, generate 52% of gross domestic product (GDP) and 72% of employment in the country, it is identified that are essential for the growth of Mexico. In this context the legal and fiscal aspects that influence performance affect their competitiveness. New labor and fiscal reforms have consequences in MIPYMES. It is essential to establish actions to improve the economic environment and directly supporting companies with the aim of creating the conditions that contribute to the establishment, growth and consolidation thereof.

Keywords

MIPYMES, labor law and tax, tax reforms, competitiveness.

Introducción

En el presente artículo se presenta una investigación documental del marco legal en el contexto laboral y fiscal de las MIPYMES en México. Conforme un artículo publicado en CNN Expansión (Santacruz, 2014), establece que las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES), constituyen un aspecto fundamental de la economía nacional por los acuerdos comerciales que ha México ha realizado en los últimos años, asimismo por su alto impacto en la generación de empleos y en la producción nacional. En México existen aproximadamente 4 millones 15 mil unidades empresariales, de las cuales 99.8% son PYMES que generan 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y 72% del empleo en el país. A partir de lo anterior, y fundamentando la importancia de las MIPYMES en nuestro país, se detallarán datos relevantes de las micro, pequeñas y medianas empresa con el fin de analizar la siguiente interrogante: ¿Cómo afectará la reforma laboral y fiscal a las MIPYMES en México?

Fundamento Teórico

Una empresa es una unidad económico-social, conformada por elementos humanos, materiales y técnicos que tiene por objetivo generar utilidades a través de la prestación de servicios y/o comercialización de productos. (RAE, 2011). De acuerdo a la Secretaría de Economía (2014) en nuestro país existen varios criterios de clasificación de las empresas, una de ellos es el número de empleados, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación por número de empleados

TAMAÑO	CLASIFICACION POR NUMERO DE EMPLEADOS		
	SECTOR		
	INDUSTRIA	COMERCIO	SERVICIOS
Microempresa.	0-10	0-10	0-10
Pequeña empresa.	11-50	11-30	11-50
Mediana empresa.	51-250	31-100	51-100
Gran empresa.	251 en adelante	101 en adelante	101 en adelante

Fuente: Secretaría de Economía (2014)

La micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) han enfrentado los diferentes cambios en materia laboral y fiscal que se han promovido con la finalidad de crear mejores condiciones para la competitividad.

El primer aspecto legal fundamental para las MIPYMES es la legislación laboral, la cual es el conjunto de leyes y normas que tienen por objetivo regularizar las actividades laborales, ya sea en lo que respecta a los derechos del trabajador, como también a sus obligaciones y para el empleador (Amezcuza, 1999).

La Ley Federal del Trabajo vigente en México (2012), define las conductas laborales de hostigamiento y acoso sexual, regula la subcontratación estableciendo los límites y alcances de la misma, asimismo establece la posibilidad de contratar empleados por periodos de tiempo discontinuos. La legislación, especifica que si se tienen empleados que trabajan por hora o se encuentra bajo el esquema de tercerización (outsourcing), se tiene la obligación de crear un contrato que especifique las condiciones en que el nuevo empleado realizará sus tareas, además obligatoriamente se deberá informar al IMSS. En la figura 1 se presentan elementos de análisis en la reforma laboral.

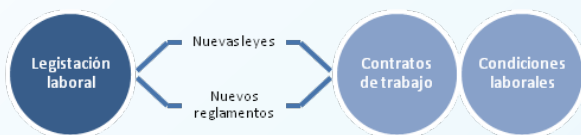


Figura 1. Elementos de análisis de la reforma laboral

A partir de lo anterior, con la reforma laboral se puede percibir que la Ley protege las garantías del empleado respecto a su contrato, por ello los empresarios deben conocer la normatividad vigente y dar cumplimiento a sus obligaciones patronales.

El segundo aspecto de vital importancia para las MIPYMES es la legislación fiscal. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) se encuentra compuesta por una serie de órganos que integran la administración pública de una nación y que se ocupan especialmente de administrar y organizar los fondos económicos provenientes de las contribuciones.

El Servicio de Administración Tributaria (SAT) es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, que tiene la responsabilidad de aplicar la legislación fiscal y aduanera, con el fin de

que las personas físicas y morales contribuyan proporcional y equitativamente al gasto público; de fiscalizar a los contribuyentes para que cumplan con las disposiciones tributarias y aduaneras; de facilitar e incentivar el cumplimiento voluntario y de generar y proporcionar la información necesaria para el diseño y la evaluación de la política tributaria. (SAT, 2014). En la figura 2 se presentan elementos de análisis en la reforma fiscal 2014.

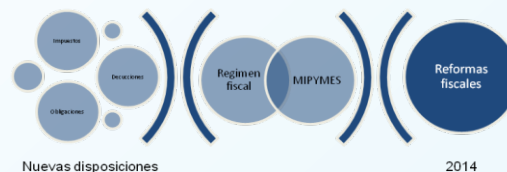


Figura 2. Elementos de análisis en la reforma fiscal

La reforma fiscal 2014 viene a incidir en la incorporación de un nuevo régimen fiscal: el régimen de incorporación fiscal así como la eliminación de Impuesto a los Depósitos en Efectivo (IDE) y el Impuesto Empresarial a Tasa Única (IETU). De la Lata (2013) afirma que toda reforma hacendaria debe cumplir con: crecimiento económico, fomento a la inversión, promoción del empleo, combate a la informalidad y reducción del gasto corriente.

Desarrollo

A partir de una investigación documental para caracterizar a las micro, pequeñas y la identificación de los aspectos contenidos en las reformas legal y fiscal que tienen una relación directa el desempeño de las mismas se establecen los elementos de análisis del presente estudio.

De acuerdo al consorcio empresarial WSFB (2014), se calcula que aproximadamente existen cuatro millones de micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) de los sectores industriales, comercio y servicios en México de los cuales: el 65% son de carácter familiar, más de 80% no cuenta con algún tipo de certificación; cerca de 50% no utiliza técnicas en calidad o productividad; sólo 24 % maneja alguna licencia o patente, el 83% no realiza actividad alguna para consolidar su presencia en el exterior. Asimismo se detalla que dentro del sector manufacturero se destaca que el 35% de los negocios no realizaron ninguna inversión.

Dentro de las dificultades en la competitividad de las MIPYMES, Sánchez (2014), directora general del programa para Micro, Pequeñas y Medianas

Empresas del Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM), determina que nueve de cada diez empresas cierran por problemas con su planeación, asimismo considera que más del 90% de las MIPYMES fracasan en la administración de sus recursos a causa de que solicitan financiamiento pero no establecen el uso que le darán a estos fondos.

Zúñiga (2013) determina que las MIPYMES proporcionan siete de cada diez empleos, estableciendo la gran relevancia que tienen en México. De acuerdo a una publicación de El Informador (2014) se identifica que el 70% de los proyectos que concursan por un apoyo financiero en una instancia de gobierno son rechazados por: altas tasas de interés que pueden alcanzar 18%, desconocimiento de la variedad de programas que se ofrecen para las Pymes y de las herramientas que éstas requieren, la falta de un proyecto de negocio y de una proyección financiera, así como no tener una garantía. Lo anterior hace evidente que las empresas deben desarrollar una buena administración de sus recursos y tengan conocimiento de los distintos organismos que pueden asesorarlos en este tema.

La importancia de las MIPYMES radica en su contribución al crecimiento económico, a la generación de empleo, aportaciones fiscales, asimismo a aportaciones a la producción y distribución de bienes y servicios. Sin embargo, las MIPYMES tienen algunas dificultades a causa de su tamaño; acceso restringido a las fuentes de financiamiento; bajos niveles de capacitación hacia sus trabajadores; limitados niveles de innovación y desarrollo tecnológico; bajos niveles de productividad y baja capacidad administrativa.

El Colegio de Contadores Públicos de México, A.C. (2010) afirmó que no obstante sus limitaciones y debido el papel de las MIPYMES en la economía del país, las mencionadas han sido motivo de diseño de políticas encaminadas a promoverlas y apoyarlas para elevar su competitividad; como lo muestra la creación del Fondo de Apoyo para la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (FAMPYME) en el año 2001, el Fondo de Fomentos a la Integración de Cadenas Productivas (FIDECAP) fundado en el 2001, el Consejo Nacional para la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa en el 2002, y la Comisión Mexicana para la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (COMPYME) en el 2007, entre otras, las cuales han brindado gran apoyo a las empresas.

Al analizar la reforma laboral en el contexto de las MIPYMES se reconoce que el principal objetivo de

la reforma laboral es proteger los derechos de los trabajadores, lo cual es de gran importancia, debido a que se está protegiendo los derechos de los empleados. Para las MIPYMES será un reto desafiante establecer lo necesario para cumplir con lo establecido en la ley. A través de diferentes mecanismos, las pequeñas empresas deberán identificar: si se están cumpliendo con todas las obligaciones laborales, qué tipos de contratos se tiene o se deben de tener con sus trabajadores ya sea directos o a través de outsourcing, con el fin de prevenir futuras complicaciones. Una alternativa importante sería tener asesoría previa para que un experto revise los contratos que se realizan y los asesore, que le representará gastos adicionales para cumplir con sus obligaciones en materia laboral.

Castañón (citado por el Financiero, 2014) afirmó que el desconocimiento parte de los micro y pequeños empresarios en relación a las nuevas leyes laborales les impide el correcto cumplimiento de la seguridad de los trabajadores y a su vez propician múltiples multas a las MIPYMES en todo el país, que alcanzan hasta cinco mil veces el salario mínimo; estas sanciones surgen a partir del cumplimiento de las nuevas figuras en la normatividad, como son estudios de ruido que puedan dañar a los trabajadores, de contaminación interna, estrés y estudios de salud. Es por ello que necesitan, una nueva homologación de los criterios para que la empresa pueda cumplir con ellos en un tiempo determinado.

En el análisis de elementos que inciden en las MIPYMES en relación a Reforma fiscal 2014 Price Waterhouse Coopers (2013) afirma que se estableció el impuesto adicional a dividendos; impuesto del 10% por utilidades generales; se eliminó el IETU y el IDE; se aumentó el impuesto especial sobre producción y servicios con un 153% y el ISR con un 23%, asimismo que todas las operaciones realizadas en la región fronteriza estarán sujetas a la tasa general del 16 %, lo cual limitará actividades en el país, asimismo actividades de inversión en el mismo. Otro aspecto de impacto desfavorable para las empresas, es el hecho de que las cuotas de seguridad social a cargo de los trabajadores pagadas por los patrones no serán deducibles de impuesto, lo cual afectará en gran medida a las empresas.

Según Muciño (2013), hay sectores que tendrán efectos negativos en su crecimiento debido a nuevos impuestos establecidos a partir de la reforma fiscal 2014: los sectores más afectados serán la minería, maquila y PYMES. En cuanto al sector de la minería, además del incremento del derecho de aprovechamiento al agua, las compañías pagarían una regalía del 7.5% sobre las utilidades en la producción

aprovechamiento al agua, las compañías pagarían una regalía del 7.5% sobre las utilidades en la producción de oro y plata, un impuesto verde en combustibles de 2.34%, 7% sobre los dividendos y la eliminación de la deducción de la inmediata explotación. Asimismo con la reforma, se incrementa el impuesto de 17.5% a 30% a maquiladoras.

En cuanto a lo antes denominado Régimen de Pequeños Contribuyentes (REPECOS), ahora denominado Régimen de Incorporación Fiscal, fue lo que cambió en las reglas de operación (SAT, 2014). En este régimen deberán contar con un inventario de insumos, así como realizar un sistema de registro contable para sus operaciones, lo cual conduce, si no se tiene conocimientos en este elemento el incurrir en gastos de servicios contables para el cumplimiento de las obligaciones fiscales. El cambio en el régimen fiscal aprobado dentro de la reforma hacendaria representa para las micro empresas una mayor control en sus operaciones para efecto de impuestos.

El micro, pequeño y mediano empresario está en una situación de incertidumbre, pues la manera en que estaba acostumbrado a rendir sus cuentas cambió radicalmente, además no todos cuentan con el equipo y la tecnología para rendir cuentas vía internet, lo cual va implicar gastos extras, al mismo tiempo puede ser un factor de crecimiento para la economía informal. Las nuevas disposiciones en materia fiscal son más enérgicas, creando con ello un descontento social en vez de crear un ejercicio de contribución a la hacienda fiscal del país.

Conclusiones

Las reformas en México, tendrán un impacto importante en las empresas y en el país en la generación de nuevos empleos y competitividad comercial. Es fundamental que los legisladores busquen alternativas que les permitan a los pequeños contribuyentes pagar sus impuestos de manera tranquila y confiable. Son las MIPYMES las que realmente generan los empleos que se están requiriendo en la actualidad y la Reforma Fiscal aprobada ha venido a repercutir en mayor gasto para los pequeños contribuyentes.

Es importante establecer que para México las MIPYMES, son un eslabón fundamental, indispensable para el crecimiento de México, por ende se deben de aprovechar para hacer de eso una fortaleza que haga competitivo al país, que se convierta en una ventaja real para atraer nuevas inversiones y fortalecer la presencia de productos mexicanos tanto dentro como fuera de nuestra nación. Es fundamental establecer acciones para

mejorar el entorno económico y apoyar directamente a las empresas, con el propósito de crear las condiciones que contribuyan a su establecimiento, crecimiento y consolidación de las mismas, a causa de que representan un excelente medio para impulsar el desarrollo económico, por su contribución al crecimiento económico y a la generación de empleo.

Las reformas obligan a establecer esquemas más complicados para las MIPYMES, por lo que aumenta la posibilidad de desaparición de las empresas. En la reforma laboral, sería importante, que los empresarios recibieran asesoría en este aspecto con el fin de tener organizados sus contratos, sobre todo en aquellos donde exista la tercerización u outsourcing, a fin de evitar problemas, así como capacitarse para entender los nuevos cambios y llevar a cabo un diagnóstico laboral de las empresa, a fin de no incurrir en ningún falta.

Para finalizar, la reforma fiscal quizá no fue la esperada, con fines recaudatorios y hay una afectación a las empresas. En este aspecto los pequeños negocios deben estar en plena disposición de recibir orientación oportuna sobre la reforma que les ayude a amortiguar los impactos, ya que las empresas tienen mayores obligaciones ante hacienda. El impacto para algunos sectores en relación al incremento en impuestos y obligaciones hace evidente perder la oportunidad de crecimiento para las empresas estableciendo obstáculos para las mismas, lo cual en gran medida afecta y tienen una amplia repercusión en todo el país.

Referencias

- Amezcu, N. (1999). Manual práctico laboral. Editorial SICCO.
- De la Llata, P. (2013). Ponencia: Expectativas de las Reformas fiscales en México. Coloquio internacional de posgrados ITSON.
- Economía (2014). Clasificación de empresas. Recuperado el 15 de marzo de 2014 de: <http://www.economia.gob.mx/>
- El Financiero, (12 de febrero de 2014) Resultados de la reforma laboral se verán hasta 2014. Recuperado de <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/resultados-de-la-reforma-laboral-se-veran-hasta-2014.html>
- Informador, (2014). Desconocimiento impide el éxito a las Pymes. Recuperado el 20 de marzo de 2014 de <http://www.informador.com.mx/economia/2014/511886/6/desconocimiento-impide-el-exito-a-las-pymes.htm>
- Ley Federal del Trabajo. (2012). Recuperado el 23 de marzo de 2014 de http://www.stps.gob.mx/bp/micrositios/reforma_laboral/archivos/Cuadro%20comparativo%20LFT%20vs%20Reforma.pdf
- Muciño, F. (2013). ¿Cuáles sectores pierden más con la reforma fiscal? Recuperado el 23 de marzo de 2014 de <http://www.forbes.com.mx/sites/cuales-sectores-pierden-mas-con-la-reforma-fiscal/>
- Price waterhouse Coopers,S.C. (2013) Reforma fiscal 2014 Resumen ejecutivo. Recuperado de http://www.pwc.com/es_MX/mx/Reforma-hacendaria-2014/archivo/2013-11-boletin-rf2014.pdf
- Pro México, (febrero 2014) Retos de las PYMES dentro del Comercio Internacional. Recuperado el 20 de marzo de 2014 de <http://www.promexico.gob.mx/comercio/retos-de-las-pymes-dentro-del-comercio-internacional.html>
- Pro México: Inversión y Comercio. PyMES, eslabón fundamental para el crecimiento en México. Recuperado el 22 de marzo de 2014 de <http://www.promexico.gob.mx/negocios-internacionales/pymes-eslabon-fundamental-para-el-crecimiento-en-mexico.html>
- Relaciones Públicas del Colegio de Contadores Públicos de México, A.C. (2010). La importancia de las Pymes. Recuperado el 23 de marzo de 2014 en <http://www.ccpm.org.mx/avisos/22112010empresa.pdf>
- Sánchez, M. (2014). Programa para Micro, Pequeñas y Medianas empresas. Recuperado el 9 de marzo de 2014, de: <https://www.inadem.gob.mx/>
- Santacruz, P.I., (2014) Las PYMES y las franquicias: un modelo de desarrollo integral. Recuperado el 21 de marzo de 2014 de <http://blogs.cnnexpansion.com/soy-competitivo/2014/03/01/las-pymes-y-las-franquicias-un-modelo-de-desarrollo-integral/>
- Servicio de Administración Tributaria (2014). Recuperado el 23 de marzo de 2014 de http://www.sat.gob.mx/que_sat/Paginas/default.aspx
- WSFB (2014). Consorcio de negocios. Recuperado el 10 de marzo de 2014, de: <http://www.consorcioempresarial.com.mx/>
- Yerson, M. (22 de febrero de 2014) Truenan 9 de cada 10 empresas por mala planeación. Recuperado el 20 de marzo de 2014 de <http://www.lacronica.com/EdicionEnLinea/Notas/Noticias/22012014/800074.aspx>
- Zúñiga, F. J. (abril de 2013). Reto de las PyMEs en innovación. Recuperado el 19 de marzo de 2014 de <http://www.pymempresario.com/2013/04/2013-reto-de-las-pymes-en-innovacion/>

Contacto:

Ing. Angélica Aguilar Escalante. Estudiante de la Maestría en Administración del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.

angelica_aae1@hotmail.com

Dra. Celia Velázquez Reyna. Maestro en Administración. Profesor Asignatura del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Departamento Académico de Negocios.

cvelazquez@itesca.edu.mx



**ORGULLOSAMENTE
ITESCA !**

MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA EN RANKING NACIONAL DEL PNPC DEL CONACYT.

**LOGRO SIGNIFICATIVO EN
EXCELENCIA ACADÉMICA.**



www.itesca.edu.mx