



Ingeniantes

Año 3, No. 2, Vol. 1

Edición Semestral

Julio 2016 - Diciembre 2016

ISSN 2395 - 9452

Revista de Investigación

Instituto Tecnológico Superior de Misantla



Temáticas

Tierra
Energía
Biológicos
Bioquímica
Medio Ambiente
Gestión Educativa
Mecánica de Materiales
Ciencias de la Computación
Calidad y Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Año 3/ No. 2 / Vol. 1

Información Legal

Ingeniantes, año 3, No. 2, Vol 1. Julio 2016 - Diciembre 2016, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, teléfono 01 (235) 323 60 18, página web citt.itsm.edu.mx. Editor responsable: M.I.I Erika Adrienne Bandala Martínez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología del ITSM, M.I.I. Erika Adrienne Bandala Martínez, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 20 de diciembre de 2016.

Se autoriza cualquier reproducción parcial de los contenidos o imágenes de la publicación siempre y cuando sea sin fines de lucro y para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente dando los créditos a los autores del artículo.

El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de los autores y no representa el punto de vista del editor de la revista Ingeniantes.

Diciembre 2016

Directorio

Dr. José Alberto Gaytán García

Director General ITSM, Veracruz, México

M.S.I. Ana Lilia Sosa y Durán

Subdirectora Académica ITSM, Veracruz, México

M.A. José Edgar Soto Meneses

Director de Planeación y Vinculación ITSM, Veracruz, México

M.C. Reyes Pérez y Cano

Director de Servicios Administrativos ITSM, Veracruz, México

Lic. Lidia Herrera Domínguez

Subdirectora de Vinculación ITSM, Veracruz, México

Ing. Carlos Yossio Nakase Rodríguez

Subdirector del Sistema Abierto ITSM, Veracruz, México

Cuerpo Editorial

Editor General

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Editor

M.I.I. Erika Adrienne Bandala Martínez

Comité de Revisión

Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras, US

Dr. Arturo Pacheco Espejel, IPN

Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT

Dra. Susana López Cuenca, COECYTJAL

Dr. José de Jesús Ibarra, COECYTJAL

Dr. Abel Garcia Barrientos, UASLP

Dr. José Jasson Flores Prieto, CENIDET

Dr. Jesús P. Xamán Villaseñor, CENIDET

Dr. Andrés Blanco Ortega, CENIDET

Dr. José Luis Marín Muñoz, Colegio de Veracruz

Dr. Gustavo Martínez Castellanos, ITSM

Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM

Dr. Luis Alberto Morales Rosales, ITSM

Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM

Dr. Luis Mejía Macario, ITSM

Dr. Isidro Rodríguez Montoro, ITSM

Dr. Saúl Santiago Cruz, ITSM

M.I. Fernando Jurado Pérez, ITESI

M.I.A. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM

M.I.A. Luis Enrique García Santamaria, ITSM

M.I. Daniel Aguayo Siqueiros, ITSM

M.C. Luis Carlos Sandoval Herazo, ITSM

M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM

Diseño Editorial

Lic. Erik Balderas González ITSM, México

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas ITSM, México

Ing. José Aurelio Carrera Melchor ITSM, México

Distribución

Publicación electrónica disponible en

citt.itsm.edu.mx/ingeniantes

Correo electrónico: revista.ingeniantes@itsm.edu.mx

Ingeniantes

Contenido

Seis Sigma: un caso aplicado a la Industria Naval 03

Jesús Antonio García Pegueros; Luis Enrique García Santamaría; Gregorio Fernández Lambert, Instituto Tecnológico Superior de Misantla; Eduardo Fernández Echeverría, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla; Juan Carlos Ramón Pérez, Talleres Navales del Golfo, S.A. de C.V.

Comparación de métodos tradicional contra sugerido en el proceso de clasificación de cajas con melón (Cucumismo) 11

José Ignacio Aguilar Carrasco; Genaro Valladolid Villela; Edgar Armando Morales Álvarez; Agustín Álvarez Muñoz, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución.

Impacto de la filosofía organizacional en el desarrollo de competencias laborales en alumnos de Ingeniería en Gestión Empresarial 16

Felipe Dávila Soltero; Beatriz Eugenia Ochoa Rivera, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Utilización del cascarón de huevo como elemento constitutivo en agregados para aumentar las propiedades mecánicas de un material 22

Ana Roselyn Pérez Méndez; Joel Maurilio Morales García; Saúl Santiago Cruz, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Prototipo de un fotocolorímetro didáctico de fuente abierta 29

Nabor Lagunes Amaury Isai; Candanedo Candanedo Elva Esther; De la Cruz Díaz Itzelth; Eduardo Enrique Salazar, Juan Pablo Salazar; Cabrera Hernández Arturo, Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

Estudio comparativo de la alteración de la rugosidad en la roca caliza travertino tipo dorado tepexi mediante una prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio 36

Adolfo Manuel Morales Tassinari, María Esperanza Velasco Ordóñez, Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez; Jorge Arturo Hernández Zárate, Instituto Tecnológico de Veracruz.

Interfaz de potencia de estado sólido y relevadores, controlada mediante dispositivos móviles _____ **45**

Jacobo Gómez Agis, José Francisco Martínez Lendeck, Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo.

Detección de cáncer de piel en personas, utilizando teléfonos inteligentes _____ **53**

Francisco Javier Luis Juan Barragán; Miguel Ángel Delgado López; Julio César Chávez Novoa, Instituto Tecnológico Superior de Chapala.

Implementación de la Tecnología Quick Response Code en un sistema de control de asistencia _____ **59**

Yareny Rivera García; Luis Alberto Espejo; José Miguel Méndez Alonso, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla.

Comparación de estiércoles en la producción de vermicomposta en San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca _____ **64**

Mercedes Muraira Soto; Emanuel Pérez López, Ricardo de Jesús García Rangel; Luz Marina Vera Márquez, Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan.

Diseño de un prototipo router CNC de precisión mediante la metodología de producto secuencial _____ **69**

Karlo Damián Terrazas Martínez; Javier Molina Salazar Lázaro Rico Pérez; Erwin A. Martínez Gómez; Raúl Neco Caberta, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Seis Sigma: un caso aplicado a la Industria Naval

RESUMEN: El proyecto presenta la implementación de la herramienta DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar, controlar) de la metodología Seis Sigma (SS) para reducir el desperdicio generado en el proceso de nuevas construcciones dentro de las actividades de soldadura en la industria naval, y específicamente en los procesos de Arco Sumergido y Flux Cored. El estudio compara la cantidad de defectos antes y después del mismo con la tasa de desperdicio generado en el área de soldadura. Los resultados demuestran que derivado de la aplicación de la herramienta DMAIC asociada a Seis Sigma, se logró proveer al trabajador de habilidades individuales que mejoraron las actividades involucradas en el desempeño de la práctica de soldadura de al menos 97% de conformidad a lo establecido en procedimientos internos del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en una empresa naviera, permitiendo mejorar la comunicación organizacional y social al dotar al trabajador de la capacidad de análisis y de comparación para mejorar la detección de los errores inadvertidos con un método de trabajo estandarizado. El resultado permitió disminuir los defectos que mermaban la rentabilidad del proceso en al menos 90%, con lo que se acepta que el proceso se encuentra controlado. Así mismo, la disminución de los defectos del 5% al 0.20% representa un ahorro para la empresa en el orden de los USD \$ 11, 153.00.

PALABRAS CLAVE: DMAIC, Reducción de desperdicios, Mejora Continua, Mejora de procesos.



Colaboración

Jesús Antonio García Pegueros; Luis Enrique García Santamaría; Gregorio Fernández Lambert, Instituto Tecnológico Superior de Mianlta; Eduardo Fernández Echeverría, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla; Juan Carlos Ramón Pérez, Talleres Navales del Golfo, S.A. de C.V.

ABSTRACT: This project illustrates the implementation of the Six Sigma methodology (SS) in its role as DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) to reduce waste generated in the process of new construction within the welding activities in the shipbuilding industry and specifically in processes of Flux Cored and Submerged. The study compares the number of defects before and after the same rate with waste generated in the welding area. The results demonstrate that with the application of the DMAIC-SS associated, it was possible to improve the skills of individual workers applied to different activities within the welding discipline supported by a standard objective with the acceptance of material at least 97% under internal procedures established at Quality Management System (QMS) of the company. Organizational and social communication was improved to provide workers with the capacity to analyze, compare and improve the detection of inadvertent errors with standardized work method. The project's result helped to reduce defects that detracted from the profitability of the process. The application of SS shows that the indicators improved by having a regulatory acceptance of at least 90% for welding defects thereby accepted that the process is controlled. Likewise, the reduction of waste from 5% to 0.20% which represents \$11,153.00. USD in company savings.

KEYWORDS: DMAIC, Waste reduction, Continuous Improvement, Improvement of processes.

INTRODUCCIÓN

La soldadura es imprescindible en el campo de la industria naval, ya que ésta interviene como elemento principal en la construcción de las embarcaciones, motivo por el cual en este estudio se analiza su productividad. Independientemente del término, la productividad en construcción naval relaciona las actividades y trabajos de soldadura en ésta dimensión conceptual. Los altos costos que intervienen en el proceso de soldadura de un buque naval justifican el estudio de la productividad dentro del proceso de soldadura en construcción naval [1].

La habilidad en la práctica de soldadura, consigue disminuir tiempos de fabricación y de horas-hombre empleadas y a la vez se obtiene como resultado disminución en el costo de la embarcación y los plazos de entrega. Estos dos parámetros de suma importancia para el buen funcionamiento del astillero, construyen las pautas necesarias para optimizar los tiempos de trabajo, entre otros; lo contrario resultaría en gastos y tiempos perdidos en los procesos del Astillero. Dada la importancia que cumple en la estructura de la embarcación, el proceso de soldadura es un factor clave que se ha desarrollado con el tiempo, alcanzando en la actualidad gran interés por parte del ingeniero y técnico naval [1][2].

Los procesos de soldadura empleados para la fabricación de nuevas construcciones dentro del Astillero son: Soldadura por Arco con Núcleo Fundente (FCAW) y Soldadura por Arco Sumergido (SAW). Estos procesos muestran una tendencia de defectos mayor al 3% máximo permitido por defectos de soldadura para los proyectos de nueva fabricación, lo que significa pérdida dentro de la rentabilidad de la empresa en el orden de costo-tiempo, y a la vez se traducen como desperdicios económicos, herramientas, energéticos, y de horas-hombre. En este orden, los estudios de esta naturaleza buscan:

- Evitar retrasos en la entrega del producto: Al generarse defectos como consecuencia se crea reproceso, lo cual se traduce en mantener al personal realizando reparaciones, lo que implica la utilización de mayor número de Horas-Hombre y como efecto retraso en la entrega al cliente.
- Mejorar la satisfacción del cliente por la entrega a tiempo de todo el proyecto: Con el cumplimiento en entrega del producto a tiempo, con calidad y de acuerdo a especificaciones.
- Evitar pérdidas económicas y contribuir al éxito financiero del proyecto.

Las herramientas, metodologías, y técnicas de ingeniería industrial son amplias cuando se trata de mejorar los procesos de servicios y/o de manufactura. Sin embargo, una de las metodologías más utilizadas en manufactura es conocida como Seis Sigma (SS).

SS es un método de gestión para la mejora continua del negocio combinando herramientas estadísticas que en conjunto buscan mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación, mediante decisiones acertadas; ésta lleva a encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, tomando como punto de referencia en todo momento a los clientes y sus necesidades.

Esta metodología considera al menos 20 herramientas durante su implementación, haciendo de ella una metodología altamente sistemática y cuantitativa, orientada a la mejora de la calidad del producto y/o del proceso, con orientación en tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defec-

tos [3][4][5][6]. SS combinado con el ciclo de calidad propuesto por el Dr. Deming, es conocida como Metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), la cual ha demostrado ser una potente herramienta sistemática para la mejora de los procesos de bienes y de servicios.

Este estudio está soportado en una investigación exploratoria y descriptiva, con alcance a la construcción de nuevas naves navieras, la cual utiliza la metodología DMAIC con el objetivo de mantener en 3% máximo los rechazos de soldadura en los proyectos de construcción de las unidades navales, así como mejorar el proceso de soldadura FCAW y SAW en la industria naviera. Para demostrar los resultados de su implementación, las siguientes secciones de este manuscrito se han organizado de la siguiente manera: La sección de Materiales y Métodos describe el enfoque de análisis basado en la Metodología DMAIC, y una sección de Resultados que discute los beneficios alcanzados con la misma.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto se desarrolló en tres pasos: el primero consistió en la declaración del problema por parte de la empresa, el segundo paso consistió en el desarrollo de la metodología DMAIC, y el tercer paso en la descripción de los resultados. Como lo mencionan [7] la metodología DMAIC es una guía lógica y racional basada en el ciclo Deming que se adaptó para modelos de mejora continua en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, y Controlar (Figura 1). En la fase de Definición se establece el alcance y propósito del proyecto, en la etapa de Medición, se obtiene la información para determinar la capacidad del proceso actual, en la etapa de Análisis se usan los datos para determinar la causa raíz de defectos y errores, en la etapa de Mejora, se desarrollan, prueban e implementan soluciones que permitan la eliminación de la causa de los problemas, y finalmente en la etapa de Control, se verifican y sostienen los beneficios alcanzados.

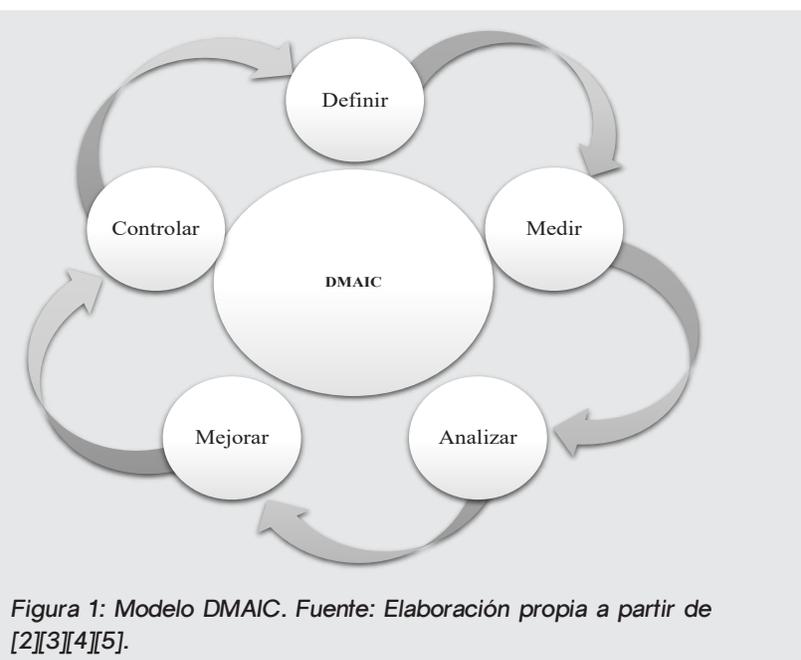


Figura 1: Modelo DMAIC. Fuente: Elaboración propia a partir de [2][3][4][5].

Fase de Definición

De acuerdo con la tendencia mostrada se detectó un incremento mayor al 3% máximo de defectos permisibles en soldadura en los procesos FCAW y SAW para los proyectos de nueva fabricación en la industria naviera. El proyecto se centró en redu-

cir el consumo de Horas-Hombre y de consumibles que son ocasionados por los defectos de soldadura en la aplicación de los procesos FCAW y SAW. Se determinó al equipo técnico y los expertos, para el desarrollo de la metodología SS.

Tabla 1: Definición de equipo de proyecto.

Puesto:	Función:
Jefe de Control de Calidad	Dirigir y asegurarse del control de calidad en los proyectos de reparación naval y nuevas construcciones.
Inspector de QC	Inspector de calidad, encargado de revisar los trabajos que requieran la validación y el visto bueno de parte de calidad.
Subgerente de QC	Subgerente de control de calidad, es encargado de dirigir, controlar y asegurarse de que se cumple con los estándares mínimos de calidad en los trabajos de reparación naval y de nueva construcción.
Superintendente de Soldadura	Encargado de dirigir todos los trabajos de reparación y construcción a través de los procedimientos de soldadura aplicables a los trabajos.
Inspector de QC	Encargado de supervisar y dirigir los trabajos en donde requiera algún proceso de soldadura.
Subgerente de Producción	Encargado de dirigir y asegurarse de que se cumplan cada uno de los trabajos de producción a través de sus 9 disciplinas para dar satisfacción a los clientes y asegurarse de que se cumpla la rentabilidad y productividad de la propia organización
Coordinador QC	Encargado de identificar y seleccionar el proyecto de caso éxito para el astillero

Posterior a la integración del equipo de trabajo, se definieron las variables:

Variable Y de respuesta:

Y= Reducir máximo a un 3% los defectos de soldadura en proyectos de Nueva Fabricación.

X's =Variables de entradas a ese Proceso:

Para controlar, se requiere:

- Tener personal certificado y entrenado adecuadamente.
- Estandarización y eficiencia en los WPS's (Welding Procedure Specification) Especificaciones en los procedimientos de soldadura.
- Parámetros estandarizados para la maquinaria.

Fase de Medición

En la fase de Medición se recolectó y organizó la información del proceso, y se establecieron las metas de mejora. La fase de medición permitió entender la condición actual del proceso antes de realizar alguna mejora en el sistema. La herramienta utilizada en esta fase fue el AMEF de entrada del proceso descrito en el Anexo A.

También se definieron los KPIV y KPOV:

KPIV/Variables Críticas de Entrada del Proceso de Soldadura:

- Material Acero que cumpla con las especificaciones (certificado de fabricación de Material).
- Personal de soldadura certificado en los procesos necesarios.
- Estandarización en los procedimientos de soldadura.
- Parámetros adecuados para máquinas de soldar.
- Adecuada fusión de soldadura (parámetros estándar)
- Temperatura con relación al procedimiento de soldadura.
- Penetración de soldadura.
- Especificaciones de cliente en tiempo y forma.

KPOV/Variables Críticas de Salida del Proceso de Soldadura:

- % De defectos de soldadura en los diferentes procesos para proyectos de nueva construcción.
- Tiempo de entrega de los ensambles de acuerdo al programa de actividades para el cliente.
- Calidad de soldadura- a través de los indicadores de control de calidad- Reportes de Soldadura Aceptada/ Rechazada.
- Cantidad de Horas Hombre en el proceso de soldadura, invertidas en el ensamble, armado y proceso final del proyecto de nueva construcción.

Fase de Análisis

En esta fase se definieron las principales variables del proceso tabla 2.

en número de semestres figura 2, y finalmente la capacidad del proceso de nuevas construcciones se evaluó dando como resultado la figura 3.

Se analizó el registro de defectos de soldadura del proceso por soldador y la experiencia del soldador

Tabla 2: Definición de variables del proceso.

Variables:	Medición:
Variabilidad del equipo de soldadura a utilizar	
Maquinas LN-25 Obsoletos	Es importante medir el rendimiento de la maquinaria
Mal desempeño del soldador	Es importante medir la productividad del personal
Falta de estandarización del procedimiento de soldadura.	

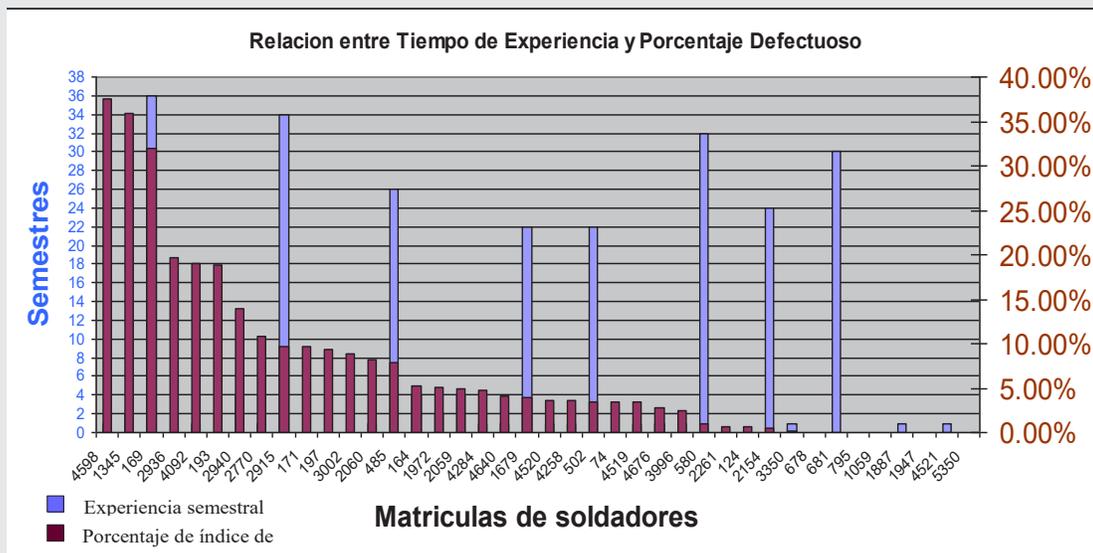


Figura 2: Porcentaje de índice defectuoso por soldador Vs Tiempo de Experiencia semestral del mismo. Fuente: Elaboración propia

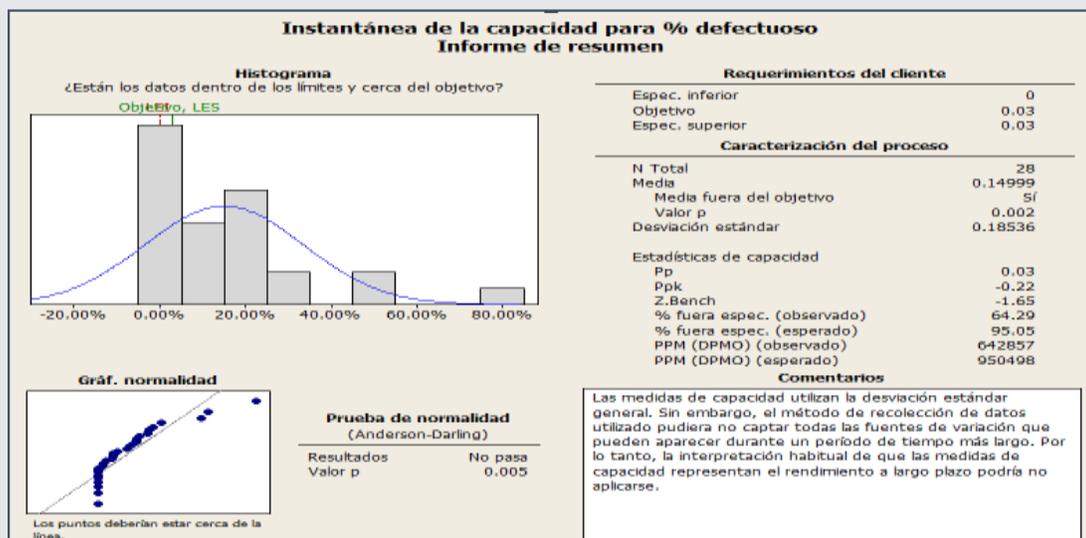


Figura 3: Evaluación de la capacidad del Proceso donde el porcentaje fuera de especificación es del 64.29% lo cual refleja que el proceso se encuentra fuera de control. Fuente: Elaboración propia.

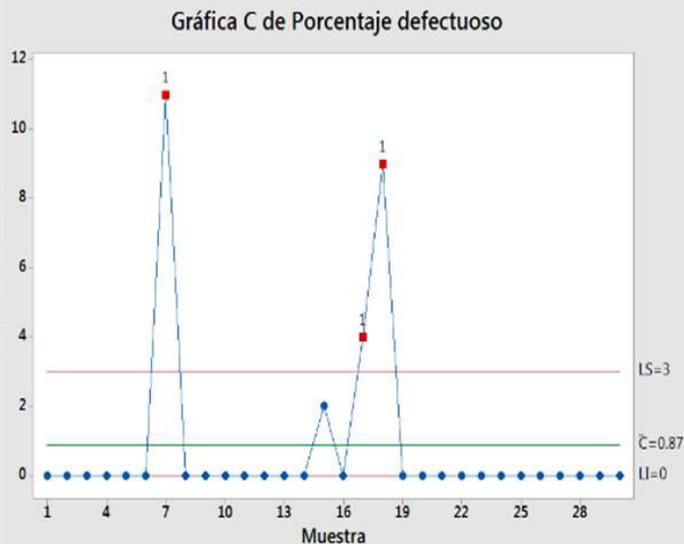


Figura 4: Gráfica C de parámetros de Porcentaje defectuoso. Fuente: Elaboración propia.

Fase de Mejora

El uso de diversas herramientas de calidad para la resolución de problemas propuso alternativas para la solución de la problemática y se valoraron de acuerdo a importancia de impacto, después se propuso un plan de implementación descrito en el Anexo B.

Una vez definido el plan para la implementación de las mejoras para solucionar la problemática, se utilizó la técnica AMEF para dar una proyección de la situación con las propuestas de solución, como se describe en el Anexo C.

Fase de Control

El Anexo D describe el Plan de Control diseñado para mantener las mejoras y lograr estandarización en el proceso.

Se evaluó el porcentaje defectuoso en una gráfica de control por atributo en la cual se refleja que ésta muestra una disminución. Como se muestra en Figura 5 a partir de los límites superiores e inferiores se observa el como la mayor parte de las muestras se encuentran en 0% de defectos. Sin embargo, los tres puntos fuera de control se consideraron causas especiales así como errores de los soldadores en la colocación de parámetros dentro de las máquinas. Se hace la observación que más allá de la curva de aplicación a estas prácticas nuevas lo que se está buscando es la estandarización en su totalidad, por lo que se considera que en corto tiempo se estandarice al 100% con el rango permisible.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El éxito en la implementación de SS depende no sólo de la difusión de conocimientos en métodos estadísticos, sino del compromiso y la disposición de los administradores y responsables de liderar el cambio dentro de la organización, así como del recurso humano, y de la cantidad de materiales destinados en el programa; y finalmente la motivación y propiciación de este cambio en cada empleado

y en todos los niveles involucrados para adoptar una nueva metodología de mejora de la calidad que mejore la competitividad en la empresa al ofrecer productos y servicios mejorados, libres de defectos que cumplan con los requisitos de calidad exigidos por los clientes.

En este sentido y de acuerdo con la implementación exitosa de la metodología Seis Sigma apoyada de la herramienta DMAIC, los resultados obtenidos rebasaron las expectativas, ya que el beneficio fue mayor del esperado.

Los beneficios concretos como resultado del estudio se resumen a:

- Evitar los retrasos en la entrega del producto.
- Mejorar la satisfacción del cliente por la entrega a tiempo de todo el proyecto.
- Evitar la cancelación del contrato.
- Evitar pérdidas económicas y contribuir al éxito financiero del proyecto.
- El impacto económico en el desarrollo del proyecto, no solo fue la eliminación del desperdicio si no que se obtuvieron los beneficios, a juzgar por los resultados del estudio, de:
 - HH's Presupuestadas: 1,952.
 - HH's Utilizadas: 822.
 - HH's Ahorradas: 1,130.
 - Productividad en soldadura: 0.42.
 - Ahorro de mano de obra en términos económicos: \$ 11,153.00 dólares.

El porcentaje del índice de desperdicio se minimizaron hasta 0.20%, con lo cual el objetivo de mantenerlo en 3% máximo de defecto se cumplió de manera exitosa.

REFERENCIAS

[1] Guivernau, J. (2011). *Procesos de Soldadura Aplicados en la Construcción Naval*. Barcelona.

[2] *Diagnóstico de la Problemática de la Industria Naval*. México (2000).

[3] Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw Hill.

[4] Cache, R. B., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministro*. México: Mc Graw Hill.

[5] Montgomery, D. G., & Piña García, R. (2010). *Control estadístico de la calidad*. México: Limusa.

[6] Evans, J., & Linsay, W. (2008). *Administración y Control de la Calidad*. México: Cengage Learning.

[7] García Santamaría, L. E., Fernández Lambert, G., & Brenis Dzul, A. (2013). *Mejora del Sistema de Medición: Un caso aplicado a la Industria Automotriz*. *Conciencia Tecnológica*, 41-46.

Anexo A. AMEF de entrada del proceso. Fuente: Elaboración propia.

AMEF Para el Análisis del Proceso de Soldadura en Nueva Fabricación										
ID	Función del Proceso (paso)	Modo de Falla Potencial	Efecto de Falla Potencial	SEVERIDAD	Causa Potencial	OCURRENCIA	Controles Actuales	DETECCION	NPR	Acciones Recomendadas
1	Mal desempeño del soldador	Desfases en Tiempo de Entrega	Retraso de entrega a clientes	9	Falta de Capacitación	8	Los supervisores miden el desempeño diario de su personal soldador.	4	288	Implementar un plan de capacitación de soldadores de acuerdo a los procedimientos de soldadura
2	Variabilidad del equipo utilizado	Falta de Controles en el Manejo de los Equipos	No se apega a los parametros Requeridos	8	Falta de fusión en Equipos	8	Falta de Aplicación del Mantenimiento Preventivo	3	192	Implementar un plan de Reemplazo de equipo y un Plan de Mantenimiento Preventivo en las maquinas de Soldar
3	Material que cumple con las Especificaciones	Material de Acero no cuenta con certificado de Fabricación	Retraso en el proceso de Fabricación	10	El proveedor no proporcionó a tiempo	7	Dentro del Proceso de compras se tiene una seria de criterios en la aceptación con los proveedores de material de Acero	4	280	#1 Implementar un sistema de Proveedores Locales y Foraneos a fin de establecer un proceso JUST IN TIME #2 Implementar un sistema de Material de Acero a Conciliación
4	Personal Certificado en Procesos Correspondientes	Falta de Personal Soldador Certificado	Provoca un tiempo más prolongado al no haber personal suficiente(Certificado)	9	No se hace la Programación de personal con una adecuada planeación	8	Proceso manual en el que se solicita el personal de acuerdo a como se va presentando la demanda de trabajo de acero	3	216	#1 Realizar un Análisis de actividades necesarias al proceso #2 Aumento de Personal y Capacitación del mismo
5	Procedimientos de soldadura Certificados	Inadecuado Establecimiento de parametros en los procedimientos de soldadura	Indadecuada calidad en la soldadura aplicada en los proyectos	10	Inexperiencia, preparación y Pruebas de Ing. Soldadura	2	Los controles se llevan a cabo de manera manual a través del sistema de WPS (Welding procedure Specification)	3	60	Estandarización automática del sistema WPS a través de la experimentación e investigación en campo y con la ciencia
6	Falta de procedimiento estandarizado	Parametros inadecuados	Soldadura con defectos de mal aplicación	10	Falta de involucramiento	6	QC e Ingeniería revisan las normas aplicables	4	240	Implementación de un sistema de elaboración de WPS- Procedimientos de Soldadura Estandarizados

Anexo B. Plan de acción a seguir para cumplir con los objetivos trazados y dar cumplimiento al proyecto Seis Sigma. Fuente: Elaboración propia

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN CON LOS CAMBIOS PARA APLICAR LA MEJORA AL PROYECTO DE SEIS SIGMA PARA NUEVAS CONSTRUCCIONES DE TNG								
ID	OBJETIVO (Que Lograr)	META:	Actividades:	Responsables:	Alcance:	Periodo/ Tiempo:	Dónde Se Aplicará:	Comentarios:
1	Estandarizar 98% los Parámetros de en Maquinaria de acuerdo al Procedimiento de Soldadura	Reducir Fallas por Maquinas de Soldar Optimizando el Proyecto en un 98% de Confiabilidad	Implementación de Pruebas de estandarización de parámetros	Superintendente de Soldadura/Superintendente de Mantenimiento Eléctrico	Aplicando solo al enfoque de Proyectos de Nueva Construcción	31 de Marzo-15 de Abril del 2014	Nave D- Ensamble	Las pruebas se están realizando en condiciones normales para simular la realidad del proceso
			Realizar Pruebas de Voltaje y Amperaje en una Probeta como muestra	Superintendente de Soldadura/Coordinador QC/ Soldador	Pruebas enfocadas solo a proyectos de nueva construcción	20 de Marzo-09 de Abril 2014	Escuela de Soldadura	Estas pruebas comprenden solo la fase de un piloteo.
2	Reducir 50% Reprocesos por Errores de Soldadores en proyectos de Nueva construcción	Optimizar a un 97% al menos las entregas de soldadura por soldador	Concientizar al personal en la eliminación de desperdicios dentro de la organización	Sugerente de control de calidad/ Coordinador de MCC	Aplica solo a un grupo de 10 soldadores tomando como etapa de piloteo	25 Marzo-08 de Abril 2014	Oficinas del departamento de producción/ Sala de RH	La capacitación comprende solo un grupo de soldadores que se encuentran dentro de la fase del piloteo.
3	Implementación de la Alternativa del Back ouge (Sacada de raíz) por el lado 2	Reducir a <3% el índice de Soldadura defectuosa en proyectos de Nueva construcción	Producción en soldadura en forma de "X"	Inspector QC- Soldador	Prueba Piloto para proyectos de Nueva Construcción	28 de marzo 2014- 13 de Abril del 2014	Escuela de Soldadura	Estas pruebas técnicas se definieron como alternativa experimental en proceso de soldadura para proyectos de Nueva Construcción
			Arcayar por el lado # 2	Soldador	Prueba Piloto para proyectos de Nueva Construcción	28 de marzo 2014- 13 de Abril del 2014	Nave D- Ensamble	
			Soldar por el lado # 2 con proceso SAW	Inspector QC- Soldador	Prueba Piloto para proyectos de Nueva Construcción	28 de marzo 2014- 13 de Abril del 2014	Escuela de Soldadura	

Anexo C. AMEF Realizado con la implementación de las mejoras en el proceso de soldadura. Fuente: Elaboración propia.

AMEF Para el Análisis del Proceso de Soldadura en Nueva Fabricación										
ID	Función del Proceso (paso)	Modo de Falla Potencial	Efecto de Falla Potencial	SEVERIDAD	Causa Potencial	OCURENCIA	Controles Actuales	DETECCION	NPR	Acciones Recomendadas
1	Mal desempeño del soldador	Desfases en Tiempo de Entrega	Retraso de entrega a clientes	9	Falta de Capacitación	8	Los supervisores miden el desempeño diario de su personal soldador.	4	288	Implementar un plan de capacitación de soldadores de acuerdo a los procedimientos de soldadura
2	Variabilidad del equipo utilizado	Falta de Controles en el Manejo de los Equipos	No se apega a los parametros Requeridos	8	Falta de fusión en Equipos	8	Falta de Aplicación del Mantenimiento Preventivo	3	192	Implementar un plan de Reemplazo de equipo y un Plan de Mantenimiento Preventivo en las maquinas de Soldar
3	Material que cumple con las Especificaciones	Material de Acero no cuenta con certificado de Fabricación	Retraso en el proceso de Fabricación	10	El proveedor no proporcionó a tiempo	7	Dentro del Proceso de compras se tiene una seria de criterios en la aceptacion con los proveedores de material de Acero	4	280	#1 Implementar un sistema de Proveedores Locales y Foraneos a fin de establecer un proceso JUST IN TIME #2 Implemnetar un sistema de Material de Acero a Conciliación
4	Personal Certificado en Procesos Correspondientes	Falta de Personal Soldador Certificado	Provoca un tiempo más prolongado al no haber personal suficiente(Certificado)	9	No se hace la Programación de personal con una adecuada planeación	8	Proceso manual en el que se solicita el personal de acuerdo a como se va presentando la demanda de trabajo de acero	3	216	#1 Realizar un Análisis de actividades necesarias al proceso #2 Aumento de Personal y Capacitación del mismo
5	Procedimientos de soldadura Certificados	Inadecuado Establecimiento de parametros en los procedimientos de soldadura	Indadecuada calidad en la soldadura aplicada en los proyectos	10	Inexperiencia,preparacion y Pruebas de Ing. Soldadura	2	Los controles se llevan a cabo de manera manual a tra ves del sistema de WPS (Welding procedure Specification)	3	60	Estandarizacion automatica del sistema WPS a traves de la experimentación e investigacion en campo y con la ciencia
6	Falta de procedimiento estandarizado	Parametros inadecuados	Soldadura con defectos de mal aplicación	10	Falta de involucramiento	6	QC e Ingenieria revisan las normas aplicables	4	240	Implementacion de un sistema de elaboracion de WPS- Procedimientos de Soldadura Estandarizados

Anexo D. Plan de Control del Proyecto. Fuente: Elaboración propia.

PLAN DE CONTROL SEIS SIGMA											
Descripción del Proceso:		Proceso de fabricación de estructuras de acero a través de procesos certificados de soldadura los cuales garantizan el armado de ensambles que satisfagan los clientes, en calidad, tiempo y costo.									
Dueño del Proceso:		Ing. Juan Carlos Maldonado M.	Cliente del Proceso:	Casa certificadora/ QC	Nivel de Seis Sigma	Green Belt-Sixsigma	Variables de Entrada Clave:	% Corte de Placas de acuerdo a esp.	Fecha:	20-abr-14	
Diagrama de Flujo del Proceso:					KPIVs / KPOVs	Estándares de Desempeño	Verificación:	Plan de Contingencia			
SECUENCIA DE FLUJO DE PROCESO:							Que Verificar	Frecuencia	Responsable	Plan de Contingencia:	Estándar/Proceso:
Proveedor:					Entrega de paquetes de trabajo, lista inicial y prog. Actividades	100% entrega de paquetes de trabajo máx. 2 días inicio del proyecto; % de acero ensamblado en previas	Emisión de documentos de entrada en tiempo y forma	Inicio de cada Proyecto	Juan Carlos Maldonado M.	Emisión de Info. De entrada del cliente, de parte de ventas y contratos	AWS-ASME
Entradas:					Corte de placas de acuerdo a especificaciones	100% corte de placas de acuerdo a especificaciones de planos	Placas de acuerdo a dimensiones de planos	Diario	Jaime Naranjo Torres	Corte de placa en máquina de plasma	ISO 9001:2008
Proceso:					soldadura de acuerdo a procedimientos	>=98 % de soldadura aceptada	Parámetros de soldadura de acuerdo a procedimientos	Semanal	Jaime Naranjo Torres	aplicación de procedimiento ajustado, u otro procedimiento referenciado	ASME-IACS
Salidas:					inspecciones aceptadas por QC- Casa certificadora	100% de acero armado en tiempo de acuerdo a plan de actividades	Ensamblados/Armados de acuerdo a Planes de trabajo	diario	Juan Carlos Maldonado M.	Reparaciones de soldaduras que entren dentro del estándar	ISO 9001:2008
Cliente:					Envío de proyecto a cliente en tiempo	100% cumplimiento de cláusulas de contrato	Verificar los tiempo de realización del proyecto	Previo al termino de cada contrato	Juan Carlos Maldonado M.	Cláusulas flexibles con el cliente y la Organización	ASME
Requerimientos:					Estandarización de parámetros de máquinas de soldar	<= 95% máquinas de soldar en condiciones óptimas	Que los parámetros de máquinas estén de acuerdo a WPS's	2 veces diario	Jaime Naranjo Torres	Utilización de Máquinas Stock disponibles ante cualquier contingencia	ASME/AWS



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Comparación de métodos tradicional contra sugerido en el proceso de clasificación de cajas con melón (Cucumismelo)

RESUMEN: Con el objetivo de comparar el método de trabajo tradicional contra un método sugerido en base a un enfoque de reducción de tiempos, distancias y movimientos, se realizó en una empresa empacadora y comercializadora de hortalizas en el municipio de Comondú, Baja California Sur, el presente trabajo. Se analizó el acomodo de 208 cajas de melón (Cucumismelo) variedad cantaloupe de diferentes calibres en tarimas. Se compararon el método tradicional y un método sugerido buscando la eficiencia del proceso. Las cajas con melón en el Método Tradicional (MT) se acomodan sin un orden predeterminado de acuerdo al calibre de las primeras cajas y a partir de ahí se van ubicando el resto de estas en sus respectivas tarimas. En el Método Sugerido (MS) se establece previamente el calibre que le corresponde a cada tarima y estas se colocan ordenadamente en hileras a los lados de la tarima origen que contiene las cajas que se van a clasificar. Se midieron las distancias recorridas y los tiempos empleados por los trabajadores en cada método y se analizó si existía diferencia empleando un diseño de bloques completos al azar. Los resultados indican que existe diferencia significativa ($p < .05$) entre los métodos en cuanto a la distancia recorrida por los operadores y también en el tiempo realizado.

PALABRAS CLAVE: eficiencia, melón (Cucumismelo), mejora de proceso, calibre.



Colaboración

José Ignacio Aguilar Carrasco; Genaro Valladolid Villela; Edgar Armando Morales Álvarez; Agustín Álvarez Muñoz, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución.

ABSTRACT: In order to compare a traditional working method against a suggested method by a reduction of times, distances and movements focus, this research was carried out in a company producing, packing and marketing vegetables in the municipality of Comondú, Baja California Sur. The analyzed process was accommodating 208 boxes of different sized cantaloupe (Cucumismelo) on pallets. The traditional method and a suggested method were compared searching process efficiency. The boxes in the traditional method (MT) are arranged without a previous pallet classification, according to the size of the first box are taken the first pallet and from there go placing the rest of the boxes. In the suggested method (MS) the size that corresponds to each pallet is previously established and the pallets are placed on the sides of the boxes to be sorted. The traveled distance and the taken time by workers were measured in each method and analyzed whether there was difference between methods using a randomized complete block design. The results indicate that there is significant difference ($p < 0.05$) between methods in terms of the distance traveled by operators and also performed in time.

KEYWORDS: efficiency, Cantaloupe (Cucumismelo), process improvement, caliber.

INTRODUCCIÓN

En México como en muchos otros países de América Latina, Asia, Estados Unidos y Europa, la micro, pequeña y mediana empresa, o PYME, conforma la inmensa mayoría del universo empresarial [8].

Los cambios en los mercados y la alta dinámica de los sectores económicos hacen que actualmente las compañías enfrenten retos, como el aumento de la competencia, la expansión de los mercados, los tratados de libre comercio, el incremento de las expectativas de los clientes, entre otros, obligándolas a replantear sus estrategias, con el fin de ganar una ventaja competitiva que les permita mantenerse y crecer en el medio, a través de factores como rediseño y mejoramiento de procesos, implementación de tecnología, innovación en productos y servicios y optimización de la cadena de valor [1].

De acuerdo a Davenport, Harrington y Hammer y Champy [1] un proceso es un conjunto de actividades estructuradas y medibles diseñadas para producir un resultado específico para un cliente o mercado, que emplean un insumo que le agregue valor a este y suministre un producto a un cliente externo o interno, se crea un producto, un servicio y un valor para el cliente.

Según Harrington [1], el mejoramiento de los procesos del negocio es una metodología sistemática que se ha desarrollado con el fin de ayudar a una organización a realizar avances significativos en la manera de dirigir sus procesos, entre los principales objetivos que se buscan al implementar este tipo de metodologías y herramientas están los de eliminar las actividades que no agregan valor, disminuir los tiempos de ciclo y mejorar la calidad y eficiencia en los procesos.

Pasando del nivel nacional al nivel de las empresas y a la gestión de sus áreas funcionales, una ventaja competitiva de la empresa es la relación entre los recursos y la estrategia de esta. Es importante establecer la prioridad estratégica de la empresa y con base en esto poner en marcha los recursos y adquirir las capacidades deseadas [4].

El hecho de que todo el trabajo sea similar en muchos aspectos, verifica el principio de que si se pueden mejorar los métodos en una planta, entonces se pueden mejorar en todas [5].

En torno a lo anterior, se plantea en el presente trabajo que la aplicación de una metodología apropiada con un enfoque de reducción de tiempos, distancias y movimientos a cierto proceso provocará la mejora de este. El enfoque mencionado ha logrado cambios significativos en diferentes campos al aplicarse en la identificación de áreas de mejora posibles como distinguir las causas de la disminución del rendimiento de algunos equipos [2] y el logro de beneficios como ahorros y mejoras en la calidad [7] y la identificación de pasos que no aportan valor al cliente [6].

Por lo que el objetivo es comparar si un método sugerido es mejor que el método de trabajo tradicional en la clasificación de cajas con melón dentro del área de descarga en un empaque de hortalizas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en Devine Organics Produce S. de P.R. de R.L., empresa productora, empaedora y exportadora de hortalizas ubicada en el municipio de Comondú, Baja California Sur.

El trabajo de investigación es producto de las distintas observaciones que se hicieron en diferentes áreas de la empresa en cuestión con el objeto de verificar un área de oportunidad en la cual se pudiese desarrollar una mejora en el proceso.

Dadas estas observaciones, se detectó una posible mejora en el área de descarga de cajas de melón (cucumismelo) variedad cantaloupe provenientes de los campos de cultivo. Se pudo constatar que en las operaciones de descarga los trabajadores no las realizaban de acuerdo a un procedimiento estándar.

Para efectos de la determinación de la mejora en el proceso de descarga se dio a la tarea de analizar los movimientos, las distancias recorridas y el acomodo en las tarimas de madera con relación a la ubicación del vehículo de transporte.

Del vehículo de transporte se bajaban con montacargas las tarimas que contenían el producto el cual estaba empacado en cajas y clasificado según el calibre especificado.

Al ingresar al área de descarga, estas cajas de diferentes calibres llegan desordenadas. Posteriormente, según los movimientos del método que se denominó como tradicional, las cajas se clasifican según su calibre en distintas tarimas para después ser transportadas al cuarto frío.

En el método tradicional se descarga una tarima con cajas de diferentes calibres y se coloca en el piso del área de empaque al lado de seis tarimas según los calibres que se trate figura 1. Los operadores toman una primera caja y la colocan en la tarima que consideran según su criterio, a partir de esta primera caja por tarima se van colocando otras del mismo calibre. No se tiene asignado previamente un calibre para las tarimas, se establece al ir acomodándolas y las tarimas se colocan a uno de los lados de la tarima que descargan del camión. Las tarimas donde se colocan las cajas de melón son acomodadas sin una configuración predeterminada lo que dificulta el traslado del producto para hacer la clasificación por calibres.

Analizado el proceso descrito anteriormente se propone una mejora para el acomodo de las cajas por calibre en tarimas, basada en la reducción de tiempos, distancias y movimientos.

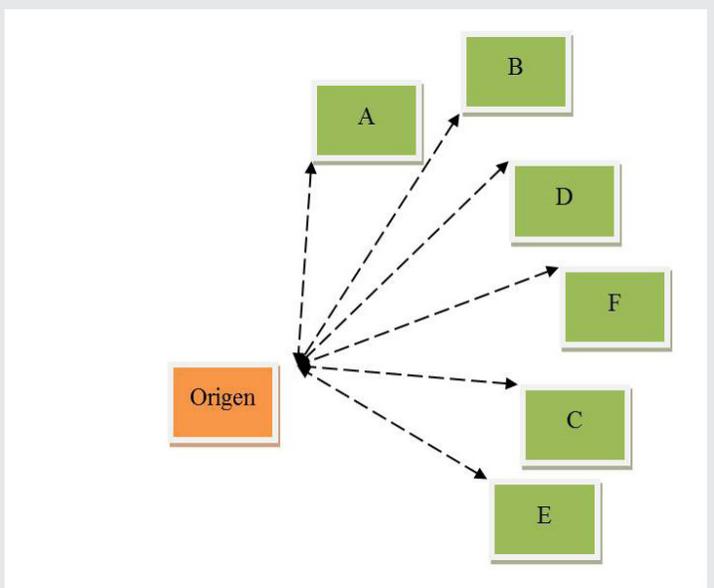


Figura 1. Acomodo de las tarimas para la clasificación del melón en el Método Tradicional (MT).

Teniendo como propósito optimizar la organización del producto de forma que las cajas se encuentren al alcance más rápidamente se tienen 5 calibres para la colocación de las cajas del producto en sus respectivas tarimas. A cada tarima donde serán colocadas las cajas en base a su calibre se le asigna una letra, por lo que quedan nombradas según las primeras seis letras del abecedario, A, B, C, D, E, F, resultando un total de seis tarimas a las cuales se les asigno cada calibre para su acomodo obteniendo la siguiente clasificación: tarima A9 (tarima A para calibre 9), tarima B12, tarima C15, tarima D18, tarima E (para cajas rezagadas o sobrantes) y tarima F22.

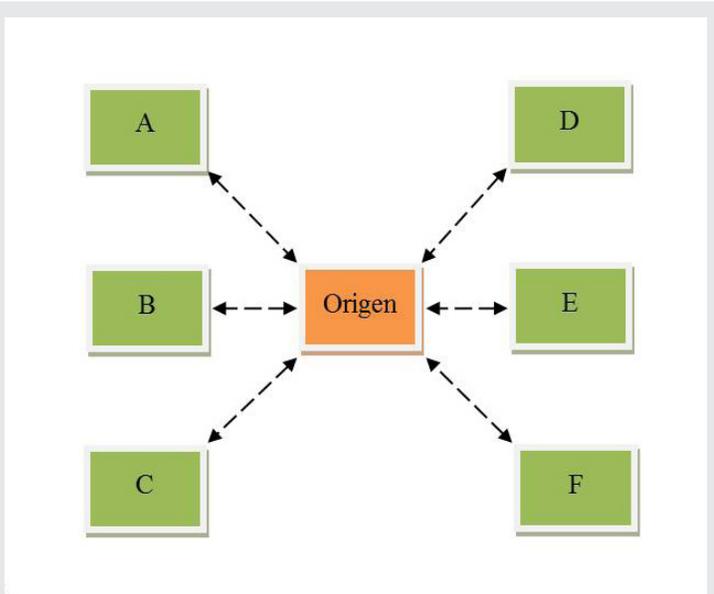


Figura 2. Acomodo de las tarimas para la clasificación del melón en el Método Sugerido (MS).

Estas tarimas se tendrán que colocar en dos hileras de tres (hilera ABC e hilera DEF), donde las tarimas A y C, tendrán una separación de 1 m a la tarima B, que va al centro, sin perder el alineamiento entre ellas. Las tarimas D, E, F, se acomodan bajo el mismo criterio de las tarimas A, B, C. Las tarimas B y E, no tendrán una distancia entre ellas mayor a 4.7 m (Figura 2). A este procedimiento se le denomina como método sugerido (MS).

Una vez que se alinean las tarimas en sus respectivas hileras se procede a descargar una tarima con cajas de melón sin clasificar proveniente del vehículo de carga a la cual se le denomina “tarima origen”. Esta se coloca en el espacio que se genera entre las tarimas B y E, para posteriormente iniciar su acomodo y colocar cada una de las cajas de melón en su respectiva tarima según calibre del producto.

Para evaluar la mejora propuesta se incluyeron en el estudio 208 cajas de melón que llegaron del campo al área de recepción del empaque donde se clasificaron. Participaron cuatro operadores que en el análisis con la misma experiencia y capacidades físicas similares.

Cada operador clasificó 26 cajas tanto en el Método Tradicional como el Método Sugerido midiéndose la distancia recorrida en el acomodo de las cajas con cinta métrica bajo el sistema métrico decimal y tomándose el tiempo total en segundos empleando un cronometro, por método para cada trabajador.

Se compararon los resultados de ambos métodos tradicional y sugerido empleando un diseño de bloques completamente al azar donde los tratamientos fueron los métodos y el bloque el operador [3]. El ANOVA fue realizado empleando el paquete estadístico SPSS© de IBM© versión 20.0.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La información del análisis de tiempos y distancias recorridas por los trabajadores en el método tradicional se presenta en la tabla 1. Las distancias recorridas tienen un promedio de 426.55 ± 16.68 m y un tiempo promedio de $7.35 \pm .19$ min.

Cuadro 1. Muestra la distancia recorrida y tiempo por los operadores en el método tradicional (MT).

Operador	Método Tradicional (MT)		
	Distancia (m)	Tiempo (s)	Tiempo (min.)
1	403.86	452.19	7.5
2	430.75	438.45	7.3
3	443.9	425.14	7.1
4	427.7	449.84	7.5

Cuadro 2. Muestra la distancia recorrida y tiempo por los operadores en el método sugerido (MS).

Operador	Método sugerido (MS)		
	Distancia (m)	Tiempo (s)	Tiempo (min.)
1	130.1	239.30	4.0
2	140	251.63	4.2
3	153.06	215.46	3.6
4	140.6	254.88	4.2

Los resultados del método sugerido en cuanto a distancia recorrida y tiempo se presentan en el cuadro 2. La distancia recorrida tiene un promedio de 140.94 ± 9.40 m y un tiempo promedio de $4.00 \pm .28$ min.

Se observa que con el método sugerido se reduce la distancia de recorrido de forma importante lo cual se aprecia mejor en la figura 3. Esta reducción es de un 66 a 68 %.



Figura 3. Compara gráficamente las distancias recorridas entre los métodos que se compararon en el estudio.

En lo que corresponde al tiempo se tiene también una diferencia importante que se observa en la figura 4, siendo un 43 a 50 % de reducción en el tiempo derivado del acomodo sugerido.



Figura 4. Compara gráficamente los tiempos resultantes de los desplazamientos para clasificar el producto en las tarimas entre los métodos del estudio.

En cuanto al ANOVA se obtuvo una diferencia significativa entre métodos para distancia recorrida por trabajador y en cuanto al tiempo empleado en el recorrido ($p < .05$).

Los resultados obtenidos del análisis de estudios de tiempos, de los métodos tradicional y sugerido, arrojan que el Método Sugerido es más eficiente en distancia recorrida por trabajador y en tiempos por lo que se concluye es más productivo o eficiente que el tradicional.

REFERENCIAS

[1] Aguirre Mayorga, Santiago y Nazly Bibiana Córdoba pinzón (2008). *Diagnóstico de la madurez de los procesos en empresas medianas colombianas*. Ing. Univ. Bogotá (Colombia), 12(2): 245-267, julio-diciembre.

[2] Alvis Gordo, José Franco y Manuel Alberto Sotelo Muñoz. 2009. *Identificación de las causas que alteran el rendimiento de los equipos de extracción de madera. Estudio de tiempos y movimientos*. Facultad de ciencias agropecuarias. Vol. 7, No. 2. Julio-Diciembre.

[3] Gutiérrez Pulido, Humberto y Román de la Vara Salazar. (2004). *Diseño de Experimentos*. McGraw-Hill. México: Autor

[4] Marin-García, Juan A. Tomás Bonavia y Manuela Pardo. (2009). *Los sistemas productivos, el aprendizaje interno y los resultados del área de producción de baldosas-cerámicas*. Información Tecnológica, Vol. -20 No. 1

[5] Niebel, B. y Freivalds. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, Estándares y Diseño*. Editorial Alfaomega. Decimoprimer edición

[6] Pérez Rave, Jorge. Daniel La Rotta, Katherine Sánchez, Yiseth Madera, Guillermo Restrepo, Mayra Rodríguez, Johan Vanegas y Carlos Parra. (2011). *Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva de nivel operativo*. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 19 No 3, pp. 396-408

[7] Rodríguez Gordillo, Nataly; Martínez Sánchez, Paloma; Chaves Gómez, Natalia; (2014). *Propuesta para la reducción de los tiempos improproductivos en Dugotex S.A.*. Revista Lasallista de Investigación, Julio-Diciembre, 43-50.

[8] Saavedra G., María Luisa y Blanca Tapia S. (2012). *El entorno sociocultural y la competitividad de la PYME en México*. Panorama Socioeconómico. Año 30. Número 44.p 4-24.



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

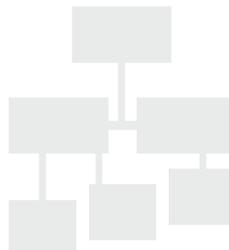
Ingeniantes

Impacto de la filosofía organizacional en el desarrollo de competencias laborales en alumnos de Ingeniería en Gestión Empresarial

RESUMEN: Este artículo presenta el resultado de la aplicación de literatura referente a la filosofía organizacional que genera valor en las organizaciones, a un grupo de estudiantes de la carrera de ingeniería en gestión empresarial, en donde se resalta su importancia propiciando su aplicación en la práctica en el campo de la Industria maquiladora por parte del grupo de estudiantes en cuestión.

Con este artículo se presenta una panorámica al alumno de educación superior, por medio de la cual el docente facilita el desarrollo de competencias laborales en este. La Filosofía Organizacional que el docente presente de una forma dinámica y objetiva impacta de manera importante en los estudiantes dado el escenario motivador y objetivo en el que se integra al alumno, por medio de su participación en el campo de la práctica en cualquier organización, generando así el valor citado.

Finalmente se presentan conclusiones como, el que existe una clara diferencia en los resultados de una organización cuando se cuenta con una filosofía organizacional efectiva y cuando se adolece de ella, y recomendaciones que brindan al lector canales para poder generar un mayor número de elementos que brinden herramientas para el desarrollo de competencias Laborales en los estudiantes de ingeniería en gestión empresarial.



Colaboración

Felipe Dávila Soltero; Beatriz Eugenia Ochoa Rivera, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

PALABRAS CLAVE: Desarrollo de Competencias laborales, Filosofía Organizacional, Gestión Empresarial, Productividad, Motivación.

ABSTRACT: This article presents the results of the application of literature on organizational philosophy that creates value in organizations, a group of students from the Engineering Business Management, where its importance was emphasized promoting their application in practice in the field of the maquiladora industry by the group of students involved.

This article presents an overview of higher education students, through which the teacher facilitates skills development in this. Organizational Philosophy that the present teaching of a dynamic and objective impacts significantly on students given the motivating scenario and objective in which the student integrates, through its participation in the field of practice in any organization, generating and the criteria above. Finally conclusions and recommendations provide the reader channels to generate a greater number of elements that provide tools for skills development in students Engineering Management are presented.

KEYWORDS: Skills development, Organizational Philosophy, Management, Productivity, Motivation.

INTRODUCCIÓN

Este artículo se origina a partir de la evidencia que se ha presentado tanto teórica como empíricamente sobre dos cuestiones: Empresas con filosofía organizacional (Misión, Visión y Valores) sin efecto apreciable en conductas, desempeños, actitudes, productividad, liderazgo, trabajo en equipo y resultados en general.

Empresas con filosofía organizacional con efectos impresionantes en lo referente a resultados en general.

Es del dominio público, desde la década de los 1980 el fuerte impulso que se le dio a los enunciados de filosofía organizacional, desde los trabajos de William Edwards Deming (1966) hasta el modelo de Administración Visionaria (1979), pasando por una gran diversidad de contribuciones con mayor o menor respaldo teórico. Esta gran cantidad de información sobre este tema es un factor de confusión, puesto que no se observa que la teoría sea de aceptación generalizada y presenta ciertas inconsistencias y ambigüedades.

Existe un campo del conocimiento, muy extenso, libros, revistas que no muestran alta coincidencia entre los autores en las teorías que exponen. No obstante es una teoría importante puesto que todas las organizaciones manejan el elemento más importante que es el capital humano. En la práctica industrial, la filosofía organizacional es un recurso teórico importante que se despliega vía proyectos para impulsar en el personal los comportamientos deseados e inhibir los inaceptables, también expresa el futuro y el propósito de la organización, buscando influir en el ánimo y en la satisfacción en el trabajo, ideas que, en conjunto, son concepciones vitales para la organización, sin embargo, también se observa que en la práctica sus efectos son cuestionables.

Hipótesis. Como no existen dos seres humanos exactamente iguales se presenta la dificultad en la implantación de la filosofía organizacional, es por esto que todo apunta a la forma de implantar la filosofía organizacional.

Los resultados de esta investigación impactan en dos áreas. En primer lugar inciden en la teoría del comportamiento organizacional y en la administración de la producción y las operaciones. En la literatura de ambos campos se cita la filosofía organizacional y se explican, de diversas formas, sus contenidos, propósitos y despliegue. Específicamente, se considera que el impacto en la teoría es para acrecentar su poder explicativo, puesto que actualmente en ésta no hay ilustraciones satisfactorias sobre los factores que se deben considerar para asegurar un despliegue exitoso de la filosofía.

Es por esto que se determino implementarla en alumnos de ingeniería en gestión empresarial de nivel Superior, para observar y analizar los resultados.

El objetivo. Es presentar las alternativas para implantar la filosofía organizacional en alumnos de ingeniería en gestión empresarial y que estos desarrollen competencias laborales que finalmente generen productividad organizacional.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología es cualitativa, ya que se utilizo la observación y el análisis de un grupo de alumnos de Ingeniería en Gestión empresarial, para poder encontrar la forma de implementar la filosofía organizacional y desarrollar competencias laborales.

De un universo de 700 alumnos del programa de la carrera de ingeniería en gestión empresarial, se tomo una muestra de 200 alumnos de diferentes asignaturas y diferentes turnos de estudio, a los cuales se les aplico un cuestionario sobre el dominio del concepto de Filosofía Organizacional en el campo de la practica así como sus beneficios, para lo cual los docentes participantes en esta investigación estructuraron una serie de acciones para la concientización del dominio del tema y sus beneficios.

Posterior al análisis de los resultados del cuestionario se implementaron diferentes técnicas basadas en:

- Aprendizaje colaborativo.
- Liderazgo Situacional.
- Participación en el campo de la práctica.

Para generar un interés en los estudiantes y lograr el manejo adecuado de los conceptos de Filosofía organizacional y los beneficios de la correcta implantación de la misma en el campo de la practica. Los resultados se presentan en este artículo.

Planteamiento del problema

En la práctica, el manejo del recurso humano en las empresas no es tarea sencilla. En las organizaciones, se desea que el personal trabaje unido, de una manera armónica, con sinergias y con un clima de trabajo que impulse el desarrollo personal y el de la empresa; sin embargo, es difícil que las organizaciones puedan conciliar, con efectividad, los intereses personales con los de la misma organización, por lo que son excepcionales los casos en que se observa el comportamiento deseado.

La administración se encuentra frente a la problemática de querer estandarizar conductas, desempeños, y actitudes pero sobre todo el encontrar puntos de acuerdo entre las personas y la organización que incluyan la satisfacción de necesidades de ambos. Al tocar el punto de estandarizar las necesidades, nuevamente se presenta una tarea compleja para los líderes organizacionales ya que el perfil o forma de ser de cada persona dentro de la organización nunca será exactamente igual.

Definiciones de filosofía organizacional

[7] Granell (1997) define Filosofía Organizacional como; aquello que comparten todos o casi todos los integrantes de un grupo social. Esa interacción compleja de los grupos sociales de una empresa está determi-

nada por los valores, creencias, actitudes y conductas. [5]García y Dolan (1997) definen a la filosofía organizacional como; la forma característica de pensar y hacer las cosas en una empresa. Por analogía es equivalente al concepto de personalidad a escala individual.

[6]González M. (2008) [2]Chebaud (2007) afirman que la FO impulsa el desarrollo del compromiso del empleado y provee un sentido al trabajo. No obstante esta afirmación, [2]Chebaud (2007) afirma que la filosofía per se, y una justa retribución no bastan para el logro de la efectividad de su aplicación. Esto da la pauta para entrar en el análisis de la filosofía organizacional (FO) y su aplicación, de forma efectiva, para incrementar la productividad y acrecentar, entre otras variables, la motivación, el liderazgo efectivo, la identidad y el compromiso con la organización.

Elementos de la filosofía organizacional

En esta sección se discute la teoría de las ciencias administrativas que constituye el marco referencial del problema. La discusión de la FO inicia en los conceptos básicos y los elementos.

[4] Dirani (2011) afirma que la filosofía organizacional está conformada por los valores y las creencias de los empleados.

[1] Bourne, Wilson, Lester (2009) reportan que la filosofía organizacional se formula por medio de la premisa de satisfacción del empleado con la productividad en el trabajo, como resultado del otorgamiento de beneficios en el trabajo relacionados con necesidades de vida.

[3] Chu (2003) enlista los siguientes como componentes de filosofía organizacional:

- El compromiso de la dirección por el cambio y mejora.
- La educación y la comunicación de todos los integrantes de la organización.
- La participación y la implicación de la gente en la plantación.
- La evaluación del desempeño de las personas.
- [7] Felipe_soltero@hotmail.com Schein (1988) plantea que la filosofía organizacional de toda empresa está compuesta por dos niveles esenciales:
- Nivel Nuclear o implícito que está conformado por todas las creencias y supuestos básicos de los miembros de la empresa y sobre todo los valores esenciales de los mismos.
- Nivel Observante o explícito que comprende lo que la empresa hace (Procedimientos, conductas, organigramas, rituales y tecnología de la organización) y lo que la empresa aparenta que es (Imagen externa en general).

Bajo esa lógica se revisó la literatura, buscando los factores culturales, estructurales y estratégicos que

influyen en el despliegue de la FO y la efectividad organizacional.

Por lo anterior se presenta con las anteriores citas de estos autores un abanico de posibilidades., la vertiente de lo implícito y lo explícito dentro de los elementos que conforman a la Filosofía Organizacional.

- Lengnick-Hall y Beck (2010) integran como elementos de FO.
- Las políticas, prácticas y actividades de recursos humanos.
- La capacidad de una organización para ser resistente.
- Las capacidades, las acciones e interacciones de las personas.

Kemp, Dwyer (2001) relacionan como elementos de FO. : La evaluación de desempeño de la organización, la formulación de estrategias, los efectos positivos del aumento de identificación de los empleados, la educación, el compromiso y el rendimiento de la organización. De igual forma concluyen en que la cultura puede ser utilizada estratégicamente para obtener respuestas coherentes para la expresión de valores compartidos dentro de la organización.

[9] Todd (2001) marca que una ausencia de F.O. genera una afectación en las cadenas de suministro pues definitivamente se afectan las relaciones de la organización con sus clientes por una mala planeación y programación productiva. El costo de las transacciones aumenta dramáticamente si las relaciones de los compradores y la cadena de suministros no son manejadas con efectividad así la inercia de de un mal manejo impide que la compañía genere ordenes productivas dentro del proceso.

[10] Miha, Mojca y Dimovsky (2006) sugieren que la ausencia de Filosofía Organizacional efectiva genera problemas relativos a la gestión de procesos empresariales, bajo rendimiento global y una visión débil del proceso de negocio.

[3] Chu (2003) muestra que el no dar importancia al impacto de los cambios en los sistemas y el seguir tratando inadecuadamente a los empleados (gestión de recursos humanos ineficaz), son resultados de una ausencia o mal manejo de la filosofía organizacional.

Es en este momento en el que los académicos deciden aplicar este grupo de posibilidades sobre filosofía organizacional, para concientizar al alumno y generar el interés por aplicar una filosofía dinámica y basada en el ser humano, que genere impacto y resultados en la organización.

Focalizando el esfuerzo en la práctica centrado en la relación de la filosofía organizacional con la cultura y clima organizacional, figura 1.



Figura 1. Relación entre filosofía, clima y cultura organizacional.

Después de un semestre en el cual los alumnos guiados por los académicos, aplicaron en el campo de la práctica las bases de una filosofía organizacional dinámica, se obtuvo lo siguiente:

CONCLUSIONES

En base al avance de la aplicación del conocimiento sobre este tan abundante e interesante tema, se puede concluir en lo siguiente:

1.-En los segmentos de empresa que participaron se determinó incremento en el interés de los trabajadores y por ende en su actitud de apoyo a la productividad lo que incide en programas efectivos de filosofía organizacional, y es una contribución teórica importante.

2.-La ausencia de una filosofía organizacional implantada productivamente en una organización, genera problemas relativos a la gestión de los procesos empresariales, como pueden ser principalmente; el bajo rendimiento general y una corta visión del proceso productivo y de rentabilidad de la organización.

De la aplicación del instrumento, se detecto la ausencia del dominio del concepto de filosofía organizacional como se muestra en la siguiente gráfica.

Es importante delimitar esta conclusión porcentual, que marca una pauta para el logro final de la investigación. gráfica 1.

3.-Existe una clara diferencia en los resultados de una organización cuando se cuenta con una filosofía organizacional efectiva y cuando se adolece de ella.

4.-Los actores a los que se aplico el cuestionario para la determinación del nivel de dominio de los conceptos básicos de filosofía organizacional, de inicio demostraron falta de conocimiento y practica. Posterior a la aplicación de estrategias de apoyo por parte de los docentes demostraron que al dominar el conocimiento sobre la filosofía organizacional, en la práctica pudieron delimitar su importancia, y así generar los resultados esperados.

5.-El docente puede valerse de la relación que se da entre la cultura, clima y filosofía organizacional para poder generar interés en el estudiante de nivel superior y poder motivarlo para acercarse a los procesos organizacionales generando así competencias laborales.

6.-El ser humano forma parte trascendental de cualquier organización, y al interactuar dentro de las mismas genera productos de impacto para el logro de las metas que cada organización se plantea.

RESULTADOS

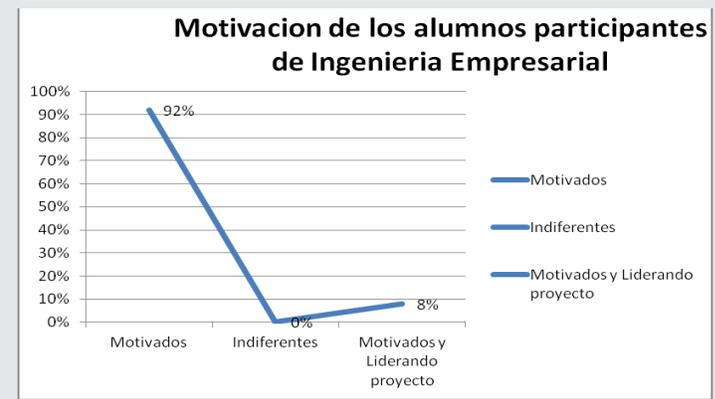
1.-Los 200 alumnos participantes, encontraron un cambio positivo en los empleados de las empresas donde implantaron la filosofía organizacional.

2.-En total fueron 12 las empresas que participaron en esta investigación permitiendo a los 200 alumnos participar de forma activa con empleados de las mismas obteniendo resultados positivos.

3.-El desarrollo de competencias laborales en los alumnos fue evidente desde el momento que se encontraron motivados por el dominio del tema y el contacto con las personas en las organizaciones. gráfica 2.

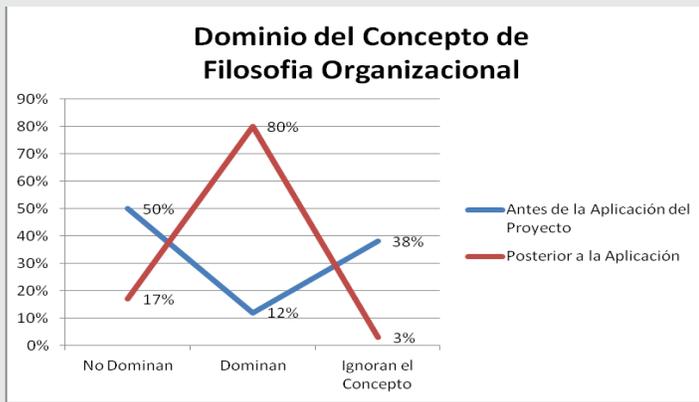


Gráfica 1. Dominio del concepto de filosofía organizacional



Gráfica 2. Motivación de los alumnos participantes

Posteriormente se midió el avance en el dominio del concepto de filosofía organizacional y se delimitó un avance como lo muestra la gráfica 3.



Gráfica 3. Dominio del concepto de Filosofía Organizacional

4.-La Carrera de ingeniería en gestión empresarial de donde los alumnos participaron, aportó una entrega productiva por parte de los académicos involucrados en la investigación.

5.-Se dejó precedente en la carrera participante, por lo sucesivo el alumnado siga participando liderados por sus docentes en lo relacionado con el dominio y aplicación efectiva de la filosofía organizacional.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Bourne C., Wilson W., Lester H., (2009). *Business Horizons* (2009) 52, 387-398

[2] Chebaud Pous G., (2007). *Organizational Culture and Identity*. Hospitalidad ESDAI; Ene-Jul. 2007, Issue 11, p 25-45, 21p.

[3] Chu (2003). *An organizational culture and the empowerment of the change in SMEs in the Hong Kong manufacturing industry*. *Journal of Materials Processing Technology*

[4] Dirani Khalil M., (2011). *Cultural differences and improving performance: How Values and Beliefs Influence organizational Performance*. *Journal of European industrial Training*. Vol. 35 Iss: 2, pp. 184-186.

[5] Garcia S. y Dolan S., (1997). *La Dirección por Valores*. España: Editorial Mc. Graw-Hill. Interamericana de España, S.A.

[6] González Millán José Javier (2008). *Pensamiento y Gestión* No. 25 Universidad del Norte, Colombia. Seccional Sogamoso.

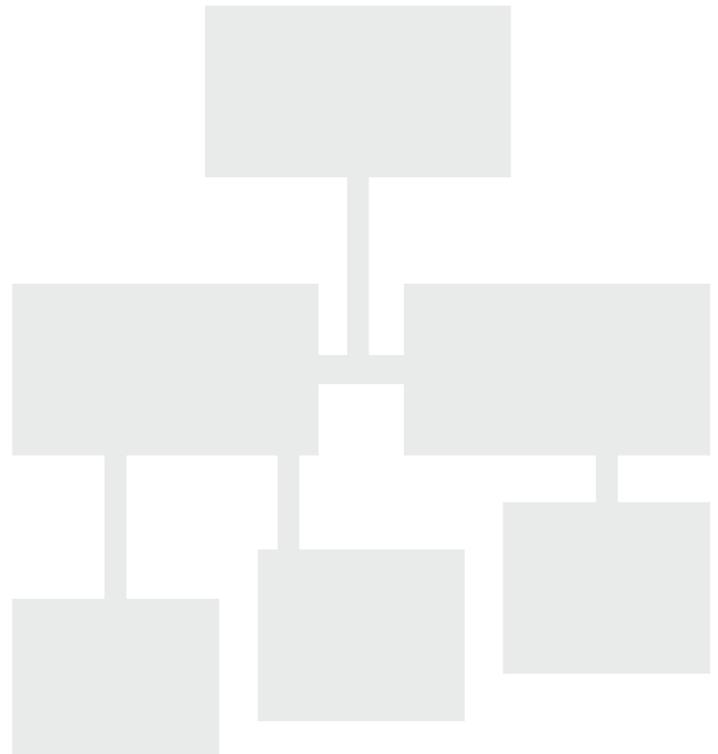
[7] Granell H. (1997). *Éxito Gerencial y Cultura*. Caracas: Ediciones IESA.

Schein E. (1998) *La Cultura Empresarial y El Liderazgo*. Barcelona: Plaza y Janes

[8] Lengnick-Hall, Beck (2010). *Developing capacity for organizational resilience through strategic human resource management*. *Journal*.

[9] Todd Stephen, (2001). *How to support new production introductions*. *Supply Chain Management Review*, 29-31.

[10] Miha Skerlavaj, Mojca Indihar Stemberger, Rok Skrinjar, Vlado Dimovski (2007) *Organizational Learning culture*. *International Journal of Production economics*.





Mecánica
de
Materiales

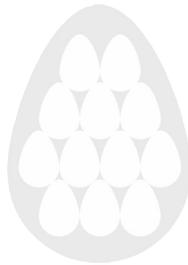
Ingeniantes

Utilización del cascarón de huevo como elemento constitutivo en agregados para aumentar las propiedades mecánicas de un material

RESUMEN: El presente documento muestra el estudio sobre la utilidad del cascarón de huevo como refuerzo, gracias al aumento de las propiedades mecánicas que aporta al poliestireno expandido. Se realizó un estudio de laboratorio en el cual se comprueba que este residuo de origen orgánico puede aportar al aumento de dureza, caso específico de este estudio.

De acuerdo a la FAO, nuestro país es el mayor consumidor y cuarto productor de este huevo y que hasta el momento que no se le ha dado un uso al cascarón que proviene de éste. Este material considerado como desecho puede ser un elemento que permita a este y a otros componentes alcanzar una mayor dureza mecánica de manera económica. En las pruebas no destructivas realizadas con el probador de dureza tipo Rockwell y un penetrador de 1/16 con punta de balón y con una carga de 100 Kg. Se obtiene un aumento de la dureza de 11 a >16 (dependiendo del tamaño de la partícula) en promedio en la escala de Rockwell.

PALABRAS CLAVE: Refuerzo, Dureza, Granulometría, aumento.



Colaboración

Ana Roselyn Pérez Méndez; Joel Maurilio Morales García; Saúl Santiago Cruz, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

ABSTRACT: This document shows the study of the utility of the eggshell as reinforcement, thanks to the increase of the mechanical properties that it contributes to the expanded polystyrene. A laboratory study was performed in which it is verified that this residue of organic origin can contribute to the increase of hardness, specific case of this study. According to FAO, our country is the first consumer and fourth biggest producer of hen's eggs and to this moment no use has been made of the eggshell that comes from that food product. This material considered as waste may be an element that allows this and other components to achieve a greater mechanical hardness in an economical way. For non-destructive tests performed with a Rockwell hardness tester 7 1/16 inch penetrator and ball point, with a load of 100 kg, a hardness increase is obtained of 11 to > 16 (depending on the size of the particle) on average Rockwell scale.

KEYWORDS: Reinforcement, Hardness, granulometry, Increase.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de crear biomateriales que puedan proporcionar una solución a diversas demandas y a su vez disminuir costos en cuanto a su posible uso. En esta investigación se pretende usar el cascarón de huevo como refuerzo, de tal manera que mejore las propiedades (dureza, elasticidad, resistencia a la compresión, etc.) de los materiales compuestos, tal y como lo hace el carbonato de calcio o el talco los cuales comúnmente son utilizados como refuerzos.

Por tal motivo en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla se está realizando una investigación en la cual se sustenta que el cascarón de huevo puede proporcionar mayor dureza a ciertos materiales, (en este caso al poliestireno). Por lo tanto, es importante evaluar técnicamente las dimensiones de este material para poder darle un posible uso.

Estado del Arte:

El huevo es un alimento muy antiguo y en la actualidad es de gran importancia para la salud humana y la continuidad de la vida, es uno de los alimentos más valiosos por contener una proporción equilibrada de hidratos de carbono, grasas, proteínas, minerales y vitaminas.

El cascarón es la cubierta protectora del huevo y representa aproximadamente del 9 a 12% del peso del huevo, evaluándose en 5 y 7 gr. El principal componente es el carbonato de calcio además de otros minerales, calcio 2.21 g (93.3%); fósforo 0.02 g (0.85%), magnesio 0.02g (0.85%), hierro trazas, [1].

El cascarón del huevo está constituido por cuatro capas, las cuales se muestra y se describen en la Figura 1.

- a) Membranas del cascarón (shell membranes).
- b) Capa mamilar (mammillary).
- c) Capa en empalizada (palisade).
- d) Cutícula (cuticle).

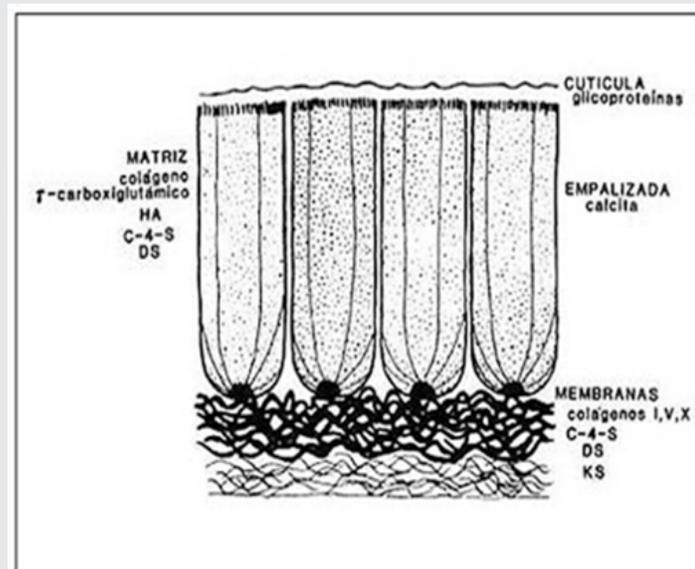


Figura 1. Estructura del cascarón de huevo de gallina. Fuente: [2] Aragón, 2013.

El aparato reproductor de las gallinas por su morfología y función, el oviducto se divide en las siguientes regiones: infundibulum, magnum, istmo, istmo rojo o glándula tubular del cascarón, útero o glándula del cascarón y vagina. Un corte transversal de cualquiera de estas regiones muestra siete capas que pueden ser agrupadas en un tejido secretor, muscular y conectivo. Estas regiones con tamaños y funciones diferentes, actúan en conjunto para asegurar que el paso de la yema sea suave a través de estas, se cree que las partes que conforman al huevo se mueven por acción peristáltica, ayudada por cilios de la pared interna del oviducto.

Todas las regiones excepto la vagina están involucradas en el proceso de formación del huevo, en la figura 2 se muestra un esquema del oviducto de gallina. [2] [3].

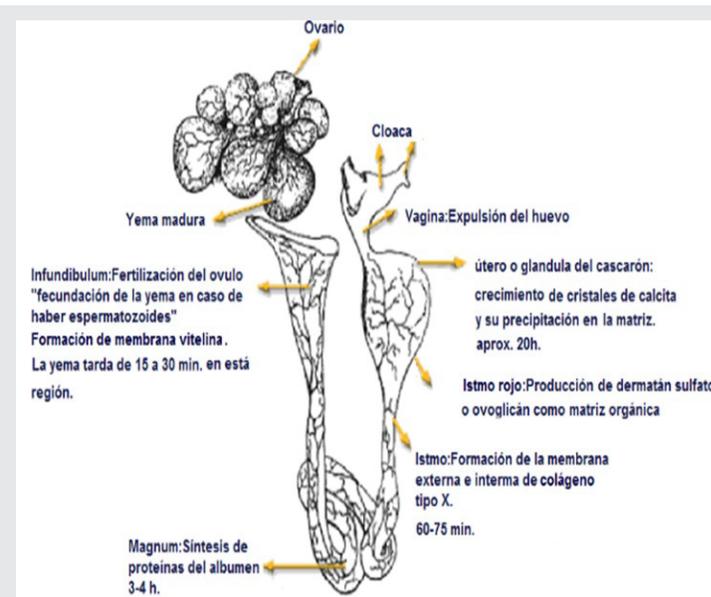


Figura 2 Esquema de la ovoposición [3]. Fuente: Aragón, 2013

La formación del cascarón de huevo implica la movilización de 2.0 g de calcio, que corresponde de un 8% a un 10% del contenido corporal de calcio. El depósito de calcio en el cascaron (150 mg/h) es tan rápido que obliga a la renovación total de calcio sanguíneo cada 12 h. Aunque la fuente principal de calcio proviene de la dieta, no todo el calcio que se deposita en el cascarón procede del intestino, una parte tiene su origen del esqueleto ya que, durante la formación del cascarón, la retención intestinal de calcio del 40% al 80%. Durante las primeras horas la tasa de deposición de carbonato cálcico es muy lenta, luego se hace más intensa hasta llegar a 330 mg/h entre las 10 y 22 horas después de la ocupación. La calcificación del cascarón se produce mientras el huevo se encuentra bañado de fluido uterino en el cual los iones calcio y carbonato se encuentran en concentraciones tan elevadas, que superan cien veces el producto de solubilidad del carbonato de calcio, aunado a un proceso enzimático [4] [5] [6].

En la actualidad México es el primer consumidor de huevo en el mundo y cuarto productor mundial del mismo, con respecto a países como China 39%, EUA 8%, India 5%, México, Brasil, Japón y Rusia 3%, Ucrania e Indonesia con un 2% y finalmente Turquía [7]. Datos de SAGARPA informan que en el 2012 se produjeron 2, 289,247 toneladas siendo Jalisco el primer productor de huevo, con 49.17% de la producción total. En la siguiente gráfica, se muestran los principales estados productores de huevo a nivel nacional. Figura 3.

En el periodo 1990 a 2010 el aumento del consumo del huevo, aumento en un 136%. En este contexto destaca el hecho del consumo per cápita se elevó hasta un 59%, como consecuencia tienen un ritmo promedio anual de 2.3%. Esto es un consumo anual promedio paso de 318 huevos por persona por año a uno de 364 huevos anuales [8].

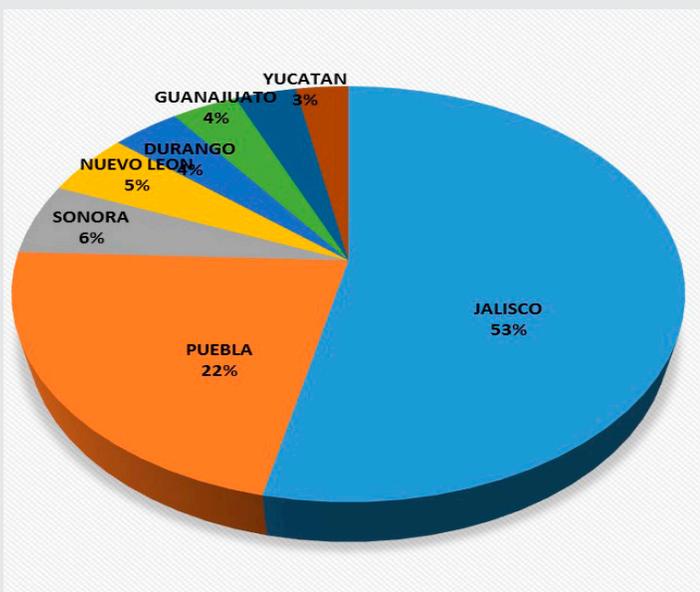


Figura 3. Producción de huevo por estados productores. Fuente: Propia, 2016.

Usos del cascarón de huevo.

Los usos del cascarón de huevo en el área de la construcción son milenarios se hace referencia al acueducto de Querétaro en 1738 y Puente Ortiz, ubicado en Cali Colombia. Construcción se inició en 1824 bajo la dirección de Fray Francisco Ortiz, el cual utilizó el cascarón para darle al puente mayor resistencia.

Cascarón de huevo como abono debido a sus componentes y su prolongado tiempo de descomposición permite a las plantas absorber sus propiedades [9].

Para aumentar la resistencia mecánica o rigidez de los plásticos [10], que se utilizan en las industrias automotriz, electrónica, de embalajes y textiles. Mejorando aun los refuerzos de los minerales tradicionales.

El Instituto de Fermentaciones Industriales del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) de Madrid España, desarrollo un procedimiento para obtener lactulosa utilizando el cascarón de huevo como catalizador. La lactulosa (4-O-β-galactopiranosil-D-fructosa) es un disacárido sintético, obtenido por isomerización de la lactosa (4-O-β-D-galactopiranosil-D-glucosa) [11] con aplicaciones como laxante, complemento alimenticio animal, y para el tratamiento de encefalopatías humanas de origen hepático, [12]. El proceso propuesto y patentado por estos investigadores de transformación de lactosa en lactulosa es sencillo y económico con relación a los procesos tradicionales. Facciano, propone, en este caso usar el cascarón de huevo molido como catalizador (sustancia capaz de hacer que su sis-

tema químico alcance más rápidamente su estado de equilibrio sin alterar las propiedades), para esta transformación [13].

En el Centro de Investigaciones de Bioelementos Naturales, han propuesto al cascarón del huevo como un elemento de los alimentos funcionales; este tipo de alimentos son aquellos que aportan nutrientes y que se ha demostrado que modifican de manera beneficiosa el estado de salud y el bienestar de quien lo consume, proporcionando compensación en los desequilibrios alimentarios. Desde el 2007 hasta la actualidad se siguen hacen investigaciones en este sentido ya que el cascarón posee un valor nutricional de alta ponencia gracias a su contenido de carbonato de calcio como se ha mencionado anteriormente [14].

Otro uso es para recuperar Colágeno, el colágeno es una proteína que se considera como la más abundante en el cuerpo se encuentra en un 65% y representa un 6% del peso corporal. Es producido entre otras células por los fibroblastos, las principales del tejido conjuntivo. Esta proteína aporta fuerza y elasticidad a varios órganos, se renueva en los huesos cada 12 meses y en la piel cada 5 meses [15]. El cascarón de huevo posee una membrana rica en esta proteína la cual es separada mecánicamente y utilizada para uso cosmético.

Existe un método para el tratamiento de aguas residuales, a través de un sistema hidráulico en casa habitación utilizando el cascarón de huevo y otros medios filtrantes, logrando ser una alternativa viable a la solución de escasez del vital líquido [16]. A su vez las descargas de efluentes contaminados, Hormozaed y Suarez, 2009, en la Universidad Nacional de Colombia, demostró las propiedades de absorción a los dos principales colorantes, azul brillante y azul de metileno con el cascarón de huevo [17].

Utilizar para remplazar el carbonato de calcio a nivel comercial, el carbonato de calcio en la industria posee diversos usos por sus distintas propiedades, como lo son; dureza en los materiales plásticos como el PVC; en las pinturas, hule, adhesivos, por sus propiedades de no toxicidad, bajo color intrínseco, resistencia a la intemperie, baja abrasividad, bajo contenido electrolito y efecto estabilizador del PH; en la industria del papel, debido a su carga mineral y su costo sustituyendo a la fibra y proporcionando blancura y facilidad de impresión [18].

MATERIAL Y METODOLOGÍA

El material propuesto en esta investigación es el poliestireno de alto impacto (reciclado) y cáscara o cascarón de huevo de gallina, además de un solvente para poder realizar una mezcla y así someter a este material a pruebas de dureza.

Como es de conocimiento general, todos los materiales son considerados como materias primas transformadas mediante procesos físicos y/o químicos con la finalidad de obtener productos de utilidad para el ser humano. Estos tienen diferentes propiedades físicas, químicas y ecológicas, clasificándose como se puede ver en la figura 4.

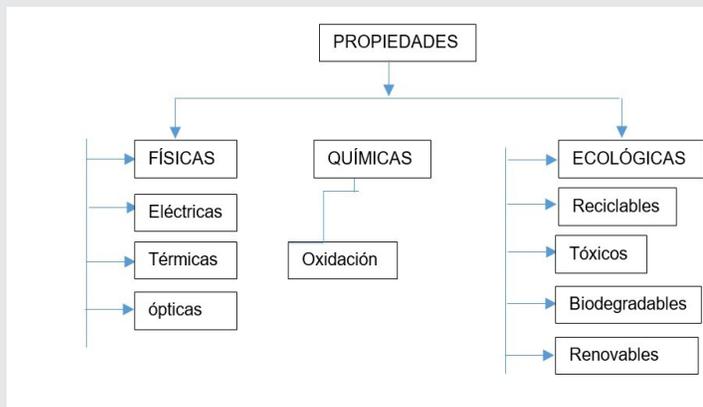


Figura 4. Propiedades de los materiales. Fuente: área tecnología.com 2016

Para objeto de este artículo, se enfoca una propiedad mecánica, la dureza que se le aporta al poliestireno expandido. La metodología que se describe en la figura 5 es la utilizada para comprobar el aumento de dureza en el material propuesto.

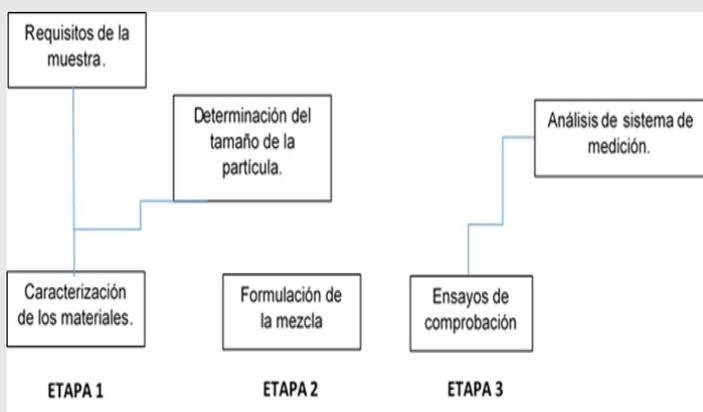


Figura 5. Metodología usada en la investigación Fuente: propia 2016.

La caracterización de los materiales, como ya se había mencionado se utilizó poliestireno expandido de alto impacto, y para determinar el tamaño de partícula se realizó un ensayo basado en la norma ASTM D-422 y ASTM C- 136-01 [19][20], en la cual se da a conocer el método de análisis granulométrico por tamizado. Estableciendo una medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, del cascarón, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. Granulometría por

tamizado. Se lleva a cabo utilizando tamices en orden decreciente. La cantidad de sedimento retenido indica el tamaño de la muestra, esto solo separa una porción de suelo entre dos tamaños.

La formulación de la mezcla y secado de la misma, (no es profundiza sobre tema hasta que se encuentre patentado). Esta se basa en el diseño de mezclas, diseño de vértices extremos (DOE) [21].

La dureza en los materiales es una propiedad mecánica de los materiales consistente en la dificultad que existe para rayar (mineralogía) o crear marcas en la superficie mediante micropenetración de una punta (penetrabilidad). Los ensayos en materiales pueden ser de dos tipos, Ensayos destructivos o Ensayos no destructivos, estos últimos muy importantes en los controles de calidad (es demasiado caro romper para comprobar un número de veces que asegure que se cumple los estándares). Por tal motivo, es necesario realizar pruebas al material en cuestión para poder conocer las propiedades del mismo en estado sólido con forma de placa esbelta, generalmente recta.

Comprobando antes que el Sistema de medición que se utilizo es confiable por lo tanto se establece un Análisis de este sistema (ASM:GR&R) [22] para establecer su variabilidad.

RESULTADOS

Análisis de Granulometría

El análisis granulométrico por tamizado se realiza a las partículas con diámetros superiores a 0,075 mm. (Malla 200), este ensayo se hace con una serie de mallas normalizadas (a cada número de malla le corresponde una abertura estándar), dispuestos en orden decreciente.

Se realiza un análisis al cascarón de huevo como elemento constitutivo en agregados para la elaboración de elementos estructurales fue el siguiente:

Una vez libre de humedad el material es pasado por proceso de trituración mecánica, maquina diseñada especialmente para el molido de este material con todo y membrana. Y basado en ASTM 400, es realizada la prueba usando las siguientes mallas: 4, 10, 16,50 y 200 milímetros, logrando de esta manera, los resultados mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de Granulometría.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO EN gr.	% RETENIDOS	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
4	4.76	0	0	0	100
10	2	2	1	1	99
16	1.19	21	10.5	11.5	88.5
50	0.297	148	74	85.5	14.5
200	0.074	20	10	95.5	4.5
TAPA		9	4.5	100	0

La muestra un 74% retenido en el tamiz 50, esto es que las partículas miden 0.297 mm y se encuentra dividida entre lo que se conoce como arcillas limosas y arcillas arcillosas.

Una vez realizadas las tomas de granulometría, se realiza la prueba del tamiz obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 2. Con un coeficiente de uniformidad (Cu) de 2.7 y un coeficiente de concavidad (Cc) de 3.8.

Tabla 2. Resultados de la toma del Tamiz.

ABERTURA (mm)	% PASA	suelo
4.76	100	Arcilla Limosa
2	99	Arcilla Limosa
1.19	88.5	Arcilla Arcillosa
0.297	14.5	limo
0.074	4.5	limo

$$Cc = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{(0.61)}{0.16} = 3.8125 \quad D_{30} = 0.52$$

$$Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}} = \frac{(0.2704)}{0.0976} = 2.7705 \quad D_{60} = 0.061$$

Pruebas de dureza

La dureza como término general es la capacidad que presentan los materiales a manera de resistencia a que sean deformados, ya sea de manera temporal (deformación elástica) o permanente (deformación plástica).

Antes de realizar en ensayo de dureza se realiza un análisis de sistema de medición corto, dos operados- dos repeticiones, en el cual se muestra que tiene una variabilidad de 27.62 y por el tipo de muestra es aceptable, con un número de categorías distintas de 4 (aceptable con mínimo de tres).

Se procede a la medición de la dureza de un material, el durómetro realiza una penetración en la superficie del material en cuestión. Dicho durómetro tiene un penetrador que normalmente es esférico de 1/16 de pulgada.

Al realizar la prueba con el durómetro al material en cuestión, se aplicó lentamente una carga conocida de 100 kg que presiona de manera perpendicular el penetrador hacia la superficie del material a ensayar.

Se realiza la prueba de dureza con diez muestras con cinco mediciones cada una alcanzando un valor máximo de dureza de 16 y un mínimo de 14 y en promedio 15 en la escala de Rockwell.

La dureza obtenida, en escala Rockwell, del poliestireno expandido de alto impacto sin reforzar en promedio es de 11 en la misma escala. Midiendo la Dureza de otros materiales

Se realiza la prueba de dureza a 5 diferentes materiales, acero templado, acero con bajo contenido de carbono, bronce, madera y a la mezcla propuesta. Obteniendo resultados que es superior a la madera por lo tanto tendrá capacidad del material a soportar cargas ya sea por tensión, compresión o incluso por torsión, pudieran ser similares en magnitud a dicho material orgánico. Además, que pudiera presentarse. El éxito, rendimiento y durabilidad del material en cuestión pudiera estar en la composición y proporción de los materiales base. Sin embargo, aún quedan pruebas que desarrollar para poder darle un uso final y lograr una fiabilidad de dicho material.

CONCLUSIONES

Los talcos que se utilizan para aumentar las propiedades mecánicas van de 0.5 micras hasta 0.3 mm y son utilizados desde hace tiempo con este propósito. En esta investigación con los resultados obtenidos hasta el momento y basado no solo en literatura sino también en los resultados a pruebas obtenidas de acuerdo a la escala Rockwell el poliestireno expandido reciclado aumenta su dureza de 11 a 15. Aportando mayor dureza, aun mayor de las del poliestireno de alto impacto y permitiéndole varios usos a este material.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Figuroa, D. S., Valdés, E. J., Y Valdés, M. A. (2007). *La cascara del Huevo: ¿Desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia cubana. La Habana, Cuba: BIONAT.*
- [2] Aragón Arce, P.N. (2013). *Reciclaje e industrialización de Residuos Sólidos Orgánicos. Caso: Cascarón de huevo de gallina. Universidad Autónoma de México. México, D.F.*
- [3] Fernández, M., Arias, J., 2009. *La cascara de huevo: Un modelo de biomineralización Monografías de Medicina Veterinaria*
- [4] Arias Hernández Trujillo, J. Y Padilla Hermida, R. (2015). *Evolución reciente de la producción y consumo de huevo en México. Mundo Siglo XXI, XI(37), 75 87.*
- [6] Hernandez, Ma. A.H., 2009. *Estudios de precipitación de CaCO3 como herramienta para entender los procesos de biomineralización, usando como modelo biológico la cascara de huevo de gallina. Tesis de Doctorado. Universidad de Granada, Granada.*

[7] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, 2015. <http://www.fao.org/publications/es/>.

[8] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (México) <http://www.gob.mx/sagarpa#documento>.

[9] Diaz Saldaña, J Y Huamán Acha, J.L. (2012). Colageno tipo I a partir de las cáscaras de huevo. Tesis de UNPRG-FIQIA).

[10] Universidad de Chile, Santiago. (2016). Polypropylene composites with reinforcement based on Eggshells: Procedure to obtain the said composite, reinforcement based on Eggshells, and procedure for obtaining it. Estados Unidos.

[11] (Mizota et al.,1987)

[12] R+D CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas ,2010.

[13] Facciano, M. & Menin, M. (2013). Evaluación de la incidencia de las variables del proceso de transformación de lactosa en lactulosa. Jornadas Jovenes Investigadores Tecnológicos, JIT 2013.

[15] Llaguento, D. A. (2012). Colageno tipo I a partir de las carascas de huevo.

[16] Ruiz cuello, T., Pescador Piedra, J., Raymundo Núñez, L., & Pineda Camacho, G. (2015). Dimensionamiento de un sistema hidráulico en casa habitación para el uso de agua residual. Revista Cubana De Química, 27(3), 315, 324.

[17] Hormaza, A. & Suárez García, E. (2009). Estudio del proceso de biosorción de dos colorantes estructuralmente diferentes sobre residuos avícolas. Soc Quim Perú, 75(3), 329 338.

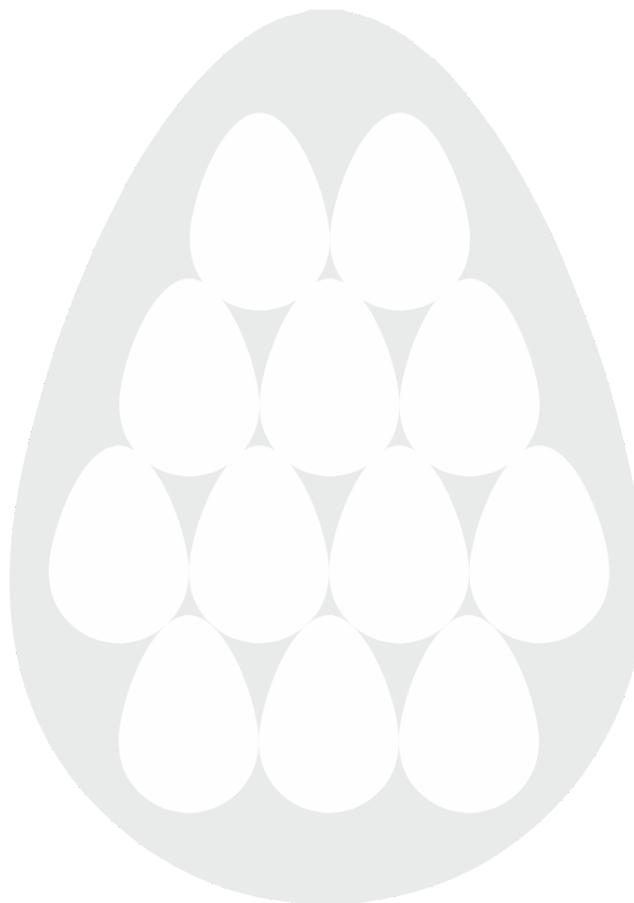
[18] <http://www.papeldepiedra.com/>

[19] ASTM D-422 Análisis Granulométrico por tamizado.

[20] ASTM -136-01 Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.

[21] Pulido, H. G., & De la Vara Salazar, R. (2012). Análisis y Diseño de Experimentos. México: Mc Graw.

[22] Anónimo, 2016. Instituto Tecnológico superior de Misantla.





Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Prototipo de un fotocolorímetro didáctico de fuente abierta



Colaboración

Nabor Lagunes Amaury Isai; Candanedo Candanedo Elva Esther; De la Cruz Díaz Itzelth; Eduardo Enrique Salazar, Juan Pablo Salazar; Cabrera Hernández Arturo, Instituto Tecnológico Superior de Mianilla.

RESUMEN: En el presente trabajo se propone una alternativa para solucionar una problemática actual en instituciones educativas de nivel superior, el equipamiento de laboratorios de docencia e investigación, por ello se diseñó, construyó y validó un fotocolorímetro didáctico, a bajo costo, construido con materiales accesibles y plataformas libres de código abierto, que permite al estudiante y al docente aplicar metodologías y competencias de técnicas dependientes de la lectura de color.

Un análisis comparativo entre el desempeño del espectrofotómetro comercial GENESYS 10S y el fotocolorímetro didáctico desarrollado, señala que el intervalo de trabajo y los valores de linealidad y repetitividad fueron menores que los obtenidos por el equipo comercial, sin embargo cubren bien las necesidades requeridas en el área docente, además de tener un costo veinte veces menor que el espectrofotómetro GENESYS 10S.

PALABRAS CLAVE: Arduino, Auto-ensamblaje, Fotocolorímetro, LED-RGB.

ABSTRACT: In this paper an alternative is proposed to solve an actual problem present in universities and institutes of technology, the lack of equipment in laboratories of teaching and research. For this reason, it was designed, constructed and validated a didactic photocolorimeter, at low cost, built with accessible materials and based on a free open source platforms, which allows students and teachers to apply methodologies and skills dependent about the reading color techniques.

A performance comparative analysis between the comercial Spectrophotometer GENESYS 10S and didactic photocolorimeter developed, points out that the working range and values of linearity and repeatability were lower than those obtained by the commercial equipment, however well they cover the needs required in the education area, besides having a cost less than twenty times the Spectrophotometer GENESYS 10S.

KEYWORDS: Arduino, Self-assembly, Photocolorimeter, RGB-LED.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a un análisis de la UNESCO, los desafíos para los sistemas de educación superior en el tercer mundo es asegurar la equidad de su expansión así como responder a las nuevas exigencias que la globalización y la sociedad de la información imponen. Este último punto implica mejorar la productividad científica básica, promover la investigación aplicada, aumentar la inscripción de patentes [1], en resumen, apoyar el desarrollo de la investigación y la ciencia. Estos rubros han estado ligados a la experimentación, en particular en el área biológica [2], sin embargo, el alto costo de los equipos empleados en el laboratorio de docencia e investigación han provocado que el acceso a ellos así como sus accesorios y mantenimiento, se limite a escuelas y centros de investigación con alta solvencia económica [3] limitando la aplicación de tales prácticas experimentales en laboratorios de investigación y docencia de instituciones con bajos presupuestos [4].

En los últimos años se ha propuesto una alternativa para enmendar la insuficiencia y carencia de equipos en el laboratorio al promover la autoconstrucción de equipos con materiales de bajo costo, fácil adquisición y diseños de sencilla construcción [5,6], alternativa viable que al involucrar a alumnos en su realización promueve el aprendizaje en base al diseño de prototipos, una estrategia holística en donde los estudiantes planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clase desarrollando capacidades cognitivas tales como el razonamiento, la capacidad de síntesis y análisis, así como la toma de decisiones [7,8].

El fotocolorímetro es un instrumento usado en el análisis cuantitativo en laboratorios de investigación, producción y control de calidad. El principio de su funcionamiento es la interacción de la luz a una particular longitud de onda con la materia, dependiendo de la sustancia, la luz es parcialmente absorbida. La intensidad de luz saliente que no se absorbió por la muestra es transmitida, detectada y convertida a una señal eléctrica por un detector. La relación entre la luz transmitida y la luz incidente se denomina transmitancia, mientras su logaritmo negativo se conoce como absorbancia.

La relación establecida por la ley de Lambert-Beer entre absorbancia y concentración a un paso de luz constante ha permitido a esta técnica su aplicación en el análisis cuantitativo en base a la comparación de la intensidad de color de un problema con disoluciones patrón de concentración conocida. La estructura de un colorímetro es relativamente sencillo, consta de seis componentes básicos, una fuente luminosa, un elemento monocromador, un colimador, un compartimento de la muestra, un sensor de intensidad de luz así como un elemento de análisis y visualización de la intensidad de luz transmitida (controlador). La extensa aplicación de esta técnica, su flexibilidad, exactitud y precisión, ha promovido su empleo como pieza fundamental en el laboratorio, surgiendo la necesidad de su aprendizaje teórico-práctico para el futuro profesionalista [9], por estas razones en el presente trabajo se propone el diseño, la construcción y la validación de un fotocolorímetro didáctico de acceso libre y aplicación en docencia, el cual puede ser estudiado, copiado, modificado y redistribuido sin restricción.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Investigación Avanzada de Veracruz (LIAV) dentro del Instituto Tecnológico Superior de Misantla (ITSM), Veracruz, México.

Las características de los componentes empleados para la construcción del fotocolorímetro fueron las siguientes:

La fuente de luz es un LED RGB (red, green, blue) marca Optosupply®, número de catálogo OSTA5131A-C, con salida de alta luminosidad. La longitud de onda que emite en el rojo abarca de 635 a 645 nm con un máximo a 640 nm (luminosidad de 2180 milicandelas), para el color verde emite en un intervalo de 520 a 530 nm con un máximo de 525 nm (luminosidad de 5800 milicandelas), mientras el color azul emite en un intervalo de 465 a 475 nm con un máximo de 470 nm (luminosidad de 3000 milicandelas) [10]. Se seleccionó esta fuente de luz debido a su bajo costo, consumo mínimo de electricidad, alta luminosidad, configuración flexible, pureza espectral alta, tamaño pequeño y generación mínima de calor, ideal para aplicaciones optoelectrónicas [11].

El LED RGB y el detector GY-31 modelo TCS3200 se conectó al controlador Arduino como se muestra en la figura 1.

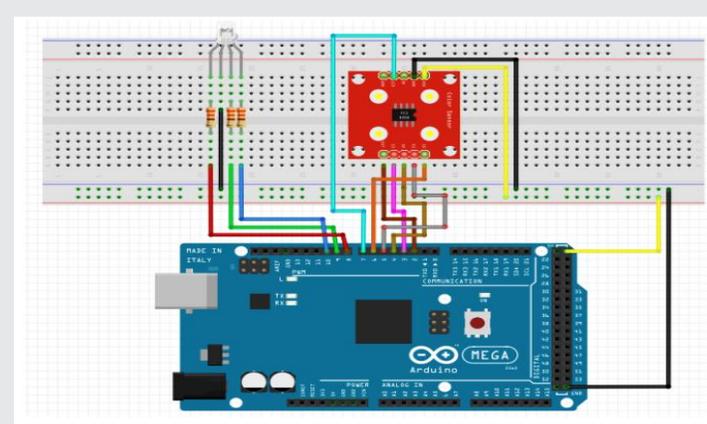


Figura 1. Diagrama de los componentes electrónicos interconectados del fotocolorímetro didáctico, se presentan las conexiones del LED RGB, el sensor de color TCS3200 y la plataforma de prototipos electrónica de código abierto "Arduino".

El Colimador fue construido a partir de una lente de enfoque fijo de cámara compacta simple, desechable marca Kodak® de 5 mm de diámetro. Los colimadores son dispositivos que sirven para delimitar el haz del rayo, evitando de este modo irradiar zonas no necesarias para el estudio [12]. Considerando la distancia focal, el colimador se ajustó en simetría con la fuente de luz, el compartimento de la muestra y el detector. La lente de cámara destaca por poseer una calidad óptica adecuada, ligera y compacta.

La cubeta es de plástico comercial marca Brand®, con trayectoria óptica de 10 mm y volumen de 1.5 a 3 ml., el compartimento de la muestra se elaboró con madera, y se alineó para permitir que el haz de luz atraviese la muestra perpendicularmente [13].

Para detectar la intensidad de luz transmitida por la muestra se empleó como detector el conversor genérico de intensidad de luz a frecuencia GY-31 modelo TCS3200. El flujo de corriente generado

cuando el sensor capta un fotón depende de la intensidad de la luz incidente a la longitud de onda de trabajo. La señal generada por la luz transmitida se dirigió para su procesamiento y visualización a un controlador Arduino mega R32560. El controlador es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto, basada en el microcontrolador Atmega 168, de bajo costo y fácilmente programable en lenguaje C/C++ (14).

Para programar la placa Arduino, el software empleado fue Arduino IDE, el cual es de acceso libre y código abierto. La programación se desarrolló en un ambiente de Windows y permitió sincronizar el tiempo de emisión de color por el LED RGB con la cantidad de luz transmitida capturada por el sensor, así como su conversión a señal digital para ser transmitida y visualizada en una computadora personal.

Las partes internas de prototipo didáctico se muestran en la figura 2.

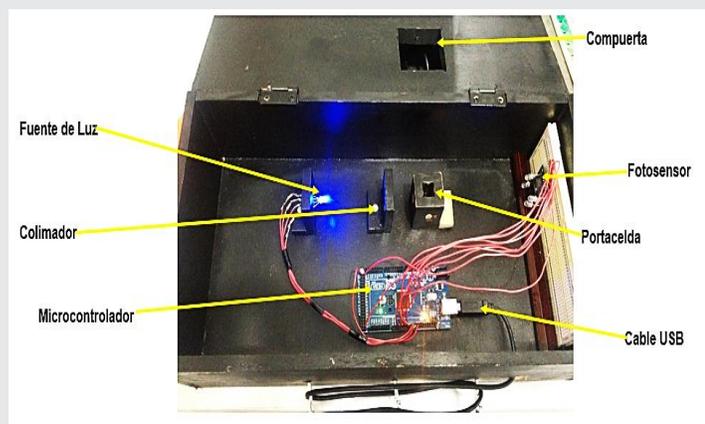


Figura 2. Diagrama de los componentes internos del fotocolorímetro didáctico y complementos, ensamblados y señalados con su nombre respectivamente.

La validación del fotocolorímetro se efectuó por análisis comparativo de las lecturas de absorbancia obtenidas en el prototipo didáctico así como en un espectrofotómetro comercial UV-vis Thermo Scientific® GENESYS 10S utilizando una cubeta de plástico de 1 cm de paso de luz y agua destilada como blanco de reactivos. El modelo de trabajo fue una dilución seriada de tres colorantes vegetales comerciales grado alimenticio marca Demian®, amarillo-naranja 270, rojo-grosella 270 y verde-esmeralda 270, concentraciones de 2.0, 1.8, 1.6, 1.4, 1.2, 1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0.15, 0.10 y 0.05 mg/ml. Las diluciones se prepararon previamente a su empleo y se tomó la lectura de absorbancia, cada solución de la curva de calibración se leyó por triplicado.

El color del LED RGB empleado se eligió en base al color complementario del pigmento a utilizar (15), así, el pigmento amarillo-naranja 270 empleó la luz azul del LED RGB, la lectura del color rojo-grosella 270 se em-

pleó la luz verde, mientras el pigmento verde-esmeralda 270 se empleó la luz roja. En el espectrofotómetro GENESYS 10S se leyeron a las longitudes de onda de 470, 525 y 640 nm, respectivamente.

El análisis de datos así como su visualización grafica se efectuó empleando el programa Microsoft office Excel 2007.

1. Ensamblaje y construcción del fotocolorímetro

El fotocolorímetro se construyó bajo el esquema de trabajo que se muestra en el figura 3 y se describe su instalación más adelante:

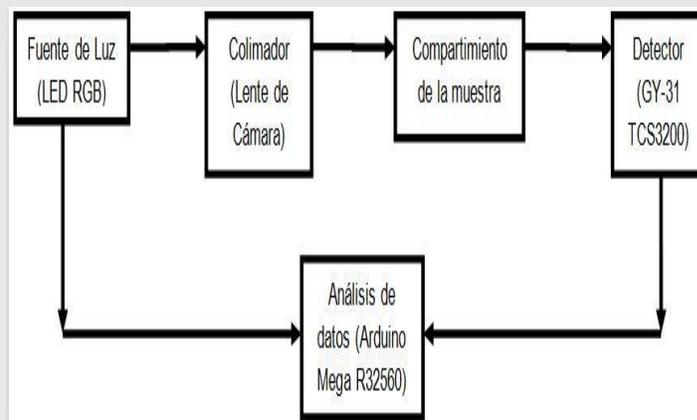


Figura 3. Esquema de trabajo que señala los componentes básicos los cuales está constituido el prototipo didáctico.

- 1.- El Led RGB se colocó en una base de madera a 2.5 cm de la superficie, ajustando la trayectoria del rayo de luz paralela a ésta. La luminosidad del LED RGB, presenta suficiente intensidad luminosa para obtener un valor alto en la relación señal/ruido.
- 2.- La lente del colimador se ajustó al paso de la luz emitida por el LED RGB, ubicándolo a una distancia de 9 cm del LED, distancia correspondiente al punto focal del colimador.
- 3.- El compartimiento de la muestra se elaboró con madera con dos aberturas para permitir el paso de luz. Se ubicó a 4 cm del colimador, ajustando la trayectoria lineal del paso de luz a través de la muestra hacia el detector.
- 4.- El detector, el cual recibe la luz que atravesó la muestra, se colocó en una base a 14 cm de distancia de la muestra, alineando el eje central del fotosensor al haz de luz proveniente de la muestra.
- 5.- El circuito eléctrico que conecta el LED RGB y el detector al Arduino se muestra en la figura 1.
- 6.- Para la programación del fotocolorímetro se empleó el software Arduino de acceso libre.

7.- La cubierta externa se construyó con madera de 1 cm. de espesor y dimensiones de 40 x 21 cm con una altura de 12 cm. A fin de disminuir el reflejo interno de la luz, el interior del equipo se cubrió con pintura negra mate.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2. Validación del fotocolorímetro

Para asegurar la confiabilidad del sistema propuesto, el equipo se validó comparando los parámetros de linealidad y precisión, obtenidos con el prototipo a los obtenidos con un equipo comercial mediante un análisis comparativo de colorantes vegetales, los cuales presentan baja toxicidad, bajo costo, fácil accesibilidad y alta estabilidad [16].

Las lecturas obtenidas en el fotocolorímetro didáctico (unidades arbitrarias) fueron corregidas a absorbancia aplicando la siguiente fórmula:

$$Abs = -\text{Log } 10 \frac{\text{Lectura de dilución}}{\text{Lectura de blanco}} \quad \text{Ec. (1)}$$

En la figura 4, 5 y 6 se presentan las gráficas para las curvas de calibración del pigmento amarillo, rojo y verde, respectivamente. Se expresa la absorbancia en función de la concentración de cada dilución. Dado que el análisis se realizó por triplicado, se presenta el promedio y la desviación estándar para cada punto, para los datos del espectrofotómetro GENESYS 10S no se observó variación, por lo que no se presenta la desviación estándar.

La linealidad de un método analítico es la capacidad de obtener resultados directamente proporcionales a la concentración en un rango definido de concentraciones. En las gráficas 4, 5 y 6 se observa una buena linealidad para el espectrofotómetro GENESYS 10S, dentro del rango de concentraciones evaluado comportándose de acuerdo a la ley de Lambert-Beer, sin embargo para el fotocolorímetro didáctico, el rango de concentración donde se obtiene un comportamiento lineal es menor, de 0 a 1.6 mg/ml para el color amarillo, de 0 a 1.8 mg/ml para el color rojo y de 0.1 a 0.8 mg/ml para el color verde. Lo anterior está relacionado con la dispersión lumínica que presenta la fuente luminosa empleada, el LED RGB, ya que este emite en un ancho de banda de ± 10 nm sobre la longitud de onda principal, comparada con los máximos recomendados de ± 1 nm de equipos comerciales. Dado que la precisión de la longitud de onda es baja y además el efecto de dispersión luminosa (stray light) es alto, se explica la menor linealidad observada en la curva de calibración [17].

Sin embargo, para los propósitos de docencia los parámetros obtenidos son aceptables, y en los rangos donde la absorbancia y la concentración son lineales,

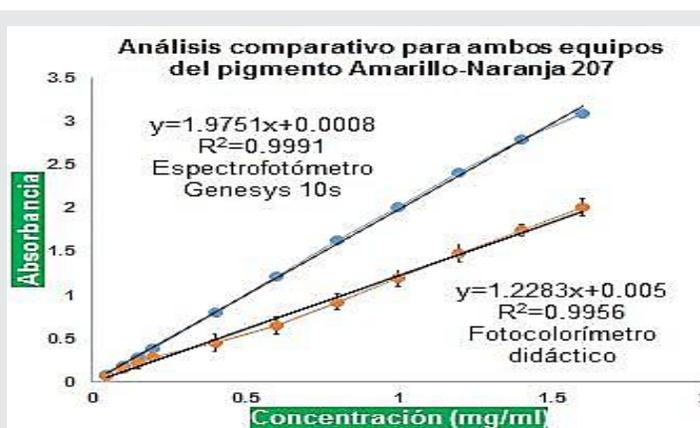


Figura 4. Análisis comparativo entre el espectrofotómetro GENESYS 10S y el fotocolorímetro didáctico del pigmento Amarillo-Naranja 207.

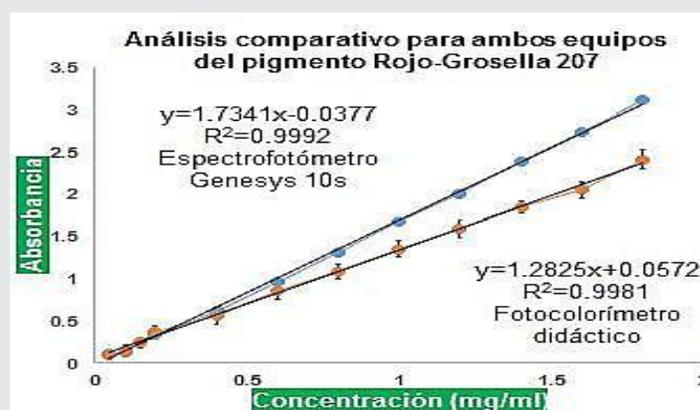


Figura 5. Análisis comparativo entre el espectrofotómetro GENESYS 10S y el fotocolorímetro didáctico del pigmento Rojo-Grosella 207.

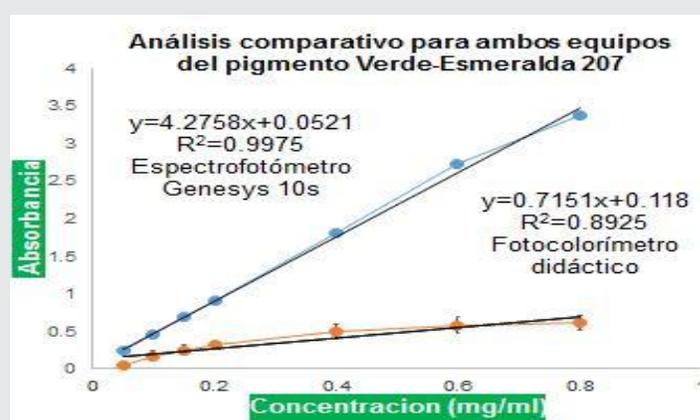


Figura 6. Análisis comparativo entre el espectrofotómetro GENESYS 10S y el fotocolorímetro didáctico del pigmento Verde-Esmeralda 207.

los coeficientes de correlación obtenidos cumplen con los estándares para considerar la curva de calibración lineal ($r > 0.999$) [18]. El espectrofotómetro GENESYS 10S presentó coeficientes de linealidad por encima de 0.999 para intervalos de concentración por arriba de 2 mg/ml de colorante, en todos los casos; se refiere que la calidad óptica y los componentes electrónicos son de calidad superior a los del prototipo didáctico.

La repetitividad del método está caracterizada por la desviación estándar de la curva de calibración para cada uno de los puntos, en el presente trabajo se obtuvo realizando varias lecturas a cada solución de color homogénea. La desviación estándar de los valores de absorbancia obtenidos en el fotocolorímetro didáctico sugiere una menor repetitividad que el equipo comercial, el cual no presentó desviación estándar en sus valores de absorbancia. Se observa también una variación en la pendiente obtenida al comparar ambas curvas en los tres colores. Se considera que a mayor pendiente mayor sensibilidad, en particular, para el color verde los valores de la pendiente y la linealidad son muy bajos, lo anterior se relaciona con los diferentes ángulos en que se emite cada color por el LED RGB, lo cual permite enfocar solo dos colores de los tres que emite, quedando el tercero (verde) fuera de enfoque y por ello, proporciona valores de incidencia y transmisión de luz muy bajos, incapaces de ser detectados por el sensor de luz.

3. Aplicación didáctica del fotocolorímetro

Para ejemplificar la aplicación didáctica del fotocolorímetro se realizó la determinación de proteínas por el método de Biuret, metodología común en planes de estudio del área médico-biológica. Como proteína modelo para la elaboración de una curva de calibración se empleó una solución de albúmina humana a concentraciones de 0, 1.25, 1.875, 2.5, 3.125, 3.75 y 6.25 mg/ml, las cuales se hicieron reaccionar con el reactivo de Biuret. (19). Como blanco de reactivos se empleó el reactivo de Biuret libre de proteína. Una vez desarrollado el color, las diferentes concentraciones se leyeron en el fotocolorímetro didáctico y en el espectrofotómetro GENESYS 10S, se efectuaron tres ensayos independientes. En la figura 7, se presenta la absorbancia obtenida por el prototipo didáctico en función de la obtenida por el equipo comercial.

Se observa una excelente correlación entre cada grupo de valores, aunque los valores de absorbancia obtenidos fueron menores para el fotocolorímetro didáctico, además de presentar cierto grado de dispersión. Las diferencias observadas reflejan una mayor imprecisión en el ancho de banda de la longitud de onda del equipo didáctico, con la presencia

constante de luz parásita [20]; la linealidad observada es suficiente para aplicaciones didáctica en docencia. Considerando que el equipo GENESYS 10S presenta una calidad de lectura superior y al margen de los errores experimentales, la correlación observada permite sugerir que el equipo desarrollado en el presente trabajo podrá ser utilizado en prácticas experimentales didácticas. Si bien existe una menor calidad óptica y electrónica que en los equipos comerciales, la disminución del costo en alrededor de veinte veces el precio de un equipo sofisticado permite sugerirlo como una alternativa viable para aquellos laboratorios con fondos insuficientes. Adicionalmente, al involucrar a los alumnos de las asignaturas enfocadas al análisis instrumental, la construcción de un prototipo de estas características, refuerza el aprendizaje de estos temas, además de entender en forma profunda los principios que rigen el funcionamiento interno de estos equipos (fotocolorímetro, espectrofotómetro).

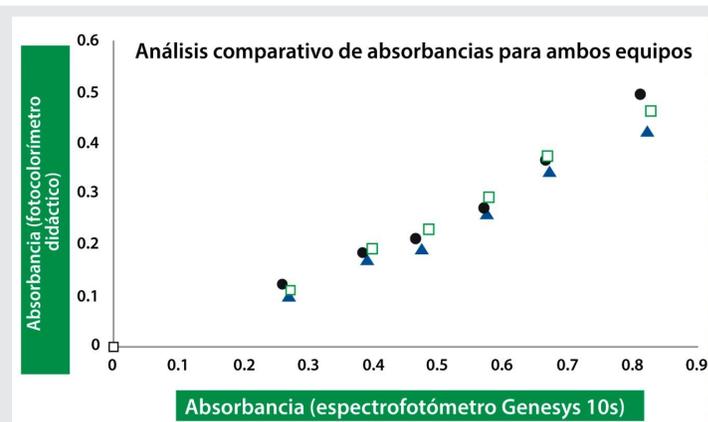


Figura 7. Análisis comparativo entre las absorbancias del fotocolorímetro didáctico en función del espectrofotómetro GENESYS 10S para la determinación de proteína mediante el método de Biuret.

CONCLUSIONES

Se construyó un fotocolorímetro didáctico a partir de materiales de bajo costo y de fácil adquisición en el mercado. Su funcionamiento se comparó con el espectrofotómetro GENESYS 10S. El intervalo de trabajo, los valores de linealidad y reproducibilidad fueron menores que los obtenidos por el equipo comercial, sin embargo cubren bien las necesidades requeridas en el área docente, además de tener un costo veinte veces menor que el espectrofotómetro GENESYS 10S, considerando que las plataformas libres de código abierto sirven como alternativa viable en apoyo a instituciones que no cuentan con el presupuesto suficiente para adquirir un equipo comercial.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al personal administrativo del ITSM y a los alumnos del grupo 605 de Ing. Bioquímica por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bellei C., Poblete X., Sepúlveda P., Orellana V. y Abarca G. (2013). *Situación Educativa de América Latina y el Caribe: Hacia la educación de calidad para todos al 2015*. Place de Fontenoy, 75352 París 07 SP Francia.: Ediciones UNESCO.
- [2] Golombek D. A. (2008). *Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina: Fundación Santillana.
- [3] Anzalone G.C., Glover G.A y Pearce J.M. (2013). *Open-Source Colorimeter*. *Sensors* 13(4): 5338-5346
- [4] Calderón-Alzati E. (2008). "Los problemas de la educación media superior". *La Jornada*. <http://www.jornada.unam.mx/2008/06/21/index.php?section=opinion&article=020a2pol>
- [5] DIYbio. (2008). *An Institution for the Do-It-Yourself Biologist*. <https://diybio.org/>
- [6] Pearce J. M. (2012). *Building Building Research Equipment with Free, Open-Source Hardware*. *Science* ,337 (6100): 1303-1304.
- [7] González C. (2014). *Strategies to Work on Creativity in Higer Education: Design Thinking, Game and Project Based Learning*. *Revista de Educación a Distancia*. Vol. 40: 1-15.
- [8] Pérez-Lozada E, Falcón N. y Alcalá C. (2010). *Prototipos Experimentales Orientados al Aprendizaje de la Óptica*. *Ciencias de la Educación* 20(36): 34-45.
- [9] Howard M. (1990). *Métodos Instrumentales de Análisis*. España: CECSA.
- [10] OptoSupply. (2005). *5 mm Red & Blue & Pure Green Light*. Micropik. <http://www.micropik.com/PDF/osta5131a-c.pdf>
- [11] O'Toole M. y Diamond D (2008). *Absorbance Based Light Emitting Diode Optical Sensors and Sensing Devices*. *Sensors*, 8: 2453-2479.
- [12] Ramos G. J. M. (2006). *Técnico Especialista en Radiodiagnóstico de Osakidetza, Servicio Vasco de Salud*. Segunda Edición. Ed. MAD, S.L.
- [13] Vilanova G. E. y Sogorb Sánchez, M. A. (2015). *Técnicas analíticas de contaminantes químicos: Aplicaciones toxicológica, medioambientales y alimentarias*. Ediciones Díaz de Santos.
- [14] Arduino, USA. *Arduino MEGA 2560 (USA only) & Genuino MEGA 2560 (2016)*, <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>
- [15] Duymovich C, Acheme R., Sesini S. y Mazziotta D. (2005). *Espectrofotómetros y Fotocolorímetros. Guía práctica de actualización*. *Acta Bioquimi. Clin. Latinoam*. 39(4): 529-539.
- [16] Calpena AC, Escribano E, Fernández C. (1991). *Validación de los métodos analíticos*. *Farm. Clin*. 7(9): 749-758.
- [17] Shimadzu. (2016). *Instrument Validation and Inspection Methods.*, de Shimadzu, excellence in science. <http://www.shimadzu.com/an/uv/support/fundamentals/validation.html>
- [18] Castillo Aguilar B. y González Hernández R. (1996). *Protocolo de validación de métodos analíticos para la cuantificación de fármacos*. *Revista Cubana de Farmacia*. 30(1): 1561-2988.
- [19] Valencia – López E., Cuéllar Ramos I., Aguilar Rodríguez I., Salmerón Alcocer A. y Rodríguez Casasola F. (2012). *Implementación del Método de Biuret para la Determinación de Proteína Residual en Lactosuero*. *Revista sistemas ambientales* 5(1): 21-24
- [20] Market Support Group AnaChem. (2015). *UV/VIS Spectrophotometry. Fundamentals and Applications*. Schwerzenbach, Switzerland: Ed. Mettler-Toledo AG.





Mecánica
de
Materiales

Ingeniantes

Estudio comparativo de la alteración de la rugosidad en la roca caliza travertino tipo dorado tepexi mediante una prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio



Colaboración

Adolfo Manuel Morales Tassinari, María Esperanza Velasco Ordóñez, Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez; Jorge Arturo Hernández Zárate, Instituto Tecnológico de Veracruz.

RESUMEN: La presente investigación tiene como propósito realizar un estudio comparativo para determinar el porcentaje de aumento en la rugosidad mediante una prueba de cristalización de sales utilizando concentraciones al 10%, 16% y 20% de cloruro de sodio en la roca caliza travertino tipo Dorado Tepexi extraída del banco inferior de la cantera localizada en la Municipio de San Juan Ixcaquixtla, Puebla, México, y que pertenece a la empresa Industrias del Travertino S.A. La prueba de cristalización de sales constó de secado a 60°C durante 16 horas, reposo a temperatura ambiente durante 2 horas e inmersión en disolución de cloruro de sodio durante 6 horas. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el travertino tipo Dorado Tepexi extraído del banco inferior sometido a prueba de cristalización de sales con una concentración de cloruro de sodio al 16% provoca el mayor porcentaje de aumento en la rugosidad con un 85.40%. De esta forma, el travertino tipo Dorado Tepexi extraído del banco inferior presenta menor estética visual a mayor rugosidad.

PALABRAS CLAVE: Cloruro de sodio, cristalización de sales, roca caliza, rugosidad, travertino.

ABSTRACT: This research has the purpose to perform a comparative study to determine the percentage increase in the roughness by salt crystallization test using concentrations 10%, 16% and 20% sodium chloride in the limestone travertine type Dorado Tepexi extracted the lower bench of the quarry located in the Municipality of San Juan Ixcaquixtla, Puebla, México, and belongs to Industrias del Travertino S.A. The salt crystallization test consisted of drying at 60°C for 16 hours, standing at room temperature for 2 hours and immersion in solution of sodium chloride for 6 hours. The results obtained in this research show that the travertine type Dorado Tepexi extracted from the lower bench tested salt crystallization with a concentration of sodium chloride 16% causes the greatest percentage increase in roughness with 85.40%. Thus, travertine type Dorado Tepexi extracted of the lower bench has less visual aesthetics to greater roughness.

KEYWORDS: Sodium chloride, salt crystallization, limestone, roughness, travertine

INTRODUCCIÓN

La forma en que una piedra evoluciona frente a los factores extrínsecos (agua, contaminación, cambios bruscos de temperatura, etc.) depende de sus características intrínsecas y de las condiciones ambientales en que se sitúa. De esta manera, resulta importante conocer la respuesta del material al medio externo para prever su evolución [1]. Las rocas suelen verse alteradas por la presencia de soluciones acuosas conteniendo sales solubles de distinta naturaleza, estas sales pueden ser inherentes a la propia composición de la roca, o externas a ella [2]. Una de las sales solubles es el Cloruro de Sodio (NaCl), también llamada Halita, que es una sal cuya mayor alteración se presenta en materiales expuestos a ambientes marinos y en zonas desérticas [3]. Estas alteraciones pueden manifestarse en su aspecto externo (color, estado de agregación...) o en su comportamiento (dureza, resistencia...) [4].

Para evaluar el comportamiento de una roca sometida a condiciones externas, se realizan ensayos de durabilidad, que son ensayos que tratan de reproducir de forma acelerada la alteración que sufriría un material colocado en obra y expuesto a condiciones ambientales extremas. Uno de estos ensayos de durabilidad es el ensayo de cristalización de sales, que consiste en la saturación de las muestras a ensayar en una disolución salina y posterior secado. Tras un periodo de enfriamiento se completa el ciclo con la nueva inmersión de las probetas en la disolución [5]. La concentración de la solución de cloruro de sodio es de 16 % y está subsaturada a 25°C [6]. La alteración sufrida por el material después del ensayo de cristalización de sales, implica tanto alteración estética como disminución de propiedades mecánicas [5]. Una de estas alteraciones está relacionada con la superficie de los materiales, la cual a su vez, está controlada por su rugosidad. La rugosidad se puede definir como la irregularidad que presenta una superficie a intervalos pequeños y que es la base sensorial para reconocer la diferencia entre algo liso o rugoso [7].

En el municipio de San Juan Ixcaquixtla, Puebla, México, existen canteras de roca caliza travertino tipo Dorado Tepexi, que es una roca de color dorado claro que se utiliza para piso en áreas de tránsito pesado, comercial o habitacional, en muros interiores o exteriores, cubiertas de baño, muebles de baño, etc [8]. En la figura 1, se muestra una fotografía del color característico de la roca caliza travertino tipo Dorado Tepexi:

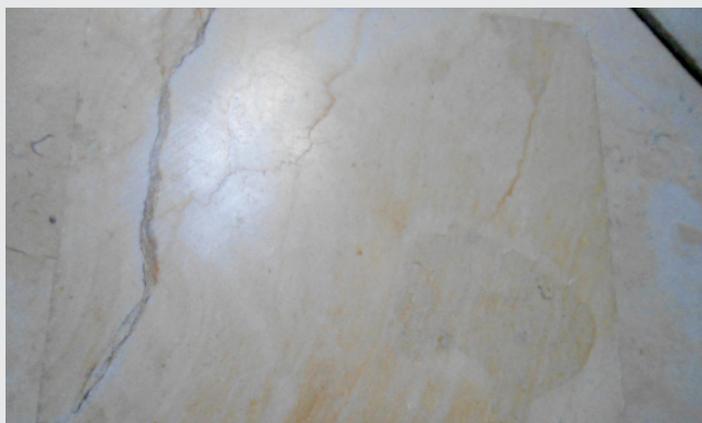


Figura 1. Fotografía del travertino tipo Dorado Tepexi.

Una de las empresas dueñas de una cantera de travertino tipo Dorado Tepexi es la empresa Industrias del Travertino S.A., y que preocupada por la calidad y durabilidad de este material, en una investigación previa realizada en el banco inferior de su cantera de travertino tipo Dorado Tepexi, se determinó que el porcentaje de absorción promedio de agua es de 0.91% y una densidad promedio de 2624 kg/m³ [9]. También, se determinó que su resistencia a la compresión mínima es de 66 MPa [8]. Las propiedades obtenidas cumplen con parámetros dados por la norma ASTM C1527-09 Standard Specification for Travertine Dimension Stone. Sin embargo, dado que la mayoría de

sus productos procesados con este material se venden en zonas costeras, la empresa necesita saber cómo se comporta este material ante ambiente salino.

La presente investigación tiene como finalidad determinar el porcentaje de aumento en la rugosidad mediante una prueba de cristalización de sales con cloruro de sodio en concentraciones al 10%, 16% y 20%, determinando si existe una diferencia entre las distintas concentraciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras de la roca caliza travertino tipo Dorado Tepexi que se utilizaron para la prueba de cristalización de sales se obtuvieron de la cantera ubicada en la ciudad de San Juan Ixcaquixtla, Puebla, México. En la figura 2, se muestra una fotografía de la cantera:



Figura 2. Fotografía de la cantera.

Esta cantera tiene 4 bancos de travertino tipo Dorado Tepexi; sin embargo, actualmente el banco inferior de esta cantera es del que se está extrayendo material para su procesamiento. En la figura 3, se muestra una fotografía del banco inferior:



Figura 3. Fotografía del banco inferior.

A partir de este banco inferior, se extrajeron rocas de muestra, las cuales, se trasladaron a la empresa Industrias del Travertino S.A., ubicada en la Ciudad de Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, para que fuesen procesadas en probetas para la fase experimental.

En la empresa, se cortaron las piedras en una máquina cortadora de puente para obtener lingotes de aproximadamente 50 mm de ancho, 50 mm de espesor y de largo libre. Posteriormente, estos lingotes fueron cortados en una máquina cuadradora para obtener las probetas con dimensiones aproximadas de 50X50X50 mm. finalmente, se seleccionaron 48 probetas que cumplieran con las dimensiones de 50X50X50mm con una tolerancia de $\pm 0.5\text{mm}$; ya que de acuerdo con el diseño del experimento, se contemplaron 4 grupos de 12 probetas por grupo. En la figura 4, se muestran dos fotografías de las 48 probetas seleccionadas:



Figura 5. Fotografía del secado de las 48 probetas.



Figura 4. Fotografías de las 48 probetas seleccionadas.

Para garantizar que las 48 probetas estuviesen completamente secas, se pesaron en una báscula digital marca Mettler Toledo modelo PB3002-S DeltaRange® en las horas 46, 47 y 48, obteniéndose pesos constantes; de tal manera que, en la hora 48 se obtuvo el peso seco en cada probeta.

Posteriormente, se midió la rugosidad inicial de cada probeta con un rugosímetro marca Mitutoyo SJ 201 en cinco puntos diferentes de la cara principal; cabe aclarar que, el parámetro medido con el rugosímetro en esta investigación es el de Ra que es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones desde la línea media del perfil. En la figura 6, se muestra una fotografía de la medición de la probeta PB08 en el punto 3:



Figura 6. Fotografía de la rugosidad inicial de probeta.

La prueba de cristalización de sales se realizó en el área de secado perteneciente al Centro de Competitividad de la Industria del Mármol que se encuentra en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, en la Ciudad de Tepexi de Rodríguez, Puebla, México.

Para iniciar la prueba de cristalización de sales, las 48 probetas de travertino tipo Dorado Tepexi, se secaron en un horno de secado marca Memmert modelo UP 500 a una temperatura de $60 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 horas; en la figura 5, se muestra las 48 probetas dentro del horno de sacado:

En la tabla 1 y en la tabla 2, se muestran los valores obtenidos de la rugosidad superficial inicial medidos en los cinco puntos de cada probeta:

Tabla 1. Rugosidad inicial de las probetas PA y PB.

Número de Probeta	Rugosidad Inicial R_o (μm)					
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Prom
PA01	5.09	8.35	4.97	5.92	4.66	5.80
PA02	7.99	5.82	8.49	5.87	8.93	7.42
PA03	5.32	5.52	4.63	5.29	6.82	5.52
PA04	7.60	5.83	5.97	7.27	6.35	6.60
PA05	4.66	7.59	5.35	6.95	9.36	6.78
PA06	7.18	5.04	5.19	5.81	7.60	6.16
PA07	9.16	7.44	9.48	5.2	8.85	8.03
PA08	9.14	8.80	6.83	5.84	8.48	7.82
PA09	5.13	4.52	4.55	4.86	5.59	4.93
PA10	4.47	5.33	7.11	5.58	9.83	6.46
PA11	4.45	6.28	4.23	9.78	5.23	5.99
PA12	6.99	8.73	4.71	6.93	6.33	6.74
Promedio						6.52
PB01	8.81	6.07	5.51	6.32	7.32	6.81
PB02	4.98	7.85	6.49	5.62	4.67	5.92
PB03	7.11	6.92	8.47	6.82	6.08	7.08
PB04	6.93	7.88	4.52	7.44	8.84	7.12
PB05	7.40	5.60	4.45	6.60	6.20	6.05
PB06	6.84	7.60	4.33	5.56	8.95	6.66
PB07	7.48	6.03	5.23	6.69	4.55	6.00
PB08	5.02	7.00	5.21	8.08	6.37	6.34
PB09	8.33	7.72	8.06	7.02	7.83	7.79
PB10	5.81	8.75	6.82	7.69	6.35	7.08
PB11	8.38	8.78	5.96	5.62	5.4	6.83
PB12	5.14	8.70	4.94	5.09	5.35	5.84
Promedio						6.63

Tabla 2. Rugosidad inicial de las probetas PC y PD.

Número de Probeta	Rugosidad Inicial R_o (μm)					
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Prom
PC01	3.87	5.25	3.82	3.55	10.61	5.42
PC02	4.91	6.84	3.46	4.59	4.23	4.81
PC03	4.70	3.52	8.40	5.94	8.36	6.18
PC04	8.46	8.37	6.81	3.90	3.77	6.26
PC05	2.57	7.88	8.16	6.39	7.09	6.42
PC06	7.43	5.42	5.97	10.17	5.76	6.95
PC07	11.81	5.80	13.09	12.09	11.01	10.76
PC08	10.28	5.25	5.21	13.85	8.72	8.66
PC09	2.84	4.86	7.91	3.49	2.35	4.29
PC10	6.53	8.82	10.35	7.98	7.46	8.23
PC11	6.61	5.33	5.62	7.04	2.60	5.44
PC12	10.28	6.05	3.71	6.35	5.65	6.41
Promedio						6.65
PD01	8.05	6.35	4.65	5.63	6.43	6.22
PD02	11.17	6.40	3.92	4.45	5.16	6.22
PD03	5.12	5.21	6.72	4.68	4.28	5.20
PD04	5.11	5.67	5.55	5.95	8.21	6.10
PD05	5.85	5.67	6.74	7.74	9.01	7.00
PD06	4.91	5.46	5.09	6.44	5.82	5.54
PD07	6.41	8.30	7.43	6.41	7.74	7.26
PD08	4.93	4.21	5.79	5.84	7.84	5.72
PD09	4.49	4.54	5.56	5.42	4.24	4.85
PD10	7.32	9.18	9.87	9.72	6.23	8.46
PD11	7.00	5.73	9.16	5.40	5.02	6.46
PD12	7.66	7.49	8.53	7.26	8.77	7.94
Promedio						6.42

Después de medir la rugosidad inicial, se prepararon tres soluciones salinas de cloruro de sodio con concentraciones al 10%, 16% y 20%; de esta forma, las probetas PB01 a PB12 se sumergieron en un contenedor con cloruro de sodio al 10%, las probetas PC01 a PC12 se sumergieron en un contenedor con cloruro

de sodio al 16%, las probetas PD01 a PD12 se sumergieron en un contenedor con cloruro de sodio al 20%, y las probetas del grupo de control PA01 a PA12 se sumergieron en agua destilada. En la Figura 7, se muestran las 48 probetas sumergidas en las soluciones salinas:



Figura 7. Fotografías de la inmersión de las 48 probetas.



Figura 8. Fotografías del lavado de las 48 probetas.

Para garantizar que las 48 probetas estuviesen saturadas, se pesaron en una báscula digital marca Mettler Toledo modelo PB3002-S DeltaRange® en la hora 46, 47 y 48, obteniendo pesos constantes; de tal manera que, en la hora 48 se obtuvo el peso saturado en cada probeta.

El ciclo de la prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio se inició secando las probetas saturadas en un horno de secado marca Memmert modelo UP 500 a una temperatura constante de 60°C, durante 16 horas. Después, las probetas se enfriaron a temperatura ambiente promedio de 22°C durante 2 horas. Finalmente, las probetas se sumergieron en los contenedores con las distintas soluciones durante 6 horas.

El ciclo de secado-enfriado-inmersión que duró 24 horas, se repitió durante 15 ciclos. Después, se procedió a quitar el exceso de sal lavando las probetas con agua destilada hasta que la sal fuese eliminada por completo. Para garantizar que las probetas no tuvieran sal, se midió la resistividad del agua destilada hasta que coincidiera con la resistividad inicial de 0.2MΩ. En la figura 8, se muestra una fotografía del lavado de las probetas:

Después de lavar las 48 probetas, las probetas se secaron en un horno marca Memmert modelo UP 500 a una temperatura de $60 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta que las probetas tuvieran peso seco.

Posteriormente, se midió la rugosidad final de cada probeta con un rugosímetro marca Mitutoyo SJ 201 en cinco puntos de la cara principal de la probeta; cabe aclarar que, el parámetro medido con el rugosímetro en esta investigación es el de Ra que es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones desde la línea media del perfil de medición. En la figura 9, se muestra una fotografía de la medición de la rugosidad final de la probeta PC01 en el punto 1:



Figura 9. Fotografía de la rugosidad final de probeta.

En la tabla 3 y en la tabla 4, se muestran los valores obtenidos de la rugosidad superficial final medidos en los cinco puntos de cada probeta:

Tabla 3. Rugosidad final de las probetas PA y PB.

Número de Probeta	Rugosidad Inicial R_o (μm)					Prom
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	
PA01	5.09	8.35	4.97	5.92	4.66	5.80
PA02	7.99	5.82	8.49	5.87	8.93	7.42
PA03	5.32	5.52	4.63	5.29	6.82	5.52
PA04	7.60	5.83	5.97	7.27	6.35	6.60
PA05	4.66	7.59	5.35	6.95	9.36	6.78
PA06	7.18	5.04	5.19	5.81	7.60	6.16
PA07	9.16	7.44	9.48	5.2	8.85	8.03
PA08	9.14	8.80	6.83	5.84	8.48	7.82
PA09	5.13	4.52	4.55	4.86	5.59	4.93
PA10	4.47	5.33	7.11	5.58	9.83	6.46
PA11	4.45	6.28	4.23	9.78	5.23	5.99
PA12	6.99	8.73	4.71	6.93	6.33	6.74
Promedio						6.52
PB01	8.81	6.07	5.51	6.32	7.32	6.81
PB02	4.98	7.85	6.49	5.62	4.67	5.92
PB03	7.11	6.92	8.47	6.82	6.08	7.08
PB04	6.93	7.88	4.52	7.44	8.84	7.12
PB05	7.40	5.60	4.45	6.60	6.20	6.05
PB06	6.84	7.60	4.33	5.56	8.95	6.66
PB07	7.48	6.03	5.23	6.69	4.55	6.00
PB08	5.02	7.00	5.21	8.08	6.37	6.34
PB09	8.33	7.72	8.06	7.02	7.83	7.79
PB10	5.81	8.75	6.82	7.69	6.35	7.08
PB11	8.38	8.78	5.96	5.62	5.4	6.83
PB12	5.14	8.70	4.94	5.09	5.35	5.84
Promedio						6.63

Tabla 4. Rugosidad final de las probetas PC y PD.

Número de Probeta	Rugosidad Inicial R_o (μm)					Prom
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	
PC01	3.87	5.25	3.82	3.55	10.61	5.42
PC02	4.91	6.84	3.46	4.59	4.23	4.81
PC03	4.70	3.52	8.40	5.94	8.36	6.18
PC04	8.46	8.37	6.81	3.90	3.77	6.26
PC05	2.57	7.88	8.16	6.39	7.09	6.42
PC06	7.43	5.42	5.97	10.17	5.76	6.95
PC07	11.81	5.80	13.09	12.09	11.01	10.76
PC08	10.28	5.25	5.21	13.85	8.72	8.66
PC09	2.84	4.86	7.91	3.49	2.35	4.29
PC10	6.53	8.82	10.35	7.98	7.46	8.23
PC11	6.61	5.33	5.62	7.04	2.60	5.44
PC12	10.28	6.05	3.71	6.35	5.65	6.41
Promedio						6.65
PD01	8.05	6.35	4.65	5.63	6.43	6.22
PD02	11.17	6.40	3.92	4.45	5.16	6.22
PD03	5.12	5.21	6.72	4.68	4.28	5.20
PD04	5.11	5.67	5.55	5.95	8.21	6.10
PD05	5.85	5.67	6.74	7.74	9.01	7.00
PD06	4.91	5.46	5.09	6.44	5.82	5.54
PD07	6.41	8.30	7.43	6.41	7.74	7.26
PD08	4.93	4.21	5.79	5.84	7.84	5.72
PD09	4.49	4.54	5.56	5.42	4.24	4.85
PD10	7.32	9.18	9.87	9.72	6.23	8.46
PD11	7.00	5.73	9.16	5.40	5.02	6.46
PD12	7.66	7.49	8.53	7.26	8.77	7.94
Promedio						6.42

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos de la rugosidad promedio inicial (R_o) de las probetas dados en la tabla 1 y la tabla 2, y de los datos obtenidos de la rugosidad promedio final (R_f) de las probetas dados en la Tabla 3 y la Tabla 4, se obtiene el porcentaje de aumento en la rugosidad (AR) de cada probeta individual mediante la Ec. (1):

$$AR = \frac{R_f - R_o}{R_o} \times 100\% \quad \text{Ec. (1)}$$

En la tabla 5 y en la tabla 6, se muestra el concentrado de los resultados del porcentaje de aumento de la rugosidad de cada probeta después de la prueba de cristalización de sales obtenidos a partir de la Ec. (1):

Tabla 5. Porcentaje de aumento de la rugosidad de las probetas PA y PB.

Número de Probeta	Rugosidad Promedio Inicial R_o (μm)	Rugosidad Promedio Final R_F (μm)	Porcentaje de Aumento de la Rugosidad AR (%)
PA01	5.80	6.38	10.04
PA02	7.42	7.71	3.88
PA03	5.52	5.91	7.14
PA04	6.60	6.83	3.36
PA05	6.78	6.89	1.65
PA06	6.16	6.50	5.39
PA07	8.03	8.24	2.62
PA08	7.82	8.27	5.76
PA09	4.93	5.26	6.65
PA10	6.46	7.24	12.07
PA11	5.99	6.43	7.31
PA12	6.74	7.42	10.12
Promedio	6.52	6.92	6.33
PB01	6.81	8.61	26.54
PB02	5.92	8.31	40.26
PB03	7.08	7.80	10.23
PB04	7.12	9.11	27.94
PB05	6.05	8.53	41.06
PB06	6.66	7.91	18.87
PB07	6.00	7.48	24.68
PB08	6.34	8.94	41.10
PB09	7.79	8.64	10.83
PB10	7.08	8.05	13.64
PB11	6.83	8.41	23.11
PB12	5.84	6.78	16.05
Promedio	6.63	8.21	24.52

A partir de los resultados obtenidos de la Tabla 5 y de la Tabla 6, se muestra que para la solución con concentración del 10% existe un aumento en la rugosidad del 24.52%, para la solución con concentración del 16% existe un aumento en la rugosidad del 85.40%, y para la solución con concentración del 20% existe un aumento en la rugosidad del 57.76%.

Para comparar los resultados obtenidos del porcentaje de aumento de la rugosidad en las distintas concentraciones de cloruro de sodio, se debe realizar un análisis de varianza de un factor para determinar si existe una diferencia significativa en el porcentaje de las concentraciones de cloruro de sodio, para realizar este análisis, se deben concentrar todos porcentajes. En la tabla 7, se concentran los resultados del porcentaje de aumento de la rugosidad en cada solución salina, obtenidos de la tabla 5 y de la tabla 6:

Tabla 6. Porcentaje de aumento de la rugosidad de las probetas PC y PD.

Número de Probeta	Rugosidad Promedio Inicial R_o (μm)	Rugosidad Promedio Final R_F (μm)	Porcentaje de Aumento de la Rugosidad AR (%)
PC01	5.42	11.27	107.93
PC02	4.81	9.15	90.47
PC03	6.18	10.63	71.83
PC04	6.26	14.37	129.51
PC05	6.42	12.26	90.96
PC06	6.95	11.19	61.01
PC07	10.76	14.89	38.36
PC08	8.66	10.97	26.60
PC09	4.29	11.10	158.65
PC10	8.23	9.66	17.36
PC11	5.44	12.35	126.95
PC12	6.41	13.15	105.21
Promedio	6.65	11.75	85.40
PD01	6.22	11.20	80.04
PD02	6.22	9.24	48.59
PD03	5.20	10.62	104.11
PD04	6.10	9.04	48.31
PD05	7.00	10.03	43.19
PD06	5.54	7.54	36.08
PD07	7.26	12.83	76.80
PD08	5.72	11.71	104.72
PD09	4.85	8.93	84.08
PD10	8.46	9.77	15.48
PD11	6.46	8.73	35.17
PD12	7.94	8.97	12.99
Promedio	6.42	9.89	57.46

A partir de los valores del porcentaje de aumento en la rugosidad en cada una de las concentraciones dados en la tabla 7, en la figura 10 se muestra la gráfica comparativa del porcentaje de aumento en la rugosidad en cada concentración:

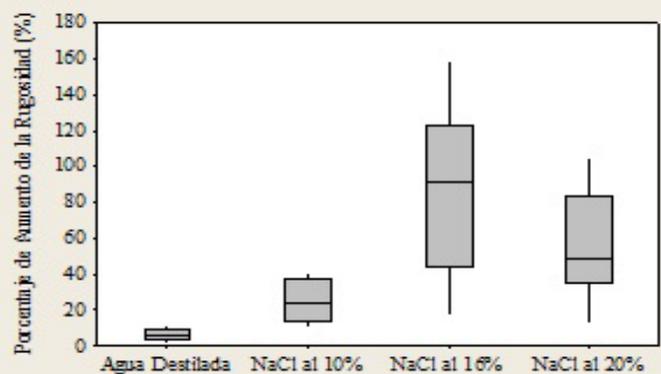


Figura 10. Gráfica comparativa del porcentaje de aumento de la rugosidad.

Tabla 7. Concentrado del porcentaje de aumento de la rugosidad de las probetas.

Número de Probeta	Porcentaje de Aumento de la Rugosidad AR (%)			
	Agua Destilada Probetas PA	Cloruro de Sodio al 10% Probetas PB	Cloruro de Sodio al 16% Probetas PC	Cloruro de Sodio al 20% Probetas PD
01	10.04	26.54	107.93	80.04
02	3.88	40.26	90.47	48.59
03	7.14	10.23	71.83	104.11
04	3.36	27.94	129.51	48.31
05	1.65	41.06	90.96	43.19
06	5.39	18.87	61.01	36.08
07	2.62	24.68	38.36	76.80
08	5.76	41.10	26.60	104.72
09	6.65	10.83	158.65	84.08
10	12.07	13.64	17.36	15.48
11	7.31	23.11	126.95	35.17
12	10.12	16.05	105.21	12.99
Promedio	6.33	24.52	85.40	57.46

Con los datos de la Tabla 7, se realizó un análisis de varianza de un factor; los resultados obtenidos de dicho análisis se muestran en la tabla 8:

Tabla 8. Resultdo del análisis de varianza de un factor.

Origen de las variac.	Suma de cuad.	Grad de lib.	Prom. de los cuad.	F	Prob.	F crítico
Entre grupos	44308	3	14769	19.30	3.9 E-08	2.82
Dentro de los grupos	33678	44	765	-	-	-
Total	77986	47	-	-	-	-

A partir de los resultados del análisis de varianza obtenidos en la tabla 8, se muestra que como $F=19.30$ es mayor que $F \text{ crítico}=2.82$, se dice que con una significancia del 5%, sí existe una diferencia significativa en las concentraciones de cloruro de sodio. Por lo tanto, el mayor porcentaje de aumento de la rugosidad se obtuvo con una concentración de cloruro de sodio al 16%. De esta forma, las conclusiones de la presente investigación son:

- La mayor alteración en la rugosidad de la roca caliza travertino tipo Dorado Tepexi extraída del banco inferior utilizando una solución de cloruro de sodio se obtiene con una concentración del 16%.

- El porcentaje de aumento de la rugosidad de la roca caliza travertino tipo Dorado Tepexi extraída del banco inferior es del 85.40%.

- El porcentaje de aumento en la rugosidad obtenido es demasiado alto, por lo que se recomienda el uso de antidegradantes superficiales para mitigar la alteración sufrida.

REFERENCIAS

[1] Iñigo, A.; Vicente, M. Y Rives, V. (2000). Reproducción en Cámara Climática de las Formas de Alteración Más Frecuentes Detectadas en Materiales Graníticos, en *Clima de Tendencia Continental. Materiales de Construcción*, 50(257), 57-60.

[2] Eibert, R; Montoto, M. Y Ordaz, J. (1991). La Piedra como Material de Construcción: Durabilidad, Deterioro y Conservación. *Materiales de Construcción*, 41(221), 61-73.

[3] Grossi, C. Y Eibert, M. (1994). Las Sales Solubles en el Deterioro de Rocas Monumentales. *Revisión Bibliográfica. Materiales de Construcción*, 44(235), 15-30.

[4] Alonso, F.; Eibert, R.; Ordaz, J. Y Vázquez, P. (2006). Análisis del Deterioro en los Materiales Pétreos de Edificación. *RECOPAR*, 3, 23-32. ISSN: 1886-2497

[5] Benavente, D.; Bernabéu, A. Y Cañaveras, J. (2004). Estudio de Propiedades Físicas de las Rocas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12(1), 62-68. ISSN: 1132-9157.

[6] Benavente García, David. Tesis Doctoral: Modelización y estimación de la durabilidad de materiales pétreos porosos frente a la cristalización de sales. *Universidad de Alicante, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Alicante, España. Julio, 2002.*

[7] Fort, R.; Álvarez, M.; Vázquez, C. Y Gómez, L. (2013). Análisis de la microrugosidad mediante técnicas portátiles: aplicaciones y casos de estudio en patrimonio. *Las Ciencias y el Arte IV. Ciencias Experimentales y Conservación del Patrimonio*. 198-216.

[8] Azcaray Rivera, Marcos Manuel. Tesis de licenciatura: Determinación de la Resistencia a la Compresión del Travertino tipo Dorado Tepexi en la Zona 1 y Zona 2 de la Cantera de Industrias del Travertino. *Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, Ingeniería Mecánica. Tepexi de Rodríguez, Puebla, México. Diciembre, 2015.*

[9] Morales, A.; Flores, S. Y Hernández, J. (2015). Determinación de las Propiedades de Absorción y Densidad de la Roca Caliza Travertino tipo Dorado Tepexi. *Ingeniantes*, 1(1), 8-14. ISSN: 2395-9452. 2015.



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Interfaz de potencia de estado sólido y relevadores, controlada mediante dispositivos móviles

RESUMEN: En la actualidad, la comunicación entre dispositivos electrónicos es una necesidad tecnológica básica, en particular los dispositivos que se encuentran a corta distancia y que normalmente se comunican entre sí por medios alambrados. Los sistemas inmersos ligados a la tecnología inalámbrica como el Bluetooth pueden utilizarse para el desarrollo de circuitos de interfaz de potencia capaces de controlar dispositivos de VCA y VCD de forma inalámbrica a bajo costo. Los relevadores, y los circuitos de control de fase representan los métodos típicos de activación de cargas de VCA y VCD.

Este artículo presenta el diseño y desarrollo de un sistema inmerso basado en un microcontrolador PIC16F887 para el control de una interfaz de potencia mediante una interfaz de datos RS232-Bluetooth y una aplicación móvil Android Os.

La interfaz de potencia diseñada es capaz de controlar hasta 6 relevadores, y controlar el ciclo de trabajo de señales de 120VCA a 60HZ y señales de VCD para la activación de cargas inductivas y resistivas.

PALABRAS CLAVE: PWM, control de fase, detector cruce por cero, sistema inmerso, microcontrolador, aplicación móvil, interfaz RS232-Bluetooth, CCS, App Inventor.



Colaboración

Jacobo Gómez Agis, José Francisco Martínez Lendeche, Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo.

ABSTRACT: Currently, the communication between electronic devices is a basic technological need, particularly those devices that are within walking distance and normally communicate with each other by means wired. The embedded system linked to the wireless technology like Bluetooth can be used to develop power interface circuits able to control VAC and VDC devices wirelessly at low cost. Relays and AC phase control circuits represent the typical methods of activation of VAC and VDC loads.

This paper presents the design and development of an embedded system based on a PIC16F887 microcontroller for the control of a power interface using a Bluetooth - RS232 interface data and an Android Os mobile application. The designed power interface is able to control up to 6 relays and control the duty cycle in 120VAC signal at 60HZ and VCD signals for activation of inductive and resistive loads.

KEYWORDS: PWM, AC phase control, zero crossing detection, embedded system, microcontroller, mobile application, RS232 - Bluetooth interface, CCS, App Inventor.

INTRODUCCIÓN

Las interfaces de potencia son circuitos de acoplamiento utilizados para la activación de actuadores eléctricos que demandan altas cantidades corrientes. Las interfaces de potencias son construidas a partir de dispositivos electrónicos de estado sólido como SCR, TRIAC, BJT, AOP y otros, así como también de dispositivos electromecánicos como relevadores y contactores.

En la actualidad, la comunicación entre dispositivos electrónicos es una necesidad tecnológica básica, en particular los dispositivos que se encuentran a corta distancia y que normalmente se comunican entre sí por medios alambrados. Debido al escenario anterior, la tendencia actual son tecnologías inalámbricas de corto alcance como el Bluetooth, que es una tecnología emergente especializada en la comunicación entre dis-

positivos fijos y móviles a distancias no más allá de 10m, permitiendo el intercambio de información inalámbrica de manera segura [1].

Hoy en día, los recursos que ofrecen los dispositivos móviles son muy diversos y accesibles como teclados táctiles, GPS, acelerómetros, reconocimiento de voz, comunicación Bluetooth y otros, convirtiendo lo anterior en una opción atractiva y económica para el control de aplicaciones electrónicas en tiempo real. Debido a estas ventajas, se han desarrollado interfaces inalámbricas para dispositivos programables [6] [7] y sistemas inmersos con dispositivos móviles [8] [10] representando un avance sustancial para el control de aplicaciones electrónicas inalámbricas y la domótica [13] [14] [15].

El objetivo de este artículo es mostrar la aplicación de los sistemas inmersos en el desarrollo de circuitos de interfaz de potencia vía inalámbrica, el cual permite su control en tiempo real mediante dispositivos móviles y manteniendo la funcionalidad del sistema sin requerir una conexión permanente entre el microcontrolador y el dispositivo móvil.

Este artículo consiste de una descripción de los diferentes componentes de la aplicación: TRIAC y control de fase, detección de cruce por cero, modulador de ancho de pulso, relevadores, transistores Darlington, el protocolo Bluetooth, el sistema inmerso desarrollado y finalmente se presentan los resultados y las conclusiones de este trabajo.

Triac y control de fase

Un TRIAC es un dispositivo electrónico de estado sólido de tres terminales usado para controlar la corriente promedio de VCA que fluye hacia una carga [9]. Cuando el TRIAC está apagado, actúa como interruptor abierto evitando el flujo de corriente entre las terminales principales; sin embargo, cuando el TRIAC es disparado, existe un flujo de corriente de una terminal hacia la otra (MT2 y MT1), con la dirección del flujo de la polaridad del voltaje externamente aplicado. Su circuito típico de disparo se muestra en la figura 1.

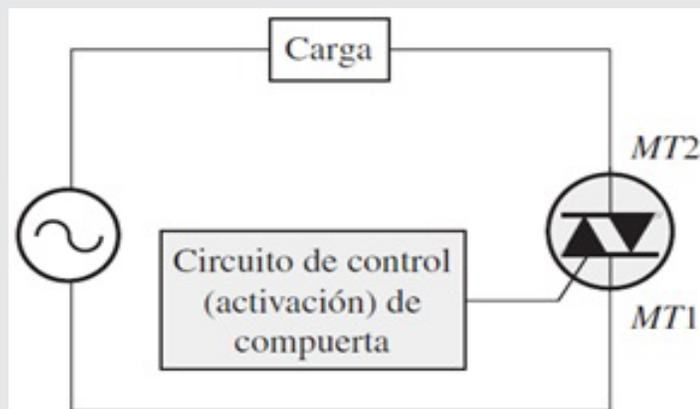


Figura 1. Circuito típico de disparo del TRIAC.

La corriente promedio suministrada a la carga se puede variar mediante el cambio de la cantidad de tiempo por ciclo que el TRIAC permanece encendido. Si permanece menor tiempo del ciclo encendido, el flujo de corriente promedio es bajo, si permanece mayor tiempo del ciclo encendido, entonces la corriente promedio será alta, tal y como se muestra en la figura 2.

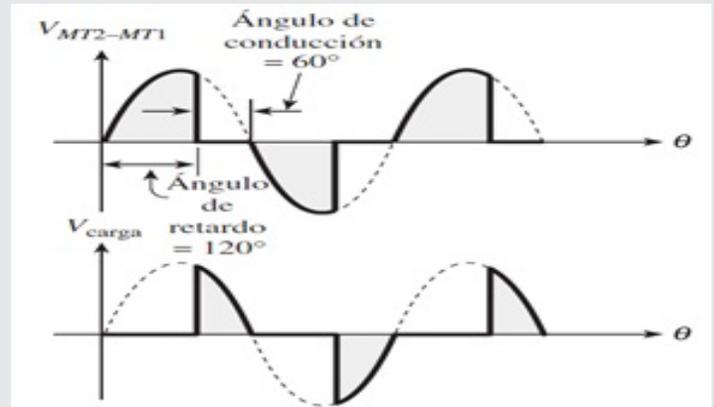


Figura 2. Formas de onda del TRIAC.

Para poder generar un voltaje de carga deseado es necesario controlar el ángulo de disparo del TRIAC por medio de una señal de PWM que se encuentre sincronizada con la señal de la línea (120VAC, 60Hz) mediante detectores de cruce por cero. Cada vez que ocurre un disparo, el TRIAC permanece en conducción hasta que la señal cruza por cero [11], [12]. De esta manera se puede controlar el disparo y el voltaje promedio que se quiere aplicar a la carga como se muestra en la figura 3.

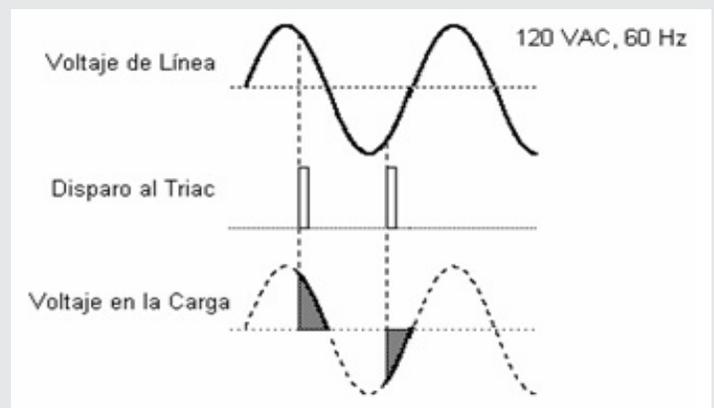


Figura 3. Señales de voltaje de línea, disparo del TRIAC, y ángulo de conducción.

Detección de cruce por cero

Los detectores de cruce por cero, son circuitos electrónicos utilizados en señales de corriente alterna para determinar el momento preciso en que la señal alterna corta el eje, tal y como se muestra en la figura 4. Esta referencia es necesaria para poder establecer un punto de referencia a partir del cual se pueda disparar un tiristor con una señal PWM. Estos circuitos pueden ser construidos a partir de opto-acopladores o de amplificadores operacionales.

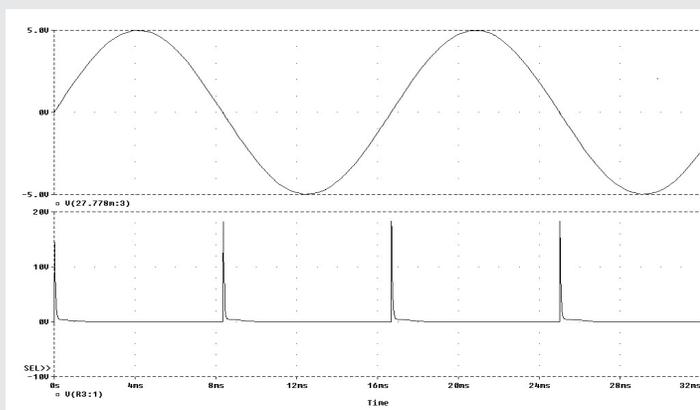


Figura 4. Señal de salida de un circuito detector de cruce por cero.

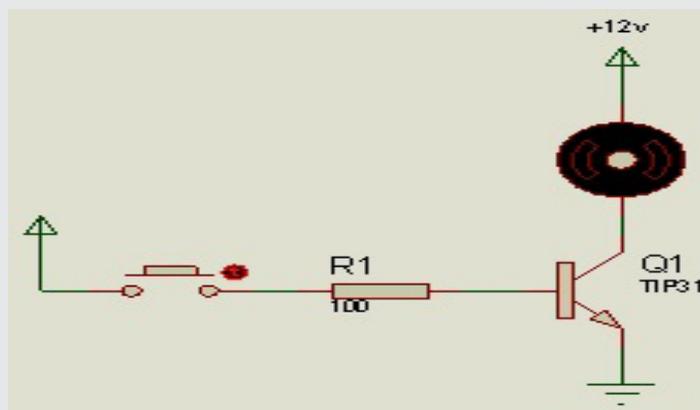


Figura 6. Circuito típico de corte o saturación de un transistor Darlington NPN.

Modulación de ancho de pulso

La modulación de ancho de pulso (PWM, por sus siglas en inglés) es un proceso en el que una señal se transforma en una serie de pulsos con anchos que pueden variar según la frecuencia y ciclo de trabajo deseado. El ciclo de trabajo (medido en porcentaje) establece la cantidad de tiempo que la señal permanece en estado lógico alto, en proporción al tiempo total que requiere la señal para realizar un ciclo completo. La frecuencia determina que tan rápido se completa un ciclo. Algunas señales PWM con diferentes ciclos de trabajo se muestran en la figura 5.

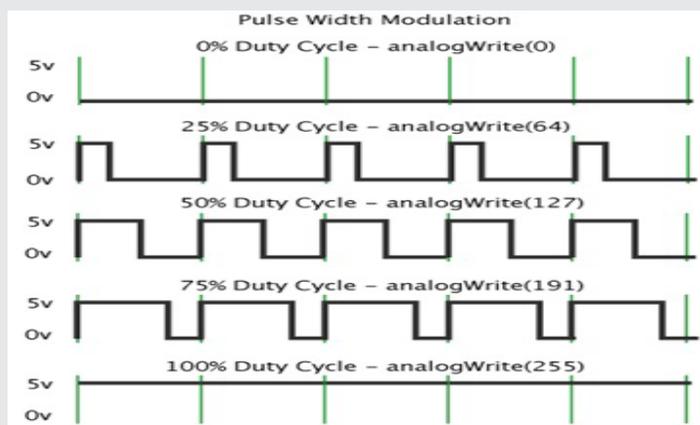


Figura 5. Señales PWM con diferentes ciclos de trabajo

Transistores Darlington

Los transistores Darlington se caracterizan por su configuración de dos transistores conectados en cascada, cuya ganancia de corriente total es el producto de las ganancias de corriente de cada transistor. La conmutación de un transistor de potencia se da en casos en que se requiere que el transistor esté en estado de corte o saturación ante un pulso eléctrico como el circuito de la figura 6.

Relevadores

Un relevador es un dispositivo electromagnético que permiten abrir o cerrar contactos eléctricos independientes, a partir de la activación de su circuito eléctrico que está compuesto de una bobina y un electroimán. Estos dispositivos gozan de gran aceptación para operaciones de conmutación y control de cargas con pequeñas o altas tensiones.

Protocolo Bluetooth

Bluetooth ofrece un protocolo de comunicaciones inalámbricas de bajo consumo de potencia que opera en la banda de 2,4 GHz. Su enlace es altamente confiable en comunicaciones digitales, ya que habilita mecanismos de detección de error, ofrece una inmunidad natural a la interferencia y habilita procesos de encriptación para garantizar comunicaciones confiables y seguras [1].

Sistema inmerso basado en microcontrolador con comunicación inalámbrica

Un sistema inmerso basado en microcontrolador puede definirse como una microcomputadora controlada por software fiable y equipada con un mínimo de componentes (RAM, ROM, puertos de entrada/salida, sensores actuadores, etc.) para operar en distintos entornos y realizar tareas o funciones específicas de forma autónoma en tiempo real [5], [2]. Si a lo anterior se añade la capacidad de comunicarse con dispositivos móviles, lo convierte en una opción atractiva y económica para el control de aplicaciones electrónicas. Esta modificación puede explotarse en la activación a distancia de actuadores eléctricos como lámparas, ventiladores, motores, bombas hidráulicas, compresores, entre otros.

Desarrollo del sistema

El sistema inmerso descrito en este trabajo, permite a los usuarios controlar hasta 6 salidas a relevador, y 2 salidas PWM para el control de fase de cargas de VCA y VCD mediante dispositivos móviles. El sistema utiliza como interfaz de control cualquier dispositivo móvil Android Os a través del protocolo de comunicación Bluetooth a una

distancia máxima de 10m. La figura 7 muestra el esquema básico del sistema inmerso desarrollado.

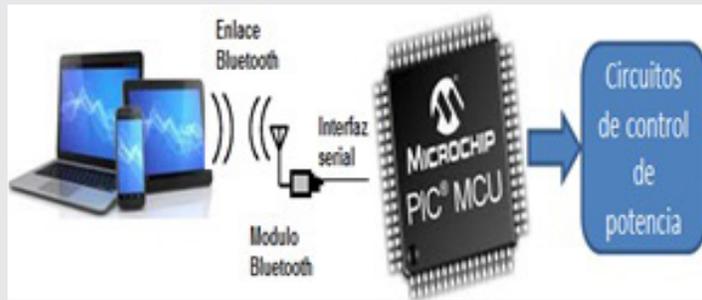


Figura 7. Esquema básico del sistema inmerso con comunicación Bluetooth.

A. Hardware

Utilizando un microcontrolador PIC16F887, una tarjeta de relevadores, un detector de cruce por cero, un circuito de control de disparo de un TRIAC, un circuito de polarización de transistor y un módulo de comunicación Bluetooth HC-06, se realizó el diseño del sistema inmerso de la interfaz de potencia con comunicación Bluetooth.

El principio de funcionamiento del circuito de control está basado en el diagrama a bloques que se muestra en la figura 8, donde el microcontrolador manda datos directamente a una tarjeta de relevadores para el control de cargas de VCA o VCD. El microcontrolador utiliza un detector de cruce por cero para establecer un punto de referencia a partir del cual activar el circuito de control de disparo del TRIAC (mediante una salida PWM) y obtener un control de fase en cargas de VCA. Para el control de cargas de VCD, el microcontrolador envía otra salida PWM para activar un circuito de polarización de transistor. Finalmente, el microcontrolador está conectado al módulo Bluetooth para habilitar la comunicación bidireccional con dispositivos móviles.

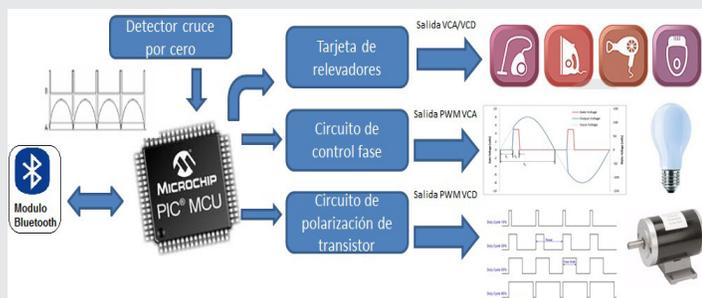


Figura 8. Diagrama a bloques del circuito de interfaz de potencia controlado mediante dispositivos móviles.

El circuito de relevadores mostrado en la figura 9 se basa en un microcontrolador que se comunica directamente con un driver ULN2803 que activa un grupo de relevadores permitiendo controlar hasta 6 cargas de VCD o VCA.

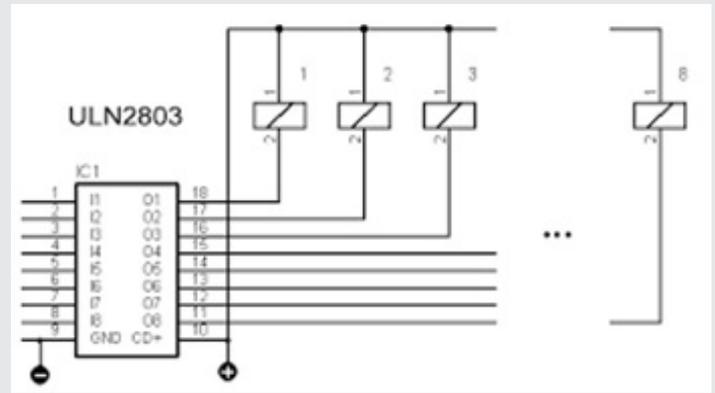


Figura 9. Diagrama esquemático de la tarjeta de relevadores.

Para el control de fase en cargas de VCA, es primordial la detección del cruce por cero de la señal de la línea de 120VAC a 60 Hz, mediante el circuito de la figura 10.

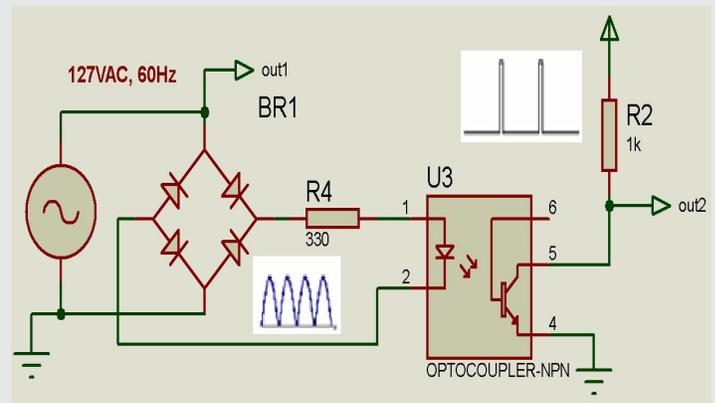


Figura 10. Circuito detector cruce por cero.

Si la frecuencia del semiciclo positivo o negativo es de 120Hz, se tiene un $T=0.00833\text{seg}$. Por lo tanto un ciclo de trabajo al 100% significa que el TRIAC permanece activo durante 0.00833 segundos durante cada semiciclo. Si se desea que el TRIAC controle un ciclo de trabajo deseado, se debe controlar el tiempo que permanece disparado el TRIAC cada vez que exista un cruce por cero esperando la diferencia de tiempo entre el ciclo de trabajo completo y el deseado, utilizando las Ec. 1 y 2

$$T_{\text{activo}} = 0.00833D \quad \text{Ec. (1)}$$

$$T_{\text{espera}} = 0.00833 - T_{\text{activo}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde $D = \%$ ciclo de trabajo deseado

Para un ciclo de trabajo de 60%, el TRIAC espera 0.0033 segundos después de detectar un cruce por cero y permanece activo 0.005 segundos; repitiendo esta acción en cada cruce por cero como se muestra en la figura 11.

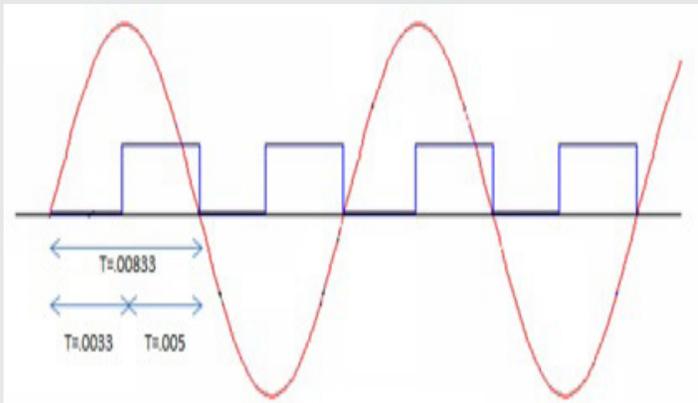


Figura 11. Grafica de señales del PWM.

El circuito de acoplamiento de potencia de VCA de la figura 12, consiste de un circuito de disparo de un TRIAC optoacoplado y de una señal de control PWM producida por el microcontrolador, permitiendo activar cargas resistivas e inductivas de 127 VCA a un ciclo de trabajo deseado.

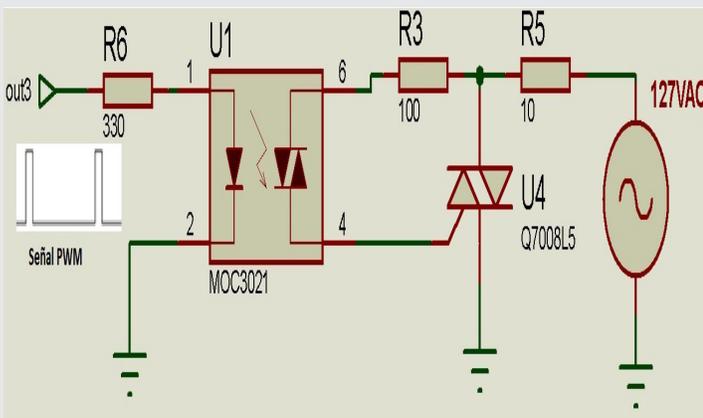


Figura 12. Circuito de disparo del TRIAC optoacoplado.

Para el circuito de acoplamiento de potencia de VCD, se utilizó el circuito de polarización de transistor mostrado en la figura 13. Este circuito recibe una señal PWM generada por el microcontrolador para trabajar el transistor en estado de corte o saturación, permitiendo activar cargas de VCD para un ciclo de trabajo deseado.

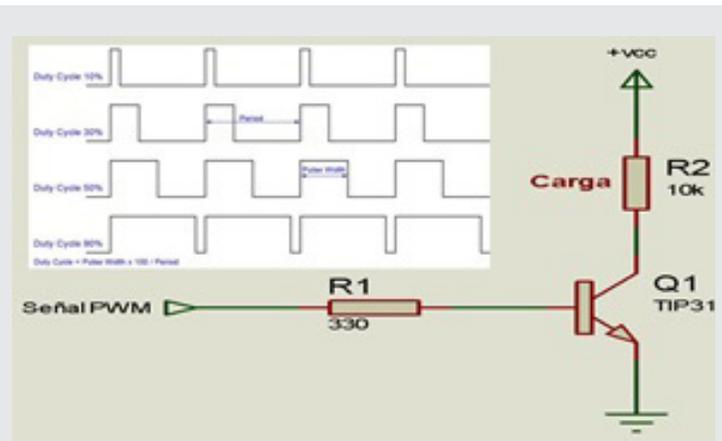


Figura 13. Circuito de polarización de transistor.

B. Interfaz RS232-Bluetooth

Los microcontroladores poseen módulos internos de comunicación (UART, SPI, I2C, etc.) para establecer la comunicación de datos en forma serial con otros componentes o dispositivos [3]. En particular, la interfaz RS232-Bluetooth utiliza el módulo UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) con formato NRZ, y los siguientes parámetros: 9600 Baudios, 8 bits de datos, No paridad, y 1 bit de paro para la comunicación full-duplex y cuyos parámetros de configuración son los mismos con los que opera el módulo de comunicación Bluetooth HC-06 para establecer enlaces inalámbricos. De esta manera, el microcontrolador se comunica con el módulo HC-06 para el envío y recepción de datos utilizando el protocolo RS232. El módulo HC-06 se comunica con dispositivos móviles de manera bidireccional utilizando el protocolo de comunicación Bluetooth como se muestra en la figura 14.

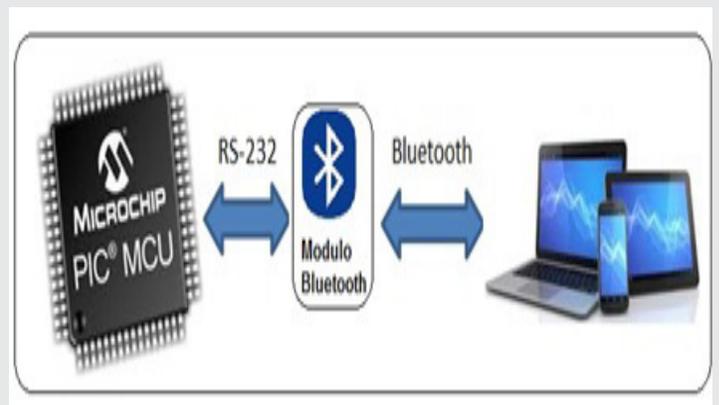


Figura 14. Interfaz RS232-Bluetooth.

C. Software

Para el desarrollo del sistema inmerso se utilizó el IDE (integrated development environment) CCS C compiler, por su versatilidad, y por ser de distribución libre,

lo cual permite reducir los costos de desarrollo. Dispone de una amplia librería de funciones predefinidas, comandos de procesamiento, además de numerosos controladores para dispositivos electrónicos [3]. En lo que concierne el desarrollo de la aplicación móvil de control, se utilizó App Inventor. App Inventor es una aplicación web que ofrece a los usuarios un entorno de desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles Android Os, a través de un módulo Web y un editor de bloques de funciones Open Blocks de Java [4].

RESULTADOS

Las pruebas realizadas a la interfaz de potencia permitieron cuantificar los parámetros mostrados en la tabla I. La medición de potencia consumida se realizó con equipo de medición eléctrica. Respecto a la máxima corriente y voltaje soportado por las salidas a relevador y salidas PWM (con TRIAC, y Darlington), hemos utilizado los datos de la hoja de especificaciones del fabricante. Para el uso de la aplicación desarrollada Bluetooth Control Device, se utilizó dispositivos móviles que contaran con el sistema Android O.S. versión 4.0 y superiores. Finalmente se realizaron pruebas de funcionalidad en casas habitación, laboratorios, edificios, aulas didácticas, pasillos, y espacios libres para uso público bajo condiciones no controladas de consumo eléctrico, y conexiones externas Bluetooth de dispositivos móviles.

Tabla 1. Resultados obtenidos de la interfaz de potencia.

Número de Probeta	Porcentaje de Aumento de la Rugosidad AR (%)			
	Agua Destilada Probetas PA	Cloruro de Sodio al 10% Probetas PB	Cloruro de Sodio al 16% Probetas PC	Cloruro de Sodio al 20% Probetas PD
01	10.04	26.54	107.93	80.04
02	3.88	40.26	90.47	48.59
03	7.14	10.23	71.83	104.11
04	3.36	27.94	129.51	48.31
05	1.65	41.06	90.96	43.19
06	5.39	18.87	61.01	36.08
07	2.62	24.68	38.36	76.80
08	5.76	41.10	26.60	104.72
09	6.65	10.83	158.65	84.08
10	12.07	13.64	17.36	15.48
11	7.31	23.11	126.95	35.17
12	10.12	16.05	105.21	12.99
Promedio	6.33	24.52	85.40	57.46

Mediante este sistema se realizó la comunicación entre dispositivos móviles y el PIC16F887 implementando una interfaz RS232-Bluetooth. La interfaz de potencia mostrada en la figura 15 es capaz de controlar hasta 6 relevadores (que pueden activar y desactivar todo tipo de dispositivos electrodomésticos), controlar el ciclo de trabajo (de 0 al 100%) de una señal de 120VCA y 60HZ para la activación de cargas inductivas y resistivas (lámparas, motores monofásicos), y controlar el ciclo de trabajo (de 0 al 100%) de una señal VCD para la activación de cargas pequeñas (tiras de LED, motores de CD). La distancia máxima de operación mediante el dispositivo móvil fue de 10m.

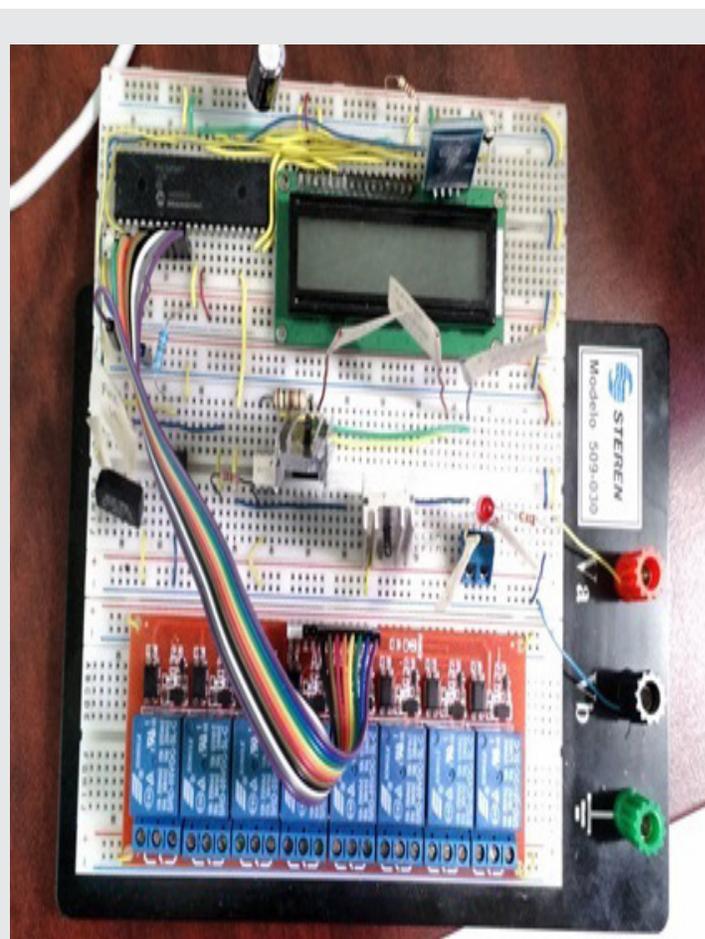


Figura 15. Interfaz de potencia controlada mediante dispositivos móviles desarrollada.

La aplicación móvil desarrollada Bluetooth Control Device que se muestra en la figura 16 presenta al usuario un conjunto de botones para interactuar con la aplicación en tiempo real y decidir que dispositivos activar o desactivar, y que ciclo de trabajo de las señales PWM VCA o PWM VCD activar y ajustar. La aplicación permite realizar la búsqueda del circuito de control Bluetooth y controlar diferentes dispositivos sin tener que realizar maniobras físicas en una estación de botones donde esté instalado el circuito de potencia.



Figura 16. Aplicación Bluetooth Control Device desarrollada.

CONCLUSIONES

La interfaz RS232-Bluetooth implementada, permite que los microcontroladores accedan y procesen información de diferentes recursos de los dispositivos móviles como GPS, acelerómetro, reconocimiento de voz, y otros, convirtiendo lo anterior en una opción atractiva y económica para el control de aplicaciones electrónicas en tiempo real.

Con el sistema inmerso desarrollado, en conjunto con la aplicación Bluetooth Control Device, se controló una interfaz de potencia de manera inalámbrica mediante dispositivos móviles Android OS, permitiendo la activación de diferentes dispositivos a través de relevadores, y también controlar y ajustar el ciclo de trabajo de señales de VCA y VCD para la activación regulada de cargas inductivas y resistivas mediante la generación de señales de PWM. Con los resultados obtenidos se ha confirmado su adecuado funcionamiento en condiciones reales de operación. La interfaz inalámbrica con dispositivos móviles, representa una opción eficiente, económica y de fácil operación que puede ser empleada en diversas aplicaciones electrónicas.

REFERENCIAS

- [1] Miller, B., Bisdikian, C. (2001). *Bluetooth Revealed*, (pp. 5-6, 39-49). United States: Prentice hall.
- [2] Galeano, G. (2009). *Programación de sistemas embebidos en C*, (Primera Edición, pp. 4-6). México: Alfaomega.
- [3] García, E., (2008). *Compilador C CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC*, (pp. 23, 167-212). México: Marcombo.
- [4] MIT App Inventor, <http://appinventor.mit.edu/explore/>
- [5] Wilmshurst, T. (2010). *Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers, Principles and Applications* (2nd edition, pp. 3-4). Great Britain: Newnes.
- [6] Linares R. (2004). *Implementación del protocolo Bluetooth para la conexión Inalámbrica de dispositivos electrónicos programables*. *Scientia et Technica*. Año X, No. 24, Mayo 2004. ISSN 0122-1701.
- [7] Godoy, E.P., Scorzoni, F. (2011). *Using serial bluetooth converters as a sensor link in networked control systems*. *Control and Automation (ICCA) IEEE*, pp. 461-466, Santiago.
- [8] Kanma, H., Wakabayashi, N., Kanazawa, R. (2003). *Home appliance control system over Bluetooth with a cellular phone*. *Consumer Electronics, IEEE Transactions on Vol. 49, Issue 4*, pp. 1049 - 1053.
- [9] Maloney T.J. (2006). *Electrónica Industrial Moderna*, (Quinta Edición, pp. 219-224). México: Pearson Educación.
- [10] Gómez A., Martínez L. (2015). *Sistema inmerso de una matriz LED informativa controlado mediante dispositivos móviles*. *Revista Ingeniantes Año. 2., No. 1., Vol. 1., pp. 78-82. ISSN-2395-9452.*
- [11] Rashid M. (2015). *Electrónica de potencia*. (Cuarta edición, pp. 193-210). México: Pearson.
- [12] Hart D. (2011). *Power Electronics*. (Primera Edición pp.171-182). USA: Mc Graw Hill.
- [13] Shepherd R. (2001). *Bluetooth Wireless Technology in the Home*, *Electronics & Communication Engineering Journal*, vol. 13, no. 5, pp. 195-203.
- [14] Piyare R., Tazil M. (2011). *Bluetooth based home automation system using cell phone*, *Consumer Electronics (ISCE), 2011 IEEE*, pp. 192-195, Singapore.
- [15] Sriskanthan N., Tan F., Karande A. (2002). *Bluetooth based home automation system*, *Microprocessors and Microsystems*, vol. 26, no. 6, pp. 281-289, 2002.



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Detección de cáncer de piel en personas, utilizando teléfonos inteligentes

RESUMEN: La generación de aplicaciones móviles en el área de la medicina va creciendo en los últimos años, por lo cual surge la necesidad de realizar un trabajo de investigación en el cual aprovechando esta tecnología poderla aplicar a la detección de cáncer de piel en los seres humanos, generando una aplicación para teléfonos celulares (smartphone). Se llegó a la conclusión de crear un algoritmo que pueda identificar los patrones del melanoma maligno causante del problema, para lo cual se realizará una toma fotográfica de la piel para posteriormente eliminar imperfecciones de la imagen y solo dejar la parte que nos interesa revisar, entrando a un proceso de identificación de patrones en base a diferentes tipos de melanomas. La aplicación se desarrolla para dispositivos con sistema operativo Android. Hasta el momento el desarrollo en el que se está trabajando en una primera fase de la investigación por cuestiones de las características del melanoma maligno no se ha podido llegar a tener algo funcionando para iniciar las pruebas correspondientes en personas que acepten trabajar en el proyecto, esto porque en la primera etapa no se puede mostrar resultados debido a que todavía se encuentra en proceso la investigación para un primer prototipo funcional.

PALABRAS CLAVE: Aplicación, Imágenes, Melanoma Maligno, Móvil, Reconocimiento



Colaboración

Francisco Javier Luis Juan Barragán; Miguel Ángel Delgado López; Julio César Chávez Novoa, Instituto Tecnológico Superior de Chapala.

ABSTRACT: The generation of mobile applications in the area of medicine is growing in recent years, which is why the need to carry out a research work in which taking advantage of this technology can apply to the detection of skin cancer in humans, Generating an application for cell phones (smartphone). It was concluded that an algorithm could be created that could identify the malignant melanoma patterns causing the problem, for which a photographic examination of the skin will be made to later eliminate imperfections of the image and only leave the part that interests us to review, entering To a process of pattern identification based on different types of melanomas. The application is developed for devices with Android operating system. Until the moment the development in which one is working in a first phase of the investigation by questions of the characteristics of the malignant melanoma has not been able to have something working to initiate the corresponding tests in people who accept to work in the project, because In the first stage can not show results because research is still in process for a first functional prototype.

KEYWORDS: Application, Images, Malignant Melanoma, Mobile, Recognition

INTRODUCCIÓN

El cáncer de piel es un problema que ha estado tomando un auge importante en los últimos años en nuestro país y ha generado un riesgo de salud pública. "En la Ciudad de México se recibe 35% más de radiación que en las costas debido a la altitud, pero al estar en la playa el daño es mayor por estar usando menos ropa" (UNAM, 2016). Generando que este tipo de cáncer sea uno de los más frecuentes en el ser humano y ha aumentado en los últimos años a nivel mundial, detectando 3.5 millones de personas con esta enfermedad cada año (www.cancer.org). En el estado de Jalisco según datos del Instituto Dermatológico anualmente opera cerca de mil cien casos de cáncer de piel en el 2014 (/SSJ, 2015).

El tipo de cáncer que más ha aumentado es el melanoma maligno que afecta directamente en la piel de las personas, esto ha generado un tema de investigación en investigadores donde están dando inicio a trabajar en la detección de cáncer de piel con teléfonos inteligentes pero hasta el momento se enfocan en el seguimiento y evolución de las afecciones, así como mostrar información de interés para los pacientes, sin embargo no muestran análisis y detección de afecciones de forma instantánea como se pretende con la presente investigación (Roberto Collado-Borrrell, 2015). En la Instituto Politécnico Julio Antonio Mella en conjunto con la Universidad de Oriente de Cuba están trabajando en el algoritmo de detección de cáncer de piel con procesamiento de imágenes. Con estos antecedentes se dio inicio para realizar una investigación la cual a través de un teléfono inteligente las personas pudieran detectar si pueden llegar a tenerlo a través de un algoritmo de identificación de patrones de imágenes.

Por lo cual generando una aplicación de software para un teléfono inteligente móvil se podrá detectar melanomas malignos para reducir el cáncer de piel en las personas ocasionado por los rayos UV.

El objetivo de la investigación es desarrollar un software que emplee procesamiento digital de imágenes aplicadas a la detección de melanomas malignos para detectar cáncer en la piel en las personas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología propuesta para la adquisición de las imágenes desde del teléfono inteligentes es generar una secuencia del procesamiento de la imagen capturada a través del dispositivo móvil, posteriormente este paso entrará a un proceso de análisis de la misma, la cual lleva la implementación de filtros para limpiar la imagen, finalmente pasará por el proceso de detectar los colores que estarán dentro de un rango indicado, porque hay que seguir ciertas características de un melanoma maligno ya que no es igual por su asimetría, tamaño, forma, borde, color, evaluación y diámetro figura 1, lo cual complicaría el proceso del análisis, siguiendo estos pasos se podría llegar a la identificación de si es un melanoma maligno o no, como se muestra en la figura 2.

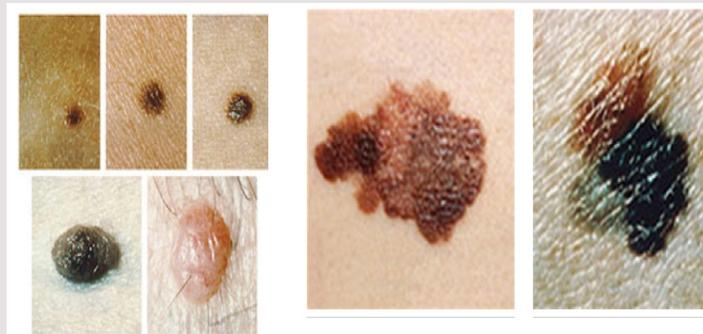


Figura 1. Tipos de melanoma maligno

Para esto se considera tener un teléfono celular inteligentes (Smartphone) con cámara integrada de 8 megapíxeles como mínimo, con el cual se pueda trabajar una aplicación compatible con el sistema operativo Android en una primera versión, para luego pasarlo a una aplicación con iOS.

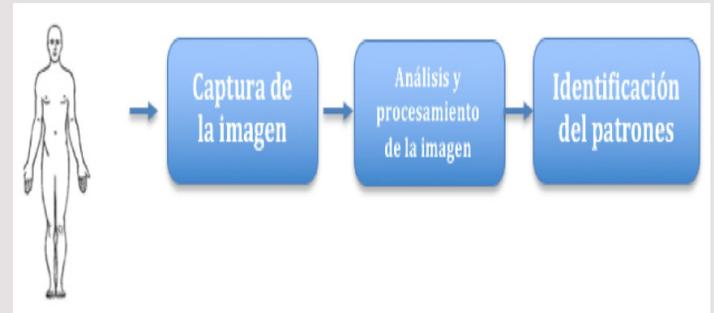


Figura 2. Diagrama de secuencia de procesamiento de la imagen capturada para su análisis e identificación del patrón

El proyecto se realizará en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Chapala, así mismo se solicitará el apoyo del Instituto Dermatológico de Jalisco "José Barba Rubio" para realizar pruebas con personas que padecen la enfermedad, tomando en consideración una población de mujeres y hombres de diferentes edades y así identificado varios tipos de formas degenerativas del melanoma maligno en la piel de la gente que acepte apoyar en el proyecto.

El algoritmo trabajará en base a la identificación de patrones previamente almacenados en una base de datos y así poder generar estadísticas de los procesos que tiene que analizar en la piel de la gente para poder determinar con un porcentaje mínimo de error la identificación del melanoma maligno figura 3.

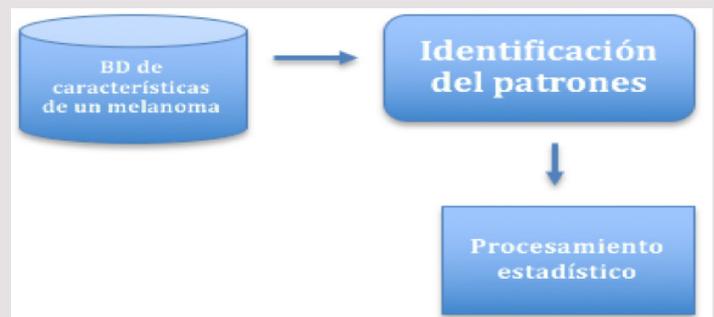


Figura 3. Diagrama de procesamiento estadístico

Los algoritmos de procesamiento de imágenes a utilizar y que se hará un análisis para su implementación en primera instancia será el sistema de extracción de características de melanomas basado en procesamiento digital de imágenes (Campos Arzapalo, 2012) y en una segunda instancia otra forma en que se llevará el análisis es a través del pro-

cesamiento de imágenes con tecnología de microarreglos para el diagnóstico. (Dueñas,2016).

Por lo tanto, la solución propuesta sigue los siguientes puntos:

- Una base de datos que relacione las imágenes que se capturan con la información que se necesita para su análisis.
- Un sistema que sea capaz de buscar las características en la base de datos y devolver la información asociada a ella.
- Una aplicación móvil que permita capturar fotografías, conectado con el sistema de reconocimiento de imágenes, para que finalmente, mostrar un resultado favorable al usuario en base a las estadísticas generadas.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este apartado se presenta los resultados que se han logrado hasta el momento con el trabajo de esta investigación de la creación de una aplicación para teléfonos celulares inteligentes, en el cual se está trabajando a la fecha, en primera instancia el sistema esta desarrollado para trabajar en la plataforma de Android teniendo una pantalla de inicio para ingresar como se muestra en la figura 4.

Siguiendo con el proceso del desarrollo de la aplicación se generó la parte de captura de la imagen, en este punto se realiza la toma de la fotografía figura 5 a varias partes del cuerpo para poder ir generando información válida y a partir de este punto ingresar información a la la base de datos donde se almacenarán datos importantes que se utilizarán para la identificación de los patrones de melanomas malignos.

La toma de fotografías se realizó varias veces para poder tener una mejor imagen que se pudiera tratar en la siguiente fase del proceso, el cual consisten en ir detectando los bordes de los melanomas malignos figura 6 y se realizaron varias pruebas de identificación de cada grano, mancha y lunar que la piel tiene en diferentes personas (hombre y mujeres) de diferentes años de edad como se mencionó anteriormente en la metodología, además, este proceso tiene que realizar más pruebas ya que un melanoma maligno tiene diferentes características o formas de presentarse en la piel por la exposición a los rayos ultravioleta (UV), exposición a ciertos productos químicos como arsénico o aceites, inflamaciones graves o prolongadas en la piel o por tener xeroderma pigmentoso.

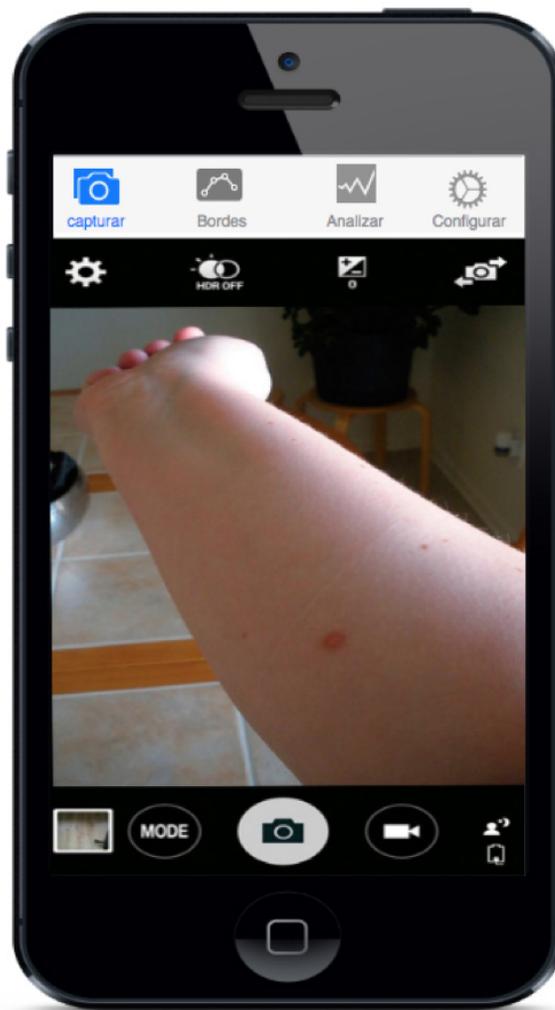


Figura 4. Pantalla de inicio de prueba del sistema

Figura 5. Captura de la piel afectada

Las personas con diferentes tipos de pigmentación de la piel, por lo regular las personas más morenas disminuye el riesgo de contraer el cáncer de piel. Además durante el proceso de la investigación que se realizó con una doctora experta en dermatología indica que cualquier persona puede contraer la enfermedad en las palmas de las manos, plantas de los pies, los ojos, la boca, y los genitales son muy pocos comunes pero se llega a encontrar rara vez.

Las personas que tienen en su cuerpo más lunares de lo que comúnmente se tiene que realizar un proceso de varias pruebas y así poder identificar la estructura del mismo, porque son las más que tiene más probabilidad de obtener el cáncer en la piel.

También se esta observando que hay diferentes tipos de lunares con una forma simétrica redonda y ovalada, con una superficie lisa y un borde definido y frecuentemente presenta forma de cúpula.

Un lunar común presenta un color rosado, tostado o castaño uniforme. Las personas de piel o cabello oscuro tienden a presentar lunares más oscuros que las personas de piel clara o de cabello rubio.

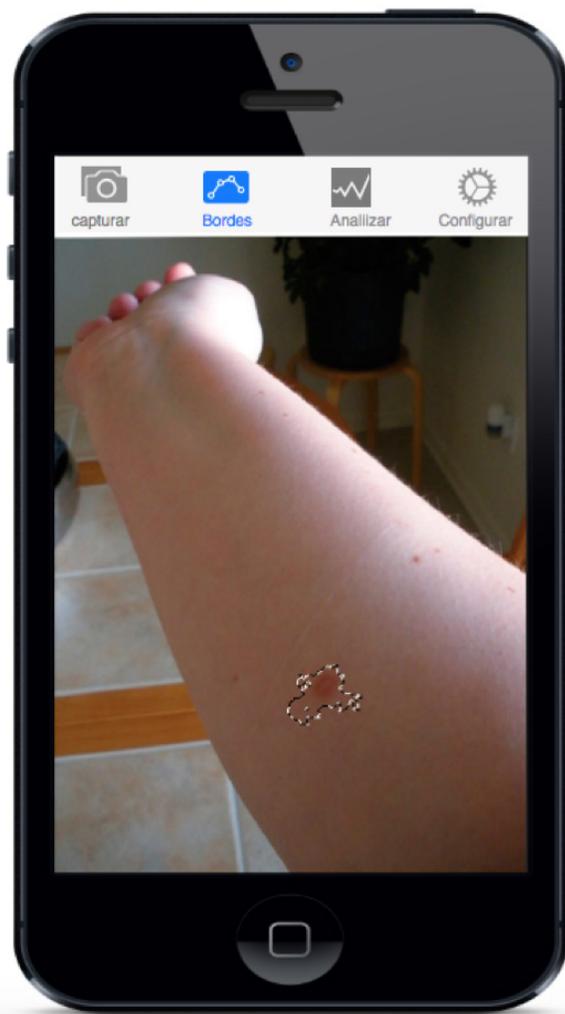


Figura 6. Identificación de bordes del melanoma

Se esta trabajando en el algoritmo de reconocimiento de patrones en donde se esta tomando como base el sistema ABCDE, donde se tiene que hacer un análisis de Asimetría, Bordes, Color, Diámetro y Evolución de los lunares o manchas en la piel, donde se hará un análisis de la imagen muy profundo para obtener un resultado favorable aplicando técnicas de procesamiento de imágenes ya establecidas con diferentes formas de hacerlo con openCV.

El proceso de desarrollo de este algoritmo está llevando más tiempo de lo planeado por las diferentes características de los melanomas malignos, con esto se está continuando con el proyecto y así llegar a obtener un resultado favorable y exacto a las personas y doctores que puedan llegar a usarlo para aun diagnóstico confiable.

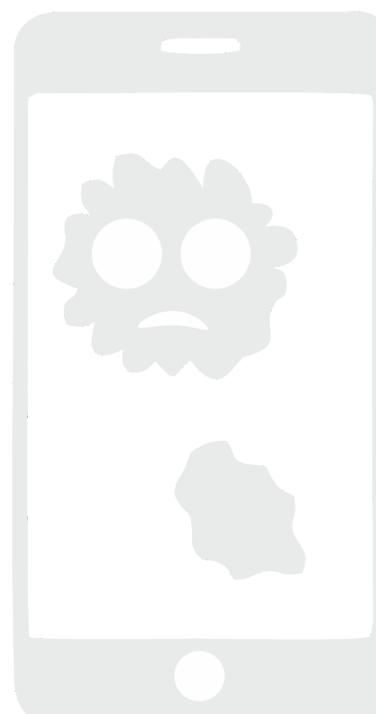
Cabe mencionar que la investigación se encuentra en la primera fase de desarrollo, por lo que en esta etapa no se puede mostrar resultados debido a que todavía se encuentra en proceso la investigación para un primer prototipo funcional, sin embargo, es innovadora en su género, ya que de acuerdo al artículo (Roberto Collado-Borrell, 2015), donde se comparan las aplicaciones de salud disponibles en IOS y Android, las aplicaciones orientadas al cáncer, se enfocan en el seguimiento y evolución de las afecciones, así como mostrar información de interés para los pacientes, sin embargo no muestran análisis y detección de afecciones de forma instantánea como se pretende con la presente investigación.

Dentro de las aplicaciones probadas como referencias se encuentran: Miiskin - Melanoma Skin Cancer, Skin Cancer Symptoms, Skin Mole Analysis, Mapa Tus Lunares - MySkinPal, FotoSkin y SkinVision - Melanoma app, encontrando que solo se captura una imagen cada mes para monitorear la evolución de la afección, sin aportar información relevante del tipo de afección y sobre todo un grado de certeza de si es maligna o benigna.

- Las razones a las que se quiere llegar a diagnosticar el melanoma, con esta aplicación es poder ayudar a las personas autoexplorarse de manera individual como una prevención de la enfermedad y así ir con los especialistas a tomar condiciones que ellos puedan indicar para un buen tratamiento de la piel.
- En base al procesamiento digital de imágenes se puede llegar a generar soluciones idóneas para el ser humano en diferentes áreas de oportunidades que se requiera hacer uso de ello.
- A partir de la tecnología que hay actualmente se pueden lograr hacer más aplicaciones con la tendencia de los dispositivos móviles apoyando la medicina.
- Poder generar un avance e innovar nuevos proyecto de investigación a partir de nuevas ideas concebidas en base a este problema presentado en el actual documento.

REFERENCIAS

- [1] American Cancer Society. *Cancer Facts and Figures 2011*. Atlanta, GA: American Cancer Society. Retrieved July 25, 2011.
- [2] Cyr PR. Atypical moles. *American Family Physician* 2008; 78(6):735-740. [PubMed Abstract]
- [3] Friedman RJ, Farber MJ, Warycha MA, et al. The "dysplastic" nevus. *Clinics in Dermatology* 2009; 27(1):103-115. [PubMed Abstract]
- [4] Goodson AG, Grossman D. Strategies for early melanoma detection: Approaches to the patient with nevi. *J Am Acad Dermatol.* 2009;60:719-735.
- [5] Goodson AG, Grossman D. Strategies for early melanoma detection: approaches to the patient with nevi. *Journal of the American Academy of Dermatology* 2009; 60(5):719-738. [PubMed Abstract]
- [6] Hodi FS, O'Day SJ, McDermott DF, et al. Improved survival with ipilimumab in patients with metastatic melanoma. *N Eng J Med.* 2010;363:711-723.
- [7] Howlader N, Noone AM, Krapcho M, et al. (eds). *SEER Cancer Statistics Review, 1975-2008*. Bethesda, MD: National Cancer Institute. Based on November 2010 SEER data submission. Posted to the SEER Web site, 2011. Retrieved July 25, 2011.
- [8] Lange JR, Fecher LA, Sharfman WH, et al. Melanoma. In: *Abeloff MD, Armitage JO, Nierderhuber JE, Kastan MB, McKenna WG, eds. Abeloff's Clinical Oncology. 4th ed. Philadelphia, Pa: Churchill Livingstone; 2008:chap 73.*
- [9] National Comprehensive Cancer Network. *NCCN Medical Practice Guidelines and Oncology: Melanoma. V.4.2011.*
- [10] Rigel DS, Russak J, Friedman R. The evolution of melanoma diagnosis: 25 years beyond the ABCDs. *CA: A Cancer Journal for Clinicians* 2010; 60(5):301-316. [PubMed Abstract]
- [11] Titus-Ernstoff L, Ding J, Perry AE, et al. Factors associated with atypical moles in New Hampshire, USA. *Acta Dermato Venereologica* 2007; 87(1):43-48. [PubMed Abstract]
- [12] Tucker MA. Melanoma epidemiology. *Hematology/Oncology Clinics of North America* 2009; 23(3):383-395. [PubMed Abstract]
- [13] Tucker MA, Halpern A, Holly EA, et al. Clinically recognized dysplastic nevi: a central risk factor for cutaneous melanoma. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* 1997; 277(18):1439-1444. [PubMed Abstract]
- [14] Roberto Collado-Borrell, V. E.-V.-S.-G.-A.-S. (12 de Octubre de 2015). Smartphone applications for cancer patients; what we know about them? *Farmacia Hospitalaria*, 25-35
- [15] Eide, M. (2006). Epidemiología del cáncer de piel. *Cáncer De Piel*, 47-60. doi:10.1016/b978-84-8174-875-8.50004-4
- [16] F., J. L., P., J. A., N., S. J., & C., D. C. (2010). Actualizaciones en melanoma maligno cutáneo. *Cuadernos De Cirugía*, 24(1), 47-56. doi:10.4206/cuad.cir.2010.v24n1-08
- [17] González, S. (2006). Microscopio con focal y cáncer de piel. *Cáncer De Piel*, 457-465. doi:10.1016/b978-84-8174-875-8.50037-8
- [18] Institutos Nacionales de la Salud de EE. UU. . (01 de Enero de 2012). INC Institutos Nacionales del Cáncer. Recuperado el 23 de Septiembre de 2016, de Institutos Nacionales del Cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/tipos/piel>
- [19] Pantoja Benavides, J. F., & Giraldo Ramos, F.N. (7 de 2010). Segmentación de imágenes utilizando campos aleatorios de Markov. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas.*
- [20] Cardacci, D. G. (2008). Algoritmos para la interpretación y tratamiento de imágenes. *Electrónico, Facultad de Tecnología Informática.*





Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Implementación de la Tecnología Quick Response Code en un sistema de control de asistencia

RESUMEN: El control de asistencia de los alumnos es fundamental en las instituciones de Educación Superior para garantizar la continuidad de su aprendizaje en los sistemas presenciales, tal es el caso del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla.

Realizar esta tarea, a través de registros tradicionales, puede resultar un proceso tedioso considerando, además, que los profesores utilizan de 5 a 10 minutos de su clase en esta actividad.

Con base en lo anterior se propone una alternativa para facilitar la realización de ese proceso mediante el desarrollo de un software de Control de Asistencia que utilice la tecnología QR para crear códigos con datos de cada estudiante, los códigos generados serán leídos utilizando una cámara web y la información obtenida será concentrada y manipulada mediante una base de datos.

Con el sistema propuesto el estudiante coloca su código QR frente a la cámara web para ser decodificado, registrando así su asistencia, esto reduce el tiempo empleado en el proceso de control de asistencia y también permite realizar un seguimiento de las asistencias de los alumnos a clase.

PALABRAS CLAVE: QR, software, Zacapoaxtla, educación superior, cámara web.



Colaboración

Yareny Rivera García; Luis Alberto Espejo; José Miguel Méndez Alonso, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla.

ABSTRACT: Control students attendance is essential in higher education institutions to ensure the continuity of their learning in the classroom, this is the case of the Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla.

Performing this task, through traditional records, can be a tedious process considering that teachers use 5 to 10 minutes of their class in this activity.

Based on the above, an alternative is proposed to facilitate the realization of this process by developing an Assist Control software that uses QR technology to create codes with data for each student, generated codes will be read using a webcam and the information obtained will be concentrated and will be manipulated through a database.

With the proposed system the student places his QR code in front of the webcam to be decoded, registering their attendance, this reduces the time spent on the assistance control process and also allows track the attendance of students to class.

KEYWORDS: QR, software, Zacapoaxtla, higher education, web cam.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha difundido el uso de los códigos QR en diversos sectores como servicios, promociones, publicidad, control de personal, además, la generalización de los dispositivos ha permitido que, implementando una cámara web y una aplicación de lectura, cualquier persona pueda utilizarlos [1]. En la actualidad existen distintos sistemas que utilizan esos códigos para tener control de la información en ciertas áreas de una organización y facilitar el procesamiento de la misma.

En el instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, se manejan sistemas de control de información, particularmente en áreas administrativas, para el registro de asistencia de personal o para el registro de préstamo de libros en la biblioteca, estos sistemas utilizan elementos biométricos o físicos (como huella digital o tarjetas con bandas magnéticas) y necesitan de un lector específico para la decodificación de datos.

La ventaja de los códigos QR en relación con las tecnologías mencionadas en el párrafo anterior radica en que éstos son económicos, fáciles de crear, de utilizar, pueden contener información como texto o imágenes, además de que pueden ser decodificados utilizando la cámara web integrada a un equipo de cómputo sin necesidad de requerir hardware adicional.

En la academia de Ingeniería Informática del ITSZ se establecieron algunos criterios de evaluación con el fin de que todos los profesores que imparten materias en la misma los apliquen. Uno de ellos es la asistencia de los estudiantes a clases, que representa un porcentaje de su calificación por unidad, motivo por el cual los docentes deben registrar la presencia de los mismos en sus cursos, utilizando distintos medios como hojas de cálculo de Excel, listas de asistencia impresas, entre otros.

Lo mencionado anteriormente da origen a esta investigación, que tiene como objetivo desarrollar e implementar un sistema de Control de Asistencia, que utilice la tecnología Quick Response, y que permita registrar la asistencia de los estudiantes mediante la lectura de un código QR a través de la cámara web de un equipo de cómputo, además de concentrar y manipular la información obtenida en una base de datos.

La aplicación desarrollada cumple con las siguientes características:

- Genera e implementa un código QR con datos de identificación de cada alumno, mismo que se adhiere a su credencial de estudiante.
- Utiliza una cámara web para realizar el reconocimiento y decodificación del código QR.
- Facilita el registro de asistencia de los estudiantes, disminuyendo el tiempo empleado para esta actividad.
- Almacena y manipula la información desde una base de datos, un archivo XML o un archivo CSV.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto se implementó la tecnología Quick Response Code, en conjunto con las tecnologías java, jmf, zxing, así como la plataforma Net Beans, como se muestra en la fig. 1.



Fig. 1 Arquitectura utilizada.

La estructura del sistema se presenta en el diagrama 1 que muestra como actividad inicial la generación del código QR mismo que será decodificado, con ayuda de una cámara web, utilizando las funciones de carga y/o captura. La información obtenida será visualizada a través de la interfaz de la aplicación y podrá ser almacenada en archivos con formato CSV, XML, o en una tabla de SQL Server.

Diagrama 1 Estructura del sistema

El IDE utilizado fue Net Beans por ser un entorno de código abierto para el desarrollo de sistemas [3]. Para la fase de codificación se utilizó Java como lenguaje de programación por ser orientado a objetos e independiente de la plataforma [2].

Creación del código QR

En esta sección se agregaron referencias a las librerías zxing-1.7-javase.jar y zxing-2.0-core.jar, que ofrecen soporte para lectura y decodificación de códigos QR en múltiples plataformas [5].

Para generar el código QR de cada estudiante es necesario ingresar datos como: nombre, número de control y semestre. El texto ingresado es convertido a píxeles de una imagen (código QR) como se observa en la fig. 2.

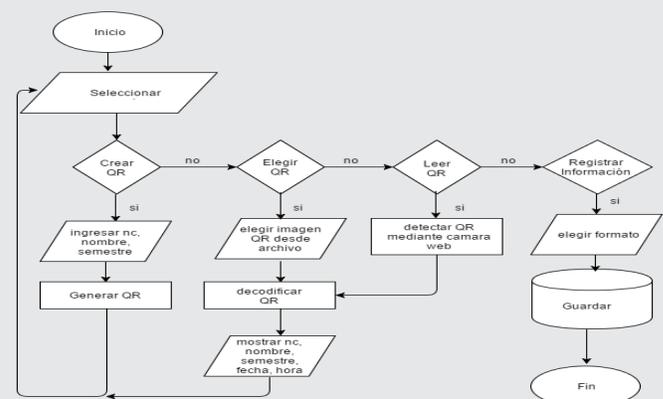


Fig. 2 Generación de código QR.

El tipo de autenticación utilizada fue SQL que requiere de la existencia de un inicio de sesión asociado a una contraseña [6].

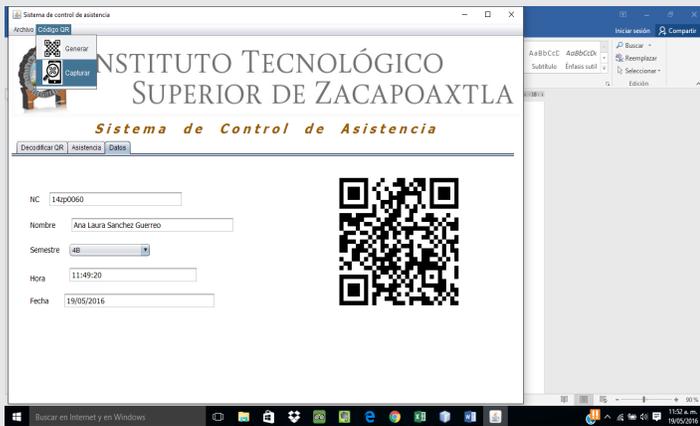


Fig. 2 Generación de código QR.

Decodificación del código QR

Esta función se puede realizar de dos formas: a) Obtener el código QR desde un dispositivo de almacenamiento: Se selecciona, de una usb o disco extraíble, una imagen de código QR para ser decodificada, en este proceso se genera una cadena de caracteres que incluye los datos del estudiante, tal como se muestra en la fig. 3. Es importante mencionar que esta opción es utilizada solo cuando el estudiante no dispone de su credencial.

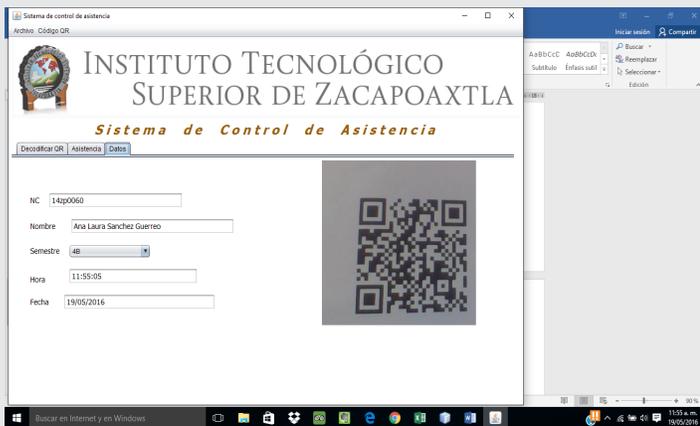


Fig. 3 Decodificación de código QR.

b) Capturar el código mediante una cámara web: para este proceso se agregó una referencia a la librería jmf.jar, que permite a la aplicación habilitar la cámara web y realizar la lectura del código QR [4].

Lo mencionado en el párrafo anterior se muestra en la Fig. 4.

Visualización y almacenamiento de información

La información obtenida, después de decodificar el código QR, se muestra en forma de tabla y puede ser almacenada en distintos formatos como:

XML, CSV, En una base de datos: para esto se implementó la librería sqljdbc4.jar que permite la conexión a una base de datos de SQL Server [7].

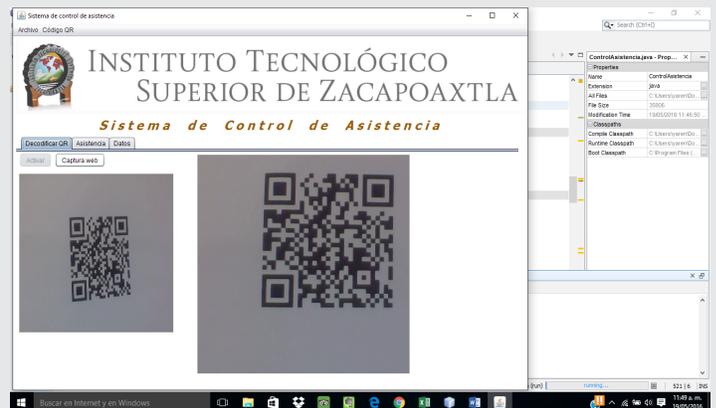


Fig. 4 Activación de cámara web y captura de Código QR.

Esos datos son verificados al intentar realizar la conexión al SGBD .

En la fig. 5 se muestran los registros obtenidos por la lectura de códigos QR de algunos estudiantes.

Sistema de Control de Asistencia

Nc	Nombre	Semestre	Hora	Fecha
14ZP0002	Sandra Montiel Puente	4A	14:20:52	19/05/2016
14ZP0028	Ana Karen Guzman Vazquez	4A	14:21:20	19/05/2016
14zp0440	Erick Hernandez Hicasio	4A	14:21:49	19/05/2016
14ZP0057	Josafat Reyes Garcia	4A	14:21:58	19/05/2016
14ZP0003	Celina Ronquillo Martinez	4A	14:21:58	19/05/2016
14zp0032	Raquel Aleno Ramirez	4A	14:21:58	19/05/2016
14ZP0001	Ivan Peralta Bonilla	4A	14:22:54	19/05/2016
14ZP0006	Wendy Elizabeth Reyes Ortiz	4A	14:24:03	19/05/2016
14Zp0304	Alejandro Ahuacateco Tepiz...	4A	14:24:27	19/05/2016
14zp0011	Juan Manuel Pineda Rosal...	4A	14:24:43	19/05/2016

Fig. 5 Visualización de información.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La primera versión del sistema ha sido utilizada durante el semestre Febrero – Julio 2016 para el registro de asistencia de 40 alumnos inscritos en la carrera de Ingeniería Informática que cursan el cuarto semestre. La aplicación se instaló en un equipo HP con sistema operativo Windows 10 de 64 bits, éste cuenta con una cámara web integrada de doble matriz que permite una captura rápida y eficaz. como se muestra en la fig 6.

Se realizaron mediciones de tiempo en el pase de lista con el grupo de cuarto semestre observando que sin la utilización del sistema se emplean, en promedio, 7 minutos por clase mientras que con el sistema desarrollado éste tiempo se reduce a 2.5 minutos. Estos resultados se presentan en la gráfica 1.



Fig. 6 Uso del sistema.

datos, un archivo XML o un archivo CSV permitiendo a los docentes realizar un análisis de la información obtenida, de modo que pueden disponer, por ejemplo, de información relacionada con la puntualidad, ausentismo en clases, asistencia.

Como actividad futura se busca trabajar con códigos QR encriptados, integrando además de los datos actuales, la fotografía del estudiante.

También se pretende que el sistema emita alertas, vía e-mail, a tutores de los estudiantes confirmando su asistencia al Instituto, así como el desarrollo de la versión móvil.

Se espera que, a corto plazo, el sistema sea implementado a nivel institucional.

REFERENCIAS

[1] Beltrán, G. (2013). *Cómo usar los códigos QR en tu negocio*. Consultado el 12 de mayo de 2016, *Con tu negocio*: <http://www.contunegocio.es/marketing/como-usar-codigos-qr-negocio/>

[2] *Conozca más sobre la tecnología Java*. (2016). Oracle Corporation. Consultado el 29 de abril de 2016, *Java*: <https://www.java.com/es/about/>

[3] Cusatti, A., & Marañón, C. E. (2013). *Desarrollo de Interfaz Hombre Máquina para Personas con Limitaciones Motoras, Visuales y del Habla*. V Latin American Congress on Biomedical Engineering(33), 591-594.

[4] Fazzino, M., & Sánchez, O. (2005). *Mouse para minusválidos*. *Tekhne Revista De La Facultad De Ingeniería*(8), 46-54.

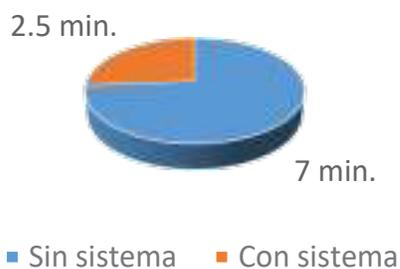
[5] *Official ZXing ("Zebra Crossing") project home*. (2016). ZXing. Consultado el 17 de mayo de 2016, *Git Hub*: <https://github.com/zxing/zxing>

[6] Pérez, M. (2011). *SQL Server 2008 R2*. San Fernando de Henares, Madrid: RC Libros.

[7] *Usar el controlador JDBC*. (2016). *Developer Network*. Consultado el 26 mayo de 2016, *Msdn*: [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms378526\(v=sql.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms378526(v=sql.110).aspx)



Tiempo utilizado para el pase de lista



Gráfica 1. Tiempo utilizado para el pase de lista

Algunas de las principales ventajas de este sistema son que:

- a) no necesita de un lector especial para decodificar los códigos QR, se puede emplear la cámara web del equipo de cómputo en el que el software se esté ejecutando.
- b) la información obtenida se puede concentrar y manipular en una base de datos.
- c) la información obtenida se puede almacenar en formato XML o CSV.
- d) disminuye el tiempo utilizado en el pase de asistencia y facilita éste proceso.

Podemos concluir que con el sistema desarrollado se generó una herramienta tecnológica que permite automatizar y controlar un proceso administrativo, necesario dentro del aula, logrando disminuir el tiempo empleado para esta actividad. El software desarrollado puede ser instalado en la computadora personal de los docentes, esto es debido a que no requiere de hardware adicional para su funcionamiento ni de un equipo de cómputo con características robustas. Además, el sistema permite almacenar y manipular la información desde una base de



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Comparación de estiércoles en la producción de vermicomposta en San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca

RESUMEN: La vermicomposta es una eco-tecnología sencilla para la producción intensiva de abono orgánico que trae consigo numerosos beneficios tanto para las actividades agrícolas como para la protección ambiental, ya que contribuye a disminuir los residuos orgánicos. En el 2008 se publicó en México la Norma NMX-FF-109-SCFI-2008 que establece los criterios de calidad para la diversidad de sustratos con los que ésta se puede elaborar. Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: evaluar el efecto de tres estiércoles diferentes en la población de lombrices rojas californianas, identificar cuál de ellos es el óptimo para su desarrollo y determinar la cantidad de abono orgánico obtenido cada seis meses.

Los estiércoles utilizados fueron de ganado bovino, equino y cunícola, por ser los más comunes en este lugar; el experimento se estableció en diseño completamente al azar y de acuerdo con las características mencionadas en la NMX-FF-109-SCFI-2008 se evaluaron las vermicompostas producidas, además de las características fisicoquímicas de materia orgánica, comportamiento de temperatura, pH y humedad durante todo el proceso. El mejor tratamiento fue el de estiércol equino, ya que produjo mayor cantidad de lombrices y abono orgánico, seguido del estiércol bovino y por último el de conejo.

PALABRAS CLAVE: Abono orgánico, estiércol, lombriz roja californiana, residuo orgánico, vermicomposta.



Colaboración

Mercedes Muraira Soto; Emanuel Pérez López, Ricardo de Jesús García Rangel; Luz Marina Vera Márquez, Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan.

ABSTRACT: The vermicompost is a simple eco-technology for intensive production of organic fertilizer that brings numerous benefits for both agricultural activities and for environmental protection, as it helps to reduce organic waste. In 2008 the Standard NMX-FF-109-SCFI-2008 was published in Mexico, establishing quality criteria for the variety of substrates with which it can develop. The objectives of this research were: to evaluate the effect of three different manures on the population of red californian earthworms, identify which of them is optimal for their development and determine the amount of organic fertilizer obtained every six months.

Manures used were of cattle, horses and rabbits, being the most common in this place; the experiment was established in completely randomized design and in accordance with the characteristics mentioned in Standard NMX-FF-109-SCFI-2008, the vermicomposts produced were evaluated, in addition to the physicochemical characteristics of organic matter, behavior of temperature, pH and humidity throughout the process. The best treatment was the equine manure, as it produced the most earthworms and organic fertilizer, followed by cattle manure and last rabbit manure.

KEYWORDS: Organic fertilizer, manure, red californian earthworm, organic residue, vermicompost.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de residuos de origen orgánico es un tema que ha cobrado relevancia durante los últimos años debido a los problemas ocasionados por la contaminación y el mal manejo de éstos.

Es así como han proliferado, vertederos y basureros ilegales, a la vez que también se tratan como desecho elementos o residuos que pueden volver a tener una vida útil pero como otro producto, mediante algún proceso de carácter fisicoquímico [1].

La vermicomposta tiene importantes ventajas sobre los fertilizantes químicos: es totalmente natural, mejora la porosidad y retención de humedad del suelo, aumenta la colonia bacteriana y su sobredosis no genera problemas. Además posee un alto contenido microbiano (hongos, bacterias y actinomicetos), por lo que es un producto muy útil en la regeneración de suelos erosionados y con bajos contenidos de materia orgánica [2].

El vermicomposteo es un proceso natural realizado por todas las especies de lombrices, sin embargo, la especie *Eisenia foetida*, mejor conocida como lombriz roja californiana, es la que ha demostrado mayor capacidad de asimilación de materia orgánica en menor tiempo.

Para el manejo del lombricultivo es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: a) alimentación. Se recomienda tener variedad en la alimentación como estiércol de diferentes animales o residuos de otros cultivos, b) frecuencia y cantidad. La frecuencia y la cantidad en la que se debe alimentar el cultivo varía entre una o dos veces por semana, dependiendo de la densidad del mismo y c) el riego del cultivo, el cual puede hacerse con agua limpia, dependiendo de las condiciones ambientales y del espesor de la capa de sustrato con lombrices [3].

Se ha comprobado que las lombrices prefieren los estiércoles en comparación con otros materiales; por tal motivo, es necesario determinar el orden de preferencia de las lombrices por los diferentes estiércoles de cada región [4].

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es un organismo con probada eficacia en la descomposición de estiércoles y materia orgánica vegetal, obteniendo así altos volúmenes de abono orgánico en corto tiempo, el cual puede restituir la fertilidad de un terreno agrícola que ha sido explotado con el uso de fertilizantes químicos [5].

Resulta favorable aprovechar los residuos orgánicos (estiércol bovino, equino y cunícola), debido a que son poco utilizados por los agricultores y ganaderos de este ejido, además de que al ser transformados, a través del aparato digestivo de la lombriz roja californiana, se obtienen abonos orgánicos de alta calidad nutrimental, los cuales mejoran las características físico-químicas y biológicas del suelo.

Explorando esta oportunidad, y en busca de nuevas expectativas, se realizó este proyecto de investigación con la finalidad de obtener vermicomposta a partir de la reducción de residuos orgánicos.

Entre las ventajas de este abono orgánico se encuentran su origen natural, inocuidad y relativa facilidad

para ser elaborado, además de su riqueza en términos nutricionales que puede aportar mucho a los cultivos, huertos familiares o jardines, al mismo tiempo que otorga valor agregado a ciertos subproductos que muchas veces terminan como basura en algún vertedero, relleno sanitario, entre otros [1].

Ante la demanda de productos sanos y la necesidad del manejo sostenible de los residuos orgánicos, los agricultores han recuperado y adecuado estas prácticas para potenciar sus ventajas, restringiendo insumos contaminantes y con ello hacer un reciclamiento de estiércoles, mejorando la estructura del suelo con efectos positivos para su capacidad de retención de agua y nutrientes [6].

El humus del suelo se obtiene luego de un proceso, cercano a los seis meses, en que la lombriz recicla a través de su tracto intestinal la materia orgánica consumida y defecada. Hay que resaltar que los componentes químicos del humus proporcionado, son debidos en mayor porcentaje a la actividad microbiana que al proceso digestivo de las lombrices y que la cantidad de humus interviene en las propiedades físicas del suelo tan importantes como son su estructura, color, textura y capacidad de retención de la humedad [7].

El objetivo general de este trabajo de investigación fue determinar cuál sustrato de los más comunes en el ejido San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca es el mejor para la producción de vermicomposta y sus objetivos específicos: a) evaluar el efecto de tres estiércoles diferentes en el tamaño de la población de lombrices rojas californianas, b) Identificar cuál sustrato es el óptimo para su desarrollo y c) determinar la cantidad de abono orgánico obtenido cada seis meses.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto de investigación se realizó durante el período comprendido de septiembre de 2015 a febrero de 2016, en el Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, ubicado en San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca, en las siguientes tres etapas: a) colecta de residuos orgánicos, b) establecimiento del experimento y c) evaluación de resultados.

El estiércol de ganado bovino utilizado fue colectado en las instalaciones pecuarias de este Instituto Tecnológico, el de equino y conejo fueron donados por productores y las lombrices rojas californianas por el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No 16.

A los tres tipos de estiércol se les eliminaron todas las partículas extrañas que contenían y luego se tamizaron en una malla de 5 mm. en seguida se pesaron 10 kilogramos de cada uno, repitiéndose este procedimiento por cinco veces, colocando cada muestra en un contenedor; obteniendo un total de cinco contenedores por tratamiento.

Previo a la siembra de lombrices, se aplicó agua y se mezcló con el estiércol hasta obtener una composición homogénea y posteriormente se añadieron 100 especímenes de lombriz roja californiana a cada contenedor.

Con este material orgánico, se procesaron los siguientes tratamientos: 1) estiércol bovino, 2) estiércol equino y 3) estiércol cunícola.

Posteriormente se estableció el experimento completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones; las unidades experimentales consistieron en contenedores sin perforaciones (recipientes de plástico resistente), cuyas dimensiones son: 50 X 35 X 27 cm de largo, ancho y altura, respectivamente, en los cuales se estudiaron las siguientes variables: número y peso de lombrices al inicio y final del experimento, cantidad de sustrato aplicado y vermicomposta producida al final del proyecto.

La medición de temperatura se realizó cada semana durante todo el proceso utilizando un termómetro de vidrio marca Brannan (-20 a 110 °C); el contenido de humedad del sustrato se determinó cada 15 días mediante el uso de una estufa marca Fischer Scientific, modelo 725F; la determinación de materia orgánica y medición del pH se efectuaron al inicio, mediados y final del proyecto empleando la mufla marca CAISA, modelo A38 DL y el potenciómetro digital marca Conductronic, modelo PC18, respectivamente; el tamaño de la población se contabilizó de forma manual al inicio y final, habiéndose realizado las prácticas mencionadas de acuerdo con las recomendaciones proporcionadas por la Norma NMX-FF-109-SCFI-2008 [8].

Con base en los contenidos de humedad se realizó la práctica de riego aplicando 300 ml de agua semanalmente, en forma homogénea, y comprobando al tacto su porcentaje adecuado para evitar excesos y no saturar el sustrato; de tal manera que las lombrices continuaran satisfactoriamente con el proceso de vermicomposteo.

Para el análisis comparativo de población final, peso de lombrices al inicio del proyecto, peso de lombrices al final del proyecto y peso de la vermicomposta obtenida se utilizó el programa estadístico InfoStat versión 2016, realizando en éste la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS) y la obtención del nivel de significancia.

RESULTADOS

El mejor tratamiento estadísticamente (DMS $p > 0.05$) que incrementó el tamaño de la población de lombrices rojas californianas fue el estiércol equino, seguido del estiércol bovino y por último el cunícola, como se muestra en la Prueba de Medias (Cuadro 1), determinado en el programa InfoStat versión 2016 (aplicando la metodología de Compeán et al., 2016) [9].

Cuadro 1. Diferencia Mínima Significativa (DMS) de la población final de lombrices.

T	TRATAMIENTO	MEDIA	
1	Estiércol cunícola.	386.00	A
2	Estiércol bovino.	419.00	B
3	Estiércol equino.	660.00	C

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Con base en los datos obtenidos del peso de la población de lombrices al inicio del proyecto (Cuadro 2) y al final del mismo (Cuadro 3) se determinó que la población de lombrices entre los tratamientos 1 y 2 son significativamente iguales, mientras que el 3 se muestra diferente al inicio del proyecto; sin embargo, al final del mismo se determinó que cada tratamiento fue diferente (DMS $p \leq 0.05$, determinado en InfoStat versión 2016).

Cuadro 2. Diferencia Mínima Significativa (DMS) del peso de lombrices al inicio del proyecto.

T	TRATAMIENTO	MEDIA	
1	Estiércol cunícola.	47.60	A
2	Estiércol bovino.	53.72	B
3	Estiércol equino.	90.80	C

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Cuadro 3. Diferencia Mínima Significativa (DMS) del peso de lombrices al final del proyecto.

T	TRATAMIENTO	MEDIA	
1	Estiércol cunícola.	47.60	A
2	Estiércol bovino.	53.72	B
3	Estiércol equino.	90.80	C

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la interpretación de resultados del total de vermicomposta elaborada, se obtuvo que el tratamiento 1 es diferente al tratamiento 3 (Cuadro 4), según la Prueba de Medias (DMS), determinado en InfoStat versión 2016.

Cuadro 4. Diferencia Mínima Significativa (DMS) del peso de vermicomposta.

T	TRATAMIENTO	MEDIA	
1	Estiércol cunícola.	47.60	A
2	Estiércol bovino.	53.72	AB
3	Estiércol equino.	90.80	B

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Con base en la medición de temperaturas, el rango obtenido en los diferentes tratamientos fluctuó entre 23 y 25°C durante todo el proceso; el contenido de humedad se mantuvo en un rango de 64 a 74%, el cual es adecuado para que las lombrices se desplacen con facilidad dentro del sustrato y lo puedan desintegrar; y el pH en todos los tratamientos varió de 7.5 a 8.1, siendo este rango tolerado por las lombrices.

CONCLUSIONES

La vermicomposta es un abono orgánico viable, ya que los insumos, para su producción, son muy baratos comparados con su rendimiento.

El mejor tratamiento fue el de estiércol equino, ya que produjo mayor cantidad de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) y vermicomposta, seguido del estiércol bovino y por último el cunícola.

Por lo anteriormente expuesto, el estiércol equino es el mejor residuo orgánico, de los analizados, que se debe utilizar para la producción de lombrices y abono orgánico en el ejido San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Astudillo, C. R. A. (2012). *Prefactibilidad técnico-económica del diseño de una planta de lombricultura a base de residuos orgánicos para la producción de abono para la industria de viveros. Tesis de licenciatura: Univ. de Chile. Santiago de Chile.*

[2] Grupo Emison. (2015). *Lombricultura. Barcelona, España: Emison. Recuperado el 30 de noviembre de 2016 de <http://www.emison.com/5132.htm>*

[3] Escobar Carvajal, A. (2013). *Usos potenciales del humus (abono orgánico lixiviado y sólido) en la empresa Fertilombriz. Trabajo de Práctica Empresarial. Colombia. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/936/1/USOS_POTENCIALES_HUMUS_ABONO_ORGANICO_LIXIVIADO_SOLIDO_EMPRESA_FERTILOMBRIZ.pdf.*

[4] Costa, S. J., Freire, C. T., Costa, L. A., y De Araújo, M. S. (2007). *Influência do esterco bovino peneirado e não peneirado na criação e produção de húmus da minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*) in Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecología. Londrina, Brasil. Embrapa Soja.*

[5] Schuldt, C. (2004). *Manual agropecuario. Barcelona, España. Editorial Limusa.*

[6] Román, P., Martínez, M. M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Santiago de Chile: FAO.*

[7] Orozco, M., Orozco, J., Pérez, O., Manzo, G., Farías, J., y da Silva, W. (2008). *Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka Negra en bananos y plátanos. Tropical Plant Pathology. 33(3), 189-196.*

[8] *Diario Oficial de la Federación de fecha 10 de junio de 2008.*

[9] Compeán-Estrada, F. E., Jurado-Marrufo, C., Wallander-Compeán, L., Valdez-Ortiz, O. y Valdez-Rodríguez, M. (2016). *Efecto del lixiviado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el rendimiento de chile piquín (*Capsicum annuum*) variedad japonés [versión electrónica]. CON CIENCIA, 1(1), 8-11.*

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, C.B.T.a. No. 16 y SAGARPA Distrito de Desarrollo Rural 07 Tuxtepec.





Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Diseño de un prototipo router CNC de precisión mediante la metodología de producto secuencial

RESUMEN: En esta investigación se presenta el diseño y fabricación de un prototipo router de control numérico por computadora (CNC). Para desarrollar este diseño se usó una metodología secuencial de diseño de producto; asimismo, se utilizaron herramientas de diseño e ingeniería asistidas por computadora (CAD/CAE) finalmente, el prototipo router se validó mediante la fabricación en tres dimensiones de una imagen fotográfica, obteniendo resultados de precisión, costos y velocidad óptimos en comparación con equipos comerciales. Asimismo, tendrá beneficios como apoyo didáctico para algunas clases de control numérico impartidas en el salón de clases.

PALABRAS CLAVES: Ruteador, Control Numérico, Diseño del Producto, Diseño Asistido por Computadora, Ingeniería Asistida por Computadora.



Colaboración

Karlo Damián Terrazas Martínez; Javier Molina Salazar
Lázaro Rico Pérez; Erwin A. Martínez Gómez; Raúl Neco
Caberta, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

ABSTRACT This paper presents the design and manufacturing of a computer numerical control (CNC) Router prototype. The applied design development follows a sequential product design methodology; it also uses computer-assisted design and engineering (CAD/CAE). Finally, to validate of the router prototype, a three-dimensional picture is manufactured, obtaining optimal precision, costs and speed results in comparison with commercial equipment. Additionally, there are further benefits, as the educational use in numerical control courses.

KEYWORDS: Router, Numerical Control, Product design, CAD, CAE

INTRODUCCIÓN

Control numérico por computadora (CNC), es un término que engloba una gran variedad de máquinas de diferentes tamaños, formas y funciones, en esta tecnología una computadora controla una máquina para ejecutar la tarea mecánica de remover material de un sólido, por medio de una herramienta de corte [1]. Una herramienta CNC es una máquina automatizada con libertad de movimiento en 3 ejes coordenados XYZ, y hasta 2 ejes rotativos angulares denominados A y B, estos ejes son comandados mediante una computadora, que sincroniza los movimientos de los ejes, de acuerdo a un programa llamado código G. Actualmente el diseño y fabricación de estos equipos son altamente costosos por lo que se requiere proponer metodologías que contribuyan a economizar la fabricación de estos; asimismo que estos equipos funcionen como apoyo didáctico en los diferentes programas de ingeniería que en su curricula lleven materias relacionadas con los maquinados. Por lo tanto en el presente trabajo se propone una metodología secuencial para el diseño y fabricación de un

prototipo didáctico a bajo costo, que sea utilizado como apoyo práctico en el salón en clases relacionadas con el control numérico.

Para el diseño y fabricación de este equipo CNC se hizo uso de la metodología de diseño de producto [2], que consiste en todas las actividades secuenciales requeridas y necesarias para desarrollar, manufacturar y vender un producto. Una parte importante del desarrollo del producto es el proceso de diseño de ingeniería, el cual consiste en actividades secuenciales o paralelas, que concluyen con el primer prototipo, considerado el primer producto completo en un proceso de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la figura 1 se realiza el despliegue de la metodología aplicada de diseño en la cual se indica el proceso secuencial de desarrollo del producto.

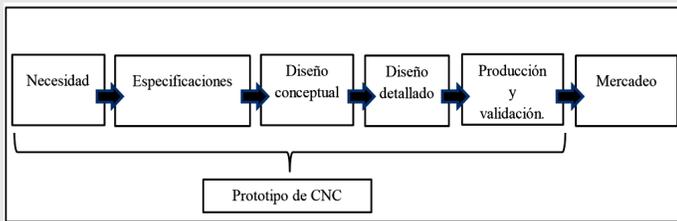


Figura 1. Esquema de proceso de desarrollo de un producto (Kamrani, A. K., & Salhie, S. M. 2002).

A continuación se enuncian las etapas del diseño del prototipo

- Reconocimiento de necesidades del cliente.
- Establecimiento de Especificaciones.
- Diseño Conceptual.
- Diseño Detallado.
- Producción y Validación.

RESULTADOS

Primera etapa: Reconocimiento de necesidades

Usando la matriz de análisis mostrada en la figura 2 se recopiló información relacionada con las necesidades del consumidor. En esta, se muestra una comparación de las características relevantes de distintos modelos de marcas comerciales de Routers CNC, se incluyeron tres marcas extranjeras [3,4,5], frente a dos nacionales[6,7]. Debido a que se están comparando cinco modelos distintos, el valor que representa cada casilla marcada con "X" es del 20%, de esta manera se obtiene una representación de la característica más relevante que se encuentra presente en la mayoría de los modelos. De acuerdo a la matriz de análisis se puede concluir que tres características que son más significativas en porcentaje para estos equipos son: Puente móvil, husillos de precisión y alta velocidad. Con respecto al material, por cuestiones económicas y dado que el equipo es didáctico; se optó por el aluminio extruido.

Características	Marca (Modelo)					Representación Grafica	%
	Modelos Extranjeros			Modelos Nacionales			
	CNC routers (Pro CNC)	Shopbot (Desktop)	EZ Router (EZ-Flex)	Asima (AR1200)	Anko CNC (4x8-RH)		
Puente móvil	X	X	X	X	X	████████	100
Husillos de precisión	X	X	X		X	██████	80
Alta velocidad	X			X	X	██████	60
Estructura de acero		X		X	X	██████	60
Estructura de aluminio	X		X			██████	40
Diseño modular	X		X			██████	40
Transmisión Mecánica	X					██████	20
Generador de pulsos externo		X				██████	20

Figura 2. Matriz de análisis.

Con los resultados obtenidos se decidió realizar los diseños basados en puente móvil, es decir, la herramienta de corte se traslada a lo largo del eje X, contrario al puente fijo donde lo que se traslada es la mesa inferior de trabajo y la herramienta de corte permanece fija. La figura 3 muestra un ejemplo de puente móvil y puente fijo respectivamente.

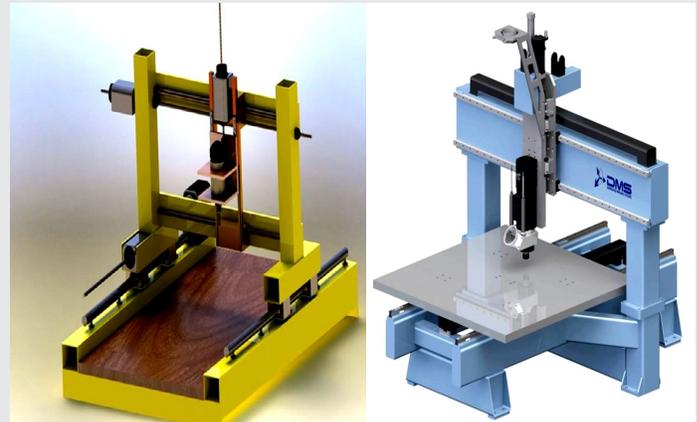


Figura 3. Comparación de puente fijo y móvil.

Segunda etapa: Establecimiento de especificaciones

Se formularon especificaciones a partir de la segunda y tercera características que más porcentaje obtuvieron en la matriz de análisis. La figura 4 muestra las necesidades del cliente representadas en métricos. La primera tabla muestra una comparación de métricos de los cinco modelos a través de sus especificaciones, a partir de la cual se realiza una segunda tabla donde a cada característica se le asignaron dos valores, un valor ideal y un mínimo o máximo aceptable. Se asignaron especificaciones en comparación al modelo 4x8-RH, ya que fue el modelo más preciso de los cinco mostrados, además es deseable superar la velocidad que este modelo ofrece, para así ofrecer un prototipo competitivo en el mercado. Estas especificaciones fueron la base que rigió la toma de decisiones en la etapa de diseño conceptual y detallado.

Comparación de especificaciones					
Métrico	Marca (Modelo)				
	Modelos Extranjeros			Modelos Nacionales	
	CNC Router parts (Pro CNC)	Shopbot (Desktop)	EZ Router (EZ-Flex)	Asima (AR1200)	Anko CNC (4x8-RH)
Precisión en pulgadas (error absoluto)	(+/-) .005	No indica	(+/-) .005	(+/-) .004	(+/-) .002
Máxima velocidad, pulgadas por minuto	500	360	400	787	140

Especificaciones de prototipo		
Valor	Métricos	
	Velocidad Pulgada/minuto	Precisión Pulgadas (error absoluto)
Mínimo/máximo aceptable	140 Mínimo	0.002 Máximo
Ideal	180	0.001

Figura 4. Comparativa de especificaciones y de especificaciones de prototipo.

Actividad	Resultados
	Se obtuvieron las velocidades máximas a las que se pueden operar los ejes, sin verse afectados excesivamente por la vibración del sistema.
	Se optimizó la geometría de la viga central del puente del eje Y, con el fin de obtener la menor deformación de trabajo.
	Se diseñó un puente de eje Y balanceado, para evitar diferencias de cargas excesivas sobre los baleros lineales.
	Se reforzaron las columnas para disminuir la deformación presente bajo carga máxima de trabajo.
	Se optimizó la geometría de las vigas que soportan el eje X para obtener la menor deformación bajo cargas máximas de trabajo.
	Se obtuvieron los pesos teóricos y se comparó contra los pesos verdaderos para hacer el cálculo de inercia del sistema.

Figura 6. Actividades realizadas mediante el CAD/CAM.

Tercera etapa: Diseño conceptual

Mediante el uso de SolidWorks [8], se realizaron diseños conceptuales. La figura 5 muestra la tabla de Pugh utilizada para evaluar los 2 conceptos contra el modelo de referencia de la marca Anko CNC. A cada criterio se le dio un factor de peso, para un total de seis criterios tomados en cuenta, corresponde 1/6 del factor de peso a cada uno, la suma total de los factores es igual a 1. A cada criterio se le clasificó en un rango de 1 a 5, siendo 1 el peor de los casos y hasta 5 el mejor. El puntaje de cada criterio se obtiene al multiplicar la clasificación por su factor de peso correspondiente. El diseño conceptual B fue el que obtuvo el mayor puntaje y paso a la etapa de diseño detallado.

Criterio de selección	Factor de Peso	Concepto A		Concepto B		Modelo de referencia
		Clasificación	Puntaje	Clasificación	Puntaje	
Modularidad	1/6	4	2/3	5	5/6	Anko CNC (4x8-RH)
Manufacturabilidad	1/6	3	1/2	4	2/3	
Facilidad de ensamble	1/6	4	2/3	4	2/3	
Funcionalidad	1/6	4	2/3	5	5/6	
Portabilidad	1/6	5	5/6	5	5/6	
Costo	1/6	3	1/2	4	2/3	
Puntaje Total		3 5/6		4 1/2		
Posición		2		1		
A desarrollar		NO		SI		

Figura 5. Pugh de evaluación de conceptos A y B.

Quinta etapa: Producción y validación

Solamente se utilizaron planos de taller debido a que solo se fabricó un prototipo. Durante el proceso de diseño, se seleccionaron materiales que cumplieran con las especificaciones y que adicionalmente, facilitaran la manufactura del prototipo. La figura 7., muestra la comparación entre el modelo virtual y el prototipo físico fabricado. Las medidas del equipo son: 50" de largo, 35" de ancho y 55" de alto. Asimismo, la velocidad de los ejes están en el rango de 140-180 pulgadas/minutos y finalmente la precisión está entre 0.002"-0.001". Actualmente no se cuenta con manual de operación.

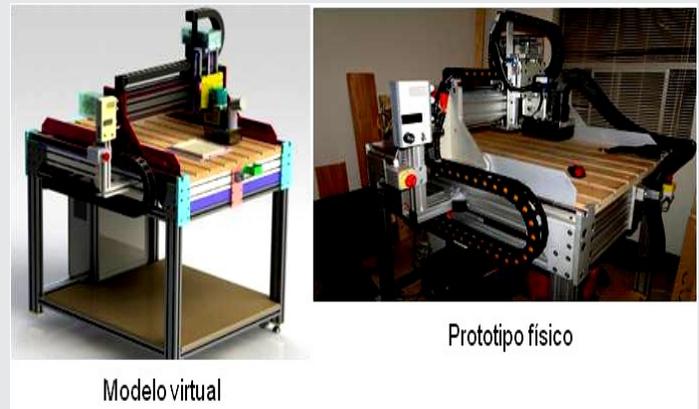


Figura 7. Comparación de modelo virtual y prototipo fabricado.

Cuarta etapa: Diseño detallado

En esta etapa se hizo un gran uso de herramientas CAD y CAE para obtener un diseño óptimo, en la figura 6 se muestran las actividades realizadas mediante el CAD/CAM.

Por otro lado, se emplearon herramientas estadísticas para su validación. Se realizaron diseños de experimentos exploratorios, de los cuales se concluyó que la velocidad y aceleración no tienen efecto adverso en la precisión del equipo. Se utilizaron instrumentos de medición de caratula para graficar el error en el rango de operación de los ejes XYZ, estos datos se ajustaron a regresiones de curvas li-

neales y cubicas, las cuales fueron modificadas utilizando una calibración por etapas. La Figura 8 muestra el resultado final de la calibración por etapas, en la cual se logra aumentar la exactitud y precisión, de acuerdo a la gráfica de histogramas de distribución de errores por etapa.

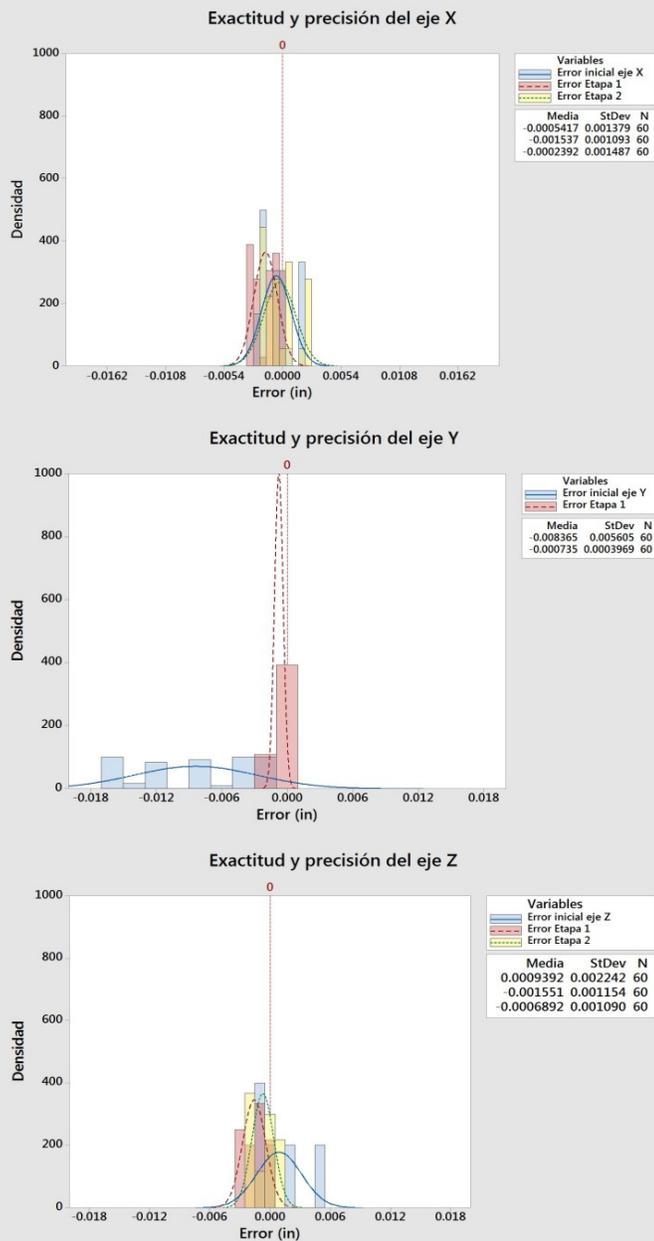


Figura 8. Exactitud y precisión de ejes ZYX.

Para probar el equipo CNC, se diseñó y fabricó una fotografía en tres dimensiones con el apoyo de un Lithofano, de esta manera, se pusieron a prueba las características velocidad, aceleración y precisión. Un Lithofano es una pieza de material traslucido, que muestra un efecto de tres dimensiones cuando son iluminados por la parte trasera del material [9]. El efecto se realiza cuando la luz atraviesa el material, las zonas de mayor contraste en el lithofano corresponden a las áreas que fueron maquinadas por el CNC a menores profundidades, provocando que

solo un pequeño porcentaje de la luz atraviese esta área, las zonas de menor contraste corresponden a las áreas que fueron maquinadas a mayor profundidad, provocando un mayor porcentaje de luz que atraviesa esa zona, la diferencia entre las zonas de luz da origen a un efecto tridimensional. La Figura 9 muestra la fotografía seleccionada para diseñar y fabricar con la técnica de lithofano, se tuvo especial cuidado en seleccionar una fotografía que mostrara claros contrastes entre el rostro de los personajes y el ambiente externo; asimismo fue utilizada la imagen de una persona para mostrar la utilidad de la máquina en el maquinado complejo de los contornos. Se seleccionó el área a diseñar.



Figura 9. Selección de área de diseño para lithofano.

Utilizando herramientas CAD como Aspire [10], se diseñó el área de la fotografía para crear las zonas de contraste, generando crestas (zonas de menor profundidad) y valles (zonas de mayor profundidad). La figura 10, muestra el sólido 3D generado y listo para la generación del código G en software de manufactura asistida por computadora (CAM).

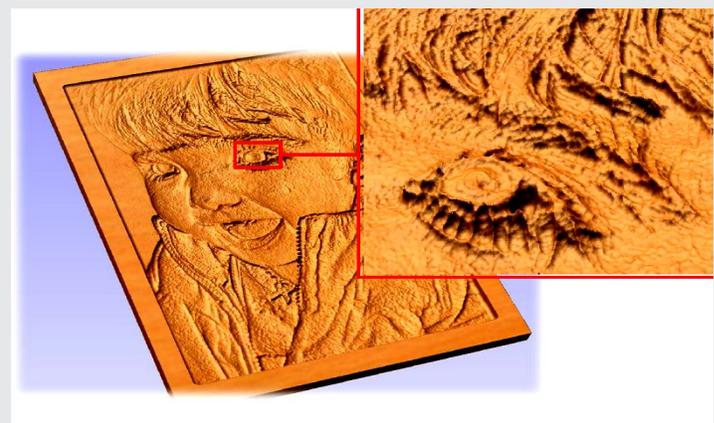


Figura 10. Diseño de crestas y valles.

El código para maquinar la fotografía se genera en *Aspire*, ya que este programa es una solución completa de CAD y CAM. La técnica utilizada para el maquinado se dividió en dos fases y se generó un solo código G con cambio de herramienta entre cada fase. Por otro lado, la Figura 11 muestra esquemáticamente la descripción técnica de la fase de desbaste y la fase de detallado, en la primera se removió la mayor cantidad de exceso de material y en la segunda se dio el detallado final de las crestas y valles.

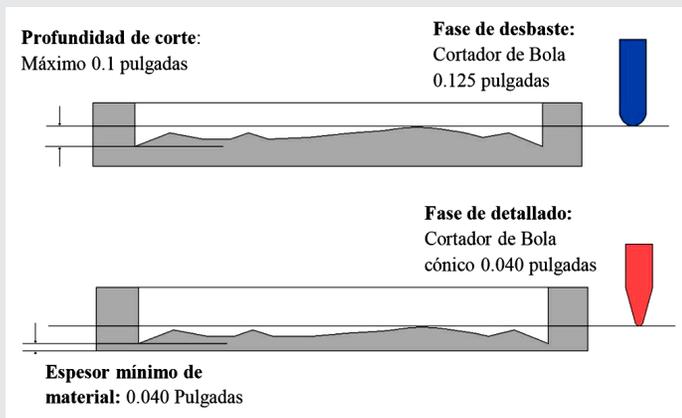


Figura 11. Esquemático de fases de desbaste y detallado.

El resultado de maquinar la fotografía se muestra en la figura 12, el efecto se logra colocando una fuente de luz detrás del Lithofano para que el efecto tridimensional cause efecto.



Figura 12. Efecto óptico de lithofano.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se obtuvo un producto que cumple con las especificaciones y que va de acuerdo a las necesidades de los clientes. Se logra hacer uso satisfactoriamente de las herramientas CAD y CAE en el diseño del prototipo, ayudando a tomar decisiones críticas, disminuyendo considerablemente los tiempos

de diseño y de fabricación en comparación con los métodos tradicionales de diseño a mano alzada y optimización a prueba y error. Con la ayuda de herramientas CAM, se logra la demostración de las capacidades del CNC al fabricar un producto novedoso, que demuestra el gran potencial de manufactura que tienen estos equipos, donde ciertamente, el único limitante es la imaginación del propio diseñador. Este prototipo contribuirá a reforzar la práctica docente en el proceso enseñanza-aprendizaje en las clases de aplicaciones de control numérico. Se recomienda para trabajos futuros continuar utilizando la metodología de diseño conceptual en problemas de diseño y aplicarla en otros tipos de equipos CNC.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Floyd Kelly, J., & Hood-Daniel, P. (2009). *Build Your own CNC Machine*. New York: Apress.

[2] Kamrani, A. K., & Salhie, S. M. (2002). *Product design for modularity*. Massachusetts: Springer.

[3] CNC Router Parts. (s.f.). *CNC Router Parts*. Recuperado el 17 de Marzo de 2015, de <http://www.cncrouterparts.com>

[4] ShopBot Tools, Inc. (2006). *Shopbot*. (ShopBot Tools, Inc.) Recuperado el 17 de Marzo de 2015, de <http://www.shopbottools.com>

[5] ez Router, Inc. (2010). *ez Router*. (Duncan Multi-Media) Recuperado el 17 de Marzo de 2015, de <http://www.ez-router.com>

[6] Asima. (2012). *Asima*. (EPCI) Recuperado el 17 de Marzo de 2015, de <http://www.asimacnc.com.mx>

[7] ANKO CNC. (2014). *ANKO CNC*. (Ticsup) Recuperado el 17 de Marzo de 2015, de <http://ankocnc.mx>

[8] Dassault Systems. (1 de Diciembre de 1993). *SolidWorks*. (Dassault Systems) Recuperado el 26 de Febrero de 2015, de <http://www.solidworks.com>

[9] Vectric Ltd. (s.f.). *Vectric Passionate about CNC*. Recuperado el 7 de Marzo de 2015, de Vectric: http://www.vectric.org/video/photocarve/Machining_Lithophanes.pdf

[10] Vectric Ltd. (20 de Febrero de 2005). *Vectric Passionate About CNC*. (Vectric) Recuperado el 26 de Febrero de 2015, de <http://www.vectric.com>



Ingeniantes

Revista de Investigación • Instituto Tecnológico Superior de Misantla