



Ingeniantes

Año 5, No. 2, Vol. 3

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Congreso Internacional
INGENIERÍAS 4.0

latindex

ISSN 2395-9452



Edición Especial

Ingeniantes

Año 5 / No. 2 / Vol. 3

Información Legal

Ingeniantes, año 5, No. 2, Vol 3. noviembre 2018 - mayo 2019, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojollite, 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 Cojollite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 07 de diciembre de 2018.

Actualmente indexada en la base de datos del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal LATINDEX, con número de registro 25671.

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.

The logo for LATINDEX features the word "latindex" in a stylized, lowercase serif font. The letters are primarily red, with the letter 'i' being orange and having a small orange dot above it. The letters are slightly shadowed, giving them a three-dimensional appearance as if they are floating above a white surface.

Noviembre 2018

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

Dr. Carlos Yossio Nakase Rodríguez
Subdirector del Sistema Abierto, ITSM, Veracruz, México

Diseño Editorial

Lic. Erik Balderas González, ITSM, México
Ing. Mayra Lizzeth Mendez Oloarte, ITSM, México

Propiedad Intelectual

Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología
Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, ITSM, México

Distribución

Publicación electrónica disponible en
citt.itsm.edu.mx/ingeniantes
Correo electrónico: revista.ingeniantes@itsm.edu.mx
<http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=25671>

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. Luis Alberto Morales Rosales, UMSNH
Dr. Cuauhtémoc Guerrero Dávalos, UMSNH
Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT
Dr. Julio César Chacón Hernández, UAT
Dr. José Luis Marín Muñiz, CV
Dra. Susana López Cuenca, ITSZ
Dr. José de Jesús Ibarra Montalvo, ITSZ
Dr. Abel García Barrientos, UASLP
Dr. José Jasson Flores Prieto, CENIDET
Dr. Jesús P. Xamán Villaseñor, CENIDET
Dr. Andrés Blanco Ortega, CENIDET
Dr. Noé Alejandro Castro Sánchez, CENIDET
Dr. Javier Esquer Peralta, UNISON
Dr. Juan Carlos Gonzalez Hernández, ITM
Dr. Marco Tulio Gallo Estrada, UACH
Dr. Heriberto Esteban Benito, ITSNa
Dra. María Victoria Carreras Cruz, UP
Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM
Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM
Dr. Luis Mejía Macario, ITSM
Dr. Eddy Sánchez de la Cruz, ITSM
M.I.A. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM
M.I.A. Luis Enrique García Santamaria, ITSM
M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM
M.C. Vladimir Zagoya Juarez, ITSM



03



09



13



20



29



34



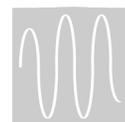
41



52



59



64

Contenido

Localización óptima de un centro de Acopio de maíz, trigo y cebada en la región de Perote, Veracruz mediante el método de ponderación de puntos _____ 03
 Martín Claudio García Moreno; Margarito Landa Zárate, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Propuesta de mejora para la digitalización documental de una empresa logística _____ 09
 Rosa Laura Patricia Edith Franco González; Edgar Roberto Sandoval García; Juan Manuel Fernández Morales, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

Análisis comparativo de diferentes tratamientos de polinización para fruto de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* *degener*) _____ 13
 Félix Galindo Zárate; Saúl Santiago Cruz; Jorge Orlando Córdova Canales; Rubén Enrique Cuevas Alarcón, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

An educational virtual tool for teaching electric circuits to undergraduate students _____ 20
 Merit Cisneros González; Darío Cisneros Arreola; Manuel Ismael Mata Escobedo, TECNM / Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana; Pamela Viridiana Valenzuela Franco; José Antonio Martínez Rivera, TECNM/Instituto Tecnológico de Durango

SMED en el área de prensas en la industria automotriz _____ 29
 Oscar Raziel Camacho Reyes; Laura Vives Carbajal laura; Edith Dalile Aguilar Rojano; Enrique Estrada Zecua, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

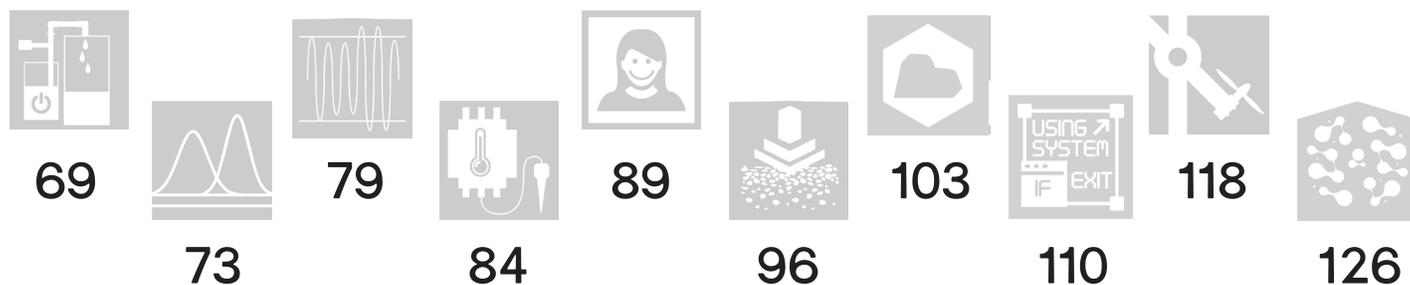
Análisis del perfil emprendedor del empresario sampetrino y el éxito de su empresa ___ 34
 Jesús Aarón Aranda Galaviz, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias

Diagnóstico de riesgos potenciales en el proceso de extracción de piedra caliza mediante AMEF. Caso de estudio: Empresa Tenextepec y sus Anexos _____ 41
 José Luis Hernández de Lázaro; Alma Luz Alarcón Hernández, Instituto Tecnológico Superior de Perote; Joel Avilés Sondón, Empresa Tenextepec y sus Anexos ; Saúl Santiago Cruz, Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Proceso de fermentación de Malanga (*colocasia esculenta*) para la obtención de una bebida alcohólica destilada _____ 52
 Belen Isamar Lagunes Barradas; Gustavo Martínez Castellanos; Magaly López Lagunes, Ismael González Sánchez, Instituto Tecnológico Superior de Misantla; Armando Pérez Daza, Instituto Tecnológico Superior de Perote

Análisis, diagnóstico de eficiencia de generación eléctrica mediante respuesta a la demanda de un sistema eléctrico _____ 59
 Mauricio Hernández Martínez; José Guadalupe Barrera Valdés; Fernando Jurado Pérez, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Análisis de cargas térmicas en TRNsyst para el Hotel Mansión _____ 64
 Oralia Santiago Chimal; Alan Robin Rivas Monroy; Josué Addiel Venegas Sánchez, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan



Interface de control para suavizador de agua _____ 69

Luis Alejandro Vázquez Ch.; Orlando Karin Santos O; Jessica Rodríguez R, Instituto tecnológico superior de Salvatierra; Juan Manuel López H, Universidad de Guanajuato

Metodología de Análisis Estrés-Resistencia Weibull _____ 73

Manuel Baro Tijerina, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; Margarita Sayuri Sáenz Rodríguez; Mauricio Solís Rodríguez, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, Ciudad Nuevo Casas Grandes

Regulación de voltaje trifásico para compensación de disturbios eléctricos tipo SAG ___ 79

Marcos Almanza Chávez; Raúl Gracia Miranda; Fernando Jurado Pérez, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Aplicaciones de Internet de las cosas por medio de redes inalámbricas de sensores ___ 84

Lino Rangel Gómez; Agustín Esquivel Pat; Augusto Neffalí Ruiz Cahuich; Manuel Abraham Zapata Encalada, Instituto Tecnológico de Chetumal

Propuesta de solución tecnológica para la medición real de la satisfacción del cliente mediante reconocimiento facial _____ 89

Espinoza Galicia Carlos Arturo; José Florencio Laura; Martínez Quintanar Alain Jordán; Sanchez Rivera Daniela Ameyalli, Instituto Tecnológico Superior De Huichapan

Análisis de la microestructura de suelos arenosos y su impacto en las cimentaciones ___ 96

Carlos Eduardo Monroy figueroa; Liliana Roman Teoba; Sergio Aurelio Zamora Castro; María Eugenia Díaz Vega Universidad Veracruzana

Aplicación de Lean Manufacturing en el área de moldes de ceramica _____ 103

Pérez Ascencio Claudia Jazmín; Cardona Ferniza Brenda Leticia; Segovia Avila Elda, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias

Minimización de escritura y Maximización de reutilización de código fuente mediante el uso de programación en capas y buenas prácticas de programación _____ 110

Espinoza Galicia Carlos Arturo; Martínez Endonio Alberto; Escalante Cantú Mario, Instituto Tecnológico Superior De Huichapan

Análisis y resultados experimentales de controladores de posición angular en un aeropéndulo _____ 118

Allende Peña J.M.; Rodríguez Paredes S.A; Salmerón Quiroz B.B; Villegas Medina G; Instituto Politécnico Nacional / ESIME Azcapotzalco; Reyes García J.M.E. Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco

Aplicación Web para la integración de procesos académicos y administrativos en escuelas normales rurales _____ 126

Jacobo Robles Calderón; Marco Antonio Aguilar Cortés; José Luis Gutiérrez García, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Localización óptima de un Centro de Acopio de maíz, trigo y cebada en la región de Perote, Veracruz mediante el método de ponderación de puntos

RESUMEN El presente trabajo trata sobre la aplicación de una de las herramientas de la Ingeniería Industrial para localizar el punto idóneo para el establecimiento de un centro de acopio de maíz, trigo y cebada en la región de Perote, Ver., a través del método cualitativo de ponderación de puntos que es la asignación de calificaciones y proporciones porcentuales a una serie de factores importantes que influyen en la localización estratégica de un proyecto, lo cual conduce a una comparación cuantitativa de diferentes sitios en donde se ponderan factores de preferencia [1].

La importancia de buscar un punto de localización en la región de Perote, Ver., es por la demanda que tiene la empresa Granjas Carroll, S.A. de C.V., de 25,000 toneladas de maíz, trigo y cebada utilizados para fabricar alimento para cerdos [8].

El método de ponderación de puntos se aplicó, calificando una serie de factores como fueron: materia prima disponible, mano de obra disponible, costo de los insumos, cercanía del mercado y costo de la vida [10], y se seleccionó el punto óptimo con mejor calificación ponderada entre tres lugares del municipio de Perote, Ver., y que fueron: Perote cabecera, así como las comunidades de Totalco y Sierra de Agua, calificando en primer lugar Totalco por ser el lugar óptimo de acuerdo a la calificación más alta para instalar el centro de acopio de maíz, trigo y cebada. Mucho tiene que ver el criterio del analista o técnico encargado de seleccionar el lugar ideal para establecer un proyecto, que en este caso es un centro de acopio de maíz, trigo y cebada [3].

PALABRAS CLAVE: Localización, Cualitativo, estratégico, Ponderación.



Colaboración

Martín Claudio García Moreno; Margarito Landa Zárate, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

ABSTRACT: The present work deals with the application of one of the tools of Industrial Engineering to locate the ideal point for the establishment of a corn, wheat and barley collection center in the region of Perote, Ver., Through the qualitative method of point weighting, which is the assignment of ratings and percentage proportions to a series of important factors that influence the strategic location of a project, which leads to a quantitative comparison of different sites where preference factors are weighted [1].

The importance of finding a point of location in the region of Perote, Ver., is due to the demand of the company Granjas Carroll, S.A. of C.V., of 25,000 tons of corn, wheat and barley used to make food for pigs [8].

Three communities of the municipality of Perote were used, which are Totalco, Sierra de Agua and Perote cabecera. The Sierra de Agua community is the most suitable place to comply with certain relevant factors to determine the location of the collection center [9].

KEYWORDS: location, qualitative, strategic, weighting.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere a la utilización de los métodos cualitativos, del tipo de matrices de selección por puntos, que consisten en calificar a las localizaciones propuestas, a partir de una valoración de los factores ponderados, que son objeto del análisis [10]. En este caso la aplicación práctica de dicho procedimiento es para buscar la localización óptima para la instalación de un centro de acopio de maíz, trigo y cebada que es un proyecto que está asociado a una

idea, a una oportunidad, a una inversión que debe ser desarrollada en un contexto de emprendimiento y riesgo que consiste en una serie de actividades planificadas que propenden a la óptima utilización de los recursos en procura de lograr un objetivo [2], que consiste en cubrir la demanda de 25,000 toneladas mensuales de maíz, trigo y cebada que se utilizan para la fabricación de alimento para cerdos.

Es importante describir de las características particulares y generales de cada uno de estos lugares que se encuentran en el municipio de Perote, Veracruz. [6].

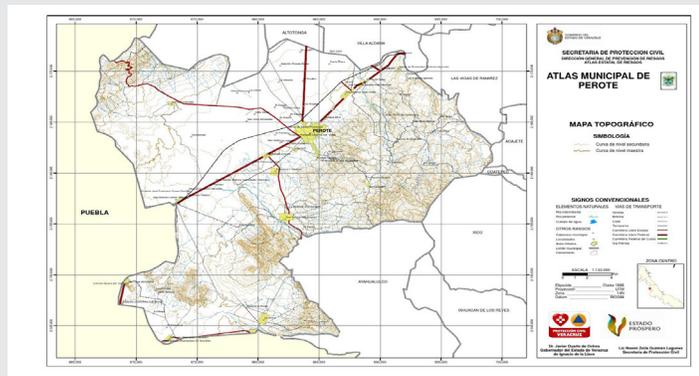


Figura 1. Mapa del municipio de Perote

El municipio de Perote colinda al norte con el estado de Puebla y con los municipios de Jalacingo, Altotonga, Villa Aldama y Las Vigas de Ramírez; al este con los municipios de Las Vigas de Ramírez, Acajete, Coatepec, Xico y Ayahualulco; al sur con el municipio de Ayahualulco y el estado de Puebla; al oeste con el estado de Puebla; representa el 0.97% de la superficie del estado de Veracruz; el clima es semiseco frío con una temperatura media anual de 14 a 16 grados en promedio con lluvias en verano; tiene una población de 61,672 habitantes, de los cuales 30,084 son hombres y 31,188 son mujeres [7].

La actividad económica principal del municipio aparece en las siguientes tablas:

Tabla 1. Formas de actividad económica

SECTOR DE ACTIVIDAD	CONVENIOS DE TRABAJO FUERA DE JUICIO, CONFLICTOS DE TRABAJO Y EMPLAZAMIENTOS A HUELGA REGISTRADOS DE JURISDICCION LOCAL		CONFLICTOS DE TRABAJO y		EMPLAZAMIENTOS A HUELGA REGISTRADOS	
	ESTADO	MUNICIPIO	ESTADO	MUNICIPIO	ESTADO	MUNICIPIO
TOTAL	4 882	5	3 509	-	1 827	2
AGRICULTURA, GANADERIA, CAZA Y PESCA	150	-	178	-	-	-
INDUSTRIA MANUFACTURERA	709	4	323	-	147	2
ELECTRICIDAD Y AGUA	9	-	4	-	1	-
CONSTRUCCION	309	-	298	-	954	-
COMERCIO	1 487	1	1 050	-	490	-
TRANSPORTE Y COMUNICACIONES	629	-	380	-	34	-
SERVICIOS FINANCIEROS	71	-	54	-	2	-
ADMINISTRACION PUBLICA Y DEFENSA	63	-	19	-	1	-
SERVICIOS COMUNALES Y SOCIALES	266	-	182	-	8	-
SERVICIOS PROFESIONALES Y TECNICOS	188	-	179	-	7	-
SERVICIOS DE RESTAURANTES Y HOTELES	499	-	338	-	169	-
SERVICIOS PERSONALES, MANTENIMIENTO Y OTROS	502	-	504	-	14	-

NOTA: La información corresponde a los eventos registrados ante las Juntas Locales de Conciliación y Arbitraje, Locales de Conciliación, Municipales de Conciliación y Regionales de Conciliación. Para el municipio la información se refiere a los eventos acontecidos en los establecimientos ubicados en el mismo.
a) Comprende individuales y colectivos.
FUENTE: INEGI, Dirección General de Estadística, Dirección de Estadísticas Demográficas y Sociales.

Tabla 2. Empleo y subempleo

7. EMPLEO

POBLACION DE 12 AÑOS Y MAS POR CONDICION DE ACTIVIDAD SEGUN SEXO 1980-1990

CUADRO 7.1

SEXO	TOTAL	POBLACION ECONOMICAMENTE OCUPADOS	DESOCUPADOS a/	POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA	NO ESPECIFICADO
1980					
ESTADO	3 830 802	1 789 178	7 041	1 734 683	AE
HOMBRES	1 744 570	1 341 830	4 955	397 785	AE
MUJERES	1 786 232	447 348	2 086	1 336 798	AE
MUNICIPIO	21 374	11 350	44	9 980	AE
HOMBRES	10 733	ND	ND	2 009	AE
MUJERES	10 641	ND	ND	7 971	AE
1990					
ESTADO	4 288 588	1 742 129	50 143	2 447 046	46 267
HOMBRES	2 093 586	1 432 826	41 797	597 875	21 086
MUJERES	2 191 999	309 301	8 346	1 849 171	25 181
MUNICIPIO	28 841	12 341	268	16 010	222
HOMBRES	14 395	10 397	235	3 646	117
MUJERES	14 446	1 944	33	12 364	105

a/ Para 1980 comprende a la población de 12 años y más que nunca ha trabajado; para 1990, a la población de 12 años y más que durante la semana del 6 al 11 de marzo no tenía trabajo pero lo buscó activamente.
FUENTE: INEGI, Veracruz, Resultados Definitivos, X y XI Censos Generales de Población y Vivienda, 1980 y 1990

Tabla 3. Ingresos de la población

13. COMERCIO

ESTABLECIMIENTOS, PERSONAL OCUPADO, REMUNERACIONES, INGRESOS E INSUMOS TOTALES, Y VALOR AGREGADO DEL COMERCIO SEGUN SUBSECTOR DE ACTIVIDAD 1988-1993

CUADRO 13.1

SUBSECTOR	ESTABLECIMIENTOS	PERSONAL OCUPADO TOTAL PROMEDIO	REMUNERACIONES DERIVADAS DEL PERSONAL REMUNERADO (Miles de pesos)	INGRESOS TOTALES DE LA ACTIVIDAD (Miles de pesos)	INSUMOS TOTALES (Miles de pesos)	VALOR AGREGADO (Miles de pesos)
1988						
TOTAL	585	1 054	1 133.4	34 703.0	30 127.1	4 575.9
61 COMERCIO AL POR MAYOR	19	128	470.6	10 801.4	9 696.7	1 104.7
62 COMERCIO AL POR MENOR	566	926	662.8	23 901.6	20 430.4	3 471.2
1993						
TOTAL	867	1 426	4 124.3	127 130.7	105 331.3	21 799.4
61 COMERCIO AL POR MAYOR	28	119	1 781.1	36 752.8	29 396.6	7 354.2
62 COMERCIO AL POR MENOR	839	1 307	2 343.2	90 377.9	75 934.7	14 445.2

FUENTE: Para 1988: INEGI, Veracruz, Resultados Definitivos, X Censo Comercial y X Censo de Servicios, Censos Económicos 1989. Para 1993: INEGI, Veracruz, XIV Censo Industrial, XI Censo Comercial y XI Censo de Servicios, Censos Económicos 1994.

En el año de 1525 se fundó la ciudad de Perote, Ver., está ubicada en la zona centro-occidental del estado en las faldas del cofre de Perote. Colinda al sur con el estado de Puebla; al norte con los municipios de Jalacingo, Altotonga, Villa Aldama, Las Vigas de Ramírez; al este con Acajete y Tlanahuayocan; al oeste con Tepayahualco, Pue; al sureste con el municipio de Xico y Coatepec y el municipio de Guadalupe Victoria en el estado de Puebla. Ubicada de la ciudad capital Xalapa. Su clima es frío seco regular con temperatura media anual de 12 grados centígrados con una precipitación anual de 496 milímetros, hay heladas y lloviznas continuamente en invierno, en primavera y verano el clima es benigno, cálido.

Su vegetación principal es de bosques clasificada en pinos, oyameles, encinos y sabinos; existe un llano donde esta cubierto de pastos, magueyes y matorrales. Dentro de las actividades económicas se encuentra la agricultura donde se cultiva maíz, trigo, frijol, cebada, calabaza, camote, papa, alverjón y haba; la ganadería está dirigida a la cría de bovino, ovino, caprino y porcino que es la más sobresaliente en producción; Industria, en este giro de negocio hay fábricas de caja de empaque, envases plásticos, panaderías, refrescos, mosaico, tabique de hormigón y cemento, artículos de Ixtle y Zacatón, elaboración de pulque y jamoncillo, tapetes de Ximonco que son considerados

un patrimonio natural, granjas porcinas y dos caleras. La población económicamente activa de la ciudad es de 12,609 habitantes que es el 28% de la población total, de la cual el 31% se dedica a la agricultura y ganadería, el 27% a la industria manufacturera, el 40% a los servicios comunales y el 2% en actividades inespecíficas. La infraestructura de la ciudad cuenta con todos los servicios públicos como son limpieza, alumbrado público, energía eléctrica, seguridad, tránsito, agua potable y alcantarillado. Una característica muy importante es que Perote es un puerto de comunicaciones en donde se encuentra la carreta nacional que une las ciudades de México, Puebla y el puerto de Veracruz, así como la carretera que va para Martínez de la Torre y Tuxpan, convirtiendo a esta ciudad en un punto estratégico para la comercialización de todo tipo de productos, y en especial los agrícolas como son el maíz, trigo y cebada [6].

de fertilizantes, así como la almacenadora de cacao y un centro de acopio de cereales perteneciente a DICONSA del gobierno federal [6].



Figura 3. Mapa de la comunidad de Totalco.



Figura 2. Centro urbano de la ciudad de Perote, Ver

Comunidad de Totalco

La comunidad de Totalco perteneciente al municipio de Perote, Ver. Tiene una población de 4,500 habitantes de los cuales 2,132 son hombres y 2,368 son mujeres; el 8.13% de la población es analfabeta. La población económicamente activa es del 34.66 de la edad de 12 años en adelante ocupada laboralmente.

Existen 1108 viviendas, de las cuales el 99,16% tienen electricidad, el 91,40% agua entubada, el 99,06% excusado o sanitario, el 85,20% radio, el 95,70% televisión, el 45,44% refrigerador, el 44,28% lavadora, el 29,28% automóvil, el 5,04% una computadora personal, el 22,14% teléfono fijo, el 46,38% teléfono celular, y el 1,15% Internet. Dentro de la actividad económica la población está compuesta por chóferes, artesanos, balconeros, carpinteros, albañiles, zapateros, comerciantes, carroceros, maniobristas, soldadores, pulidores, agentes de ventas, electricistas y agricultores. La principal actividad económica dentro de esta comunidad es la elaboración de ramos y accesorios para bodas, fiestas y quince años. Esta comunidad cuenta con varias empresas como es la fábrica de alimento para cerdos que pertenece a Granjas Carroll de México, S.A., de C.V., existen tres empresas con almacenes

Comunidad de Sierra de Agua.

Es un pueblo que forma parte del municipio de Perote, tiene una altura de 2,420 metros sobre el nivel del mar. Su clima es frío-seco-regular con una temperatura media de 12 grados centígrados con una precipitación anual de 496.6 mililitros, las heladas son frecuentes al igual que pequeñas lloviznas en invierno, en primavera y verano el clima es cálido. Su régimen pluviométrico es parecido al semidesértico presentando lluvias continuas entre julio y septiembre. El tipo de suelo es regosol, susceptible a la erosión, su textura es franca arcillosa. El porcentaje que se utiliza para la agricultura y la ganadería es menor al 50%. La población total de Sierra de Agua es de 1,737 personas, de las cuales 850 son masculinos y 887 femeninas. En la localidad hay 968 hombres y 1,002 mujeres.

La población económicamente activa es del 29.09% mayor a 12 años, de los cuales el 48.35% son hombres y el 10.48% son mujeres. Esta población vive principalmente de la industria de la fabricación del block y un pequeño porcentaje de la albañilería y conductores de carga pesada. Sus vías de comunicación cuentan con la carretera federal México, Puebla y el Puerto de Veracruz [6].



Figura 4. Mapa de la comunidad de Sierra de Agua.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó la observación directa y el método de ponderación de puntos. El método permite ponderar factores de preferencia jerarquizando los factores cualitativos para la toma de decisiones dando calificaciones cuantitativas combinadas con proporciones porcentuales para obtener la mejor opción [4].

El procedimiento de ponderación de puntos consiste en desarrollar una lista de factores relevantes, después se debe asignar un peso a cada factor para indicar su importancia relativa (los pesos deben sumar 1, también se debe asignar una escala común a cada factor (de 0 a 10) y elegir cualquier mínimo, luego se debe calificar a cada sitio potencial de acuerdo con la escala designada y multiplicar la calificación por el peso, a continuación se debe sumar la puntuación de cada sitio y elegir el de máxima puntuación [1]. Entre los factores que se deben tomar en cuenta para realizar la evaluación son los siguientes: los geográficos que están relacionados con las condiciones naturales que existen en las distintas zonas de la república mexicana como es el clima, los niveles de contaminación y desechos, las comunicaciones, entre otros; los institucionales que son los que están relacionados con los planes y estrategias de desarrollo y descentralización industrial; los sociales que están vinculados con la adaptación del proyecto al ambiente y a la comunidad y que toman en cuenta el nivel general de los servicios sociales que tiene la comunidad; los económicos que van dirigidos a los costos de los suministros e insumos de la localidad [5].

Se procedió en la aplicación del método de puntuación ponderada para elegir entre tres opciones para determinar el punto de localización óptimo para la instalación de un centro de acopio de maíz, trigo y cebada en la región de Perote, Ver.

Se procedió a determinar los factores cualitativos como son: cercanía de los principales centros de consumo, disponibilidad de materia prima, infraestructura industrial, mano de obra disponible, clima y estímulos fiscales por ser los más representativos y posteriormente ordenarlos en orden prioritario con el fin de darles un peso relativo y darles una calificación del 0 al 10 dependiendo del grado de factibilidad, para que después se obtenga un resultado multiplicando la calificación por el peso relativo de cada alternativa para obtener la mejor opción.

RESULTADOS

Se aplicó el método de puntuación ponderada para encontrar la localización óptima para la instalación de un centro de acopio de maíz, trigo y cebada en la región de Perote, Ver., para elegir entre tres lugares como son Perote, Totalco y Sierra de Agua, el procedimiento consistió en seleccionar una serie de factores cualitativos que se relacionaran con la actividad y fun-

cionamiento de un centro de acopio y que aparecen en la Tabla del factor, y en donde representa un punto fundamental darle un peso relativo a cada factor dependiendo de la importancia que tenga en prioridad e influencia en la selección del lugar correspondiente para dicho centro de acopio; posteriormente en la tabla 2 del factor se ve que en relación al cumplimiento que tenga cada factor en cada lugar de selección se le asigna una calificación que va del 0 al 10; y por último se multiplica cada una de las calificaciones por el peso relativo de cada uno de los factores y el resultado nos dice que el punto de localización para dicho centro de acopio es Perote, ya que esta alternativa tuvo el mayor puntaje ponderado quedando en primer lugar como opción gracias a que presenta el mejor grado de factibilidad de los factores cualitativos que se tomaron en cuenta en el cálculo del método de puntuación ponderada; el segundo lugar lo tiene Totalco; y por último el tercer lugar lo ocupa Sierra de Agua por tener el puntaje menor ponderado y con el menor grado de factibilidad.

Tabla 4. Del factor

No.	Factor	Peso
1	Cercanía de los principales centros de consumo	0.25
2	Disponibilidad de Materia Prima	0.05
3	Infraestructura industrial	0.30
4	Mano de obra disponible	0.15
5	Clima	0.10
6	Estímulos fiscales	0.15

Tabla 5. Del factor

Factor	Peso	Calificación			Calificación ponderada		
		Perote	Totalco	S. Agua	Perote	Totalco	S. Agua
1	0.25	9	7	7	2.25	1.75	1.75
2	0.05	9	9	10	0.45	0.45	0.5
3	0.30	10	8	7	3.0	2.4	2.1
4	0.15	10	8	7	1.5	1.2	1.05
5	0.10	10	10	10	1	1	1
6	0.15	7	9	9	1.05	1.35	1.35
Total	1.00				9.25	8.15	7.75

CONCLUSIÓN

Es muy importante tener conocimiento de las herramientas de la ingeniería industrial para encontrar el punto de localización óptimo para la instalación de un proyecto que en este caso es un centro de acopio de maíz, trigo y cebada, y que consisten en métodos cuantitativos como es el punto de equilibrio y el método de transporte y métodos cualitativos como es la ponderación de puntos, la cual se utilizó para identificar el lugar óptimo que fue Totalco para Instalar dicha organización; por lo cual se ve la gran importancia de dicho método en la solución para escoger la mejor alternativa de lugar con el fin de beneficiar a los pequeños productores de la región de Perote, Ver.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Baca Urbina, G. (2015). *Evaluación de Proyectos*. México, D.F.: Mc Graw Hill.

[2] Carro Paz , R., & González Gómez, D. (2016). Localización de Instalaciones. En R. Carro Paz, & D. González Gómez, *Administración de las Operaciones* (págs. 1-25). Mar del Plata, Argentina: Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.

[3] Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2016). Localización de Instalaciones. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.

[4] Flores Garrido, L., & San Martín, C. (2016). Algoritmos para el Problema de Localización de Plantas y Centros de Distribución Maximizando Beneficio. *Ingeniare*, 16.

[5] García Pérez, M., Pelegrín Pelegrín, B., & Fernández Hernández , P. (2013). Efecto de los Costes en Origen y Transporte en las Localizaciones Óptimas de Centros de Distribución. *Economía Aplicada*, 16-17.

[6] H. Ayuntamiento de Perote, V. (2016). Sistema de Información Municipal. Perote, Ver.: H. Ayuntamiento de Perote, Ver.

[7] NEGI. (2016). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. México, D.F.: Nueva Serie.

[8] Ochoa, V. (4 de Octubre de 2018). Demanda de granos para fabricar alimento para cerdos. (M. C. Moreno, Entrevistador)

[9] Quintero Castaño , V., Cárdenas Valencia, C., & Aguirre, J. L. (2014). Caracterización de los Residuos Vegetales Generados en el Centro de Acopio de la ciudad de Armenia. *Scientia Et Technica*, 5-6.

[10] Tavello, M., Miroloposky, A., & González, G. (2010). Consideraciones para la Localización óptima de Grandes Plantas Industriales Bajo un Criterio de Sustentabilidad. *Universidad Tecnológica Nacional*, 4.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Propuesta de mejora para la digitalización documental de una empresa logística



Colaboración

Rosa Laura Patricia Edith Franco González; Edgar Roberto Sandoval García; Juan Manuel Fernández Morales, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

RESUMEN: Esta investigación aplicada es realizada, en una empresa logística, la cual gira en torno al diseño de una propuesta de gestión logística para lograr la digitalización documental, así como la implementación de indicadores de desempeño para que la empresa pueda satisfacer los requerimientos de sus clientes.

La cual inicia con el diagnóstico, preguntando al Gestor General y aplicando un cuestionario a los 50 colaboradores; plasmando los resultados en una matriz FODA.

Con base en esta matriz, se aplica el ciclo de mejora continua el cual consta de las cuatro etapas: planear, hacer, verificar y actuar.

Obteniendo como resultado que la empresa ya tenga digitalización documental, manual de procedimientos y pueda tomar decisiones oportunamente, así como satisfacer las necesidades de sus clientes.

Proponiendo que se siga aplicando el proceso de mejora continua, dado que los indicadores de desempeño presentan una brecha entre lo esperado y lo alcanzado.

PALABRAS CLAVE: Mejora continua, empresa logística, transformación digital de una empresa logística, indicadores de desempeño, productividad.

ABSTRACT: This applied research is carried out in a logistics company, which revolves around the design of a logistics management proposal to achieve document digitalization, as well as the implementation of performance indicators so that the company can meet the requirements of its customers.

Which starts with the diagnosis, asking the General Manager and applying a questionnaire to the 50 collaborators; capturing the results in a SWOT matrix.

Based on this matrix, the continuous improvement cycle is applied, which consists of the four stages: plan, do, verify and act.

Obtaining as a result that the company already has documentary digitalization, procedures manual and can make timely decisions, as well as satisfy the needs of its clients.

Proposing that the process of continuous improvement be continued, given that the performance indicators present a gap between what was expected and what was achieved.

KEYWORDS: Continuous improvement, logistics company, digital transformation of a logistics company, performance indicators, productivity.

INTRODUCCIÓN

La empresa de giro de servicios logísticos, la cual solicita que no se indique su razón social, está ubicada en el Estado de México, cuenta con 51 empleados, conforme a los parámetros de la Secretaría de Economía (2009) es una mediana empresa y el trabajar para grandes empresas, le exige la digitalización documental (proceso de convertir información analógica en formato digital); sin embargo, se identifica que el único indicador en el que basan sus decisiones es su estado de resultados y requieren propuestas de mejora para que sus indicadores de respuesta y de atención sean eficientes, donde pueda generar un plan de acción que le ayude a poder atender con éxito todos los puntos que le demandan sus clientes y para ello se realiza esta investigación aplicada de tipo descriptivo, con un equipo de investigadores y un futuro ingeniero en gestión empresarial, aplicando el Ciclo de Deming o Ciclo de Shewhart (1939) citado por Miranda, Chamorro & Rubio (2007), con el objetivo de lograr la satisfacción plena de sus clientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realiza la investigación de campo de tipo descriptivo decidiendo aplicar el Ciclo de Deming.

Diagnóstico

En esta etapa se entrevista al Gestor General y se aplica un cuestionario a los colaboradores de la empresa logística.

Ítems del cuestionario

- Describe tus funciones principales.
- Describe tus funciones secundarias.
- ¿Cuentas con algún proceso para el desarrollo de tus actividades?
- ¿Llevas algún registro de las actividades que desarrollas?
- ¿Crees que dentro de tu área o departamento hay establecidos indicadores de desempeño, para que se puedan mejorar?
- ¿Quieres adicionar algo?

Validación del instrumento

Validación interna

Con base en la información proporcionada se hará el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Y posteriormente se aplica el ciclo de Deming, el cual consiste en las siguientes fases:

- Realizar la planeación y para ello derivado del análisis FODA se elabora el plan de trabajo.
 - Una vez elaborada la planeación, se procede a la ejecución de las acciones específicas a realizar.
 - Posteriormente, se establece la necesidad de monitorear las acciones para verificar que se hagan conforme a lo planeado y aplicar las mejoras pertinentes.
 - Para finalmente, como es un ciclo de mejora continua, se plantearán acciones subsiguientes para darle seguimiento, enfocándose siempre en la satisfacción del cliente.
- Tiempo en que suceden los eventos
De marzo a julio del 2018.

Universo de estudio

Los 50 colaboradores de la empresa logística y el gestor general.

RESULTADOS

Derivado de la entrevista realizada al Gestor General y al cuestionario aplicado a los colaboradores de la empresa logística, se obtiene el siguiente análisis FODA (Ver Tabla 1).

Tabla 1 Análisis FODA Empresa de Logística

Fortalezas	Debilidades
-Cuentan con estructura organizacional. -Personal con experiencia. -Personal organizado. -Personal alineado a las exigencias del perfil de puesto. -Cuentan con un sistema contable eficiente. -Cuentan con presupuesto para realizar la digitalización.	-No existe registro de manuales de procesos. -No cuenta con indicadores de desempeño. -Mala distribución de las actividades. -No cuentan con digitalización documental. -Falta del sentido de urgencia.
Oportunidades	Amenazas
-Ampliar mercado.	-Competencia con procesos eficientes. -Incremento de insumos.

Derivado del anterior análisis FODA, se plantea el siguiente programa de trabajo (Ver Tabla 2).

Tabla 2 Programa de actividades

NO.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	PLAZO
	DESCRIPCIÓN		
01	Realiza el mapeo de procesos	Gestión General.	05 al 23 de marzo del 2018.
02	Realiza los procedimientos	Gestión de cada área (Comercial, Operativa, Administrativa).	30 de marzo al 12 de abril del 2018.
03	Valida el manual de procedimientos	Gestión General.	13 al 19 de abril del 2018.
04	Identifica los principales indicadores de desempeño, con sus respectivos valores considerados aceptables por el cliente.	Gestión General y Gestión de cada área	20 al 27 de abril del 2018.
05	Contrata los servicios de una empresa que pueda realizar la digitalización documental.	Gestión General y Gestión Administrativa	20 de abril
06	Capacita a los colaboradores para ser eficientes en la digitalización documental.	Empresa prestadora del servicio para la digitalización documental.	Del 30 de abril al 11 de mayo
07	Procede a la digitalización documental.	Colaboradores de la gestión comercial, operativa y administrativa	Del 14 al 31 de mayo del 2018
08	Revisa la información que sea acorde a lo solicitado por el cliente interno y cliente externo.	Gestión General, Comercial, Operativa y Administrativa	Del 04 al 15 de junio del 2018.
09	Acuerdo con la empresa de los ajustes al sistema	Empresa prestadora del servicio para la digitalización documental.	Del 18 al 22 de junio del 2018
10	Valida que la digitalización documental es acorde a lo solicitado.	Gestión General, comercial, Operativa y Administrativa	Del 25 al 30 de junio del 2018.
11	Revisa los indicadores de desempeño	Gestión General, Comercial, Operativa y Administrativa	Del 01 al 31 de julio del 2018

Se ejecuta lo planeado, del 9 de marzo al 31 de julio del 2018, realizando un listado de los procesos que se deben generar, el mapeo de procesos para eliminar las actividades que no generan valor y/o no son eficientes.

Así mismo, como lo primero que se requiere satisfacer son las necesidades de los clientes, se identifican los indicadores de desempeño del área comercial y todo se plasma en el siguiente esquema de tortuga (Ver figura 1).

- Definir estrategias para disminuir costos.
Recomendaciones

Se sugiere que se aplique permanentemente la política de la mejora continua para satisfacer oportunamente y en forma las necesidades de los clientes externos y de los clientes internos

Así mismo, se observa que en cuanto a los indicadores de desempeño, hay una brecha entre lo logrado y lo establecido por el cliente, razón por la cual será necesario identificar la causa raíz de la brecha, proponiendo que se aplique la metodología de los 5 ¿por qué? entre los entes involucrados.

Por esta razón, se requiere en lo sucesivo continuar trabajando en la aplicación del proceso de mejora continua, y en capacitar al personal de nuevo ingreso, para que le de continuidad a la digitalización documental, de forma oportuna y correcta.

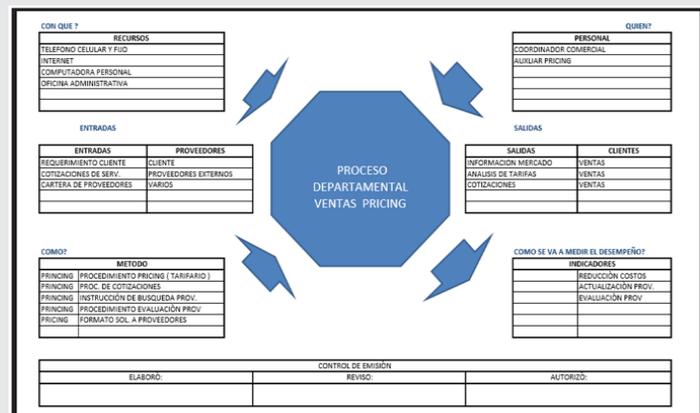


Figura 1 Esquema de tortuga del área Comercial

Y con base en este diagrama se definen los indicadores de desempeño de las demás áreas.

Obteniendo como resultado el análisis FODA, la digitalización de la información, manuales de procedimientos, el establecimiento de indicadores mínimos de desempeño y medición de los indicadores de desempeño.

Procediendo a verificar los resultados alcanzados, determinando que si se logró digitalizar la documentación; que ya se tiene la información necesaria para tomar decisiones.

Y como todo lo que se mide se puede mejorar, se obtiene que los indicadores básicos de desempeño de la empresa logística, presentan una brecha entre lo que se espera y lo que se logra, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 Indicadores de desempeño

Indicador	Real	Esperado
Respuesta	70 %	100 %
Atención	80 %	100 %

CONCLUSIONES

Se concluye que la metodología empleada fue adecuada para la empresa de logística; porque logró tener digitalizada la documentación y con ello tomar decisiones oportunamente.

Y entre las decisiones oportunas que tomó fueron:

- Entrega de cotizaciones acorde a los tiempos requeridos por los clientes.
- Identificación de la ubicación de las unidades de transporte.
- Negociación para entregar a horas posteriores, en caso de requerirse la prórroga.
- Identificación de la causa por la que se llegó tarde a la entrega-recepción.
- Negociación fundamentada con los proveedores.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Contreras Ríos, J. F.; Díaz Martino, D. E. (2018). *Propuesta de un modelo de proceso de gestión logística para que una asociación de mypes de calzado de Lima pueda atender un pedido de gran volumen*. Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

[2] Diario Oficial (2009). *Clasificación Empresas*. Obtenida el 31 de agosto del 2018 de <https://www.google.com.mx/search?q=clasificacion+de+las+empresas+segun+su+tama%C3%B1o+en+mexico&sa=X&ved=0ahUKEwiC6vy3ybveAhUKTKwKHci8CQM1QI-InQEoAw&biw=1335&bih=638>

[3] Miranda González, F.J., Chamorro Mera, A., & Rubio Lacoba, S. (2007). *Introducción a la Gestión de la Calidad*. Madrid. Editorial Delta Publicaciones.

[4] OCC (2018). *Matriz FODA*. Obtenido el 28 de febrero del 2018 de <https://www.occ.com.mx/blog/que-es-un-analisis-foda-y-como-se-hace/>

[5] Reachcore (2017). *Qué es digitalizar*. Obtenida el 03 de marzo del 2018 de <https://www.reachcore.com/que-es-digitalizar/>

[6] Universidad Autónoma de México (2017). *Indicadores de desempeño y productividad*. Obtenida el 02 de marzo del 2018 de <http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/productividad/info/4/4.htm>

Agradecimientos

Los investigadores y el futuro ingeniero en gestión empresarial, agradecemos a la empresa de logística por permitirnos contribuir a que haya logrado la digitalización documental y a definir sus indicadores de desempeño, ofreciéndole continuar apoyándola para que mejore sus indicadores de desempeño.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Análisis comparativo de diferentes tratamientos de polinización para fruto de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* degener)

RESUMEN: El maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* degener) presenta ciertas características florales las cuales ocasionan que la polinización sea obligatoriamente cruzada. En este sentido, la polinización puede ser a través de agentes polinizadores, pero la baja densidad poblacional obliga a los agricultores hacerlo por la polinización manual, esta técnica la realizan de manera empírica ya que no cuentan con los conocimientos necesarios sobre la anatomía biológica de la flor. El objetivo de este trabajo fue comparar tres diferentes tratamientos de polinización en dos huertos de maracuyá amarillo y de acuerdo con los resultados determinar el tratamiento más viable. Se llevó un registro durante un periodo determinado de la cantidad de flores producidas, flores polinizadas y el total de fructificación por tratamiento durante Julio y Agosto durante 50 días. Se aplicaron pruebas estadísticas usando prueba (Anova con la técnica de comparaciones de medias Tukey $P \leq 0.05$). En la cual el tratamiento de polinización natural obtuvo un 35.15 % de fructificación, la polinización manual empírica con un 69.07 %, y la polinización técnica biológica propuesta con un 85.98 %. La polinización natural presenta media diferente por su bajo porcentaje y diferencias significativas con los otros dos métodos de polinización.

PALABRAS CLAVE: maracuyá amarillo, biología floral, polinización, fructificación.



Colaboración

Félix Galindo Zárate; Saúl Santiago Cruz; Jorge Orlando Córdova Canales; Rubén Enrique Cuevas Alarcón, Instituto Tecnológico Superior de Mianzta

ABSTRACT: The yellow passion fruit (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa* degener) has certain floral characteristics which cause that the pollination is necessarily crossed. In this sense, pollination can be through pollinating agents, but the low population density forces farmers to do it by manual pollination, this technique is carried out empirically since they do not have the necessary knowledge about the biological anatomy of the flower. The objective of this work was to compare three different pollination treatments in two yellow passion fruit orchards and according to the results determine the most viable treatment. A record was kept during a determined period of the quantity of flowers produced, pollinated flowers and the total fructification by treatment during July and August during 50 days. Statistical tests were applied using test (Anova with the technique of comparisons of means Tukey $P \leq 0.05$). In which the natural pollination treatment obtained a 35.15% fruiting, empirical manual pollination with a 69.07%, and proposed biological pollination with 85.98%. Natural pollination has a different average due to its low percentage and significant differences with the other two methods of pollination.

KEYWORDS: yellow passion fruit, floral biology, pollination, fructification.

INTRODUCCIÓN

El maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* degener) es la principal especie de la familia Passifloraceae, debido a que sus frutos son comercializados desde mercados locales hasta mercados internacionales como fruta fresca y procesada [1].

México produce aproximadamente 526 toneladas por año, este cultivo se produce en baja escala, la superficie es pequeña, los lotes de producción son reducidos en la mayoría de los casos y las prácticas agronómicas y uso de materiales mejorados son empíricas [2]. Los principales estados productores de maracuyá son Veracruz, Tabasco, Guerrero, Nayarit,

Jalisco y Morelos. En la zona central de Veracruz se reportan rendimientos de 10.4 a 19.6 t/ha para el primer año y entre 18.6 y 36.3 t/ha para el segundo [3]. El estado de Veracruz cuenta con una producción de 409 t/año, el 70% está destinado al mercado doméstico [4]. Es una planta que se adapta a condiciones climáticas cálidas; a altitudes entre 300 y 1400 msnm, para su óptimo desarrollo, requiere de temperaturas promedio de 20 y 28 °C [5], por encima de este límite y más allá de 32 °C el crecimiento se acelera, pero la producción disminuye a causa de la deshidratación del estigma, lo que imposibilita la fecundación de las flores [6].

En las flores se forman 5 estambres con anteras grandes, que contienen los granos de polen que son amarillos y pesados, lo que dificulta la polinización por el viento, y que su estructura femenina (gineceo) se ubica arriba de los estambres [7]. El gineceo está formado por un ovario tricarpelar, unilocular y multiovulado, sostenido por estilo, las curvaturas de este estilo al momento de la antéesis da origen a tres tipos de flores [8].

Flor con estilo totalmente curvo (T.C.): en estas los estigmas se encuentran debajo de las anteras lo cual facilita la polinización cruzada, estas flores presentan entre el 70% al 75% del tipo de flores producidas por una planta, y dan un porcentaje de fructificación de 46.5%.

Flor con estilo parcialmente curvo (P.C.): los estigmas se encuentran arriba de las anteras, formando un ángulo de 45°, este tipo de flor se presenta con una frecuencia de 20% a 28% en cada planta, el órgano femenino de este tipo de flor es fértil. Debido a la distancia entre los estigmas y las anteras se dificulta la polinización cruzada, ya que cuando los insectos pasan recolectando polen de las anteras, no colocan el polen en los estigmas. El porcentaje de fructificación de estas flores es de 13%.

Flor con estilo sin curva (S.C.): los estigmas están arriba de las anteras, formando un ángulo aproximado de 90°. Se presentan en las flores con una frecuencia de 2% a 16% y no todas las plantas presentan este tipo de flor, esto ocasiona que el órgano femenino quede estéril. Pero si el polen es llevado a la flor de otra planta se comprueba que éste es viable.[9].

Las flores de maracuyá amarillo empiezan a abrir entre las 12:30 p.m. y las 3:00 p.m., permaneciendo abiertas hasta las 6:00 p.m. [10]. En este lapso de tiempo es cuando se debe polinizar la flor, el maracuyá amarillo es autoestéril, lo cual este cultivo depende de la acción de polinizar para su producción, por lo que es considerado un servicio reproductivo. Cuando el aporte del viento es mínimo es poco probable que la flor se polinice debido a que

los granos de polen son grandes y pesados. Estas flores presentan características para ser polinizadas por insectos de grandes dimensiones; los insectos realizan la polinización en un mayor porcentaje, específicamente por los abejorros (*Xilocopa* sp) [11], presentan un patrón de movimiento entre las flores y las dimensiones apropiadas (15-20 mm de longitud x 12 mm de altura), por lo que son considerados los agentes polinizadores más eficientes para este cultivo [12]. La reducción de las poblaciones de este insecto ha traído como consecuencia la disminución en la producción de frutos de este cultivo. Las abejas (*Apis mellifera*) y las avispas (*Polistes major buysson*) también contribuyen a la polinización, pero en menor influencia por su anatomía y el reducido tamaño con respecto a la flor [13].

No obstante, cuando las poblaciones de polinizadores son baja, los productores realizan la polinización manual, por medio de la atracción del polen con los dedos a las anteras de una flor y llevándolo a los estigmas de otra. Esta práctica puede mejorar los porcentajes en la formación de frutos entre 50% y 85% [14]. Además, con el uso de esta metodología, incrementa las características del fruto, debido a la probabilidad los frutos producidos son de mayor tamaño en relación con los obtenidos de manera natural de obtener mayor número de óvulos fecundados [15]. La percepción de los agricultores acerca de la biología de la polinización y el servicio que prestan estos insectos en los cultivos no es clara ni valorada.

Esto ocasiona que los productores de la zona tengan problemas relacionados con una inadecuada fructificación, a pesar de observarse excelente desarrollo del cultivo, incluyendo una apropiada floración [16].

Dentro de este escenario, la práctica de la polinización manual puede constituir una estrategia válida para alcanzar altos niveles de producción del cultivo, ya que debería permitir superar los problemas de polinización en áreas donde hay baja densidad poblacional de insectos polinizadores [17]. El objetivo de esta investigación fue comparar tres diferentes tratamientos de polinización en dos huertos de maracuyá amarillo y de acuerdo con los resultados determinar el más viable.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis se llevó a cabo en dos cultivos de maracuyá, ubicados en el municipio de Misantla, Ver. El área de estudio se caracterizó en un periodo de evaluación de 50 días entre los meses de Julio y Agosto para los dos cultivos, con humedad relativa promedio de 192.5 mm, temperatura promedio de 25.9°C. El primer cultivo se ubica a 275 msnm con las coordenadas: 19°56'53"N 96°50'34"W, el segundo cultivo se ubica a 208 msnm con las coordenadas: 19°58'08"N 96°51'37"W.

Para realizar el análisis se utilizaron plantas de maracuyá amarillo las cuales se plantaron bajo un marco de plantación de 4 m de distancia por planta en cada surco por 5 m de ancho entre los surcos en un sistema de conducción de espaldera vertical o tipo cerco conformados por postes de madera que están enterrados 70 cm debajo de la tierra, cada poste mide 2 m de alto con un hilo de alambre que va sujetado arriba de cada poste [18].

Este sistema de plantación se aplicó en los dos cultivos, usando 7 surcos por tratamiento con 17 plantas cada surco, con un total de 21 surcos.

Para realizar el análisis comparativo del rendimiento del fruto en cada cultivo y el tipo de polinización que se aplicaron en tres tratamientos: a) polinización natural, b) polinización manual empírica y c) polinización técnica biológica propuesta.

Polinización natural: se dejaron 7 surcos para que los agentes polinizadores naturales se encargaran de la libre distribución y/o intercambio de polen durante la antesis.

Polinización manual empírica: en la polinización manual empírica se hizo durante la antesis, tomando el polen de las anteras de las flores con la yema de los dedos y distribuirlo al estigma de otra flor (solo con estilos T.C. y P.C.), tomando en cuenta que de esa manera los campesinos de esta región polinizan sus cultivos de maracuyá, sin tomar en cuenta que el tipo de estilo que tenga la flor y la cantidad de polen depende del porcentaje de rendimiento de fructificación.

Polinización técnico biológica propuesta: consistió en distribuir el polen de una flor al estigma de otra flor, tomando el polen de las anteras con las yemas de los dedos y con ayuda de un pincel con cerdas finas, con el fin de lograr que el polen quede adherido en los estigmas con estilos sin curvatura y estilos parcialmente curvos.

Los estilos S.C., se encuentran a 90°, mientras que los estilos P.C. se encuentran a 45° de las anteras que es la parte masculina de la flor y es donde se encuentra el polen. Este polen debe ser distribuido hacia los estigmas que es la parte femenina de la flor. En la gráfica se muestra el promedio de los tipos de estilos que se encuentran en las flores obtenidos de los dos cultivos de los tipos de estilos.

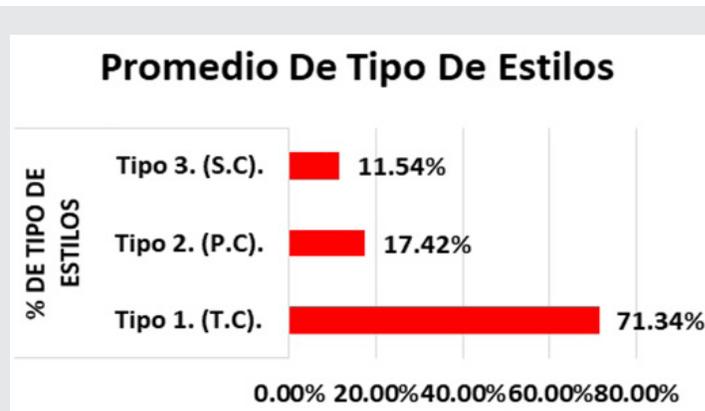
Tabla 1 % de tipo de estilos.

CULTIVOS	% DE TIPO DE ESTILOS		
	Tipo 1. (T.C).	Tipo 2. (P.C).	Tipo 3. (S.C).
Cultivo 1	71.34	17.42	11.54
Cultivo 2	71.52	17.48	10.9
MEDIA	71.43	17.45	11.22

Fuente: Los autores

Estos datos se obtuvieron contabilizando el número de flores y tipos de estilos posteriormente se calculó el porcentaje en los dos cultivos de maracuyá durante el periodo de análisis.

En la gráfica 1 se muestra el porcentaje total de tipo de estilos de las flores en los dos cultivos.



Gráfica 1: Porcentaje de tipos de estilos.

Los tratamientos se hicieron en un intervalo de tiempo de las 13:00 a 15:30 horas [19], ambas plantaciones fueron sembradas en la misma fecha con base a lo anterior se analizó el rendimiento de fructificación en los dos cultivos respecto los diferentes tratamientos de polinización que se le aplicaron a los cultivos. Se consideró como fruto logrado aquel que permaneció de la planta hasta por lo menos 15 días desde la polinización.

Se contabilizó el total de flores (T.FI), el número de frutos formados (Fr. F), cantidad de frutos enfermos y caídos (Fr. E/C) y fructificación total (T. Fr) de los tres diferentes tratamientos; polinización natural (P.N), polinización manual empírica (P. M. E) y la polinización técnica biológica propuesta (P.T.B.P). En la tabla 2 se muestra las cantidades de flores y frutos que produjeron cada cultivo durante el periodo del análisis.

Tabla 2 Fructificación.

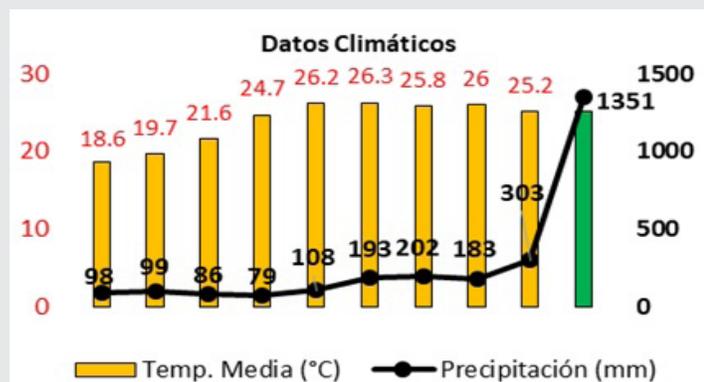
Cultivo	CANTIDADES DE FRUTOS			
	T. FI	Fr. F	Fr. E/C	T. Fr
Cultivo 1				
P. N.	1128	487	88	399
P. M. E.	1108	862	111	785
P.T.B.P.	1087	1017	63	951
Cultivo 2				
P. N.	1009	444	95	349
P. M. E.	999	765	87	678
P.T.B.P.	950	874	77	797

Fuente: Los autores

RESULTADOS

Durante el transcurso del año se registró una temperatura promedio de 25.2°C con una precipitación de 1351 mm hasta el mes de Septiembre. En el transcurso del análisis de polinización que se realizó durante los meses de Julio y Agosto se registró una temperatura promedio de 25.9°C con una precipi-

tación de 385 mm, lo cual afecta positivamente a las condiciones climáticas de los cultivos para su desarrollo. En la gráfica 2. Se muestra el índice de temperatura (°C) y precipitación (mm).



Gráfica 2: Datos climáticos en (°C) y precipitación (mm).

De acuerdo a los datos anteriores se observa que las condiciones climáticas durante el periodo del análisis favorece el desarrollo del cultivo. En la gráfica 1 se observa que la floración cuenta con el 71.43 % de estilos totalmente curvos (T.C), esto facilita la polinización manual empírica que realizan los agricultores, lo cual indica una probabilidad favorable de que el polen llegue a los estigmas sea fecundada la flor. Las flores con estilos parcialmente curvos (P.C) tienen un porcentaje de 17.45 %, esto puede afectar un poco a la fecundación de la flor ya que los estigmas se encuentran por encima de las anteras dificultando la interacción del polen al estigma. Mientras las flores con estilos sin curvatura (S.C) tienen un porcentaje de 11.22 %, lo cual presenta una baja probabilidad de que la flor sea fecundada.

Tomando en cuenta estos datos y tomando en cuenta la anatomía biológica de polinización, se realizaron los diferentes tratamientos de polinización. El porcentaje de fructificación que se obtuvo de cada técnica de polinización se muestra en la siguiente tabla.

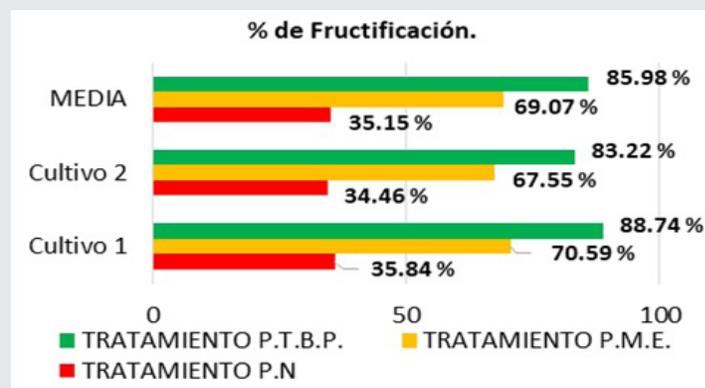
Tabla 3: % de rendimientos por tratamiento.

CULTIVO	TRATAMIENTOS		
	P.N	P.M.E	P.T.B.P
1	35.84	70.59	88.74
2	34.46	67.55	83.22
TOTAL	35.15 %	69.07 %	85.98 %

Fuente: Los autores

Quince días después que las flores se sometieron a la polinización natural se constató un valor promedio de los dos cultivos 35.15% de fructificación. Este valor es bajo ya que para considerar apropiada la tasa

de fructificación del maracuyá en condiciones naturales debe ser entre 40% y 50% [20]. De acuerdo a estos valores, se observa que en las zonas analizadas la eficiencia de la polinización natural es baja para la producción comercial del cultivo. Al ser bajo el porcentaje de fructificación por este método, los campesinos optan por la polinización manual, esta práctica permitió incrementar casi el doble de porcentaje de fructificación con un valor de 69.07% en comparación a la polinización natural (tabla 3). Con la polinización técnica biológica propuesta se obtuvo un rendimiento promedio de los dos cultivos de 85.98% en comparación a las otras técnicas lo cual indica que es más eficiente esta técnica, ya que se tomó en cuenta la anatomía biológica de polinización de la flor de maracuyá.



Gráfica 3: % de fructificación.

En la gráfica anterior se muestra el rendimiento de fructificación en porcentaje por cada cultivo y el porcentaje total de los dos cultivos.

Para comparar estadísticamente la influencia de los tipos de tratamientos de polinización se utilizaron los datos de fructificación de los dos cultivos usando prueba (Anova con la técnica de comparaciones Tukey) para analizar si los tratamientos de polinización presentan diferencias significativas. Utilizando el programa estadístico Minitab se realizó un análisis de varianza y comparación de medias prueba de Anova y Tukey. En base a la prueba Anova con un valor de significancia $P \leq 0.05$, se analizaron los datos de polinización y se obtuvo un valor $P \leq 0.001$, este valor nos indica que a lo menos una de las medias, que presentan los tres métodos de polinización es diferente, para corroborar y respaldar la prueba, se llevó a cabo la prueba de comparación de Tukey $P \leq 0.05$, en este caso se obtuvo que dos métodos presentan medias iguales, los cuales fueron polinización manual empírica y polinización técnica biológica propuesta, compartiendo la inicial "A", esta letra indica que las medias son iguales y no hay diferencias significativas entre ellas, esto puede demostrar que estadísticamente no se presentan diferencias, en cambio aplicando las pruebas antes mencionadas al método de polinización natural, se

encontró que su media era diferente a las anteriores dos, tanto con el valor del Anova $P \leq 0.001$ (primer indicio de diferencia estadística), y para corroborar se llevó a cabo la prueba Tukey, la cual arroja una inicial "B" esto corrobora la hipótesis de que a lo menos una media es diferente en estos tres tratamientos, esta diferencia se puede observar en la cantidad de frutos formados que es menor a los otros métodos. La siguiente tabla muestra la comparación de medias de los tres tratamientos con el método Tukey con una confianza de 95%.

Tabla 4: Comparación de medias Tukey.

Comparaciones de medias de Tukey			
Tratamientos	N	Media	Agrupación
1 P.N	70	70.43	B
2 P.M.E	70	107.17	A
3 P.T.B.P	70	112.19	A

Fuente: Los autores

Otro parámetro que es estudio estadísticamente, es el de correlación entre tratamientos, esto se realizó utilizando la prueba de correlación de Pearson, esta prueba nos indica, que tan fuerte están relacionadas dos o más variables lineales, en este caso sería la polinización de las flores de maracuyá, el valor más alto obtenido en esta prueba se presentó en la correlación del tratamiento de polinización manual empírica y la polinización técnico biológico propuesto presentando un valor de $P \leq 0.959$, este valor indica una correlación muy alta.

Tabla 5 Correlaciones de los tratamientos.

Correlación de Pearson			
Tratamientos	P.N	P.M.E	P.T.B.P
P.N	1(Perfecta)		
P.M.E	0.756(Alta)	1(Perfecta)	
P.T.B.P	0.675(Alta)	0.959(Muy alta)	1(Perfecta)

Fuente: Los autores

En la correlación de polinización natural y la polinización técnica biológica propuesta presentó una normalidad de ($P \leq 0.679$). De acuerdo a las comparaciones estadísticas de los tres tratamientos de los dos cultivos se observa que la correlación de polinización natural y polinización manual empírica tiene una normalidad de ($P \leq 0.729$).

De acuerdo a lo anterior se determina que la polinización técnico biológico propuesta, mejora la polinización, debido que se aplicó el conocimiento de la biología floral para realizar una mejor polinización en comparación a las técnicas tradicionales. Esto se ve reflejado en el incremento de la producción de fruta.

CONCLUSIONES

La baja densidad poblacional de los agentes polinizadores naturales provoca que los cultivos tengan bajos rendimientos de fructificación. Esto hace que los agricultores opten por la polinización manual que debería aumentar la producción de 50 a 85%, sin embargo los resultados muestran que esta técnica de polinización que los agricultores la hacen de manera empírica obteniendo una fructificación de 69.07%. Se hizo una encuesta y estudio de campo de manera empírica para observar y determinar la manera de manipular y polinizar la flor, observando que los agricultores que se dedican a este tipo de cultivo no cuentan con los conocimientos necesarios sobre la anatomía y biología de la flor de maracuyá, esto repercute que el polen no llegue a los estigmas, esto incrementa la baja probabilidad de fecundación, en comparación de la polinización técnica biológica propuesta con un 85.98%. Dentro de los métodos de polinización evaluados en esta investigación se concluye que independientemente de la forma de transferir el polen hasta los estigmas, realizando una buena experimentación agrícola y un buen proceso de polinización afecta positivamente el rendimiento de fructificación. Esto puede ser de gran beneficio para los agricultores de la zona ya que tomando en cuenta los resultados obtenidos y los fundamentos esenciales del conocimiento biológico de la flor se pueden realizar de forma correcta de polinizar la flor de maracuyá y así puedan mejorar la técnica de polinización en los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. C. A. S. & J. A. O. Pérez, «La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa degener*) como un servicio reproductivo y ecosistémico.,» *Agronomía Mesoamericana.*, pp. 73-74, 2014.
- [2] SAGARPA, «Agenda Técnica Agrícola de Veracruz,» pp. 67-70, 2015.
- [3] D. R. D. F. G. L. E. G. P. R. M. V. & D. H. S. J.R. Llort Guardado, «Productividad financiera y energética de cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis var. flavicarpa degener*), en la región golfo centro de Veracruz. México.,» *Chapingo Serie Horticultura*, vol. 1, nº 10, pp. 79-84, 2004.
- [4] SAGARPA, «Agenda Técnica Agrícola Veracruzana.,» *Revista Infoagro México, Ciudad de México*, 2016.
- [5] M. V. O. O. d. Á. & H. S. G. Javier de la Cruz, «Estudio de las características sensoriales, fisicoquímicas y sisicoquímicas en fresco y durante el almacenamiento refrigerado de maracuyá amarillo (*passiflora edulis sims. var. flavicarpa degener*) para tres cultivares de Veracruz México.,» *Redalyc*, vol. 11, nº 2, pp. 130-142, 20110.

- [6] A. d. J. J. & J. F. Alejandro Cleves, «Mejoramiento integrado del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* *degener*),» *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas*, pp. 97-103, 2009.
- [7] G. N. P. R. O. T. & C. D. M. O. Catalina Ángel Coca, «Biología floral y reproductiva de la gulapa *Passiflora edulis* *sims* f. *edulis*,» *Redalyc*, pp. 434-436, 2011.
- [8] Y. A. & D. Jáuregui., «Algunos aspectos de la biología floral de (*Passiflora edulis*).,» *SciELO*, vol. 21, nº 3, 2004.
- [9] J. O. & R. U. Juan Sebastián Rendon, «Estudio sobre polinización y biología floral en *passiflora edulis* f. *edulis* *sims*, como base para el premejoramiento genético.,» *Acta Agronómica*, pp. 232-238, 2013.
- [10] C. N. M. A. & H. M. Jorge Páres, «La polinización manual y su factibilidad en las plantaciones de maracuyá amarillo de la zona alta de estado Falcón.,» *Unell. Cienc. Tec.*, pp. 30-34, 2015.
- [11] R. O. T. & g. N. P. Julián medina Gutiérrez, «Efecto de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulapa (*Passiflora edulis* f. *edulis*),» *Acta Biológica Colombia*, vol. 17, nº 2, pp. 381-396, 2012.
- [12] V. H. G. & M. M. González., «Notas biológicas y taxonómicas sobre los abejorros del maracuyá del genero *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae, Xylocopini) en Colombia.,» *Acta Biológica Colombiana*, pp. 31-40, 2009.
- [13] G. N. Parra, «Abejas solvestres y polinización.,» *Departamento de Biología, Universidad de Colombia, Bogotá.*, pp. 7-20, 2005.
- [14] C. N. M. A. & H. M. Jorge Páres, «La polinización manual y su factibilidad en plantaciones de maracuyá amarillo de la zona alta del estado de Falcón.,» *Rev. Unell. Cienc. Tec.*, pp. 30-35, 2015.
- [15] J. O. & R. U. Juan Sebastián Rendon, «Estudio sobre polinización y biología floral de *Passiflora edulis* f. *edulis* *Sims*, como base para el premejoramiento genético.,» *Acta agronómica*, pp. 232-241, 2013.
- [16] H. A. & C. C. A. Miguel Espitia Camacho, «Correlaciones para algunas propiedades físicas y químicas del fruto y jugo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* *degener*),» *Agronomía Colombiana*, vol. II, nº 26, pp. 192-199, 2008.
- [17] M. A. M. R. O. T. C. Á. C. & M. G. Guiomar Nates Parra, «Biología floral, reproductiva, polinización y polinizadores de gulpa (*Passiflora edulis* var. *edulis*).,» *Universidad Nacional de Colombia*, pp. 115-121, 2013.
- [18] R. S. R. & M. Á. G. Cruz, «Situación y tendencias de la producción y el comercio en México y en el mundo.,» *Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA)*, vol. I, pp. 175-180, 1997.
- [19] M. A. & H. M. Jorge Páres Carlos Najul, «La polinización manual y su factibilidad en plantaciones de maracuyá amarillo de la zona alta del estado de Falcón.,» *Rev. Unill. Tec.*, pp. 30-35, 2015.
- [20] J. S. & M. A. Jorge Páres, «Efecto de la polinización y la calidad de frutos de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* *degener*),» *Bioagro*, pp. 165-170, 2014.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

An educational virtual tool for teaching electric circuits to undergraduate students



Colaboración

Merit Cisneros González; Darío Cisneros Arreola; Manuel Ismael Mata Escobedo, TECNM / Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana; Pamela Viridiana Valenzuela Franco; José Antonio Martínez Rivera, TECNM/Instituto Tecnológico de Durango

RESUMEN: En este artículo se presenta una herramienta educativa para la enseñanza de circuitos eléctricos enfocada a estudiantes de nivel licenciatura. La herramienta fue desarrollada en el lenguaje de programación de LABVIEW el cual ayuda a construir interfaces de usuario amigables llamadas instrumentos virtuales (VI's). Esta herramienta es un complemento en la enseñanza de la teoría de circuitos eléctricos y se compone por algunos experimentos útiles los cuales refuerzan el conocimiento adquirido durante los cursos teóricos. Entre las prácticas propuestas se encuentran: Análisis de CA en estado estable, redes de dos puertos, circuitos eléctricos acoplados, transformación delta-Y, medición de potencia eléctrica y respuesta a la frecuencia. Los experimentos de laboratorio son parte de un programa de educación a nivel licenciatura los cuales son supervisados por un instructor y llevados a cabo por los estudiantes. La herramienta educativa incluye ejercicios de laboratorio intuitivos e interactivos los cuales evitan el empleo de equipo costoso. Además, esta herramienta es de ayuda cuando no se tiene a la mano dicho equipo para prácticas.

PALABRAS CLAVE: Virtual instrument; educational tool; electric circuits

ABSTRACT: In this paper, the development of an educational tool for teaching electrical circuits to electrical engineering undergraduate students is presented. The tool is developed in the LabVIEW programming language which helps to build up useful and friendly user interfaces called virtual instruments (VI's). This tool is a complement for the teaching of electric circuit theory and it is composed by some useful lab experiments which reinforce the acquired knowledge during the theoretical courses. Among the proposed practices are found: Alternating Current (AC) analysis on steady-state, two-port networks, electric coupled circuits, delta-wye transformation, electric power measurement and frequency response. The laboratory experiments are part of a university undergraduate program and they were supervised by an instructor and carry out by undergraduate students. The educational tool includes intuitive and interactive lab exercises which avoid the use of expensive equipment. Also, this tool is helpful when the equipment it is not available.

KEYWORDS: Instrumento Virtual; Herramienta Educativa; Circuitos Eléctricos.

INTRODUCCIÓN

In recent years the developments of computer and communication technologies have given many advances to educational matters. Computer-aided educational tools have become popular nowadays because they help to visualize theoretical concepts [1]. The use of simulation software has helped to teach several topics of a wide range of knowledge areas with the purpose of complement the theory taught in classrooms. Tools like virtual learning environments have features such as interactive virtual panels or friendly user interfaces which avoid the traditional way of teaching any subject in the engineering area [2].

There are many examples on the use of virtual panels or user interfaces that helps to a better understanding of a specific issue. In a recent study an integrated virtual learning system for the development of digital signals processors (DSP)-based control schemes for motor drives applications was programmed, this tool has an integrated based C++ graphical user interface (GUI) [3]. Virtual environments have demonstrated that enhance the acquired knowledge and to motivate the students in a positive way. Moreover, these virtual environments have been employed successfully in order to provide a realistic pre-laboratory experience, and they are helpful on distance learning courses for students with mobility disabilities [4]. In some cases the environments consists on the simulation of laboratory experiments which avoid the use of expensive equipment and its possible damage [5]. For this reason several commercial software as PSpice, Workbench, Multisim have been commercially launched. The measurement area generally involves the use of expensive measurement devices and sensors that are present in most of the industries; this has led to the implementation of learning management systems programmed in LabVIEW with remote access to real instrumentation [6].

Electric circuits and electromagnetic theory are the basis for the understanding of many areas of knowledge in electrical engineering, i.e. electrical machines, power, control, electronics, instrumentation and communication. The understanding of electric engineering issues is challenging. This is the main motivation of the development of virtual tools for the comprehension of every of its branches [7-12]. In this sense, electrical and electronic circuit topics represent one of the most challenging subjects inside the study of electrical engineering area [13]. In a recent study a generalized negative feedback model for teaching feedback amplifiers in engineering schools was proposed [14]. The reinforcement of the lectures given in power electronic courses is a matter of interest. Power electronic represents a difficult subject, for this reason a web-based la-

boratory exercise with remote access have been developed in MATLAB and PSpice [15]. Meanwhile, researchers have developed computer-based tools for DC-DC converter circuits using MATLAB/Simulink toolbox [16].

In order to teach circuit theory, tools as NI ELVIS have been commercialized. This tool has the functionality of combine virtual measurement instruments and a connecting board. However, for some applications this tool has limitations in the usage of physical input/output acquisition channels, and the frequency response analysis cannot be performed accurately in a range of frequencies less than 5 Hz [17]. As it was said, the topic of electric circuits is a subject whose learning is complemented with lab practices and simulations which reinforce the studied theory in the classroom.

In this paper an educational tool focused on electric circuits teaching is presented. The tool is based on the LabVIEW programming language and consists of five interactive practices among them are found: two-port networks, electric coupled circuits, delta-wye-delta transformation, electric power measurement, and finally frequency response. These topics are included in the undergraduate electrical engineering program of electric circuits which is given twice in a scholar year, and it comprises 4 theory-hours and 2 practice-hours per week. It is worth to mention there are no virtual tools that include five different practices of this sort in one learning tool whose design is based in a university undergraduate official program. The proposed practices are integrated into a single virtual interactive panel which guides students throughout them; at the same time the most important theoretical concepts taught in the classroom are complemented with the lab practices. Among the benefits are found a fast learning of the studied topics in the program, reduced time on the understanding of the concepts seen in classes. The tool was evaluated in one hundred students along a scholar year which is normally divided into two semesters.

THE EDUCATIONAL TOOL FOR TEACHING ELECTRIC CIRCUITS

As it was mentioned above, this educational tool was developed in order to cover an undergraduate program of electric circuits II whose contents is shown in Table I. This program is divided into six units which are: AC network analysis on stationary state, two port networks, magnetically coupled circuits, three-phase circuits, electric power and frequency domain analysis.

This educational tool is formed by a front panel and a block diagram. The front panel of this tool is shown in Fig. 1.

Table 1. Undergraduate study program for the electric circuits II subject.

Unit	Topics
1. AC network analysis on steady-state	Sine signal characteristics: period, frequency, maximum and <i>rms</i> values, instantaneously and <i>rms</i> power, complex numbers operations, impedance and admittance concepts.
2. Two-port networks	Two-port network parameters, <i>z</i> , <i>y</i> , <i>h</i> , <i>T</i> and Π parameters
3. Magnetically coupled circuits	Self-induction, mutual induction, magnetic coupling, equivalent circuits, polarity.
4. Three-phase circuits	AC generation, three-phase delta and wye circuits with balanced and unbalanced loads
5. Electric power	Real, reactive and apparent powers, power factor, three-phase power measurement
6. Frequency domain analysis	Introduction to the frequency response problems, frequency response in RL, RC and RLC circuits, resonant circuits, filters.

was programmed in order to have a register of the users in a text file. The file has the student's name, the starting/ending time, the practice's name, and finally, a report is generated with the evaluation results obtained by the student in the lab exercise.

Analysis of Two-Ports Networks with the Virtual Tool

The study of two ports networks arises from the necessity of the understanding several electrical engineering areas such as control, power, communications, and electronics systems. Basic concepts of two port networks are useful on the modeling of transistors and operational amplifiers [14]. On theory, the independent and dependent variables in these systems are voltages and currents, respectively. These variables can be easily measured; however, there are parameters of interest inside these systems that cannot be measured. In most cases, two-port networks are seen as black-box models where a set of parameters are needed to identify or describe their dynamics [18].

These types of models are usually embedded in large networks that need to be simplified for their understanding. For the comprehension of the estimation of two-port network parameters, an interactive virtual tool was also developed. This virtual tool was designed to calculate impedance, admittance, hybrid and g-parameters of a simple T-circuit. Within it, complex number computations are involved, admittance and impedance concepts covering in this way some of the topics seen on unit 1 of the course. The front panel of this tool is shown in Fig. 1. One of the main advantages of this tool is its front panel that allows setting the circuit parameters given in complex form. On the other hand, the user is free to choose which kind of parameters will be calculated (impedance, admittance, hybrid and g-parameters). Moreover, equations, figures such as T-circuit and an equivalent circuit are automatically displayed in the front panel depending on the parameters to be calculated. After setting the complex quantities in the T-circuit and the parameters to be calculated the simulation is executed. The equivalent circuit, its parameters, and its equations are displayed after the simulation has finished.

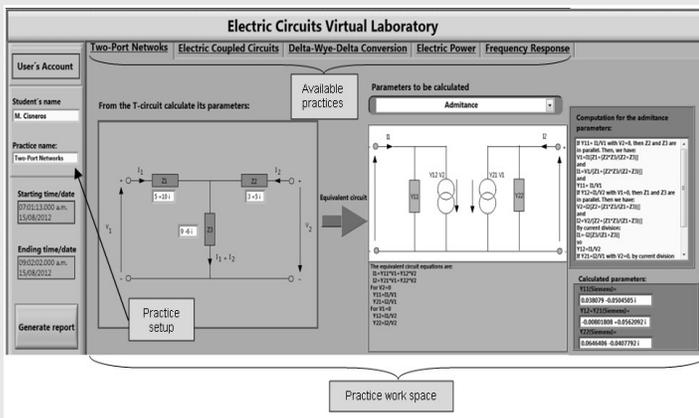


Fig. 1. Virtual tool for the two-port networks parameters.

This is the interface that the student uses freely for performing the practices, and it is divided into five main tabs. These tabs are named as the practice to be developed and the student can choose them manually. On the other hand, the block diagram contains the programming code, in this part; the student is not able to access. As it was mentioned before, five practices were programmed in this virtual instrument which includes laboratory experiments, theory and simulations. One of the proposed laboratory exercises consists on introducing the student on the use of data acquisition cards, sensors, and measurement instruments in an effective way. Moreover, a user's control

On the other hand, the T-circuit shown in Fig. 1 is considered here to illustrate how to obtain its impedance, admittance, hybrid, and g-parameters, of each equivalent circuit. The admittance parameters of the equivalent circuit in an example practice are given in the calculated parameters box (see Fig. 1). These parameters are calculated using eqn (1)-(4):

$$V_1 = I_1 \left[Z_1 + \left\{ \frac{Z_2 Z_3}{(Z_2 + Z_3)} \right\} \right] \quad \text{Ec. (1)}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_1 + \left\{ \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3} \right\}} \quad \text{Ec (2)}$$

And $Y_{11} = \frac{I_1}{V_1}$. If $Y_{12} = \frac{I_1}{V_2}$ with $V_1 = 0$.

Impedances Z_1 and Z_3 are in parallel. Then we have:

$$V_2 = I_1 \left[Z_2 + \left\{ \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_3} \right\} \right] \quad \text{Ec. (3)}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_2 + \left\{ \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_3} \right\}} \quad \text{Ec (4)}$$

the current I_1 is given by $I_1 = -I_2 \left[\frac{Z_3}{(Z_1 + Z_3)} \right]$, and $Y_{11} = \frac{I_1}{V_2}$. If Y_{12} with $V_2 = 0$, then I_2 can be obtained as $I_2 = -I_1 \left[\frac{Z_3}{(Z_1 + Z_3)} \right]$.

, and $Y_{21} = \frac{I_2}{V_1}$

Electric Coupled Circuits Virtual Tool

Circuits can be broadly classified into two main groups: magnetically coupled and electrical coupled circuits. In the electrical engineering area, the study of rotating electrical machines and transformers is based on the understanding of magnetically coupled circuits. Some important introductory definitions as mutual inductance and dot marking convention are important for the understanding of the electric coupled circuits. These concepts are new for the students due to them are mainly acquainted with the analysis of conductively coupled circuits. For the understanding of the electric coupled circuits a virtual tool was programmed and its front panel is shown in Fig. 2. This virtual tool gives a first approach to the new concepts by solving simple electric coupled circuits. The tool allows changing manually some circuit parameters as for example the applied voltage to the primary. Additionally, after finishing the computation of stored energy in the coupled inductors, the coupling coefficients and currents in the magnetic circuit; the tool displays in two different plotting areas the behaviour of the applied voltage, output voltage and the currents that flows in the primary and secondary. The resulting waveforms can be saved in text files for being analysed further or corroborate the results by solving the equations given in the front panel.

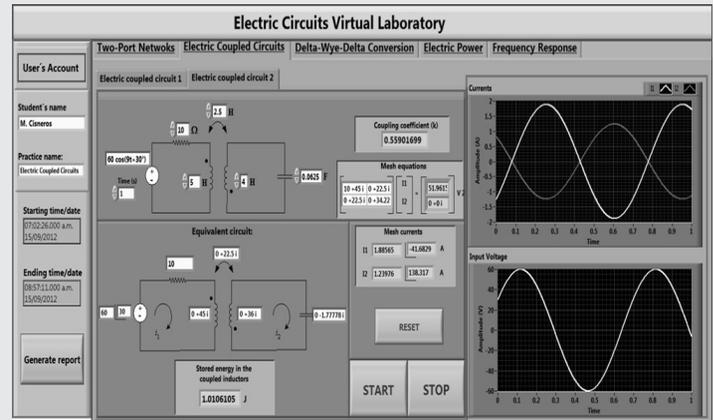


Fig. 2. Virtual tool for the electric coupled circuits.

Two additional practices can be developed with the virtual tool. These practices deal with the fundamentals of electric coupled circuits and their solution. In a practice simulated by the students, the primary and the secondary currents in a coupled circuit are calculated and plotted. The set of equations to be solved in this practice is given by eqn (5), it can be easily solved by the virtual tool using the inverse matrix method.

$$[I] = [A]^{-1} [V] \quad \text{Ec (5)}$$

where I is the current vector, A is the coefficients matrix and V is the voltage vector.

In this example practice, both circuits are fed by a voltage supply of $60 \cos(9t+30^\circ)$ where $t=1s$ and that can be modified by the student. Also, the circuit parameters can be changed in order to study the different responses given by the transformer equivalent circuit. Additionally, coupling coefficient, as well its stored energy in the coupled inductors, are calculated by the tool using eqn (6) and (7) respectively.

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad \text{Ec (6)}$$

$$W = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2 \quad \text{Ec (7)}$$

where k is the coupling factor, M is the mutual inductance, L is the inductance, W is the stored energy in Joules, i is the time domain current and the subscripts 1 and 2 are for the primary and secondary quantities.

By solving eqn (5) it is possible to obtain the primary and the secondary currents in the circuit. The currents calculated in this laboratory practice are illustrated in Fig. 2. The model simulation gives currents of $I1=1.88565L-41.6829^\circ$ A and $I2=1.23976L138.317^\circ$ A and their frequency is 1.4323 Hz. Meanwhile the coupling coefficient is 0.559017 and the stored energy in the coupled inductors is 1.01061 Joules.

Delta-Wye-Delta Transformation Using the Virtual Tool

The goal of this transformation is simplify the analysis of some delta or wye circuits without changing its behaviour. The delta-wye-delta transformation applied to resistive circuits it is also suitable for the study of circuits based on impedances. In order to analyse the behaviour of voltages and currents waveforms a virtual tool which handles a set of three-phase balanced voltages was programmed. The virtual tool shown in Fig. 3 allows the student to set two main features: one is the load given in complex form, and the second one, is the level and frequency of the applied three-phase voltage. Through a simulation the student is able to visualize the generated set of three-phase voltages that are displayed in graph indicators; also a graph indicator displays a set of three-phase currents which is given depending on the programmed load. To facilitate the understanding of this kind of transformation, equations that describe the transformation were embedded. The simulation runs continuously so, changes can be made online.

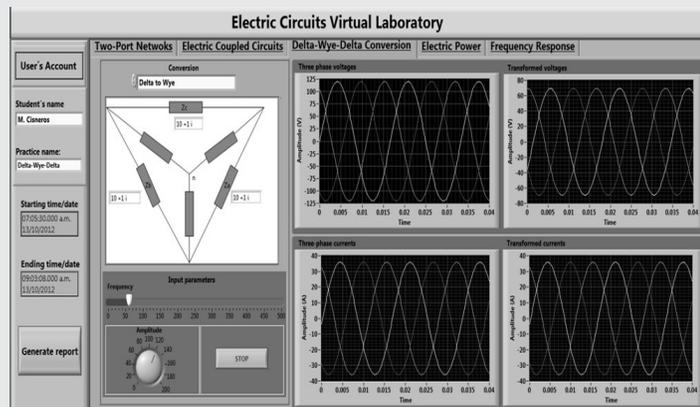


Fig. 3. Virtual tool for the delta-wye-delta conversion.

Measurements of current and voltage are taken from simulations of delta-wye-delta conversion are made. These simulations help to the understanding of this useful transformation. In a wye-delta conversion the impedances are given by eqn (8)-(10):

$$Z_a = \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}{Z_1} \quad \text{Ec. (8)}$$

$$Z_b = \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}{Z_2} \quad \text{Ec (9)}$$

$$Z_c = \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}{Z_3} \quad \text{Ec (10)}$$

Meanwhile in a delta-wye conversion the impedances are given by eqn (11)-(13)

$$Z_1 = \frac{Z_b Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c} \quad \text{Ec. (11)}$$

$$Z_2 = \frac{Z_c Z_a}{Z_a + Z_b + Z_c} \quad \text{Ec (12)}$$

$$Z_3 = \frac{Z_a Z_b}{Z_a + Z_b + Z_c} \quad \text{Ec (13)}$$

Simulations of delta-wye conversion can be carried out under balanced conditions with impedance values of $Z_a = Z_b = Z_c = 10 + j1$, a balanced three-phase voltage set of 120 V and 60 Hz. The values obtained from simulations are shown on the plotting areas (see Fig. 3). It is worth to mention that simulations can be made under unbalanced resistive, inductive and capacitive loads at different levels of voltage and frequency.

In the interface, parameters as impedances, frequency and amplitude can be easily changed by the student at the same time the program is running. This fact allows visualizing any changes on the behavior of the studied circuit.

Electric Power Virtual Tool

Power represents one of the most important quantities in electric utilities because such systems involve transmission of power from a node to another one [19]. For this reason, several commercial instruments have been developed with the main objective of measuring power and its components. However, those instruments usually work within a specified bandwidth. In this work, a virtual instrument that works in a wide range of frequencies was programmed with the purpose of teaching how to measure electric power and its components. The interface used for this practice is shown in Fig. 4. Here an experiment is simulated by selecting two types of three-phase topologies. One consists on measuring power under balanced conditions in a wye-wye circuit and the other type consists on measuring power in a delta-delta three-phase circuit. Through the user interface, the student is able to select the circuit diagram using a tab control. In the circuit, parameters as voltage, line impedance and load impedances can be modified in order to obtain a set of three-phase readings of voltage, frequency, currents, and a phasor diagram that are displayed in plotting areas. Electric power components are displayed in numeric indicators. After the practice has finished, the readings of electric power and power usage are saved in text files to allow its analysis afterwards.

In this example lab practice, it is simulated a wye-wye three phase circuit with load of $Z=15+i6$ in balanced conditions as it is shown in Fig. 4. The computation of active power (P), apparent power (S); reactive power (Q) and power factor (PF) are made by using eqn (14)-(17), respectively.

$$P = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N v_k i_k \quad \text{Ec. (14)}$$

$$S = VI \quad \text{Ec (15)}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad \text{Ec (16)}$$

$$PF = \frac{P}{S} \quad \text{Ec (17)}$$

where v_k and i_k are the k-th samples of the instantaneous voltage and current values, respectively. Measurements are depicted on the power measurements and power usage boxes of Fig. 4.

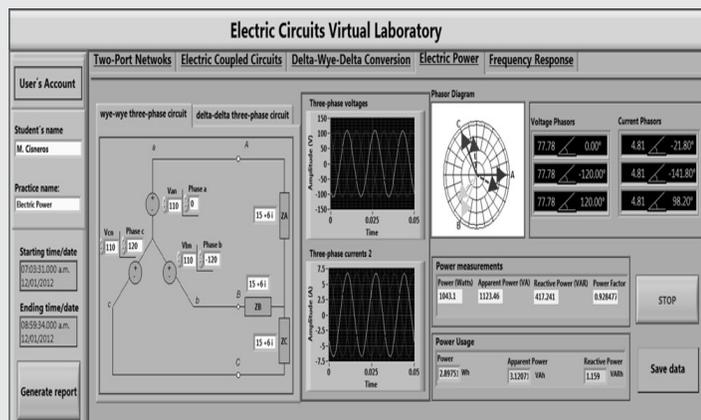


Fig. 4. Virtual tool for the measurement of electric power and its components.

Frequency Response Virtual Tool

Once the student has been introduced and familiarized with some of the features that the LabVIEW software has, it is time to teach the basic theory of the frequency response besides data acquisition concepts. In order to develop the frequency response practice, a virtual interface was programmed. With the guidance of an instructor the student is able to set up a straightforward laboratory experiment which can be performed on simple RC or RL circuits. This experiment is complemented by the use of a signal generator HP-3120A handled via serial port and a linear power amplifier for supplying enough power to the loads. The virtual interface of the frequency response experiment is shown in the Fig.

5. The front panel allows the user to write a list the frequencies which the practice will be performed. Additionally the student is able to choose the testing time in seconds for every frequency written in the list and, a control let choosing the input voltage for the circuit to be studied. Plotting areas help to visualize the acquired responses, impedance and phase angle obtained in the practice.

A menu option was included and it is located on the upper right corner of the front panel shown in Fig. 5. Its purpose is helping to develop the practice in a correct way. The first option called "experiment setup" which guides through the configuration of the test, this option displays an emergent window where is shown the way the experiment should be connected. Save data option allows to save voltage and current data in text files in order to post process the results for obtaining impedance and phase angle by means of the Fast Fourier Transform. On the other hand, an option denominated validation helps to corroborate the results using an analytical solution. This option employs a routine programmed in a math script node where parameters of range of frequencies, resistance, inductance or capacitance are supplied by the student. After the student has fed the required values, two windows are displayed; in them are shown the comparisons of experimental and analytical results of impedance and phase, and they are shown in Figs. 6 and 7 respectively. It is worth to mention, this practice was inspired in the frequency response test that is commonly developed in synchronous machines. This testing procedure is fully described in [20]. With some modifications in the program as well in the suitable instrumentation it is possible to develop this test in a synchronous machine.

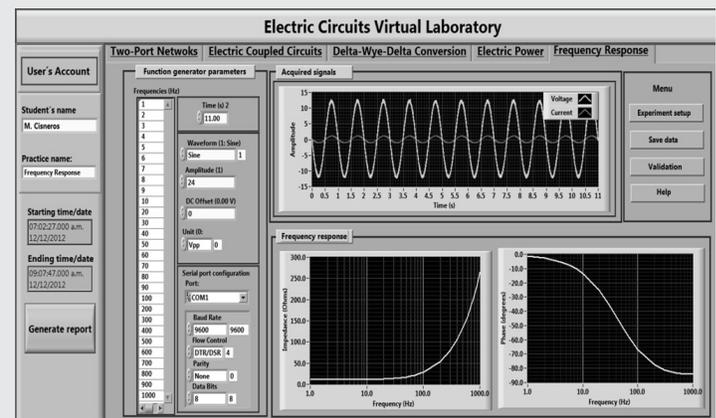


Fig 5. Front panel of the virtual instrument for the frequency response test in RL and RC circuits.

To validate the virtual instrument a set of experiments were developed by the students. The first experiment of the proposed virtual tool is carrying out a frequency domain test in an inductive circuit. In this case, an experiment is setup as it is shown

in Fig. 8; also a validation test was made using the analytical solution to verify the results.

The function generator HP 33120A is driven by serial communication and it is used to supply a sine signal which is fed to the power amplifier in order to supply enough power to the load. A PCI 6221 data acquisition card is used to acquire the test responses vs and is. These measurements are used to compute impedance and phase angle by using the Fast Fourier Transform. An air-core solenoid of 42 mH and 11.6 Ω was employed on the experiment. The schematic of the frequency response experiment is shown in Fig 8. The computations of impedance and phase made by the frequency response tool are shown in the plotting areas of Fig. 5.

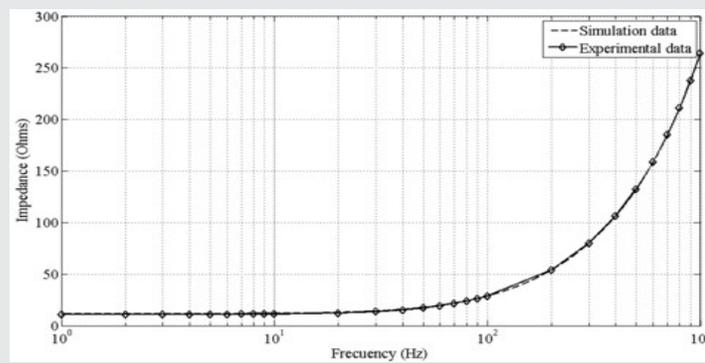


Fig. 6. Comparison of the analytical and experimental impedance data from the frequency response test in an air core solenoid.

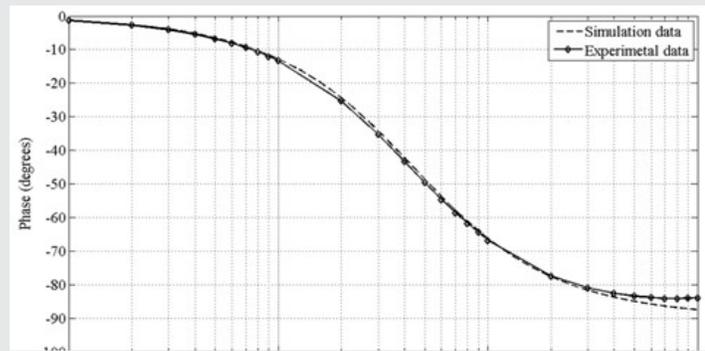


Fig. 7. Comparison of the analytical and experimental phase data from the frequency response test in an air core solenoid.

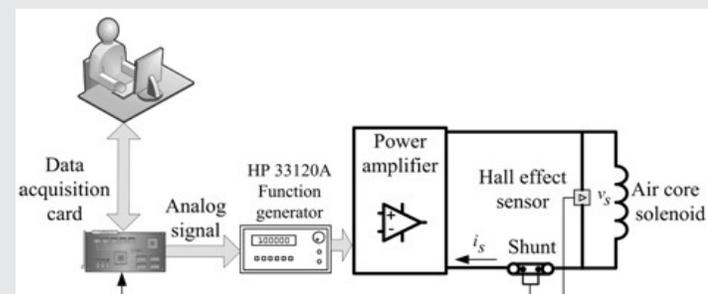


Fig. 8. Schematic of the frequency response experiment in a solenoid.

CONCLUSIONS

A virtual tool that helps to the understanding some of the basic concepts of electric circuit theory was presented in this paper. The developed tool takes advantage of LabVIEW in the sense that this programming language allows to design real life environments. This tool is user friendly and avoids the use of expensive equipment, like three-phase power analysers, multimeters, oscilloscopes, variable high power supplies and electric devices. Moreover, this tool is useful when the laboratory equipment is not available.

Through a set of friendly laboratory practices focused for undergraduate student reinforces the theory taught in the classroom; this feature allows to experiment with several scenarios in every proposed practice. Additionally, these simulated practices avoid the risk to the student to be harmed by high currents which in real practices are common. It is worth to mention that this set of practices were programmed and designed according to a study program seen in an undergraduate course. In addition, LabVIEW has the characteristic of create executable applications; this is useful because it allows that practices can be performed without installing this program in each PC. This feature allows that most of the practices can be developed in the classroom as a complement of the theoretical classes. All the practices were supervised by an instructor.

On the other hand, positive feedback was obtained by part of the students. The educational tool raises their confidence about the learning of electric circuits which is due to the interaction between a simulation environment and theory taught in the classroom. This tool has given practical and theoretical support and it is helpful in their professional development. Finally, students showed good acceptance and interest in using the educational tool.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Henser, and M. Gedikpinar, 'A computer-aided educational tool for induction motors', *Comp. Appl. in Eng. Educ.*, 20 (2012), 503-509.
- [2] M. Limniou, and M. Smith, 'Teachers' and students' perspectives on teaching and learning through virtual learning environments', *European Journal. of Eng. Educ.*, 35 (2010), 645-653.
- [3] A. Keyhani, M. N. Marwali, L.E. Higuera, G. Athalye, and G. Baumgartner, 'An integrated virtual learning system for the development of motor drive systems', *IEEE Trans. on Pow. Sys.*, 17 (2002), 1-6.
- [4] M. Duarte, B. P. Butz, S. M. Miller, and A. Mahalingam, 'An intelligent universal virtual laboratory (UVL)', *IEEE Trans. on Educ.*, 51 (2008), 2-9.

[5] A. Zamarron, and M. Arjona, 'Detection of stator-winding turn to turn faults in induction motors, based on virtual instrumentation', 47 (2008), 73-82.

[6] S. Rapuano, and Francesco Zoino, 'A learning management system including laboratory experiments on measurement instrumentation', IEEE, Trans. on Instr. and Meas., 55 (2006), 1757-1766.

[7] E. Lunca, and A. Salceanu, 'Virtual instrumentation approach for teaching EMC concepts', Educ. in Electronics and Electrical Eng., 117 (2012), 75-80.

[8] T. J. Goulart, and D. Consonni, 'Automated system for measuring electrical three-phase power components', IEEE Trans. on Educ., 44 (2001), 336-341.

[9] C. S. Marțis, H. C. Hedeșiu, L. Szabó, B. Tățăranu, F. Jurcă, and C. Oprea, 'Electrical machines virtual laboratory: Grid connection of a synchronous generator', in Proc. EPE-PEMC'06, (2006), 1709 - 1714.

[10] A. Benhamida, A. Ayad, A. Bendaoued, and A. Bentaallah, 'A basic power system analysis by using LabVIEW', Acta Electrotechnica, 52(2011), 38-44.

[11] L. Sevgi, 'A new electromagnetic engineering program and teaching via virtual tools', Progress in Electromagn. Research, 6 (2008), 205-224.

[12] A. Cataliotti, V. Cosentino, and S. Nuccio, 'A Virtual instrument for the measurement of IEEE Std. 1459-2000 power quantities', IEEE Trans. on Instr. and Meas., 57(2008), 85-94.

[13] M. Adnan Al-Alaoui, 'The inclusive-AND (equivalence, exclusive-NOR (EXNOR, XNOR)) and exclusive-OR (EXOR, XOR) gates in mixed logic', 45 (2008), 266-277.

[14] S. Ben-Yaakov, 'A unified approach to teaching feedback in electronic circuits courses', IEEE Trans. on Educ., 34(1991), 310-316.

[15] W. G. Hurley, 'Development, implementation, and assessment of a web-based power electronics laboratory', IEEE Trans. on Educ., 48(2005), 567-573.

[16] K. Kayisli, S. Tuncer, and M. Poyraz, 'An educational tool for fundamental DC-DC converter circuits and active power factor correction applications', Comp. Appl. in Eng. Educ., 21 (2013), 113-134.

[17] NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS), Hardware User's Manual, National Instruments, (2008).

[18] P. Guillaume, R. Pintelon, and J. Schoukens, 'Parametric identification of two-port models in the frequency domain', IEEE Trans. on Inst. and Meas., 41(1992), 263-271.

[19] C. K. Alexander, and M. N. O. Sadiku, 'AC power analysis', 3rd edn., Fundamentals of Electric Circuits, (Mc.Graw-Hill, 2001), pp. 434-435.

[20] IEEE Std. 115 IEEE Guide: Test Procedures for Synchronous Machines, 1995.

APPENDIX

The flowchart shown in Fig A1 shows all the process followed by the user during the practice. In the start, the user introduces some important data as student's name and practice name. Starting time/date and ending time/date are given by the system. Those data are important because they give a record of assistance and progress. Once the student has selected the practice, the virtual tool develops the practice and the user is able to modify several fields in it. The practice finishes when the user generates a report with all the results obtained from the virtual tool.

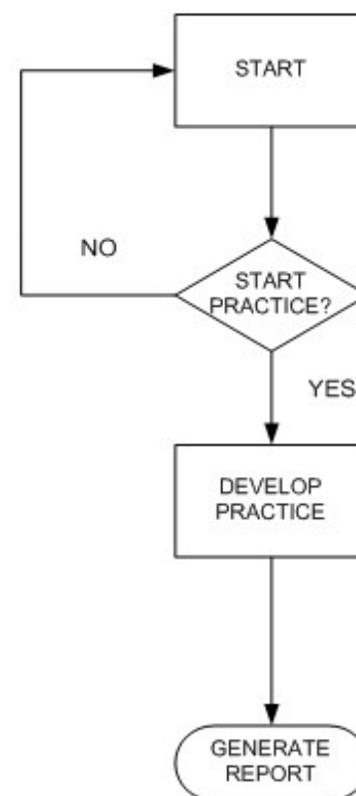


Fig A1. Flowchart of the educational virtual tool.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank to PROMEP, Tecnológico Nacional de México, and Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana and Instituto Tecnológico de Durango, for their financial support.



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

SMED en el área de prensas en la industria automotriz



Colaboración

Oscar Raziel Camacho Reyes; Laura Vives Carbajal laura; Edith Dalile Aguilar Rojano; Enrique Estrada Zecua, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

RESUMEN: El presente proyecto se está llevando a cabo en una empresa del ramo automotriz, en donde se detectó un cuello de botella en el área de prensas, el problema es el tiempo en el cambio de herramental, mediante la implementación de herramientas de Lean Manufacturing como: Single Minute Exchange of Die (SMED), Organización y Productividad (5 S's) y Justo a Tiempo (JIT).

La metodología de SMED propone que el cambio de herramental debe realizarse en 10 minutos o menos, lo que se busca es reducir las actividades que no agregan valor y maximizar actividades que agregan valor.

En esta cuarta revolución industrial, gracias a las nuevas tecnologías podemos crear sistemas inteligentes que tengan flexibilidad en el proceso y sobre todo que se ahorre tiempo y dinero. Combinando lean manufacturing con la industria 4.0 se pretende realizar un sistema andón digital, el cual ayudará a disminuir el tiempo de respuesta que tienen los diferentes actores que intervienen en los procesos de cambio de herramental y productivo de la empresa.

PALABRAS CLAVE: SMED, 5's, VSM, Andon, JIT

ABSTRACT: The present project was carried out in a company of the automotive industry, where a bottleneck was detected in the area of presses, the problem was the time in the change of tooling, through the implementation of Lean Manufacturing tools like: Single Minute Exchange of Die (SMED), Productivity and Organization (5S's) and Just in Time (JIT).

SMED methodology proposes that the change of tooling must be done in 10 minutes or less, what is sought is to reduce activities that do not add value and maximize activities that add value. In this fourth industrial revolution, thanks to new technologies we can create intelligent systems that have flexibility in the process and above all that saves time and money.

Combining Lean Manufacturing with Industry 4.0, it is intended to realize a digital andon system, which will help to reduce the response time of the different actors that intervene in the processes of the tooling and productive change of the company

KEYWORDS: SMED, 5's, VSM, Andon, JIT

INTRODUCCIÓN

SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando.

detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación.

El presente proyecto se está desarrollando en una empresa del ramo automotriz en el área de prensas donde se identificó que se tiene un cuello de botella ya que el cambio de herramental toma 40 min. En la siguiente imagen (véase figura 1), se muestra el estado actual del Cambio de herramental.



Figura 1 Situación actual de la empresa

La empresa cuenta con el sistema andón, que es un tablero electrónico colocado en la línea de ensamble, el cual en sus inicios contaba con la altura suficiente para poder ser visto por todos. El sistema es utilizado por los operadores para indicar posibles problemas o interrupciones en la línea de producción.

Sin embargo; los departamentos que intervienen para solucionar los problemas en la línea de producción, actualmente no tienen visibilidad de la señal emitida por el sistema andón; originando así la nula respuesta al mismo y provocando tiempos muertos entre cambios, o paros de línea lo que se traduce como pérdida económica para la empresa.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto se está realizando bajo la metodología del Ciclo Demingen el área de prensas, a continuación se presentan las actividades a desarrollar (véase figura 2)

Planear

En este apartado para conocer el proceso se realizó un VSM del área de prensas, el cual se muestra a continuación (véase figura 3):

El resultado del análisis del VSM arrojó la identificación del área de oportunidad, pues en las actividades de no valor agregado existe una actividad de 2,304 seg., que

es la preparación de la mesa de sellos y la aplicación de la terminal en prensas. Para implementar la mejora se está desarrollando un nuevo sistema andón ya que los departamentos que intervienen no tienen visibilidad del sistema actual.

Para la identificación de los puntos críticos se realizó un diagrama de flujo de proceso, el cual se muestra a continuación (véase figura 4):



Figura 2 Ciclo Deming de actividades



Figura 3 VSM del área de prensas

Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctrl.	Esp.	Alm.	Tiempo (s)
1. Llega orden de trabajo	0	0	0	0	0	120
2. Colocarse el equipo de protección indicado	0	0	0	0	0	15
3. Llenar Check list de Inspeccion de la estacion de trabajo	0	0	0	0	0	322
4. Reportar al supervisor (En caso de ser necesario)	0	0	0	0	0	216
5. Verificar la tarjeta kanban para solicitar material	0	0	0	0	0	34
6. Operador debe encender Andon para abastecedor	0	0	0	0	0	12
7. Esperar	0	0	0	0	0	780
8. Inpeccion de terminal indicada	0	0	0	0	0	26
9. Encender Andon para Mantenimiento	0	0	0	0	0	12
10. Esperar	0	0	0	0	0	983
11. Mantenimiento calibra la maquina	0	0	0	0	0	195
12. Tomar muestra de primera pieza	0	0	0	0	0	115
13. Encender Andon de Calidad	0	0	0	0	0	13
14. Calidad valida el circuito para que pueda empezar la producción	0	0	0	0	0	168
15. Tomar los circuitos del cuerno de entrada	0	0	0	0	0	13
16. Prensar los circuitos (100 por atado)	0	0	0	0	0	210
17. Colocar vasos para proteger las terminales	0	0	0	0	0	14
18. Colocar el material en cuerno de salida	0	0	0	0	0	12
TOTAL						3260

Figura 4 Diagrama de flujo de procesos

Actuar

Al dar seguimiento a las 5's se pudo hacer un reacomodo de las terminales, facilitando al operador prevenirse de la falta de material además de ahorrar tiempos.

Para solucionar el problema con el sistema Andón, la propuesta es cambiarlo de físico a digital con la finalidad de asegurar que la alerta llegue de forma casi inmediata al personal y/o departamento correspondiente.

RESULTADOS

Se realizó una matriz en la cual se presentan los aplicadores (Herramental) que pasan por el área de prensas. En el rack (véase figura 6) donde se encuentran las terminales no se tiene una ayuda visual para saber qué terminal corresponde a cada espacio del mismo, causando confusión con los trabajadores lo que ocasiona tiempos muertos, retrabajos o material de desecho. Así mismo se hizo un reacomodo del Rack y se clasificaron las terminales según el calibre (véase tabla 2)



Figura 6 Rack de terminales

Tabla 2 Matriz de terminales empleadas en el área de prensas

Nº	Calibre	Nº aplicador	Código de terminal
1	250	1	745
2	600	2	59
3	600	2	59
4	50	3	136
5	100	3	136
6	50	4	136
7	100	4	136
8	35	5	141
9	50	5	141
10	35	6	141
11	50	6	141
12	75	7	171
13	100	7	171
14	75	8	171

Esto ocasionó que la demora número 1 se redujera a 93 seg. pues ya se cuentan con todas las terminales en el rack además que pueden prevenir cuando se necesiten más; así mismo, el operador no tendrá que esperar hasta que almacén lleve la terminal necesaria.

En las demoras 2 y 3 se está trabajando en ello pues la forma en que se planea atacarlas es cambiando el sistema andon con el que cuenta la empresa a uno digital, este consiste en la creación de un programa que mande la señal directamente a departamento con las especificaciones que requiere el operador para evitar recorridos innecesarios por parte de los departamentos involucrados haciendo esto más rápido y preciso.

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el seguimiento de las 5's dando como resultado un reacomodo y control en el rack, ahora las terminales se encuentran con mayor facilidad además de que podemos prevenir el abastecimiento de estas. Se propuso un nuevo andón que consiste en el desarrollo de una aplicación la cual enviará la alerta de forma directa y casi inmediata al departamento correspondiente sobre lo que acontece en la línea de producción.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Juan Carlos Hernández Matías, Antonio Vizán Idoipe, (2013). *Lean manufacturing concepto, técnica e implementación*. España: EOI Escuela De Organización Industrial. [1]

[2] Taiichi Ohno (1990), *Toyota Production System, Japón, Productivity press* [2].

[3] Sebastián J. Brau, (2016), *Lean Manufacturing 4.0, Gestión Global de Recursos SL* [3].

[4] Fran Yáñez Brea (2017) *Las 20 tecnologías clave de la industria 4.0. el camino hacia la fábrica del futuro*, Autoediciones Tagus. [4]



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Análisis del perfil emprendedor del empresario sampetrino y el éxito de su empresa

RESUMEN: La presente investigación es de tipo documental y de campo. En la documental se analizaron lecturas que se incluyen en libros, periódicos, publicaciones de despachos consultores especializados en MIPyMEs e investigaciones relacionadas el tema. En la investigación de campo se analizó lo cuantitativo y lo cualitativo, la principal técnica fue el diseño y la aplicación de la entrevista a los empresarios, se recabó información general de la empresa e información específica del empresario. El objetivo es identificar los factores asociados que favorecen el desarrollo exitoso de las MIPyMEs que se localizan en la ciudad.

La investigación se delimitó a la zona urbana de San Pedro de las Colonias, en donde se seleccionaron a 50 empresas. Las empresas están en los siguiente rangos: (a) tener más de dos años de creación; (b) estar localizada en el área urbana de San Pedro; (c) no tener más de 50 empleados y; (d) pertenecer al sector de comercialización y/o servicios. No se consideraron los sectores primarios, construcción y financieros. Se contactó al dueño de cada una de las empresas y se les aplicó una encuesta la cual está compuesta por (a) información general, (b) gestación (c) puesta en marcha, y (d) desarrollo inicial [1]. El tipo de empresas predominante es el de comercialización. El 80% de las empresas tienen funcionando más de 10 años y en un inicio tenían solo 2 empleados, en la actualidad cuentan en promedio con 8 empleados. Los tres motivos principales que los animó a emprender fueron el mejorar el nivel de ingresos, la realización personal y seguir con la tradición familiar del negocio.

PALABRAS CLAVE: Emprendedor, factores, empresario, MIPyMEs, éxito, empresas.



Colaboración

Jesús Aarón Aranda Galaviz, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias

ABSTRACT: This research is documentary and field type. Documentary research analyzed readings what are into books, newspapers, publications in consulting groups and others. Field research analyzed quantity and quality aspects, the principal technique was the design of an interview that was applied to entrepreneurs, general information about companies and specific information about entrepreneurs was collected. The main goal is to identify what factors influence for successful development of companies located in the city.

The research was limited to the urban area of the San Pedro city, fifty companies were selected. Companies have next characteristics: (a) more than two years were opened; (b) located in urban area of San Pedro city; (c) have less than fifty employers y; (d) belong to commercialization and service sector. Primary sector, buildings and financial services were not considered. Each one of entrepreneurs were interviewed, get next information (a) general information, (b) gestation, (c) start up and (d) initial activities. The predominant type of companies is commercialization. 80% of companies have been working for more than 10 years and initially has only two employees, actually have an average of eight employees. The three main reasons that encouraged them to undertake were to improve the level of income, personal fulfillment and to continue with the family tradition of the business.

KEYWORDS: entrepreneur, factors, businessman, MIPyMEs, success, companies.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, gran parte de la economía de los países a nivel mundial está basada en las micro y pequeñas empresas. En la economía de México no es la excepción ya que información recabada por el INEGI, [2], arrojó como resultados que existen alrededor de 5.1 millones de unidades económicas registradas según INEGI, [2], de las cuales el 95.2% son microempresas. Es más accesible instalar este tipo de organizaciones desde la infraestructura, el capital de trabajo y lo fiscal, además de que están conformadas principalmente por miembros de la misma familia. Este tipo de empresas varían de tamaño, giro y actividades específicas que realizan. En el presente trabajo el lector encontrará una investigación de cómo se han creado las micro y pequeñas empresas en la ciudad de San Pedro de las Colonias en los últimos años, los problemas que han enfrentado, el perfil del empresario sampetrino y que factores atribuyen sus dueños al éxito obtenido. El lector encontrará los aspectos generales de la presente investigación, podrá analizar el marco teórico empleado, observará la metodología empleada para darle respuesta a las preguntas planteadas y por último conocerá los resultados obtenidos en la investigación.

Información respecto al municipio

La ciudad de San Pedro, Coahuila, cuenta con una población de 102,650 habitantes en su totalidad. Existen 25,285 hogares, las actividades principales en el municipio son la agricultura, ganadería y el comercio al pormenor, el último depende en gran medida de las primeras dos para que esté funcionando económicamente con normalidad. Este municipio es el número 33 de los 38 que conforma el estado de Coahuila situado al norte del país. Con una superficie territorial de 9,942.4 kilómetros representa el 6.56% del total de la superficie del estado (INEGI, 2010) [2].

Tabla 1. Total de empresas en la zona urbana. (INEGI, 2010)

Total con menos de 50 empleados	De 1 – 10 empleados	De 11 – 50 empleados
500 unidades	479 unidades	21 unidades

Del total de las 1019 MIPyMEs, algunas están dentro de los rangos de estudio pero no cumplen con los 2 años de creación, otras pertenecen a cadenas comerciales, franquicias o similares, las cuales no cumplen con el requisito de que fueran creadas por personas originarias de San Pedro. Utilizando la fórmula estadística para muestras finitas:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N-1) + (Z^2 * p * q)} \quad \text{Ec 1}$$

- Z = nivel de confianza (correspondiente con tabla de valores de Z)
- p = Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado
- q = Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado = 1-p
- Nota: cuando no hay indicación de la población que posee o no el atributo, se asume 50% para p y 50% para q
- N = Tamaño del universo (Se conoce puesto que es finito)
- e = Error de estimación máximo aceptado
- n = Tamaño de la muestra

- z = 1.645
- p = .49
- q = .51
- N = 1019
- e = .10

Es por eso que se optó por solo elegir las 50 empresas más representativas.

Antecedentes

Las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyMEs), tienen una gran importancia en la economía y en el empleo a nivel nacional y regional, tanto en países industrializados como en los de menor grado de desarrollo. Las empresas MIPyMEs representan a nivel mundial el segmento de la economía que aporta el mayor número de unidades económicas y personal ocupado; de ahí la relevancia que reviste este tipo de empresas y la necesidad de fortalecer su desempeño al incidir éstas de manera fundamental en el comportamiento global de las economías nacionales. Los criterios para clasificar a la micro, pequeña y mediana empresa son diferentes en cada país; de manera tradicional se ha utilizado el número de trabajadores como criterio para estratificar los establecimientos por tamaño, y como criterios complementarios, el total de las ventas anuales, los ingresos y/o los activos fijos (INEGI, 2009) [2].

Tabla 2. Estratificación de las empresas en México bajo el criterio de empleados.

Tamaño	Sector		
	Clasificación según el número de empleados		
	Industria	Comercio	Servicios
Micro	De 0 a 10	De 0 a 10	De 0 a 10
Pequeña	De 11 a 50	De 11 a 30	De 11 a 50
Mediana	De 51 a 250	De 31 a 100	De 51 a 100

Para tener un panorama más amplio sobre la situación de la MIPyMEs en México mostraremos datos recabados por los censos económicos aplicados en 2009 por el INEGI. Según los censos, en México existen alrededor de 5.1 millones de unidades económicas registradas [2] según INEGI, de las cuales están divididas de la siguiente manera: existen 9,788 (0.19%) grandes empresas, 15,432 (0.3%) son medianas, 221,195 (4.3%) se refiere a las pequeñas y 4,897,141 (95.2%) están catalogadas como microempresas.

El análisis de la empresa refiere que los principales problemas detectados por otros autores a través de estudios similares en las MIPyMEs mexicanas son la falta de experiencia (79%), escasez de capital (99%), excesivas inversiones en activos fijos (58%) y tienen pocos sistemas de información confiable (59%). Con las nuevas tecnologías aplicadas en los negocios se ha incrementado el uso de información más exacta para la toma de decisiones en las Micro y Pequeñas empresas, pero aún existen muchas personas emprendedoras o que están a cargo de empresas familiares y que desconocen el uso de las herramientas tecnológicas, muchas veces debido a su nivel de estudios.

En términos de gestión, su talón de Aquiles se ubica en la mala selección de personal (15%); graves errores en la fijación de estrategias (46%); falta de ausencia de planes alternativos (38%); resistencia al cambio (28%); excesiva centralización de toma de decisiones (42%); mala operación de fondos (96%), y problemas en la selección de socios (6%). Como acabamos de leer, nuevamente aparece con mayor porcentaje el tema de operación de fondo con un 96%, aunado a la mala administración del dinero, hay que tener en cuenta el robo o la pérdida de mercancías por parte de los empleados, y esto se eleva más si no se tiene un sistema eficiente de control de inventarios. Aunque en el estudio el aspecto de la selección de personal no aparece con un porcentaje tan alto, las empresas mexicanas consideran la capacitación de su personal como un gasto y no como una inversión al capital humano.

Para las MIPyMEs, un problema es la profesionalización y capacitación de sus recursos humanos. “La misma empresa se auto limita y tiene visión de corto plazo”, opina Rafael Castillo [3], director de la Incubadora de Alta Tecnología y Aceleración de Empresas del Tecnológico de Monterrey, campus Santa Fe. Una alternativa, agrega, es recurrir a servicios de consultoría externa para tener otro punto de vista sobre sus procesos, detectar errores y ver más mercados, entre otras actividades. Desafortunadamente las empresas mexicanas en muchas ocasiones piensan y actúan de manera local, limitándose a la expansión regional como máxima meta.

Marco teórico Emprender

Aunque la mayoría de las personas ha escuchado este término, mucho tiene que ver el contexto en el cual se esté usando, dependiendo de eso se le dará la connotación pertinente. En el ámbito de los negocios, el emprendedor es un empresario, no importa si el tamaño de la empresa es micro o grande, siempre y cuando esta empresa se constituya con fines de lucro. Finley (1990) [4] lo describe como alguien que se aventura en una nueva actividad de negocios. Coincido con este autor debido a que asoció el vocablo “emprender” con iniciar algo nuevo, en este caso, un negocio. En lo académico, emprender, denota un perfil, un conjunto de características que hacen actuar a una persona de una manera determinada y le permiten mostrar cierta competencia para visualizar, definir y alcanzar objetivos, Ronstandt (1985) – citado por Alcaráz (2011) [5]. Aunque este término este enfocado a lo académico, se puede contextualizar en gran parte al inicio de un nuevo negocio, ya que al empezar un proyecto productivo exige ciertas competencias como visualizar, definir y alcanzar objetivos.

Características del emprendedor

En muchas ocasiones escuchamos como las demás personas nos halagan diciendo que tenemos caracte-

terísticas especiales, normalmente las asociamos cuando hacemos cosas diferentes, sobresalientes o nuevas a las que estamos acostumbrados. Tal vez por ejemplo podemos mencionar como: aprender un nuevo idioma, estudiar un postgrado, viajar a lugares poco concurridos, participar en carreras extremas, etc. Y de aquí nos queda la experiencia que cuando hacemos o descubrimos cosas diferentes nos dicen que tenemos ciertas características.

De acuerdo con Jhon Kao (1989) – citado por Alcaráz (2011) [5] – el emprendedor es una persona con características muy particulares, en las cuales destaca las siguientes:

- Compromiso total, determinación y perseverancia.
- Capacidad para alcanzar metas.
- Orientación a las metas y oportunidades.
- Iniciativa y responsabilidad.
- Persistencia en la solución de problemas.
- Realismo.
- Autoconfianza.
- Altos niveles de energía.
- Busca de realimentación.
- Control interno alto.
- Toma de riesgos calculados.
- Baja necesidad de estatus y poder.
- Integridad y confiabilidad.
- Tolerancia al cambio.

Con todas estas características pareciera aún más complicado definir concretamente la palabra emprender. Ya que como lo habíamos leído anteriormente mucho depende del contexto en el que se aplique, aunque bien las distintas definiciones hacen referencia a las mismas características en general.

Después de revisar 25 definiciones de emprender, Vander Werf y Brush (1989), – citados por Alcaráz (2011) [5] – afirman que emprender es una actividad de negocios que consiste en una intersección de las siguientes conductas y acciones:

- Creación: establecimiento de una unidad de negocios.
- Administración general: dirección apropiada para una utilización de recursos.
- Innovación: generación y explotación comercial de nuevos productos, servicios, procesos, mercados, sistemas de organización, etc.
- Aceptación del riesgo: capacidad para manejar el riesgo de fallas potenciales al tomar decisiones o realizar acciones.
- Mejor desempeño: el intento por lograr altos niveles de desempeño o de crecimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

El lector conocerá la metodología que se utilizó para realizar la presente investigación, el instrumento que se empleó para la recolección de datos y todos los elementos que a través de su uso se llegó a los re-

sultados esperados. La presente investigación es de tipo documental y de campo. En la documental se analizaron lecturas que se incluyen en libros, periódicos, noticias en internet, publicaciones de despachos consultores especializados en MIPyMEs e investigaciones relacionadas el tema. En la investigación de campo se analizó lo cuantitativo y lo cualitativo, la principal técnica fue el diseño y la aplicación de la entrevista a los empresarios, con la entrevista se recabó información general de la empresa e información muy específica del empresario.

**Investigación de campo:
Entrevistas a empresarios**

La investigación se delimitó a la zona urbana de San Pedro de las Colonias, en donde se seleccionaron a 50 empresas. Las empresas están en los siguiente rangos: (a) tener más de dos años de creación; (b) estar localizada en el área urbana de San Pedro; (c) no tener más de 50 empleados y; (d) pertenecer al sector de comercialización y/o servicios. No se consideraron los sectores primarios, construcción y financieros.

Tabla 3. Características de la empresa

Variable	Frecuencia (%)
Características de la Empresa	
Sector	
Comercialización	60
Manufacturera	20
Servicios	20
Año de creación	
Antes de 1980	10
1980 - 1990	40
1991 - 2000	10
2001 - 2010	40

Fuente: Elaboración propia.

Se contactó al dueño de cada una de las empresas y se les aplicó una encuesta la cual está compuesta por (a) información general, (b) gestación (c) puesta en marcha, y (d) desarrollo inicial [1]. En la sección de información general se le pregunta al empresario por el giro del negocio, sector al que pertenece, sexo, edad al iniciar el negocio, año de creación, número de empleados al iniciar al negocio y actualmente. En la sección de gestación se le pregunta que lo motivó a emprender y a que le atribuye el éxito obtenido.

En la sección de puesta en marcha se le consultó sobre las herramientas que utilizó para preparar su proyecto y si es que recibió asesoría externa por algún despacho o similar.

En la sección de desarrollo inicial menciona cuales fueron los problemas que enfrentó el empresario al iniciar el negocio y como los resolvió. Algunas de las empresas que fueron tomadas como muestra fueron las siguientes:

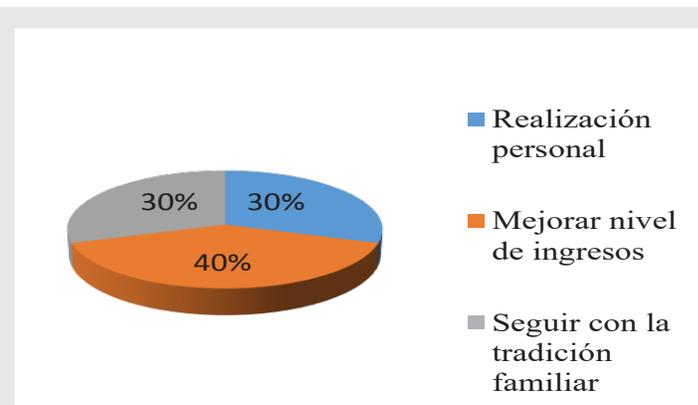
1. Dulcería chispita
2. Súper plaza
3. Ensueño nupcial

4. Almacenes el Polo
5. Lácteos dianita
6. Materiales el Profe
7. Almacenes la favorita
8. Tlapalería Monterrey
9. Hospital Matter
10. Tortillería Vanesa

Tabla 4. Características del emprendedor

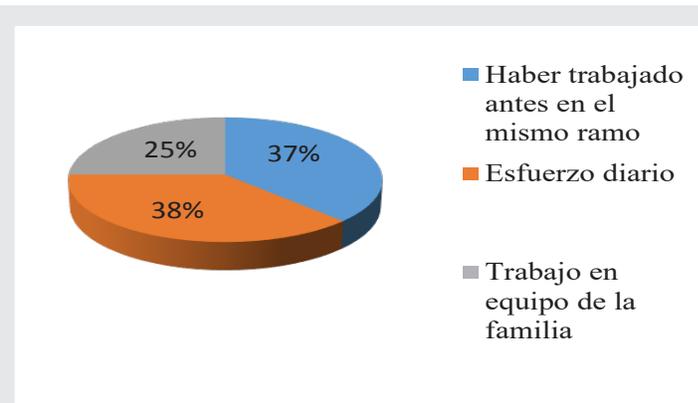
Variable	Frecuencia (%)
Características del emprendedor	
Edad al emprender	
20-30	30
31-40	70
Sexo	
Hombre	70
Mujer	30
Estudios	
Profesional	40
Preparatoria	20
Secundaria	30
Primaria	10
Experiencia laboral previa	
Mismo ramo de su negocio	70
Fuera del ramo de su negocio	30
Experiencia empresarial	
Ninguna	70
Administración	30
Nivel social al iniciar	
Alto	30
Medio	40
Bajo	30
Ocupación de los padres	
Ama de casa	10
Empleado	20
Por cuenta propia u oficios	70

Fuente: Elaboración propia.



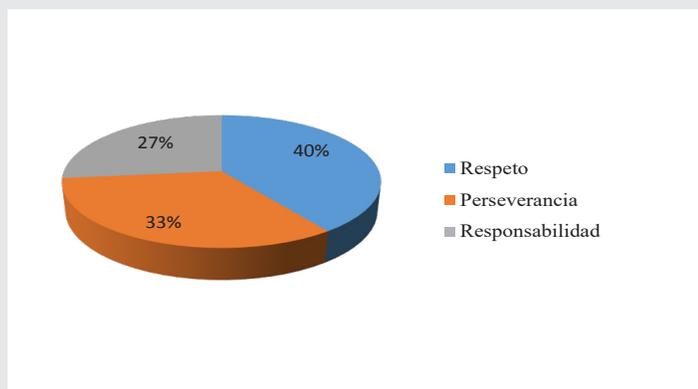
Gráfica 1. Motivación para emprender.

Fuente: Elaboración propia.

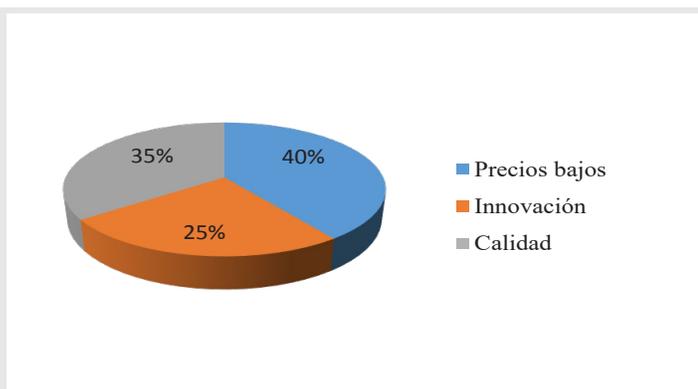


Gráfica 2. Atribución del éxito obtenido.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 3. Habilidades personales.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 4. Estrategias de posicionamiento.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Se entrevistaron a 50 emprendedores dueños de pequeñas empresas ubicadas en la zona urbana de la ciudad. El tipo de empresas predominante es el de comercialización. El 80% de las empresas tienen funcionando más de 10 años y en un inicio tenían solo 2 empleados, en la actualidad cuentan en promedio con 8 empleados. Siete de cada 10 emprendedores es hombre e inicio su negocio después de los 30 años. Solo el 40% tiene una carrera profesional. El 70% de los emprendedores tuvo experiencia previa en otros trabajos relacionados con el giro de su actual negocio, sin embargo ninguno tuvo experiencia previa empresarial. Cuatro de cada 10 emprendedores era de clase media antes de iniciar el proyecto y el 70% de los padres de los emprendedores trabajaba como comerciante o por cuenta propia.

Los tres motivos principales que los animó a emprender fueron el mejorar el nivel de ingresos, la realización personal y seguir con la tradición familiar del negocio. El 60% de los dueños atribuyen el éxito obtenido a haber trabajado previamente en algo que se relacionaba con su actual negocio y al esfuerzo diario. Cuatro de cada diez obtuvieron apoyo financiero de sus familiares y amigos y ninguno obtuvo apoyo del gobierno. Los principales problemas que enfren-

taron al iniciar el proyecto fueron la falta de capital y la aceptación de los clientes. El respeto, la perseverancia, el compromiso y la responsabilidad son las cualidades más importantes que los emprendedores destacan para obtener el éxito.

Las tres estrategias utilizadas para posicionarse en el mercado fueron el mantener los precios bajos, la calidad del producto y/o servicio y la constante innovación en el ramo. La peor dificultad que enfrentaron hacia los clientes fue la falta de empatía de sus trabajadores hacia los clientes; la peor dificultad que enfrentaron hacia la competencia fueron las promociones de precios bajos. Solo el 40% de los emprendedores utilizó encuestas previas para incursionar en el mercado, ese mismo porcentaje fue el que nunca recibió ayuda por parte de ningún despacho externo y/o incubadora, solo el 30% recibió financiamiento por parte de instituciones bancarias.

Tomando como base la información arrojada podemos definir el perfil del emprendedor sampetrino de la siguiente manera: la edad promedio al emprender es de 30 a 40 años, predominando el sexo masculino y con nivel de estudios terminado equivalentes a licenciatura, así mismo, se recomienda antes de emprender, trabajar previamente en algo similar al ramo de lo que busca iniciar su proyecto, no necesita experiencia empresarial, contar con un nivel de ingresos medio mientras se establece bien el negocio (contar con una entrada extra de dinero).

Cuatro de cada diez emprendedores iniciaron con esta actividad debido a la necesidad de mejorar el nivel de sus ingresos, y los otros dos factores que los motivo emprender son la realización personal y en algunos casos el seguir con la tradición familiar del negocio. El 38% de los emprendedores, atribuyen la mayor parte de su éxito al esfuerzo diario, una parte similar a este porcentaje relaciona la prosperidad con haber trabajado anteriormente en alguna empresa del mismo ramo y solo el 25% le da el mérito al apoyo de la familia en el camino de los negocios.

El emprendedor hace énfasis en que el respeto es una de las habilidades más importantes para alcanzar el éxito, como segundo término menciona la perseverancia y por último la responsabilidad.

Los emprendedores se posicionaron al iniciar con su proyecto en el mercado de ese segmento de la siguiente manera: el 40% utilizó la estrategia de precios, el 35% se enfocó en la calidad y el 25% utilizó la innovación como estrategia de posicionamiento.

CONCLUSIONES

Con el presente estudio se ha determinado algunos factores individuales que tienen en común los actuales empresarios sampetrinos, así mismo se han

recopilado los problemas y adversidades que enfrentaron los emprendedores al momento de iniciar su empresa. Sin embargo, se puede observar que ha sido ineficiente la consultoría de las incubadoras privadas y gubernamentales en cuestión del apoyo a los proyectos de nueva creación y a los que ya están establecidos. Estos apoyos no siempre tienen que ser financieros, si no también deben ser empresariales, de desarrollo organizacional, marketing, etc, ya que como pudimos saber muchos de los empresarios no tienen experiencia gerencial ni tampoco una formación académica. Además de que esta investigación nos orientó a conocer el perfil emprendedor del empresario sampetrino, ahora también hacemos hincapié en fortalecer el nexo de las universidades que cuenten con carreras afines al área económica administrativa para ayudar en el desarrollo de los negocios de la región, desde el estudio de mercado hasta la elaboración del plan de negocios.

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. P. & M. V. Kantis H., *Desarrollo Emprendedor: América Latina y la experiencia internacional*, BID-FUNDES International, 2004.

[2] «www.inegi.org.mx,» [En línea].

[3] R. Castillo, *Director de la Incubadora Tec de Monterrey*.

[4] M. L. Finley, *Estudios sobre historia antigua*, AKAL, 1990.

[5] R. R. Alcaraz, *El emprendedor del éxito*, McGraw Hill, 2011.

[6] F. I. Sallaes.

[7] «www.economia.gob.mx,» [En línea].

[8] «www.contactopyme.gob.mx,» [En línea].

[9] «CNN Expansión».

[10] *Revista Fortune* 2014.

[11] *Revista Forbes*, 2013.

[12] *Revista Fortune*, 2014.

[13] «www.promexico.mx,» [En línea].

[14] M. L. S. Almagro, *Guía luces para emprendedores*, Patronato Pedro de Ibarra, 2003.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Diagnóstico de riesgos potenciales en el proceso de extracción de piedra caliza mediante AMEF. Caso de estudio: Empresa Tenex-tepec y sus Anexos



Colaboración

José Luis Hernández de Lázaro; Alma Luz Alarcón Hernández, Instituto Tecnológico Superior de Perote; Joel Avilés Sondón, Empresa Tenex-tepec y sus Anexos; Saúl Santiago Cruz, Instituto Tecnológico Superior de Mian-tla

RESUMEN: La empresa Tenex-tepec y sus Anexos, es una empresa dedicada a la manufactura de productos para la construcción; cuenta con una producción de 9100 toneladas mensuales de cal hidratada, y el mercado al que se enfrenta la empresa, es cada día más competitivo; por esta razón, es preciso contar con una herramienta que le ayude a determinar los riesgos potenciales que pueden afectar el proceso de la extracción de piedra caliza. Para tal caso, se utilizó la herramienta AMEF, ya que de acuerdo al caso de Estudio, es la que mejor resultados arrojó en su implementación; mejor control en los procesos de extracción, y mayor productividad.

De acuerdo a los resultados del AMEF, se determina que se elimine el método primario, y se mejore el método secundario por ser el que menor riesgo tiene y mayor productividad.

PALABRAS CLAVE: Análisis Modal de Efectos, AMEF, modos de fallas, extracción, caliza.

ABSTRACT: The company Tenex-tepec and its Anexos, is a company dedicated to the manufacture of products for construction; It has a production of 9100 monthly tons of hydrated lime, and the market facing the company is increasingly competitive; For this reason, it is necessary to have a tool that helps you determine the potential risks that may affect the process of limestone extraction. For this case, the AMEF tool was used, since according to the case study, it was the one that produced the best results in its implementation; better control in extraction processes, and higher productivity.

According to the results of the AMEF, it is determined that the primary method is eliminated, and the secondary method is improved because it has the lowest risk and greater productivity.

KEYWORDS: Modal Analysis of Effects, AMEF, failure modes, extraction, limestone

INTRODUCCIÓN

La piedra caliza es un mineral que se encuentra en forma natural prácticamente en todo el mundo. Su composición química varía entre los yacimientos de diferentes regiones, y en una misma región. Para que una caliza sea calificada como conveniente para procesarla, debe contener como mínimo un 50% de carbonato de calcio. Toda piedra caliza contiene una mezcla de minerales, tales como CaCO_3 , MgCO_3 , CaO , Hierro, Sílice, Alúmina, y rastros de otros componentes.

De los minerales mencionados anteriormente, solo el Carbonato de Calcio (CaCO_3) y el Carbonato de Magnesio (MgCO_3), son de interés para la manufactura de cal. Estos dos minerales constituyen el 85 al 90% del total de la composición de la piedra caliza, y sólo dos tipos de cal son producidas con estas piedras: Cal Cálctica y Cal Magnésica.

La piedra caliza cálcica contiene un alto contenido de Calcio, cuando se calcina tiene entre un 90 y 95% de CaO y entre 1 y 2% de MgO . La piedra caliza magnésica, cuando se calcina tiene entre un 60 y 65% de CaO , y un 35 a 40% de MgO .

El factor que afecta el grado de calcinación y resistencia de la piedra caliza, es la estructura del cristal que contiene; al ser calcinada, los cristales aglomerados causan un encogimiento y reducción del volumen, es decir, a mayor temperatura del horno, mayor aglomeración; sus principales usos se aplican en la industria de la construcción, fundición, productos químicos, agroquímicos y vidrio, y sus principales derivados son: cal, carbonato de calcio y cemento.

La empresa Tenex-tepec y sus Anexos, es una empresa de producción y venta de cal hidratada. Su primera piedra se colocó en 1974, y fue constituida fiscalmente el 6 de marzo de 1978, en este mismo año empezó a ofrecer el producto de cal hidratada, cubriendo la necesidad de los usuarios de la zona centro del Estado de Veracruz.

Actualmente produce 9100 toneladas mensuales de cal hidratada, logrando abarcar un mayor mercado dentro del Estado de Veracruz, y otros estados, como Puebla y Tlaxcala. Cabe señalar que empresas de prestigio dedicadas a la manufactura de materiales para la construcción, se han fijado en la calidad de la materia prima producida por Tenex-tepec y sus Anexos. CEMEX, actualmente se compra 10,000 m^3 mensuales de piedra de $\frac{1}{2}$ "; y para lograr este suministro, es necesario contar con la materia prima suficiente que permita el cumplimiento de las toneladas solicitadas.

Por lo anterior expuesto, tiene importancia determinante para la alta dirección, contar con una herra-

mienta que diagnostique su proceso de extracción, y que le ayude a determinar los riesgos potenciales a los que se puede enfrentar en la realización de este proyecto.

El Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), es una metodología analítica usada para evaluar los problemas potenciales, considerados y afrontados a través del proceso. [1]

La elaboración de un AMEF en el proceso de extracción de piedra caliza, contribuirá a la empresa Tenex-tepec y sus Anexos, a cumplir con el propósito de contar con una herramienta como parte integral de la administración de riesgos, evaluando la gravedad, ocurrencia y detección de los posibles modos de falla del proceso, a fin de determinar acciones correctivas a ejecutar, en caso de que se presenten.

MATERIAL Y MÉTODOS

Como ya se mencionó, la organización en la que se desarrolla el AMEF, es la empresa de manufactura y comercialización de cal hidratada, la cual está ubicada en la comunidad de San Antonio Tenex-tepec, municipio de Perote, Veracruz. La planta se encuentra instalada en un área de 30,187 m^2 , de éstos, 19,621 m^2 son de construcción divididos en cuatro áreas principales: Extracción de materia prima, Trituración, Calcinación, e hidratación. Esta investigación se realiza en el área de extracción con la implementación de una herramienta de Ingeniería Industrial, donde se genera conocimiento técnico e información específica en este proceso.

En la figura 1, se detalla la metodología general llevada a cabo:

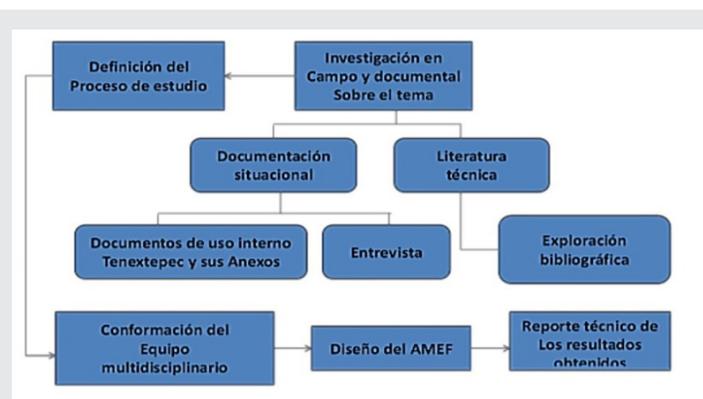


Figura 1. Metodología seguida en la investigación Elaboración propia

Como herramienta de diagnóstico inicial en la definición del proceso a estudiar, se realizó un diagrama de Ishikawa como vehículo para ayudar al equipo multidisciplinario a tener una concepción común del tema a estudiar, con todos los elementos y relaciones claramente visibles [2].

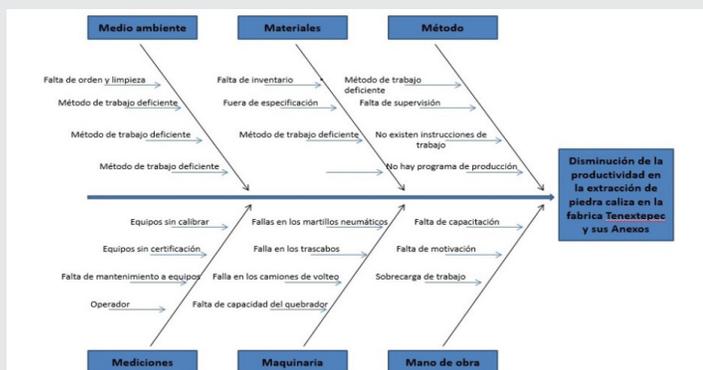


Figura 2. Diagrama causa-efecto del proceso (calidad y productividad) de extracción de piedra caliza.

**MARCO TEÓRICO
EXTRACCIÓN DE PIEDRA CALIZA**

En esta región ha sido trascendental la explotación de las rocas calizas para la elaboración de cal, y al igual que otros recursos, su importancia, usos y forma de explotación ha variado a través del tiempo; del mismo modo, la forma de acceso a este recurso ha variado de acuerdo con las entidades políticas. No obstante, las primeras evidencias de explotación se ubican entre el 2500 a.C-200 d.C., y el 600 d.C., siendo en los años de 850 al 1200 d.C., cuando se dio una mayor intensificación en la explotación de cal. El proceso de extracción de piedra caliza se rige bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-023-stps-2012, Minas subterráneas y minas a cielo abierto – Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Aunque el procedimiento de extracción de piedra caliza se ha realizado desde hace 40 años dentro de esta empresa, se han tenido que aplicar diferentes técnicas que les permite incrementar su producción.

ETAPAS GENERALES DEL PROCESO

La mina trabaja en dos tipos de bancos, uno de tipo alto donde los trabajos de barrenación se realizan en alturas de hasta 140 mts de altura, a este banco se le nombra "banco primario", y el segundo banco inferior o bajo, llamado "banco secundario" donde los trabajos de extracción se realizan de manera controlada.

MÉTODO ANTIGUO DE EXTRACCIÓN

En esta parte del proceso las actividades son llevadas a cabo por 9 operarios: jefe de pobladores, tres pobladores, tres perforistas y un compresorista. Se usan pistolas neumáticas con un peso aproximado de 25 Kg. conectadas a un compresor. El proceso se realiza en el talud del banco primario; es decir, en la cara frontal del cerro a 140 mts de altura aproximadamente; dada la naturaleza de la zona, estas actividades son de alto riesgo. El proceso consta de 4 ascensos a pie, por el contorno del cerro a través de una vereda escarpada de unos 50 a 80 cm. de ancho, por donde se transporta la maquinaria nece-

saria, así como el material explosivo. Tiene 5 descensos que utilizan para bajar por el material; de los cuales, el ultimo es uno con mayor peligro, ya que se realiza en vertical con ayuda de unas líneas de seguridad (lazos) equívocamente estructuradas. Una vez que el material llega al lugar de trabajo, se comienza con las labores de perforación, dependiendo de la profundidad del barreno; un barreno corto se realiza mediante pistola neumática, mientras que uno de mayor profundidad requiere trabajos manuales (golpeteo a mano con barrenas), estos son los más peligrosos a causa del terreno; los operarios llevan a cabo sus tareas sujetos a una línea de seguridad - lazos alrededor de la cintura amarrados por ellos mismos-, cuando deberían utilizar equipos de seguridad.

Cuando los barrenos ya tienen la profundidad adecuada, son cargados con material explosivo, y cuando esta tarea es llevada a cabo se enciende la mecha para el efecto explosivo; es aquí cuando uno de los ascensos en vertical con mayor grado de peligro se hace presente; si el operario no sube a tiempo a lo alto del cerro, puede ser alcanzado por la explosión, o en su defecto podría caer, y el resultado sería fatal.

El tiempo promedio de los trabajos de barrenación es de 18 hrs., 54 minutos; sin embargo, las tareas se pueden extender hasta 36 hrs., dependiendo de la zona a derribar. El operario trabaja en condiciones climáticas adversas, en verano a una temperatura de hasta 22°C y en invierno a temperaturas bajo cero; ningún trabajador usa arnés de seguridad, botas adecuadas para las labores, ni la vestimenta requerida por la STPS, todo esto eleva la probabilidad de jornadas inseguras.

Con este método de extracción, no es posible proyectar el nivel de roca obtenido, ni datos exactos en cuanto a la productividad, debido a la diversidad de los factores que influyen en el banco primario.

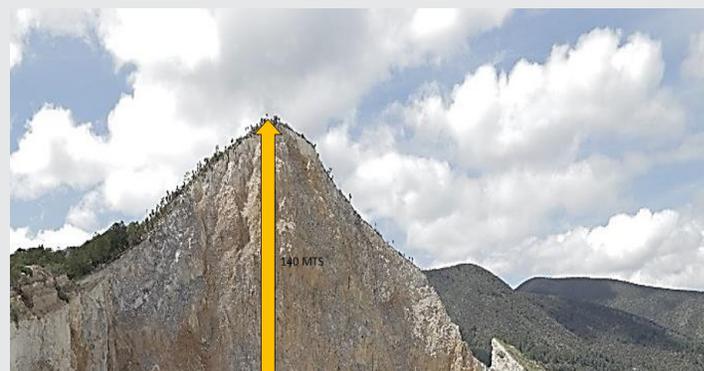


Figura 3. Banco primario de extracción de piedra caliza. Tomado del recorrido realizado en la mina de la empresa Tenextepc y sus Anexos

MÉTODO DE VOLADURAS CONTROLADAS

Dentro de este método, los ascensos y descensos, son eliminados por completo con esta forma de trabajo, dado que las operaciones se realizan a nivel de piso a una altura de 12mts como máximo; los traslados se aminoran, y la exposición del operario con el material explosivo y a situaciones extremas, se reducen considerablemente.

Las actividades son llevadas a cabo por un jefe de pobladores, un perforista, un poblador, un ayudante de poblador y un compresorista.

El operario coloca la máquina en el lugar marcado para barrenar, la sitúa en el punto exacto y la inicia, perforando el suelo de manera autónoma. Una vez realizado el barreno, el poblador carga cada una de las perforaciones con explosivos y las rellena con arena, posteriormente inicia el encendido de los barrenos, dando el tiempo suficiente para que los operarios se resguarden en trincheras y no sean alcanzados por fragmentos de roca.

La perforación de los barrenos se elabora mediante un trackdril, es una máquina perforadora conectada a un compresor; el riesgo principal al que se exponen los operarios, es el uso de herramientas de poder, y la manipulación de material explosivo, es decir, que puede haber daños al no saber manipular la maquinaria, o en su defecto accidentes relacionados con el mal uso o transporte de las cargas de explosivos, así como el cálculo erróneo en la iniciación de los barrenos; si el operario no es cuidadoso, podría ser alcanzado por el efecto de explosión; sin embargo, la exposición del operario en esta forma se reduce casi al 80%.

El tiempo promedio de esta actividad es de 2 hrs con 58 min, y se puede extender hasta 5 hrs dependiendo de las actividades. Este método de voladura de banco, no solo reduce el riesgo de exposición de los trabajadores, sino también la incidencia de accidentes, pero sobre todo, incrementa la productividad en la extracción de piedra caliza.



Figura 4. Banco secundario de extracción de piedra caliza. Tomado del recorrido realizado en la mina de la empresa Tenex-tepec y sus Anexos.

La altura del banco se determinó por el tipo de maquinaria utilizada para el proceso, un trackdril con una barrena de 12 mts de largo y 3" de diámetro, por lo tanto, la altura del banco será de 12 metros. Una plantilla de tresbolillo, que es con la que se obtiene una fracturación de roca más uniforme, se establece a través de los cálculos realizados con las siguientes dimensiones:

- Bordo: 2.3 mts
- Diámetro del barreno: 3"
- Subbarrenación: 0.75 mts
- Espaciamiento entre barrenos: 2 mts
- Taco: 1.75 mts

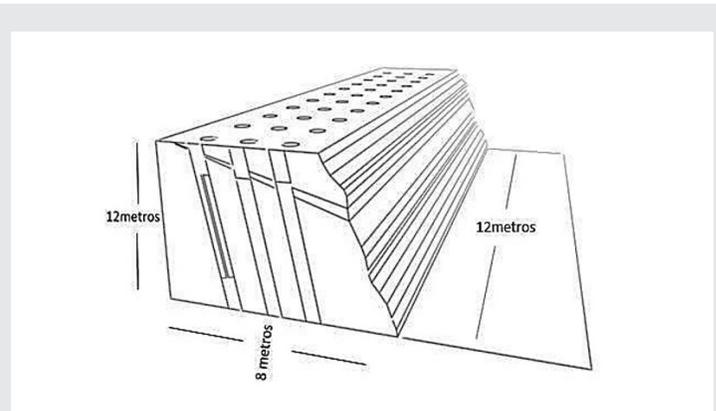


Figura 5. Medidas del banco a derribar mediante el método de voladuras controladas. Tomado de los archivos de la empresa Tenex-tepec y sus Anexos.

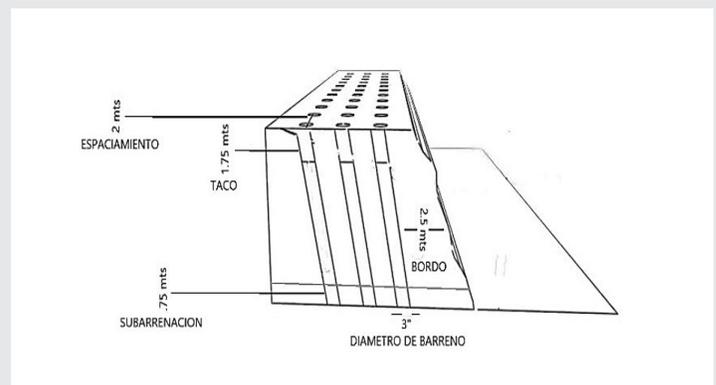


Figura 6. Medidas de barrenos para realizar la voladura controlada. Tomado de los archivos de la empresa Tenex-tepec y sus Anexos.

A diferencia del método antiguo, en éste, es posible determinar el volumen de metros cúbicos que resultarán de la voladura, el resultado de la implementación de este método es de 1152 m³.

ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLAS POTENCIALES

El análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), es actualmente la técnica más utilizada para el análisis de riesgos. Éste sigue siendo una parte esencial dentro de

las organizaciones. AMEF es un método efectivo para diseñar y producir análisis de riesgo, el cual permite examinar los procesos de diseño y fabricación, e identificar oportunidades para las deficiencias y defectos que pueden conducir a la insatisfacción del cliente, o afectación a la calidad y productividad.

El algoritmo del AMEF fue desarrollado en el ejército de los Estados Unidos de Norteamérica por los ingenieros de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), a raíz de un procedimiento militar (MIL-P-1629) titulado como "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticidad". Este procedimiento fue elaborado el 9 de noviembre de 1949, y era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad, y determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en éxito de la misión y la seguridad del personal, o de los equipos.

En 1988, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó la serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie, llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió el área automotriz QS 9000.

Chrysler Corporation, Ford Motor Company y General Motors Corporation, enriquecieron esta metodología en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores, teniendo que emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP) que necesariamente debe incluir al AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control. En diciembre de 1992, el Grupo Acción Automotriz Industrial (AIAG), termina el manual de referencia, y en febrero de 1993 junto con la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC), registraron las normas de AMEF para su implementación en la industria. Estas normas son el equivalente al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J-1739. Actualmente el AMEF se ha popularizado en todas las empresas automotrices americanas, y ha empezado a ser utilizado en diversas áreas de una gran variedad de empresas a nivel mundial. [3]

De acuerdo con el Manual de Referencia: FMEA-4,[1] existen tres casos básicos para los cuales, un AMEF puede ser generado, cada uno con un alcance o enfoque diferente:

Caso 1: Nuevo Diseño, nueva tecnología o nuevo proceso. El alcance del AMEF es el diseño, tecnología o proceso completos.

Caso 2: Modificaciones al proceso o diseño actuales.

Caso 3: El uso del diseño o proceso existente en un nuevo medio ambiente, localización o aplicación. El Alcance del AMEF es en el impacto del nuevo ambiente,

o la localización en el proceso o diseños existentes.

Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Procesos

El AMEF de procesos, en ocasiones referido como AMEFP, soporta el desarrollo de procesos de manufactura en la reducción del riesgo de las fallas.

Identificando y evaluando las funciones y requerimientos del proceso. Identificando y evaluando modos de fallas potenciales relacionadas con el proceso.

Permitiendo el establecimiento de un sistema de prioridades para acciones correctivas, preventivas y controles.

El AMEFP debiera iniciar con el desarrollo de información para entender las operaciones del proceso productivo. Un diagrama de flujo del proceso, es una entrada primaria para un AMEFP. El diagrama de flujo del proceso, es usado como una herramienta para ayudar a establecer el alcance del análisis durante el diseño de un proceso.

AMEF del proceso de extracción de piedra caliza

Una vez definido el proceso de estudio de acuerdo con la metodología planteada en la figura 1 de este artículo, además de lo declarado en el manual FMEA-4, se debe conformar un grupo interdisciplinario cuyos miembros abarcan los conocimientos y experiencia necesarios para el tema. El equipo (haciendo referencia al puesto dentro de la organización), quedó conformado por:

Jefe de pobladores, Pobladores, Perforistas, ayudante de perforista, Compresorista

Inicialmente se realiza un diagrama causa-efecto (figura 2), para orientarnos acerca de las causas generales sobre las que impacta la calidad y la productividad de la extracción de piedra caliza. De acuerdo con lo referido en el marco teórico, se realiza un diagrama de flujo del proceso, que nos ayuda a emprender el análisis de las actividades que se realizan en la extracción de piedra caliza

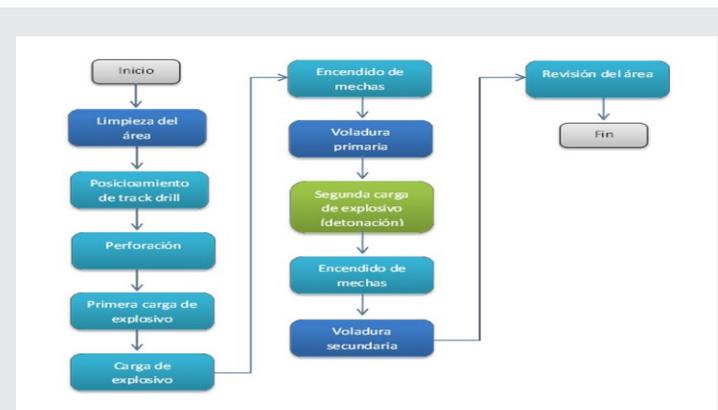


Figura 7. Diagrama del proceso de extracción de piedra caliza. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Diagrama de flujo de proceso del galvanizado de varilla de acero

Diagrama 1		Fecha: Septiembre de 2018				
Producto: piedra caliza		RG:				
		Resumen				
		Observador: JPDF	Actual	Propuesto		
Operación		○	01:73:183			
Transporte		⇒	00:55:31			
Demora		D	0			
Inspección		□	00:10:30			
Combinada		◻	0			
Total			02:58:28			
Actividad		Tiempo (min.)				
Descripción	Tiempo (min.)	○	⇒	□	◻	Observaciones
Limpieza del área	01:50:09	•				Poco personal para esta actividad
Transporte de track drill	00:15:34		•			Traslado lento de la maquinaria
Posicionamiento de track drill	00:03:00	•				
Perforación	00:05:40	•				
Inspección de barreno	00:05:30			•		Visual
Retiro de track drill	00:02:00		•			Traslado lento de la maquinaria
Transporte de material explosivo	00:07:00		•			
Primera carga de explosivo (abrir caja)	00:04:50	•				
Encendido de mecha	00:00:05	•				
Resguardo de operario	00:01:40	•				
Voladura primaria	00:01:02	•				
Segunda carga explosivos (detonación)	00:05:00	•				
Retiro de personal y maquinaria	00:07:21		•			
Encendido de mechas	00:00:05	•				Poco tiempo antes de detonar
Resguardo de operarios	00:02:00	•				El lugar no cumple con las medidas de seguridad
Voladura secundaria	00:01:32	•				
Espera obligatoria de operarios	00:01:00	•				
Revisión del área	00:05:00			•		
TOTAL	02:58:28	12	4	0	2	0

Fuente: Elaboración propia

Se considera la utilización del AMEF como un algoritmo preciso, y una herramienta útil para el estudio de este proyecto, gracias a sus características

Identificación de los modos de falla potencial en el proceso. De acuerdo con Hernández (2005), un modo de falla potencial, es la manera en la cual un componente, subsistema o sistema, puede potencialmente fallar en cumplir una función esperada. Los tipos de modos de falla más ocurrentes son:

No funciona: el sistema o proceso es inoperante.
 Función parcial: desempeño degradado; es decir, que cumple con alguna de las especificaciones pero que no cumple completamente con su función.

Función intermitente: cumple, pero se pierde algo de funcionalidad, o llega a ser inoperativo.

Porsu parte, el manual de referencia FMEA-4P indica que los modos de fallas potenciales deben ser descritos en términos técnicos.

Tabla 2. Modos de falla

Limpieza del área	Mucho tiempo para limpiar el área Pocos operarios para realizar la actividad Condiciones de clima desfavorables
Transporte de track drill	Compresor neumático y fugas de aire Cadena de movimiento desgastada Falta de lubricación Mangueras en mal estado
Perforación	Brocas desgastadas y sin botones de corte Ruptura de resortes y palometas Falta de lubricación Falta de presión de aire
Inspección de barreno	Tapado del barreno Con una plomada se chequea que este vertical Profundidad de acuerdo a la medida deseada Espesor del barreno
Retiro de track drill	Condiciones desfavorables para maniobras Movimiento lento del equipo Pericia del operador para maniobrar y retirar Buena presión de aire y lubricación de los componentes de perforación
Transporte de material explosivo	Falta de transporte adecuado Uso de carretillas con un peso de 100 kilogramos
Primera carga de explosivo	Se mide la profundidad del barreno Barreno tapado con material de caliza al momento de retirar la barra Se verifica con una plomada que esté completamente vertical Verifica de acuerdo a la profundidad que cantidad de explosivo se usa
Encendido de mecha	El encendido es con un encendedor o cerillo Rachas de viento fuertes al momento de encender la mecha Medida de espoleta diferente y detona en diferentes tiempos (minutos)
Resguardo de operario	El fulminante no siempre está sujeto de la mecha Verifica que no haya personal a los alrededores, solo con señales a los compañeros Distancia larga al lugar de refugio del poblador Condición física de los trabajadores desequilibrada

Fuente: Elaboración propia

Proceso: Extracción de piedra caliza	Actividad	○
	Operación	
	Transporte	⇒
Actividad: Barrenado	Demora	D
	Inspección	□
Lugar: Mina de la empresa "Tenex-tepec y sus Anexos"	Almacenamiento	▽
	Tiempo (min)	

Figura 8a: Símbolos de referencia del diagrama de flujo

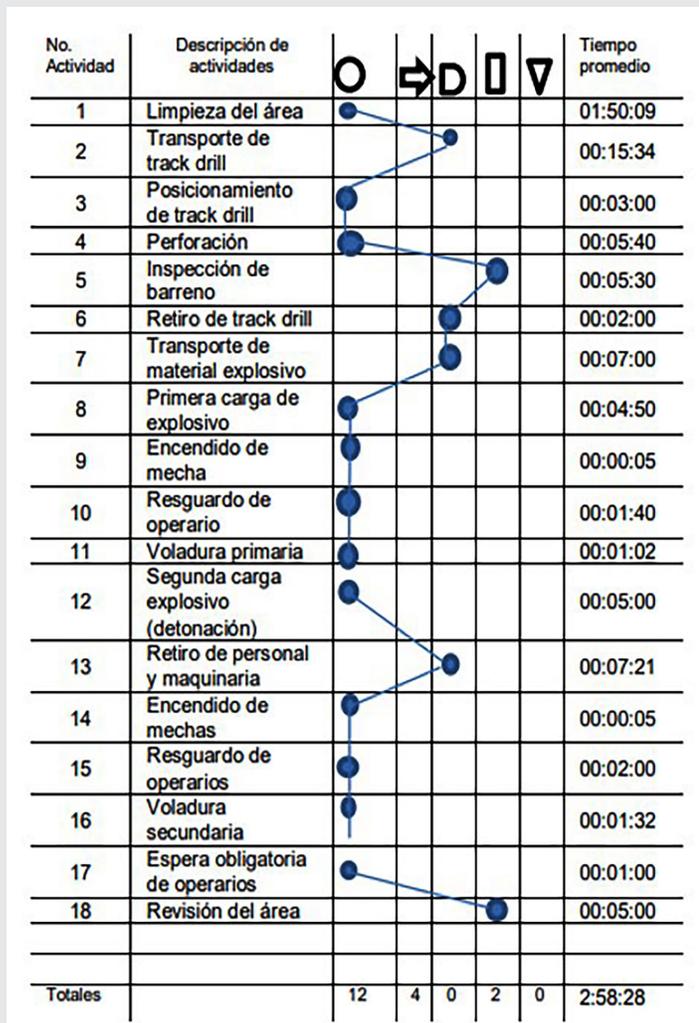


Figura 8b: Diagrama de flujo de operaciones de la extracción de piedra caliza. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se hace un diagrama de flujo de proceso de la extracción de piedra caliza, a fin de encontrar información consistente y detallada que sea útil en la configuración del AMEF.

Efectos potenciales de las fallas

El equipo multidisciplinario realiza un análisis que determina los efectos y causas potenciales de los modos de falla. Por su parte, el manual de referencia FMEA-4P indica que los efectos de fallas deben ser descritos en términos de lo que los clientes puedan notar o experimentar, recordando que el cliente puede ser interno.

Tabla 3. Efectos y causas de fallo

MODO DE FALLA POTENCIAL	EFEECTO	CAUSA DE FALLA
Mucho tiempo para limpiar el área	Retrasa la detonación para la extracción de caliza	Áreas de grandes dimensiones
Pocos operarios para realizar la actividad	Retrasa la detonación para la extracción de caliza	Falta de contratación de personal
Condiciones de clima desfavorables	Disminución de la obtención de caliza	Mal estado del clima
Compresor neumático con fugas de aire	Mal barrenado	Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo
Cadena de movimiento desgastada	Traslado lento al área de barrenar	Desatención por parte de los administradores
Falta de lubricación	Traslado lento y oxidación de la maquinaria	Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo
Mangueras en mal estado	Mal barrenado dentro de los bancos de piedra	Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo
Brocas desgastadas y sin bolones de corte	Mayor tiempo y desgaste del equipo para realizar la actividad	Desatención por parte de los administradores
Ruptura de resortes y palmetas	Equipo trabajando al 80% de su totalidad	Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo
Falta de lubricación	Desgaste del equipo	Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo
Falta de presión de aire	Mayor tiempo en realizar la perforación y perforación	Compresor con fugas de aire
Tapado de barrenos	Mala detonación del barreno	Desatención del trabajador y/o mala limpieza del área
Con una plomada se chequea que esté vertical	Mala detonación del barreno si no se encuentra en esa posición	No se cuenta con el equipo para realizar esta actividad
Profundidad distinta de acuerdo a la medida deseada	Mala detonación de los barrenos	Equipo desgastado
Espesor del barreno	Medidas distintas	Equipo desgastado
Condiciones desfavorables para maniobras	Mucho tiempo en retirar del equipo	Condiciones del suelo
Movimiento lento del equipo	Retraso para poder realizar la carga de explosivos	Condiciones de suelo y cadenas del equipo
Pericia del operador para maniobrar y retirar	Retraso en las siguientes actividades del proceso	Falta de compromiso con la empresa
Falta de presión de aire y lubricación de los componentes de perf	Bajo rendimiento del equipo	Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo
Falta de transporte adecuado	Mucho tiempo en realizar la actividad	Falta de adquisición de equipo adecuado para el
Uso de carretillas con un peso de 100 kilogramos	Alto riesgo para el trabajador y desgaste físico del mismo	Solo se cuenta con este tipo de transporte para esta
Medida de la profundidad del barreno	Mala detonación del barreno	Equipo desgastado
Barreno tapado con material de caliza al momento de retirar la barra	Tapado de barreno impidiendo la carga de explosivo	Desatención por parte del operario del equipo
Se verifica con una plomada que esté completamente vertical	Mucho tiempo en verificar	Solo se cuenta con ese equipo para realizar la
Diferente longitud de profundidad	Uso de más o de menos explosivo	Mal estado del equipo (Track Drill)
El encendido es con un encendedor o cerillo	Riesgo para los trabajadores	Este método se ha utilizado en los 40 años de la mina
Rachas de viento fuertes al momento de encender la mecha	Mayor tiempo para poder encender las mechas	Condiciones inestables del clima
Medida de espoleta diferente y detona en diferentes tiempos (minutos)	El explosivo detone en diferentes tiempos	El proveedor así lo entrega
El fulminante no siempre está sujeto de la mecha	Que no detone el explosivo	El proveedor así lo entrega
Verifica que no haya personal a los alrededores, solo con señales a los compañeros	Riesgo para los trabajadores que se encuentran en la mina	Método antiguo usado por los trabajadores
Distancia larga al lugar de refugio del poblador	Accidentes en los trabajadores	Solo existe un refugio en un mismo lugar
Condición física de los trabajadores desequilibrada	Accidentes de trabajo para pobladores	Trabajadores con mas de 20 años de trabajo en la empresa
Correr de forma acelerada al lugar seguro para no ser alcanzado por algún proyectil de caliza	Accidentes de trabajo por las condiciones del suelo	Poco tiempo para activar el explosivo
Esperarse en el refugio después de la detonación 15 minutos	Mucho tiempo de espera	Normalidad de los explosivos
Condiciones de refugio inadecuadas	Aumenta el riesgo de accidentes de los trabajadores	El refugio es improvisado ya que por las condiciones de la mina no se podrían construir algo adecuado
Muy poco tiempo (milisegundos) para la detonación en la instalación de los iniciadores o	Accidentes de trabajo en los pobladores	Mechas cortas
Se utiliza alto explosivo, agente explosivo, cordón detonante, mecha e iniciador	Riesgo de trabajo alto	Material requerido para la función que se necesita
No siempre se determina el número de barrenos y líneas de barrenos a detonar	No saber cuánta piedra caliza se obtiene	Depende de la demanda de cal hidratada

Se utiliza alto explosivo, agente explosivo, cordón detonante, mecha e iniciador	Riesgo de trabajo alto	Material requerido para la función que se necesita
No siempre se determina el número de barrenos y líneas de barrenos	No saber cuánta piedra caliza se obtiene	Depende de la demanda de cal hidratada
Diferente programación para las detonaciones, para realizarla no debe haber personal ni	No se sabe con exactitud cuánta caliza se obtiene y en	Depende de la demanda de cal hidratada
Durante el traslado de explosivo se observa movimiento de maquinaria	Riesgo para los trabajadores que se encuentran en la mina	Desatención de los operarios de maquinaria
No se tiene el cálculo en tiempo de que va ardiendo la mecha (longitud de mecha)	No se determina el tiempo de detonación	Diferentes medidas de las mechas
Los guías que dan aviso a los trabajadores de las detonaciones no cuentan con el equipo de seguridad necesario	Riesgo de trabajo alto	Desatención por parte de los jefes de turno
No se encuentran en la zona, en su caso se resguardan en lugares seguros	Ninguno	El método así lo permite
Lejos del lugar de la detonación	Ninguno	El método así lo permite (voladura controlada)
Poca supervisión en la profundidad de cada barreno	Tapado de barrenos	Desatención del jefe de turno
Se encuentra tapado el barreno se procede a barrenos nuevamente	Mayor tiempo para realizar la actividad e incremento de	Mal manejo del equipo por parte del operario
En caso de no poder pasar la barra se procede a no cargar con explosivo la segunda línea	Disminución de extracción de caliza	Mal barrenado por parte del operario
Se supervisa después de la detonación, 15 minutos después	Riesgo de trabajo	Normalidad de los explosivos
En su caso al día siguiente se supervisa que todos los barrenos detonaron	Riesgo de trabajo	Condiciones desfavorables en la zona
Se revisa o supervisa el borde de manera visual que no esté fracturado para hacer maniobras	Accidentes de trabajo	No se cuenta con equipo para poder supervisar la zona
No siempre detonan todos los barrenos	No se obtiene la caliza esperada	Defectos de fábrica por parte del proveedor del material
Explosivo que no detonó	Incremento de costos y mano de obra	Defectos de fábrica por parte del proveedor del material
Maniobras por detonar explosivo que no detonó en el momento	Incremento de costos y mano de obra	Se tiene que detonar el explosivo que no detone para que no impida la siguiente detonación

Fuente: Elaboración propia

La información generada de los modos de fallas, causas potenciales y efectos debe integrarse al formato del AMEF de procesos, el cual fue diseñado con base en el Manual de Referencia FMEA-4, [1].

Tabla 4. Formato de AMEF de procesos

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PIEDRA CALIZA																			
AMEF DE PROCESOS												Número de AMEF _____							
Responsabilidades del proceso _____												Página _____							
Alto(s) Programa(s) del modelo _____												Preparado por _____							
Equipo central _____												Fecha de AMEF _____							
Función	Requerimiento	Modo de falla potencial	Efectos potenciales	Severidad	Causas potenciales de la falla	Detección actual				Acciones recomendadas	Responsabilidad y fecha de terminación	Resultados de las acciones							
						Control de prevención	Control de ocurrencia	Control de detección	Detección			IPS	Severidad	Ocurrencia	Detección	IPS			

Fuente: Elaboración propia (basada en FMEA-4)

Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

El número de prioridad de riesgo, también conocido como Índice de Prioridad de Riesgo, es una métrica esencial del AMEF. De acuerdo con [4], permite evaluar cada uno de los efectos de fallo con el fin de priorizar las causas de fallo, sobre las cuales habrá que aplicar acciones correctivas.

Al respecto, [3] indica que cuando los modos de falla han sido ordenados por el NPR, las acciones correctivas deberán dirigirse, primero a los problemas y puntos de grado e ítems críticos. La intención de cualquier acción recomendada, es reducir los gastos de ocurrencia, severidad y/o detección.

En el Manual de Referencia: [1], se expresa con la siguiente fórmula:

$$PR = Severidad(S) \times Ocurrencia(O) \times Detección(D)$$

Continúa la tabla en la columna derecha

Dependiendo del alcance del AMEF, es recomendable que el NPR tenga valores entre 1 a 1000.

Severidad

Severidad es el valor asociado con el más serio efecto para un modo de fallo dado. De acuerdo con [4], se define como índice de severidad al parámetro que evalúa la gravedad del efecto de fallo para el cliente, el cual se mide en una escala de 1 al 10, en donde, 1 representa un índice de severidad nulo, y diez un índice de severidad extremo.

Si la severidad tiene valores entre 9 y 10, debe hacerse énfasis especial sobre las posibles acciones para eliminarlos modos de falla, o que cambie su impacto en el desempeño del proceso.

Tabla 5. Efectos y causas de fallos

Efecto	Severidad del efecto en el proceso	Rango
Falla en el cumplimiento con requerimientos de seguridad y/o regulatorios	Puede poner en peligro al operador (equipo o material) sin aviso.	10
	Puede poner en peligro al operador (equipo o material) con aviso.	9
Interrupción mayor	Puede ser que la producción se detenga. Pérdida de una función primaria	8
Interrupción significativa	Desviación del proceso, incluyendo un decremento en la velocidad de la actividad o adición de mano de obra.	7
Interrupción moderada	Puede ser que un alto porcentaje de la corrida de producción tenga que retrabajarse, fuera de la línea y ser aceptada	6
	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que retrabajarse, fuera de la línea y ser aceptada	5
	Puede ser que un porcentaje de la corrida de producción tenga que retrabajarse en la estación, antes de continuar con el proceso	4
	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que retrabajarse fuera de la línea y ser aceptada	3
Interrupción menor	Ligera conveniencia al proceso, operación u operador.	2
Sin efecto discernible	Sin efecto	1

Ocurrencia

El Manual de Referencia: [1], define la ocurrencia como la probabilidad de que alguna causa específica, de que una falla ocurra. El número de rango de probabilidad de ocurrencia, es de un significado relativo más, que de un valor absoluto.

Se estima la probabilidad de ocurrencia de la causa potencial de una falla en una escala de 1 al 10. Debe usarse un sistema de rangos de ocurrencia consistente para asegurar continuidad. El número de rango de ocurrencia, es de un rango relativo dentro del alcance del AMEF, y puede no reflejar la probabilidad actual de ocurrencia.

Al hablar sobre la probabilidad, es importante contar con información estadística que ayude a precisar el parámetro de ocurrencia, sin embargo, al ser el AMEF una herramienta de previsión de fallas potenciales, es posible encontrar la condición de que no se cuenta con la información necesaria, máxime que sea un primer desarrollo del AMEF dentro de la em-

presa. Al respecto, [3] establece que un método alternativo para estimar la probabilidad de la ocurrencia, es el uso del mejor criterio del equipo multidisciplinario, cuántos casos se han presentado del total que sean vistos.

Tabla 6. Criterios para la evaluación de ocurrencia

Probabilidad de falla	Ocurrencia de las causas AMEFP	Rango
	Incidentes por ítem	
Muy alta	≤ 1 en 10	10
Alta	1 en 20	9
	1 en 50	8
	1 en 100	7
Moderada	1 en 500	6
	1 en 2,000	5
	1 en 10,000	4
Baja	1 en 100,000	3
	1 en 1,000,000	2
Muy alta	La falla es eliminada a través de controles preventivos	1

Detección

La detección es un rango relativo dentro al alcance del AMEF. Se asume que la falla ha ocurrido, y entonces se evalúan las capacidades de todos los controles del proceso, para prevenir el envío de materiales que tengan ese modo de falla. (Manual de Referencia: [1]).

Tabla 7. Criterios para la evaluación de detección

Oportunidad de detección	Probabilidad de detección por controles del proceso	Rango	Probabilidad de detección
Oportunidad de no detección	Sin control de proceso primario; No puede detectarse o no es analizado	10	Casi imposible
Sin probabilidad de detección en ninguna etapa	Causa del modo de falla y/o error no es fácilmente detectado	9	Muy remota
Detección del problema posterior al procesamiento	Detección del modo de falla, en la estación por el operador a través de medios visuales, táctiles, audibles	8	Remota
Detección del problema en la fuente	Detección del modo de falla, en la estación por el operador a través de medios visuales, táctiles, audibles o posterior al procesamiento con el uso de equipos de medición	7	Muy baja
Detección del problema posterior al procesamiento	Detección del modo de falla posterior al procesamiento por el operador con el uso de equipos de medición o por controles	6	Baja
Detección del problema en la fuente	Detección de las causas del modo de falla o error en la estación por el operador a través del uso de equipos o por controles en la estación que detecten la parte discrepante y notifiquen al operador	5	Moderada
Detección del problema posterior al procesamiento	Detección del modo de falla posterior al procesamiento por controles que detectan la parte discrepante y aseguran la parte para prevenir algún procesamiento posterior	4	Altamente moderada
Detección del problema en la fuente	Detección del modo de falla en la estación por controles que detectan la parte discrepante y aseguran automáticamente la parte en la estación para prevenir algún procesamiento posterior	3	Alta
Detección del error y/o prevención del problema	Detección de las causas del error en la estación por controles que detectan el error y previenen que la parte discrepante sea hecha	2	Muy alta
Detección no aplica; Prevención de errores	Prevención de las causas del error como resultado del diseño de un dispositivo, diseño de máquina o diseño de la parte. Partes discrepantes no pueden hacerse por que el ítem se ha hecho a prueba de errores del proceso	1	Casi cierta

A continuación, se presenta el AMEF desarrollado para el proyecto de extracción de piedra caliza, en la empresa Tenex-tepec y sus Anexos.

RESULTADOS

El AMEF arrojó resultados del número de Prioridades de Riesgos, los cuales se grafican a continuación:

Como se observa, las causas potenciales de falla que tiene un mayor NPR en la gráfica son:

El número de prioridad de riesgo, indica que las primeras causas de falla a ser atendidas, son las que se relacionan con la ruptura de resortes, palometas, y el uso de alto explosivo.

A través del NPR, el AMEF permite identificar este problema potencial, estableciendo que la ocurrencia de este evento, genere un foco de atención inmediata.

Esta información reconoce lo siguiente:

De acuerdo al estudio realizado mediante AMEF, y en base a los resultados arrojados por el mismo, se determina que el método de extracción de piedra caliza más óptimo, es el Método Secundario, ya que a diferencia del Método Primario, implica menor riesgo de trabajo, mayor productividad y menos costo de operación.

Se determina lo urgente de la implementación de un programa de mantenimiento correctivo y/o preventivo, para evitar aplazamientos en las actividades operativas.

De igual forma, las demás causas potenciales de fallas (ver tabla 9), está relacionadas con los paros en la producción.

El AMEF nos indica, que es oportuno la implementación de un programa de mantenimiento preventivo de estos equipos, y la revisión de la eficacia del mantenimiento correctivo, a fin de minimizar los paros, o aumento de tiempo por el desgaste de piezas de la maquinaria.

CONCLUSIONES

El AMEF es una herramienta confiable para reconocer y evaluar los modos de falla de procesos, metodología probada en compañías importantes a nivel mundial.

A través del desarrollo del AMEF para el caso de estudio del procesamiento de la extracción de piedra caliza en la empresa Tenex-tepec y sus Anexos, se identificaron los modos de fallas potenciales y las causas que las provocaron, contribuyendo de esta forma, a identificar las características críticas de este proceso.

Tabla 8. AMEF del proyecto de Extracción de Piedra Caliza en Tenex-tepec y sus Anexos.

Tabla 9. AMEF del proyecto de Extracción de Piedra Caliza en Tenex-tepec y sus Anexos.

Fuente: Elaboración propia

De esta forma, el AMEF puede incorporarse a la administración de Tenex-tepec y sus Anexos, como una herramienta integral de la gestión de riesgos

potenciales en sus procesos, ya que se probó consistentemente, que a través de su implementación, se contribuye a mejoras orientadas hacia la productividad y calidad de sus operaciones.

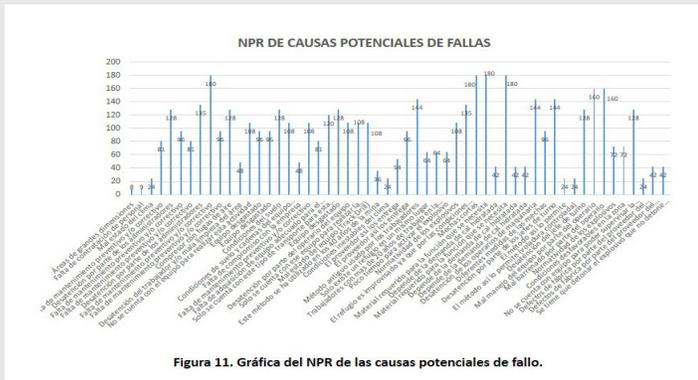


Figura 11. Gráfica del NPR de las causas potenciales de fallo.

Figura 11. Gráfica del NPR de las causas potenciales de fallo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Causas potenciales de falla con mayor NPR para el proyecto de Extracción de Piedra Caliza.

Causas potenciales de falla	Modo de falla potencial asociada a la causa	NPR
Ruptura de resortes y palometas	Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo	180
Muy poco tiempo (milisegundos) para la detonación en la instalación de los iniciadores o noneles	Mechas cortas	180
Se utiliza alto explosivo, agente explosivo, cordón detonante, mecha e iniciador	Material requerido para la función que se necesita	180
Se utiliza alto explosivo, agente explosivo, cordón detonante, mecha e iniciador	Material requerido para la función que se necesita	180
Se encuentra tapado el barrenos se procede a barrenas nuevamente	Mal manejo del equipo por parte del operario	160
En caso de no poder pasar la barra se procede a no cargar con explosivo la segunda línea	Mal barrenado por parte del operario	160
Verifica que no haya personal a los alrededores, solo con señales a los compañeros	Método antiguo usado por los trabajadores	144
Durante el traslado de explosivo se observa movimiento de maquinaria	Desatención de los operarios de maquinaria	144

Fuente: Elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA

[1] Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation, Manual de referencia: FMEA-4. Análisis de Modos y Efectos de Fallas potenciales. Publicación de AIAG (2008).

[2] Zapata Carlos Mario y Sandra Milena Villegas. Reglas entre modelos de requisitos de un método (pp 40-59), Universidad EAFIT, Medellín-Colombia (2006).

[3] Hernández, D., Análisis del Modo y Efecto de las Fallas Potenciales aplicados a un caso de estudio. Universidad Nacional Autónoma de México. (2005).ELSEVIER.

[4] Merchán, A., Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE) en el proceso de producción de tableros eléctricos de la empresa EC-BOX. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador (2015).

[5] Alonzo L. et al / Ingeniería 7-1 (2003) 27-36 Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán Universidad Autónoma de Yucatán [6] Cement and Concrete Research Calced clay limestone cements ELSEVIER.

[7] Cesar Alejandro Martínez Lugo Implementación de un análisis de modo y efecto de falla en una línea de manufactura Universidad Autónoma de Nuevo León

[8] Javier Augusto Barros Leal, Julio César Martínez Espinosa (2018) Modelo para detección y simulación de fallas bajo la gestión de mantenimiento y proyectos Colombiano. MsC. Universidad International Iberoamericana

[8] Javier Augusto Barros Leal, Julio César Martínez Espinosa (2018) Modelo para detección y simulación de fallas bajo la gestión de mantenimiento y proyectos Colombiano. MsC. Universidad International Iberoamericana

[9] International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences Thermal effects on the physical properties of limestones from the Yucatan Peninsula ELSEVIER.

[10] Computers and Chemical Engineering 115 (2018) Fault detection and diagnosis using empirical mode decomposition based principal component analysis.

[11] Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems (2017) Fault diagnosis with between mode similarity analysis reconstructions for multimode procesos ELSEVIER.

[12] Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad.

[13] Ortiz, R. et al, Mejoramiento del servicio de galvanizado mediante seis sigma y el análisis de la información. Ingeniería Industrial-Año 10, N°2:81-102 (2011)

[14] Pedro Mauricio Arévalo Berrezuela (2010) Reingeniería de los planes de control en ERCO, basada en la técnica del AMEF Universidad de cuenca

[15] Sartenejas, Junio de 2006 Análisis de Modo y Efecto de Falla de una llenadora tipo lineal de margarina. Universidad Simón Bolívar



Tierra,
Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Proceso de fermentación de Malanga (*colocasia esculenta*) para la obtención de una bebida alcohólica destilada



Colaboración

Belen Isamar Lagunes Barradas; Gustavo Martínez Castellanos; Magaly López Lagunes; Ismael González Sánchez, Instituto Tecnológico Superior de Misantla; Armando Pérez Daza, Instituto Tecnológico Superior de Perote

RESUMEN: En este trabajo se elaboró un destilado a partir de la fermentación de malanga con *Saccharomyces cerevisiae* utilizando un equipo de acero inoxidable con capacidad de 50 litros y un serpentín de cobre. La levadura fue activada en mosto de malanga con melaza (5 °Brix) y se hicieron tres corridas experimentales con concentraciones de 5, 10 y 15 °Brix, para establecer la concentración más adecuada. La concentración seleccionada para la obtención de etanol fue de 10 °Brix, que fue con la que se obtuvieron las mejores características y que tuvieron mayor aceptación organoléptica (sabor, color, aroma, consistencia y apariencia). A partir de la destilación volumétrica de 42 litros de fermentado, se obtuvo un volumen final de 17 L al 51 %, lo que representó un rendimiento del ~20 % de etanol. El destilado fue ajustado a de 36 % v/v y fue organolépticamente aceptado por un panel de catado no entrenado en las instalaciones del ITS Misantla. El resultado del proceso demostró que se puede obtener una bebida alcohólica destilada aceptable a partir de mosto de almidón malanga para ser comercializada como una alternativa No tradicional a partir de este tubérculo.

PALABRAS CLAVE: Bebida alcohólica, destilación, fermentación, malanga.

ABSTRACT:

*In this work a distillate was elaborated from the fermentation of malanga with *Saccharomyces cerevisiae* using a stainless steel equipment with a capacity of 50 liters and a copper coil. The yeast was activated in malanga must with molasses (5 °Brix) and three experimental runs were made with concentrations of 5, 10 and 15 °Brix, to establish the most appropriate concentration. The concentration selected was 10 °Brix, which was the one that obtained the best characteristics and had greater organoleptic acceptance (flavor, color, aroma, consistency and appearance). From the volumetric distillation of 42 liters of fermented, a final volume of 17 L to 51 % was obtained, which represented a yield of ~20 % of ethanol. The distillate was adjusted to 36% v/v and was organoleptically accepted by an untrained tasting panel at ITS Misantla. The result of the process demonstrated that an acceptable distilled alcoholic beverage can be obtained from malanga starch wort to be marketed as a non-traditional alternative from this vegetable.*

KEYWORDS: Alcoholic beverage, distillation, fermentation, taro.

INTRODUCCIÓN

La malanga (*Colocasia esculenta* Schott) es una planta perenne tropical que se usa principalmente como verdura por su cormo comestible, su raíz es comestible, de ciclo corto y puede permanecer bajo tierra hasta 16 meses. Debido al contenido de almidón de estructura micro granular, minerales y vitaminas como Magnesio, Hierro, Fósforo, Potasio, Sodio, Cobre y Manganeso, Vitamina C, Vitamina E y Vitamina B6

es una fuente de alimentos nutritiva y de alta digestibilidad. [1]. Además, la malanga es un alimento sumamente rico en fibra dietética [2]. Es un producto exótico o no tradicional, cuyo consumo mundial ha tenido un auge importante aprovechando el interés por parte de sectores crecientes de consumidores [3]. Los principales países que exportan malanga son Costa Rica, Nicaragua y Ecuador, que en conjunto no superan las 15 mil toneladas, debido a lo cual existe un déficit de exportación del 50% [4].

En México se produce una variante adaptada en forma silvestre en zonas tropicales en las orillas de ríos, arroyos o lagunas [5]. La producción de malanga es incipiente, solo se cultiva en Oaxaca [6], Veracruz [7] y Puebla, que en conjunto conforman 100 hectáreas de las cuales se cosechan 2 mil 500 toneladas, las cuales son destinadas a la exportación hacia Estados Unidos y Canadá, cuya demanda es de 30 mil toneladas anuales.

Existen diferentes tipos de procesos de fermentación, estos son utilizados para la transformación de los azúcares en alcohol. La variación de cada proceso está unida a la escala de producción, la disponibilidad de los equipos y el dominio de la tecnología [8].

La fermentación alcohólica tiene como finalidad biológica proporcionar energía anaeróbica a levaduras en ausencia de oxígeno para producir alcohol y CO_2 . En el caso de tubérculos de camote naranja (*Ipomoea batata* L) en concentraciones de 0.4, 0.7, 0.9 y 1.2 g/L fermentadas con *S. cerevisiae* var. Bayanus, la concentración que obtuvo mayor cantidad de grados alcohólicos fué de (3.548° GL). Cuando se destiló la bebida, se obtuvieron hasta 16 °GL, demostrando que el camote es una potencial fuente de materia prima para la obtención de alcohol, generando etanol de hasta el 86% v/v a partir de doble destilación [9].

Existen trabajos previos de fermentación de malanga, en los que se ha propuesto generar bioetanol por medio de hidrólisis enzimática del tubérculo y la posterior fermentación de los azúcares para la obtención de bioetanol para uso industrial [10] [11]. A pesar de lo anterior existen pocas metodologías reportadas para la obtención de bebidas destiladas tradicionales en la zona de Misantla, Veracruz. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar a la malanga (*Colocasia esculenta*) como sustrato para la elaboración de un producto alcohólico destilado no tradicional, fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y enriquecido con melaza.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, en el estado de Veracruz México, de acuerdo al esquema siguiente (Figura 1):

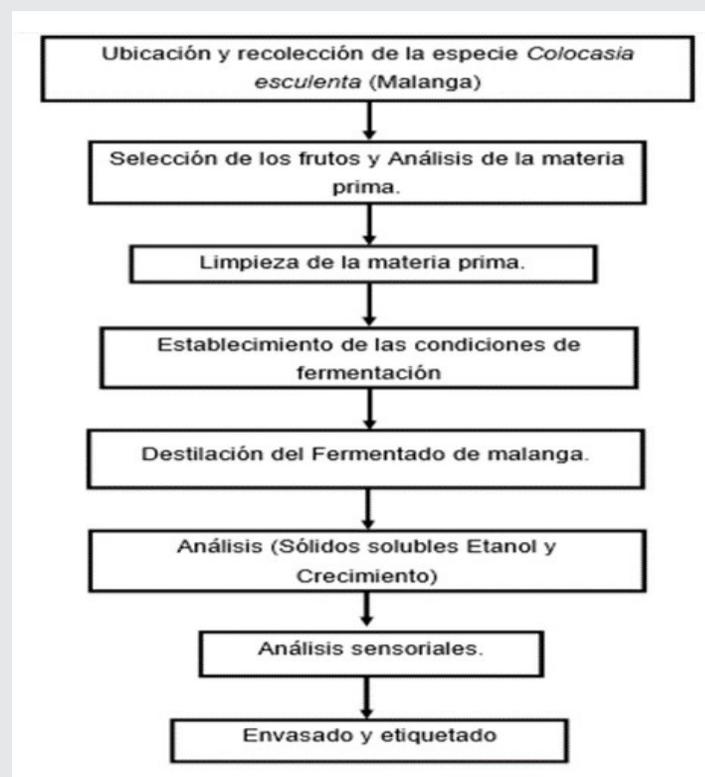


Figura 1. Diagrama del desarrollo experimental para la elaboración del producto a base de *Colocasia esculenta*(malanga).

Materia prima

Se utilizaron tubérculos de *Colocasia esculenta* (Malanga) los cuales fueron recolectados en el municipio de Misantla. El tubérculo utilizado estuvo libre de vestigios florales, enraizamiento, magulladuras y golpes; también se descartaron aquellos tubérculos con un avanzado estado de madurez. El lavado se hizo mediante un cepillado para remover la suciedad presente y posteriormente se realizó una desinfección con agua clorada a 200 ppm durante 5 minutos. Posteriormente se separó la cáscara de la pulpa y se cortó en trozos para el tratamiento térmico en una olla de doce litros, calentando a ebullición durante 20 min. Después se dejó reposar hasta alcanzar una temperatura ambiente y se pasó por un colador fino para obtener la mayor cantidad de jugo posible (almidón).

Proceso de fermentación

La fermentación alcohólica se hizo con diferentes concentraciones de azúcares (5, 10 y 15 °Brix), ajustando el sustrato con melaza. Se inició la cinética de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* con un ajuste de inóculo a 3.4×10^3 No de cel/ml monitoreando los valores de crecimiento cada 12 horas mediante conteo directo en cámara de Neubauer durante 8 días de fermentación. Las condiciones de operación del reactor fueron en condiciones anaerobias, sin agitación, pH 6.2 y temperatura de 20°C durante 8 días.

Destilación

En este trabajo se utilizó una columna elaborada en acero inoxidable, que en su interior cuenta con un juego de alambre enroscado para facilitar la condensación de los vapores que se desprenden en la destilación.



Figura 2. Equipo de destilación en el producto de la bebida alcohólica no tradicional de malanga.

Adicionalmente se construyó un sistema de destilación conformado de un tubo de cobre con tres metros de longitud en forma de serpentín estructurado de cinco vueltas y colocado dentro de un recipiente donde se mantenía conexión a un calderín de acero inoxidable y cuyo calentamiento se logró utilizando un quemador de gas, manteniendo una temperatura de 80°C, que es cuando empiezan los procesos de separación debido a la volatilidad del alcohol (Figura 2).

Determinación de sólidos solubles.

Para este método se utilizó un refractómetro ABBE Atago NAR-1T con recirculación de agua a través de los prismas a una temperatura de 20°C, durante todas las mediciones. Para el caso de una muestra sólida se maceraron 100 g de fruta para obtener el jugo, el cual se filtró a través de una gasa.

Determinación de grados de alcohol.

La determinación de concentración de grados de alcohol se realizó durante la fermentación y al producto terminado después de ser destilado, una vez

que se obtuvo el producto final se tomó una gota de la muestra y se colocó en el refractómetro ATC para posteriormente estandarizar el producto final a una concentración de 36 % v/v para poder ofrecer el producto en los análisis de degustación.

Análisis sensoriales de la bebida destilada de malanga

Se realizó un análisis sensorial mediante un panel de catadores no entrenados de 50 personas del Instituto Tecnológico Superior de Misantla de ambos sexos, a los cuales se les suministró una muestra del producto en mesas individuales y una encuesta de evaluación para que emitieran su opinión acerca de los atributos organolépticos aroma, sabor, color, consistencia y contenido alcohólico, medidos bajo una escala hedónica y sobre el aspecto en general del producto terminado.

RESULTADOS

Evaluación Química y microbiológica

Los resultados observados muestran que el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en las fermentaciones elaboradas (Figura 3), inició con una concentración de 5.5 log No. cel/mL, y al transcurrir 12 horas aumentó a 7.3 log No. cel/mL, la que se mantuvo en un ligero aumento a 7.4 Log No cel/ml a las 24 hrs, manteniéndose hasta las 108 horas. Al finalizar la fermentación (144 horas) el conteo final mostró una concentración de 7.2 log No. cel/mL.

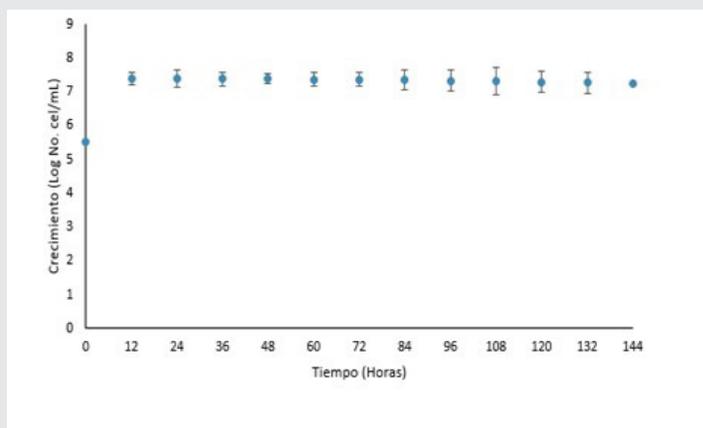


Figura 3. Crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en las fermentaciones de malanga.

Es importante mencionar que lo que se buscó en este experimento fue la producción de etanol y no el crecimiento celular, por lo que este comportamiento mantiene la producción del metabolito. Por otra parte, el consumo de azúcares (°Brix) inició en 10 °Brix, disminuyendo rápidamente a 8.46 °Brix en las primeras 12 horas (Figura 4), posteriormente se redujo de manera constante hasta 8.2 °Brix (36 hrs) y así hasta valores de 5.03 °Brix (144 horas), lo cual demostró un consumo adecuado de sólidos solubles, que puede inferirse una utilización de carbohidratos para mante-

nimiento energético de la levadura y producción de etanol debido al poco crecimiento observado y las condiciones de anaerobiosis experimentadas durante la fermentación. Este comportamiento es acorde con la literatura [12] que establece una disminución de azúcares directos y totales en las fermentación alcohólica de naranja con *S. cerevisiae* [13]. Por otra parte, en fermentación de mucílago de café maduro los valores máximos de fermentación de azúcares se presentan entre las 44 y 46 horas; las tasas de degradación de estos azúcares disminuyen cuando se va agotando y acidificando el sustrato; por ello la fermentación se detuvo hasta las 144 hrs cuando se observó una buena producción de etanol [14].

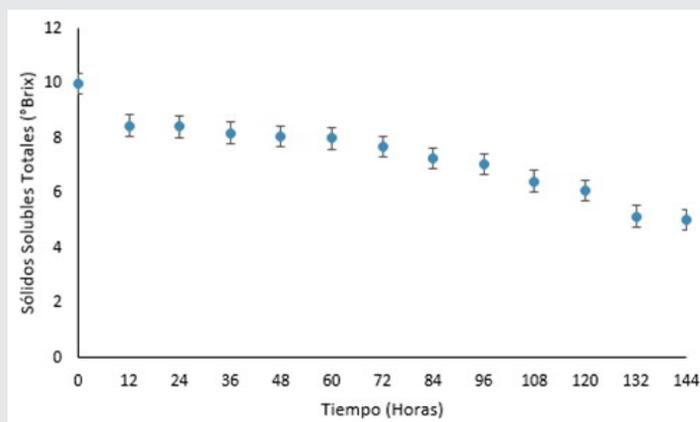


Figura 4. Consumo de azúcares en la producción de etanol.

Cuando se analizó la producción de etanol se observó una concentración final de 20% v/v (Figura 5). Las primeras 12 horas del experimento mostraron valores de 3% manteniéndose hasta las 24 horas, sin embargo, a partir de las 36 horas se obtuvo un aumento proporcional y constante de etanol en el resto de la fermentación desde 6.2 % hasta 20% v/v, lo cual fue atribuido a que el crecimiento fue asintótico durante la mayor parte del experimento logrado un fermentado final de 20% v/v de etanol. Dentro de la literatura otros estudios similares a la elaboración de bebidas alcohólicas para la obtención de etanol y una bebidas alcohólicas "tipo aperitivo" mediante la fermentación de plátano maduro han logrado productividades del 12.7% v/v de etanol [15]. Esto es importante de mencionar, ya que a pesar de tener un porcentaje de etanol relativamente bajo del 20 % v/v total, se observó técnicamente que de los 36 litros se pudieron obtener 10.5 L de etanol al 51 % v/v, que después fueron utilizados para obtener la bebida destilada con una concentración de 36 % v/v. Algunos reportes para el proceso artesanal de bacanora obtienen con la destilación primaria solo el 40% v/v [16]. En este trabajo se alcanzaron a obtener 14.875 L de la bebida alcohólica destilada de malanga para ser embotellada y etiquetada para su evaluación sensorial.

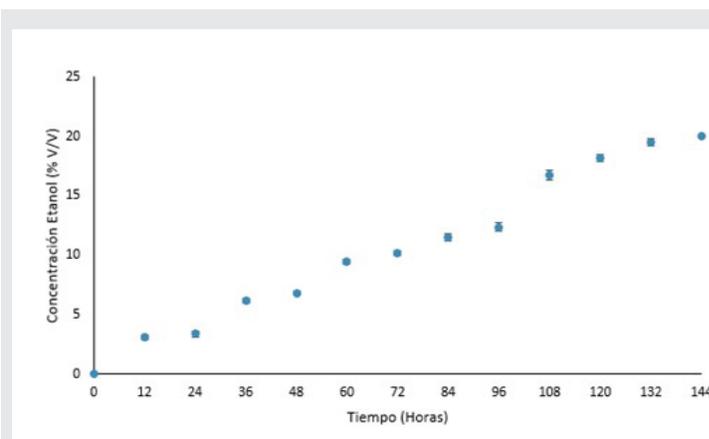


Figura 5. Rendimiento de la bebida alcohólica no tradicional de malanga.

Evaluación sensorial del producto alcohólico destilado no tradicional de Malanga.

Se hicieron al menos 15 encuestas diferentes para evaluar sensorialmente el producto, el conocimiento, el consumo de malanga y sus alternativas al panel de evaluación, los resultados más importantes son mostrados a continuación. Los métodos sensoriales para la evaluación de alimentos justifican que el análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la panelistas humanos evalúan a través de los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios y de muchos otros materiales [17].

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades quíestésicas o texturales [18]. En la figura 6 puede observarse que los resultados de la degustación de los participantes mostraron un gusto moderado por la bebida ya que la calificaron 22 veces con la opción "Me gusta moderadamente", seguida de "Me gusta poco" y "Me es indiferente" con 6 votos. En éste sentido, se puede considerar que el sabor fue agradable y aceptado, ya que el 56 % de los encuestados la calificó de manera positiva, por lo que se consideró que si fue de la aceptación del panel.

Como se sabe un producto nuevo en el mercado siempre tiende a generar controversia y curiosidad, principalmente tratándose de alimentos no tradicionales o comunes e incluso tratándose de bebidas alcohólicas. La aceptación, generalmente está marcada por el tipo de personas, las costumbres e incluso el nivel socio - económico de las mismas, por ello se trató de elegir una población con distintas particularidades que sin embargo todas tenían en común que eran estudiantes de entre 19 /22 años del ITS Misantla y que no están adaptados a las bebidas alcohólicas de manera regular.

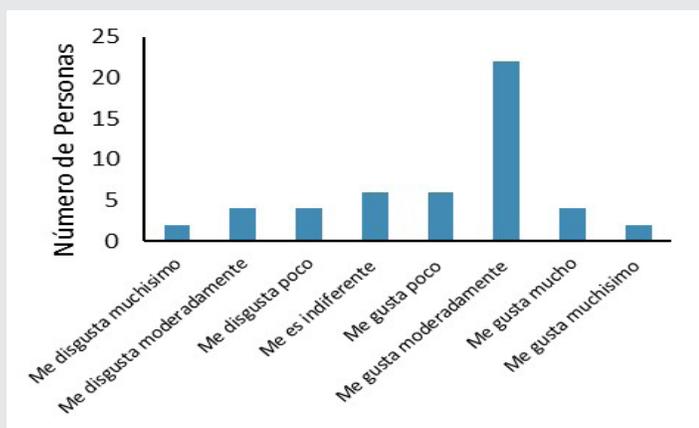


Figura 6. Evaluación sensorial del sabor de la bebida alcohólica no tradicional de malanga.

En el caso del aroma de la bebida alcohólica presentada, se establece que poseía notas alcohólicas fuertes, acompañadas de notas dulces, por la utilización de la melaza, también tenía un olor similar al aguardiente de caña y con aroma referente a la propia malanga. En la figura 7 se muestran los datos donde fue calificado el aroma, obteniendo que 10 personas eligieron la opción de “Me gusta Moderadamente”, seguido de “Me gusta mucho” y “Me disgusta poco” con 8 votos ambas opciones. De manera general se puede considerar aceptable, ya que de manera global el 56% de los encuestados consideró aceptable la bebida destilada.

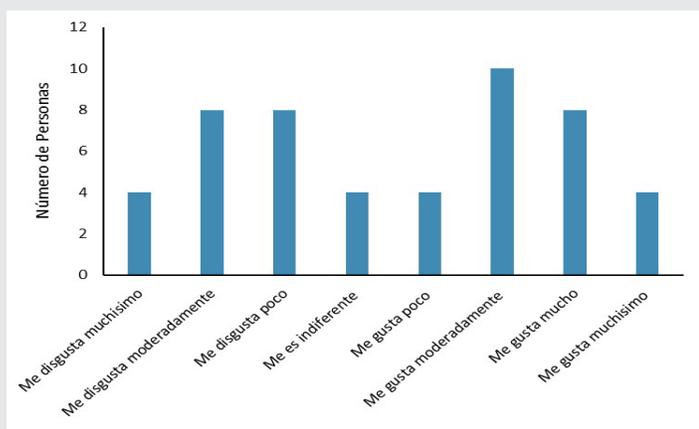


Figura 7. Evaluación sensorial del olor de la bebida alcohólica no tradicional de malanga.

Para poder vender un producto la presentación es primordial y en el caso de las bebidas alcohólicas el tipo de envase influye mucho en la compra del mismo. En base a las primeras encuestas realizadas y a las presentaciones de las bebidas alcohólicas existentes a nivel comercial se eligió una presentación de vidrio tipo licorera. Una vez elegida la presentación adecuada en base a costo - beneficio - contenido, se presentó el envase a el panel encuestado y pudo observarse (figura 8) que las personas en-

cuestadas calificaron 18 veces en la opción de “Me gusta mucho” y 16 veces en “Me gusta muchísimo” por lo que la mayoría mostró gran aceptación por la presentación final del producto elaborado.

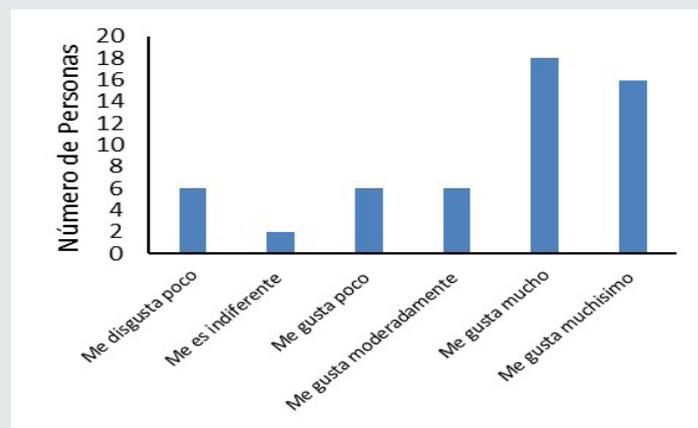


Figura 8. Evaluación del envasado de la bebida alcohólica no tradicional de malanga.

En general puede considerarse que la elaboración de un producto alcohólico destilado no tradicional de malanga fue aceptado por la mayoría del panel de evaluación. Según otras investigaciones, ya existen productos fermentados de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) [19]. Sin embargo, para esta zona no se había considerado fermentar la malanga de manera directa, ni con la adición de melaza para acelerar la fermentación, adición que beneficio la producción de etanol hasta el 20% v/v de rendimiento. También hay que considerar que la bebida se degustó de manera directa, por lo que el combinarla con algún otro producto, como una bebida carbonatada y dulce podría mejorar ampliamente la aceptación.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un producto a partir de malanga (*Colocasia esculenta*), con la intención de conseguir un producto a base de la fermentación y destilado del mismo; la elaboración de la bebida proporcionará una alternativa en el mercado a las personas que buscan comercializar un producto diferente elaborado a base de malanga. Se elaboraron tres muestreos de malanga con concentraciones de 5, 10 y 15 °Brix de melaza como muestra; siendo la de 10 °Brix la de mejor aceptación en las características organolépticas evaluadas como lo son el sabor, el color, el aroma, la consistencia y la apariencia (datos no mostrados). Se realizaron diferentes destilaciones con diferentes porcentajes, pero la destilación del fermentado final (42 litros) obtuvieron 10.5 litros de destilado con un porcentaje final de 51%, el cual fue diluido a 36% para su presentación y evaluación sensorial. Se recomienda realizar más pruebas a la bebida destilada de malanga para verificar que no hay presencia de metanol y que el producto pueda ser consumible y pueda ser viable en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

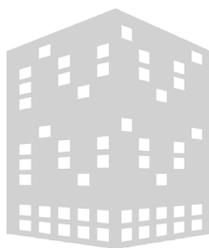
- [1] A. .. Mazariegos-Sánchez, J. Águila-González, A. Milla-Sánchez, S. .. Espinosa-Zaragoza, J. .. Martínez-Chávez y C. López-Sánchez, «Cultivo de malanga (*colocasia esculenta schott*) en Tuxtla Chico, Chiapas, México» *Agroproductividad.* , vol. 10 , nº 3, pp. 75-80. 6p, 2014.
- [2] D. G. Anaguano Pillajo, *Aplicación y utilización gastronómica de la malanga*, Quito: Universidad de las Américas, 2016.
- [3] A. d. I. Á. Rosales, *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN, Managua*, 2016.
- [4] P. A. Vega Andrade, *Estudio de la malanga blanca y propuesta gastronómica de autor*, Quito: UIDE, 2012.
- [5] J. E. E. C. Zapata Martínez, *Estudio de la Producción y Comercialización de la Malanga: Estrategias de incentivos para la producción en el país y consumo en la ciudad de Guayaquil*, 2013.
- [6] P. M. M. C. M. D. L. Alberto Torres Rapelo, «Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*),» *Revista Lasallista de investigación*, ISSN 1794-4449, vol. 10, nº 2, 2013.
- [7] M. E. Zaruma Ávila, *Plan para exportación de un nuevo producto - malanga semiprocada en la provincia Morona Santiago al mercado de EE.UU. Para beneficiar a los productores de malanga, Ecuador*, 2013.
- [8] R.-M. H. L. D. L. E. M. S. Jesús, *Evaluación de las propiedades funcionales de mezclas de harina de malanga-maíz y malanga nixtamalizado*, Durango, Dgo. México. , 2014.
- [9] C. P. G. C Liza J Edinson, «Obtención de alcohol a partir de camote de pulpa anaranjado» (*ipomoea batata l*)” ., Perú, 2015.
- [10] E. D. M. E. Ullrich Rainer Stahl, *Obtención de bioetanol a partir de malanga por medio de hidrólisis y fermentación de azúcares*, Quito: UCE, 2017.
- [11] Rodríguez Martínez HI, *Desarrollo experimental para la obtención de etanol a partir de la malanga(*colocasia esculenta*)*, 2011.
- [12] M. M. M. d. C. S. L. M. G. M. Z. C. V. D. Roque A. Hours, «Caracterización fisicoquímica y microbiológica de jugos de naranja destinados a vinificación» *Redalyc* , nº 31, 2015.
- [13] F. M. M, M. d. C. Schvab, L. M. Gerard, L. M. Zapata, D. V y H. R. A, «Fermentación alcohólica de jugo de naranjaco *S. cerevisiae*» *Redalyc*, nº 39, 2009.
- [14] P. Q. G. Inés, «Factores procesos y controles en la fermentación del café» *CENICAFÉ*, p. 12, 2012.
- [15] C. C. J. J. A. Z. M. Valdéz Duque Beatriz Elena, «Obtención de etanol y una bebida alcohólica tipo aperitivo por fermentación de plátano maduro» *CENICAFÉ*, p. 12, 2002.
- [16] M. D. J. M. C. M. E. V. Salazar Solano Vidal, «Innovación para el fomento de la competitividad en el proceso artesanal de producción de bacanora» *Estudios sociales*, vol. 23, nº 46, 2014.
- [17] G. L. Y. L. J. L. E. B.M. Watts, *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*, Ottawa, Ontario, Canadá, 1992.
- [18] Anzaldúa Morales Antonio, *La evaluación sensorial de los alimentos en teoría y la práctica*, Zaragoza España: ACRIBIA, 1994.
- [19] M. H. M. Pulgarín Jiménez César, *Elaboración y aplicación de la chicha de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) como aporte a la gastronomía colombiana*, 2016.



Tierra,
Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Análisis, diagnóstico de eficiencia de generación eléctrica mediante respuesta a la demanda de un sistema eléctrico



Colaboración

Mauricio Hernández Martínez; José Guadalupe Barrera Valdés; Fernando Jurado Pérez, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN: En la presente investigación se realiza un análisis de estimación de carga mediante la confiabilidad de la respuesta a la demanda RD en un sistema eléctrico donde se presenta un evento de consumo eléctrico por usuario, aportando una respuesta a la demanda. Para analizar el evento se utilizó una herramienta estadística de datos históricos que facilitan el análisis, la estrategia que se implementó dentro de la investigación es Customer Baseline CBL (por sus siglas en inglés). Para esta investigación se realizó un diagnóstico eléctrico en un edificio público como el usuario final, Este contiene un transformador de 750KVA con una tarifa contratada de GDMTH (gran demanda de media tensión horaria). El objetivo es analizar el consumo eléctrico en tiempo real, los resultados obtenidos fueron 19.68% con el método de regresión lineal y 0,07% con el método de descomposición y 18.49% con regresión escalar por día.

PALABRAS CLAVE: Análisis, Demanda, Diagnostico, Estudio, Evento, Reducir, Usuario.

ABSTRACT: In this research, a load estimation analysis is performed by the reliability of the response to the demand in an electrical system where an electric consumption event is presented by the user, thus giving his response to the demand. To analyze the event, we used a statistical tool of historical data that facilitates the analysis, the strategy that was implemented within the research is Customer Baseline CBL (for its acronym in English). For this study, an electrical diagnosis was made in a public building as the end user, this contains a 750KVA transformer with a contracted rate of GDMTH (high demand for medium voltage time). The objective is to analyze the electrical consumption in real time, the results obtained were 19.68% with the linear regression method and 0.07% with the decomposition method.

KEYWORDS: Analysis, Demand, Study, Event, Reduce, User.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se realiza un análisis de estimación de carga mediante la confiabilidad de la respuesta a la demanda (RD)

en un sistema eléctrico (SE), donde se utilizan el método de regresión lineal RL en comparación con el método de descomposición MD. Regresión Lineal: este método es más complicado de aplicar ya que utiliza n hojas de cálculo por cada n días a analizar, el cual lo hace un proceso más exhaustivo. Regresión escalar: este método presenta los mismos problemas que el método anterior, es por eso por lo que se implementó el método. Método de Descomposición: Este método es fácil de implementar como una sola serie de tiempo con todos los datos de consumo por usuario (datos históricos). [1] se realiza una investigación de un análisis comparativo de los métodos de estimación de energía de edificios en el contexto de la RD. Los programas RD permiten al usuario cambiar el comportamiento a cambio de un beneficio económico según [2],[3] donde se realiza una investigación sobre de RD en un sistema eléctrico con diferentes acciones, se investiga con un modelo del mercado de electricidad. La principal problemática en las industrias, comercios y edificios públicos ha sido el alto consumo de energía en los periodos pico como lo indica [4].

MATERIAL Y MÉTODOS

La línea de demanda base es una herramienta importante creada a partir de los datos históricos para determinar el comportamiento del usuario y pronosticar la demanda. Un CBL debe ser capaz de crear un pronóstico válido de la demanda, ya que, el CBL es una serie de tiempo con la capacidad de determinar los valores mínimos de las necesidades de consumo a ser satisfechas. En otras palabras, un método de línea de demanda base adecuado debe ser un mecanismo que le aporte al operador del sistema la capacidad de explicar el consumo de los usuarios.

Hay diferentes metodologías para estimación del CBL, estas son realizadas usando métodos apropiados estadísticos que describan el comportamiento adecuado de una serie de tiempo.

Se realizó una medición de carga con el equipo analizador de redes, el cual cada 200 milisegundos arroja una medición, el equipo se programó cada 5 minutos obteniendo la máxima y la mínima durante 24 horas por 5 días arrojando 288 mediciones en 1 hora cada 5 minuto.

A continuación, se describe el método de descomposición para aplicarlo al CBL.

Paso 1. Determinar la frecuencia del CBL (tiempo a pronosticar: por hora, día, semana).

$$C_t = T_t E_t u_t \quad \text{Ec.(1)}$$

donde C_t representa el consumo diario de los usuarios en el periodo de tiempo t , T_t es la componente de la

ecuación de regresión lineal para el periodo de tiempo t , E_t es la componente de sesión para el periodo de tiempo t , y u_t es el error para el periodo de tiempo t .

La componente de la pendiente describe el comportamiento de la serie de tiempo para periodos largos. La componente de sesión determina un índice para cada uno de los días de la semana y representa el valor del cambio de sesión entre los días de la semana de acuerdo con la serie de tiempo calculada por la media móvil.

Paso 2. La media móvil está dado por:

$$PM_t = \frac{C_{t-3}C_{t-2}C_{t-1}C_tC_{t+1}C_{t+2}C_{t+3}}{7} \quad \text{Ec. (2)}$$

donde PM_t es la media móvil por un periodo de tiempo t , y es la diferencia móvil para un periodo de tiempo t , y encuentra el cociente propio o también llamado el valor estacional:

$$\frac{C}{PM_t} = E_t u_t \quad \text{Ec.(3)}$$

La media de todos los valores de acuerdo al grupo (periodo de tiempo) al que pertenecen es mostrado por los pre índices: $\tilde{E}_1, \tilde{E}_2, \tilde{E}_3, \tilde{E}_4, \tilde{E}_5, \tilde{E}_6, \tilde{E}_7$. El ajuste de los pre índices se da por:

$$E_i = \tilde{E}_i \frac{7}{\sum_{i=1}^7 \tilde{E}_i} \quad \text{Ec.(4)}$$

Paso 3. Calculo de la pendiente estimada se da por la siguiente ecuación:

$$D_t = \frac{C_t}{E_t} \quad \text{Ec.(5)}$$

donde D_t es el índice de sesión para el periodo de tiempo t , tomando el índice de sesión de las series originales por la división de los índices propios (preíndices). Se estima el valor de la pendiente de la ecuación de regresión lineal:

$$T_t = a + bt \quad \text{Ec.(6)}$$

donde a es la intercepción de los datos de consumo y b es la pendiente de consumo por usuario.

Paso 4. Finalmente se hace el cálculo del pronóstico por el periodo de tiempo deseado. Si N es el último periodo de observación se usa:

$$\hat{C}_{N+K} = T_{N+K} E_k \quad K=1,2,\dots,7 \quad \text{Ec.(7)}$$

En la siguiente Figura 1 se puede observar una comparación sobre regresión lineal y el método de descomposición.

Tomado de: model to calculate the customer Base-Line a Demand Response.

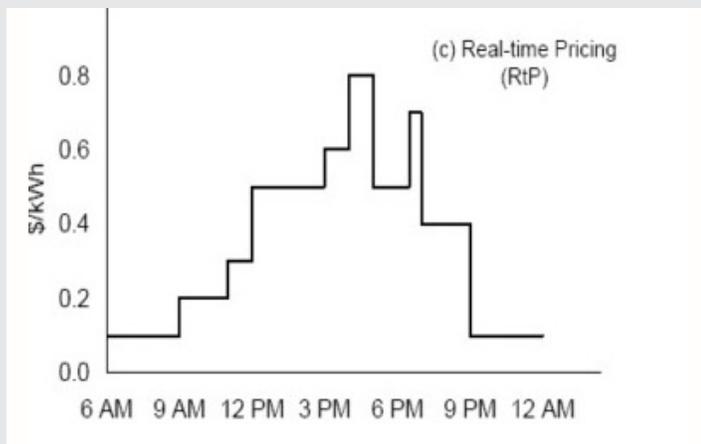


Figura 1. Método en tiempo real de la demanda de electricidad

Es el método más preciso y sus bloques cambian en tiempo real de acuerdo con la demanda de electricidad. Este método difiere de los otros porque no funciona a partir de los precios pronosticados [2].

La Figura 2 muestra la medición de cinco días por 24 horas, analizar qué día se podrá evaluar para obtener su RD.

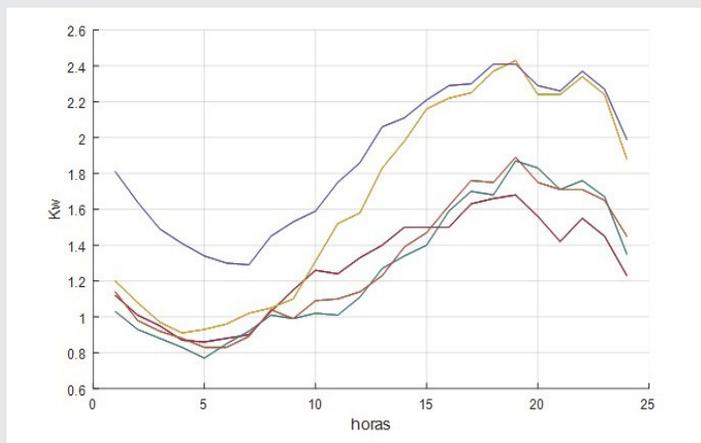


Figura 2. Medición de los 5 día en 24hr.

RESULTADOS

Observando los resultados en la Tabla 1 de solo dos días de las mediciones que se realizaron en el diagnóstico eléctrico por 5 días utilizando estas mediciones como datos históricos se puede concluir que el método de MD es el más adecuado para.

Tabla 1. Evaluación y comparación de resultados por los tres métodos.

Tabla 1. Evaluación y comparación de resultados por los tres métodos.

Usuario día	Tipo	Porcentaje
Dia 1	RL	19.68%
Dia 1	MD	0,07%
Dia 1	SR	18.49%
Usuario 2	Tipo	Porcentaje
Dia 2	RL	2.27%
Dia 2	MD	1.96%
Dia 2	SR	2.20%

RL. Regresión lineal.
MD. Método de Descomposición.
SR. Regresión escalar.

En la Figura 2 se observó el evento en el día tres, el cual es analizado para la realización de respuesta a la demanda. En la Figura 3 se muestran las gráficas de la medición real del día 3 y los resultados del modelo, Destacando que son muy similares entre sí con lo que se estaría validado el método

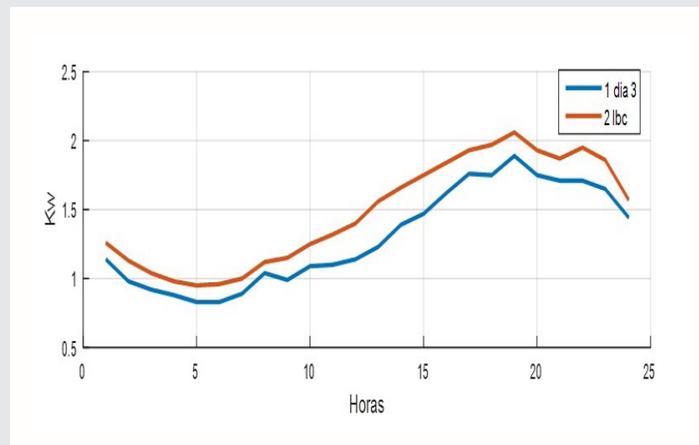


Figura 3. Medición del día 3 y CLB.

CONCLUSIONES

Se concluye que el método de descomposición es fácil y eficiente de implementar debido a su versatilidad aunado a que solo requiere una base de datos para determinar el comportamiento del usuario, para llevar a cabo este método es necesario seguir paso a paso su metodología para obtener los resultados más adecuados sobre los consumos del usuario y a partir de ahí tomar medidas que lleven a cabo un análisis para el usuario como son: la concientización, programas de ahorro de energía, políticas energéticas, cambio de lamparas y equipos con tecnología eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

[1] J. T. S. S. Mitchell Curtis, «A comparative analysis of building energy estimation methods in the context of demand response,» *Energy & Buildings*, vol. 40, n° 174, pp. 1-13, 2018.

[2] C. Á. E. Edgar, «Model to Calculate the Customer Base-Line for a Demand Response Program in the Colombia power Market,» *usaee.org*, pp. 1-10, 2011.

[3] D. Theresa Muller, «Demand Response Potential: Available when Needed?,» *Energy Policy*, n° 115, pp. 1-18, 2018.

[4] A. Heshmati, «Survey of Models on Demand,-Customer Base-Line and Demand Response and Relationships in the Power Market,» *IZA DP NO. 6637*, pp. 1-63, June 2012.

[5] U. W. R. H. J. Sergi Rotgert-Griful, «Implementation of a building energy management system for residential demand response,» *Microprocessors and Microsystems*, n° 55, pp. 1-11, 2017.

Agradecimientos

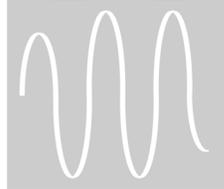
Al departamento de la Maestría en ingeniería eléctrica de ITESI Instituto Tecnológico Superior de Irapuato por el apoyo brindado.



Tierra,
Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Análisis de cargas térmicas en TRNsys para el Hotel Mansión



Colaboración

Oralia Santiago Chimal; Alan Robin Rivas Monroy; Josué Addiel Venegas Sánchez, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

RESUMEN: En el presente proyecto se realizó el análisis de cargas térmicas para el hotel Mansión, ubicado en la localidad de Ajacuba. El cual se segmentó en 3 puntos: el primer punto consistió en la obtención de datos, las características arquitectónicas, climatológicas y geográficas del lugar antes mencionado. Como segundo punto se realizó el análisis de cargas térmicas del lugar especificado, de acuerdo con el método "CLTD". El tercer punto se refiere a la simulación del comportamiento de las cargas térmicas lo cual se realizó mediante el software TRNsys al trabajar en sinergia con SketchUp. Como complemento a este trabajo se realizó la selección de un equipo de refrigeración y aire acondicionado capaz de cubrir la demanda del establecimiento, se plantea instalar una bomba de calor geotérmica cuyo objeto de esta es extraer el calor del interior y liberarlo al subsuelo.

PALABRAS CLAVE: Simulación, cargas térmicas, bomba de calor geotérmica, transferencia de calor, confort, refrigeración.

ABSTRACT: In the present project, the thermal loads analysis for the Mansion hotel, located in the town of Ajacuba, was carried out. Which consisted of 3 points: the first point consisted in obtaining data, the architectural, climatological and geographical characteristics of the aforementioned place. In point 2 the analysis of thermal loads of the specified place was carried out, according to the "CLTD" method. The third point refers to the simulation of the behavior of the thermal loads, which was done by the TRNsys software working in synergy with SketchUp. Complementing this work was the selection of a refrigeration and air conditioning equipment capable of meeting the demand of the establishment, it is proposed to install a geothermal heat pump whose purpose is to extract the heat from the interior and release it to the subsoil.

KEYWORDS: Simulation, thermal loads, geothermal heat pump

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha presentado un aumento en la temperatura del planeta, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles, esto presenta un riesgo para la humanidad en muchos aspectos. Los seres humanos, para mantener condiciones de confort, necesitan mantener una temperatura ambiente de alrededor de 25°C (McQuiston et al, 2003); para esto se han ideado diferentes métodos de refrigeración de espacios y aire acondicionado, sin embargo, muchos de estos sistemas tienen una baja eficiencia por su excesivo consumo de energía eléctrica. Para disminuir el consumo de energía de estos dispositivos se han desarrollado tecnologías que aprovechan las energías renovables para disminuir el consumo eléctrico, una de estas es el aprovechamiento de la energía geotérmica.

La energía geotérmica se puede definir como “Aprovechamiento del calor geotérmico de la capa superficial de la Tierra” según Fernández 2009. Para Llopis, 2009 geotermia es una palabra de origen griego, deriva de “geos” que quiere decir tierra, y de “thermos” que significa calor: el calor de la Tierra. Se emplea indistintamente para designar tanto a la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta como al conjunto de procesos industriales que intentan explotar ese calor para producir energía eléctrica y/o calor útil al ser humano. El aprovechamiento final se realiza para producción directa de electricidad (vapor a alta T), calentamiento (directamente o por medio de intercambiadores de calor), o mediante bombas de calor geotérmicas según Rendo, 2013.

Las bombas de calor geotérmico (BCG) se presentan como una opción viable para la refrigeración de espacios. Una bomba de calor geotérmica o bomba de calor con intercambiador enterrado es una bomba de calor convencional a la cual se le acopla un intercambiador bajo tierra para mejorar las condiciones de operación de la máquina. El uso de la energía geotérmica en ámbito doméstico en su aplicación para climatización es relativamente reciente. Este hecho se debe al elevado coste inicial de perforación en comparación con el coste inicial de un sistema convencional (Villar 2003).

La ventaja que poseen las bombas de calor frente a otros sistemas, reside en su capacidad para aprovechar la energía existente en el ambiente, que le permite refrigerar las dependencias interiores con una aportación relativamente pequeña de energía eléctrica, ya que se conjugan el concepto de ahorro y eficiencia (entre el 40% y el 60% de la energía primaria que se utiliza en climatización, según el sistema con el que se compare), el hecho de ser una fuente de energía renovable y múltiples ventajas en cuanto a integración arquitectónica, facilidad de mantenimiento y escasez de ruido. Adicionalmente, son sistemas basados en tecnologías bien conocidas y, por consiguiente, su introducción puede basarse en gran medida en elementos ya disponibles en el mercado (ATECYR, 2010).

Debido a esto, el presente proyecto analiza las cargas térmicas para el hotel Mansión y propone un sistema de BCG que pueda cubrir la demanda de refrigeración del establecimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Cálculo de cargas térmicas

Primero se determinó las características climatológicas y del suelo para el municipio de Ajacuba Hgo; donde se encuentra situado el hotel Mansión. Las cuales fueron tomadas de INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Ajacuba, Hidalgo.

Tabla 1. Características Generales de la edificación.

Número de zonas	Número de paredes	Orientación	Número de cuartos	Área de pared m ²	Área de ventana m ²	Área de piso m ²
1	1	N	3	71.8298	3.9602	346.69
2	1	S	5	104.3436	22.0704	346.69
3	1	E	3	73.5687	17.2963	346.69
4	1	O	3	80.3218	3.1352	346.49

Recabados los datos necesarios se realizó un análisis de las cargas térmicas siguiendo el método CLTD planteado por ASHRAE 2001, en el cual se analiza las zonas de la edificación mostradas en la tabla 1.

Tabla 2. Carga Térmica en el Techo.

Hora	CLTD	CLTDc	Q
9	16	8.1	278.964
10	25	17.1	588.924
11	33	25.1	864.444
12	41	33.1	1139.964
13	46	38.1	1312.164
14	49	41.1	1415.484
15	49	41.1	1415.484
16	46	38.1	1312.164
17	41	33.1	1139.964
18	33	25.1	864.444

Posteriormente se realizó un modelo en SketchUp de la edificación (fig.1) el cual se importó a TRNBuild en donde se definieron los materiales de la construcción, para importar nuevamente el archivo a la interfaz Studio del software TRNsys para la simulación de las cargas térmicas calculadas anteriormente, utilizando el siguiente modelo (fig. 2), así como la simulación de la incidencia solar en los edificios (fig. 3).

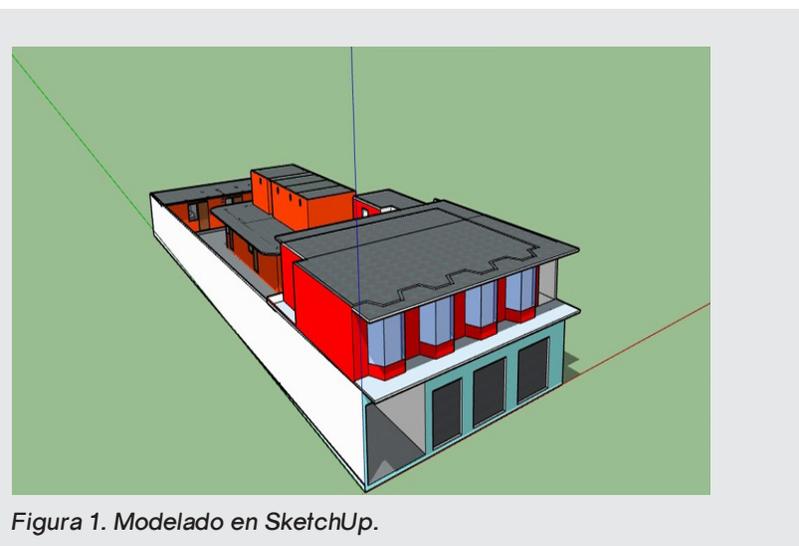


Figura 1. Modelado en SketchUp.

Finalmente se realizó el dimensionamiento del equipo de refrigeración para cubrir las necesidades de refrigeración del edificio, de acuerdo con el método presentado por ATECYR, 2010. Se propuso un sistema de bomba de calor geotérmica y se realizó la simulación

(figura 4), en el software Matlab, de la transferencia de calor que se lleva a cabo entre el subsuelo y el intercambiador de calor de la BCG, para cuando el sistema funciona en refrigeración.

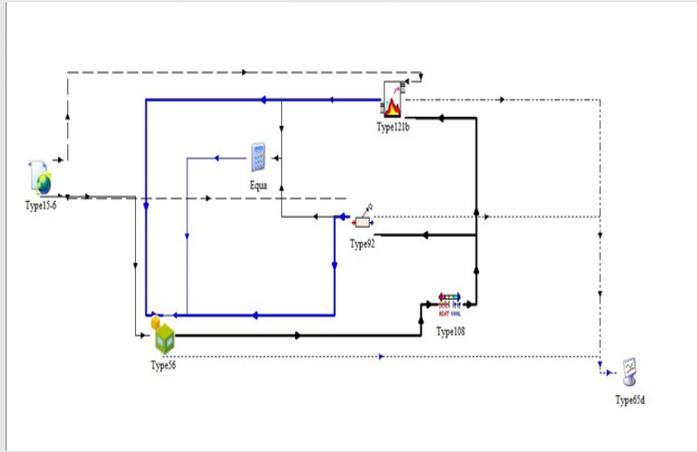


Figura 2. Sistema de simulación de cargas térmicas en TRNsys

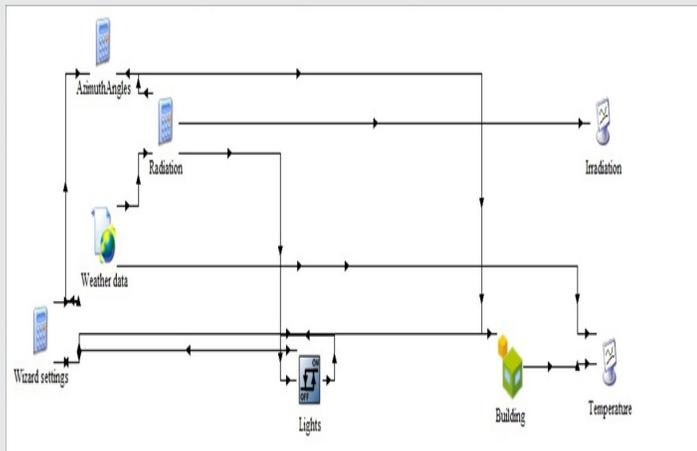


Figura 3. Sistema de simulación de incidencia solar en TRNsys

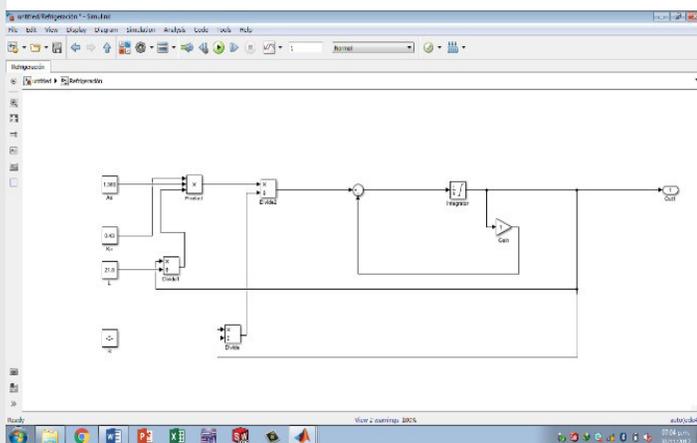


Figura 4. Sistema de Refrigeración

RESULTADOS

De acuerdo con los datos recabados durante el estudio de campo se procedió a realizar el análisis de cargas térmicas de acuerdo con el procedimiento de ASHRAE 2001 de donde se obtuvo la tabla 3 la cual muestra las cargas térmicas de la zona sur del establecimiento, donde se concentra la mayor cantidad de irradiancia.

Tabla 3. Carga total para habitaciones dobles - zona 2 (sur).

Tiempo (hrs.)	Q Total (W/h)
9	9900.426209
10	11817.2197
11	13701.65049
12	14922.70639
13	15891.43871
14	15598.79035
15	15147.70001
16	14229.87909
17	13347.79403
18	12654.1459

En la tabla anterior podemos observar que el horario con mayor carga térmica de refrigeración se encuentra a las 13 horas. Posterior a ello se analizaron las edificaciones por medio de la interfaz Studio de TRNsys, tanto para las cargas térmicas, así como la radiación solar, que incide sobre los muros de las edificaciones, obteniendo así la figura 5, donde podemos observar una gráfica que muestra las temperaturas a lo largo del mes de mayo (verano), así como la carga de refrigeración necesaria para las edificaciones, en la figura 6, se muestra la radiación a lo largo de una semana del mismo mes.

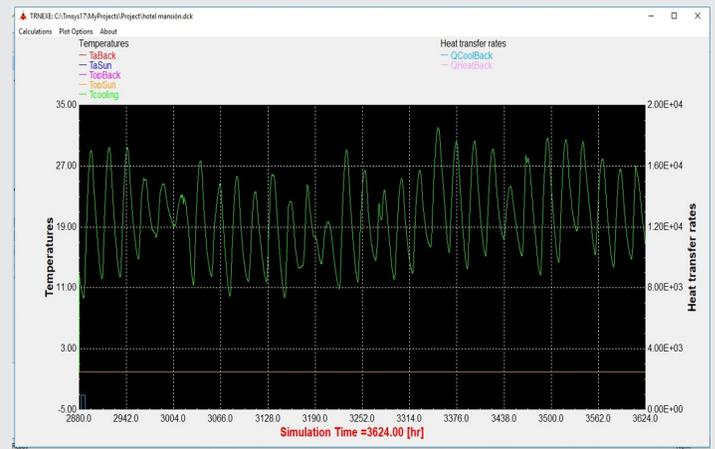


Figura 5. Análisis de temperatura y cargas térmicas para el mes de mayo

Analizando los gráficos y comparándolos con los resultados obtenidos en el análisis matemático de las cargas térmicas se puede determinar la necesidad de refrigeración en las instalaciones y el periodo du-

rante el cual sería necesario un equipo de climatización. Este análisis permite desarrollar un plan de administración de la energía destinada a este equipo, así como permitir seleccionar el equipo adecuado para cubrir la demanda de refrigeración.

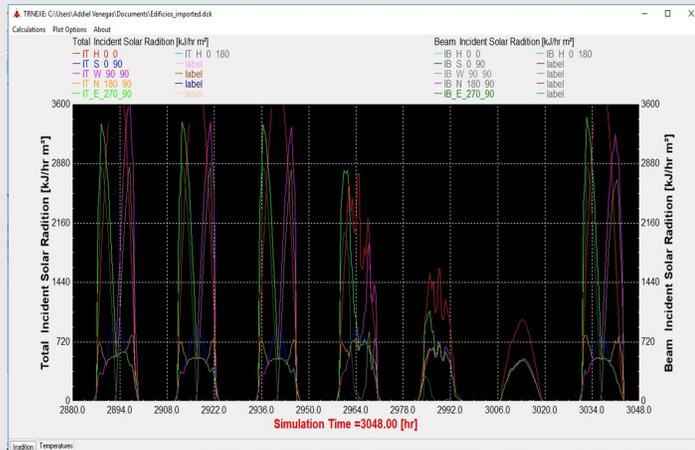


Figura 6. Análisis de radiación para la primera semana de mayo.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se seleccionó un equipo de refrigeración basado en una bomba de calor geotérmica, con una capacidad de 16 kW de refrigeración y con un COP de 4.57. En la figura 7 se muestra la simulación del sistema de refrigeración de la BCG, que nos permite observar el cambio de temperatura que se lleva a cabo en el intercambiador de calor y el trabajo que debería realizar la bomba de calor para llevar a las condiciones de confort, el espacio a refrigerar.

CONCLUSIONES

En conclusión, se determinó que la edificación sólo requiere de un sistema de refrigeración en verano, ya que para el invierno las condiciones de temperatura ambiente se mantienen cercanas a los rangos de condiciones de confort, con una demanda máxima de refrigeración de 15.89 kW/h. Por otra parte, se seleccionó un sistema de BCG Buderus Logatherm WPS 16 R con una capacidad de refrigeración de 16 kW y un COP de 4.57; aunque estos sistemas tengan un costo inicial más elevado que los sistemas convencionales su eficiencia y compatibilidad con otros sistemas de energía renovable los vuelve competitivos en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

[1] ATECYR. (2010). *Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica*. IDAE. Madrid, España.

[2] McQuiston F., Parker J., Spitler J. (2003). *Calefacción, ventilación y aire acondicionado: análisis y diseño*. LIMUSA. México.

[3] 2001 ASHRAE Handbook of Fundamentals

[4] INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Ajacuba, Hidalgo; Clave geoestadística 13005*. INEGI. México.

[5] Fernández S. (2009). *GEOTERMIA*. Vaillant. España.

[6] Llopis G; Rodrigo V. (2009) *Guía de la energía geotérmica*. DGIE. Madrid, España.

[7] Villar Y. (2003). *Bombas de calor geotérmicas*.

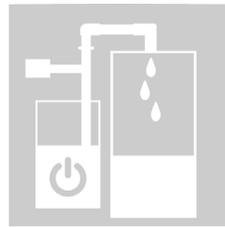
[8] RENEDO C. (2013). *Energía Geotérmica*. Universidad de Cantabria. Santander, España.



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Interface de control para suavizador de agua



Colaboración

Luis Alejandro Vázquez Ch.; Orlando Karin Santos O; Jessica Rodríguez R, Instituto tecnológico superior de Salvatierra; Juan Manuel López H, Universidad de Guanajuato

RESUMEN: En este trabajo se elaboró una interfaz de LabVIEW para el control de un ablandador de agua para evitar las obstrucciones en las tuberías. Que se da cuando el agua tiene exceso de minerales como Calcio y Magnesio esto causa descenso en la eficiencia y la vida de estas. Utilizando programación basa en bloques y una interfaz gráfica con lenguaje de programación basado en Arduino como tarjeta de control.

PALABRAS CLAVE: ablandador, calcio, interfaz.

ABSTRACT: In this work a LabVIEW interface was developed for the control of a water softener to avoid blockages in the pipelines. What happens when water has excess minerals such as Calcium and Magnesium, this causes a decrease in the efficiency and life of the same. Use of programming is based on blocks and a graphical interface with programming language based on Arduino as a control card.

KEYWORDS: softener, calcium, interface.

INTRODUCCIÓN

“El tratamiento del agua se remonta al año 2,000 A.C cuando las personas estaban hirviendo agua para mejorar su sabor, pero fue hasta 1600 c que se descubrieron microorganismos en el agua potable, pero no fue hasta 1804 que se establece la primera planta de tratamiento de agua en Escocia. A inicios de 1900 los tratamientos de agua se generalizaron e incluyeron tratamientos de ablandamiento de agua” [1].

“El ablandador de agua es una unidad diseñada para eliminar los iones de calcio y magnesio de un volumen determinado, en un tiempo definido” [2].

“Se denomina agua dura a aquella que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio. Dependiendo con que elementos estén ligados al calcio y el magnesio, se habla de dos tipos de dureza: dureza temporal (Está formada por bicarbonatos de calcio y de magnesio que desaparecen por ebullición del agua) y dureza permanente (Está formada por sulfatos y cloruros de calcio y magnesio)” [3].

“Un procedimiento adecuado de regeneración de resina catiónica garantiza parámetros de suavización. Uno de los medios para realizar esta regeneración es el intercambio iónico” [4].

METODOLOGÍA

Ciclo de operación: Es el ciclo en el cual entra agua dura y sale agua blanda, las válvulas que deben abrirse son: V5 y V8.

Tabla 1: ciclo de operación y apertura de válvulas

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF

El programa realizado en labview 2017 se inició con un ciclo While asignándole un control de para tipo botón con la finalidad de que detenga el programa con la interfaz y el programa se realice de manera cíclica.

Dentro del ciclo while se incluye un ciclo if en el cual la opción verdadera contiene la apertura de las válvulas. Mientras que la opción falsa contiene los indicadores con un control constante de control booleano de tipo falso.

El ciclo while contiene un ciclo clase con los siguientes casos: Ciclo de operación, Ciclo de Retro lavado, Ciclo de regeneración, Ciclo de lavado.

El ciclo de operación activa las válvulas V5 y V8 como se muestra en la Figura 1 utilizando los pines de escritura 6-12 para que realicen el control de las válvulas mediante programación basada en Arduino.cc

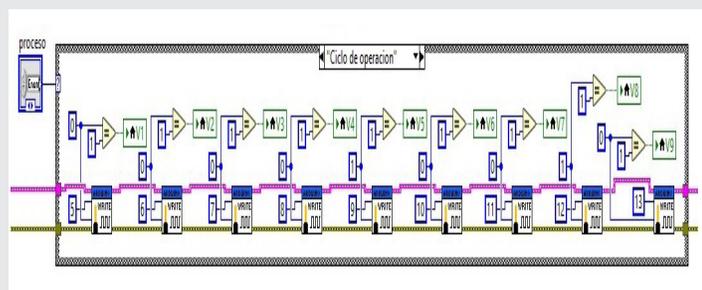


Figura 1: ciclo de operación en programación

Ciclo de Retro lavado: Este ciclo sirve para descomprimir la resina y quitar suciedades, las válvulas que deben abrirse son: V6 y V3.

Tabla 2: ciclo de retro lavado y apertura de válvulas

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF

El ciclo de retro lavado activa las válvulas V6 y V3 como se muestra en la Figura 2 utilizando los pines de escritura 6-12 para que realicen el control de las válvulas mediante programación basada en Arduino.cc agregando una condición de igual para que envíe la indicación a las variables locales que indican la apertura de las válvulas en la pantalla de operación.

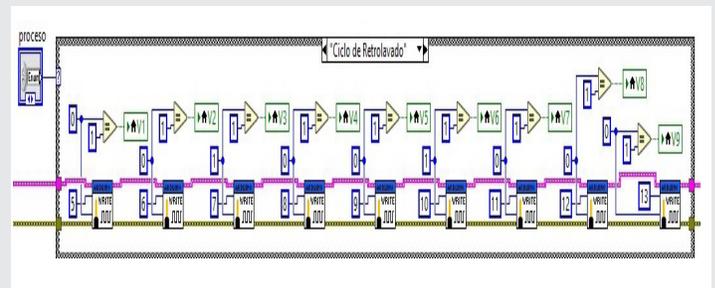


Figura 2: ciclo de operación en programación.

Ciclo de regeneración: Este ciclo se realiza cuando la resina se encuentra saturada y ya no quita la dureza del agua, para este proceso se realiza lo siguiente:

Paso uno: El sensor verificara que todas las válvulas estén cerradas.

Paso dos: mediante el control se abrirá V9, esperará 1 min y abrirá V1 (y se mantendrán abiertas las válvulas).

Paso tres: Se abre V7, pasados 20 segundos y se abrirá V2 (ambas se mantendrán abiertas). El tanque descargara al drenaje a razón de 1 galón/minuto y a su vez se ingresará la salmuera a razón de 1 galón/minuto, el proceso durara 45 min.

Tabla 3: ciclo de regeneración y apertura de válvulas

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON

El ciclo case de regeneración envía el cierre de todas las válvulas mediante la escritura en los pines 6-12 para asegurar que las válvulas se encuentren cerradas las cuales envía a los indicadores la instrucción de válvula desactivada mediante el uso de variables locales.

El ciclo de regeneración utiliza instrucciones de espera mediante el icono de wait definido en la sección de programación - timing en el cual se le asigna el tiempo en de 1 minuto activando V1 y V9. Pasados 20 segundos enviara la instrucción de activar V7 y V2 utilizando indicadores mediante variables locales V1-V9 como se muestra en la figura 3.

CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrollo una interfaz basada en el entorno de Labview 2017 la cual realizo la suavización de agua dura y regenero el sistema mediante resina catiónica. Se determinaron los tiempos de operación lo cual permitió el desarrollo de su equivalente en programación a bloques y con lenguaje de control basado en Arduino.

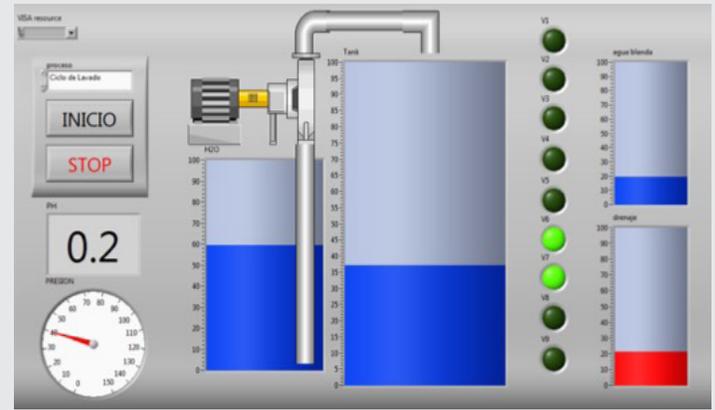


Figura 5: Interface de control

La interfaz redujo el error humano en el proceso, la visualización de la activación de las válvulas, facilito la operación mediante ciclos automáticos, evito la formación de calcio y magnesio en las tuberías

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Cervantes, "Diseño y construcción de un ablandador de agua mediante el empleo de resinas de intercambio iónico para abastecer los equipos térmicos del laboratorio de termodinámica," tesis, Universidad Politécnica salesiana sede Quito, ecuador, 2015
- [2] A. Moreira, "consideraciones actuales sobre el ablandamiento del agua," universidad laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Manta, Ecuador, 2016.
- [3] O. Santos, A. Yáñez, L. Ruiz "disminución de consumo de sal en la regeneración de resina catiónica en suavizadores de 167 ft3," investigación, instituto tecnológico superior de Salvatierra, Salvatierra, gto, México.
- [4] S. Rodríguez, R. Rodríguez investigación "la dureza del agua," universidad tecnológica nacional UTN, facultad bahía blanca, 2010.

[5] LabVIEW 2017

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra ITESS por haber depositado la confianza para que este proyecto se desarrollara. Agradezco a la Universidad de Guanajuato (UG) y al departamento de estudios multidisciplinarios por su apoyo en el proyecto.

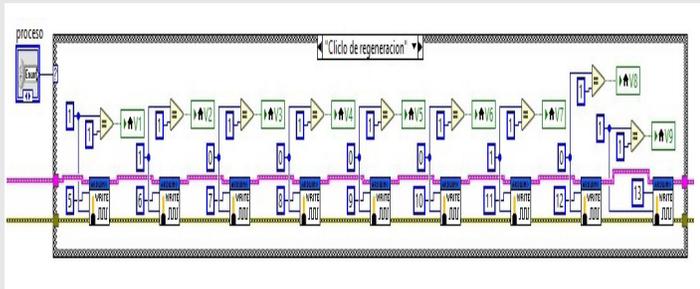


Figura 3: ciclo de regeneración en programación.

Ciclo de lavado: Este ciclo es para eliminar los residuos de salmuera, para este proceso se abren las V5 y V6. Después de 45 minutos cerrar en este orden: V7, V2, V9, V1.

Tabla 4: ciclo de lavado y apertura de válvulas

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF

El ciclo de lavado utiliza instrucciones de espera mediante el icono de wait definido en la sección de programación - timing en el cual se le asigna el tiempo en de 45 minuto activando V7, V2, V9 Y V1. Tomando el orden de apertura mostrado en la tabla 4 utilizando indicadores mediante variables locales V1-V9 como se muestra en la figura 4.

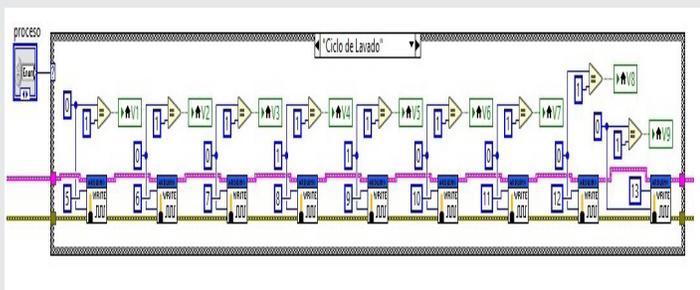


Figura 4: ciclo de lavado en programación

RESULTADOS

Se desarrollo una interfaz de control orientada a bloques utilizando el software de LabVIEW 2017 con programación basada en Arduino como tarjeta de control en tiempo real, a continuación, se muestran los resultados de la interfaz en la figura 9 la cual cuenta un entorno fácil de utilizar para el operario de producción en cual solo tendrá que dar un click sobre la válvula para activar o desactivar en el caso de que sea una pantalla touch solo tendrá que presionar sobre la válvula. Seleccionado la función automática el operario podrá elegir ciclos de operación automáticos sin la necesidad de aprender los tiempos de operación con lo que se reducirá el error humano y la activación manual de las válvulas lo cual garantizara que el agua utilizada en los instrumentos estará suavizada.



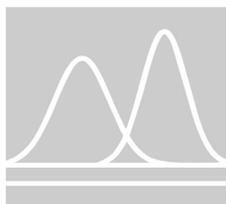
Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Metodología de Análisis Estrés-Resistencia Weibull



Colaboración

Manuel Baro Tijerina, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; Margarita Sayuri Sáenz Rodríguez; Mauricio Solís Rodríguez, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, Ciudad Nuevo Casas Grandes

RESUMEN: Cuando un producto está sometido a estrés variante debido a condiciones de uso o factores de ruido la confiabilidad de este producto o elemento $R(t)$ se da por la probabilidad de que la resistencia de dicho elemento o producto sea mayor que los niveles de estrés a los cuales se somete dicho producto, esto es, $R(t)=P(S>s)$. Por otra parte, cuando el comportamiento de la variable del estrés y de la resistencia son Weibull no existe una solución cerrada para el análisis estrés-resistencia cuando $\beta_1 \neq \beta_2$. Este artículo presenta un método para realizar el análisis estrés-resistencia Weibull cuando los parámetros de forma del estrés y de la resistencia sean diferentes, es decir, $\beta_1 \neq \beta_2$, basado en la relación Weibull - Gumbel se determina un valor β que representa eficientemente a el estrés y a la resistencia. Por último, se comprueba la eficiencia del método con una aplicación a un conjunto de datos presentados en una experimentación de la NASA.

PALABRAS CLAVE: Distribución de Weibull, distribución de Gumbel, confiabilidad, estrés, fuerza.

ABSTRACT: When a product is subjected to variant stress due to conditions of use or noise factors, the reliability of this product or element $R(t)$ is given by the probability that the resistance of the element or product are greater than the levels of stress which are subject the product or element, this is, $R(t)=P(S>s)$. On the other hand, when the behavior of the variable of stress and resistance are Weibull, there is no closed solution for the stress-strength analysis when $\beta_1 \neq \beta_2$. This article presents a method to perform the Weibull stress-strength analysis when the shape and stress parameters are different, that is, $\beta_1 \neq \beta_2$, based on the Weibull-Gumbel relationship, a β value is determined that efficiently represents stress and strength. Finally, the efficiency of the method is verified with an application to a set of data presented in a NASA experiment.

KEYWORDS: Weibull distribution, Gumbel distribution, Reliability, Stress, Strength.

INTRODUCCIÓN

En el análisis de la confiabilidad de un producto o elemento que esté sometido a estrés variante, se presenta una resistencia inherente a dicho estrés para soportar los valores de los estreses a los que se somete el producto. De esta manera la confiabilidad estará dada por la probabilidad de que la variable independiente de la resistencia sea mayor que la variable independiente del estrés, esto es, $R(t)=P(S>s)$, [1]. Cuando se presenta esta situación de valorar la variación de dos variables independientes con el fin

de determinar su confiabilidad la herramienta que se debe empezar es el análisis estrés-resistencia [2]. Sin embargo, si la variable de ambos del estrés y la resistencia siguen un comportamiento Weibull, el análisis estrés-resistencia solo está definido cuando el parámetro de forma β sea igual en ambas variables, lo cual no ocurre debido al ambiente de uso del producto o elemento, a variables de ruido entre otros [3]. El hecho de que el análisis estrés-resistencia no pueda llevarse a cabo para el caso ($\beta_s \neq \beta_\sigma$) es debido a la falta de la propiedad de cerradura de a distribución Weibull la cual se presenta a continuación [4].

Para un conjunto de variables independientes Weibull $X_i \sim W(\eta_i, \beta)$, $i=1, \dots, n$, digamos X_1, \dots, X_n , entonces la probabilidad conjunta es:

$$\begin{aligned}
 & P(\min(X_1, \dots, X_n) > t) P(X_1 > t, \dots, X_n > t) \\
 &= \prod_{i=1}^n P(X_i > t) \\
 &= \prod_{i=1}^n \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta_i} \right)^{\beta_i} \right] \\
 &= \exp \left[- t^{\beta_i} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\eta_i^{\beta_i}} \right] \\
 &= \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta^*} \right)^{\beta_i} \right] \text{ con } \eta^* = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\eta_i^{\beta_i}} \right)^{-1/\beta_i}
 \end{aligned}
 \tag{Ec. (1)}$$

Como puede observarse en la Ec. (1), la suma de variables Weibull solo es posible cuando las funciones poseen el mismo parámetro de forma β . Esto implica que la convolución Weibull no existe y por lo tanto tampoco existe solución cerrada para el análisis estrés - resistencia Weibull-Weibull [5].

La estructura de este artículo es como sigue: La sección 2 presenta las generalidades del análisis estrés-resistencia. En la sección 3 se muestran las generalidades de la distribución Weibull, así como su importancia. En la sección 4 se muestra una aplicación del modelo actual estrés-resistencia Weibull. La sección 5 presenta el método junto con una aplicación de este. Finalmente, en la sección 6 las conclusiones y las referencias son dadas en la sección 7.

Generalidades del análisis estrés-resistencia

En ocasiones la confiabilidad de los productos depende de la resistencia inherente del mismo, de modo que si el nivel de estrés al que el producto es sometido es mayor se presentara la falla del producto. Por tanto, si la variable aleatoria x representa el estrés y la variable aleatoria y la resistencia, en ese

caso la confiabilidad del análisis estrés-resistencia esta dada por la probabilidad de $y > x$, es decir, $R(t) = P(y < x)$. En el análisis estrés-resistencia el término estrés se refiere a la carga que produce la falla y la resistencia se refiere a la habilidad del componente o producto para soportar dicha carga. Debido a que ambos el estrés y la resistencia son variables aleatorias su comportamiento debe ser modelado por una distribución de probabilidad. De esta manera cuando las dos distribuciones se interpolan se produce una dispersión natural y cuando la variable del estrés se hace más grande que la variable de la resistencia se produce la falla. En otra forma, cuando la función de densidad de probabilidad de ambos el estrés y la resistencia son conocidos, la confiabilidad del componente puede ser determinada de forma analítica por medio de la intersección de las funciones de densidad (ver Fig. 1).

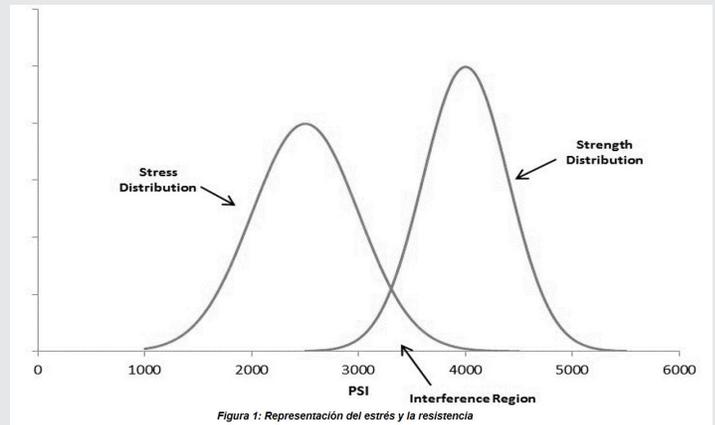


Figura 1: Representación del estrés y la resistencia

De esta forma siendo (x,y) variables aleatorias continuas que siguen una función de densidad conjunta (Pdf) $f(x,y)$. Entonces la confiabilidad del componente sujeto al estrés variante basado en $f(x,y)$ está dado como:

$$R = P(X < Y) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(y, x) dx dy \tag{Ec. (2)}$$

Donde $P(x < y)$ es la probabilidad de que la resistencia exceda al estrés que se somete el componente y $f(x,y)$ es la función de densidad de probabilidad conjunta de la variable de la resistencia (y) y la variable del estrés (x) [6]. La siguiente ecuación es usada en el análisis estrés-resistencia para el cálculo de la probabilidad de falla.

$$F = P[s \geq S] = \int_0^{\infty} f_s(x) * R_s(x) dx \tag{Ec. (3)}$$

Y probabilidad de éxito en la confiabilidad esperada, $R(t)$ esta dada por:

$$R(t) = P[s \leq S] = \int_0^{\infty} f_s(x) * R_s(x) dx \tag{Ec. (4)}$$

Como puede observarse en la Ec.(4) el análisis estrés-resistencia está en el dominio positivo [7].

Generalidades De La Distribución WEIBULL

La distribución Weibull es utilizada en la ingeniería de confiabilidad y en el análisis de vida de productos, componentes, sistemas, etc., por su flexibilidad [1] ya que dependiendo del valor de los parámetros, la distribución Weibull puede ser utilizada para modelar una gran variedad de comportamientos de vida [8]. Otro aspecto importante de la distribución Weibull es como el valor del parámetro de forma β y el parámetro de escala β , afecta las características de la distribución. El parámetro de forma de la distribución Weibull β , es también llamado parámetro de pendiente, esto ya que el valor de β es igual a la línea de la pendiente en el grafico de probabilidad. Diferentes valores del parámetro de forma β tienen grandes efectos en el comportamiento de la distribución Weibull, de hecho, de acuerdo con los valores del parámetro de forma la distribución Weibull puede reducirse a otra distribución. En la Fig.(2) se muestra diferentes comportamientos de la distribución Weibull de acuerdo con el parámetro de forma β .

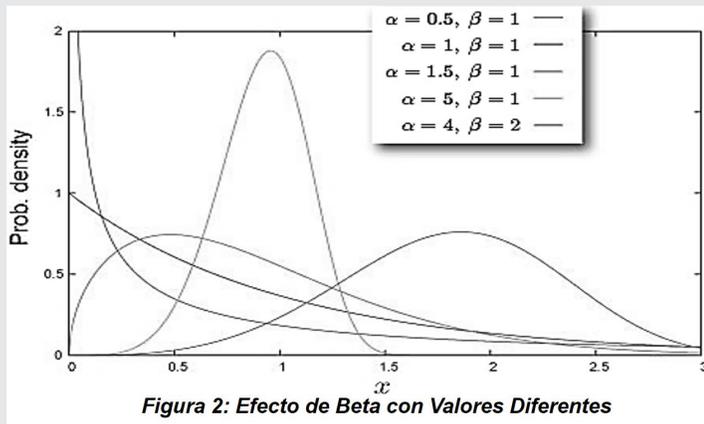


Figura 2: Efecto de Beta con Valores Diferentes

Figura 2: Efecto de Beta con Valores Diferentes

Modelo general estrés-resistencia Weibull

Establecer la resistencia en cuanto a confiabilidad de algún elemento o producto de su funcionalidad hasta que ocurra a primera falla. De esta forma si X sigue una distribución Weibull y Y se ajusta a una distribución Weibull ambas con $W \sim (\beta, \eta)$ con la función de densidad de probabilidad como:

$$f(x) = \beta \eta t^{\beta-1} e^{-\eta t^\beta} \quad \text{Ec. (5)}$$

El análisis estrés-resistencia Weibull puede realizarse cuando el parámetro de forma β sea igual en la distribución del estrés y en la distribución de la resistencia, es decir, $\beta_1 = \beta_2$, aunque existen algunos casos propuestos en el análisis estrés-resistencia tales

como: $2\beta_1 = \beta_2$ o $\beta_1 = 2\beta_2$. Cuando se tienen parámetros de forma iguales se puede observar que el modelo estrés-resistencia Weibull-Weibull es el mismo modelo que el exponencial-exponencial, siempre y cuando se mantenga constante β_1 y β_2 [9]. La metodología para determinar la confiabilidad en el caso Weibull-Weibull se define como:

$$R = P(Y > X)$$

$$\begin{aligned} R(t) &= \int_0^\infty f(x) \left[\int_t^\infty f(y) dy \right] dx \\ &= \int_0^\infty \left(\frac{\beta}{\eta_x} \right) \left(\frac{x}{\eta_x} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x}{\eta_x}\right)^\beta} \left[\int_t^\infty \left(\frac{\beta}{\eta_y} \right) \left(\frac{t}{\eta_y} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta_y}\right)^\beta} dy \right] \\ &= \int_0^\infty \left(\frac{\beta}{\eta_x} \right) \left(\frac{x}{\eta_x} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x}{\eta_x}\right)^\beta} \left[e^{-\left(\frac{t}{\eta_y}\right)^\beta} \right] dx \\ &= \int_0^\infty \left(\frac{\beta}{\eta_y} \right) \left(\frac{t}{\eta_y} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x}{\eta_x}\right)^\beta + \left(\frac{x}{\eta_y}\right)^\beta} dx \end{aligned}$$

Si

$$W = \left(\frac{x}{\eta_x} \right)^\beta \quad dw = \frac{\beta}{\eta_x} \left(\frac{x}{\eta_x} \right)^{\beta-1} dx \quad x = \eta_x W^{1/\beta}$$

$$\begin{aligned} R &= \int_0^\infty e^{-\left[w + \left(\frac{\eta_x w^{1/\beta}}{\eta_y} \right)^\beta \right]} dw \\ &= \int_0^\infty e^{-\left[w \left(1 + \left(\frac{\eta_x}{\eta_y} \right)^\beta \right) \right]} dw \\ R(t) &= \frac{e^{-\left[w \left(1 + \left(\frac{\eta_x}{\eta_y} \right)^\beta \right) \right]}}{1 + \frac{\eta_x^\beta}{\eta_y^\beta}} \Bigg|_0^\infty \\ R(t) &= \frac{1}{1 + \frac{\eta_x^\beta}{\eta_y^\beta}} = \frac{1}{\frac{\eta_y^\beta + \eta_x^\beta}{\eta_y^\beta}} \end{aligned}$$

Por lo tanto

$$R(t) = \frac{\eta_y^\beta}{\eta_y^\beta + \eta_x^\beta} \quad \text{Ec. (6)}$$

Para ($\beta_s = \beta_r$)

En el caso de que los parámetros de forma β del estrés y de la resistencia sean diferentes, entonces la metodología estrés-resistencia está dada por:

$$R(t) = P(Y > X)$$

$$R(t) = \int_0^\infty f(x) \left[\int_x^\infty f(y) dy \right] = \int_0^\infty f(y) \left[\int_x^\infty f(x) dx \right] dy$$

$$= \int_0^\infty \left[\int_0^y \frac{\beta_x}{\eta_x} \left(\frac{x}{\eta_x} \right)^{\beta_x-1} e^{-\left(\frac{x}{\eta_x}\right)^{\beta_x}} dx \right] dy$$

$$R(t) = \int_0^\infty \frac{\beta_y}{\eta_y} \left(\frac{y}{\eta_y} \right)^{\beta_y-1} e^{-\left(\frac{y}{\eta_y}\right)^{\beta_y}} \left[1 - e^{-\left(\frac{x}{\eta_x}\right)^{\beta_x}} \right] dy$$

$$= \int_0^\infty \frac{\beta_y}{\eta_y} \left(\frac{y}{\eta_y} \right)^{\beta_y-1} e^{-\left(\frac{y}{\eta_y}\right)^{\beta_y}} - \int_0^y \frac{\beta_y}{\eta_y} \left(\frac{y}{\eta_y} \right)^{\beta_y-1} e^{-\left[\left(\frac{y}{\eta_y}\right)^{\beta_y} + \left(\frac{x}{\eta_x}\right)^{\beta_x}\right]} dy$$

Si

$$W = \left(\frac{y}{\eta_x} \right)^{\beta_x} dW = \frac{\beta_y}{\eta_y} \left(\frac{y}{\eta_y} \right)^{\beta_y-1} Y = \eta_y W^{1/\beta_y}$$

Ec. (7)

$$R(t) = 1 - \int_0^\infty e^{-\left[W + \left(\frac{W^{1/\beta_y}}{\eta_x} \right)^{\beta_x} \right]} dW$$

Para $(\beta_s = \beta_y)$

Como se observa en la Ec.(6) el análisis estrés-resistencia cuando $(\beta_s \neq \beta_y)$ no está definido, dado que la suma de variables Weibull no resulta en una variable con distribución Weibull [10].

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTRÉS-RESISTENCIA WEIBULL

Se considera una experimentación presentada por Lawless (1982) y Proschan (1963). El primer conjunto de valores es el número de revoluciones antes de la falla de 23 baleros en una prueba de vida acelerada y el segundo conjunto de valores representa la distribución del estrés a los cuales se sometieron los baleros como se presenta a continuación:

Tabla 1. Experimentación Ballbearings.

Ballbearings (Rev. Falla)	Ballbearings (Estrés)	Ballbearings (Rev. Falla)	Ballbearings (Estrés)
17.88	100	68.44	40
28.92	95	68.64	35
33	90	68.88	30
41.52	85	84.12	25
42.12	80	93.12	20
45.6	75	98.64	15
48.8	70	105.12	10
51.84	65	105.84	10
51.96	60	127.92	10
54.12	55	128.04	10
55.56	50	173.4	10
67.8	45		

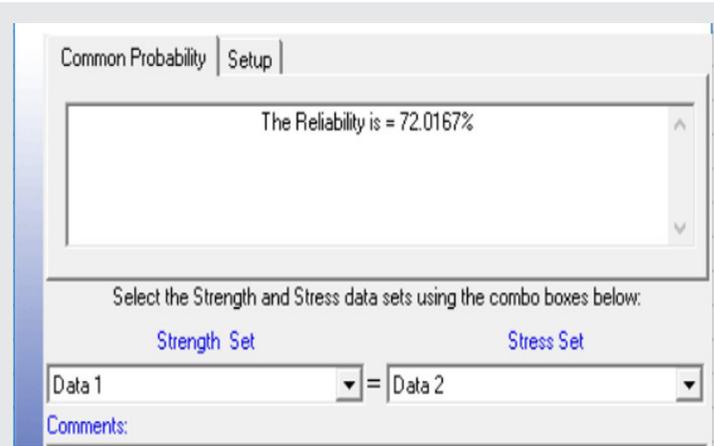


Figura 3: Confiabilidad de Ballbearings

RESULTADOS

Como puede observarse mediante el uso del software Weibull++ la confiabilidad para el análisis estrés-resistencia es de 72.0167, con una β y η de la resistencia de 2.25 y 80.75 respectivamente y los parámetros del estrés son iguales a 1.48 para el parámetro de forma β y 51.44 para la escala η . Como se presenta los parámetros de forma tanto del estrés y de la resistencia son diferentes por lo cual se realiza la integral infinita presentada en la Ec.(7).

CONCLUSIONES

En la ingeniería de confiabilidad la primera fuente de variación es la resistencia de un producto, elemento, sistema, etc., debido a que esta siempre será de tipo aleatorio. Por otra parte, la segunda fuente de variación es el estrés al cual se somete dicho elemento o producto, esto, por las condiciones de uso que siempre serán diferentes a las condiciones en las cuales se prueban los productos, en parte debido a factores externos y por el uso del cliente, debido a esto, el análisis estrés-resistencia resulta ser eficiente en la estimación de la confiabilidad cuando un elemento o producto está sometido a estrés variante, sin embargo, como se observo en el caso de la distribución Weibull solo existe una solución cerrada cuando el parámetro de forma del estrés y de la resistencia sean iguales, en caso contrario, lo que pasa en la mayoría de las veces de a cuerdo al proceso estocástico que modela la distribución Weibull, la solución no tiene una forma cerrada, por lo cual el uso de software es empleado, pero es necesario realizar más investigación con el objeto de determinar la confiabilidad Weibull con parámetros de forma diferente de forma cerrada, es decir, generar la convolución de la distribución Weibull.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. R. Piña-Monarez. (2018). *Weibull Analysis for Constant and Variant Stress Behavior Using the Alt Method for Single Stress and the Taguchi*

Method for Several Stress Variables. *Quality and Reliability Engineering International*, 229-244.

[2] B. A. P. Basu. (2008). *Stress-Strength Model*. *Encyclopedia of Statistics in Quality and Reliability*, 1-6.

[3] D. Kundu and R. D. Gupta. (2006) Estimation of $P [Y < X]$ for Weibull Distribution. *IEEE Transactions on Reliability*, 270-280.

[4] C. E. Ebeling. (2010). *An introduction to reliability and maintainability engineering*, 2nd ed. Boston, 510-512.

[5] M. Nadar and F. Kizilaslan. (2016). Estimation of Reliability in Multicomponent Stress-Strength based On a Marshall-Olkin Bivariate Weibull Distribution," *IEEE Transactions on Reliability*, 261-267.

[6] Quanterion Solutions Incorporated. (2014). *Interference Stress/Strength Analysis*. Available: <https://www.quanterion.com/interference-stress-strength-analysis/>.

[7] D.-K. Huang and C.-F. Chen. (2011). Optical transmission inspection of the basis weight using the piecewise least squares method and quality capability of process. *Optics Communications*, 838-846.

[8] M. R. Piña-Monarez, M. L. Ramos-Lopez, A. Alvarado-Iniesta, and R. D. Molina-Arredondo. (2016). Robust sample size for Weibull demonstration test plan. *DYNA Colombia*, 1-6.

[9] S. Babula and N. Sadananda. (2015). Reliability for solid-shaft under the weibull set up and stress strength model. *Journal of Reliability and Statistical Studies*, 11-17.

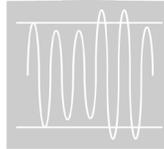
[10] G. J. Schlenker. (1986). Methods for Calculating the Probability Distribution of Sums of Independent Random Variables. *AMSMX*, 412-413.



Tierra,
Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Regulación de voltaje trifásico para compensación de disturbios eléctricos tipo SAG



Colaboración

Marcos Almanza Chávez; Raúl Gracia Miranda; Fernando Jurado Pérez, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN: Las variaciones en los parámetros del voltaje de alimentación tienen un alto impacto en el desempeño de máquinas y equipos alimentados por una señal de este tipo; dependiendo de la magnitud de las variaciones presentes, el sistema puede considerarse con problemas de calidad de energía. Atendiendo la problemática de la calidad de la energía, la presente investigación describe un regulador de voltaje trifásico, basado en componentes de electrónica de potencia. Este regulador utiliza un convertidor de corriente de CD a CA y un regulador de voltaje buck-boost, con el objetivo de generar una señal de tensión trifásica para la compensación de voltaje en las terminales de cargas sensibles, donde se presenten problemas de calidad de la energía, principalmente eventos de depresión de voltaje (sag), a fin de mantener el perfil de voltaje trifásico dentro de las magnitudes requeridas por la carga.

PALABRAS CLAVE: Convertidor trifásico, buck-boost, IGBT, PWM, Regulador de CD. Depresión de voltaje (Sag)

ABSTRACT: Variations in the parameters of the supply voltage have a high impact on the performance of machines and equipment powered by a signal of this type; depending on the magnitude of the variations, the system can be considered with problems of power quality. In response to the problem of the power quality, this research describes a three-phase voltage regulator, based on power electronics components. This regulator uses a DC to AC current converter and a buck-boost voltage regulator, with the aim of generating a three-phase voltage signal for the voltage compensation in the terminals of sensitive loads, where exist problems with the power quality, mainly voltage depression events (sag), to maintain the three-phase voltage profile within the magnitudes required by the load.

KEYWORDS: Three-phase converter, buck-boost, IGBT, PWM, CD regulator, Sag.

INTRODUCCIÓN

El diseño del presente regulador de voltaje es propuesto como una opción de solución a la problemática que presentan las cargas eléctricas conectadas a la red de suministro de energía eléctrica con una mala calidad de energía (CE). El dispositivo presentado tiene la finalidad de compensar reducciones temporales en la magnitud del voltaje, conocidas como depresiones de voltaje o sags [1]. La metodología y el diseño con el cual es planteada la solución para la compensación de la señal de voltaje a través de dispositivos de la electrónica de potencia permite regular las señales de voltaje trifásico. Los dispositivos principales que conforman el regulador son un convertidor trifásico de CD a CA hasta niveles de media tensión y un regulador de voltaje de CD que regula el voltaje a la entrada del convertidor,

también llamado buck-boost por su característica de incrementar o reducir la magnitud del voltaje con respecto a la fuente de energía con el que es alimentado [2]. Debido a que la fuente de energía proviene de una fuente de voltaje de CD, permite que en un futuro del proyecto pueda ser conectada una fuente de energía renovable como las celdas fotovoltaicas o generadores de energía eólicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Convertidor trifásico CD-CA

La función del inversor o convertidor es transformar una señal de voltaje de entrada de cd a una señal de voltaje de salida en CA simétrico, de magnitud y frecuencia deseadas.

Actualmente los inversores son utilizados ampliamente en aplicaciones industriales, por ejemplo, excitadores de motores de CA de velocidad variable, fuentes de energía renovable, fuentes de potencia de reserva, y fuentes de potencia ininterrumpible, etc. El inversor se encarga de modificar la señal de entrada de tensión de CD y por medio de dispositivos semiconductores de potencia, como IGBT's, los cuales permiten el manejo de cantidades de energía considerables y presentan una respuesta rápida a las señales de control.

El diagrama esquemático de un inversor trifásico se muestra en la Figura 1, este contiene seis interruptores S1, S2, S3, S4, S5, S6, cada uno de los cuales está compuesto por un dispositivo semiconductor de potencia y un diodo antiparalelo [1].

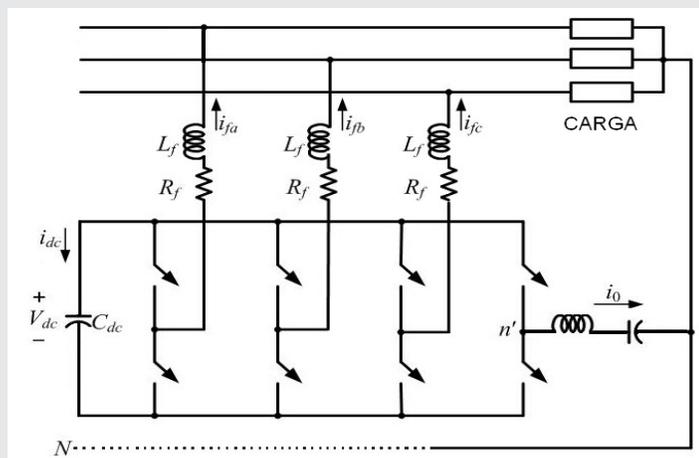


Figura 1. Diagrama esquemático de un inversor trifásico

Generación de control por Modulación por ancho de pulso (PWM)

El diagrama para la generación de la señal del PWM, en la Figura 2, se muestra una señal portadora y una señal de modulación. Las magnitudes de estas dos señales se comparan a fin de generar una señal PWM.

La señal de control PWM se establece alta cuando las señales moduladoras tienen un valor numérico más alto que la señal portadora y se establece baja cuando la señal portadora tiene un valor numérico más alto. Esto implica que en el puente H, los conmutadores S1 y S2, se cierran cuando la señal de modulación es más alta que la portadora y los conmutadores S3 y S4 se cierran cuando la portadora es más alta que la señal de modulación. Dado que la tensión de salida del inversor para tal disposición es $\pm V_{dc}$, se denomina conmutación de tensión bipolar [2].

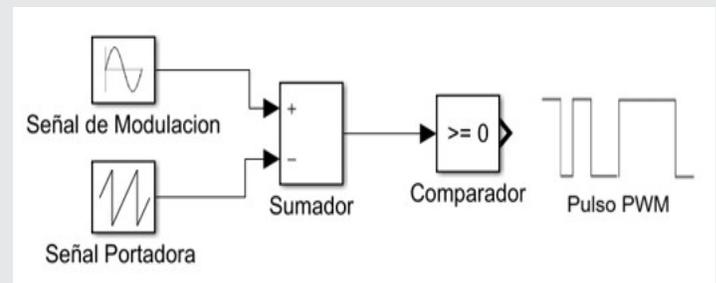


Figura 2. Esquema de generación de señal de control PWM

En la Figura 3, se muestran las señales de voltaje de las tres fases (A, B, C) del sistema, cada una de las cuales se encuentra desfasada 120° de las otras dos, formando así una señal trifásica balanceada. Se muestra, además, la señal triangular de magnitud unitaria, que hace la función de señal portadora. Todas las señales se obtuvieron de generadores de funciones digitales, las cuales se mandan primero a un sumador, para luego enviar la señal a un comparador y se termina con la creación de un pulso PWM.

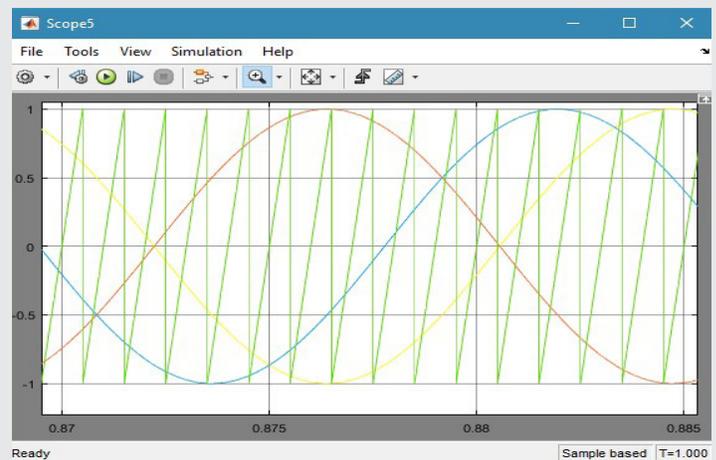


Figura 3. Ondas sinusoidales (A, B, C) y triangular portadora con amplitud unitaria.

Modelo de simulación del convertidor trifásico.

El convertidor se encarga de conmutar las señales enviadas desde los comparadores de señales, con el fin de generar una onda sinusoidal en las terminales de salida. Los IGBT's son los encargados de que el pul-

so PWM (modulación de ancho de pulso) de positivo a negativo y así poder general una señal SPWM (modulación de ancho de pulso sinusoidal). En la figura 4 y 5 se muestra el diagrama de conexión del puente H del convertidor, y las señales generadas por los IGBT's [2].

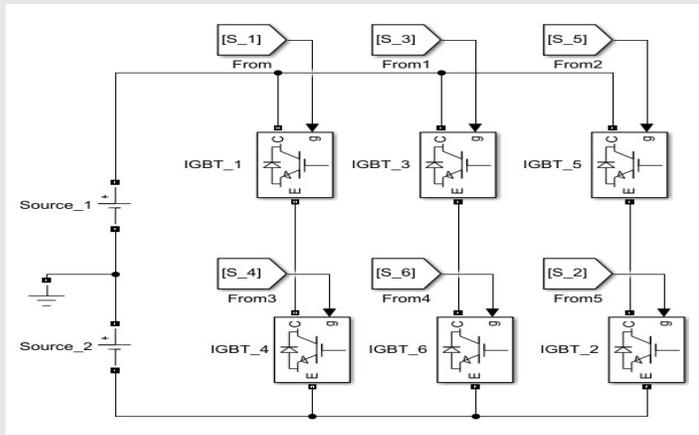


Figura 4. Diagrama de conexión de IGBT's en el puente H del Convertidor.

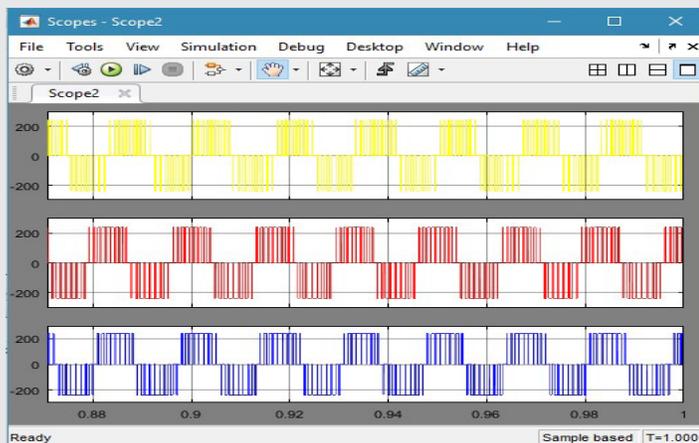


Figura 5. Señal generada por los IGBT's (SPWM).

El inversor toma la corriente que requiere de la fuente de entrada de CD, representada por una batería, solo cuando se conecta la carga a las terminales del inversor. Debido a la conmutación de los dispositivos de electrónica de potencia y sus características no lineales, las señales de tensión en terminales de salida del inversor contienen armónicos que deben eliminarse por medio de un filtrado, como se aprecia en la Figura 1 [1].

Por lo común la calidad de un inversor se evalúa en función a los siguientes parámetros de desempeño.

$$P_{ca} = I_0 V_0 \cos \theta \quad \text{Ec. (1)}$$

$$P_{ca} = I_0^2 R \quad \text{Ec.(1a)}$$

Para un sistema trifásico el $P_{ca} = P_0$, se define como:

$$P_{ca} = 3I_0^2 R \quad \text{Ec. (1b)}$$

Donde V_0 y I_0 son el voltaje y corriente rms de la carga, θ es el ángulo de desfase entre la señal de voltaje y corriente y R es la resistencia de la carga.

La potencia de entrada de ca del inversor es,

$$P_S = I_S V_S \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde V_S e I_S son el voltaje y corriente promedio de entrada.

Regulador de voltaje BUCK-BOOST.

El regulador buck-boost reduce o eleva el voltaje en sus terminales de salida y puede ser mayor o menor al voltaje de sus terminales de entrada. El circuito del convertidor buck-boost trabajado se presenta en la Figura 6. El transistor (mosfet) actúa como un interruptor controlado y el diodo como un interruptor no controlado, de tal manera que funciona en dos partes.

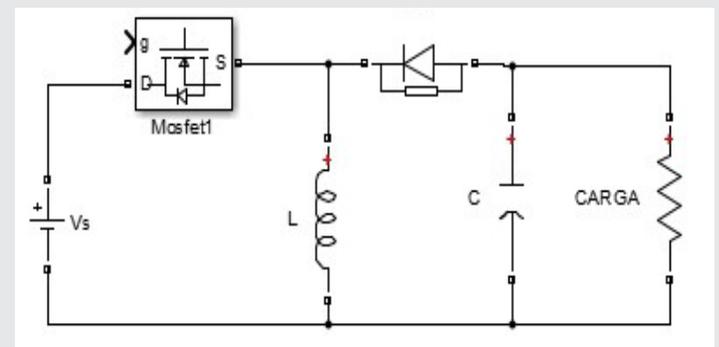


Figura 6. Circuito del regulador.

El regulador estará controlado por una señal PWM donde la modulación del pulso determinará el switcheo del transistor (Mosfet) que permitirá que voltaje de salida se eleve o se reduzca según el control [3].

Suponiendo que la corriente del inductor sube linealmente de I_1 a I_2 en el tiempo t_1

$$V_s = L \frac{I_1 - I_2}{t_1} = L \frac{\Delta I}{t_1} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$t_1 = \frac{L \Delta I}{V_s} \quad \text{Ec. (4)}$$

y la corriente del inductor cae linealmente de I_2 a I_1 en el tiempo t_2 ,

$$V_a = -L \frac{\Delta I}{t_2} \quad \text{Ec. (5)}$$

$$t_2 = \frac{-\Delta I L}{V_a} \quad \text{Ec. (6)}$$

RESULTADOS

La investigación dio como resultado un regulador trifásico el cual se muestra en la Figura 7. Mediante el ensamble de los dos dispositivos de electrónica de potencia el buck-boost y el inversor trifásico.

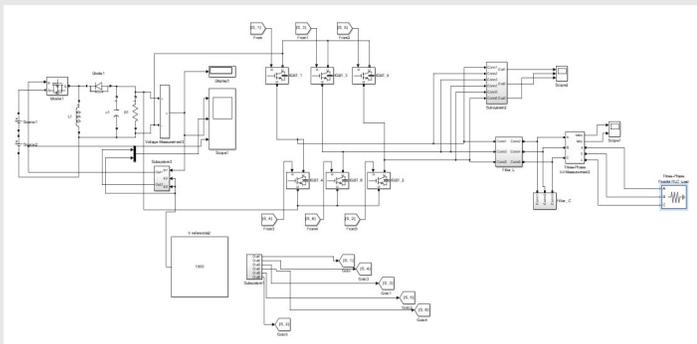


Figura 7. Dispositivo regulador de voltaje trifásico.

En este dispositivo se tiene conectada una carga puramente resistiva, de tal manera que su respuesta sea ideal [2].

El control PWM dictamina la magnitud del voltaje al que se pretenda, insertado durante la simulación como una constante con el fin de manipular fácilmente el dispositivo. El modelo se puede observar en la Figura 8.

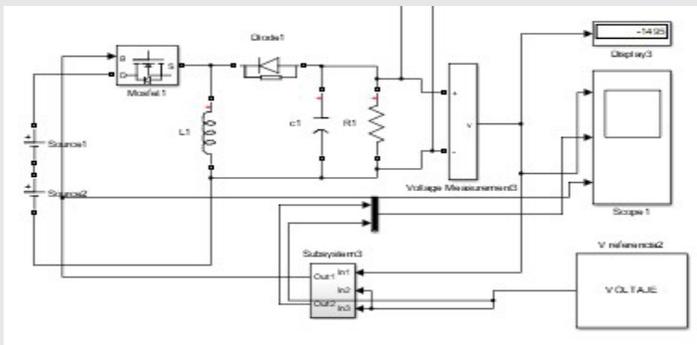


Figura 8. Regulador de voltaje y control.

En la salida del convertidor se obtiene el voltaje trifásico y es mostrado en la Figura 9.

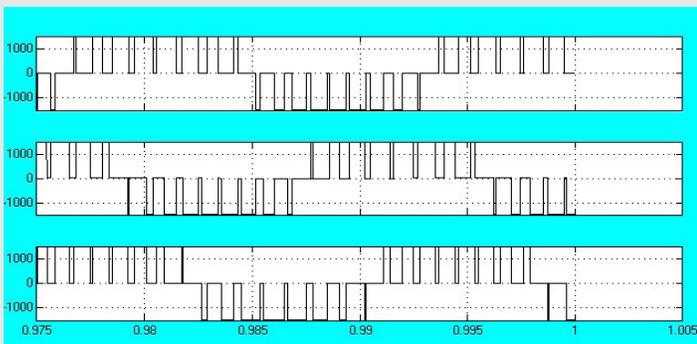


Figura 9. Voltaje a la salida del convertidor.

El voltaje entregado en terminales de la carga es presentado en la Figura 10, al igual que la corriente consumida, en el cual se alcanza el valor del voltaje deseado desde el control del regulador buck-boost [4].

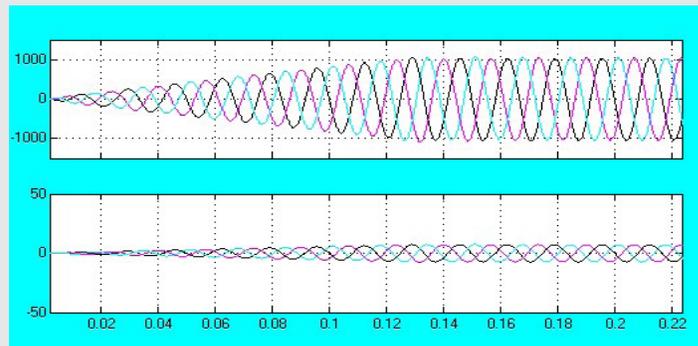


Figura 10. Voltaje y corriente en terminales de la carga entregados por el dispositivo.

El regulador trifásico tiene como característica el poder llevar a un valor deseado de voltaje trifásico balanceado requerido por la carga, cumpliendo con el objetivo.

CONCLUSIONES

Utilizando un arreglo de dispositivos de electrónica de potencia en el entorno del software, se logró obtener un método para la regulación del voltaje trifásico en terminales de carga, con el objetivo de implementarlo como un compensador de voltaje que funcione en media tensión y tenga la capacidad de mitigar problemas típicos concernientes a la calidad de la energía. En donde uno de sus principales enfoques son las depresiones de voltaje que se presentan por inconvenientes en el sistema eléctrico de potencia debido a la desconexión o conexión de grandes cargas en la red. Derivado de la simulación se demostró que es viable la regulación de voltaje mediante el software simulink y del acoplamiento del convertidor cd-cd a la par del convertidor cd-ca, aplicando los parámetros y metodología adecuada para cumplir con el objetivo.

Bibliografía

- [1] G. L. Arindam Ghosh, *Power Quality Enhancement Usin Custom Power Devices*, Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [2] M. H. Rashid, *Electronica de Potencia*, Mexico: Pearson, 2015.
- [3] R. C. Dugan, *Electrical power Systems Quality*, California: McGraw Hill, 2004.
- [4] T. U. N. Mohan, *Power Electronics Converters Applications and Desing*, Berlin: Wiley&Springer, 1990.

Agradecimientos

Con el agradecimiento a la institución que permite lograr el sueño de muchos estudiantes hoy por hoy ITESI, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.



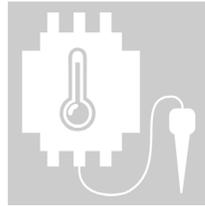
Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Aplicaciones de Internet de las cosas por medio de redes inalámbricas de sensores

RESUMEN: Actualmente la sociedad está en constante cambio en las formas de convivencia y comunicación, esto se debe a la presencia de las Tecnologías de la Información y comunicación (TIC). Como parte de esta evolución de las TIC, han surgido nuevas tendencias como el de Internet de las cosas (IoT) que consiste en dotar a los objetos de uso común de la capacidad percibir información del medio en el que se encuentran inmersos, transmitir información y tomar decisiones. Por ejemplo, la creación de una red inalámbrica de sensores que serían los encargados de monitorear de todo lo que sucede y realizar actividades requeridas. Se presenta una investigación que consiste en automatizar los procesos de riego de un invernadero por medio de una red inalámbrica de sensores para que éstos tomen decisiones con base en los valores obtenidos del medio en el que se encuentran conectados (decidir cuándo abrir o cerrar el sistema de riego). Este documento presenta la primera parte de la investigación que consiste en la selección, validación e instalación de la red sensores en el invernadero. Los resultados de la implementación todavía se están procesando y serán reportados posteriormente.

PALABRAS CLAVE: Internet, Internet de las Cosas, Red Inalámbrica de Sensores, Tecnologías de la información y comunicación, Toma de decisiones.



Colaboración

Lino Rangel Gómez; Agustín Esquivel Pat; Augusto Neftalí Ruiz Cahuich; Manuel Abraham Zapata Encalada, Instituto Tecnológico de Chetumal

ABSTRACT: Today society is immersed in constant change in the forms of coexistence and communication; this is due to the presence of Information and Communication Technologies (ICT). As part of this evolution of ICT, new trends have emerged, such as the Internet of Things (IoT), which consists of providing commonly used objects with the capacity to receive information from the medium in which they are immersed transmit information and make decisions. For example, the creation of a wireless network of sensors that would be responsible for monitoring everything that happens carrying out required activities. It presents the research which is to automate the processes of irrigation of a greenhouse by means of a wireless network of sensors that make decisions based on the values obtained from the environment in which they are connected (decide when to open or close the irrigation system). This document presents the first part of the research that consists in the selection, validation and installation of the sensor network in the greenhouse. The results of the implementation are still being processed and will be reported later.

KEYWORDS: Decision making, Internet, Internet of Things, Information and communication technologies, Wireless Sensor Network.

INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento de las Tecnologías de Información y Comunicaciones han dado surgimiento a tecnologías como el Wifi que prácticamente ha venido a revolucionar la forma de utilizar la Internet ya que a través de esta tecnología podemos permanecer conectados las 24 horas del día los 365 días del año casi desde cualquier punto del planeta, esto permite estar presente o disponibles en todo momento. Se considera que el número de dispositivos o componentes electrónicos conectados a la Internet supera incluso el número de habitantes del planeta, esto quiere decir que una persona seguramente tiene conectado más de un dispositi-

vo a la vez [1]. Esto ha traído nuevos retos y nuevas ideas para suponer que además de los seres humanos todas las cosas puedan también estar conectadas al Internet. Por ejemplo, un frasco de medicamentos podría estar conectado a la Internet y reportar al doctor que el paciente ha tomado cierta medicina. Adicionalmente, el paciente podría tener conectados algunos sensores para monitoreo de signos vitales y enviar los resultados desde el teléfono inteligente a su Doctor. Actualmente, algunos productos que se guardan en el refrigerador también podrían estar conectados al Internet para avisarle las fechas próximas de caducidad, otros ejemplos pueden ser la estufa, su cafetera, su horno, las alarmas de su casa, su reloj, la idea básica es conectar prácticamente cualquier cosa a la red, todas aquellas con las que se interactúan [1]. En el Centro de Innovación Tecnológica del estado de Quintana Roo [2] se han realizado diferentes tipos de proyectos, tanto de software como de hardware, sin embargo los de mayor interés han sido aquellos que se relacionan con el uso de redes de sensores para monitoreo de diferentes acciones o actividades [3]. Por ejemplo: Monitoreo de la calidad del agua de la Bahía de Chetumal, Monitoreo de las pilas de crianza de tilapias como se muestra en la figura 1, monitoreo del uso de energía eléctrica de edificios [4], entre otros.



Figura 1. Pilas para criadero de tilapias Instituto Tecnológico de Chetumal.

El desarrollo de los proyectos de investigación cómo los ya mencionados se caracterizan por la construcción de redes de sensores que a su vez estaban formados por diferentes tipos de dispositivos tales como, termómetros, hidrómetros, medidores de alcalinidad del agua, etc. Cada uno de los dispositivos son capaces de sensar el medio en el que se les conecta y registrar los valores que se generan, posteriormente estos datos son enviados de forma inalámbrica a otros dispositivos que tienen la capacidad de procesar la información recibida, estos dispositivos son por ejemplo, Arduinos y Raspberry. Para poder responder a esta exigencia, fue necesario probar diferentes protocolos y arquitecturas de comunicación de dispositivos electrónicos hasta

lograr determinar cuál de ellos sería el más seguro y confiable para servir de base a los proyectos que hacen uso de redes de sensores. Adicionalmente, es importante considerar la gran cantidad de información que se genera por parte de cada uno de los sensores, llegando a ser tan abundante que el manejo de estos datos se conoce en el ámbito computacional como Big Data (grandes datos).

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde los inicios del Centro de Innovación Tecnológica del Estado de Quintana Roo se ha enfocado en realizar investigación precisamente en el ámbito de IoT y más específicamente en la construcción de redes de sensores que sean de bajo costo y que pueda transmitir en los datos obtenidos de forma inalámbrica a otros dispositivos. Inicialmente, se utilizan dispositivos electrónicos de la marca Libelium muy efectivos y variables que prácticamente abarcan las principales áreas productivas, como agricultura, medicina, actividades marítimas, etc. Pero en el año 2011, no se eran de uso común ya que tanto la documentación como la posibilidad de adquisición era difícil por no contar con la facilidad de tener un distribuidor en nuestro país. Los estudios, pruebas e investigaciones realizadas demostraban que el protocolo Zigbee era muy efectivo para ser usado como plataforma de operación de las actividades de monitoreo de sensores. En [5] se describe como elemento base este protocolo, independientemente del tipo de sensor o tarjeta de control que se utilice. En los subsecuentes proyectos sobre redes de sensores realizados en el Centro de Innovación Tecnológica del estado de Quintana Roo, se utilizaron sensores se incluye el uso del protocolo Zigbee combinado con las tarjetas de radio comunicación Xbee. De esta forma, se utilizaron las tarjetas Xbee Pro S2b [4] y con base en lo indicado en la guía de usuario, se permite la transmisión de datos en lugares cerrados entre 60 y 90 metros; y en lugares abiertos entre 1500 y 3200 metros, esto es suficiente para el tipo de trabajo que se ha desarrollado [6].

El trabajo de investigación más reciente sobre este tema (Agosto 2017 – Julio 2018) consistió en la construcción e instalación de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de temperatura y humedad de un invernadero en la localidad de Ucum, ubicado en las coordenadas GPS: Longitud -88.518333 y latitud 18.503056 a una mediana altura de 40 metros sobre el nivel del mar, esta localidad pertenece al Municipio de Othón P. Blanco y a una distancia aproximada de 30 kilómetros de la ciudad de Chetumal, capital del Estado de Quintana Roo México. El objetivo de este proyecto en su primera etapa consistió en construir la red de sensores que midan parámetros tales como humedad, temperatura en un invernadero y posteriormente, en una segunda etapa utilizar esos datos y dotar de algoritmos que permitan darle autonomía a esos sensores y tomar decisiones sobre controlar electro-válvulas

para un sistema de riego autónomo. Primero se hicieron pruebas de laboratorio de los sensores que serían seleccionados para ser instalados. Posteriormente, se diseñó la forma en que se instalarían los sensores en el invernadero y cómo se lograría recepcionar en la oficina principal la señal de los sensores que emitía el arduino y que recepciona la tarjeta raspberry.

RESULTADOS

El invernadero tiene 3 “camas” y 3 sembradíos en piso que contienen cultivos de chile habanero y a las cuales se les han instalado dos sensores de humedad, dos sensores de temperatura y una electroválvula para riego, en la figura 2 se muestran estos cultivos.



Figura 2. Cultivos de Chile habanero en las “camas” a las que se les conectaron los sensores.

Para el control de los sensores se utilizaron tarjetas electrónicas Arduino Mega a las cuales se le conectaron cuatro sensores de humedad, cuatro de temperatura, dos electroválvulas, ver Figura 3.



Figura 3. Tarjeta Arduino Mega con sensores y tarjeta Xbee.

Los sensores arriba mencionados, envían información a una tarjeta Xbee que se encarga de concentrar y transmitir la información a una tarjeta tipo Arduino-Uno, que a su vez tiene conectada una tarjeta Xbee, esta última es la encargada de recibir toda la información y pasar-

la por medio de un enlace vía ethernet a una base de datos almacenada en una computadora Raspberry PI 3.

En la figura 4 se muestra parte del proceso de elaboración de la red de sensores. En la figura 5 se muestran los sensores ya conectados y colocados en piso.



Figura 4. Proceso de elaboración de la red de sensores.

Esta arquitectura es la más comúnmente utilizada con éxito en cuatro proyectos anteriores desarrollados en el Centro de Innovación Tecnológica del Estado de Quintana Roo. Con base en lo anterior, se considera una buena alternativa para su uso en proyectos relacionados con la transmisión de grandes volúmenes de información obtenida por sensores.



Figura 5. Sensores colocados en piso.

Cabe señalar que es muy importante que la red destinada para la transportación de la información suministrada por los sensores, sea inalámbrica. En caso contrario la conectividad estaría condicionada a la infraestructura y a las condiciones geográficas del área en donde se vaya a implementar. En la figura 6 se muestra un diagrama a bloques de la estructura utilizada en el Invernadero de Ucum, Quintana Roo.

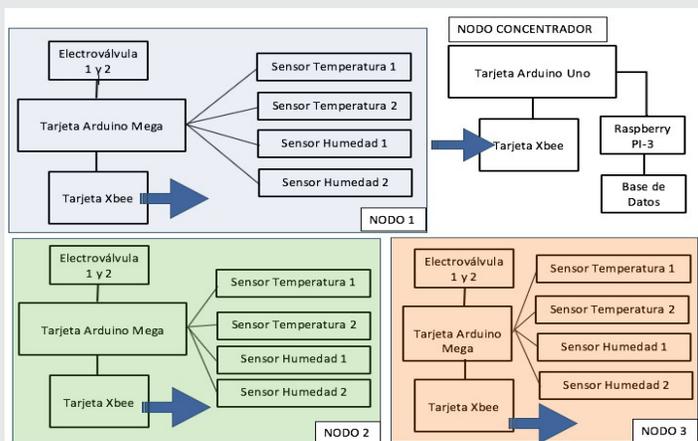


Figura 6. Diagrama a bloques de la estructura utilizada en el Invernadero de Ucum Quintana Roo.

dad. <http://www.libelium.com/libelium-downloads/libelium-bit-coit.pdf>.

[4] Esquivel et al (2015) Esquivel Pat, Agustín. (julio - diciembre 2015). Implementación de una Red de Sensores para el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua. Revista del Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología. Volumen 8, ISSN: 2007-6428

[5] Cama-Pinto et al (2016). Cama-Pinto, Alejandro, Acosta-Coll, Melisa, Piñeres-Espitia, Gabriel, Cacedo-Ortiz, José, Zamora-Musa, Ronald, & Sepulveda-Ojeda, Jorge. (2016). Diseño de una red de sensores inalámbricos para la monitorización de inundaciones repentinas en la ciudad de Barranquilla, Colombia. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 24(4), 581-599. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000400005>

[6] Archila (2013). Archila Diana. A. (julio - diciembre 2013). Estado del arte de las redes de sensores inalámbricos. Revista Digital TIA. Volumen 2 (Número 1), ISSN: 2344-8288.

CONCLUSIONES

Con base en todo lo anterior se puede concluir que el Internet de las cosas más específicamente la red de sensores es una tecnología que se encuentra actualmente al alcance de todos. Lo importante es considerar los diferentes escenarios en los pueden aplicar y la utilidad de éstos. Otro punto importante que se debe considerar, son la gran cantidad de datos que se generan por parte de los sensores, esto significa que se debe de estar preparado para el manejo de esta gran cantidad de información que se obtiene cada segundo. También hay que considerar que una red de sensores aunque pueda ser muy útil, también debe de ser económica para poder ser tanto factible como viable. La experiencia aquí presentada es de suma importancia ya que se pudo trabajar con varios tipos de sensores y tarjetas inteligentes que puede procesar información, y determinar la más económica. Para éste tipo de acciones en de suma importancia tener las siguientes consideraciones:

- La red de sensores debe ser inalámbrico.
- Debe considerar grandes distancias (como mínimo en lugares abiertos 100 metros).
- Debe permitir el envío y recepción de grandes volúmenes de información.

BIBLIOGRAFIA

[1] Bankinter. (2011). El Internet de las Cosas. AC-CENTURE. Banafa, Ahmed. (enero 2015). Internet de las cosas (IC): la tercera oleada. Lugar de publicación: Estados Unidos. <https://www.bbvaopenmind.com/internet-de-las-cosas-ic-la-tercera-oleada/>.

[2] May et al (2013). May Canche, Isaías. (julio - diciembre 2013). Implantación del Centro de Innovación Tecnológica del estado de Quintana Roo. Revista del Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología. Volumen 6, ISSN: 2007-6428.

[3] Gascón (2010). Redes de Sensores Inalámbricos, la tecnología invisible. España: Tecnología y socie-



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Propuesta de solución tecnológica para la medición real de la satisfacción del cliente mediante reconocimiento facial



Colaboración

Espinoza Galicia Carlos Arturo; José Florencio Laura; Martínez Quintanar Alain Jordán; Sanchez Rivera Daniela Ameyalli, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

RESUMEN: El presente tiene como objetivo de mostrar los avances del desarrollo de una solución de software enfocada al sector servicio que permite medir en tiempo real la satisfacción del cliente haciendo uso del reconocimiento facial. Consiste en dos aplicaciones, la primera con funciones de administrador que permite monitorear los resultados obtenidos al finalizar la encuesta de satisfacción que sigue alguna de las metodologías como son SERVPERF o NPS; el segundo programa es una aplicación móvil que contiene una serie de preguntas y de reconocimiento facial que es contestada por los clientes proyectando resultados verídicos para el administrador. Para la elaboración de este proyecto se tomaron en cuenta determinadas características que permiten hacer el trabajo de una manera precisa, en el menor tiempo posible, por lo cual se requiere desarrollar una solución con tecnologías .Net de Microsoft, también con metodologías de desarrollo y principios de diseño como es el desarrollo en capas, KISS, CLEAN CODE SOLID.

PALABRAS CLAVE: Aplicación móvil, Desarrollo en Capas, Metodologías, Reconocimiento facial, Servicios Cognitivos

ABSTRACT: The present objective is to show the progress of the development of a software solution focused on the service sector that allows to measure customer satisfaction in real time, making use of facial recognition. It consists of two applications, the first with administrator functions and allows monitoring the results obtained at the end of the satisfaction survey following some methodologies such as SERVPERF, NPS; the second program is a mobile application that contains a series of questions and facial recognition that is answered by the clients projecting true results for the administrator. For the elaboration of this project certain characteristics were taken into account that allow to do the work in a precise way, in the shortest possible time, for which it is necessary to develop a solution with Microsoft .Net technology, also with development methodologies and principles of design 7as is the development in layers, KISS, CLEAN CODE SOLID.

KEYWORDS: Mobile Application, Development in Layers, Methodologies, Cognitive services, facial recognition.

INTRODUCCIÓN

La evolución y la fuerte competencia en los distintos sectores de la economía han originado una necesidad de obtener ventajas competitivas para lograr una sólida estabilidad de supervivencia en el mercado.

En la mayoría de veces las empresas evalúan el servicio que otorgan mediante términos de calidad y satisfacción, con distintas herramientas que puedan dar resultados cuantitativos como cualitativos para un mejor análisis y control sobre los procesos internos en la atención al cliente, pero en muchas ocasiones el mal servicio es una causa de pérdidas de clientes, según American Management Association, el 68% terminan con su relación comercial con la empresa [1].

El objetivo de medir la satisfacción de los clientes en las empresas es buscar y detectar oportunidades de mejora en el servicio, así mismo evaluar a los colaboradores, motivándolos para una mejor atención a los clientes, siendo esto una actividad indispensable para la permanencia y crecimiento.

Una solución tecnológica para la medición real de la satisfacción del cliente es desarrollar una aplicación móvil que mida, mejore y detecte las oportunidades de mejora en la atención del servicio a través de integración de nuevas metodologías SERVPERF [2], NPS [3] y reconocimiento facial mediante servicios cognitivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tecnologías usadas

Para realizar el experimento fue necesario conocer conceptos básicos en el ámbito de desarrollo de software, se hará una breve definición por que se pretende realizar continuas menciones a lo largo del trabajo.

SOLID [4]: Acrónimo que hace referencia a cinco principios básicos de diseño y de programación, que a continuación se mencionan:

1. S= Principio de responsabilidad única (Single Responsibility Principle): Cada elemento debe realizar una tarea en específico.

2. O=Principio de Abierto / Cerrado (Open closed Principle): Las entidades de software debe de permitir, si así lo requiere una extensión y a su vez cerradas a la modificación.

3. L= Principio de Sustitución de Liskov (Liskov Substitution Principle): Los objetos de un programa deben poder remplazar por instancias de sus tipos sin alterar las construcciones del programa.

4. I= Principios de Segregación de Interfaces (Interface Segregation Principle): Es recomendable implementar diversas interfaces específicas de cliente que una interfaz de uso general.

5. D= Principio de Inversión de Dependencias (Dependency Inversion Principle): Debemos depender de las abstracciones y no de las concreciones.

KISS (Keep it Simple Stupid, “Mantenlo sencillo, tonto”): Establece que la mayoría de los sistemas funcionan

mejor si se mantienen simples, por ello se mantiene como objetivo clave del diseño y cualquier complejidad innecesaria debe ser evitada. [5].

CLEAN CODE (Código limpio): Se encarga de mantener el código limpio, para que de esta manera sea más fácil su comprensión, evitando duplicidad en el código y tener el menor número de elementos. [6].

DESARROLLO EN CAPAS: seguir una serie de pasos complejos los cuales previamente deben ser definidos para cada proyecto en específico, luego deben ser revisados para asegurarse de que el modelo adoptado cumpla con las normas necesarias para que la aplicación sea del agrado del usuario, y por último debe ser implementado por el grupo de desarrollo encargado para tal fin, los cuales siguiendo el modelo propuesto obtienen una herramienta útil para facilitar la labor de programación dividiendo la aplicación en módulos y capas fáciles de pulir. [7]

.NET: Conjunto de herramientas y de tecnologías que facilitan el desarrollo de aplicaciones en distintos entornos de trabajo [8].

C#: Es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma .NET. [8].

XAMARIN: Es una plataforma que permite desarrollar aplicaciones para iOS, Android, Windows Phone, Windows Store y Mac usando el lenguaje de programación C#. [9].

WPF (Windows Presentation Foundation): Es una herramienta que permite el diseño y construcción de interfases gráficas de usuario para sistemas operativos Windows basada en .Net Framework [10].

ANGULAR: Es un framework de JavaScript de código abierto, cuyo objetivo es aumentar las aplicaciones basadas en navegar con capacidad de Modelo Vista Controlador (MVC) además es utilizado para crear y mantener aplicaciones web en una sola página. [11]

AZURE: Es una tecnología que permite el alojamiento y la manipulación de datos en la nube de Microsoft para empresas incluyendo aplicaciones ejecutadas por las mismas sin necesidad de que estas adquieran nuevo hardware de forma local. [12].

Raspberry Pi: Ordenador de tamaño de una tarjeta de crédito que es capaz de proporcionar videos en alta definición, tratamiento de texto, hoja de cálculo, juegos o navegadores de internet [13].

MONGODB (humongou, “Enorme”): Es un sistema de base de datos NoSQL orientada a documentos, desarrollado bajo el concepto de código abierto [14].

NOSQL: Sistema que no requiere esquemas fijos, evitan

las operaciones join almacenando datos desnormalizados. La mayor parte de ellas pueden clasificarse como almacenar clave-valor o base de datos orientadas a documentos. [14].

Servicios Cognitivos: Microsoft proporciona una plataforma de IA, llamada Cognitive Services, la cual contiene un conjunto de servicios y herramientas que pueden usarse para construir todo tipo de aplicaciones, entre ellas se encuentran servicios para la creación de bots, servicios de aprendizaje (Machine Learning), servicios para el análisis de imágenes y videos, servicios para el reconocimiento de lenguaje natural entre otros. [15].

Microsoft Face API: servicio basado en la nube que proporciona avanzados algoritmos faciales, cuenta con dos funciones principales: detección de caras con atributos y reconocimiento facial; permite detectar hasta 64 caras en una sola fotografía y proporciona información como el género, edad, tipo de emoción expresada, entre otros. [16].

SCRUM: Metodología ágil para el desarrollo de proyectos, que se basa en equipos autocordinados con el objetivo de entregas rápidas y continuas. [17] [18]

Metodología

Para el desarrollo del proyecto, se usaron dos metodologías de desarrollo, la primera como se observa en la Figura 1, la solución presenta una estructura la cual se explicará a continuación:

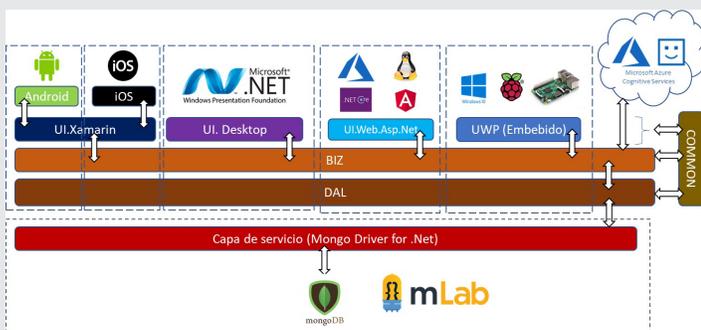


Figura 1: Estructura del proyecto ReCSaM (Construcción propia)

ReCSaM está construido bajo la metodología de desarrollo en capas, basándose en los otros proyectos similares [7] [19] y siguiendo los conceptos de SOLID, KISS y CLEAN CODE entre otros, donde para almacenar la información, se utiliza una base de datos NoSQL MongoDB, la cual está hospedada en mLab, utilizando un protocolo de envío de datos encriptado mediante un driver especializado para trabajar con .Net, este se comunica con una capa de acceso a datos (DAL) la cual proporciona métodos CRUD a la capa BIZ que implementa la parte requerimientos de usuario, las capas superiores dependen del tipo de ambiente donde se ejecutará: se utilizará Xamarin.Forms para las aplicaciones móviles, WPF para aplicaciones de escritorio, ASP.Net Core y Angular para posteriormente montar la aplicación

web ya sea en servidores Windows o Linux en Microsoft Azure, y UWP para aplicaciones que se ejecuten en Windows 10 y clientes embebidos como Raspberry Pi.

Para el diseño de las interfaces gráficas, se pretende hacer uso de Material Design, basado en combinaciones de colores provistos por MaterialPalette.com.

El trabajo se realiza mediante la metodología ágil SCRUM, la cual se implementa con el uso de tableros con TRELLO y control de versiones de código usando GitLab.

Se decidió realizar el desarrollo con Visual C# y Tecnologías .Net de Microsoft ya que permite actuar sobre todos los ambientes, desde aplicaciones Móviles hasta aplicaciones embebidas con Raspberry Pi, la gran ventaja radica en que junto con el desarrollo en capas y el uso de patrones de diseño y buenas prácticas, el mantenimiento y depuración del código se realiza muy rápido [7].

Actualmente el proyecto se encuentra en proceso, para la primera etapa de la solución del proyecto tiene la siguiente estructura:

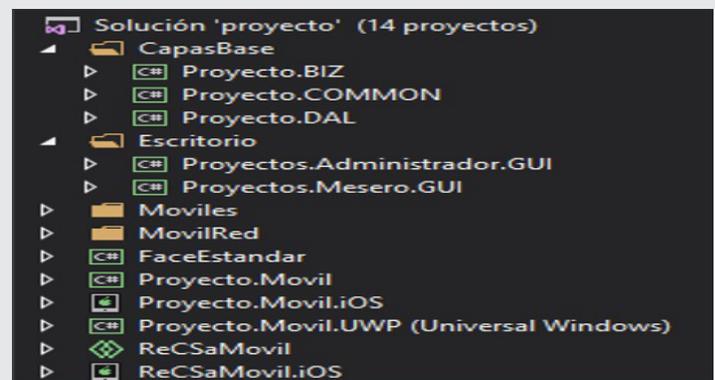


Figura 2: Estructura del proyecto ReCSaM (Construcción propia).

En la Figura 2 se presenta una estructura basada en capas, donde se explicará a continuación las capas utilizadas:

- * Proyecto.COMMON: En esta capa se encuentran todas las clases comunes en todo el proyecto por ejemplo entidades que es donde se encuentran las clases y sus respectivas propiedades, e interfaces, aquí se encuentran los métodos que se implementarán en algunas otras capas.
- * Proyecto.BIZ (Business - Lógica de Negocio): Presenta la lógica de negocio para el funcionamiento de la aplicación y de la interfaz de usuario.
- * Proyecto.DAL: Contiene las operaciones necesarias, en este caso los métodos CRUD para el acceso a la base de datos Mongo alojada en mLab la cual contiene todos los datos registrados.
- * Proyecto.Administrador.GUI: En esta aplicación se encuentra la administración de la empresa, Presenta una interacción entre el software y el encargado (usuario).
- * Proyecto.Meseros.GUI: Interfaz de escritorio donde se desarrolla la encuesta, esta va dirigida a los clientes y

encuestadores, en esta misma se encuentra implementado el uso del Api para el reconocimiento facial.

* ReCSamMovil.UWP: Universal Windows 10): Interfaz móvil donde de igual forma contiene el desarrollo de la encuesta ya implementada para aplicaciones móviles iOS y Android, así como la implementación del Api para los servicios cognitivos y el reconocimiento facial, el cual facilita el desarrollo de aplicaciones inteligentes de una manera más práctica

RESULTADOS

Después del trabajo en equipo y con ayuda de los docentes asesores se logró llegar a los siguientes resultados:

1. Aplicación de escritorio, en la Figura 3.1 se puede observar la pantalla del menú principal de la aplicación del administrador.

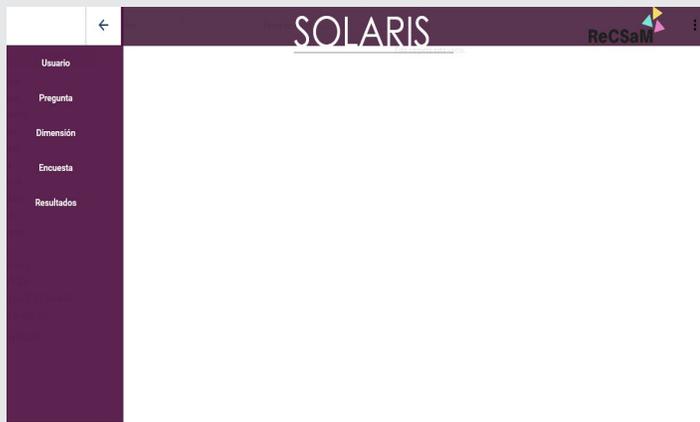


Figura 3.1: Captura de pantalla de la aplicación administrador. (Construcción propia).

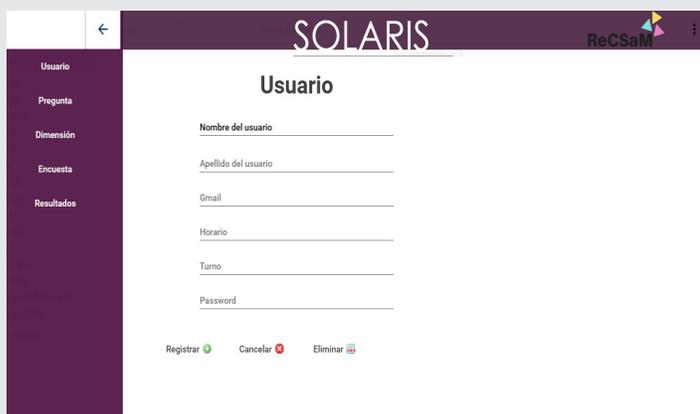


Figura 3.2: Aplicación de escritorio donde se agregan a los nuevos encuestadores de la empresa (Construcción propia).

En la figura 3.1 se puede apreciar la pantalla de la segunda aplicación la cual cuenta con la sección de la encuesta para los clientes.

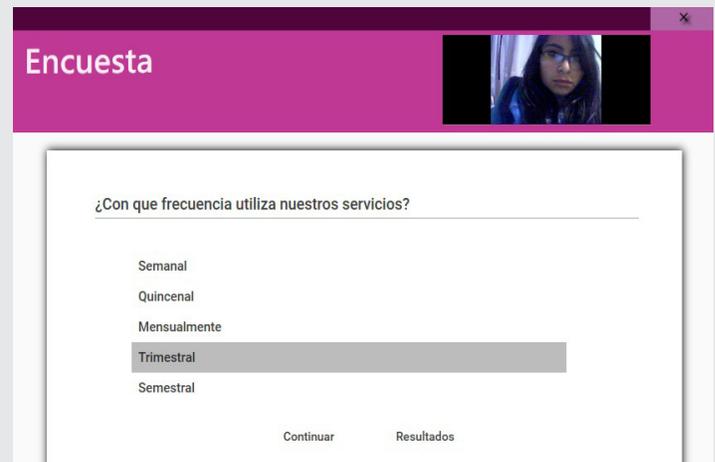


Figura 4.1: Captura de pantalla de la aplicación de la encuesta hacia los clientes (Construcción propia).

2. El reconocimiento facial es un apartado que se puede observar en la imagen 5.1 y 5.2 donde se puede ver los resultados obtenidos con la API que ofrece Azure.

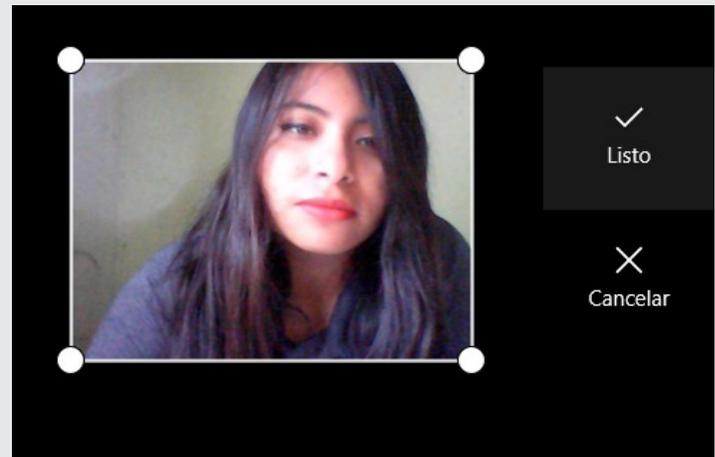


Figura 5.1: Captura de la fotografía del cliente, (Construcción propia).

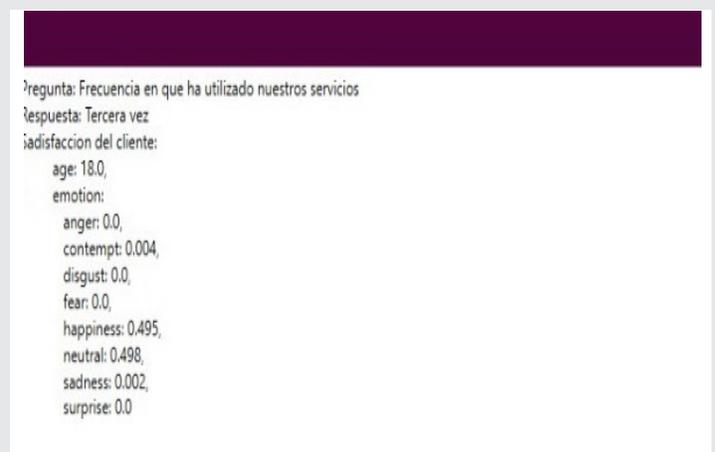


Figura 5.2 Captura de pantalla referente al reconocimiento facial, (Construcción propia).

3. Aplicación móvil donde se puede de igual forma realizar la encuesta y está dirigida para iOS y Android. Se puede observar en la figura 6.1 el login y en la figura 6.2 la encuesta que ya se realiza hacia los clientes.



Figura 6.1. Captura de pantalla referente al login de la aplicación móvil, (Construcción propia).

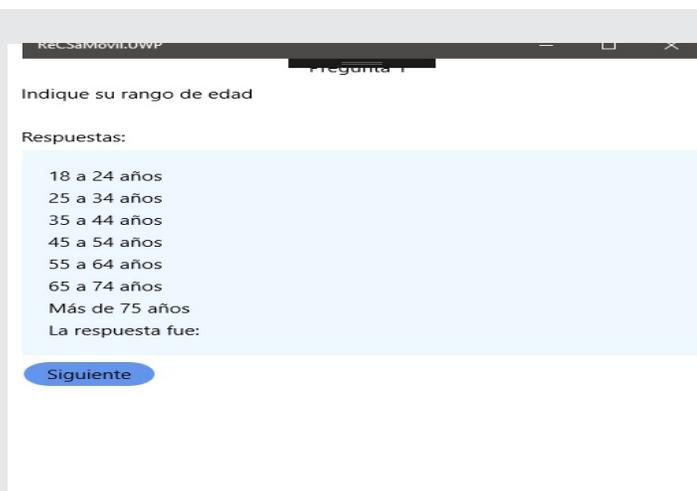


Figura 6.2 Captura de pantalla referente a la encuesta en la aplicación móvil, (Construcción propia).

CONCLUSIONES

Según lo anterior se puede identificar de manera clara la importancia que tiene la calidad del servicio en las empresas y es por eso que se llevan a cabo diferentes métodos de recolección de datos, como son las encuestas hacia los clientes, sin embargo se puede observar que no toda la información que éstas presentan son la correctas, es por eso que esta aplicación combina la forma de emplear las encuestas y a su vez el reconocimiento facial que nos permite corroborar la información obtenida en las encuestas.

Por esta razón la aplicación permite combinar el reconocimiento facial para así lograr mejores resultados, también se tomó como referencia que en el mercado no existen aplicaciones similares y es por eso que este

proyecto puede llegar a tener gran impacto en el mercado de la tecnología especialmente sobre las aplicaciones móviles.

Además, este proyecto está realizado bajo ciertas metodologías de desarrollo de software que permite realizar el trabajo de forma rápida y sobre todo de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

[1] QuestionPro, «7 Razones para evaluar la satisfacción de tus clientes,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/wp-content/uploads/2018/06/Infografia-2-CX-1.png>. [Último acceso: 6 Junio 2018].

[2] L. E. IBarra Morales y E. V. Casas Medina, «Aplicación del modelo Servperf en los centros de atención Telcel, Hermosillo: una medición de la calidad en el servicio,» *Contaduría y administración*, vol. 60, n° 1, 2015.

[3] Bain & Company, «NPS como modelo de gestión de la experiencia del cliente,» 4 Diciembre 2012. [En línea]. Available: https://www.aec.es/c/document_library/get_file?p_l_id=1241722&folderId=1241735&name=DLFE-12704.pdf. [Último acceso: 6 Julio 2018].

[4] A. Gaurav Kumar, *SOLID Principles Succinctly*, Morrisville, NC: Synctfusion Inc., 2016.

[5] S. Rossel, «KISS – One Best Practice to Rule Them All,» 19 Agosto 2015. [En línea]. Available: <https://simpleprogrammer.com/2015/08/19/kiss-one-best-practice-to-rule-them-all/>.

[6] M. Robert C., *Clean Code, A Handbook of Agile Software Craftsmanship*, Boston, MA: Pearson Education, Inc., 2009.

[7] C. Espinoza Galicia, A. Martínez Endonio, M. Escalante Cantu y R. Martínez Rangel, «Implementación de Plataforma Weby Aplicaciones Móviles Mediante Buenas Practicas Usando Tecnología .Net,» *Revista de Tecnologías de la información y Comunicaciones*, pp. 42-49, 2017.

[8] M. J. Price, *C# 7.1 and .NET Core 2.0 – Modern Cross-Platform Development*, Birmingham, UK.: Packt Publishing, 2017.

[9] C. Petzold, *Creating Mobile Apps with Xamarin.Forms*, Redmond, Washington, US.: Microsoft Press, 2016.

[10] D. Esposito y A. Saltarello, *Microsoft .Net: Architecting Applications for the Enterprise*, Whashington: Microsoft Press, 2015.

[11] A. Freeman, *Essential Angular for ASP.NET Core MVC*, Longon, UK.: Apress, 2017.

[12] S. Resenbaum, *Serverless computing in Azure with .NET*, Birmingham, UK.: Packt Publishing, 2017.

[13] *Programming for the Intener of Things, Using Windows 10 IoT Core and Azure IoT Suite*, Redmond, Washington, US: Microsoft Press, 2017.

[14] D. Cyrus y N. Amol, *MongoDB Coockbook*, Birmingham, UK.: Packt Publishing, 2016.

[15] A. Del Sole, *Microsoft Computer Vision APIs Distilled-Getting Started with Cognitive Services*, Cremona, Italy: Apress, 2018.

[16] Microsoft Corporation, «¿Qué es Face API?,» Microsoft, 1 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/cognitive-services/face/overview>. [Último acceso: 6 Junio 2018].

[17] *Scrum Manager*, Scrum Manager v.2.6, 2016.

[18] Scrum Mexico, «Scrum & Agile,» 2017. [En línea]. Available: <http://scrum.org.mx/scrum-agile/>.

[19] Microsoft Corporation, *Microsoft Application Architecture Guide, Patterns & Practices*, 2nd Edition, Redmond: Microsoft Corporation, 2009.

[20] D. S. Almagro, UF1274: *Administración y auditoria de los servicios de mensajera electronica*, Malaga: IC Editorial, 2014.

[21] J. M. D. Salvo, *Utilizacion de las bases de datos relaciones en el sistema de gestion y almacenamiento de datos*, La Rioja: Tutor Formación, 2016.

[22] S. PUTIER, *C# 5 y Visual Studio 2013 Los fundamentos del lenguaje*, Barcelona: ENI, 2015.

[23] *Raspberry Pi : Utilice todo el potencial de su nono-ordenador*, Barcelona: ENI, 2016.

[24] L. E. I. Morales, *Los Modelos NPS*, Ibarra, 2015.

Agradecimientos

El equipo de ReCSaM agradece el apoyo de sus asesores que siempre brindaron su apoyo, también al Instituto Tecnológico Superior de Huichapan por que brinda la oportunidad a los jóvenes y docentes de poder desarrollar este tipo de proyectos.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Análisis de la microestructura de suelos arenosos y su impacto en las cimentaciones



Colaboración

Carlos Eduardo Monroy Figueroa; Liliana Roman Teoba; Sergio Aurelio Zamora Castro; María Eugenia Díaz Vega
Universidad Veracruzana

RESUMEN: El suelo es un sistema complejo, dinámico y heterogéneo, cuyo patrón estructural constituido por dos conjuntos (sólido/poro) es altamente variable en el espacio y tiempo. Dentro de esos suelos se encuentran las arenas que dependiendo del grado de compactación pueden provocar daños estructuras en las edificaciones, así como el colapso. En esta investigación se muestra un análisis de la microestructura de suelo de textura arenosa. Se extrajeron muestras inalteradas y con el uso del microscopio Electrónico de Barrido (SEM) se extrajo la microestructura a diferentes escalas. Con los análisis realizados se puede observar el sistema poroso donde llevado a macroescala se pueden generar asentamientos de tal magnitud produciendo daños estructurales. Se analiza la microestructura en función del análisis fractal en este caso Exponente de Hurst (H) obtenido por el método de conteo de caja (Dbox). Con los resultados obtenidos se correlacionan las diferentes propiedades mecánicas del suelo, entre ellas la cohesión y ángulo de fricción interna.

PALABRAS CLAVE: Arena, Microestructura, Porosidad, Exponente de Hurst.

ABSTRACT: soil is a complex, dynamic and heterogeneous system, whose structural pattern consisting of two sets (solid / pore) is highly variable in space and time. Within these soils are the sands that depending on the degree of compactness can cause damage to structures in the buildings, as well as collapse. In this investigation an analysis of the microstructure of sandy soil texture is shown. Unaltered samples were extracted and with the use of the Scanning Electron Microscope (SEM) the microstructure was extracted at different scales. With the analyzes carried out, it is possible to observe the porous system where, taken to a macro scale, settlements of such magnitude can be generated, producing structural damage. The microstructure is analyzed according to the fractal analysis in this case Hurst (H) exponent obtained by the box counting method (Dbox). With the obtained results, the different mechanical properties of the soil are correlated, among them the cohesion and internal friction angle.

KEYWORDS: Sand, Microstructure, Porosity, Exponent of Hurst.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema complejo, dinámico y heterogéneo, cuyo patrón estructural constituido por dos conjuntos (sólido/poro) es altamente variable en el espacio y tiempo, hasta la fecha, el análisis de sus propiedades a diferentes escalas espaciales es fundamental en conceptos y técnicas de la física y las matemáticas [7]. Estas técnicas han sido desarrolladas por la estadística clásica, la geoestadística y la geometría fractal y han introducido al análisis del suelo los conceptos aplicados al estudio de los sistemas complejos [12]. Para estudiar los sistemas complejos es necesario analizar sus principa-

les atributos, entre ellos entropía y grado de ocupación del espacio de interés sólido o poro [2, 3]. La composición del suelo cambia continuamente en el tiempo y en el espacio, variando su estructura y las propiedades derivadas que de ellas se originan, esto confirma su naturaleza como un sistema complejo, el cual no puede ser descrito en forma total, sino haciendo un pronóstico en el proceso.

El suelo es un conjunto con organización definida y propiedades que varían "vectorialmente". En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal. El suelo tiene perfil, y este es un hecho del que se hace bastante aplicación [1].

En los últimos años, se ha reconocido a la geoestadística como una técnica adecuada para describir la variabilidad espacial del suelo [4]. Sin embargo, su combinación con las nuevas técnicas derivadas de la Teoría del Caos, Geometría Fractal y Teoría de los Sistemas complejos, es indispensable para una comparación multiescalar y multitemporal del suelo como un sistema [13]. A su vez, la complejidad es una propiedad intrínseca del suelo y de otros materiales con organización jerárquica. El suelo es un producto de otras interacciones multiescales entre componentes de diversa naturaleza, generan la heterogeneidad espacial y temporal de sus características básicas y definen el patrón de la dinámica de medios porosos naturales [5].

El patrón estructural de un sistema natural se asocia a sus diversos atributos, cuyo análisis es básico para el pronóstico de su comportamiento [16]. La variabilidad del patrón estructural del suelo en espacio y tiempo, depende de las condiciones ambientales. Por otro lado, dicha variabilidad es una consecuencia de la heterogeneidad natural y génesis de los materiales de origen geológico y biológico, así como de las variaciones temporales de los procesos que sobre estos actúan, destacándose por su importancia la erosión, cambios climáticos, degradación del suelo, recargas de mantos acuíferos, evapotranspiración, contaminación, etc., [6].

El conocimiento de las propiedades del suelo nos permite dar criterios sobre la selección óptima del tipo de cimentaciones [15]. El suelo, independientemente de la zona en que se encuentre, es un sistema complejo y debe ser analizado como tal. Su análisis lleva a emplear herramientas de la geometría fractal que mediante el empleo de imágenes multiescales y series de tiempo extraídos de ensayos mecánicos tradicionales, es posible predecir su comportamiento incluso su modelación numérica mediante algoritmos [8].

El estrato de arena es uno de los cuerpos geológicos de ingeniería más comúnmente encontrados. Una investigación adicional sobre la estabilidad de la tierra y la estructura subterránea exige un modelado preciso de la formación real [11]. La textura arenosa es el tipo de suelo para

analizar en este artículo, donde aparte de ser soporte de cimentación también es un suelo que se puede estabilizar incluso con biocemento o nanosilica por ejemplo [9, 10].

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de Boca del Río pertenece a la zona conurbana de la ciudad de Veracruz. Colinda al Norte con el municipio de Veracruz, al Sur con Medellín, al Sureste con el municipio de Alvarado, y al Este con el Golfo de México. En la parte urbana de este municipio se encuentra asentada sobre arenas transportadas por efecto de los vientos de la región, formándose grandes dunas de arenas en ciertas zonas de la superficie del municipio. En nivel de aguas freáticas se encuentra a una profundidad somera y variable dependiendo de la época de estiaje o lluvias.

El objetivo general es medir las propiedades mecánicas de los estratos que se encuentran en la zona conurbada Veracruz Boca del Río, así como el análisis de su microestructura mediante Geometría Fractal.

Cuantificar en el laboratorio las propiedades mecánicas de los diferentes estratos encontrados, entre los ensayos a realizar son: resistencia al esfuerzo cortante y proceso de consolidación del suelo.

Obtener perfiles estratigráficos mediante sondeos tipo PCA en puntos seleccionados en un plano acotado de coordenadas geográficas de la ciudad.

Toma de imágenes multiescales en microscopio electrónico de barrido en condiciones de bajo vacío a escalas de 50x, 100x, 1000x, 5000x, y 10000x, para así medir los parámetros fractales para describir la variabilidad en espacio/tiempo del patrón estructural del suelo.

Correlacionar los parámetros fractales extraídos de imágenes digitales multiescales, con las variables físicas y mecánicas medidas en el laboratorio con las técnicas tradicionales.



Figura 1. Imagen satelital del puerto de Veracruz y zona conurbada, se muestran marcados con círculos la ubicación de los 10 PCA's

DESARROLLO DEL PROBLEMA

Se realizaron 10 sondeos de tipo pozo a cielo abierto (PCA), con una profundidad promedio máxima de 3.50 m. de los cuales se extrajeron muestras alteradas para obtener propiedades índices y muestras inalteradas para obtención de parámetros mecánicos i microscopía, en la figura 1 se muestran dichos sondeos.

La obtención de imágenes multiescalares se llevó a cabo en un microscopio electrónico de barrido (SEM) en condiciones de bajo vacío. Este equipo toma imágenes de la topografía de las muestras utilizando electrones secundarios o utilizando electrones retrodispersos, imágenes de composición, topográficas o sombreadas. El equipo puede trabajar en voltajes de aceleración de 0.5 a 30 KV, en condiciones de bajo y alto vacío pudiendo llegar hasta ampliaciones de 200,000. Sin embargo, la ampliación máxima a obtener está limitada principalmente por la composición química del material y la sensibilidad al haz electrónico.

El microscopio electrónico de barrido utilizado corresponde al JEOL JSM-6060 LV, que se encuentra en las instalaciones CFATA (Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada). En la UNAM campus Juriquilla El voltaje de aceleración utilizado fue de 15 KV con un spot size alrededor de 50. Se tomaron imágenes de distintas escalas.

Se extrajeron pequeños terrones (3 mm aproximadamente) de la muestra inalterada. Posteriormente las muestras fueron colocadas en porta muestras cilíndricos de cobre de aproximadamente 5 mm de diámetro y 10 mm de altura los cuales fueron previamente pulidos con un limpiador de metales, para eliminar toda sustancia que pudiera afectar el proceso de la toma de imágenes (Figura 2).



Figura 2. Extracción de muestra para toma de imágenes multiescalares en microscopio SEM

Se obtuvieron imágenes con ampliaciones de 50x, 500x, 1000x, 5000x, y 10000x. Una vez obtenido las series de datos de deformación de los diferentes ensayos se someterán a su análisis con el paquete de computo comercial Benoit 1.3 (SCION Corp. BENOIT versión 2003) BENOIT es recomendado como de referencia para pro-

pósitos de investigación, que mide dimensión fractal y el exponente de Hurst mediante cinco técnicas útiles en los conjuntos auto-similares y cinco para los autofines con el fin de comprobar la naturaleza fractal de los conjuntos analizados.

El método de Box-counting o conteo de caja es sin duda el más extendido en la literatura científica. Puede aplicarse con más o menos éxito a cualquier distribución de puntos, curvas, superficies, volúmenes (Figura 3). En la práctica, y resumiendo, se utiliza una rejilla de celdas de lado r cubriendo el objeto a explorar. Se contabilizan las celdas N ocupadas por la imagen y se repite la operación para otro tamaño de celda de lado r . El ajuste a la ley de potencias nos determina la dimensión fractal D de nuestro objeto. Evidentemente si la relación no ajusta a una ley de potencias, nuestro objeto no es autosimilar.

$$N(r) = cte \cdot r^{-D} \quad Ec(1)$$

El conteo de caja es un algoritmo en el que la imagen se divide en igual número de cajas (aproximadamente cuadradas). El número de cajas que contiene una sección requerida del contorno se cuentan. El proceso entonces se repite con diversos tamaños de la caja. La dimensión del fractal del contorno es la relación entre el algoritmo del número de cajas a través de las cuales el contorno pase y el algoritmo del tamaño de las cajas. Una relación lineal entre estos dos es un indicador de autosemejanza o fractalidad de la estructura, que es la característica dominante de los contornos del fractal. La dimensión fractal por conteo de caja (D_b) extra los parámetros fractales a las imágenes analizadas en extensión .bmp. El archivo de salida contiene la dimensión fractal de caja (D_b) y la desviación estándar (SD).

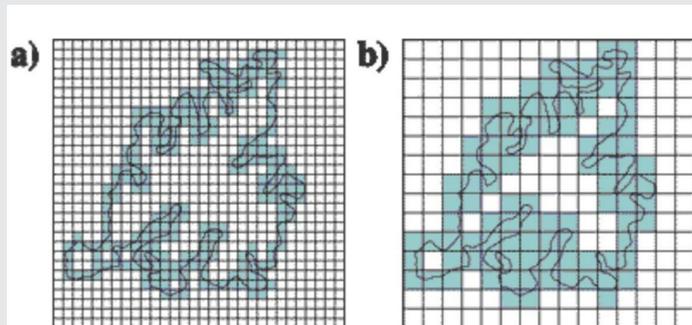


Figura 3. Proceso de conteo de caja (Box Counting) a) Conteo de caja a una escala micro. b) conteo de caja a escala macro. Fuente software Benoit.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los parámetros mecánicos que se analizaron son la cohesión y el ángulo de fricción interna, comparándolos con los parámetros fractales de conteo de caja (D_b) de sólidos (D_{bs}) y de poro (D_{bp}). De igual manera se estudió el comportamiento de la rugosidad del suelo por medio del exponente de Hurst (H) y la correlación con el ángulo de fricción interna y el esfuerzo de pre consolidación.

Se ha generado una base de datos con la información obtenida a partir del análisis de cada imagen con el software BENOIT V1.4. Dicha base de datos muestra el nombre asignado a cada PCA, la clave con la que las imágenes fueron almacenadas, la amplificación de cada imagen y posteriormente datos de la dimensión fractal de sólido y de poro. Además, se han concentrado los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, tanto índice como de propiedades mecánicas.

Las imágenes obtenidas muestran una mejor obtención de datos es de la escala 50 hasta la amplificación 5000, ya que para la ampliación 10000 los datos obtenidos presentan mayor dispersión. Figura 4, 5, 6 y 7.

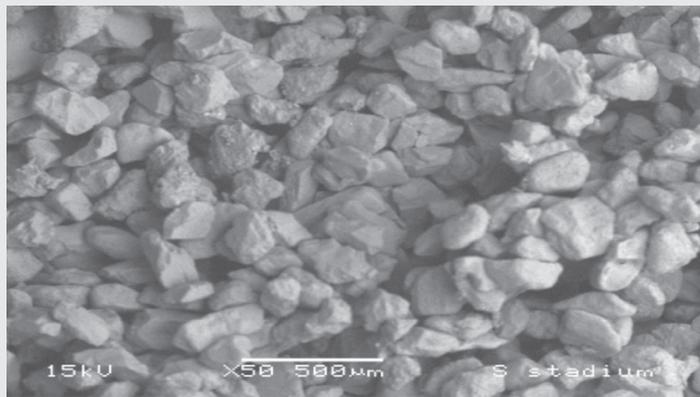


Figura 4. Muestra de arena con una amplificación de 50x.

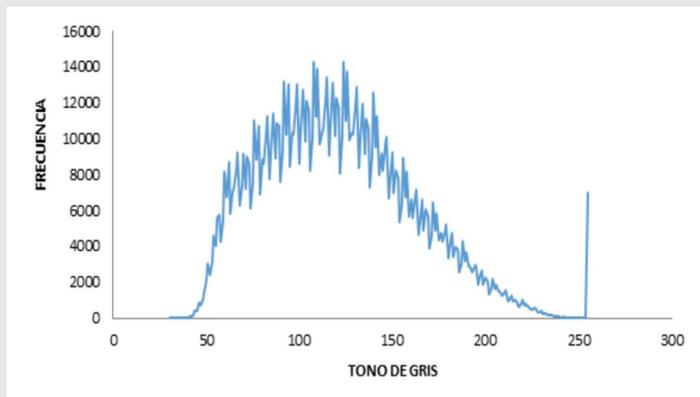


Figura 5. Histograma de ocurrencia de tonos de gris de la muestra anterior con una amplificación de 50x.

En general las imágenes ampliadas 10000x, es posible apreciar que el enfoque este hecho a un solo grano, es por eso que la Función de Densidad de Probabilidad muestra un gráfico con cambios abruptos en el que es posible apreciar de igual manera la gran cantidad de vacíos contenidos en el suelo. Por el contrario, la siguiente imagen muestra una distribución uniforme en el histograma, pero ya se encuentra enfocada en la parte fina. Por último, se puede apreciar que el histograma tiene una tendencia a dirigirse hacia la derecha, por lo que se presentan partículas de tamaños similares.

En el firmagrama se observan discontinuidades y mayor espaciado en la distribución global de tonos de gris al aumentar las escalas, esto debido a que al aumentar la escala la imagen se enfoca a un grano,

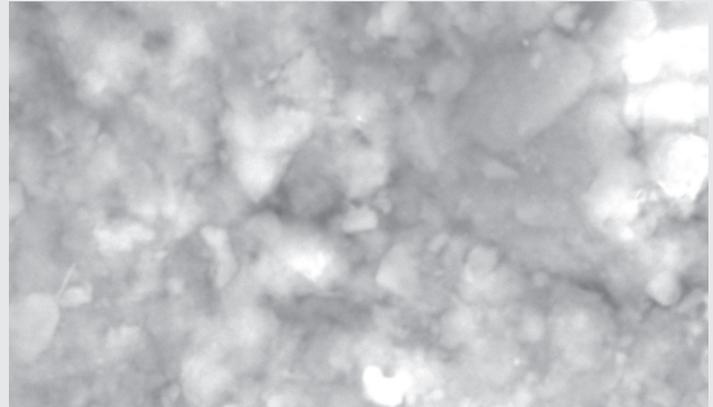


Figura 6. Amplificación de muestra a 10000x.

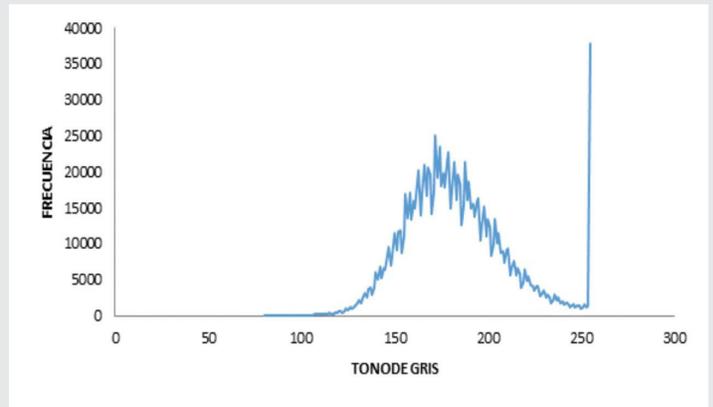


Figura 7. Histograma de ocurrencia de tonos de gris de la amplificación 10000x, se muestra un comportamiento diferente.

Por lo anterior se consideran como optimas las ampliaciones: 50x, 500x, 1000x y 5000x, despreciándose así las de ampliación 10000x ya que presentan comportamientos distintos y no se cumple una de las hipótesis de invariancia al escalado al enfocarse en un solo grano de muestra. En la figura 8 se muestran todos los valores promediados de H para las arenas del puerto de Veracruz, en donde se observan ciertas fronteras dependiendo del sondeo y de su localización, se presenta un resumen promediado por escala y sondeo observando que responde a un modelo polinomial con un $R^2=0.60$. Con esta grafica podemos concluir que se guarda una relación con la cual podemos estimar el exponente de Hurst para los suelos friccionante del Puerto de Veracruz y su Zona Conurbada, pero solo de manera general. Es importante mencionar que es un resumen del análisis de 90 imágenes aproximadamente.

En la figura 9 se aprecia que existe una correspondencia entre el exponente de Hurst H, y el ángulo de fricción interna para los suelos arenosos estudiados. A medida que

el ángulo ϕ aumenta el exponente de Hurst decrece, y es posible explicarlo, porque los vacíos son menores en los suelos con un ángulo de fricción interno mayor, ya que estos poros son llenados por partículas más finas en donde además se cuenta con una buena distribución granulométrica. Y el conteo de caja de solidos es mayor en suelos con un ángulo ϕ mayor.

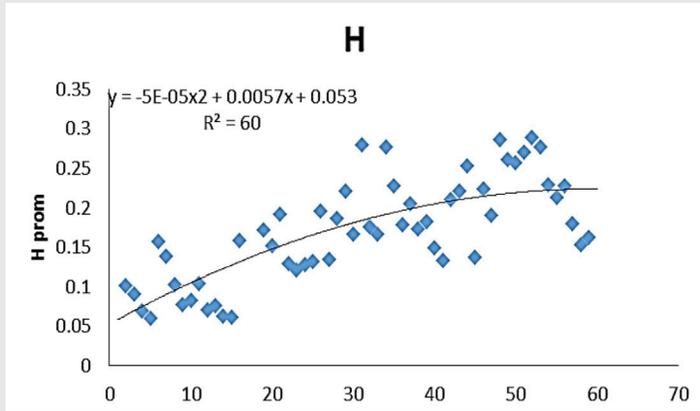


Figura 8. Hpromedio para los Suelos de comportamiento Friccionante del Puerto de Veracruz y su Zona Conurbada.

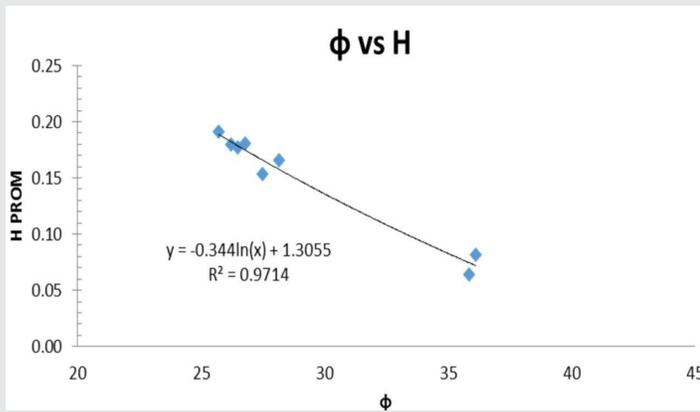


Figura 9. Comparación del ángulo ϕ con el exponente de Hurst promedio por muestra.

La síntesis del análisis de imágenes para extraer el exponente de Hurst se muestra en la tabla 1, en donde se presenta el promedio del exponente de Hurst por sondeo, dicho promedio se obtiene del análisis de 9 imágenes a escalas diferentes, pero descartando la 10000x por presentar una dispersión alta.

En contraste, el exponente de Hurst se comporta de forma no persistente en los datos al compararse con la cohesión, debido a que los suelos en su mayoría son friccionante, por lo que para este caso la aplicación de la metodología de estimación del exponente de Hurst por el Conteo de Caja (Dbox) resulta ineficaz (Figura 10).

CONCLUSIONES

El análisis de imágenes microscópicas para para estudiar sistemas macros mediante geometría fractal resulto ser una herramienta eficaz para poder determinar paráme-

tros mecánicos, en los suelos de comportamiento friccionante del Puerto de Veracruz y su zona conurbada. En este caso particular se analizó el ángulo de fricción interna, mostrando un comportamiento estimable con el exponente de Hurst, mediante un modelo matemático logarítmico.

Tabla 1. Resumen de propiedades mecánicas correlacionadas con el exponente de Hurst promedio de cada sondeo

PCA	UBICACIÓN	C (kg/cm ²)	Φ	H
1	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.06	35.84	0.1164
2	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.13	27.98	0.1067
3	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.12	36.12	0.0717
4	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.10	36.52	0.2058
5	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.52	27.49	0.1348
6	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.13	39.11	0.1794
7	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.05	26.48	0.1773
8	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.13	26.71	0.1975
9	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.13	26.21	0.2460
10	19°5'36.73"N 96°7'25.75"O	0.11	28.15	0.1590

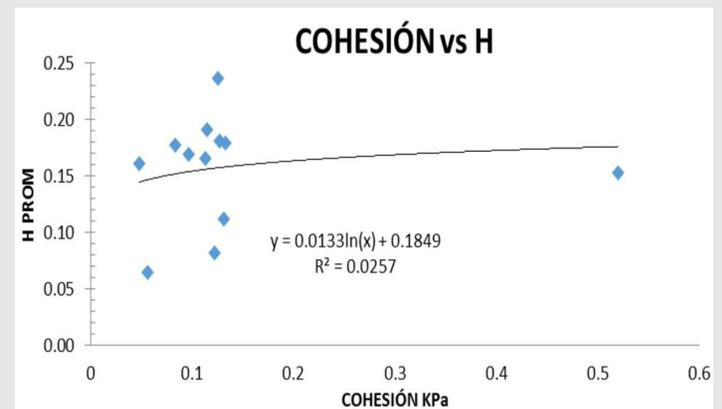


Figura 10. Comparación de cohesión con el exponente de Hurst promedio por muestra, no guarda relación.

Los cambios de solido/poro del suelo se cuantificaron con la herramienta auto similar de conteo de caja "Box Counting" del software Benoit versión 1.3. en donde se analizó la variabilidad del sistema a sufrir cambios de humedad y volumétricos, así como facilitar el drene de corrientes de agua.

Se logró crear una base de datos amplia de parámetros fractales y de propiedades índice y mecánicas que servirá de apoyo a nuevas investigaciones y tal vez a la implementación de una nueva forma de estudio dentro de la mecánica de suelos.

En esta tesis solo se analizó el exponente de Hurst comparándolo con la variación del ángulo de fricción interna del suelo y la cohesión tomando en cuenta su génesis, por lo que se recomienda compararlo con más propiedades índice y parámetros mecánicos, para seguir validando la teoría de la geometría fractal aplicada a la Mecánica de Suelos.

Se recomienda emplear más herramientas para el análisis fractal, ya que en esta tesis solo se utilizó la herramienta auto similar de Box Counting, pero existen más herramientas auto afines, como el rango re-escalado, Variograma y ondoletas, los cuales han demostrado su eficacia en suelos de comportamiento cohesivo. Esto con la finalidad de encontrar una relación que guarde un comportamiento que sea preciso para poder representar el exponente de Hurst para los suelos del puerto de Veracruz.

El análisis y selección de imágenes se puede ver reducido por errores durante la manipulación de la muestra, por ello es necesaria una extracción correcta de las muestras, ya que de no hacerlo se corre el riesgo de que los resultados obtenidos no sean correctos.

Esta investigación se limitó a los suelos arenosos con comportamiento puramente friccionante del puerto de Veracruz y su zona Conurbada, por lo que queda abierta a estudiar los demás tipos de suelo existente en esta zona y así obtener un exponente de Hurst que sea representativo de toda la zona.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Joseph E. Bowles (2008). *Foundatio Analysis and design Fifth Edition*. Mc Graw-hill. International Edition.

[2] Cheng S. S (2008). *Spatial scaling analyses of soil physical properties: a review of spectral and wavelet methods*. Vadose zone Journal. Soil science Society of America. Madison. USA.

[3] Logsdon S.D., E. Perfec and A.M Tarquis.(2008). *Multiscale soil investigations: physical concepts and mathematical techniques*. Published in vadose zoen Journals. Madison, USA.

[4] Heuvelink G.B.M. and R. Webster (2001). *Modeling soil variantion: past, present, and future*. Institure for Biodiversity and Ecosystem Dynamics. University of Amsterdam, Nieuwe Achtergracht. Amsterdam, Netherlands.

[5] Pachesky Y., E. perfect and M.A. Martín (2006). *Fractal Geometry Applied to Soil and Related Hierarchical Systems*. Geoderma. 134: 237-239.

[6] Zhang X. (2006). *Consolidation theories for saturated-unsaturated soil and numerical simulation of residential buildings on expansive soil*. Texas A&M University. <http://handle.tamu.edu/1969.1/2747>.

[7] Mandelbrot, B.B., (1993) *The Fractal Geometry of Nature*. W.H. Freeman and Co, New York 468 pp.

[8] Schneider M., , H. Andrä, P. Lechner, F. Etemeyer, W. Volk and H. Steeb (2018). *Modelling the microstructure and computing effective elastic properties of sand core materials*. International Journal of Solids and Structures. Volume 143, 15 Pp. 1-17

[9] Zhan Q. and C. Qian. (2017). *Stabilization of sand particles by bio-cement based on CO2capture and utilization: Process, mechanical properties and microstructure*. Construction and Building Materials. Volume 133, Pp 73-80.

[10] Choobbasti A.J. and S. S. Kutanaei. (2017). *Microstructure characteristics of cement-stabilized sandy soil using nanosilica*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. Volume 9, Issue 5, Pp. 981-988.

[11] Zhang P., L. J. Xiuli and D. D. Lu. (2018). *Computational homogenization for mechanical properties of sand cobble stratum based on fractal theory*. Engineering Geology. Volume 232, 8 January 2018, Pp 82-93.

[12] Yu F. (2018). *Particle breakage in triaxial shear of a coral sand*. Soils and Foundations Volume 58, Issue 4, August 2018, Pp. 866-880.

[13] Tiana L. and E. Liu. (2018). *Effect of particle shape on micro- and mesostructure evolution of granular assemblies under biaxial loading conditions*. Comptes Rendus Mécanique. Available online 18 September 2018.

[14] Tiana J., E. Liuab, L. Jianga, X. Jianga, Y. Suna, R. Xuc. (2018). *Influence of particle shape on the microstructure evolution and the mechanical properties of granular materials*, Comptes Rendus Mécanique. Volume 346, Issue 6, Pp 460-476.

[15] Jang, X.D. Luo (2015). *Exploring the relationship between critical state and particle shape for granular materials* J. Mech.

[16] Yang Y., Y.M. Cheng, Q.C. Sun. (2017). *The effects of rolling resistance and non-convex particle on the mechanics of the undrained granular assemblies in 2D* Powder Technol., 318 (2017), pp. 528-542



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Aplicación de Lean Manufacturing en el área de moldes de cerámica



Colaboración

Pérez Ascencio Claudia Jazmín; Cardona Ferniza Brenda Leticia; Segovia Avila Elda, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias

RESUMEN: En el artículo se presenta información de la implantación de Lean Manufacturing en una empresa dedicada a la elaboración de productos de cerámica, en donde se logra eliminar todas actividades que no agregan valor en el proceso de moldes, obteniendo una mejor distribución del mismo mediante la aplicación de las herramientas como: Distribución de planta, estudio de tiempos, mapeo de procesos y ergonomía. Al desarrollar el proyecto se logra reducir los tiempos de proceso, con un balanceo de operaciones, mejorando las condiciones de trabajo de los operadores e incrementando la eficiencia de producción en la empresa.

PALABRAS CLAVE: Lean Manufacturing, layout, tiempo de ciclo, conveyor, balanceo de operaciones.

ABSTRACT: The article presents information on the implementation of Lean Manufacturing in a company dedicated to the production of ceramic products, where it is possible to eliminate all activities that do not add value in the mold process, obtaining a better distribution in the process through the application of tools such as plant distribution, time study, process mapping and ergonomics. When developing the project, it manages to reduce the processing times, with a balance of operations, improving the working conditions of the operators and increasing the production efficiency in the company.

KEYWORDS: Lean Manufacturing, layout, Cycle time, conveyor, balancing of operations.

INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se contempla implementar el sistema Lean Manufacturing, que es una cultura de trabajo enfocado a la eliminación en todo momento de las actividades que no agregan valor al producto o servicio (desperdicios) [1], mediante un conjunto de herramientas y estrategias que permiten incrementar el valor agregado en las operaciones con el fin de incrementar la calidad y disminuir costos y tiempos de entrega [2]. En la empresa de cerámica el proceso de moldes presenta problemas en eficiencia por tiempos elevados en la producción. Para Analizar y mejorar la situación se hace uso de las herramientas de Lean Manufacturing, que sustentan que son indispensables para identificar las actividades que no agregan valor al proceso y hacer más eficientes las que son indispensables para el pro-

ceso [3]. La Hipótesis de la Investigación es que mediante la aplicación correcta de las herramientas de Lean Manufacturing, se obtiene un incremento en la eficiencia del proceso. Por lo tanto esta investigación tiene como objetivo mejorar el proceso de moldes de cerámica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los materiales utilizados fueron listas de cotejo, cuadros de análisis, y formatos de herramientas de ingeniería industrial, así como Excel para estructura y análisis comparativo.

Metodología Lean Manufacturing

La metodología fue la propuesta por la fábrica de cerámica. Para la aplicación del sistema Lean Manufacturing se realizaron diversas actividades las cuales se muestran a continuación:

a) Propuesta de Layout

El primer paso para implementar el proyecto fue conocer el área donde se requería la aplicación de Lean Manufacturing y así la elaboración de los moldes.

Se tomaron las medidas del área de producción de moldes la cual fue de: 16 X 15 mts, las cuales fueron divididas para las mesas de trabajo, se reacomodo el área de acuerdo al espacio y a las necesidades de los trabajadores

El objetivo de esta actividad es mejorar las condiciones de trabajo.

b) Estudio de tiempos de ciclo por molde

Se realizó un estudio de tiempo de los moldes con la finalidad de saber cuánto tiempo se tarda una persona haciendo un molde. La toma de tiempos se tomó a los componentes que integran los moldes lo cuales son: Corazón, lateral derecha, lateral izquierda, pie y respaldo. Donde el tiempo de ciclo, como se muestra adelante en los resultados de la tabla 1, están entre 33.35 a 34.21 minutos; es importante mencionar que estos tiempos fueron tomados antes de implementar el proyecto Lean.

Tabla 1. Toma de tiempo.

Estudio de Tiempos (lateral derecha)					
No.	Nombre de la operación	VA	Traslados	Esperas	NV/AN
1	Limpieza de matriz	375	25		
2	Colocación de spagless	32			
3	Cerrar matriz	118			
4	Espera de llenado de matriz			160	
5	Llenado de matriz			18	
6	Tiempo de fraguado			630	
7	Retirar spagless	132			
8	Armado de spagless superiores	259			
9	Colocación de taquetes	42			
10	Colocación y corte de colas de rata	31			
11	Sopleteo para retirar el molde	32	25		
12	Sacar el molde de la matriz	31	10		
13	Ayudar a sacar pieza de matriz	50	30		
Total de segundos		1103	90	808	0
Total de tiempo de ciclo (seg)					2001
Total de tiempo de ciclo (min)					33.35

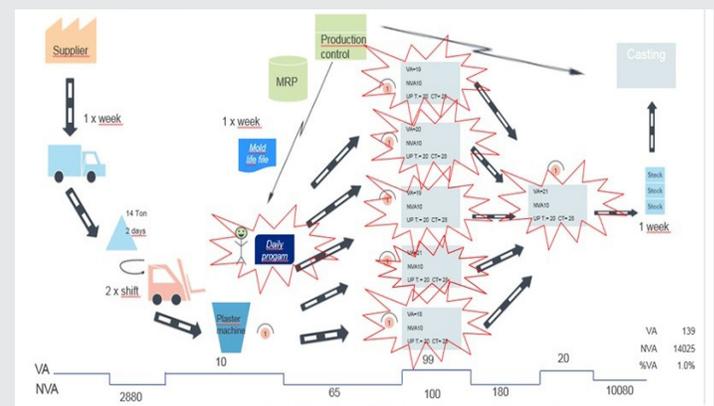
c) Realización de Mapeo de proceso (VSM)

El diagrama se realizó con la finalidad de observar el proceso completo desde que es emitida una orden del cliente para ser producida, hasta que el producto final esta entregado. Se realizó el cálculo del tiempo de valor agregado y no valor agregado [4], que corresponde a 139 segundos y 14025 segundos respectivamente.

VA: Valor agregado

• Para sacar el valor agregado se toma en cuenta toda operación que agregue valor al producto. La máquina plaster es la que realiza la mezcla para los moldes, la cual dura 10 minutos realizando su proceso.

Al realizar el análisis correspondiente se elaboró el diagrama de mapeo de procesos como se muestra en la figura 1 con la finalidad de detectar actividades que no agregan valor (NVA).



Gráfica 1: VSM"

• Con los resultados del proceso de fabricación de los moldes se tomó en cuenta el 9.9 minutos de 30 que dura el proceso.

Los 9.9 incluye el armado de la matriz, la limpieza, el desarmado de la matriz y el vaciado de la mezcla para la realización del molde.

Son 9.9 actividades X 10 moldes = 99 minutos.

• El tiempo que dura en ensamblar los moldes el turno es de 2 minutos.

2 minutos X 10 piezas por turno = 20 minutos

NVA: No valor agregado

• El cálculo del No valor agregado se sacó de los dos días de inventario, se tomó estos días porque son los días de espera para la llegada de la materia prima, se realizó la siguiente operación:

2 días de Llegada: 2 x 24 horas= 48 Horas

48 horas X 60 Min = 2880 minutos.

• Al comienzo del turno se desperdicia tiempo al preparar las herramientas de trabajo y el material

que utilizaran para la creación del molde. Su hora de entrada es a las 6:30 am y comienzan a laborar a las 7:35 am.

6:30-7:35= 65 minutos

- Los 100 minutos se toman por el tiempo de fraguado del molde, cada trabajador fabrica 10 moldes por turno

10 moldes X 10 minutos (Fraguado) = 100 minutos

- El tiempo que se tarda en formar el molde es de 180 minutos, para sacar este resultado se realizó la toma de tiempo en lo que duran en salir los moldes, cada 30 minutos sale un molde. Para la operación se tomó en cuenta el tiempo de fraguado y la espera del llenado de la matriz.

Fraguado: 10 minutos

Llenado de matriz: 1 minuto

Ayuda al compañero a sacar molde y sacar el propio: 7 minutos

18 X 10 moldes por turno=180 minutos

- Cuando están preparados los moldes se tardan una semana para ser entregados con el cliente que en este caso es vaciado y es un tiempo de espera del molde que no agrega valor al producto.

1 semana= 7 Días

7 Días X 24 Horas= 168 Horas

168 horas X 60 = 10,080 minutos

d) Delimitación de área de trabajo.

Se midió el área de trabajo de 15 X 16 mts y la delimitación de cada mesa de trabajo quedo de 3 largos X 4 ancho por estación de trabajo.

Se realizó la delimitación de 8 estaciones de trabajo, con la finalidad de que cada trabajador tenga su espacio, y sus herramientas de trabajo propias, sin obstruir el paso a los compañeros de trabajo. El material que utilizamos para la delimitación fue cinta masking para la delimitación de las líneas y pintura amarilla, siguiendo el proceso que muestra la figura 2.



Figura 2. Diagrama "Delimitación de Mesa de Trabajo"

e) Aplicación de las 5 S

Es indispensable vigilar la organización de las áreas desde el punto de análisis de las 5 S [6]

Se realizó una mesa de trabajo individual la cual contiene una clasificación de las herramientas tanto líquidas como mecánicas. Se colocaron ayudas visuales para identificar cada material y herramientas y se colocaron en un lugar donde estuvieran aptas para la realización del proceso.

Se realizó el diseño de un prototipo de una mesa de trabajo, y se pidió la opinión de los trabajadores del área, se realizaron modificaciones atendiendo a las recomendaciones, se colocó la caja de herramientas en la pared de la mesa con su respectiva ayuda visual y sus finas, se pusieron ayudas visuales para ubicar las herramientas de trabajo en la mampara como: brocha, pinzas y martillo.

f) Instalación de conveyor (Banda)

Se implementaron 2 conveyor con la finalidad de reducir el traslado de moldes cargados de 36 a 15 metros por turno, facilito mucho el trabajo y se realizó el flujo más rápido que el anterior método que usaban. El trabajador sólo coloca el molde semi-terminado en el conveyor y el molde se va al siguiente proceso que son las pruebas de fuga y de deshidratación, terminando estas pruebas se termina de recabar el molde y se coloca en una tarima para ser ensamblado.

g) Mejora en áreas de trabajo

Tomando en cuenta que las mejoras son parte del crecimiento de las empresas [7], se implementó una conexión de aire a cada mesa de trabajo con el objetivo de que los trabajadores no estén esperando para que desocupen la manguera, también se realizó con el fin de evitar accidentes, esta se encontraban en el piso y estaba larga medía 7 metros y se enredaba constantemente, las mangueras nuevas miden 3 metros de largo y facilitan el trabajo, porque se adaptaron según las necesidades de los trabajadores y el espacio.

Operación	Problema	Acción	Resultado
Delimitación	No se contaba con una delimitación para identificar el espacio de cada mesa de trabajo.	Delimitación de estaciones de trabajo.	Buena presentación de estaciones de trabajo.
Antes Kaizen		Después Kaizen	

Figura 3. "Delimitación de mesa de trabajo y estación"

Este proceso se llevó a cabo con la ayuda del personal de mantenimiento, puesto que se requería colocar tubería en las mesas de trabajo.

Se estableció la delimitación de Mesa y Estación de trabajo, Figura 3.

El material que se utilizó fue un conveyor (Banda transportadora) que fue reciclado y se adaptó según la necesidad del área. Se colocaron 2 conveyor, uno que midió 15 metros y otro de 10 metros de largo. Figura 4.

Operación	Problema	Acción	Resultado
Instalación de conveyor	Se recorre 36 mts cargando los moldes (Por turno) y su peso es de aproximadamente 30 kilos.	Se coloca un conveyor en medio de las mesas de trabajo para la reducción del traslado.	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de tiempo en el traslado Disminución de 16 metros de recorrido
Antes Kaizen		Después Kaizen	
			

Figura 4. "Instalación de Conveyor"

Conexión de aire. Este proceso se llevó a cabo con la ayuda del personal de mantenimiento, ya que se requería colocar tubería en las mesas de trabajo. Figura 5

h) Análisis pruebas de fugas.

Se buscó un recipiente grande para realizar la prueba de fuga, el cual fue reciclado, se encontró dentro de la misma empresa, y se adaptó según las necesidades.

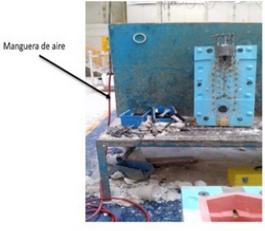
Operación	Problema	Acción	Resultado
Manguera de aire	Las mangueras de aire no estaban habilitadas en todas las mesas de trabajo.	Se colocan mangueras de aire en todas las mesas de trabajo.	Eliminación de traslados a otras mesas de trabajo
Antes Kaizen		Después Kaizen	
			

Figura 5. "Conexión de aire"

Este recipiente era una tina grande similar a un tinaco y se cortó a la mitad para realizar la prueba de sumergir los moldes al recipiente. Se pintó de co-

lor blanco y se le realizó una estructura de material PTR para poder colocar arriba el polipasto como se muestra en la figura 6.

Operación	Problema	Acción	Resultado
Instalación de polipasto	Se realiza un nuevo proceso en el cual consiste en sumergir los moldes a una tina de agua, esto se hace con el fin de identificar si tiene alguna fuga, los moldes son muy pesados.	Colocación de polipasto en prueba de fuga, para sumergir los moldes y hacer el proceso adecuadamente.	<ul style="list-style-type: none"> Moldes de Buena calidad (Sin fugas) Ayuda en la manipulación de los moldes
Antes Kaizen		Después Kaizen	
			

Figura 6. "Polipastos"

i) Instalación de Kaizen para manipular moldes.

Se compró un polipasto para instalarlo en el área de moldes, con la finalidad de realizar la prueba de fuga y manipular los moldes sumergiéndolos a la tina, para saber si los moldes cuentan con la calidad [8] [9] y no contienen fuga.

Los moldes llegan al conveyor y una persona está encargada de realizar esta prueba, haciendo la manipulación de los moldes, una vez terminada la prueba se coloca los moldes que pasan la prueba en el conveyor de la derecha para continuar su proceso, y si el molde está rechazado se coloca en una tarima donde va el scrap.

Instalación de Jaula para Prueba de fuga, figura 7.

Operación	Problema	Acción	Resultado
Jaula para prueba de fuga	Se necesita una base para sumergir y levantar el molde después de la prueba de fuga	Se hizo una estructura con un conveyor en su base para que el molde se pueda sumergir y recopilar al conveyor sin dificultad	Se tiene una estructura con la capacidad de realizar una correcta prueba de fuga
Antes Kaizen		Después Kaizen	
			

Figura 7. "Jaula"

Después de que se realiza la prueba de fugas, lo siguiente es elaborar el layout como se muestra en la figura 8, para realizar el proceso utilizando los mecanismos instalados.

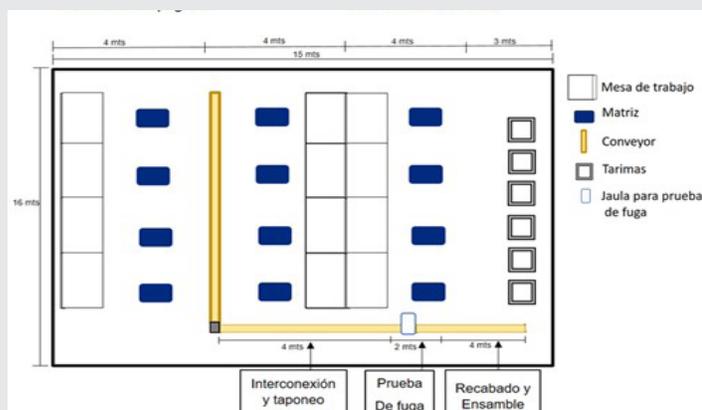


Figura 8. "Layout para método propuesto"

j) Balanceo de operaciones.

Se realizó un balanceo de operaciones como se muestra en la Tabla 2, tomando en cuenta el tiempo de fraguado [5], en este tiempo que son 10 minutos se pudo aprovechar para realizar componentes de la taza, en este caso el mismo trabajador realizo 2 partes de la taza, realizo una lateral y una lengua.

Tabla 2. Balanceo de operaciones

1.- Abrir matriz	10	
2.- Limpieza	71	
3.- Colocar tubos	25	
4.- Colocar spagless	105	
5.- Colocar colas de rata	106	
6.- Colocar guía y pipa	62	
7.- Colocar destacante	92	
8.- Colocar tubo PVC	135	
9.- Espera de vaciado	660	
10.- Vaciado de yeso	52	
11.- Fraguado	662	
Tiempo acumulado	1980	
Lengua		
Actividad		Tiempo (seg)
1.- Quitar tubo de matriz		58
2.- Abrir matriz		35
3.- Limpieza de matriz		124
4.- Sopletear		48
5.- Colocar destacante		50
6.- Color partes de matriz		21
7.- Cerrar matriz		39
8.- Colocar tubos		21
Tiempo acumulado		396
13.- Retirar tubo	70	
14.-Retirar spagless	92	
15.- Abrir matriz	13	
16.- Limpiar tapas	40	
17.- Sopletear molde (tapa, matriz)	151	
18.- Retirar spagless	155	
19.- Retirado de partes	62	
20.- Sacar molde de matriz	69	
Tiempo de ciclo (seg)	2071	
Tiempo de ciclo (min)	45.01666667	
9.- Espera de vaciado		660
10.- Vaciado		84
11.- Fraguado		662
12.- Retirar partes de molde		21
13.- Retirar molde		45
Tiempo de ciclo (seg)		2528

Primeramente, se comenzó con el molde principal que es la lateral, y en el tiempo de fraguado se aprovechó y se avanzó al proceso de lenguas el cual se

detuvo en la operación 8 a causa de espera de llenado de la lengua.

RESULTADOS

Se logró la reducción de tiempo de ciclo por molde. Eliminando actividades innecesarias que provocaban tiempo muerto, el cual, convirtió en tiempo efectivo, asignando actividades de valor [10], por ejemplo las relacionadas con los componentes pequeños de la taza como: Tazeles, tapones y lenguas.

En la Tabla 3 se muestra la reducción de tiempos en las actividades de VA en el Lateral derecho; de 1102 segundos a 1015 segundos, así como la reducción de los traslados de 60 a 35 minutos. Se muestra también los tiempos de proceso para la elaboración del Lateral izquierdo, llevados a cabo simultáneamente, generando aun la reducción de 60 a 38, por lo que se considera una mejora importante para la empresa al lograr un incremento en la eficiencia medida con las variables tiempo y piezas obtenidas, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3. Incremento de eficiencia en proceso de molde

Estudio de tiempos lateral derecha en segundos										
No	Nombre de la operación	VA	VA-1 D	VA 1 I	TRASLADOS	TRASLADO S-1D	TRASLADOS-1I	ESPERAS	ESPERAS-1D	ESPERA S-1I
1	Limpieza de Matriz	375	376	376	25	0	0			
2	Colocación de spagless	32	32	30						
3	Cerrar matriz	118	118	118						
4	Espera de llenado de matriz							160	160	150
5	Espera de matriz							18	18	18
6	Tiempo de fraguado							630	630	630
7	Retirar spagless	132	132	133						
8	Armado de spagless Superiores	259	259	252						
9	Colocación de tanques	42	0	0						
10	Colocación y corte de colas de rata	31	31	31						
11	Sopletero para retirar el molde	32	32	32	25	10	26			
12	Sacar el molde de la matriz	31	35	34	10	25	12			
13	Ayudar a sacar pieza de matriz	50	0	0	0	0	0			
Total de tiempo en segundos		1102	1015	1006	60	35	38	808	808	798

Tabla 4. Incremento de eficiencia en proceso de molde

VARIABLES DE ANALISIS	METODO ACTUAL (L DERECHA)	METODO PROPUESTO (L DERECHA)	METODO PROPUESTO (SIMO)	
			L DERECHA	LIZQUIERDA
Tiempo de ciclo en seg	1970	1858	1858	1842
Tiempo de ciclo en min	32,83	30,97	30,97	
Eficiencia en piezas	12,7124255	13,47872888	26,95745776	

CONCLUSIONES

La implementación de Lean Manufacturing contribuyó con el mejoramiento en el área moldes y así obtener una buena calidad en los productos (moldes), de tal manera que se valida la hipótesis de que mediante la aplicación correcta de las herramientas de Lean Manufacturing, se obtiene un incremento en la eficiencia del proceso., puesto que Se procesaron moldes con Calidad (Realización de pruebas; Deshidratación y prueba de fuga), puesto que se logró mejorar las condiciones del área de trabajo (Ergonómicamente), así como Minimizar tiempos de la operación (Balanceando operaciones).

Con este estudio de tiempos también se comprobó que el trabajador puede realizar dos procesos a la vez, y puede realizar sus 10 partes del molde y extras 10 complementos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Henderson, B.A.; Larco, J.L.; y Martin S.H. (1999). *Lean Transformation: How to Change your Business into a Lean Enterprise*, (1a Ed.). New York: The Oaklea Press.

[2] Imai, M. (1986) *Kaizen (Ky'zen): the key to Japan's competitive success*. McGraw -Hill. N.Y.

[3] Liker, J. K. (1997). *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers* (2a Ed.). New York: Productivity Press.

[4] *Manual de Stanley Tools, Aplicaciones de Stream Mapping*. (2000).

[5] Ohno, T. (1998). *Toyota Production Systems. Cambridge: Beyond Large Scale Production*. Productivity Press. Cambridge, Massachussets, EUA.

[6] Reyes A., P. (2002). *Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones*. *Revista Contaduría y Administración* No. 205. Recuperado el 14 de marzo de 2018, de <http://www.ejournal.unam.mx/rca/205/RCA20505.pdf>

[7] *Schneider Electric (2001); Implementing Lean in the Office*.

[8] Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press. Cambridge.

[9] Womack, J. P.; Jones, D. y Rooss, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The story of Lean Production*. (1a ed.) Harper Perennial N.Y.

[10] *Procesos fundamentales TPM (Pilares)*: <http://ww.areaspm.com/tpm/procesos11.htm>
Lean Manufacturing: <http://www.lean-6sigma.com/index.htm>



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Minimización de escritura y Maximización de reutilización de código fuente mediante el uso de programación en capas y buenas prácticas de programación

RESUMEN: En la construcción de software se busca que funcione y se construya de forma escalable, reutilizable y mantenible. El desarrollar el software en capas permite la reutilización de código para varias aplicaciones, hacer uso de patrones de diseño mejora considerablemente la correcta implementación del código, así mismo el usar técnicas como SOLID y CLEAN CODE permiten una mejor construcción, entendimiento y documentación por y para los programadores. Haciendo uso de Visual C# e implementando lo antes mencionado mediante el uso de Interfaces, Clases Genéricas, Herencia, Polimorfismo y bibliotecas Standard permitirá que el desarrollo de aplicaciones de escritorio (WinForms y WPF), Web (Asp.Net) y Móviles (iOS y Android) se realicen en tiempos muy cortos así como reducir el número de líneas de código, el mantenimiento y depuración del mismo consiguiendo maximizar las funcionalidades, la estandarización, validación y destino de las aplicaciones. De esta forma resulta fácil crear aplicaciones de escritorio y migrarlas fácilmente a web o aplicaciones móviles nativas de apoyo. Aún más, al hacer uso de Frameworks permitirá crear aplicaciones de escritorio multiplataforma y al aplicarlo en las herramientas de desarrollo para el Internet de las Cosas, tales como Raspberry Pi entre otras.

PALABRAS CLAVE: Clean Code, Patrones de Diseño, SOLID



Colaboración

Espinoza Galicia Carlos Arturo; Martínez Endonio Alberto; Escalante Cantú Mario, Instituto Tecnológico Superior De Huichapan

ABSTRACT: In the construction of software it is sought that it works and is built in a scalable, reusable and maintainable way. Developing the layered software allows code reuse for several applications, making use of design patterns considerably improves the correct implementation of the code, as well as using the techniques like SOLID and CLEAN CODE allow a better Construction, understanding and documentation by and for programmers. Using Visual C# and implementing the aforementioned through the use of Interfaces, generic classes, inheritance, polymorphism and Standard libraries will allow the development of desktop applications (WinForms and WPF), Web (Asp.Net) and mobile (IOS and Android) are done in very short times as well as reduce the number of lines of code, the maintenance and debugging of the same by maximizing the Funcionabilidades, standardization, validation and destination of the applications. This makes it easy to create desktop applications and easily migrate them to Web or native mobile support applications. Moreover, by making use of frameworks will allow to create multiplatform desktop applications and to apply it in the development tools for the Internet of things, such as Raspberry Pi among others.

KEYWORDS: Clean Code, Design Patterns, SOLID

INTRODUCCIÓN

En el mercado del software, existe gran cantidad de software similar, la diferencia muchas veces radica en como está construido, la forma como se escribe tiene mucho que ver con la experiencia de los desarrolladores y los líderes del proyecto. Se entiende que un software debe hacer las cosas para lo que fue

diseñado, eso no debe quedar duda, pero también debe cumplir con estándares de calidad del lado de los desarrolladores, es por tal que el uso de un estándar de desarrollo que permita reutilizar código, mantenerlo de una manera más fácil, reducir tiempos de desarrollo y mantenimiento y sobre todo que permita fácilmente integrar cambios y nuevas acciones es la diferencias entre un software de “escuela” y un software de “grandes ligas”.

En el presente documento se muestra una metodología para el desarrollo de proyectos de software basado en tecnologías .Net con el lenguaje Visual C#. Esta metodología emplea el uso de clases abstractas, interfaces, clases genéricas, patrones de diseño, buenas prácticas y desarrollo en capas [1].

Se muestra un ejemplo de cómo desarrollar cada capa, poniendo énfasis en las capas donde se puede reutilizar mayor parte de código como las capas COMMON y DAL [2]

MATERIAL Y MÉTODOS

A continuación, se describe la metodología que se emplea para el desarrollo de proyectos basados en Tecnologías .Net de Microsoft, se enlista cada una de las etapas a seguir (cabe tomar en cuenta, que antes y después pueden existir más etapas, sin embargo, aquí solo se realiza el enfoque a la parte de codificación del software):

1.Tipo título Diseño de arquitectura de software. Como primer parte, se tiene que observar cual será la arquitectura por usar, es decir que tipo de servidor de base de datos usar: Relacional, NoSQL [3] u otra y de que forma se van a trasportar los datos mediante las capas; algo a tomar en cuenta es si otras tecnologías intervendrán en el proyecto, para en su caso diseñar una capa de transporte, pero básicamente se propone cualquiera de los modelos mostrados en las figuras 1 y 2.

La figura 1, muestra una arquitectura en capas [4] que tiene la capa de servicio en la parte superior y está destinada a solo exponer lo mínimo necesario (posiblemente solo lo implementado por hardware); esta es especialmente útil cuando la tecnología de base de datos es totalmente soportada por todas las capas de interfaz de usuario realizadas en .Net, tal es el caso de MongoDB [3], ya que su driver implementado en bibliotecas .Net Standard pueden ser consumidas por cualquier aplicación desarrollada en .Net incluyendo aplicaciones Android y iOS desarrolladas en Xamarin [1].

La figura 2, muestra una arquitectura similar a la anterior pero que la capa de transporte se encuentra entre la capa DAL y la capa BIZ, de modo que esta implementa una API RestFull [5] que soportara a otras tecnologías compatibles con una API RestFu-

ll, tecnologías como Angular, JavaScript, PHP, Java y otras, la ventaja de esta implementación es la creación de microservicios que pueden ser usadas por otras tecnologías.

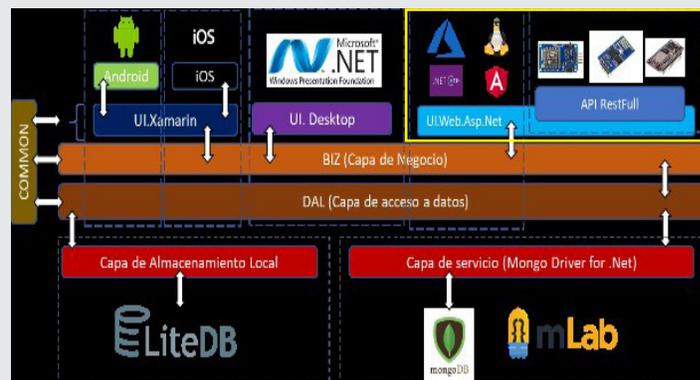


Figura 1: Propuesta de arquitectura en capas donde solo la capa de servicios solo se usa para comunicar métodos explícitos (Construcción Propia)

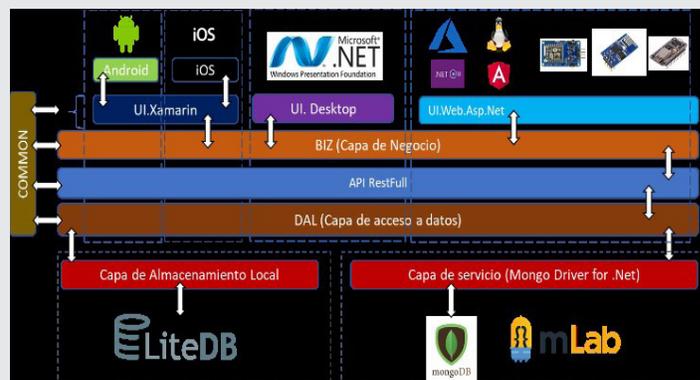


Figura 2: Propuesta de arquitectura en capas donde la capa de Transporte o Servicios implementa microservicios (Construcción propia)

En si ambas formas pueden ser soporte de otras tecnologías, la diferencia entre ellas es que la primera está orientada a proporcionar solo los servicios necesarios para otras tecnologías (principalmente que son accedidas desde hardware como Arduino, NodeMCU [6] o Rasperry Pi [7]), reduciendo notablemente la implementación y código de esta mientras que la segunda se tienen microservicios para todas las entidades y repositorios, el modo de decisión

2.Tipo título Diseño de entidades y/o base de datos. Aquí se propone diseñar las entidades con una base de datos NoSQL, pensando siempre en una gran cantidad de datos, además que estas son más rápidas que las relacionales, en la figura 3 se muestra un ejemplo de un diagrama de clases usando el concepto de DTO [8].

lidador genérico y uno específico donde se observa reutilización de código.

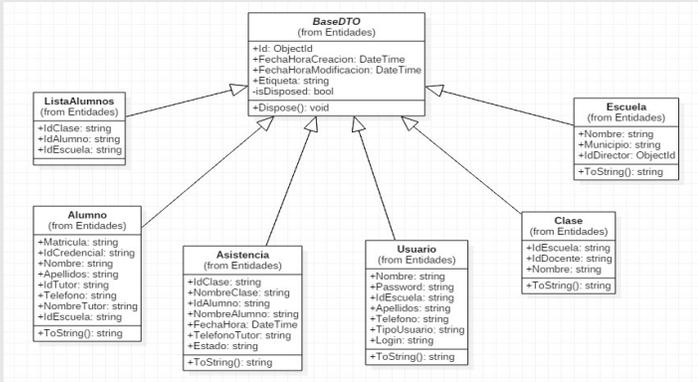


Figura 3: Ejemplo de Diagrama de clases que implementa clases abstractas y DTO (Construcción propia)



Figura 4: Propuesta de carpetas de la capa COMMON (Construcción Propia)

3. Tipo título Desarrollo de Capas Base

a. Diseño de capa COMMON, aquí se propone crear las siguientes carpetas (figura 4):

(a) Entidades: que contiene las clases que definen las entidades (tablas) de la base de datos, aquí se puede hacer mediante un ORM como entity framework, otro o incluso de forma manual, aquí se propone el uso de DTO y una clase base abstracta que pueda ser heredada por otras entidades y que por consiguiente ya tengan todas las propiedades de la clase base, ejemplo de esto se muestra en la figura 3. Con esto se observa que ya empezamos a reutilizar código, en fases posteriores se observa la gran ventaja de usar estas clases bases.

(b) Interfaces, en esta se definen todas las interfaces a implementar por los repositorios en la capa DAL y BIZ [2], aquí se pueden implementar clases genéricas. En la figura 5, se muestra el código de la interfaz para los repositorios genéricos y en la figura 6 se muestra el código de una interfaz que implementaría un método Manager [9] en la capa BIZ.

(c) Modelos, en esta carpeta se crearán todos los modelos que serán ocupados en las distintas interfaces de usuario, especialmente los usados por los patrones MVVM [10] y MVC [5], ya que en la mayoría de las ocasiones estos modelos pueden compartirse, en la figura 7 se muestra un ejemplo de un modelo Login que es común tanto para la aplicación móvil como la web y la de escritorio.

(d) Tools, esta carpeta es para crear métodos de apoyo para las capas superiores como por ejemplo métodos de cifrado u otros.

(e) Validadores, esta carpeta almacena el código de las clases que validan las entidades antes de ser insertadas en la base de datos [11], haciendo uso de genéricos y abstractos también se pueden reutilizar código, la figura 8 y 9 muestran los códigos de un va-

```

-referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 2 cambios | 0 excepciones
public interface IGenericRepository<T> where T:BaseDTO
{
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    bool Resultado { get; set; }
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    string Error { get; set; }
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 108 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    T Create(T entidad);
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 2 cambios | 0 excepciones
    IQueryable<T> Read { get; }
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 108 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    T Update(T entidad);
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    bool Delete(ObjectId id);
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    T SearchById(ObjectId id);
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 2 cambios | 0 excepciones
    IQueryable<T> Query(Expression<Func<T, bool>> predicado);
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    bool DeleteAll(Expression<Func<T, bool>> predicado);
    -referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    IQueryable<T> CreateAll(IQueryable<T> entidades);
}
    
```

Figura 5: Código de la interfaz genérica propuesta para los repositorios.

```

21 referencias | Carlos Espinoza, Hace 19 días | 2 autores, 2 cambios
public interface IGenericManager<T> where T:BaseDTO
{
    5 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    bool Resultado { get; set; }
    5 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    string Error { get; set; }
    2 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    T Insertar(T entidad);
    4 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    IQueryable<T> Listar { get; }
    2 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    T Actualizar(T entidad);
    2 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    bool Eliminar(ObjectId id);
    2 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    T BuscarPorId(ObjectId id);
    1 referencia | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    bool EliminarTodos(Expression<Func<T, bool>> predicado);
    2 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    IQueryable<T> InsertarTodos(IQueryable<T> entidades);
    1 referencia | Carlos Espinoza, Hace 19 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    IQueryable<T> ListarPaginadoPersonalizado(int omitir=-1, int mostrar=-1);
    1 referencia | Carlos Espinoza, Hace 19 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    IQueryable<T> ListarPaginado(int tamañoPagina, int numeroPagina);
}
    
```

Figura 6: Código de la interfaz genérica para los Managers (Creación Propia)

```

0 referencias | Carlos Espinoza, Hace 35 días | 1 autor, 1 cambio
public class ModeloInicioSesion
{
    0 referencias | Carlos Espinoza, Hace 35 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public string Email { get; set; }
    0 referencias | Carlos Espinoza, Hace 35 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public string Constrasenia { get; set; }
}
    
```

Figura 7: Código del Modelo Login, que puede ser usado en los patrones MVVM y MVC en las distintas interfaces graficas de usuario.

cada entidad, estas tienen que implementar su respectiva interfaz definida en la capa COMMON (figura 12), en esta se puede observar que prácticamente ya no contiene código.

```
18 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 108 días | 1 autor, 1 cambio
public abstract class GenericValidator<T>:AbstractValidator<T> where T:BaseDTO
{
    0 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 108 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public GenericValidator()
    {
        RuleFor(p => p.Id).NotNull().NotEmpty();
        RuleFor(p => p.FechaHoraCreacion).NotNull();
        RuleFor(p => p.FechaHoraModificacion).NotNull();
    }
}
```

Figura 8: Código de un validador genérico para entidades que heredas de BaseDTO (Construcción Propia)

```
2 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 108 días | 1 autor, 1 cambio
public class AvisoAlertaValidator:AbstractValidator<AvisoAlerta>
{
    1 referencia | MasterCarlosEspinoza, Hace 108 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public AvisoAlertaValidator()
    {
        RuleFor(p => p.Destinatario).NotNull().NotEmpty();
        RuleFor(p => p.DireccionAviso).NotNull().NotEmpty();
        RuleFor(p => p.IdAlerta).NotNull().NotEmpty();
        RuleFor(p=>p.IdFormadeAviso).NotNull().NotEmpty();
        RuleFor(p=>p.IdLectura).NotNull().NotEmpty();
        RuleFor(p=>p.IdRegla).NotNull().NotEmpty();
        RuleFor(p=>p.IdSensor).NotNull().NotEmpty();
        RuleFor(p=>p.Texto).NotNull().NotEmpty();
    }
}
```

Figura 9: Código de un validador de la entidad AvisoAlerta, la cual hereda del validador genérico mostrado en la figura 8 (Construcción Propia)

b. Diseño de capa DAL. Esta capa es la que accede directamente a la base de datos y que implementa las operaciones CRUD [12] para cada entidad/tabla, aquí la idea es generar una sola clase que implemente la interfaz genérica de la capa common correspondiente, en la figura 10 se observa como implementa la interfaz mencionada.

```
19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 19 días | 2 autores, 3 cambios
public class GenericRepository<T> : IGenericRepository<T> where T : BaseDTO
{
    private MongoClient client;
    private IMongoDatabase db;
    18 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public GenericRepository(AbstractValidator<T> validator)
    {
        Validator = validator;
        client = new MongoClient(new MongoUrl(@"mongodb://");
        db = client.GetDatabase("");
        Resultado = false;
        Error = "";
    }
    8 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    private IMongoCollection<T> Collection()
    {
        return db.GetCollection<T>(typeof(T).Name);
    }
    1 referencia | MasterCarlosEspinoza, Hace 46 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
```

Figura 10: Fragmento de clase genérica que implementa la interfaz para los métodos CRUD para cada entidad (Construcción Propia)

c. Diseño de capa BIZ, esta capa es la encargada de implementar los métodos de negocio del software, aquí se genera una clase abstracta que ya implemente los métodos CRUD (Figura 11) y una clase por

```
19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 19 días | 1 autor, 3 cambios
public class GenericManager<T> : IGenericManager<T> where T : BaseDTO
{
    protected internal IGenericRepository<T> Repository;
    18 referencias | Carlos Espinoza, Hace 39 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public GenericManager(IGenericRepository<T> repository)
    {
        Repository = repository;
    }
    4 referencias | Carlos Espinoza, Hace 39 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public IQueryable<T> Listar => Repository.Read();
    5 referencias | Carlos Espinoza, Hace 39 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public bool Resultado
    {
        get { return Repository.Resultado; }
        set { Repository.Resultado = value; }
    }
    5 referencias | Carlos Espinoza, Hace 39 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public string Error
    {
        get { return Repository.Error; }
        set { Repository.Error = value; }
    }
}
```

Figura 11: Fragmento de la clase Genérica que implementa la interfaz para consumir un repositorio genérico (Construcción Propia)

```
3 referencias | Carlos Espinoza, Hace 14 días | 1 autor, 1 cambio
public class CarolisRobotManager : GenericManager<CarolisRobot>, ICarolisRobotManager
{
    1 referencia | Carlos Espinoza, Hace 14 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public CarolisRobotManager(IGenericRepository<CarolisRobot> repository) : base(repository)
    {
    }
}
```

Figura 12: Clase que implementa la interfaz de la capa COMMON y que hereda de la clase genérica (Construcción Propia)

4. Tipo título Diseño de capa de transporte: para el caso de Asp.Net, el crear una API es mediante la creación de controladores, estos controladores deben tener métodos para cada verbo HTTP [5], la figura 13 muestra una clase genérica que implementa estos métodos y la figura 14 muestra un controlador (prácticamente sin código) que genera el ENDPOINT necesario para cada entidad.

```
[Produces("application/json")]
[Route("api/GenericApi")]
19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 19 días | 1 autor, 2 cambios
public abstract class GenericApiController<T> : Controller where T:BaseDTO
{
    IGenericManager<T> manager;
    18 referencias | Carlos Espinoza, Hace 35 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public GenericApiController(IGenericManager<T> genericManager)
    {
        manager = genericManager;
    }
    // GET: api/GenericApi
    [HttpGet]
    0 referencias | Carlos Espinoza, Hace 35 días | 1 autor, 1 cambio | 0 solicitudes | 0 excepciones
    public IEnumerable<T> Get()
    {
        return manager.Listar();
    }
    // GET: api/GenericApi/5
    [HttpGet("{id}")]
    0 referencias | Carlos Espinoza, Hace 35 días | 1 autor, 1 cambio | 0 solicitudes | 0 excepciones
    public IActionResult Get(ObjectId id)
    {
        if (string.IsNullOrEmpty(id.ToString()))
        {
            return BadRequest("El Id es requerido");
        }
        else
        {
        }
    }
}
```

Figura 13: Fragmento de clase genérica para implementar los verbos HTTP de una API (Construcción Propia)

```

3 referencias | Carlos Espinoza, Hace 14 días | 1 autor, 1 cambio
public class CarolisRobotManager : GenericManager<CarolisRobot>, ICarolisRobotManager
{
    1 referencia | Carlos Espinoza, Hace 14 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public CarolisRobotManager(IGenericRepository<CarolisRobot> repository) : base(repository)
    {
    }
}
    
```

Figura 14: Clase de un controlador para implementar una API, hereda de la clase mostrada en la figura 14 y se puede observar que prácticamente no tiene código (Construcción Propia)

5. Diseño de Capas de Interfaz de Usuario: estas capas, depende de cada patrón utilizado, pero por ejemplo para una aplicación de escritorio WPF, se pueden usar controles que permitan generar un editor de catálogos, para esto, se puede usar la interfaz propuesta en la figura 15, en la figura 16 se muestra un editor de catálogos que implementa los métodos de la interfaz de la figura 15. Solo resta crear una clase como la mostrada en la figura 17 que implemente los métodos de la interfaz de la figura 15 y se exponga a la interfaz de usuario de la figura 16. De esta forma solo se crea una clase por entidad solo con los controles necesarios para poder editar la entidad y solo se indica los objetos a trabajar, ahorrando así tiempo de desarrollo, codificación y reutilizando mucho código.

```

45 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 112 días | 2 autores, 3 cambios
public interface IRepositorioPanel
{
    /// <summary> Obtiene el nombre de la Entidad de la cual se esta creando el cata ...
    19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 132 días | 1 autor, 1 cambio
    string NombreDeEntidad { get; }
    /// <summary> Obtiene el error ocurrido en las operación de Guardar, Modificar o ...
    20 referencias | Carlos Espinoza, Hace 132 días | 1 autor, 1 cambio
    string Error { get; }
    /// <summary> Guarda el registro
    19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 132 días | 1 autor, 1 cambio
    bool Guardar();
    /// <summary> Modifica el registro
    19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 132 días | 1 autor, 1 cambio
    bool Modificar();
    /// <summary> Elimina el registro
    19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 132 días | 1 autor, 1 cambio
    bool Eliminar();
    /// <summary> Cancela el modo de modificación, limpia los controles e inhabilita ...
    20 referencias | Carlos Espinoza, Hace 132 días | 1 autor, 1 cambio
    void CancelarModificacion();
    /// <summary> Asigna el datagrid del control al panel para que pueda interactuar
    19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 132 días | 1 autor, 1 cambio
    DataGrid AsignarDataGrid { set; }
    19 referencias | MasterCarlosEspinoza, Hace 112 días | 1 autor, 1 cambio
    ComboBox AsignarComboFiltro { set; }
    /// <summary> Carga los datos iniciales cuando se muestra el panel, por ejemplo ...
    19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 132 días | 1 autor, 1 cambio
    void CargarDatosIniciales();
    /// <summary> Nada a limpiar el reporte del control
}
    
```

Figura 15: Fragmento de la interfaz IRepositorioPanel la cual permite implementar métodos genéricos para un editor de catálogos. (Construcción Propia)

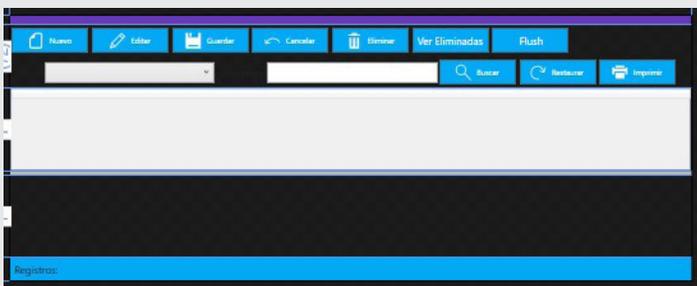


Figura 16: Diseño de un editor de catálogos genérico para implementar con la interfaz de la figura 15 (Construcción propia)

```

19 referencias | Carlos Espinoza, Hace 19 días | 1 autor, 3 cambios
public class GenericManager<T> : IGenericManager<T> where T : BaseDTO
{
    protected internal IGenericRepository<T> Repository;
    18 referencias | Carlos Espinoza, Hace 39 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public GenericManager(IGenericRepository<T> repository)
    {
        Repository = repository;
    }
    4 referencias | Carlos Espinoza, Hace 39 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public IQueryable<T> Listar => Repository.Read();
    5 referencias | Carlos Espinoza, Hace 39 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public bool Resultado
    {
        get { return Repository.Resultado; }
        set { Repository.Resultado = value; }
    }
    5 referencias | Carlos Espinoza, Hace 39 días | 1 autor, 1 cambio | 0 excepciones
    public string Error
    {
        get { return Repository.Error; }
        set { Repository.Error = value; }
    }
}
    
```

Figura 17: Fragmento de una clase que hereda de un UserControl e implementa la interfaz de la figura 15 (Construcción Propia)

Con las otras capas de interfaz de usuario, se puede hacer algo similar, donde se reutilice el código todo mediante el uso de clases genéricas, abstractas e interfaces.

RESULTADOS

Después de realizar la arquitectura y las interfaces iniciales, siguiendo esta metodología, los proyectos son muy fáciles de codificar con un mínimo de líneas.

Esta misma metodología se ha usado para realizar proyectos que sus resultados ya han sido publicados en revistas indexadas, como:

- Implementación de plataforma web y aplicaciones móviles mediante buenas prácticas usando tecnología .NET [2]
- Evaluador de calidad de escritura de código fuente [13]
- Implementación de plataforma para el internet de las cosas en un ambiente de nube pública. [14]

Estos proyectos implementan también metodologías KISS [15], CleanCode [16] y SOLID [17] para el desarrollo.

Resultados como tal se pueden observar directamente en la sección de Metodología, donde se observa en las figuras la reutilización de código, minimización de escritura de código y maximización de funcionalidad, el usar estas técnicas requiere entender muy bien cada concepto, pero el usarlas también ayuda mucho a la comprensión a profundidad de estos.

Aplicando esta metodología, proyectos completos (en su fase preliminar) se han terminado en tiempo récord; estos mismos principios se han presentado a alumnos de 1ro y 3er semestre de la Ingeniería en Sistemas Computacionales y has servido para comprender de forma más que adecuada los conceptos

de Programación a Objetos, entregando proyectos altamente escalables, reutilizables y mantenibles.

Si bien al principio esta metodología pudiera resultar enredada y tediosa con el uso y el paso del tiempo a resultado de gran beneficio, ya que por ejemplo, los validadores, como se pudo observar en la figura 10, estos son implementados directamente en la capa DAL, por lo que no es necesario validar en cada Interfaz de usuario, de modo que los mismos errores de validación (los textos) se dan en todas las interfaces de usuarios ganando estandarización en la implementación, dejando a los programadores preocuparse por lo importante como implementar los métodos en la capa BIZ.

Otra gran ventaja del trabajo en capas es que una vez que se tiene una interfaz de usuario funcionando, migrar a otro contexto, por ejemplo de escritorio a web o de web a móviles, simplemente se generan la nueva interfaz de usuario ya que los métodos generados ya funcionan y que además de que con alguna modificación las modificaciones hechas en la capa BIZ estarán disponibles para implementar fácilmente en todas las interfaces de usuario ganando velocidad de desarrollo y disminución de tiempo de depuración.

Algo importante (que no se tocó en este documento) es el uso de pruebas unitarias y automatizadas, con el uso de este tipo de codificación las pruebas unitarias también se simplifican, por ejemplo, en los repositorios, una sola clase funciona para cualquier número de entidades, por lo que depurando una única clase es funcional para todas nuestras entidades.

CONCLUSIONES

Si bien el construir un software es un arte, también se deben tener técnicas que hagan más productivos a los equipos de trabajo, como se pudo observar usando interfaces, clases genéricas, abstractas, implementando patrones de diseño y buenas prácticas de programación se gana en:

- Escalabilidad
- Reutilización de código
- Disminución de tiempo de desarrollo
- Disminución de tiempo de depuración
- Estandarización de escritura de código
- Disminución de tiempo de capacitación de nuevos recursos humanos.

Si bien al principio esta metodología pudiera resultar enredada y tediosa con el uso y el paso del tiempo a resultado de gran beneficio.

BIBLIOGRAFÍA

[1] D. Esposito y A. Saltarello, *Microsoft .Net: Architecting Applications for the Enterprise*, Whashington: Microsoft Press, 2015.

[2] C. Espinoza Galicia, A. Martínez Endonio, M. Escalante Cantu y R. Martinez Rangel, «Implementación de Plataforma Weby Aplicaciones Móviles Mediante Buenas Practicas Usando Tecnología .Net,» *Revista de Tecnologías de la Información y Comunicaciones*, pp. 42-49, 2017.

[3] D. Cyrus y N. Amol, *MongoDB Cookbook*, Birmingham, UK.: Packt Publishing, 2016.

[4] Microsoft Corporation, *Microsoft Application Architecture Guide, Patterns & Practices, 2nd Edition*, Redmond: Microsoft Corporation, 2009.

[5] Microsoft Corporation, «Información general sobre ASP.NET MVC,» [En línea]. Available: [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd381412\(v=vs.108\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd381412(v=vs.108).aspx).

[6] NodeMCU Team, «NodeMcu: Connect Things EASY,» 2014. [En línea]. Available: http://www.nodemcu.com/index_en.html.

[7] *Programming for the Intener of Things, Using Windows 10 IoT Core and Azure IoT Suite*, Redmond, Washington, US: Microsoft Press, 2017.

[8] Microsoft Corporation, «Data Transfer Object,» [En línea]. Available: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff649585.aspx>.

[9] L. González Bañales, «SG BUZZ Conocimiento para crear Software Grandioso,» 8 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://sg.com.mx/content/view/213>. [Último acceso: 2 Agosto 2016].

[10] Microsoft Corporation, «El patrón MVVM,» [En línea]. Available: <https://msdn.microsoft.com/es-mx/library/hh848246.aspx>.

[11] J. Bishop, *C# 3.0 Design Patterns*, Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2008.

[12] 1&1 Internet Inc, «CRUD: la base de la gestión de datos,» [En línea]. Available: <https://www.1and1.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/crud-las-principales-operaciones-de-bases-de-datos/>.

[13] C. Espinoza Galicia, W. Gómez López y R. Reyes López, «Evaluador de calida de escritura de código fuente,» *Revista de Tecnología Informática*, pp. 30-35, 2017.

[14] C. Espinoza Galicia, W. Gómez López y R. F. Guillén Mallete, «Implementación de plataforma para el Internet de las cosas en un ambiente de nube pública,» *Tecnología Educativa*, pp. 63-69, 2016.

[15] S. Rossel, «KISS – One Best Practice to Rule Them All,» 19 Agosto 2015. [En línea]. Available: <https://simpleprogrammer.com/2015/08/19/kiss-one-best-practice-to-rule-them-all/>.

[16] M. Robert C., *Clean Code, A Handbook of Agile Software Craftsmanship*, Boston, MA: Pearson Education, Inc., 2009.

[17] A. Gaurav Kumar, *SOLID Principles Succinctly*, Morrisville, NC: Syncfusion Inc., 2016.



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Análisis y resultados experimentales de controladores de posición angular en un aeropéndulo

RESUMEN: Se presenta el análisis y experimentación de controladores aplicados a un aeropéndulo (sistema péndulo-motor-hélice), la intención del trabajo es sintetizar las ventajas y desventajas de la implementación de diferentes controladores, así como comparar su respuesta práctica, tal que los resultados sean útiles para inferir una técnica de control que sea robusta y posteriormente se analice e implemente en el control de aterrizaje de un vehículo aéreo no tripulado (UAV).

El trabajo aborda el modelo matemático del sistema de interés, vía ecuaciones de Euler-Lagrange, luego se realiza una linealización aproximada; también se aborda una linealización exacta, posteriormente se analiza el control de posición, mediante las técnicas de realimentación del vector de estado LQR, así como de un controlador PID. Además, se hace una revisión al filtrado de las señales proporcionadas por la unidad de medición inercial (IMU), mediante un filtro Pasa-bajas (PB) y un Filtro Kalman Extendido. Finalmente se presentan resultados mediante simulaciones que se comparan con experimentaciones obtenidas de la implementación de los controladores en una tarjeta de desarrollo basada en microcontrolador ARM, el prototipo del sistema péndulo y la IMU.

PALABRAS CLAVE: aeropéndulo, linealización aproximada, linealización exacta, LQR, PID, implementación, Filtro PB, Filtro de Kalman Extendido.



Colaboración

Allende Peña J.M.; Rodríguez Paredes S.A.; Salmerón Quiroz B.B.; Villegas Medina G.; Instituto Politécnico Nacional / ESIME Azcapotzalco; Reyes García J.M.E. Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco

ABSTRACT: The analysis and experimentation of controllers applied to an aeropendulum (pendulum-motor-helix system) is presented, the intention of the work is to synthesize the advantages and disadvantages of the implementation of different controllers and to compare their practical response, such that the results they are useful to infer a control technique that is robust to be implemented in the landing control of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

The work approaches the mathematical model of the system of interest with Euler-Lagrange equations, then an approximate linearization and exact linearization are presented, then the position control is analyzed with the feedback LQR, as well as a PID controller. In addition; a revision to the filtering of the signals provided by the inertial measurement unit (IMU), is made through an Low Pass Filter and Extended Kalman Filter. Finally results are presented through simulations that are compared with experiments obtained from the implementation of the controllers in a development card ARM microcontroller, the prototype of the pendulum system and the IMU.

KEYWORDS: aeropendulum, approximate linearization, exact linearization, LQR, PID, implementation, LP Filter, Extended Kalman Filter.

INTRODUCCIÓN

En el área de control automático diversas técnicas de control actualmente son investigadas, para aplicarse e implementarse en aeronaves autónomas y/o semiautónomas, lo que se pretende con esto es obtener vehículos seguros, eficaces y con errores de ejecución mínimos o nulos [1][2]. De acuerdo con [3][4][5], algunas de las técnicas de control aplicadas a las aeronaves son basadas en la linealización, donde se aplican técnicas de control por PID clásico, reguladores lineales con índice cuadrático (LQR) y Gaussiano (LQG), así como técnicas de control predictivo, técnicas de control por modos deslizantes, técnicas de control robusto basadas en estructuras H_2 y H_∞ , además de técnicas de control basadas en algoritmos genéticos, controladores adaptativos, de lógica difusa y borrosa, algoritmos de redes neuronales y métodos de Lyapunov.

Un acoplamiento motor-hélice es utilizado en el presente trabajo, el cual produce una fuerza de empuje que provoca un torque a un sistema péndulo, como se propone en [6],[7], tal que se obtiene como salida una posición angular en función del voltaje aplicado a al motor, de esta forma el trabajo realiza un análisis y síntesis experimental de la respuesta que ofrecen algunas técnicas de control al aplicarse al elemento básico de un vehículo aéreo; es decir, un sistema basado en un motor - hélice, con ello se considera sintetizar las ventajas o desventajas que ofrecen estos controladores cuando se aplican al control de posición y seguimiento de trayectorias en el área de vehículos aéreos.

MATERIAL Y MÉTODOS

En esta sección del trabajo inicialmente se presenta el modelo matemático y la validación experimental del sistema de interés, luego se analizan y aplican las técnicas de control mediante realimentación del vector de estado basado en un control LQR, así como PID, estas técnicas se aplican a dos aproximaciones lineales, la primera de forma aproximada y la segunda de forma exacta. Así mismo, se revisa el filtrado de las señales mediante un filtro Pasa-Bajas y un Filtro Kalman Extendido. Con ello se espera obtener datos y graficas que permitan comparar la respuesta práctica de los controladores implementados de forma digital en el sistema aeropéndulo y permitan definir el mejor enfoque de control para aplicarse a un UAV.

Modelo del sistema

El modelo matemático es obtenido a partir del formalismo Euler- Lagrange. La figura 1 muestra el diagrama de cuerpo libre del sistema y a su vez el prototipo experimental.

Donde; m_a es la masa del motor-hélice, F_e la fuerza de empuje provocada por la rotación de la hélices, I es la longitud a la que se encuentra ubicada la masa m_a respecto al centro de rotación de la barra, g la fuerza de gravedad y q_1 representa la posición angular.

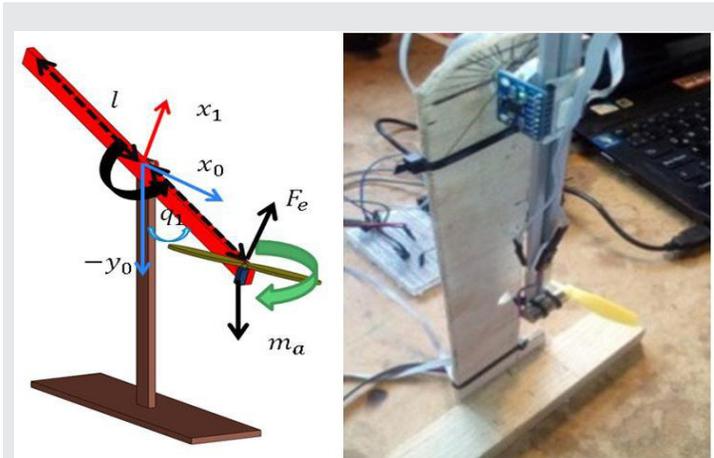


Fig. 1. Sistema péndulo- motor- hélice

a. Modelo no lineal

El Lagrangiano del sistema péndulo queda

$$L(q, \dot{q}) = k(q, \dot{q}) - u(q) \tag{Ec(1)}$$

$$L(q, \dot{q}) = \frac{1}{2}(m_a l^2 + I)\dot{q}_1^2 + m_a g l \cos q_1$$

De las ecuaciones de Euler-Lagrange [8], se obtiene

$$\tau = (l^2 m_a + I)\ddot{q}_1 + m_a g l \sin q_1 + b \dot{q}_1 \tag{Ec(2)}$$

Ahora expresando (2) en variables de estado

$$\begin{aligned} \dot{q}_1 &= q_2 \\ \dot{q}_2 &= \frac{1}{m_a l^2 + I} [-m_a g l \sin q_1 - b q_2 + \tau] \end{aligned} \tag{Ec(3)}$$

Con puntos de equilibrio $\bar{q}_1, \bar{q}_2 = 0$,

$$\bar{\tau} = m_a g l \sin \bar{q}_1$$

b. Parámetros del modelo

La tabla I, resume los parámetros del modelo.

Tabla I. Parámetros del modelo

Parámetro	Valor	Descripción
m_a	0.008Kg	Masa del motor-hélice
I	0.000135kg.m ²	Inercia del péndulo
b	0.0030 Nms/rad	Constante de amortiguamiento
g	9.81m/s ²	Constante de gravedad
$2l$	0.29m	Longitud de la barra-péndulo

La relación que define la fuerza de empuje con la velocidad angular del motor-hélice, se relaciona por la ecuación $F_e = F \omega^2$ [9], [10], por otro lado la relación $F_e = k_v V$, se obtiene de manera experimental, donde k_e es la constante de empuje relacionada con la velocidad angular ω de la hélice del motor y k_v es la constante de empuje relacionada con el voltaje aplicado al motor-hélice DC.

Para obtener la fuerza de empuje F_e , se diseñó el siguiente experimento, ver figura 2. Se aplican diferen-

tes voltajes al motor y se mide la fuerza de empuje en kg_f , que se ejerce de manera perpendicular por uno de los extremos de la barra en una báscula, luego estos valores obtenidos se transforman a N , mediante la relación $F=ma$.

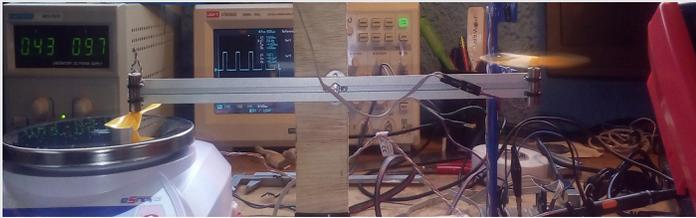


Fig. 2. Experimento para determinar la fuerza de empuje del motor-hélice

Con la experimentación se obtiene una relación lineal entre la fuerza de empuje y el voltaje aplicado definido por: $F_e=k_v V$, donde $k_v=0.045N/V$. La figura 3 muestra los resultados de este experimento.

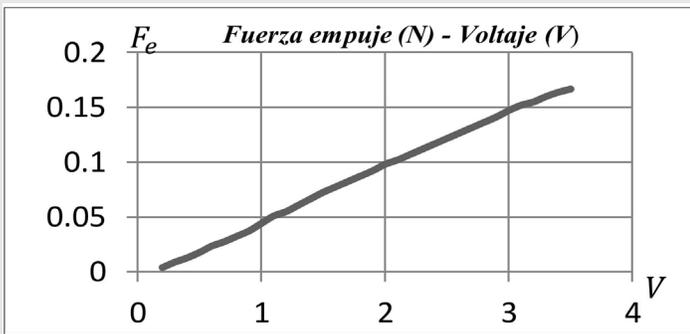


Fig. 3. Datos experimentales del motor-hélice

c. Simulación del modelo y experimentación en lazo abierto

Sustituyendo los parámetros, se procede a la simulación del modelo definido en (2), al que se le aplica una señal tipo escalón, con $\tau=F_e l$ y $F_e=k_v V$. La figura 4 muestra la respuesta de la simulación y la experimentación con el prototipo.

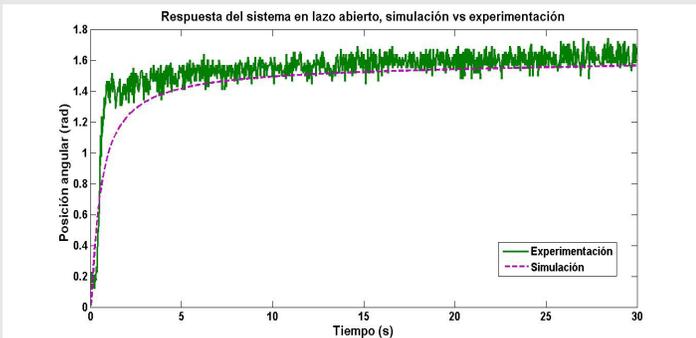


Fig. 4. Respuesta del sistema ante entrada escalón. Caso 1

Para la obtención de datos experimentales con el prototipo, se hace uso de una Unidad de Medición Inercial

MPU6050-6DOF con comunicación I2C, una tarjeta Teensy 3.2 basada en un microcontrolador de 32 bit ARM de 96 MHz, con lo que se logra un muestreo de la señales de entrada y salida de 500 Hz, se utiliza entorno Matlab-Simulink para recibir datos mediante los bloques de comunicación serial, a una frecuencia de 33 muestras por segundo. El voltaje se aplica al motor es a través de un transistor TIP 120 operando en la zona de corte y saturación, el cual es controlado mediante una salida PWM de la tarjeta de desarrollo, de esta forma el voltaje que se aplica al motor se considera como el valor promedio del ancho de pulso aplicado, siendo 0% del ciclo útil del PWM un voltaje de 0V y un 100% del ciclo útil, un voltaje aplicado al motor de 3.7V. La figura 5 ilustra la distribución de los elementos para realizar los experimentos en lazo abierto y en lazo cerrado.

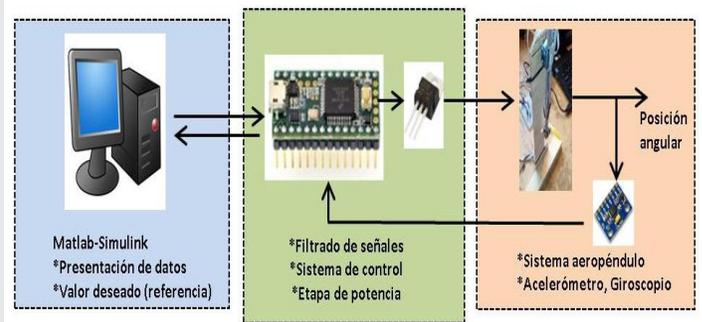


Fig. 5. Diagrama a bloques para experimentación con prototipo

d. Linealización aproximada del modelo

Desarrollando en series de Taylor $\sin\theta$, alrededor de un valor $\theta^*=0$, [11],[12], se obtiene

$$Ec(4)$$

$$\sin\theta = \sin(0) + \cos(0) \theta - \frac{1}{2} \sin(0) \theta^2 + \frac{1}{6} \cos(0) \theta^3 + \dots + T.O.S$$

Donde $T.O.S$ representan los términos de orden superior de la serie. Al simplificar (4)

$$\sin\theta = \theta \quad Ec(5)$$

Por lo que el sistema (3) puede representarse como un sistema lineal, definido por

$$\begin{pmatrix} \dot{q}_{1\delta} \\ \dot{q}_{2\delta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{m_a l^2 + I} m_a g l & -\frac{1}{m_a l^2 + I} b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_{1\delta} \\ q_{2\delta} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{1}{m_a l^2 + I} \end{pmatrix} \tau_\delta \quad Ec(6)$$

Las variables incrementales quedan definidas como: $q_1\delta=q_1-\bar{q}_1$ y $q_2\delta=q_2-\bar{q}_2$, además de $\tau\delta=\tau-\bar{\tau}$, donde τ es la entrada de control del sistema no lineal y $\bar{\tau}$ un valor de equilibrio.

e. Linealización exacta del modelo

Definiendo una entrada auxiliar v [13], tal que

$$v = -\frac{1}{m_a l^2 + I} m_a g l \sin q_1 - \frac{1}{m_a l^2 + I} b q_2 + \frac{1}{m_a l^2 + I} \tau \quad Ec(7)$$

Entonces el sistema (3) es transformado en un sistema lineal desde la nueva entrada v .

$$\begin{pmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} v \quad \text{Ec(8)}$$

Control LQR

f. Control de posición mediante el modelo linealizado de forma aproximada

Sustituyendo los parámetros de la tabla I y verificando la controlabilidad del sistema (6).

$$M_c = [B: AB] = \begin{bmatrix} 0 & 3298.2 \\ 3298.2 & -32634.03 \end{bmatrix} \quad \text{Ec(9)}$$

Ahora se propone una realimentación del vector de estado basado en el regulador lineal Cuadrático (LQR), [12]. Sea el control

$$\tau_\delta(t) = -Kq_\delta(t) \quad \text{Ec(10)}$$

Tal que $\tau_\delta(t)$ minimice la función de desempeño cuadrática

$$J = \int_0^\infty (q_\delta^T Q q_\delta + \tau_\delta^T R \tau_\delta) dt \quad \text{Ec(11)}$$

Sujeta a $\dot{q}_\delta = Aq_\delta + B\tau_\delta$

Si se determinan los elementos desconocidos de la matriz K para minimizar la función de costo cuadrática (11), la ley de control lineal $\tau_\delta(t) = -Kq_\delta(t)$ es óptima para cualquier estado inicial $x(0)$, [12].

Sea $K = R^{-1}B^T P$ Ec(12)

Con P que es la única solución simétrica, definida positiva para la ecuación de Riccati

$$A^T P + P A - P B R^{-1} B^T P + Q = 0 \quad \text{Ec(13)}$$

Donde Q es una matriz simétrica real definida positiva y R es una matriz simétrica real definida positiva. Como que el término $\tau_\delta^T R \tau_\delta$ está relacionado con el gasto de energía del control $\tau_\delta(t)$, mientras que la forma cuadrática $q_\delta^T Q q_\delta$ representa la desviación del estado x desde el estado inicial $x(0)$, se propone:

$$Q = C^T C = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{Ec(14)}$$

Luego mediante simulación se obtienen diferentes valores, para la matriz de realimentación K se eligiéndose el valor $R=5000$, tal que el voltaje aplicado al motor se encuentre en dentro del valor nominal. Para calcular el valor K se hace uso de la instrucción de Matlab, definida como: $[K,P,E] = \text{lqr}(A,B,Q,R)$, la cual devuelve la matriz K, el vector de valores propios E y la matriz P, como la única solución definida positiva para la ecuación matricial de Riccati. El vector de realimentación K que estabiliza los estados $q_{1\delta}$ y $q_{2\delta}$ del sistema (6), está dado por:

$$K = (k_1 \& k_2) = (0.0068 \& 0.0116) \quad \text{Ec(15)}$$

Verificando la estabilidad en lazo cerrado, mediante la determinación de los valores propios de la matriz $(A - BK)$

$$s^2 + 48.154s + 59.96 = 0 \quad \text{Ec(16)}$$

$$s_1 = -1.2792 \text{ y } s_2 = -46.875$$

Ahora el controlador lineal para el sistema no lineal (3) queda definido por

$$\tau = -k_1 q_{1\delta} - k_2 q_{2\delta} + \bar{\tau} \quad \text{Ec(17)}$$

$$\tau = -k_1 (q_1 - \bar{q}_1) - k_2 (q_2 - \bar{q}_2) + m_a g \sin \bar{q}_1$$

g. Control de posición mediante el modelo linealizado de forma exacta

Verificando la controlabilidad del sistema lineal (8).

$$M_{cA} = [B_A: A_A B_A] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{Ec(18)}$$

Luego se propone una realimentación del vector de estado basado en LQR, para sistema (8). Sea el control

$$v = -K_A (q - \bar{q}) = -k_{1A} (q_1 - \bar{q}_1) - k_{2A} (q_2 - \bar{q}_2) \quad \text{Ec(19)}$$

$$\text{Con } Q_A = C^T C = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Con $Q_A = C^T C = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$

Nuevamente al hacer uso de la instrucción $[K,P,E] = \text{lqr}(A,B,Q,R)$ en Matlab, con $R_A=0.0005$. Se obtiene:

$$K_A = (k_{1A} \ k_{2A}) = (44.7214 \ 45.7104) \quad \text{Ec(20)}$$

Para verificar la estabilidad en lazo cerrado, se determinan los valores propios de la matriz $(A_A - B_A K)$

$$s^2 + 45.71s + 44.721 = 0 \quad \text{Ec(21)}$$

$$s_1 = -1.0003 \text{ y } s_2 = -44.710$$

Ahora el controlador lineal para el sistema no lineal (3) queda definido por

$$v = -k_{1A} (q_1 - \bar{q}_1) - k_{2A} (q_2 - \bar{q}_2) \quad \text{Ec(22)}$$

Además recordando la ecuación (7), el controlador esta dado por

$$\tau = (m_a l^2 + I) [-k_{1A} (q_1 - \bar{q}_1) - k_{2A} (q_2 - \bar{q}_2)] + b q_2 + m_a g \sin q_1 \quad \text{Ec(23)}$$

Control PID

Considerando el sistema lineal (6) y eligiendo la posición angular como salida del sistema se obtiene

$$G(s) = \frac{C(sI - A)^{-1} B}{s^2 + 9.8945s + 37.532} \quad \text{Ec(24)}$$

Luego la función de transferencia en lazo cerrado observándola el espacio del error es

$$e(s) = \frac{Y^*(s)}{1 + G(s)u(s)} \quad \text{Ec(25)}$$

Sustituyendo la función de transferencia (24) en (25) se obtiene

$$e(s) = \frac{Y^*(s)}{1 + \frac{3298.2}{s^2 + 9.8945s + 37.532} [u(s)]} \quad \text{Ec(26)}$$

Si ahora se propone un control del tipo

$$u(s) = k_d s + k_p + \frac{1}{s} k_I \quad \text{Ec(27)}$$

Sustituyendo a (27) en (26), se llega a

$$e(s) = \frac{(s^2 + 9.8945s + 37.532)Y^*(s)}{(s^2 + 9.8945s + 37.532) + [3298.2(k_d s + k_p + \frac{1}{s} k_I)]} \quad \text{Ec(28)}$$

Aplicando el teorema del valor final se observa que el límite del error conforme el tiempo tiende a infinito es cero

$$\lim_{s \rightarrow 0} s e(s) = 0$$

$$\lim_{s \rightarrow 0} s \frac{(s^2 + 9.8945s + 37.532)Y^*(s)}{(s^2 + 9.8945s + 37.532) + [3298.2(k_d s + k_p + \frac{1}{s} k_I)]} = 0$$

La selección de las ganancias es determinada mediante simulación, ajustándose de tal manera que generen valores nominales de voltaje aplicado al motor. Esta escogencia queda dada por

$$k_d = 0.00005, \quad k_p = 0.003 \text{ y } k_I = 0.0002 \quad \text{Ec(29)}$$

Que generan el siguiente polinomio característico, tal que muestran la estabilidad.

$$p(s) = s^3 + 10.059s^2 + 37.697s + 0.16491$$

$$s_1 = -4.3797 \times 10^{-3}, \quad s_2 = -5.0273 - 3.5184i \quad \text{Ec(30)}$$

$$s_3 = -5.0273 + 3.5184i$$

Ahora el controlador lineal para el sistema no lineal (8) queda definido por

$$\tau = k_d \frac{d}{dt} e(t) + k_p e(t) + k_I \int e(t) dt + \bar{\tau}$$

$$\tau = k_d \frac{d}{dt} (\bar{q}_1 - q_1) + k_p (\bar{q}_1 - q_1) + k_I \int (\bar{q}_1 - q_1) dt + \quad \text{Ec(31)}$$

$$k_I \int (\bar{q}_1 - q_1) dt + m_a g l \sin \bar{q}_1$$

Filtrado de señales

El MPU 6050 es un dispositivo que consta de acelerómetro y un giroscopio, con el fin de reducir el ruido provocado por la vibración de los motores y que se presenta en la adquisición de la posición y velocidad angular, se considera implementar un sistema de filtrado, particularmente se revisan dos filtros, el primero de ellos un filtro Pasa-Bajas y un Filtro de Kalman Extendido.

Con el fin de implementar el filtro Pasa-Bajas en microcontrolador se hace una revisión al tipo discreto. La ecuación que define al filtro se encuentra determinada por (32), [9],[10].

$$\theta_{k+1} = 0.9(\theta_k + Tx) + 0.1(\theta_g) \quad \text{Ec(32)}$$

Con; θ_{k+1} : el valor filtrado de la posición angular, θ_k : el valor anterior de la posición angular, T el periodo de muestra, x: la velocidad angular y θ_g : la posición angu-

lar determinada a partir de la proyección de la gravedad.

Por otro lado las ecuaciones que definen al Filtro de Kalman son definidas por [14],[15]:

$$K_k = P_k C_k^T (C_k P_k C_k^T + R)^{-1} \quad \text{Ec(33)}$$

$$\hat{x}_{k+1} = f(\hat{x}_k, u_k) + K_k [y_k - h(\hat{x}_k)] \quad \text{Ec(34)}$$

$$P_{k+1} = A_k (I - K_k C_k) P_k A_k^T + Q \quad \text{Ec(35)}$$

Con el sistema no lineal, representado en variables de estado definido por:

$$\hat{x}_{k+1} = f(x_k, u_k) + w_k \quad \text{Ec(36)}$$

$$y_k = h(x_k) + v_k \quad \text{Ec(37)}$$

$$A_k = f'(\hat{x}_k, u_k) \quad \text{Ec(38)}$$

$$C_k = h'(\hat{x}_k) \quad \text{Ec(39)}$$

Donde w_k y v_k son el ruido del proceso y de la medición respectivamente, Q es la covarianza del proceso de ruido W_k y R es la covarianza del ruido en la medición v_k .

RESULTADOS

Las simulaciones de los controladores son realizadas en el entorno Matlab-Simulink, utilizando el sistema no lineal definido en (3) y con los controladores definidos por las ecuaciones (17), (23) y (31), los parámetros de definidos en la Tabla I. Además los valores de las ganancias corresponden a las ecuaciones (15), (20) y (29) respectivamente. La implementación es desarrollada mediante el entorno Matlab-Simulink, la tarjeta de desarrollo Teensy 3.2, la IMU-MPU6050 y el prototipo péndulo-motor-hélice, de la misma forma que se describe en la metodología, sección c. Los resultados que se presentan hacen uso de un filtro Pasa-Bajas discreto, con frecuencia de corte de 8.2 Hz, definido en la ecuación (32) y aplicado a las señales del acelerómetro.

Las figuras 6, 7 y 8 presentan las gráficas, donde son sobrepuestos la simulación, la referencia deseada y los resultados experimentales, la figura 6 corresponde a los resultados obtenidos con el controlador LQR del sistema linealizado de forma aproximada.

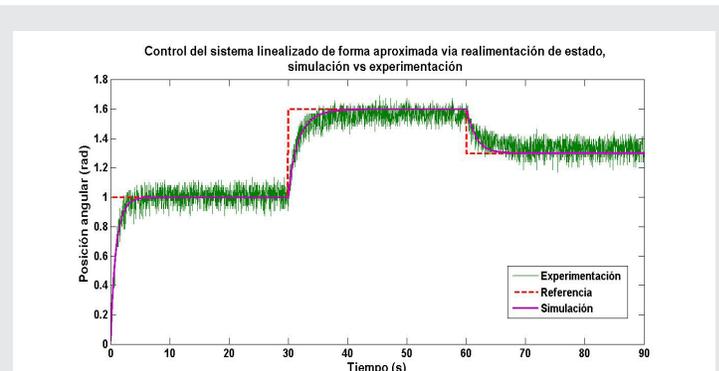


Fig. 6. Resultados del controlador implementado con linealización aproximada

La figura 7 muestra los resultados obtenidos con el controlador LQR del sistema linealizado de forma exacta y por último la figura 8 muestra los resultados del controlador PID.

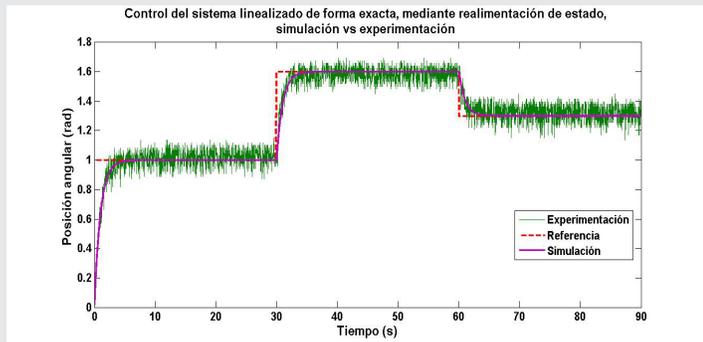


Fig. 7. Resultados del controlador implementado con linealización exacta

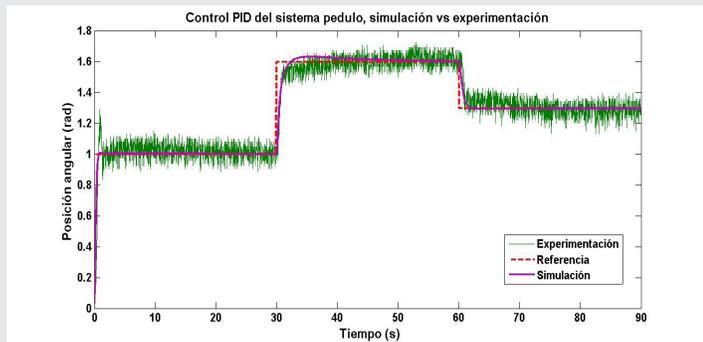


Fig. 8. Resultados del controlador implementado con PID

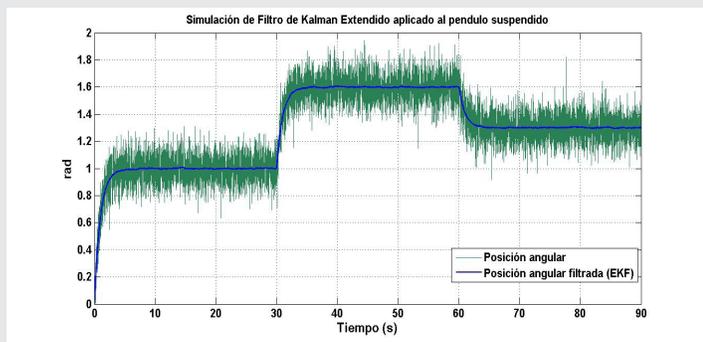


Fig. 9. Simulación del EFK aplicado al aeropéndulo

Tal como se muestra en las figuras 6, 7 y 8, el ruido no se ha atenuado de forma significativa, por lo que se simuló en el entorno Matlab-Simulink el sistema no lineal adicionando ruido blanco tal que se genera una desviación estándar de 0.1 rad a los estados del sistema, luego con las ecuaciones (6) el control definido por (23) y las ecuaciones (36) a (39) se simula un Filtro Kalman Extendido. La Figura 9 muestra los resultados de esta simulación.

Tal como se muestra en las figuras 6, 7 y 8, el ruido no se ha atenuado de forma significativa, por lo que se simuló en el entorno Matlab-Simulink el sistema no lineal adicionando ruido blanco tal que se genera una desviación estándar de 0.1 rad a los estados del sistema, luego con las ecuaciones (6) el control definido por (23) y las ecuaciones (36) a (39) se simula un Filtro Kalman Extendido. La Figura 9 muestra los resultados de esta simulación.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó el análisis para la implementación de controladores de posición mediante linealización aproximada y linealización exacta vía control LQR, así como de un controlador PID, se presentaron resultados que permiten observar y comparar, que cualquiera de los controladores implementados logra el objetivo de estabilizar la posición angular. Sin embargo se observa que el controlador que ofrece la respuesta más suave y rápida es el controlador vía LQR, del sistema linealizado de forma exacta, sin embargo tiene el inconveniente que si no se conocen de forma exacta los parámetros resulta en error en la posición final, un efecto similar se observó en el sistema linealizado de forma aproximada. Por otro lado se determinó que el control PID es tolerante a cambios en los parámetros, sin embargo la sintonización no es sencilla en comparación con los sistemas LQR. Además se observa que el filtro Pasa-Bajas no es recomendable debido a que no atenúa suficientemente las señales de ruido del sistema, en comparación con el Filtro Kalman Extendido. Un trabajo a corto plazo es implementar en el microcontrolador el Filtro Kalman Extendido, debido que este solo fue simulado en Matlab.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Gupta, Suraj G., Mangesh M. Ghonge, and P. M. Jawandhiya. Review of unmanned aircraft system (UAS). International journal of advanced research in computer engineering & technology (IJARCET) 2, no. 4 (2013): pp-1646.

[2] Laurence R. Newcome, Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles, AIAA, ISBN: 1563476444, 9781563476440, 2004.

[3] Béjar, M.Ollero, A Revisión del estado de la técnica, Modelado y control de helicópteros autónomos. Revista iberoamericana de Automática e Informática Industrial, ISSN: 1697-7912. Vol. 5, Núm. 4, Octubre 2008, pp. 5-16.

[4] Juan López Otero, Diseño, Implementación y Prueba de Técnicas de Control Robusto Aplicadas a la Operación de un UAV (Unmanned Air Vehicle). Tesis Doctoral, Departamento de Informática y Automática Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática (UNED). Madrid, España 2012.

[5] Roldan Caballero A. Modelado y monitoreo para un dron tipo cuadrirotor. Tesis de Maestría en Ingeniería de Manufactura. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México 2016.

[6] Acosta, J. A. P., Ardila, L. K. R., & Gómez, E. J. (2011). Control Robusto por Modelo Interno aplicado como laboratorio virtual a un péndulo motorizado. *Visión Electrónica: algo más que un estado sólido*, 5(1), 77-88.

[7] García, F. E. M., Vargas, J. A. B., & García, Y. E. A. (2012). Desarrollo de un módulo didáctico para control angular de un péndulo suspendido. *Respuestas*, 17(2), 48-54.

[8] Reyes, F. (2011). *Robótica-Control de robots manipuladores*. Alfaomega Grupo Editor.

[9] Nonami, K., Kendoul, F., Suzuki, S., Wang, W., & Nakazawa, D. (2010). Introduction. In *Autonomous Flying Robots* (pp. 1-29). Springer Japan.

[10] Beard, R. W., & McLain, T. W. (2012). *Small unmanned aircraft: Theory and practice*. Princeton university.

[11] Khalil, H. K. (1996). *Nonlinear Systems*. Prentice-Hall, New Jersey, 2(5), 5-1.

[12] Ogata, K., & Yang, Y. (2002). *Modern control engineering* (Vol. 4). India: Prentice hall.

[13] Sira-Ramírez, H. E. B. E. R. T. T., Marquez, R., Rivas-Echeverria, F., & Llanes-Santiago, O. (2005). *Control de Sistemas no lineales. Automática & Robótica*. Pearson Educación SA.

[14] Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Journal of basic Engineering*, 82(1), 35-45.

[15] Simon, D. (2006). Using nonlinear Kalman filtering to estimate signals. *Embedded Systems Design*, 19(7), 38.



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Aplicación Web para la integración de procesos académicos y administrativos en escuelas normales rurales



Colaboración

Jacobo Robles Calderón; Marco Antonio Aguilar Cortés; José Luis Gutiérrez García, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

RESUMEN: El presente trabajo de investigación muestra la aplicación de tecnologías de programación web emergentes que resuelven la problemática de la Escuela Normal Rural Carmen Serdán de la ciudad de Teteles de Ávila Castillo del Estado de Puebla. Los resultados más sobresalientes son la respuesta casi inmediata que tienen los alumnos con respecto a los servicios académicos. Otro beneficio es el seguimiento oportuno con las que cuentan las autoridades para tratar de disminuir el índice de reprobación y deserción. Finalmente, el grado de aceptación por parte de la escuela, permite hacer una proyección de uso de las demás Normales del Estado.

PALABRAS CLAVE: Calidad, Proceso, Escuela, Servicio

ABSTRACT: This research work shows the application of emerging web programming technologies that solve the problems of the Carmen Serdan Rural Normal School in the city of Teteles de Avila Castillo, Puebla. The most outstanding results are the almost immediate response that students have with respect to academic services. Another benefit is the timely follow-up with the authorities to try to reduce the rate of failure and desertion. Finally, the degree of acceptance by the school allows us to make a projection of the use of the other Normal Schools of Puebla.

KEYWORDS Quality, Process, School, Service

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las tecnologías de información y telecomunicaciones para la automatización de procesos administrativos es algo muy común ya que de esta manera se genera información que puede ser procesada con fines de generar estrategias que beneficien a una organización o empresa. Ante esta situación podemos conceptualizar a las TIC como una conjunción de tres elementos fundamentales: las telecomunicaciones, informática y la micro-electrónica [1].

De lo anterior surgió la necesidad de realizar un proyecto dividido en diversas fases que involucran de manera directa el uso de la informática; a fin de mejorar la integración de procesos administrativos en la Escuela Normal Rural Carmen Serdán. Cabe mencionar en este proyecto el equipo de desarrollo integrado por maestros investigadores del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán buscó un balance entre la parte metodológica y la técnica, proporcionando una cantidad de información suficiente para describir los resultados obtenidos ya que actualmente es prioritario implementar el uso de TIC's en las escuelas de este tipo, y esto se debe a que en México, el objetivo principal de la educación superior es la formación de profesionistas en los diferentes campos de la ciencia, la tecnología, la docencia y la investigación con la finalidad de brindar beneficios a la sociedad y sobre todo impulsar el progreso integral de la nación. [2]. En nuestro país, existen diferentes tipos de instituciones que son las encargadas de realizar la formación de esas personas como son las universidades, institutos tecnológicos (que, en 2014, pasaron a ser un solo organismo: el Tecnológico Nacional de México), escuelas normales y universidades tecnológicas. Todas ellas comprenden los niveles de técnico superior universitario o profesional asociado, licenciatura, especialidad, maestría y doctorado.

Dentro del contexto de la investigación que se presenta hay que describir a las escuelas normales como instituciones que ofrecen programas de licenciatura con perspectivas teórico-metodológicas específicas para la formación docente en educación básica de nuestro país [3]. Actualmente, existe un total de 251 escuelas normales públicas que conforman la población objetivo del plan de apoyo a la calidad educativa y transformación de las escuelas normales.

Según las cifras de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, en el ciclo escolar 2016 – 2017 en la matrícula de la modalidad escolarizada de sostenimiento público, existen 80,478 alumnos inscritos en licenciatura de educación normal. [4]. En el estado de Puebla, se pueden encontrar diez escuelas formadoras de docentes, las cuales se mencionan a continuación:

1. Escuela Normal Primaria Oficial "Profr. Jesús Merino Nieto" de San Juan Ixcaquixtla.
2. Escuela Normal Experimental "Profr. Darío Rodríguez Cruz." De Acatlán de Osorio.
3. Escuela Normal Rural "Carmen Serdán" ubicada en Teteles de Ávila Castillo.
4. Instituto Jaime Torres Bodet de San Juan Cautlancingo.
5. Escuela Normal Oficial "Lic. Benito Juárez" en Zacatlán.
6. Benemérito Instituto Normal del Estado "Gral. Juan Crisóstomo Bonilla" se puede localizar en la ciudad de Puebla.

7. Escuela Normal Superior del Estado. También se encuentra en el centro de Puebla.
8. Normal Oficial "Profr. Luis Casarrubias Ibarra" en la ciudad de Chiantla de Tapia.
9. Escuela Normal "Profr. Fidel Meza y Sánchez". Esta institución se encuentra en Huachinango.
10. Escuela Normal Superior de Tehuacán. Como su nombre lo indica, se encuentra en Tehuacán.

La Escuela Normal Rural Carmen Serdán, al igual que toda institución educativa, cuenta con procesos como inscripción, seguimiento académico, impresión de boletas y kárdex, seguimiento de egresados, entre otros. Algunas actividades, por cuestiones de logística, tienden a extenderse más tiempo de lo planeado ocasionando que otras tareas se retrasen y, por consiguiente, no se brinde una buena atención a los alumnos. Por otra parte, es complicado llevar un seguimiento académico actualizado debido a que los docentes no asignan en tiempo y forma la entrega de calificaciones, no hay una herramienta que permita visualizar de manera automática cual es el rendimiento académico ocasionando que los índices de reprobación y deserción se incrementen. Es importante hacer uso de las tecnologías emergentes para poder proponer una herramienta capaz de dar solución a todos los problemas que presenta la institución.

Con el desarrollo tecnológico algunos estados quieren mejorar los procesos como el de las inscripciones, como es el caso de Coahuila, donde el secretario de Educación Higinio González Calderón, a través de la dirección de Informática, desarrolló una aplicación para celular en la que los padres podrán inscribir a sus hijos para el ciclo escolar 2018 – 2019 [5]. Esta aplicación es una opción más a la que se tendrán al alcance los padres para el registro y que está preparado para inscribir a la matrícula del siguiente ciclo escolar. Esta app tiene algunos puntos en contra porque solamente es la inscripción, no controla la planeación de la escuela, docentes, horarios, grupos, materias, entre otros.

Por otra parte, en el estado de Zacatecas, se realizó una investigación en el departamento de Gestión Escolar de la Escuela Preparatoria Estatal Víctor Rosales y se desarrolló un software que tiene como objetivo automatizar los procesos administrativos como obtención de promedio de calificaciones, la contabilidad de los pagos, el listado de alumnos y estadísticas solicitadas por la Secretaría de Educación Pública [6]. En esta investigación se menciona la problemática que no solo tiene la preparatoria, también la mayoría de instituciones educativas es la duplicidad, así como inconsistencia de datos en alumnos, docentes, grupos y sobre todo calificaciones. Es importante mencionar que algunas escuelas siguen trabajando a papel, esto ha ocasionado muchos problemas debido a que los papeles se deterioran y eso es un gran problema a la hora de presentarse a las autoridades educativas debido a que se requiere que se vuelva a realizar el procedimiento.

Continuando con las investigaciones, [7] realizó un proyecto a raíz de la necesidad de sistematizar los procesos del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato con el objetivo de construir un sistema de información que controle las actividades académicas con la finalidad de tener una plataforma que administre y proporcione las necesidades de información de directivos, administrativos, docentes y alumnos de la institución. Menciona también que proyectos como el que presentó en la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería, dan la pauta para revolucionar la enseñanza y competencias profesionales en la formación de profesionistas. Como se observa, el autor también tiene una visión de que un proyecto que gestione los procesos de una institución logrará mejorar la calidad educativa no solo de su institución, también la de universidades y escuelas normales.

Considerando lo anterior, se establece la siguiente hipótesis: La implementación de una aplicación web permitirá agilizar los procesos administrativos y académicos de la Escuela Normal Carmen Serdán logrando una toma de decisiones más acertada sobre la calidad educativa que ofrecen a sus alumnas disminuyendo los índices de reprobación y/o deserción.

METODOLOGÍA Y MÉTODOS

El Sistema de Integración de Procesos Administrativos y Académicos (SIPAA) desarrollado por los maestros investigadores del ITST para la Escuela Normal Rural Carmen Serdán consiste en sistema de información web que permite controlar de manera general los procesos de ingreso, inscripción, reinscripción y seguimiento escolar de sus alumnas, asegurando no solo que dichas actividades sean más eficientes en tiempos y recursos, sino que también se logra la recopilación y digitalización de información para su posterior análisis, interpretación y presentación de reportes y así dar soporte a la toma de decisiones en las diferentes áreas que conforman a la escuela.

El principal motivo que propicio la construcción de una aplicación web fue que a través de cualquier dispositivo con acceso a internet se pueda realizar no solo la captura de información sino también la consulta de datos estadísticos del plantel. Dentro de las herramientas tecnológicas utilizadas para la construcción de la aplicación web se destacan Microsoft Visual Studio Enterprise 2017, SQL Server 2016 Enterprise, ASP.NET MVC 5 y Bootstrap 4.0.

Metodología de desarrollo de software

De las diez escuelas Normales que existen actualmente en el Estado de Puebla se seleccionó como población piloto una sola institución que es Escuela Normal Rural Carmen Serdán de la ciudad de Tételes de Ávila Castillo, Puebla.

Se utilizaron artefactos proporcionados por la metodología de desarrollo de software seleccionada: documento

de visión y alcance, documento de requerimientos, listas de cotejo, análisis de estadísticos.

La metodología de desarrollo de software seleccionada para este proyecto fue OOADM la cual se basa en cinco fases las cuales se centra en una especificación de diseño donde las notaciones de modelado se derivan de diversas técnicas como UML para abarcar todos los procesos de la construcción de las aplicaciones Web [8].

A continuación, se mencionan sus etapas:

- Obtención de requerimientos.
- Modelo conceptual.
- Diseño navegacional.
- Diseño de interfaz abstracta.
- Implementación.

Esta metodología hace el uso de meta-modelos, cada una de las fases crea un modelo diferente con la información necesaria, por cada etapa se generaron distintos artefactos para soportar la arquitectura de software y se realizaron diferentes actividades que a continuación se describe:

Obtención de requerimientos. La recolección de datos y requerimientos se realizó a través visitas a las instalaciones de la Escuela Normal y entrevistas con los responsables de los procesos de admisión y control escolar lo que permitió aplicar herramientas CASE para definición de visión y alcance del proyecto, así como la especificación de requerimientos y posterior modelado de Casos de Uso.

Modelo conceptual. En esta etapa se desarrolló un modelo enfocado en la semántica del dominio de la aplicación y no en los tipos de usuarios y sus tareas, haciendo el uso de clases, relaciones y cardinalidad.

Diseño navegacional. En esta etapa se tomaron en cuenta las tareas que el usuario realizaría dentro de la aplicación Web, creando un modelo con clases especiales (clases navegacionales), utilizando nodos contenedores de información y utilizan un lenguaje intuitivo, estos contienen atributos de tipos básicos y enlaces que representan la navegación que puede tener un usuario y estructuras de acceso que actúan como diccionarios que permiten encontrar la información de forma rápida y eficiente dentro del contexto navegacional. El artefacto resultante es el modelo navegacional.

Diseño de interfaz abstracta. Se realizó para especificar las interfaces de la aplicación, estos diseños ayudarán a percibir al usuario lo que se intenta en esta fase. Para realizar estos diseños se utilizaron ADVs (Vista de Datos Abstracta) que representan estados o interfaces, sin entrar en detalles como el color, tipo de letra o entradas y salidas que ofrecen al usuario.

Implementación. Una vez que se tienen los modelos de los pasos anteriores se lleva a cabo la puesta en práctica. El desarrollador decidirá el lenguaje de programación y el lugar donde se almacenarán los archivos, así como la herramienta con las que desarrollar las interfaces. Para las fases de implementación o construcción se define la arquitectura de desarrollo, así como las diferentes herramientas y lenguajes de programación que ayuden al desarrollo de aplicaciones.

Descripción general del SIPAA

Durante la etapa de obtención de requerimientos se realizó un análisis profundo de los instrumentos de recolección de datos y de control escolar para poder establecer de forma precisa los requisitos que debía de cumplir la aplicación web desarrollada. Este análisis se llevó a cabo por parte de los involucrados en el proceso de seguimiento de alumnos de la Escuela Normal y como los maestros investigadores del ITST y desarrolladores del SIPAA Dichos formatos e instrumentos se presentan de manera breve en la figura 1:

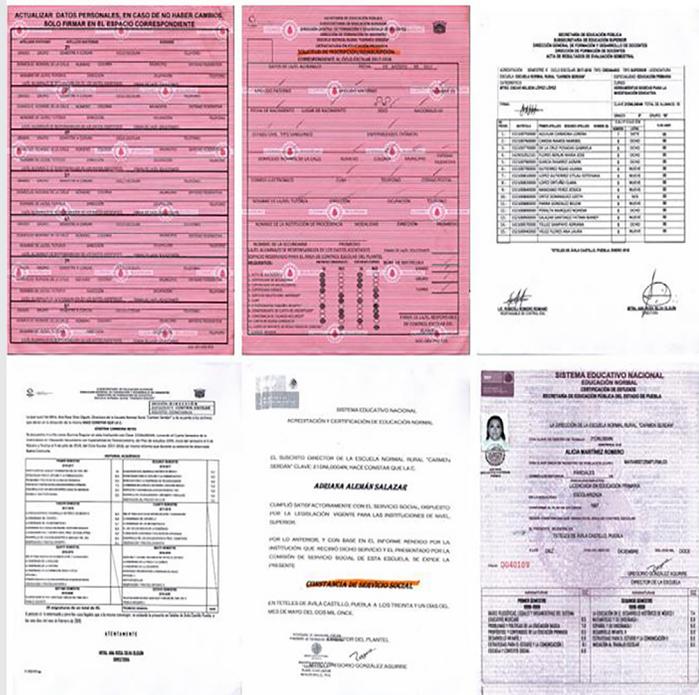


Figura 1. Instrumentos utilizados antes del SIPAA para recolección de datos de alumnas y aspirantes

La aplicación web que se desarrolló para controlar los procesos de admisión y los procesos de seguimiento académico se hizo aprovechando la experiencia con la que cuentan los docentes del ITST ya que actualmente ostentan múltiples certificaciones en tecnologías Microsoft, buscando de la misma manera aprovechar la infraestructura tecnológica con la que dispone la Escuela Normal, misma que actualmente alojada los diferentes módulos que conforman al SIPAA y que permiten el registro y control de la información que anteriormente se realizaba de forma manual a través de los instrumentos

presentados en la figura 1. Referente a la arquitectura del sistema se aplicó una arquitectura N-Capas, la cual busca agrupar la funcionalidad en distintos niveles colocados verticalmente una encima de otra, con el objetivo de separar responsabilidades y dar soporte a los requerimientos operacionales establecidos. En la Figura 2 se describe a detalle la arquitectura del SIPAA.

En lo referente a la capa de presentación, las interfaces diseñadas para los módulos de fichas de admisión y control escolar aprovechan las características más importantes de la tecnología ASP.net MVC y su integración con Bootstrap para lograr interfaces estilizadas, funcionales y responsivas como se muestra en la figura 3.



Figura 2. Arquitectura del SIPAA

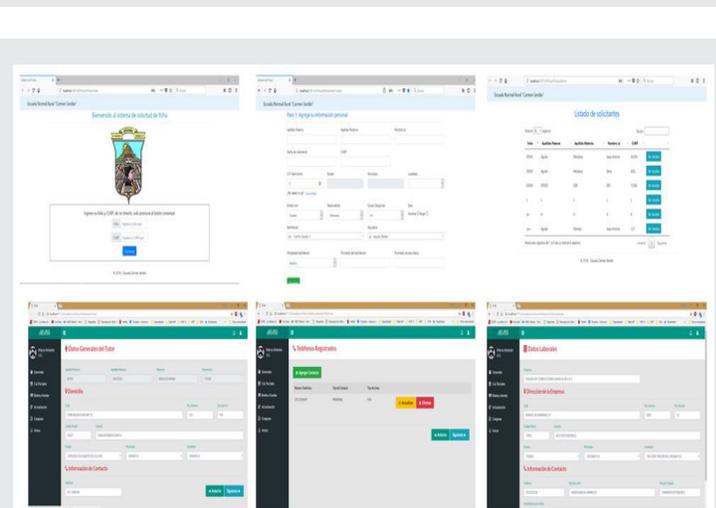


Figura 3. Pantallas principales módulos de fichas y control escolar del SIPAA

El uso de la aplicación web SIPAA en la actualidad permite alimentar un banco de datos sobre situaciones académicas y socioeconómicas de las alumnas de la Escuela Normal, esto es algo muy significativo ya que no solo permitirá generar reportes estadísticos que den soporte y faciliten la toma de decisiones a corto y mediano plazo por parte del área directiva de la institución, sino que también generará el conocimiento necesario para poder orientar las acciones de la escuela de manera estratégica y garantizar la eficiencia terminal y de aprovechamiento de sus alumnas. Así mismo es importante considerar el uso de servicios en la nube para su implementación los cuales son el futuro en relación el uso y aplicación de tecnología [9].

RESULTADOS

El sistema desarrollado para la Escuela Normal Rural es una aplicación web que ofrece a sus usuarios una serie de interfaces que facilitan el seguimiento de los procesos académicos y administrativos de sus alumnas, del mismo modo ofrece reportes detallados sobre indicadores básicos dentro de la institución. En relación a los tiempos de recolección, concentrado y visualización de los datos se obtuvo una reducción de los mismos tal y como se muestra en las siguientes estadísticas (figura 4):

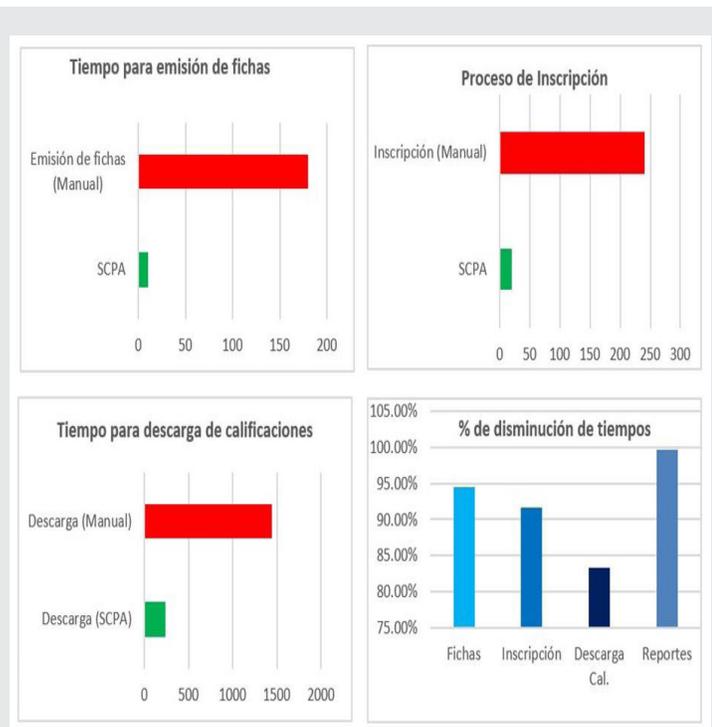


Figura 4. Estadística comparativa

En la gráfica anterior se puede percibir una considerable reducción en los tiempos que se invertían para realizar algunos procesos prioritarios dentro de la Escuela Normal, destacando el tiempo para la concentración y análisis de datos necesarios para la generación de reportes estadísticos que soportan a la toma de decisiones por parte de los niveles directivos de la institución.

En relación a dicha consolidación de los datos se logró que la información referente a alumnas (académica y socioeconómica), materias, grupos, docentes, etc. se pudiera unificar dentro de una misma base de datos centralizada a nivel institucional, con lo que se logró no solo su almacenamiento sino también la facilidad para poder compartir datos por diferentes áreas operativas de la escuela normal a diferencia de cómo se manejaba anteriormente donde el registro se realizaba de forma manual en documentos impresos.

Aunque actualmente no se ha logrado el 100% de la integración de los datos debido a que aún existen dentro de la institución áreas de oportunidad específicamente en lo referentes a proyecciones estadísticas a futuro, se destaca que la creación de una base de datos que contenga información actualizada y de la misma forma información histórica permitirá a largo y mediano plazo tener una herramienta especialmente diseñada para la gestión y generación del conocimiento a través de una base de datos multidimensional basada en cubos OLAP, los cuales al ser integrados con procesos de inteligencia de negocios y minería de datos generará estadísticas y asociación de patrones de comportamiento o de características físicas y socioeconómicas que presentan las alumnas y así poder generar un modelo predictivo que garantice la selección de decisiones y estrategias más adecuadas para garantizar la disminución de índices de reprobación y deserción escolar así como el incremento de la calidad en las profesionistas de la educación egresadas de la Escuela Normal. En la figura 5, se presentan algunos otros elementos que fueron evaluados para determinar los resultados finales del SIPAA.



Figura 5. Resultados del uso y aceptación del SIPAA

Trabajo a futuro

Como se ha descrito en el presente artículo la implementación del SIPAA aún no ha alcanzado el 100% de concentración de datos ya que se requiere desarrollar funcionalidades complementarias para poder optimizar en su totalidad los procesos académicos y administrativos dentro de la Escuela Normal Rural Carmen Serdán, por tal motivo se tienen que incorporar nuevas funcionalidades al sistema general para que cumpla con los requerimientos solicitados por las diversas áreas de la institución.

Es recomendable que a corto y mediano plazo se integren los siguientes módulos al SIPAA:

- **Contratación:** El departamento de personal realiza una evaluación de los posibles candidatos que aspiran un puesto dentro de la institución. Evalúan la trayectoria académica a través de un currículum vitae y si cumplen con todos los requisitos, se le asigna una clave y un horario que debe cubrir.
- **Recursos financieros:** Se debe llevar a cabo procesos de pagos por conceptos de diferentes conceptos como inscripción, cursos de verano, algunas instituciones imprimen dentro del centro de cómputo y controlan ese proceso, trámites de títulos profesionales, entre otros.
- **Planeación:** Se debe realizar la asignación de los docentes con sus respectivas materias y horas frente a grupo. Algunos cumplen otras funciones como horas de apoyo, de investigación, vinculación, entre otros.
- **Evaluaciones:** Se lleva el control de las calificaciones que se asignan a los alumnos. Depende de la institución, se asigna de manera bimestral, cuatrimestral y semestral.
- **Boletas y kárdex:** una vez terminado el periodo de evaluaciones, se procede a imprimir las boletas y el historial académico de los alumnos.

Así mismo se deberá trabajar en conjunto con la dirección General de Educación Superior para Profesionales de la Educación en el estado de Puebla para desarrollar un proyecto colaborativo que permita implementar esta herramienta tecnología en las 10 normales que actualmente existen en el estado y poder unificar la información no solo a nivel local sino estatal.

CONCLUSIONES

Con la implementación de la reforma educativa, se busca que las escuelas normales se transformen y se modernicen, pero que no desaparezcan. Esto quiere decir que se tiene que buscar las estrategias necesarias para que este tipo de instituciones mantenga su matrícula, sin embargo, no basta con el nuevo modelo educativo, también es necesario que mejoren los procesos académicos y administrativos de tal manera que la forma de manejar su información sea eficiente y estén integrados con las TIC.

Una de las mayores problemáticas que tienen las escuelas normales es la deserción de su matrícula y no

se llevan a cabo las acciones necesarias para tratar de disminuir este gran problema. Por esa razón con la creación del SIPAA se ha logrado conformar una base de datos que permite dar soporte a la toma de decisiones sobre los procesos administrativos y académicos y de esa forma, atender a las debilidades y amenazas que presenta la institución.

Al implementar sistemas tecnológicos en las escuelas, se puede tener información diversa como el comportamiento escolar de los alumnos, tendencias, datos sobre estudios socioeconómicos, solicitudes de admisión, alumnos de nuevo ingreso, datos de alumnos egresados, ubicación laboral, etc. Esto permitirá generar el conocimiento necesario para tomar decisiones más acertadas sobre el comportamiento de la población estudiantil y con ello disminuir el índice de deserción, así como incrementar las solicitudes de ingreso definiendo estrategias con datos actualizados y confiables.

El trabajo que se desarrolló en la Normal Rural Carmen Serdán, será base para poder implementar los mismos modelos de gestión de información a través de sistemas web a otras escuelas normales del estado y que de manera centralizada se pueda generar conocimiento de cada una de las 10 normales en el estado de Puebla a través de la Dirección General de Educación Superior para Profesionales de la Educación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Escalante, J. (junio de 2013). *Praxis de las Tic*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/profesalante/praxis-de-las-tic>
- [2] SEP. (2015). *Secretaría de Educación Pública. Obtenido de Estructura del Sistema Educativo Mexicano*: http://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/1447/1/images/sistemaedumex09_01.pdf
- [3] *Compromiso Social por la Calidad de la Educación*. (29 de enero de 2018). Obtenido de *Las escuelas normales en México*: <http://compromisoporlaeducacion.mx/las-escuelas-normales-en-mexico/>
- [4] ANUIES. (s.f.). *Anuarios Estadísticos de Educación Superior*. Obtenido de <http://www.anuiemx.com/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- [5] Leos, Y. (20 de diciembre de 2017). *Zócalo. Obtenido de Presentan aplicación para inscripciones*: <https://www.vanguardia.com.mx/articulo/lista-app-para-inscripciones>
- [6] Rodríguez, E. (16 de junio de 2016). *Conacyt. Obtenido de Ingeniero del IPN diseña software para control escolar*: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/tic/8149-disena-softwa>

re-que-automatiza-los-procesos-de-gestion-escolar-nota

[7] Vega Olvera, G. I. (17 de Junio de 2015). Sistema integral de control escolar; proyecto incluyente para la formación profesional de calidad. Obtenido de ANFEI DIGITAL: <http://www.anfei.org.mx/revista/index.php/revista/article/view/240>

[8] Jimmy Rolando Molina Ríos, M. P. (14 de 9 de 2017). Estado del arte: Metodologías de desarrollo de aplicaciones web. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2017/09/ART-5.pdf>

[9] Joyanes Aguilar, L. (2012). Computación en la Nube. Estrategias de Cloud Computing en las Empresas. Ciudad de México: Alfaomega.

Ingeniantes



Ingeniantes

Revista de Investigación • Instituto Tecnológico Superior de Misantla