

ISSN 2523-6806

Volumen 2, Número 5 — Enero — Marzo - 2018



Revista de
Operaciones
Tecnológicas

ECORFAN[®]

ECORFAN-Taiwán

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Revista de Operaciones Tecnológicas,

Volumen 2, Número 5, de Enero a Marzo - 2018, es una revista editada trimestralmente por Ecorfan- Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: www.ecorfan.org/taiwan, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María, Co-Editor: VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD. ISSN 2523-6806. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática Ecorfan. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Marzo del 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología.

Revista de Operaciones Tecnológicas

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas Electromagnetismo , Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales , Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Operaciones Tecnológicas es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de Electromagnetismo , Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales , Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD
Université des Sciences et Technologies de Lille

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD
Centro de Microelectrónica de Barcelona

TELOXA - REYES, Julio. PhD
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD
Universidad Central del Ecuador

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD
Center of Research in Mathematics

MEDELLIN - CASTILLO, Hugo Iván. PhD
Heriot-Watt University

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Nefthalí. PhD
University of Southampton

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD
Institut National Polytechnique de Lorraine

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD
Universidad Politécnica de Cataluña

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD
Institut National Polytechnique de Grenoble

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD
University of Amsterdam

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD
Universidad París XI

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD
Academia de Ciencias de Polonia

LÓPEZ - BONILLA, Oscar Roberto. PhD
State University of New York at Stony Brook

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

PÉREZ - ROBLES, Juan Francisco. PhD
Instituto Tecnológico de Saltillo

SALINAS - ÁVILES, Oscar Hilario. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados -IPN

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD
Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD
Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

QUETZALLI - AGUILAR, Virgen. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD
Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD
Instituto Politécnico Nacional

SÁNCHEZ - HERRERA, Mauricio Alonso. PhD
Instituto Tecnológico de Tijuana

PALAFIX - MAESTRE, Luis Enrique. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

LICEA - SANDOVAL, Guillermo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

Comité Arbitral

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD
Instituto Politécnico Nacional

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - ENCISO, Salvador Fernando. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RUELAS - SANTOYO, Edgar Augusto. PhD
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD
Instituto Politécnico Nacional

CUAYA - SIMBRO, German. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD
Universidad de Guadalajara

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD
Centro de Tecnología Avanzada

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTINEZ - MENDEZ, Luis G. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

LUGO - DEL ANGEL, Fabiola Erika. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD
Centro Nacional de Metrología

CALDERÓN - PALOMARES, Luis Antonio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TREJO - MACOTELA, Francisco Rafael. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD
Universidad ETAC

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ORANTES - JIMÉNEZ, Sandra Dinorah. PhD
Centro de Investigación en Computación

VERA - SERNA, Pedro. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

OLIVARES - CEJA, Jesús Manuel. PhD
Centro de Investigación en Computación

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

GUDIÑO - LAU, Jorge. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildia Yamileth. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

FERNÁNDEZ - GÓMEZ, Tomás. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MENDOZA - DUARTE, Olivia. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA - LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD
Instituto Politécnico Nacional

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AMARO - ORTEGA, Vidblain. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CASTILLO - BARRÓN, Allen Alexander. PhD
Instituto Tecnológico de Morelia

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ROSALES - CISNEROS, Ricardo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

MÉRIDA - RUBIO, Jován Oseas. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital

INZUNZA - GONÁLEZ, Everardo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

VILLATORO - Tello, Esaú. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

NAVARRO - ÁLVEREZ, Ernesto. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

RODRIGUEZ - ELIAS, Oscar Mario. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ORTEGA - CORRAL, César. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GARCÍA - GORROSTIETA, Jesús Miguel. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Operaciones Tecnológicas emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Electromagnetismo , Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales , Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

En el primer artículo presentamos *Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta*, por MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Calvillo & Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, como segundo artículo presentamos *Probabilidad y estadística para fundamentar casos prácticos en la especialidad de Ingeniería Industrial*, por MARTINEZ-ACOSTA, María Teresa, CAMACHO-RÍOS, Alberto y SÁNCHEZ-LUJÁN, Bertha Ivonne, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Ciudad Jiménez, como tercer artículo presentamos *Tratamiento superficial por láser en materiales compuestos*, por VARGAS-OSUNA, Lidia, CABRERA-CORDOBA, Eduardo, ANGUIANO-LIZAOLA, Jorge y DÍAZ-CHACÓN, Juan, con adscripción en la Universidad Autónoma de Baja California, como cuarto artículo presentamos *Estandarización en el proceso de pintura*, por ACOSTA-GONZÁLEZ, Yanid, AGUIRRE-TÉLLEZ, Wendy Miriam y DURÓN-DE LUNA, Abelardo, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Aguascalientes.

Contenido

Artículo	Página
Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús <i>Universidad Tecnológica de Calvillo</i> <i>Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes</i>	1-9
Probabilidad y estadística para fundamentar casos prácticos en la especialidad de Ingeniería Industrial MARTINEZ-ACOSTA, María Teresa, CAMACHO-RÍOS, Alberto y SÁNCHEZ-LUJÁN, Bertha Ivonne <i>Instituto Tecnológico de Ciudad Jiménez</i>	10-18
Tratamiento superficial por láser en materiales compuestos VARGAS-OSUNA, Lidia, CABRERA-CORDOBA, Eduardo, ANGUIANO-LIZAOLA, Jorge y DÍAZ-CHACÓN, Juan <i>Universidad Autónoma de Baja California</i>	19-24
Estandarización en el proceso de pintura ACOSTA-GONZÁLEZ, Yanid, AGUIRRE-TÉLLEZ, Wendy Miriam y DURÓN-DE LUNA, Abelardo <i>Universidad Tecnológica de Aguascalientes</i>	25-33

Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta

Elements that benefit the reduction of the cycle time of a production line: Level of affectation of a good distribution of plant

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro*†, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús

*Universidad Tecnológica de Calvillo. Carretera al Tepetate N° 102 Colonia El Salitre, Calvillo, Aguascalientes
Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes. Av. Universidad No.1001 Estación Rincón, Rincón de Romos, Aguascalientes*

ID 1^{er} Autor: *Pedro, Moreno-Vázquez* / ORC ID: 0000-0001-8995-8140, CVU CONACYT ID: 665001

ID 1^{er} Coautor: *Oscar Daniel, Calvillo-Valdez* / ORC ID: 0000-0003-2760-9345, CVU CONACYT ID: 922690

ID 2^{do} Coautor: *Hugo de Jesús, Becerra-Reyes* / ORC ID: 0000-0001-6742-0243, Researcher ID Thomson: S-6819-2018, CVU CONACYT ID: 947213

Recibido 23 de Enero, 2018; Aceptado 12 de Marzo, 2018

Resumen

En la presente investigación se evalúa si la disminución de tiempos de ciclo en una línea de producción se ve beneficiada de manera significativa por una buena distribución de planta debido a la distancia que recorre el material dentro del proceso productivo. Todo esto a consecuencia de un aumento en la exigencia de los usuarios que cada vez demandan productos con mayor calidad y a precios más accesibles. Lo cual trae como consecuencia un incremento en la búsqueda de la optimización de los procesos en las mismas, lo que exige a las empresas tener procesos flexibles y tiempos de producción cada vez más cortos. Los resultados obtenidos permiten visualizar si el tener una buena distribución de planta asegura un funcionamiento eficiente del proceso productivo, enfocado al tiempo de ciclo de las operaciones y el buen manejo de materiales, esto con el fin de obtener una reducción de costos, basando dicha actividad en una metodología que ayude a generar cargas de trabajo balanceadas que permitan tener una producción continua y con un mínimo margen de error.

Distribución de planta, Línea de producción, Tiempo de ciclo, Costos de producción

Abstract

In the present investigation, it is evaluated whether the reduction of cycle times in a production line is significantly benefited by a good plant distribution due to the distance that the material travels within the production process. All this as a result of an increase in the demand of users who increasingly demand products with higher quality and at more accessible prices. This results in an increase in the search for the optimization of the processes in them, which requires companies to have flexible processes and increasingly shorter production times. The obtained results allow to visualize if having a good distribution of plant ensures an efficient operation of the productive process, focused on the cycle time of the operations and the good handling of materials, this in order to obtain a reduction of costs, basing said activity in a methodology that helps generate balanced workloads that allow continuous production and with a minimum margin of error.

Plant distribution, Production line, Cycle time, Production cost

Citación: MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús. Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-5: 1-9

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: pedro.moreno@utcalvillo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En las investigaciones se pueden encontrar trabajos que tratan sobre la importancia de la distribución y redistribución de planta. En estos trabajos se comenta sobre la importancia de la reducción de costos de producción para lograr la supervivencia de estas empresas, también se aborda el nivel de inventario en proceso (WIP) que es un elemento fundamental para lograr los objetivos de la reducción de costos, pero no muchos hablan sobre la importancia del tiempo de ciclo.

Actualmente las empresas líderes en el mercado y las que pretenden posicionarse en la misma condición, no siempre trabajan con la fabricación de un producto único, necesitan tener una variedad de los mismos, con el fin de cubrir la demanda del mercado y las diferentes necesidades de los clientes. Lo que trae como consecuencia para las empresas la evolución y adaptación de su filosofía de trabajo, con el fin de convertirla a un sistema de manufactura flexible, que le permita lograr la eficiencia y calidad demandada por los clientes y superar los productos de su competencia en el mercado.

En la actualidad, la mayoría de las pequeñas y medianas empresas instalan sus oficinas de manera improvisada y sin planear correctamente las áreas y los espacios, sin darse cuenta de que esto les puede repercutir en tiempos de entrega, costos de producción y costos futuros [1]. Esto tiene como consecuencia un crecimiento desorganizado en los pequeños y medianos negocios, los cuales al momento de su expansión no realizan estudios para llevar a cabo las nuevas distribuciones o redistribuciones de planta, no se preocupan por la optimización de las estaciones de trabajo y líneas de producción existentes, lo cual tiene como consecuencia la optimización del tiempo de ciclo.

La presente investigación pretende hacer una aportación sobre el grado de beneficio provocado por el tiempo de ciclo y los costos en una línea de producción de una empresa directamente relacionados con el nivel de eficacia de la distribución de la planta.

Ya que esto repercute en los tiempos de producción, que trae muchas consecuencias, la más importante es la credibilidad perdida con los clientes, ya que no se cumplen con los acuerdos establecidos de entrega de productos.

El tiempo de ciclo es muy importante ya que determina el nivel de producción y el tiempo que esperará el cliente interno (proceso siguiente). Un indicador que será de mucha utilidad para medir el flujo del proceso es el WIP, ya que permite ver los cuellos de botella del proceso de producción, lo que nos lleva a tiempos de espera que repercuten en costos, que a final de cuentas amortigua el usuario final.

Una vez que los empresarios comprendan la importancia negativa de estas afectaciones, tendrán la oportunidad de establecer mejoras en la distribución de planta; lo que repercute en rediseños de layout que tendrá como resultado un mejor flujo del proceso de producción, reducción de tiempos de ciclo y niveles de costos, que trae como consecuencia ser más competitivos.

Fundamentos Teóricos

Inicialmente para plantear un adecuado sistema en línea en una empresa y/o industria se debe tener en cuenta la medición de tiempos, ya sea por: actividades, procesos, procedimientos, ciclos, periodos, lapsos entre otros, pues esta proporcionará un escenario más claro de los procesos de mejoramiento en el modo de operar que se tenía implementado antes del sistema en línea; se realiza una comparación, medición, balanceo y análisis de resultados así: proceso antiguo individual vs proceso línea grupal [2].

La reducción de tiempos de manufactura y nivel de inventario en proceso (WIP) son las piedras angulares de las estrategias más populares de manufactura, como lo es la manufactura esbelta, respuesta rápida y Justo a Tiempo (JIT) [3]. La disposición física de instalaciones puede afectar el funcionamiento operacional del plazo de entrega o el nivel de inventario en proceso (WIP). Además de que el criterio tradicional del diseño de las instalaciones es un indicador pobre para medir el funcionamiento del plazo de entrega y el WIP.

Es más importante identificar las características de las disposiciones que tienden a reducir el plazo de entrega y el WIP [4].

Distribución de Planta es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible.

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús. Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller [5].

Una distribución de planta eficiente debe cumplir con siete objetivos básicos, los cuales son [6]:

- Simplificar al máximo el proceso productivo.
- Minimizar los costos de manejo de materiales.
- Tratar de disminuir la cantidad de trabajo.
- Aprovechar el espacio de la manera más efectiva posible.
- Aumentar la satisfacción del operario y procurar la seguridad en el trabajo.
- Evitar inversiones de capital innecesarias.
- Aumentar el rendimiento de los operarios estimulándolos convenientemente.

Siempre que los materiales son detenidos, tienen lugar las esperas o demoras, y estas cuestan dinero. Los costos de espera incluyen los siguientes:

- Costos del manejo efectuado hacia un punto de espera y el mismo hacia la producción.
- Costo del manejo en el área de espera.
- Costo de los registros necesarios para no perder la pista del material en espera.
- Costos de espacio y gastos generales.
- Intereses del dinero generados por material ocioso.
- Costo de protección del material en espera.
- Costos de los contenedores o equipo de retención utilizados.

Con relación a este tema Jarrahi y Abdul-Kader [7], muestran como Johri desarrolló un modelo de programación lineal para medir el tiempo de ciclo en una producción en serie automatizada, línea en la que cada estación de trabajo es propensa al fracaso. Buzacot presentó algunos modelos simples de los sistemas de producción-inventario y demostraron cómo la capacidad de producción y la flexibilidad se han mejorado con el uso de los bancos de inventario.

Una de las ideas por la cual optar, es dividir el funcionamiento de la línea de producción en ciclos de tiempo, y asumir que el mismo ciclo es compartido por toda la línea [8].

Es imperativo para las operaciones gestionar las crecientes dinámicas de la situación para evitar el exceso de inventario, mediante la aplicación de un enfoque ágil de distribución de alimentos; así aumentar la flexibilidad de las operaciones y los pedidos de productos para satisfacer la demanda del cliente [9].

Este aumento de la flexibilidad apoya la producción a medida que se necesita. Los programas de fabricación son dirigidos con el objetivo de minimizar el costo de almacenamiento, instalación y escasez. Este estudio se centra en una única, ágil, línea de producción con capacidad múltiples productos [10].

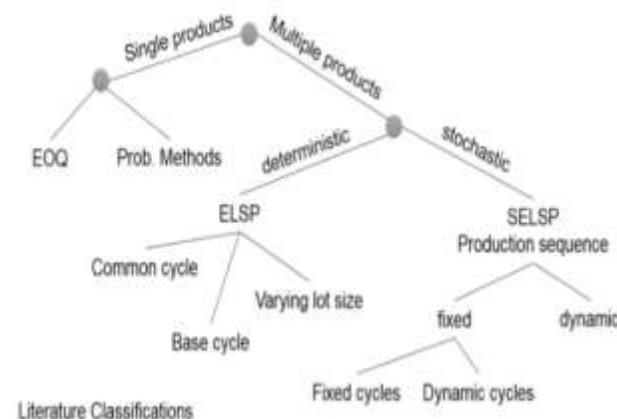


Figura 1 Esquema de evaluación dinámica

Fuente: Elaborado por Garn y Aitken, 2015, p.3-4

Justificación

El tiempo de ciclo es muy importante, ya que determina el nivel de producción, tiempo de ciclo y el tiempo que esperará el cliente interno (proceso siguiente).

Un indicador que será de mucha utilidad para medir el flujo del proceso es el WIP, ya que permite ver los cuellos de botella del proceso de producción, lo que nos lleva a tiempos de espera que repercuten en costos que a final de cuentas amortigua el usuario final.

Una vez que los empresarios comprendan la importancia negativa de estas afectaciones, tendrán la oportunidad de establecer mejoras en la distribución de planta, lo que repercute en rediseños de layout que tendrán como resultado un mejor flujo del proceso de producción, reducción de tiempos de ciclo y niveles de costos, que trae como consecuencia ser más competitivos.

En base a las investigaciones realizadas, se puede ver que la mayoría de las empresas en Aguascalientes instalan sus oficinas y áreas de producción sin planearlas correctamente.

Este problema es significativo en el municipio, debido a que muchas empresas comienzan como un taller familiar y no planean a futuro previendo un crecimiento, cuando éste llega, no se realizan modificaciones a la misma, sino una reducción del espacio en el área de trabajo, lo que trae como consecuencia el prescindir de oficinas y pasillos.

En este estudio se pretende analizar las decisiones fundamentales que tiene que tomar una empresa bajo condiciones de competencia perfecta, para lograr el objetivo de producir con la máxima eficacia económica posible, para lograr el nivel de producción de máxima eficacia económica y máxima ganancia.

Así mismo, el estudio planteado proporcionará información útil para futuras investigaciones sobre cómo abordar el tema de la distribución de planta, tiempo de ciclo y costos de producción.

Planteamiento del Problema

¿En qué grado afectan las distancias entre centros de departamentos, los tiempos de ciclo y costos de una línea de producción, el nivel de eficacia del flujo de un proceso productivo?

Hipótesis de Investigación

Las hipótesis de investigación del presente trabajo plantean lo siguiente:

H_0 : Las distancias entre centros de departamentos no afectan significativamente los tiempos de ciclo y costos de una línea de producción en relación al nivel de eficacia del flujo de un proceso productivo.

H_1 : Las distancias entre centros de departamentos afectan significativamente los tiempos de ciclo y costos de una línea de producción en relación al nivel de eficacia del flujo de un proceso productivo.

Materiales y Métodos

Esta investigación se llevó a cabo mediante el método propuesto por Roberto Hernández Sampieri, como diseño cuasiexperimental de tipo prueba-posprueba con grupos de control [11]. La investigación es en campo, se recolecta la información necesaria para realizar las inferencias pertinentes.

El procedimiento que se siguió, de manera general, incluye los siguientes pasos:

1. Obtención de la información mediante una prueba piloto sobre la forma en que la empresa trabaja la planeación de la línea de producción para observar su comportamiento y resultados.
2. Analizar los resultados de la prueba piloto para encontrar diferencias en metodologías de trabajo y resultados.
3. Con apoyo de la base de datos de la SEDEC (Secretaría de Desarrollo Económico), dentro del total de empresas metal-mecánicas en el municipio de Aguascalientes, se realiza una delimitación de las empresas que tienen constantes cambios en su sistema de manufactura (líneas flexibles), con el fin de determinar un número de posibles a evaluar.
4. Aplicar una encuesta de diagnóstico, si una tercera parte de las respuestas de cada factor muestran una respuesta afirmativa "SI", se tiene muchas posibilidades de mejorar realizando una redistribución de planta.
5. En este apartado se analizan los datos obtenidos en la recolección con el principal objetivo de determinar si la disminución de tiempos de ciclo en una línea de producción se ve beneficiada de manera significativa por una buena distribución de planta debido a la distancia que recorre el material dentro del proceso productivo

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús. Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Las variables utilizadas se midieron de la siguiente manera:

- Distribución de planta: para convertirla en una variable cuantitativa se trabajó como distancia entre centros de los departamentos, utilizando los tiempos de realización de las operaciones, la unidad de medida de esta variable en el estudio es en segundos.
- Tiempo de Ciclo: Los estándares de producción son la forma de medir esta variable en el estudio, tomando como unidad de medida las piezas fabricadas por hora.
- Costos en una línea de producción: Se utilizan dos subdivisiones que son: los costos de mano de obra (costo que interviene directamente en la transformación del producto) y los niveles de productividad medido en piezas por operario por hora.

6. Se trataron estadísticamente los datos con los paquetes de cómputo Microsoft Excel 2016 y Statgraphics stratus para determinar si existía correlación. Las distancias entre los centros de departamentos y la optimización del tiempo de ciclo.

7. Se llevó a cabo una prueba de diferencia de medias entre los datos obtenidos antes y después de aplicar el tratamiento, determinando con esto si había un efecto significativo en los niveles de producción y los costos de las mismas.

8. Se concentraron los resultados encontrados.

9. Establecimiento de conclusiones.

10. Determinación de recomendaciones.

Resultados

Caso 1

El presente caso es el grupo de control, el cual se lleva a cabo en la empresa RVZ Metalic S.A. de C.V. en el proceso de punteo de malla, el proceso tiene un tiempo elevado en el paro de las máquinas punteadoras, esto debido a que la habilitación de la operación (llenado de molde) es un proceso tardado.

Figura 2 Análisis de tiempos y movimientos estación de trabajo punteo de parrilla

En la Figura 2 se observa el estudio de tiempos y movimientos realizado a la celda de manufactura, en la cual se obtiene el tiempo ciclo de la operación, lo que permite obtener la capacidad del proceso. Esta operación se realiza en la misma celda de trabajo, pero operada por tres equipos de trabajo diferentes (un equipo por turno de trabajo), interviene en la máquina punteadora uno un operador y un auxiliar, en la máquina punteadora dos solo un operador, así para todos los equipos de trabajo, con el fin de cubrir con el requerimiento diario de producción que son 2,200 piezas por día.



Figura 3 Carta de estandarización del trabajo de punteo de parrilla

En la Figura 3 Se observa la carta de estandarización de trabajo, en la cual se puede observar la metodología de trabajo, mediante un layout en el cual se indica la realización de inspecciones, la realización de las operaciones además de indicar donde se tiene almacén en proceso (WIP), además del número de operarios directos que interfieren en la operación. Se puede observar que, debido a los tiempos de habilitado de moldes para puntear los productos, las máquinas tienen un alto nivel de tiempos muertos, lo que eleva el tiempo de ciclo y no permite cumplir con los requerimientos de producción en base a lo que necesita el cliente.



Figura 4 Carta de estandarización del trabajo después del tratamiento de punteo de parrilla.

En la Figura 4 Se observar el cambio en la metodología de trabajo con la modificación del layout, integrando las dos estaciones de trabajo en una sola operación, cambia totalmente la metodología, se elimina el movimiento de materiales de una máquina punteadora a otra, se eliminan los tiempos muertos de las máquinas a causa de la habilitación de la operación, se elimina un operador especializado de la máquina punteadora 2, cambiándolo por un segundo habilitador de la operación en la punteadora uno.

Las mejoras realizadas a la distribución del área de trabajo y a la metodología de trabajo facilitan el proceso productivo y aseguran aún más la calidad en los productos, debido a que todo se hace en una sola máquina y con un solo tipo de moldes. Anteriormente se trabajaba con una pequeña celda de manufactura compuesta por dos máquinas punteadoras y dos distintos tipos de moldes de punteo.

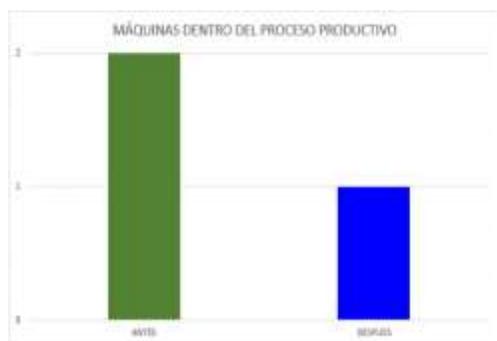


Figura 5 Análisis comparativo del número de máquinas antes y después del tratamiento

En la **figura 5**, al realizar el estudio se modifica el layout y se reduce el número de máquinas en la operación, lo que beneficia en una reducción del 50% en costos de operación y maquinaria dentro de los costos de producción.



Figura 6 Análisis comparativo del costo de mano de obra antes y después del tratamiento

En la Figura 6, se muestra el comparativo de los costos de mano de obra, antes del análisis, existen dos operadores directos, un habilitador y una persona para movimiento de materiales (solo interviene una tercera parte de su tiempo productivo), dando un total de 3.3 trabajadores por turno, después del análisis se tiene un trabajador directo por turno con dos habilitadores, las labores de movimiento de materiales se pasan al personal de montacargas, dando un total de 3 trabajadores por turno. La reducción en el número de trabajadores no es significativa, pero los beneficios se ven en los costos de mano de obra, los cuales generan un ahorro del 31.25%

Debido a la mejora realizada en el diseño de los moldes de punteo y la mejora realizada en la distribución de planta, se obtienen otros resultados, como la eliminación del 100% del inventario en proceso (WIP) dentro de las diferentes etapas de la manufactura, debido a que se elimina el movimiento de los materiales por trabajar en una sola etapa el producto, además de eliminar los tiempos muertos de las máquinas punteadoras en un 100%, gracias a que al realizar el rediseño de los moldes de trabajo, estos quedan fabricados de tal manera que es más sencillo el proceso de ensamble de la materia prima en los mismos, quedando más simple su manipulación.

Caso 2

El presente caso es el grupo de control, el cual se lleva a cabo en la empresa Comercializadora y Maquinados JL S.A. de C.V. en el área de soldadura, el proceso tiene paros por parte del soldador, debido a que se tiene mezcla de materiales (lateral izquierdo y derecho), en ocasiones los soldadores alcanzan al habilitador de la operación al momento de ensamblar y desensamblar los moldes.

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús. Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

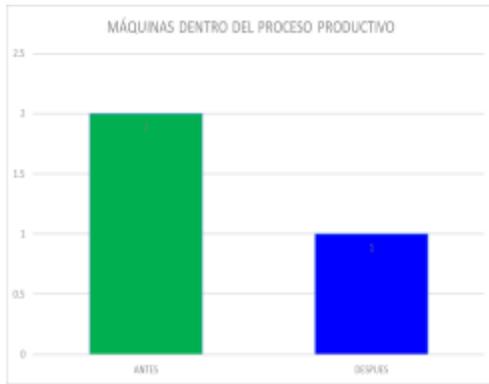


Figura 10 Análisis comparativo del número de máquinas antes y después del tratamiento

En la Figura 10, al realizar el estudio se modifica el *layout* y se reduce el número de máquinas en la operación, lo que beneficia en una reducción del 50% en costos de operación y maquinaria dentro de los costos de producción.



Figura 11 Análisis comparativo del costo de mano de obra antes y después del tratamiento

En la Figura 11, se muestra el comparativo de los costos de mano de obra, antes del análisis, existen dos operadores directos y tres habilitadores de las operaciones, dando un total de 5 trabajadores, después del análisis se tiene un trabajador directo con un habilitador, dando un total de 2 trabajadores. La reducción en el número de trabajadores es significativa, debido a que se reduce en 60% el número de trabajadores. Los costos de mano de obra generan un ahorro del 38.46% debido a que se elimina un soldador y dos habilitadores al hacer la mejora en los moldes de producción.

Debido a la mejora realizada en el diseño de los moldes de soldadura y la mejora realizada en la distribución del área de trabajo, se obtienen otros resultados, como la eliminación del 100% del inventario en proceso (WIP) dentro de las diferentes etapas de la manufactura, debido a que se elimina el movimiento de los materiales por trabajar en una sola etapa el producto.

Conclusiones

Teniendo los resultados de los dos casos de una forma individual, se obtienen los incrementos de productividad de manera individual para realizar una comparación de muestras múltiples.

Realizando un análisis de varianza, el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables (Distribución de Planta, Tiempo de Ciclo y Costos de una Línea de Producción) a un nivel de confianza del 95.0%.

Con esta investigación que se llevó a cabo en dos diferentes empresas del sector metal mecánico, se tuvo la oportunidad de conocer los procesos críticos en las diferentes etapas del sistema de producción, de los cuales se seleccionaron los procesos con mayor problemática en la distribución de planta y problemas de tiempos.

Sin perder de vista que la investigación desde su inicio planteó si la evaluación de las distancias entre centros de departamentos afectan significativamente el tiempo de ciclo y los costos de una línea de producción, de acuerdo a los resultados obtenidos al realizar el análisis estadístico en dos casos distintos mostrados anteriormente, se corrobora que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, lo cual significa que las distancias entre centros de departamentos si afectan significativamente el tiempo de ciclo y los costos de producción.

Esta investigación permitió confirmar que el tener una distribución de planta correcta no asegura un funcionamiento eficiente del proceso de producción, debido a que una distribución de planta eficiente puede mejorar el manejo de materiales, pero no garantiza una eficiencia en el tiempo de ciclo del proceso y la eliminación de tiempos muertos dentro del proceso productivo y la reducción de costos, debido a que esto está basado más que en una distribución en una metodología y un balance de cargas de trabajo con el fin de tener una línea de producción continua.

Los costos de producción disminuyen desde el 31% hasta el 38%, de igual manera los tiempos muertos de las máquinas disminuyeron en al menos un 75% en los casos expuestos, los cuales no representan una tendencia de comportamiento para análisis futuros, estos resultados dependen del reacomodo de las estaciones de trabajo y cómo aprovechan de la manera más eficiente la utilización del tiempo disponible de los operadores y se eliminan los tiempos muertos.

Los costos de una línea de producción dependen en gran medida del balanceo de la misma, con esto se reafirma que una buena planeación de producción puede compensar una mala distribución de planta, pero no asegura resultados completamente satisfactorios.

Referencias

- [1] Chávez Miranda Francisco, “Oficinas de planta abierta en PYMES de la construcción y su impacto en el clima organizacional”, Hermosillo, Sonora México 2004.
- [2] Giraldo Restrepo Yesid, Bermúdez Hernández Jonathan. “Distribución en línea en empresa de alimentos”, QUID: Investigación, Ciencia y Tecnología, ISSN-e 2462-9006, ISSN 1692-343X, N°. 24, 2015, págs. 21-28.
- [3] Hopp, W. and M. L. Spearman, *Factory Physics*, Second Edition, Irwin/McGraw-Hill, NY, 2000.
- [4] Saifallah Benjaafar, “Modeling And Analysis Of Congestion In The Design Of Facility Layouts” *Minnesota, Enero 2002*.
- [5] Moore, “Plant Layout and Design”, Ed. McGraw-Hill, New York, Estados Unidos, 1962.
- [6] Diego Mas, José Antonio, Optimización de la Distribución en Planta de Instalaciones Industriales Mediante Algoritmos Genéticos. Valencia, España 2006.
- [7] Jarrahi, F., y Abdul-Kader, W. (2014). Performance evaluation of a multi-product production line: An approximation method. *Applied Mathematical Modelling*. 39(13) 3619–3636. doi:10.1016/j.apm.2014.11.059
- [8] Rudolf, G., Noyan, N., y Giard, V. (2014). Modeling sequence scrambling and related phenomena in mixed-model production lines. *European Journal of Operational Research*. 237, 177–195. doi:10.1016/j.ejor.2014.02.041
- [9] Jarrahi, F., y Abdul-Kader, W. (2014). Performance evaluation of a multi-product production line: An approximation method. *Applied Mathematical Modelling*. 39(13) 3619–3636. doi:10.1016/j.apm.2014.11.059
- [10] Garn, W., y Aitken, J. (2015). Agile factorial production for a single manufacturing line with multiple products. *European Journal of Operational Research*. 245 (3), 754–766. doi:10.1016/j.ejor.2015.03.042.
- [11] Roberto Hernández Sampieri, Metodología de la Investigación, D.F., México, 1991.

Probabilidad y estadística para fundamentar casos prácticos en la especialidad de Ingeniería Industrial

Probability and statistics to support practical cases in the specialty of Industrial Engineering

MARTINEZ-ACOSTA, María Teresa^{1,2,*†}, CAMACHO-RÍOS, Alberto³ y SÁNCHEZ-LUJÁN, Bertha Ivonne¹

¹TecNM: Instituto Tecnológico de Ciudad Jiménez. Av. Tecnológico s/n, Jiménez Chih.,

²Centro de Investigación y Docencia (CID), Calle Lucio Cabañas #27, Chihuahua, Chih.

³TecNM: Instituto Tecnológico Chihuahua II, Av. de Las Industrias #1101, Chihuahua, Chih.

ID 1^{er} Autor: *María Teresa, Martínez-Acosta* / ORC ID: 0000-0001-8934-4843, CVU CONACYT ID: IT16D725

ID 1^{er} Coautor: *Alberto, Camacho-Ríos* / ORC ID: 0000-0002-0685-4723, Researcher ID Thomson: C-6849-2017, CVU CONACYT ID: IT18C618

ID 2^{do} Coautor: *Bertha Ivonne, Sánchez-Luján* / ORC ID: 0000-0002-3595-8281, CVU CONACYT ID: 342583

Recibido 13 de Enero, 2018; Aceptado 02 de Marzo, 2018

Resumen

Se describe la importancia de la rama estadística en la enseñanza de la ingeniería industrial, y se presentan los resultados parciales de una investigación en desarrollo, para situar el grado de relación que guarda la enseñanza de la probabilidad y estadística con el proceso de aprendizaje de las materias de especialidad, que los estudiantes deben alcanzar para poder comprender, analizar e interpretar prácticas diseñadas por el profesor, en libros de texto e incluso en la vida real cuando tengan que efectuar sus residencias profesionales. Se utiliza la ingeniería didáctica en el estudio, tanto al analizar la parte formadora (docentes), como en la parte receptora (estudiantes). Se observan deficiencias en los estudiantes en las últimas materias estadísticas en su formación como ingenieros. Los principales resultados, los conceptos básicos reconocidos por el estudiante, y los que no se encuentran aprendidos adecuadamente. Siendo necesarios para que el estudiante avance y comprenda de manera efectiva materias de la especialidad en su carrera.

Ingeniería didáctica, Probabilidad y estadística, Ingeniería industrial

Abstract

The importance of statistics in industrial engineering teaching is described in this paper, and the partial results of an ongoing research are also described. The purpose of this research is to observe the grade of correlation between the teaching of probability and statistics with the process of learning subjects regarding engineering. These subjects must be understood by students to comprehend, analyze and interpret practices designed by the professor, textbooks and real life in situations such as internships. Didactical engineering is employed in this research to analyze the forming part (professors), and the receptors (students). Weaknesses are observed in the students regarding the latest statistics subjects in their studies as future engineers. The primary results, the essential concepts recognized by the student, and the ones that haven't been learned properly. These concepts are necessary for the students to advance and further achieve a better comprehension of the subjects regarding engineering in their degree of choice.

Didactical engineering, Probability and statistics, Industrial engineering

Citación: MARTINEZ-ACOSTA, María Teresa, CAMACHO-RÍOS, Alberto y SÁNCHEZ-LUJÁN, Bertha Ivonne. Probabilidad y estadística para fundamentar casos prácticos en la especialidad de Ingeniería Industrial. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-5: 10-18

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mtmartineztec@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Hoy en día los cursos de probabilidad se imparten desde el nivel medio superior de estudios, en varias de las especialidades curriculares que ofrecen los bachilleratos. Así sólo una parte de la matrícula que ingresa a estudiar la carrera de Ingeniería Industrial en la Institución de nivel superior seleccionada, cuenta con una formación, al menos en sus registros académicos, en probabilidad y estadística.

Por otro lado, las materias que dan sucesión a la probabilidad y la estadística integran parte importante de la retícula y formación en la carrera profesional en Industrial desde tiempo atrás, pasando por varios cambios de planes en las últimas décadas en el sistema tecnológico. Se conservan los temas que los especialistas consideran no modificables, al revisar los temarios.

Por lo anterior, el seguimiento al avance académico en esa rama del estudiante es de gran importancia, sin menosprecio a otras, como son la cadena de asignaturas humanistas y sociales, así como la rama de materias en producción, calidad y productividad.

La asignatura de Probabilidad y Estadística es la que se analiza en el presente artículo, que da inicio a un vínculo que se presenta a partir del segundo semestre, y por lo tanto en donde comienza la enseñanza o retroalimentación de los conceptos básicos y lecciones de herramientas clásicas como el espacio muestral, las combinaciones, permutaciones, la media, mediana, varianza, desviación estándar, y que acompañarán al estudiante en su desarrollo y realización de otros temas subsecuentes en el avance de su carrera.

De manera analógica a la enseñanza y aprendizaje de las tablas de multiplicar en el nivel primario de estudios, la enseñanza y aprendizaje, no sólo de los conceptos básicos sino algunos teoremas de importancia en la probabilidad y la estadística, deben prevalecer en el estudiante de ingeniería industrial, no necesariamente de memoria, pero si en su razonamiento, apoyándose tal aprendizaje por la ejercitación y práctica, características del aprendizaje cognitivo.

Esto es complicado, aprender de memoria conceptos y fórmulas estadísticas, aunque algunas sean utilizadas desde el nivel medio escolar, se puede considerar posible recordarlas o comprenderlas con mayor agilidad si se usaron en el periodo académico anterior.

Cuando el alumno llega a tomar las materias ligadas a probabilidad y estadística, como son estadística I y II, entre otras, los cimientos con que cuente para profundizar en los temas del contenido de la asignatura serán fundamentales para la comprensión y se considera pueden facilitar el avance de conocimientos adquiridos. De igual manera al incorporar software estadísticos en clase, los conocimientos previos serán indispensables para enriquecer el proceso de enseñanza.

El grupo de estudio expuesto a continuación, presenta dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el curso, esto fue manifestado por el catedrático que imparte la materia, y mediante la observación fue posible verificarlo, pues se asistió a varias clases ordinarias, se disfraza la inspección ante el grupo, al realizar otras actividades dentro del laboratorio-aula, y así pasar como desapercibido en los momentos en que se toman los datos de desenvolvimiento del grupo.

Justificación

En un ingeniero industrial, la formación en el área estadística es trascendente en su currículum personal como estrategia y valor agregado.

Es una condición en ocasiones para que el egresado de la carrera pueda conseguir no sólo su residencia profesional en ciertas empresas que demandan practicantes en el campo industrial, y con esto el alumno pueda concluir sus estudios y obtener la experiencia recomendada, además para el recién egresado generalmente es un requisito a cubrir.

Ya que busca ingresar al campo laboral, y debe contar con las capacidades y conocimientos para utilizar ciertas herramientas y métodos dentro de los procesos productivos, como podrían ser: el control estadístico de proceso (SPC por sus siglas en inglés), índice de capacidad del proceso (CPK), entre otros.

Los estudiantes al cruzar la mitad de su carrera y tener mayor consciencia de lo que representa su formación para poder ofrecer sus servicios al egresar, generalmente se esfuerzan en aprovechar las materias que cursan, pero sus resultados a veces se observan frustrantes al empeñarse para cumplir con sus trabajos y prácticas, y no interpretar en ocasiones la información que obtienen o como obtener los resultados.

El desarrollo de una asignatura tiene dos partes fundamentales en la que transita el proceso de enseñanza-aprendizaje. El fin que persigue el proceso es la adquisición de conocimiento, pero es imprescindible no sólo la voluntad del estudiante, sino también la del profesor.

Así como el docente tiene responsabilidades, también enfrenta obstáculos durante el desempeño de su tarea, de esta manera tiene una percepción de la situación en el aprendizaje en el que él colabora.

Problema

Los estudiantes de Ingeniería Industrial en la Institución, deben cursar una cadena de materias enfocadas al área estadística, con el objetivo de obtener los conocimientos necesarios, desde conceptos básicos y su aplicación, y así, en su avance académico, llegar a temas de mayor complejidad y casos prácticos industriales al final de su formación ingenieril, donde requieran realizar por último, una interpretación, después de obtener resultados mediante la aplicación de la probabilidad y estadística.

Para muchos de ellos el problema se refleja cuando se expone la dificultad para obtener el aprendizaje de las materias que se presentan en la cadena de materias.

Además limitaciones para realizar los análisis e interpretaciones a los resultados obtenidos en cada situación planteada por el profesor, por el libro, o incluso en un caso real.

Pero ¿cómo poder corroborar que uno de los factores para facilitar la comprensión de los temas en materias estadísticas, y la interpretación de las situaciones planteadas en clase, dependen del aprendizaje básico de conceptos en probabilidad y estadística y su aplicación?

No es posible regresar el tiempo, pero si es viable buscar e implementar alguna estrategia que apoye al alumno y le brinde habilidad de interpretación en estadística.

Hipótesis

A mayor aprendizaje en probabilidad y estadística, mejor será su interpretación en materias de la especialidad.

Objetivo General

Describir la relación de las enseñanzas previas en probabilidad y estadística con la interpretación en materias de la especialidad en estudiantes de la carrera de ingeniería industrial.

Marco Teórico

Es la probabilidad y la estadística una ramificación de la matemática. En el idioma español uno de los principales iniciadores de obras en base al cálculo de la probabilidad, fue el sacerdote español jesuita, Tirso González de Santalla (1624-1705), catedrático teólogo, quien desafió ideologías y dogmas del cristianismo como religión para dar a conocer sus aportaciones, insistió por muchos años, pues sus análisis obligaban a poner en duda creencias y datos establecidos y plantear en qué grado de ocurrencia pudieron o podrían suceder.

Luego, en España, con base en los primeros autores que fueron franceses, varios profesores de matemáticas quienes publicaron sus libros, llamados en aquel entonces “curso de matemáticas”, se agregaron algunas páginas al considerar los primeros conceptos de probabilidad, esperanza de sucesos y la idea de la equiprobabilidad (Pliego & Javier, 1997).

De manera contemporánea, en un ambiente común, comenta Nelly León, que sería un error pensar que vivimos en un mundo determinista; muy por el contrario, la incertidumbre está presente en muchas situaciones de nuestra cotidianidad, por ello, aunque su estudio no haya sido abordado formalmente en la escuela, tanto los niños como los adultos tienen un conocimiento intuitivo sobre temas derivados de esa incertidumbre como lo son: el azar, la aleatoriedad y la probabilidad. (León, 2015).

Exponen Behar et al. (2002), en el contexto de la ingeniería, que se debe aprender a cuantificar el riesgo y las heurísticas que le permitirán hacerlo, por medio del resorte de la probabilidad y la Estadística. En este camino, la tarea de un ingeniero es conocer los elementos básicos de la teoría de la probabilidad, de manera que, a partir de la estimación de un evento simple, pueda obtenerse información sobre el riesgo de ocurrencia de eventos compuestos y complejos.

Así como también la Estadística puede apoyar la formación académica, al proporcionar las herramientas adecuadas para la construcción de heurísticas, a través de la llamada estimación de cantidades, por medio de intervalos de confianza.

En un trabajo de Del Pino & Estrella (2012), explican que para enfrentar las dificultades en el aprendizaje de la Estadística hay que reflexionar en profundidad sobre la naturaleza y el desarrollo del razonamiento estadístico, así como también qué significa entender y aprender los conceptos estadísticos.

Generalmente se subestima la dificultad que tienen los estudiantes para comprender conceptos básicos de Probabilidad y Estadística, pues pueden ser complejos y contrarios a la intuición, lo que induce a los estudiantes a cometer errores.

Ingeniería Didáctica

En el entorno de la disciplina matemática y su didáctica, surge la noción de *la ingeniería didáctica*, apoyada en las tareas que realiza un ingeniero, el cual tiene que utilizar sus conocimientos aprendidos dentro de su área formativa para realizar un proyecto determinado, y atento a que en cualquier momento su trabajo será valorado de manera científica en su proceso y en resultados.

Sin embargo, el ingeniero sabe que, al mismo tiempo, se encuentra obligado a trabajar con objetos más problemáticos que los objetos que la ciencia descarta y, de esa forma, tiene que afrontar prácticamente todos los obstáculos que se le presentan por estar en la situación actual, en otras palabras, tendrá en ocasiones que utilizar su ingenio de forma eficaz.

La ingeniería didáctica, al surgir en la década de los ochentas, busca ser percibida como el medio de abordar dos cuestiones cruciales, dado el estado de desarrollo de la didáctica de las matemáticas en esa época, situaciones que hasta la fecha son observables:

1. Las relaciones entre la investigación y la acción en el sistema de enseñanza.
2. El papel que conviene hacerle tomar a las “realizaciones didácticas” en clase, dentro de las metodologías de la investigación en didáctica (Artigue, Douady, Moreno, 1995).

“El entorno inmediato de un sistema didáctico está constituido inicialmente por el sistema de enseñanza, que reúne el conjunto de sistemas didácticos y tiene a su lado un conjunto diversificado de dispositivos estructurales que permiten el funcionamiento didáctico y que intervienen en él en diversos niveles” (Chevallard, 1998, p. 8).

El punto número uno, afronta el riesgo de la percepción de innovar, cuando son apreciados sin articular dos momentos en el proceso científico-técnico (investigación y acción).

No es difícil observar que la idea de la innovación es presumida, el objetivo de innovar busca indirectamente sobresalir de lo ordinario, sin observar concienzudamente los beneficios, si no se le presta cuidado en el campo de la investigación, tiende a no considerar la historia científica, entonces la innovación puede aminorar un acercamiento al sistema educativo.

Si solamente el momento acción tiene presencia en un proyecto, y se presenta como el total de una investigación, dificulta la manera de medirlo, y da pie a realizar de manera incorrecta el proceso científico-técnico.

Como segunda cuestión, la ingeniería didáctica se distingue primordialmente por un diseño experimental sustentado en las realizaciones didácticas en el curso, es decir, sobre la concepción, realización, observación y análisis de secuencias de enseñanza (Artigue et al., 1995).

La ingeniería didáctica tiene como identificación y estrategia comparativa, en cuanto a otros tipos de investigación, que se apoyan en la experimentación en clase, es decir, analizar el registro en el cual se ubica y atender las formas de validación a las que está asociada.

Dentro de un enfoque comparativo, una característica más, es que las investigaciones que recurren a la experimentación en clase se sitúan por lo general con validación externa (encuestas, entrevistas, tests), pero aplicando la comparación estadística del rendimiento de grupos experimentales y grupos de control.

En el planteamiento que hacemos de la ingeniería didáctica, de modo contrario a lo anterior, su estructura se forma con el registro de los estudios de casos y cuya evaluación es en esencia interna, basada en el contraste entre el análisis a priori y a posteriori del tema de que se trate.

La metodología de la ingeniería didáctica, delimita cuatro fases de proceso:

Fase 1. De análisis preliminar

- El análisis epistemológico de los contenidos contemplados en la enseñanza.
- El análisis de la enseñanza tradicional y sus efectos.
- El análisis de las concepciones de los estudiantes, de las dificultades y obstáculos que determinan su evolución (dimensión cognitiva).
- El análisis del campo de restricciones donde se va a situar la realización didáctica efectiva (dimensión didáctica).
- Y, por supuesto, todo lo anterior se realiza teniendo en cuenta los objetivos específicos de la investigación.

Fase 2. De concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas de la ingeniería

- Las variables macro-didácticas o globales, concernientes a la organización global de la ingeniería
- Y las variables micro-didácticas o locales, concernientes a la organización local de la ingeniería, es decir, la organización de una secuencia o de una fase.

Fase 3. De experimentación

Esta fase no requiere más explicaciones, es la acción que al ser desarrollada dará paso al análisis respectivo.

Fase 4. De análisis a posteriori y evaluación.

La comparación de dos análisis, el a priori y a posteriori, tienen como propósito, en esencia la validación de las hipótesis formuladas en la investigación. Un análisis a priori, debido a su extensión, y a fortiori, al interpretar la comparación de ambos resultados, es prácticamente incomunicable en toda su extensión.

Los resultados ante un problema en la ingeniería, de manera técnica, también busca probar o negar una hipótesis, pero la interpretación o argumento es más generalizado, propone mejoras de formas técnicas y numéricas comúnmente.

En la ingeniería dinámica de la enseñanza, es diferente, considera dos adjetivos que tienen relación, *obsolescencia* y *replicabilidad* dentro de la clase. Cuando éstos aparecen dentro del aula, se dice que el docente va evolucionando su comportamiento ante el alumnado, aunque no es común identificarlos.

Modifica las estrategias de enseñanza, puede pasar de cambiar en un tema el número de interrogantes sobre sus conceptos, y agregar más preguntas abiertas o cerradas, entre otras situaciones señaladas como características internas.

Algunas acciones tentativas son, el tiempo de silencio del profesor frente al grupo, la utilización de sus registros, el espacio que otorga a sus explicaciones, y las aportaciones de los alumnos, la selección que realiza de las actividades para aplicar (tipos de ejercicios de repaso, problemas abiertos, la duración y lugar de las actividades, duración del tema, la adecuación de los controles/evaluación).

Lo anterior son algunos de los recursos de las representaciones, los cuales comúnmente aplica el docente que, de hecho, podemos señalar que diferencian sustancialmente las formas de enseñar, y a su vez inciden en el aprendizaje (Robert & Boschet, 1984).

Desafortunadamente, para quienes tienen el propósito de querer estudiar ese tipo de características internas, de modo cualitativo, presentan temor a no ser comprendidos en sus investigaciones, y optan habitualmente por la evaluación con características a las que pueda dárseles un valor numérico, que son más sencillas de plantear y medir estadísticamente.

De tal forma que dejan de lado el registro de la comunicación científica, y así adoptar el pensamiento natural simplemente, que no es incorrecto, cabe recalcar, pero carece de elementos internos que la ingeniería didáctica puede considerar y estudiar, lo que perjudica de tal manera el proceso de replicabilidad, u obtención de información que el investigador quiera adquirir para darla a conocer, analizar o ampliar su indagación en un futuro.

Metodología

1. Definir las partes del análisis
2. Selección del proceso de investigación
3. Determinar la población y tamaño de muestra en profesores
4. Diseño de preguntas detonadoras para realizar encuesta a profesores
5. Aplicación, recolección y análisis de la información
6. Determinar la población y tamaño de la muestra en estudiantes
7. Diseño de test diagnóstico para estudiantes
8. Aplicación, recolección y análisis de la información
9. Contrastar pregunta de investigación con los resultados
10. Generar informe

Tipo de investigación

El tipo de investigación es transeccional, correlacional-causal, ya que tiene como propósito describir las variables:

1) Enseñanzas en probabilidad y estadística y 2) interpretaciones de los aprendizajes en materias de especialidad. Analizar sus incidencias e interrelación en un momento dado (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).



Figura 1 Cadena de asignaturas en área estadística en la carrera de Ing. Industrial

Fuente: Elaboración propia

Pregunta de investigación

¿Cómo se relacionan las enseñanzas en probabilidad y estadística con la interpretación en materias de especialidad de Ingeniería Industrial?

Métodos

Con base en la exposición de las etapas de la ingeniería didáctica, y de los criterios básicos en cada una de ellas, se consideró que para la situación que se planteó en el presente trabajo, cuyo objetivo es: “describir la relación que guardan las enseñanzas previas en probabilidad y estadística con la interpretación en materias de la especialidad en estudiantes de ingeniería industrial”, la fase uno de la metodología, en su tercera consideración:

El análisis de las concepciones de los estudiantes, de las dificultades y obstáculos que determinan su evolución, fue la seleccionada.

Este trabajo en su población y muestra de estudio se integra de 2 partes: la primera la forman tres docentes, con perfil de Ingenieros Industriales, que imparten la asignatura de Ingeniería de Calidad, de manera regular.

La otra parte es un grupo de 28 estudiantes del sexto semestre de la carrera de Ingeniería Industrial, en el semestre Enero-Junio 2018, cursa la materia de Ingeniería de Calidad, la quinta asignatura de la cadena que inicia con probabilidad y estadística en su formación (figura 1), en el mes de marzo iniciaron prácticas utilizando el software minitab para su mayor comprensión.

MARTINEZ-ACOSTA, María Teresa, CAMACHO-RÍOS, Alberto, SÁNCHEZ-LUJÁN, Bertha Ivonne. Probabilidad y estadística para fundamentar casos prácticos en la especialidad de Ingeniería Industrial. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Los resultados se presentan en 2 etapas, se muestra primero la información de la parte formadora (primera etapa), y enseguida la obtenida por la parte receptora (segunda etapa), (figura 2).



Figura 2 Partes dentro del proceso enseñanza-aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Primera etapa

En base a 4 preguntas detonadoras, con la finalidad de obtener información, durante el proceso en la etapa de enseñanza. Se obtienen las impresiones de 3 profesores marcados como P1, P2 y P3, sobre el rendimiento y avance del grupo en cuanto al aprendizaje de los temas (ver Tabla 1).

¿Por qué para un Ingeniero Industrial la probabilidad y la estadística tienen un papel importante?	
P1	La disciplina aumenta la capacidad de análisis y pensamiento lógico. Es la base de conocimiento de materias posteriores como Estadística I y II.
P2	Ciertos temas son imprescindibles para plantear, analizar y dar solución a casos prácticos que se le presentaran al estudiante, por ejemplo situaciones con sucesos aleatorios o pronósticos utilizados en los análisis de procesos productivos.
P3	Señalamientos, ya estimados por los anteriores, aumentando el grado de importancia que tiene la disciplina para el estudiante.
¿Qué problemas observa en los estudiantes al enseñar estadística avanzada?	
P1	El estudiante no alcanza a comprender los significados de parámetros, y de los conceptos básicos en su momento, no les queda claro el sentido de lo que aprenden, duda en cuanto a las intervenciones en nivel medio escolar dentro del área estadística.
P2	La formación en el nivel medio escolar es un factor importante, señala que al recibir en la carrera a alumnos que no cursaron un bachillerato con una especialidad en probabilidad, les es más difícil comprender y aplicar los temas al respecto en nivel superior, y genera en ocasiones un desequilibrio al momento de medir el ritmo de avance de aprendizaje del grupo.

P3	Señala la frustración que observa en algunos estudiantes al buscarlo para pedirle asesoría al no sentirse seguros de las explicaciones de los resultados que obtienen de forma numérica en sus prácticas.
<i>Considera que cualquier alumno avanzado de Ingeniería Industrial, sabe interpretar, por ejemplo, ¿Qué es la desviación estándar?</i>	
P1	No es sencillo en cualquier estudiante, la capacidad de análisis en promedio dentro del grupo, no se ha fortalecido, y en su proceso de enseñanza, como profesor, tiene dificultad para hacer comprender al alumno.
P2	Posiblemente no sepan exponer el concepto de manera formal, pero confía que la aplicación la deben saber, puesto que la practican en la asignatura que están cursando actualmente de manera más práctica.
P3	Generalmente es la etapa de las materias donde en su impartición tiene mayores problemas, recurre a varias maneras para poder llegar a la comprensión de los alumnos, y no siempre lo logra.
<i>¿Cuál es el motivo de utilizar softwares estadísticos dentro de su clase?</i>	
P1	Es solicitado en el temario, al disminuir el tiempo de proceso en la captura de datos, aplicación de fórmulas y gráficas, puede incrementar el número de prácticas del tema, y la recolección de datos sean de procesos más reales. Lo más probable al ingresar a laborar a una empresa, ubicados como profesionales industriales en un área técnica, tendrán que utilizar algún programa, puede no ser el visto en clase, pero aprenderían de manera más rápida su manejo.
P2	Coincide en que es una petición dentro del programa de la materia la utilización y práctica de un software estadístico, no se muestra muy convencido que la incorporación tenga sólo aciertos en el curso, por un lado se facilita el avance de los temas, pero el proceso de análisis e interpretación de resultados se dificulta por parte de los alumnos, se pierden en el sentido electrónico, teniendo el profesor que idear maneras de hacer entender al joven en cuanto a los resultados y gráficas.
P3	Agrega razones similares a las anteriores, no es el software el problema de raíz, según su percepción sino la historia, la preparación del estudiante durante su desarrollo.

Tabla 1 Respuestas de los profesores

Fuente: Elaboración propia

Segunda etapa

Se formulan preguntas que consideren los conceptos básicos y su utilidad, con redacción corta y contestación de opción abierta (figura 3), obteniendo lo siguiente:

TEST DIAGNOSTICO

Semestre y grupo: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: DA CONTESTACIÓN A CADA PREGUNTA:

1. ¿Con tus palabras define la palabra "Probabilidad"?
2. ¿Cuál es el concepto o que representa la "media estadística" en un conjunto de datos?
3. ¿Con tus palabras define la palabra "Estadística"?
4. ¿Cuál es el concepto o que representa la "desviación estándar en un conjunto de datos"?
5. ¿A qué se refiere el término "datos agrupados"?

Figura 3 Test de aplicación al estudiante

Fuente: Elaboración propia

Al analizar las respuestas a la primera pregunta, *¿Con tus palabras define "probabilidad"?*, se observa buen dominio del concepto de probabilidad, en la mayoría de los integrantes del curso. Con un 92.9% de los jóvenes, las expresiones más comunes fueron: *porcentaje de que ocurra un evento y posibilidades de ocurrencia de un número determinado de alternativas*, dando a entender que tienen clara la idea.

En el siguiente cuestionamiento, *¿Cuál es el concepto o que representa la "media estadística" en un conjunto de datos?*, 89.3% de las respuestas también fueron positivas, y se consideraron correctas, observando que fueron básicamente muy parecidas entre los encuestados, las palabras *"es el promedio"* agregadas a cualquier enunciado planteado, dieron certeza a considerar que tienen un aprendizaje correcto al significado del concepto.

Por lo tanto, es sencillo reparar en que durante su formación académica han aplicado lo que es un promedio y como obtenerlo, independientemente del nombre técnico de "media aritmética".

Llama la atención que para la interrogante, sobre *el concepto de estadística*, las respuestas fueron muy variadas, afortunadamente el 85.7% de las respuestas pueden ser juzgadas como aciertos, la explicación del participante permite observar que en su mayoría comprenden la finalidad que tiene la estadística, enunciados que van desde: *estudio de grupos de datos para establecer su relación, tendencias, entre otros, así como disciplina que muestra el saber aplicar formulas con datos tomados, comportamientos y gráficos*.

En esos enunciados se contempla el concepto correcto, como lo es la recopilación, análisis e interpretación de datos con el fin de deducir las características de una población.

Al preguntar sobre *la desviación estándar*, como cuarta interrogante, una parte de las contestaciones de los estudiantes, el 42.8%, consideró *la media estadística*, al aportar en sus comentarios, que *la desviación estándar es el grado en que se alejan o se acercan los datos a esa media*, mientras que el resto, 57.2% de las respuestas, no consideró la media, perdiendo sentido las contestaciones que dieron los participantes, y observando que no comprenden lo que la desviación representa.

Por último, al indagar *¿A qué se refiere el término "datos agrupados"?*, 17.8% de los alumnos dieron por respuesta enunciados acertados, frases como: *son subgrupos que se forman del total de la población, sirven para resumir los datos obtenidos, formación de rangos o niveles para facilitar el análisis*, fueron las presentadas en un mínimo de las participaciones. El resto de los alumnos dieron por respuesta frases incorrectas, alejadas de la realidad.

Conclusiones

La relación que guardan la parte formadora en las asignaturas pertenecientes al área de la probabilidad y de la estadística (profesores), con la parte que recibe y aprende a utilizar de manera correcta y efectiva los conocimientos que debe practicar y que seguramente utilizará al desempeñar su profesión de ingeniería industrial (estudiantes) es muy estrecha.

Los docentes tienen la percepción de que los alumnos, en mayoría, han llegado a cursar las últimas materias de la cadena sin la preparación suficiente, que pueda brindarles una seguridad adecuada para reflexionar en los resultados que obtienen en las situaciones que se les plantean, y así poder abordarlos, criticarlos y poder tomar decisiones.

Al considerar la ingeniería didáctica para analizar las concepciones de los estudiantes, de las dificultades y obstáculos que determinan su evolución, se observa que los alumnos tienen un buen aprendizaje sobre conceptos generales como probabilidad, estadística y media.

Presentan carencias en conceptos como desviación estándar, datos agrupados y no agrupados, que son conceptos que se desarrollan durante un proceso estadístico.

Hasta este momento no podemos adjudicar las deficiencias a las etapas anteriores de educación del alumno, o a la falta de materias relacionadas durante el nivel medio escolar, pero se encuentran como posibles causas dentro de los comentarios de los docentes.

Por los razonamientos de los profesores, cabe la posibilidad, que los estudiantes por diferentes motivos no aprovecharon las enseñanzas del primer curso de la cadena de asignaturas, que es probabilidad y estadística, no maduraron en la interpretación del desarrollo y resultados de un problema estadístico.

Dando contestación a la pregunta de investigación, después de analizar los resultados obtenidos, se establece que la comprensión y razonamiento de enseñanzas en probabilidad y estadística, son indispensables para que el estudiante avance y destaque de manera efectiva en el proceso académico de la especialidad de la carrera, que lleva hasta concluir, no sólo la rama de materias estadísticas, sino su perfil de ingeniero industrial.

Los profesores que imparten la materia de ingeniería de Calidad, tal vez sin percibirlo consideran el factor obsolescencia, se ocupan de la evolución, al trabajar con paquetes electrónicos como apoyo didáctico, y sus impresiones al respecto. Lo importante de la tecnología es saberla aplicar, de forma que facilite y contribuya positivamente, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, sin olvidar las raíces de la disciplina de que se trate.

Recomendaciones

Sería beneficioso y enriquecedor en el proceso académico de los futuros ingenieros, buscar estrategias en reuniones de trabajo dentro de la academia de ingeniería industrial para diagnosticar y nivelar a los estudiantes que avanzan en la cadena de asignaturas en el área de probabilidad y estadística, alcanzando la evolución y preparación necesaria, no sólo en materias cursadas como requisito, sino en conocimientos y preparación para temas futuros que experimentarían con mayor complejidad.

Referencias

- Artigue, M., Douady, R. & Moreno, L. (1995). *Ingeniería didáctica en educación matemática*. Colombia: Ed. Iberoamérica.
- Behar, R., Klinger, R., Olaya, J., Andrade, M., Mesa, E., Conde, G., Delgado J. & Díaz, R. (2002). El Rol de la Estadística en el trabajo del Ingeniero. *Ingeniería y Competitividad*, 4(1), 49-50. Recuperado de http://historiayespacio.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2319
- Chevallard, Y. (1998). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Francia: AIQUE grupo editor.
- Del Pino, G. & Estrella, S. (2012). Educación estadística: Relaciones con la matemática. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 49(1), 53-64. Recuperado de <http://www.conferencias.unc.edu.ar/index.php/xclatse/clatse2012/paper/downloadSuppFile/439/334>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education
- León, N. (2015). Explorando las nociones básicas de probabilidad a nivel superior. *Paradigma*, 19(2), 125-143. Recuperado de <http://revistas.upel.edu.ve/index.php/paradigma/article/download/2928/1359>
- Pliego, M. & Javier F. (1997). Historia de la Probabilidad en España. *Revista de Historia Económica-Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 15(1), 161-176. Recuperado de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/2032>
- Robert, A. & Boschet, F. (1984). *L'acquisition des débuts de l'analyse sur R dans une section ordinaire de DEUG première année. Cahier de Didactique des Mathématiques N°7*. Paris: IREM Paris VII.

Tratamiento superficial por láser en materiales compuestos

Surface treatment by laser in composite materials

VARGAS-OSUNA, Lidia*†, CABRERA-CORDOBA, Eduardo, ANGUIANO-LIZAOLA, Jorge y DÍAZ-CHACÓN, Juan

Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ingeniería. Blvd. Benito Juárez S/N, Unidad Universitaria. CP. 21280, Mexicali, Baja California. México

ID 1^{er} Autor: Lidia, Vargas-Osuna / ORC ID: 0000-0002-5205-0224, Researcher ID Thomson: G-3018-2017, CVU CONACYT ID: 208473

ID 1^{er} Coautor: Eduardo, Cabrera-Cordoba / ORC ID: 0000-0001-8239-280X, Researcher ID Thomson: X-3092-2018, CVU CONACYT ID: 228437

ID 2^{do} Coautor: Jorge, Anguiano-Lizaola / ORC ID: 0000-0003-0365-8353, Researcher ID Thomson: X-3199-2018, CVU CONACYT ID: 335447

ID 3^{er} Coautor: Juan, Díaz-Chacón

Recibido 06 de Enero, 2018; Aceptado 16 de Marzo, 2018

Resumen

Los métodos convencionales para el tratamiento superficial de los materiales compuestos presentan algunas limitaciones y variaciones que afectan su rendimiento durante y después de la unión. En este trabajo se propone el uso de tecnología láser como un método para modificar la morfología de la superficie de fibra de vidrio, mejorando su adhesión en una unión simple por traslape con resina epóxica. El análisis por microscopía electrónica de barrido mostró patrones simétricos por ablación con láser en la superficie del compuesto. Los resultados de la prueba de tensión confirman un aumento significativo en la resistencia de la unión y una menor variación, en comparación con el grupo de control sometido a un método convencional con lija de papel con carburo de silicio.

Láser, Materiales compuestos, Tratamiento de superficies, Adhesión

Abstract

Conventional methods for the surface treatment of materials to be joined present some limitations and variations that affect their performance during and after the bonding. This work is about the use of a light-based technology as a method to modify the surface morphology of fiberglass composites to enhance their adhesion in a single lap joint with epoxy adhesive. Examination with scanning electron microscopy showed patterns of laser over the composite surface, and the results of tensile test machine confirm a significant increase in the strength of the joint when compared with the control group submitted to a conventional method with silicon carbide papers.

Laser, Composites, Surface treatment, Adhesion

Citación: VARGAS-OSUNA, Lidia, CABRERA-CORDOBA, Eduardo, ANGUIANO-LIZAOLA, Jorge y DÍAZ-CHACÓN, Juan. Tratamiento superficial por láser en materiales compuestos. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-5: 19-24

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: lidia.vargas@uabc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los materiales compuestos de matriz polimérica (PMC), se utilizan ampliamente debido a su costo y ventajas en sus propiedades, como alta resistencia a la tensión, resistencia al desgaste y baja densidad, que pueden satisfacer los requisitos de aplicaciones en industrias como automotriz, aeroespacial, biomédica, civil y microelectrónica. En el caso de los aviones, las estructuras, alas y fuselaje están migrando al uso de materiales compuestos, debido a su baja densidad, que reduce peso, permite un mejor rendimiento y ahorro de combustible.

En aplicaciones de ingeniería, Al unir materiales similares o diferentes la unión con adhesivos, se tienen algunas ventajas en comparación con la unión mecánica. El adhesivo proporciona una alta resistencia en relación con su peso, distribuye la carga de manera uniforme, mejora la fluidez aerodinámica, es lo suficientemente flexible como para permitir variaciones en los coeficientes de expansión térmica y mejorar la apariencia visual (Vinson & Sierakowski, 2002). La etapa crítica es la preparación de la superficie, debido a que la fuerza total depende de una unión adecuada entre el adhesivo y los adherentes. Las técnicas tradicionales implican abrasión con lija de papel, granallado, microabrasión o ataque químico, estos presentan ciertas limitaciones, ya que es crítico un proceso controlado, con alta reproducibilidad para altos volúmenes de producción.

Tecnologías basadas en la luz

Las tecnologías basadas en la luz son un importante motor económico con potencial para revolucionar el siglo XXI. Tal como lo hizo, la electrónica en el siglo XX. La óptica, la fotónica y la invención del láser, satisfacen necesidades en múltiples campos desde la salud y hasta el desarrollo sostenible. De esta manera, la Asamblea General de las Naciones Unidas (AGNU), proclamó el 2015 como el año internacional de la luz y las tecnologías basadas en la luz (International Year of Light, 2015).

El estudio de la luz ha llevado a aplicaciones que dan forma a nuestra sociedad de la información. Las comunicaciones de fibra óptica permiten el internet de alta velocidad que usamos hoy.

Los láseres pueden codificar cientos de terabytes de datos para almacenar una base de conocimiento en constante crecimiento. Las tecnologías basadas en la luz nos ayudan a explorar el espacio con telescopios equipados con sensores que recopilan datos desde el ultravioleta hasta el infrarrojo del espectro e incluso mapean nuestro Universo en su infancia al capturar el fondo cósmico de microondas: la radiación remanente del Big Bang. Del mismo modo, la detección remota desde satélites también nos está ayudando a comprender mejor nuestro planeta, predecir el clima, monitorear y manejar la contaminación (International Year of Light, 2015).

El láser, es un acrónimo en inglés de "amplificación de luz por emisión estimulada de radiación". Es un dispositivo que consiste en un medio de ganancia y una cavidad óptica. El medio de ganancia es una sustancia que puede pasar de un estado de energía más alto a uno más bajo y transfiere la energía asociada al rayo láser. Los gases como el neón, el helio y el argón son excelentes medios de ganancia, al igual que los cristales dopados con átomos de tierras raras, como el itrio, el aluminio y el granate. Una fuente de alimentación externa, generalmente corriente eléctrica, estimula el medio de ganancia al estado excitado. La cavidad óptica consiste esencialmente dos espejos paralelos que reflejan repetidamente un haz de luz a través del medio de ganancia. Cada vez que el rayo pasa a través del medio de ganancia, aumenta en intensidad (Figura 1).

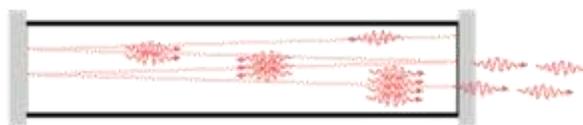


Figura 1 Esquema de funcionamiento del láser

Conceptualmente, el funcionamiento del láser es similar a una bombilla incandescente; sin embargo, la luz generada por un láser es coherente, lo que significa que tiene una sola longitud de onda y se emite en un haz bien definido (Newell, 2009).

El láser de CO₂ se basa en una mezcla de gases dentro de un tubo de vacío generalmente helio, argón, nitrógeno y CO₂, donde se mantiene una descarga eléctrica que excita a las moléculas de gas hasta desprender fotones.

Se ha descubierto que el helio más ligero, liberan fotones a una menor energía, estos fotones a su vez excitan al CO₂, en un efecto de cascada y mejoran la eficiencia energética del láser. Resultando en un haz de luz amplificada, coherente y monocromático, que se utiliza ampliamente para el procesamiento de materiales como: a) cortar materiales plásticos, madera, tableros, entre otros, que presentan una alta absorción a 10.6 μm y requieren niveles moderados de potencia de 20-200 W. b) metales de corte y soldadura, como acero inoxidable, aluminio o cobre, aplicando potencias de varios kilovatios. c) marcado con láser a diversos materiales (Paschotta, 2008). En la Figura 2 se puede apreciar la mesa de trabajo del láser de CO₂.

Los láseres de CO₂ utilizados para el procesamiento de materiales compiten con los láseres de estado sólido, como los láseres YAG y los láseres de fibra que operan en el régimen de longitud de onda de 1 μm . Estas longitudes de onda más cortas tienen las ventajas de una absorción más eficiente en una pieza de trabajo metálica y la posibilidad de conducir el haz a través de cables de fibra. No hay láser de fibra óptica para CO₂ con una longitud de onda de 10.6 μm .

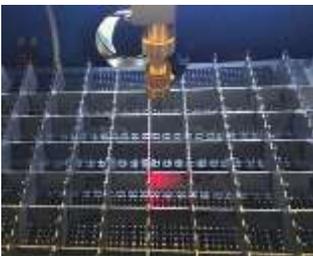


Figura 2 Mesa de trabajo de laser de CO₂

El producto de parámetro de haz potencialmente más pequeño de los láseres de 1 μm también puede ser ventajoso. Sin embargo, este último normalmente no puede ser bombeado por lámparas de alta potencia y los láseres bombeados por diodos tienden a ser más caros.

Por estas razones, los láseres de CO₂ todavía se utilizan ampliamente en el negocio de corte y soldadura, especialmente para piezas con un espesor superior a unos pocos milímetros, y sus ventas representan más del 10% de todas las ventas globales de láser a partir de 2013.

Esto puede, en cierta medida, cambiar en el futuro debido al desarrollo de láseres de disco fino de alta potencia y cables de fibra avanzados en combinación con técnicas que explotan la alta calidad del haz de dichos láseres. (Paschotta, 2008).

En este trabajo, se utilizó un láser de CO₂ infrarrojo convencional como método alternativo para la preparación de superficies de compuestos de fibra de vidrio como una alternativa al método tradicional de abrasión con lija de papel. El procesamiento con láser incluye: la microablación o eliminación de material mediante sublimación en un proceso sin contacto libre de daños térmicos o mecánicos, generando patrones geométricos o texturas en la superficie que modifican las propiedades del material con respecto a la humectación, adherencia y dureza.

Metodología a desarrollar

Preparación y evaluación de las muestras

El propósito de este trabajo fue asegurar una topografía de superficie controlada y replicada capaz de mejorar la resistencia de adherencia de un polímero reforzado con fibras (FRP), cuando se unen con adhesivo epóxico en una junta simple por traslape. El flujo mostrado a continuación, se propone como un método para evaluar la mejora de la adhesión mediante el uso del láser para la preparación de la superficie de compuestos de FRP:

Paso 1. Fabricación de paneles compuestos.

Paso 2. Preparación de la superficie por: a) abrasivo y b) tecnología láser.

Paso 3. Unión simple por traslape con adhesivo epoxi de paneles tratados.

Paso 4. Evaluación de adherencia de acuerdo con estándares ASTM.

Fabricación y tratamiento de superficies de paneles compuestos

Laminados de 25.4 x 100 mm y 2.5 mm de espesor, fueron elaborados por el método manual o hand lay-up en inglés.

La matriz consiste en resina epóxica y endurecedor 1101 del proveedor Fiber Glast, en una proporción de mezcla de 3:1. El refuerzo de fibra de vidrio tejida con hilos con una orientación a 0 y 90 grados respectivamente.

La preparación de las muestras previo a su unión consistió en un tratamiento superficial para marcar en el área de traslape de 25.4 mm de la orilla, para un total de cinco paneles en cada una de las siguientes condiciones: a) tratamiento tradicional con papel de carburo de silicio (SiC) para el grupo de control, b) tres diferentes recetas de tratamientos con láser de CO₂ identificadas como T1, T2 y T3.

El equipo láser utilizado durante la experimentación es una máquina de grabado y corte láser Shenhui CO₂ de 50W. Las variables durante la configuración de los parámetros de las recetas fueron la velocidad de escaneo y la distancia entre líneas o espacios llenos, como se describe en la Tabla 1. El objetivo fue configurar una receta láser adecuada y capaz de obtener un buen control en la superficie modificada sin daños en las fibras (Figura 3).

Tratamiento	Control	Láser T1	Láser T2	Láser T3
Descripción	Papel de carburo de silicio (SiC) de 180 granos	Potencia: 50 watts Corriente: 20 amp Velocidad: 150 mm/s Avance: 100µm	Potencia: 50 watts Corriente: 20 amp Velocidad: 150 mm/s Avance: 150µm	Potencia: 50 watts Corriente: 20 amp Velocidad: 150 mm/s Avance: 150µm. Muestra en ángulo de 45 grados

Tabla 1 Descripción de los tratamientos aplicados en las superficies de los paneles



Figura 3 Diferentes tratamientos del láser de CO₂ sobre material compuesto de fibra de vidrio

Evaluación de la fuerza de adhesión

Después del tratamiento de la superficie, los paneles se sometieron a una unión simple con adhesivo epóxico del proveedor Fiber Glast.

La parte A y B se mezclaron en una proporción 1: 1 con un tiempo de curado de 6-8 horas a 77 °F. Se agregaron microesferas de vidrio con una altura promedio de 0.070 mm para controlar el espesor de la línea de adhesivo.

El esquema y las dimensiones de los paneles, incluido el área de traslape, se muestran en la Figura 4.



Figura 4 Esquema y dimensiones de las placas en unión por traslape simple

Se consideraron los métodos de prueba ASTM D1002 y D5868 para evaluar la mejora de la resistencia al corte de los paneles de fibra de vidrio, unidos en traslape simple con adhesivo. Las muestras se sometieron a prueba de tensión con una velocidad de carga de 13 mm/min hasta su falla en una máquina de prueba de 100 kN modelo Galdabini Quasar 100.

Existen diferentes clases de modos de falla en uniones con adhesivos que se establecen de acuerdo con el estándar ASTM D5573 (Figura 5).



Figura 5 ASTM 5573 Clasificación de modos de falla en uniones con adhesivos

Las principales características de los modos de falla se describen a continuación:

Id	Tipo	Descripción
1	AF	Falla de adhesivo: separación en la interfaz adhesivo-adherente
2	CF	Falla cohesiva: dislocación dentro del adhesivo
3	TLCF	Falla cohesiva de capa fina: caracterizada por una ligera capa de adhesivo en una superficie y una capa gruesa del adhesivo que queda en la otra
4	FTF	Falla de fibra-rotura: dentro de la matriz de FRP, caracterizada por la aparición de fibras de refuerzo en ambas superficies
5	LFTF	Falla ligera de fibra-rotura: caracterizada por una capa delgada de matriz de resina de FRP visible en el adhesivo, con pocas o ninguna fibra de vidrio transferida desde el material compuesto al adhesivo
6	SB	Falla de panel-rotura: se produce una separación dentro del FRP, pero fuera de la superficie de unión,
7	MX	Falla mixta: cualquier combinación de las diferentes clases.

Tabla 2 Clasificación del modo de falla en unión con adhesivos

Resultados

Evaluación por microscopía electrónica de barrido

Las superficies tratadas, incluido el grupo de control y los tres grupos de láser, se analizaron con el microscopio electrónico de barrido JEOL JSM6360 (SEM), para observar su aspecto y descartar fibras dañadas. En el caso de las muestras tratadas con papel de carburo de silicio presentan una superficie no uniforme con algunas fibras expuestas en áreas pequeñas (Figura 6).

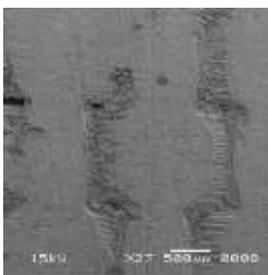
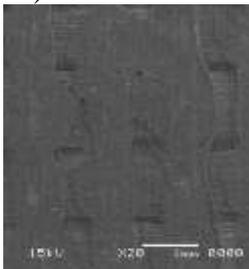


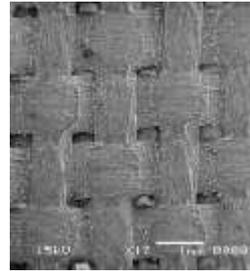
Figura 6 Imagen SEM de la muestra de control tratada con papel de carburo de silicio

En relación con las muestras tratadas con láser de CO₂, el grupo T1 no mostró fibras expuestas significativas como las muestras de control. Figura 7a. Los paneles del tratamiento T2 presentaron fibras expuestas completamente en direcciones verticales y horizontales sin daños, pero con un mínimo de resina. Figura 7b. Las muestras T3 sometidas a los mismos parámetros de T2, pero con una inclinación de 45 grados, presentaron fibras sin daños y parcialmente expuestas en ambas direcciones. Figura 7c.

7a)



7b)



7c)

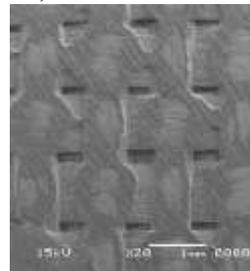


Figura 7 Imágenes SEM del grupo de láser de CO₂ con a) Tratamiento T1, b) Tratamiento T2 y c) Tratamiento T3

Resultados de la prueba de tensión

Para evaluar si se produjo un aumento en la resistencia de la junta, entre los paneles de control y los tratados con láser, se sometieron a una máquina de ensayo por tensión.

Respecto a los resultados globales de la carga máxima, hay una mejora significativa en los paneles sometidos a recetas con tratamiento láser en comparación con el grupo de control con una carga promedio de 2234 N.

La receta láser T1 fue superior al control con 3080N y la receta T2 presentó la carga más alta con un promedio de 5140 N. Por otro lado, se puede observar menor variación en la receta T3 y con un promedio de 4994 N ligeramente debajo de T2, (Figura 8).

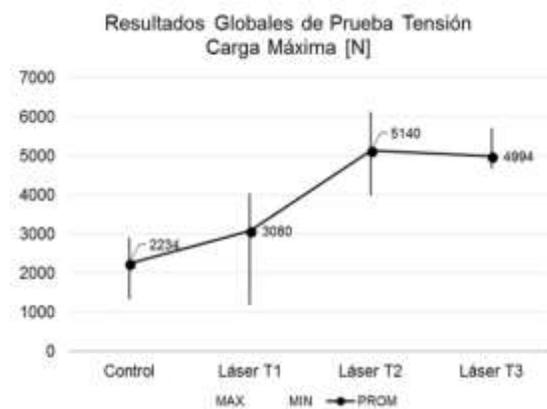


Figura 8 Gráfica comparativa de los resultados de carga máxima de la prueba de tensión

Conclusiones

Aun cuando la media para el tratamiento en T1 para la prueba de tensión fue superior a la encontrada en las muestras de control con lija de papel, los rangos en los resultados se traslapan y no es posible diferenciarlos. Ambas presentan falla cohesiva (CF), la cual ocurre en el adhesivo. La alta desviación encontrada para el T1 es mayor, lo que representa una mayor variación del proceso.

Los tratamientos T2 y T3 presentaron la falla de fibra-rotta (FTF) caracterizada por la aparición de fibras de refuerzo en ambas superficies. Éstos últimos fueron encontrados superiores para la prueba de adhesión en un 60%, para ambos casos se incrementó el avance entre líneas a 150 micrones evitando el traslape entre las líneas.

En T2 se observa un mayor ataque sobre el plástico y una sobre exposición de las fibras. Al girar la muestra en un ángulo de 45 grados, disminuye la remoción de plástico y la exposición de la fibra mejorando el control sobre el proceso, disminuyendo la desviación estándar y por lo tanto permitiendo encontrar una solución óptima.

Respecto a la elongación máxima encontrada, el tratamiento T1 y el control presentaron ambos 1.4 mm. Sin embargo, en los tratamientos T2 y T3 éste aumentó hasta 2.8 mm. Lo que parece indicar que en los tratamientos T2 y T3, la fibra expuesta y el adhesivo se unen de manera más íntima formando una nueva unión controlada por el adhesivo.

Agradecimiento

A la Universidad Autónoma de Baja California por el financiamiento del proyecto a través del programa de convocatorias internas de apoyo a proyectos de investigación.

Referencias

ASTM International. (s.f.). *D1002-10 Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-Metal)*. Recuperado de: <https://www.astm.org/Standards/D1002.htm>.

ASTM International. (s.f.). *ASTM D5573-99 Standard Practice for Classifying Failure Modes in Fiber-Reinforced-Plastic (FRP) Joints*. Recuperado de: <https://www.astm.org/Standards/D5573.htm>.

ASTM International. (s.f.). *ASTM D5868-01 Standard Test Method for Lap Shear Adhesion for Fiber Reinforced Plastic (FRP) Bonding*. Recuperado de: <https://www.astm.org/Standards/D5868.htm>.

Calik, A. (2016). Effect of adherend shape on stress concentration reduction of adhesively single lap joint. *Engineering Review*. 36(1). 29-34.

Heidarpour, F., Farahani, M., & Ghabezi, P. (2018). *Experimental investigation of the effects of adhesive defects on the single lap joint strength*. International Journal of Adhesion and Adhesives, 80128-132. doi:10.1016/j.ijadhadh.2017.08.005

International Year of Light. (2015). Recuperado de <http://www.light2015.org/Home.html>.

Mercy, Lilly & , Senguttuvan. (2015). Joint Strength analysis of single lap joint in glass fiber composite material. *International Journal of applied engineering research*. 10(7). 16535-16545.

Newell, J. (2009). *Essentials of modern materials science and engineering*. Hoboken, New Jersey: John Wiley.

Paschotta, R. (2008). *Encyclopedia of laser physics and technology [versión electrónica]*. Weinheim, Alemania: Wiley-VCH., <https://www.rp-photonics.com>

Powell, J., & Kaplan, A. (2013). A comparison of fiber and CO2 laser cutting. *Industrial Laser Solutions*. 28(5). 6.

Tzetzis, D. (2008). The role of surface morphology on the strength and failure mode of polymer fiber reinforced single lap joints. *Journal of Materials Science*. 43(12). 4271-4281. doi:10.1007/s10853-008-2621-2.

Vinson, J. R., & Sierakowski, R. L. (2002). *The behavior of structures composed of composite materials*. Dordrecht, Netherlands: Springer.

Estandarización en el proceso de pintura

Standardization in the painting process

ACOSTA-GONZÁLEZ, Yanid*†, AGUIRRE-TÉLLEZ, Wendy Miriam y DURÓN-DE LUNA, Abelardo

Universidad Tecnológica de Aguascalientes, Blvd. Juan Pablo II No. 1302

ID 1^{er} Autor: Yanid, Acosta-González / ORC ID: 0000-0001-9112-7872, Researcher ID Thomson: S-5620-2018

ID 1^{er} Coautor: Wendy Miriam, Aguirre-Téllez / ORC ID: 0000-0002-4057-8793

ID 2^{do} Coautor: Abelardo, Durón-De Luna

Recibido 10 de Enero, 2018; Aceptado 20 de Marzo, 2018

Resumen

El proyecto es realizado en una empresa que se dedica a la la fabricación de muebles escolares y de oficina, ubicada en el municipio de Aguascalientes.

Se efectuó un estudio en el área de pintura, contemplando primeramente la aplicación de las 5's, ergonomía y teniendo resultados de mejora de los tiempos.

Como parte de la aplicación las 5's, se hizo una comparación de los tiempos de antes y después y la identificación de las lesiones y molestias de los trabajadores del área. Posteriormente se identificaron las lesiones por medio de la matriz molestia –lesión (Mo-Le).

Metodología 5's, Estandarización Ergonomía, Trastornos músculo-esqueléticos

Abstract

Project carried out in a factory of school and office furniture, located in the municipality of Aguascalientes. A study was carried out in the painting area, mainly considering the application of the 5's, ergonomics, occupational health and results of improvement of times. As part of the application the 5's, a comparison of the before and after times was made, in Occupational Health of the identification of the injuries and inconveniences of the workers of the area; Subsequently lesions were identified by means of the discomfort-lesion matrix (Mo-Le).

5's Methodology, Standardization Ergonomics, Musculoskeletal disorders

Citación: ACOSTA-GONZÁLEZ, Yanid, AGUIRRE-TÉLLEZ, Wendy Miriam y DURÓN-DE LUNA, Abelardo. Estandarización en el proceso de pintura. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-5: 25-33

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: yanida@utags.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El presente trabajo que se realizó fue una empresa que se dedica a la elaboración de muebles de oficina y escolares, cuenta con tres áreas como: Ventas, Contaduría y Producción, con un total de 21 trabajadores.

Una de las estrategias de la empresa es cumplir con los objetivos que tienen propuestos en su plan de desarrollo estratégico, como son: costos, calidad y seguridad.

Como punto de partida se efectuó reconociendo los diferentes procesos que se realizan en cada área de la empresa como pintura, horno, soldadura, estructuras metálicas, empaquetado, ensamblado y desarmado.

La planeación y programación de la producción de los muebles, se basa en los tiempos ciclos y en la capacidad que se tiene disponible para la producción.

En este proyecto se observó como punto de partida el área de pintura y horneado, observando los comportamientos que tiene en los flujos de material, como el trabajo que maneja el operador, el espacio que se tiene requerido para estas áreas y la ergonomía, con el fin de detectar factores que inciden en la producción, en la distribución de planta y determinar si el método y el tiempo de trabajo son los adecuados, logrando de esta forma la estandarización y mejoramiento en las áreas antes mencionadas, con el objetivo de cumplir con los requerimientos del cliente, de sus procesos y la calidad del producto.

Uno de los principales indicadores que a la empresa se le evalúa por parte de la Secretaría del trabajo y Previsión Social (STPS) es la seguridad y salud del trabajador.

La empresa pretende reducir a “0” accidentes y para cumplirlo será necesario realizar estudios referentes a los riesgos de trabajo e implementarlos a través de un Programa de Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (PASST) que impulsa dicha Secretaría basándose en incorporar con sentido de prioridad, ciertas acciones sistemáticas de carácter preventivo que permitan contar con empresas seguras.

Los accidentes que se han tenido en los últimos cinco años han sido catalogados como menores (astillado en algunos de los dedos, así como cortaduras) sin embargo no dejan de ser lesiones. Así mismo no se ha dejado de considerar los reportes que se tienen sobre dolencias en las articulaciones y brazos principalmente, además de estar expuestos a los ruidos irregulares que se tienen dentro del proceso.

Justificación

Este proyecto pretende brindarle a la empresa instrucciones de mejores prácticas en las áreas de pintura y horneado, el objetivo será estandarizar los procesos, así como reducción de sus lesiones y eficientar sus espacios. Entre los factores de riesgo ergonómico se encuentran aquellos que generan trastornos músculo-esqueléticos. Entre los más comunes se encuentran el sobre esfuerzo físico, la manipulación manual de cargas, los movimientos repetitivos; e incluso, las posturas forzadas en el trabajo. Por ello, resulta indispensable acondicionar el espacio laboral y las herramientas utilizadas en función de la seguridad y salud de los trabajadores. Con el interés de dar solución a la problemática planteada, surge el PROY-NOM-036-1-STPS-2017.

La Oficina Internacional del Trabajo (2013) considera que el estrés es uno de los factores que tiene consecuencias negativas como enfermedades circulatorias y gastrointestinales, otros trastornos físicos, psicosomáticos y psicosociales.

Así como baja productividad, por lo tanto la interacción con el medio y los equipos que usa el operador, puede llegar a crear situaciones que afecten su desempeño, salud e integridad como persona.

En este sentido la mejora continua será aplicada al estudio de las estaciones de trabajo, para hacerlas más seguras y de menor riesgo para los trabajadores y si se quiere considerar una certificación con la norma ISO 9001-2015 se tendrá que tener y adecuar la infraestructura para un ambiente de trabajo adecuado. Además de otros requerimientos competentes a la STPS e IMSS.

Descripción del problema

En el mes de julio del 2017, fue donde mas se fabricaron mesabancos escolares, las principales máquinas y áreas que se utilizan son: Cortadoras, Dobladoras hidráulicas, Lijadoras, área de pintura y el horneado, todas ellas son operadas manualmente; lo que se identificó como áreas de oportunidad es en el orden, movimientos innecesarios y traslados inútiles, así como la reducción de los tiempos de búsqueda de los elementos que se necesitan.

Respecto a los operadores éstos reportan molestias en algunas partes del cuerpo; cabe mencionar que hasta ahorita no ha habido necesidad de atención médica. Para realizar una evaluación sobre la identificación de las posibles lesiones se tomará como punto de partida el área de pintura hasta la operación del horno (Ver figura 1), además de que el personal trasportan el material semiterminado, más de dos piezas, con un peso aproximadamente de 10 kilos una distancia de 11 metros al área del horno; así mismo no cuenta con la estandarización de los procesos.

Marco Teórico

En esta investigación se abordará sobre la mejora de un proceso de trabajo, considerando algunas metodologías como: estandarización, los tiempos del proceso, las 5's, ergonomía y antropometría del trabajador, así como la seguridad del mismo.

En lo que se refiere a una estandarización de trabajos, cada trabajador debe realizar la misma manera su trabajo para obtener mejores resultados. Los puntos clave que deben de tomar en cuenta para llevar una estandarización es contemplar el takt time (que se refiere que cada pieza debe llevarse al ritmo del cliente, la secuencia de tareas (se refiere a lo que el operador que actividades debe realizar en un proceso) y el inventario estándar (Se refiere al número de piezas en las máquinas, que se necesitan con la finalidad de que no haya paros de linea (Lean Manufacturing, 2018).

De acuerdo a Satyendra (2017), se tomó a consideración algunos de los objetivos de una estandarización: (1) identificar los parámetros idóneos para el proceso, así como el método para evaluar la conformidad del producto; (2) asegurar la compatibilidad de los procesos, así como el intercambio de información en otros subsistemas; (3) mejorar la utilización del recurso; (4) avalar el proceso, producto o servicio en la seguridad y salud; (5) asegurar los niveles de calidad para cumplir con los requerimientos del cliente. (6) simplificar los procedimientos; (7) mejorar la eficiencia (Satyendra, 2017).

De acuerdo a Villaseñor (2013), considera que los trabajos repetitivos y esfuerzos prolongados, este tipo de condiciones aumentan el riesgo a la salud, por lo que trae como resultado que los trabajadores reducen el tipo de recuperación y la tensión física y psicológica las cuales se acumulan.

Otra de las metodología que se aplicará en la empresa será las 5's, ya que es afable para aplicarla en cualquier tipo de organización, que tiene como finalidad optimizar espacios, mejorar tiempos, optimizar la búsqueda de material, riesgos en el personal al mantener obstaculizadas las rutas, altos costos, desperdicios y mantenimientos correctivos (Pérez Sierra, Lewis , & Quintero Beltrán, 2017).

Diagrama de flujo de Proceso		RESUMEN						
Diagrama No.: 1	ACTIVIDAD	Actual	Propuesta					
Lugar: Área de pintura	Operación	9						
Hecho por: Jorge L. Rmz.	Transporte	5						
Inicia: En el área de lijado	Espera	0						
	Inspección	2						
	Almacenamiento	1						
Termina: Almacén	Distancia (metros):	47mts.	Fecha: 06/06/2017					
	Tiempo (horas-hombre)	74min.	Actual: X					
	Costo:		Propuesto:					
Descripción del método actual	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenamiento	Distancia en metros	Tiempo	Cantidad
Limpieza de mueble	●						7	1
Sopeteado	●						1	1
Retiración de chapa	●						2	1
Traslado a cabina de pintura	●					11	4	1
Pintura	●						10	1
Traslado a horno	●						1	1
Inspección	●						1	1
Retoque con pistola	●						1	1
Horneado	●						80	8
Traslado al área de ensamble	●					4	2	1
Ensamble	●						28	1
Inspección	●						1	1
Retoque con pincel	●						3	1
Empaquetado	●						2	1
Traslado a almacen	●						1	1
Almacenamiento	●						0	1

Figura 1 Diagrama de flujo de proceso del proceso de pintura

Fuente: Elaboración propia (2017) con información de la empresa Noriega S.A.de C.V.

Objetivo General

Determinar la estandarización en el área de pintura y horneado.

Uno de los causantes de las lesiones sobre los Trastornos músculo-esqueléticos (TME) son los factores biomecánicos, que se refiere a la aplicación de la fuerza, la postura y la acción repetitiva), en la que pueden afectar los músculos, tendones y nervios de las extremidades y el tronco, por lo que 7 de 10 trabajadores informan haber padecido dolores relacionados con los trastornos músculo-esqueléticos (Villaseñor, 2013). En México el 38% presentan TME, que representa un total de los costos de 40%, a la atención del mismo de acuerdo a la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (Organización Internacional del Trabajo, 2018).

El uso de la pintura epóxica, puede tener efectos negativos en el cuerpo, de acuerdo a Flint (2017), ya que los químicos que contiene son: Bisfenol A y éteres glucídicos. El bisfenol A, es un punto clave para poder hacer la resina epoxi. *“Actúa como hormonas que penetran en las glándulas endócrinas e interrumpen las funciones fisiológicas del órgano. El éter glucídico es un diluyente con moléculas densas. Reemplaza al oxígeno en el aire, amenazando a las personas con asfixia debido al oxígeno insuficiente que hay en el aire que respiran”*.

Así mismo se han presentado casos si el trabajador está expuesto por horas prolongada como: alergias, sensibilidad y disfunción de órganos, dependiendo del tipo del solvente químico. Se recomienda tener una buena ventilación, el equipo de protección personal como: respiradores y ropa adecuada a la actividad.

Metodología de Investigación

El estudio es *descriptivo, transversal observacional y de solución de problemas* de **Deming** (Planear, Hacer, Verificar, y Actuar-PDCA) a la par con **Qc Story** trabajándolo de la siguiente manera: (1) *Planing*; se determinó el la selección del tema, así como el objetivos para la solución del problema, y el programa de actividades del mismo. (2) *Do*; se realizó un diagnóstico del área de pintura y en la del horneado (Toma de tiempos y posteriormente la aplicación de la metodología de las 5's, a la par con un análisis de las molestias y lesiones del trabajador); para posteriormente implementar acciones de mejora. (3) *Verificar*; comprobar resultados y por último (4) *Actuar*; que tiene que ver con la estandarización, la conclusión y establecer actividades futuras.

Resultados

Etapa Planear (Plan)

(a) Selección del tema, se identificó el tema que se enfocará el proyecto el cual fue mejorar la estación de trabajo la zona de pintura y la del horno (Ver figura 2).

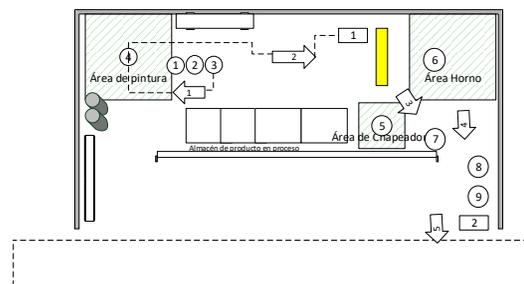


Figura 2 Diagrama de recorrido del proceso de la banca escolar en el área de pintura

(b) Razón de la selección, se mostrará la evaluación sobre la seguridad y ergonomía que tiene el trabajador, así como la estandarización de los procesos.

(c) Establecimiento de los objetivos; se establecieron en este proyecto lo que se quiere atacar con el mismo.

(d) Programa de actividades; se realizará un programa de actividades, para poder cumplir en tiempo y forma con el mismo.

Se realizó un diagnóstico actual,

(e) Se realizó una evaluación en toda la empresa, como punto de partida en el área de pintura donde se detectó que los trabajadores presentan quejas de posibles lesiones. Primeramente fue identificar el proceso que realizan para llevar a cabo dicha actividad, detectándose que las personas mueven el producto semiterminado de manera corporal, ya sea levantándose y/o arrastrándolo, también se observó que no usan el equipo de seguridad, quizás por desconocimiento, a la hora de pintar o pulirlo (Ver figura 2).

Etapa Hacer

Las actividades que se realizan en el área de pintado, son tres operaciones: limpiado, pintado y ensamble. En el limpiado se tiene un tiempo de 14 min. Por pieza. Una de las cosas que se detectó es que el limpiado lo hace sentado en un bote, por lo cual es un punto crítico para la ergonomía del trabajador.

Operación	Elementos	Tiempo
Limpiado	Limpiado de mueble	7
	Sopleteado	1
	Retiración de chapa	2
	Traslado a cabina de pintura	4
	Tiempo Ciclo	14 min./pza.

Tabla 1 Actividades de la operación de limpiado
Fuente: Información elaborada por Ruiz S. Jorge

En el área de pintado, se identificó que la estación le falta extractor para la contaminantes de pintura epoxica, así como el equipo de seguridad debido a que tienen desconocimiento de los posibles efectos que puede causar en el cuerpo, de acuerdo a Flint (2017), puede ocasionar reacciones alérgicas y disfunción de órganos, dependiente de solvente químico que contenga la pintura.

Operación	Elementos	Tiempo
Pintado	Pintado de mueble	10
	Traslado a horno	1
	Inspección	1
	Retoque con pistola	1
	Horneado	10
	Tiempo Ciclo	23 min/pza

Fuente: Información elaborada por Ruiz S. Jorge

En la operación de ensamble su tiempo de operación es de 37 min./pza.; una de las cosas que se detectó fue su herramental como: Regatón nivelador, logotipo, placa datos, tonillos, remaches y bisagras; no lo tiene en un lugar fijo, la otra es que no tiene un área específica para hacer el trabajo.

Operación	Elementos	Tiempo
Ensamble	Traslado a área de ensamble	2
	Ensamble	28
	Inspección	1
	Retoque con pincel	3
	Empaquetado	2
	Traslado a área de almacén	1
	Tiempo Ciclo	37 min/pza

Tabla 2 Actividades de la operación de ensamble
Fuente: Información elaborada por Ruiz S. Jorge

Para determinar los suplementos de cómo se trabaja en este momento se determinó el tiempo estándar, se considerando cómo trabaja actualmente: a) Trabajar de pie; b) postura anormal; c) levantamiento de peso o uso de fuerza; d) Intensidad de la luz; e) Calidad del aire f) Concentración intensa; g) Tensión auditiva; h) Tensión mental; i) Monotonía mental; j) y Monotonía física (García Criollo, 2005)

Suplementos Constantes		
a) Suplemento por necesidades personales		5
b) Suplementos base por fatiga		4
2. Suplementos Variables	Características	Porcentaje
a) Suplemento por trabajar de pie		2
b) Suplemento por postura anormal	Incomoda (inclinado)	2
c) Uso de la fuerza	25 (Kg)	20
d) Mala iluminación	Bastante por debajo	2
e) Condiciones atmosféricas	36 grados	0
f) Concentración Intensa	Cierta precisión	0
g) Ruido	Continuo	0
h) Tensión mental	Bastante complejo	1
Total		36

Tabla 3 Suplementos por descansos en porcentaje

El tiempo estándar se también se consideró 30 minutos de comida como paros programados y una jornada de 9 horas, teniendo los siguientes resultados: Para el área de lijado un tiempo de 19.25 min/pieza, la operación de pintura de 50.89 min/pza. y la de ensamble de 31.62 min. /pza..

Después de que se determinó el tiempo ciclo, se inició a la tarea de implementar las 5's como parte de mejorar las áreas, con el objetivo de mejorar las áreas donde trabajan.

Implementación de las 5's

Clasificar

Lo primero que se realizó fue identificar aquello que es no es necesario, por medio de la tarjeta roja, como: Hay producto semiterminado que se encuentra invadiendo los pasillos, así como material obsoleto (Ver figura 3 y 4)

TARJETA ROJA

Fecha: _____

Área: _____

Tipo de producto: _____

Cantidad: _____

Acción sugerida

Eliminar

Reparar

Reubicar

Reciclar

Fecha de revisión: _____

Figura 3 Tarjeta roja para la identificación de materiales

Para hacer la aplicación las 5's, antes de realizar cualquier actividad, se les impartió a los trabajadores un taller de lo que se busca mejorar.



Figura 4 Material obsoleto

Orden

En base a la separación tanto del producto semiterminado como obsoleto, se realizó el orden del área, teniendo como resultado pasillos transitables, así como la disminución de los tiempos de búsqueda y la disminución de condiciones inseguras (Ver Figura 5).



Figura 5 Limpieza en el área de pintura

Los trabajadores del área, realizaron la limpieza de la zona hasta la parte donde se encuentra el horno, así como la limpieza de las máquinas y que se encontraran en buenas condiciones (Ver Figura 6)



Figura 6 Limpieza en el Área de pintura

En la siguiente Figura 7 se muestra las mejoras del antes y después de ordenar el área de trabajo.

Sitio	Pintura	Objetivo	Mejorar la estación de trabajo, para la reducción de tiempos	Fecha: 08/09/18
Antes		Después		
Problema: El orden del material de producto semiterminado		Resultado: Se realizó el orden del área de pintura		

Figura 7 Kaizen en el orden del producto semiterminado y materia prima

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la empresa.

Se trabajó en la delimitación de cada una de las áreas, respetando los andadores ayudando la imagen visual del mismo (Ver figura 8).

Sitio	Pintura	Objetivo	Mejorar la estación de trabajo, para la reducción de tiempos	Fecha: 08/09/18
Antes		Después		
Problema: El orden del material de producto semiterminado		Resultado: Se realizó el orden del área de pintura		

Figura 8 Delimitación de áreas para el producto semiterminado

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la empresa

También en la estación se implementó la señalización que pide la norma de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (Ver figura 9).

Sitio	Pintura	Objetivo	Identificar la señalización del puesto de trabajo	Fecha: 08/09/18	
Antes			Después		
Problema: Falta de identificación de señalización			Resultado: Se instalaron señalamientos relacionados a la seguridad		

Figura 9 Implementación de la señalización en los puestos de trabajo

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la empresa

Estandarización

En la estandarización se realizará todo lo que tiene que ver con mantener las tres “s” mencionadas, evitando que se lleguen los desperdicios.

En esta fase se propuso un formato para poder hacer una evaluación de cada una de las áreas de lo que ya se realizó.

Evaluación de los factores de riesgo		Fecha: 08/09/18	
Identificación	Descripción	Grado de riesgo	Medidas preventivas
Factor
Medida
Observación
Recomendación
Acciones
Seguimiento
Observación
Recomendación
Acciones
Seguimiento

Figura 7 Formato de Evaluación de las 5’s

Fuente: Elaboración Propia

Ergonomía

Se realizó una evaluación de las posibles lesiones sobre los TME que se refiere a la aplicación de la fuerza y la postura del trabajador (Villaseñor, 2013), que se considera como preventiva.

Se realizó una evaluación de sintomatología y detección de los factores que la generan por medio de la matriz Molestia (Mo) y Lesión (Le), en el cual se evaluó a los cuatro trabajadores que fueron consultados, las partes de su cuerpo donde más refieren el 75% la molestia: Cabeza, piernas, y espalda (Ver figura 8). El sentido refiere alguna afectación relacionada a su estancia de trabajo como: vista tacto y olfato.

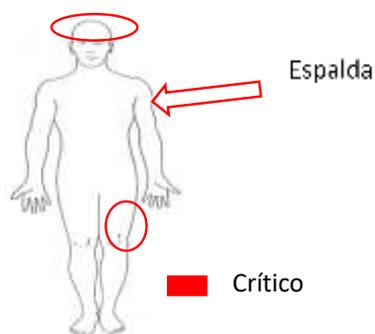


Figura 8 MO-LE de los trabajadores del área de pintura

La interacción hombre y equipo; en este caso solo se usa herramientas, como: el uso de solero, desarmador, y lija que casualmente están asociados como una de las principales molestias físicas.

Por otra parte también se identificó que los trabajadores mueven producto semiterminado con un peso de 10 kilogramos diariamente. Por lo que a la larga empieza a tener lesión en la espalda por lo cual se pidió el uso de equipos para el manejo de material como: Pry Bar, pry truck, y el air bearing.

Sitio	Pintura	Objetivo	Evitar lesiones por medio del manejo de materiales	Fecha: 08/09/18	
Antes			Después		
Problema: Falta de equipo para el manejo de materiales			Resultado: Se utilizó un patin para poder transportar el producto semiterminado y evitar lesiones.		

Figura 12 Kaizen en el manejo de los productos terminados

ACOSTA-GONZÁLEZ, Yanid, AGUIRRE-TÉLLEZ, Wendy Miriam y DURÓN-DE LUNA, Abelardo. Estandarización en el proceso de pintura. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Conclusión

Área de pintura

En las de pintura y de horneado, después de haber realizado mejoras en el orden de la se le recomendó ropa adecuada para poder realizar la actividad, así como ir quitando cosas que no le agregan valor a los filtros de aire para el pintado del producto.

Se realizaron mejoras en el manejo de los materiales, además de que esto ayudó a que se se puedan lesionar y dañar el producto en el trayecto.

Estandarizar el área como: La delimitación de las áreas y señalizaciones, se implemento el Hoja de Operación Estándar (HOE) para el proceso de pintado.

Se muestra el antes y después del proceso de pintado, teniendo un tiempo ciclo del limpiado de 11 minutos, el pintado de 20 minutos y ensamble un tiempo de 30 min. (Ver Tabla 4). Lo que permitió con este proyecto es que cada una de las operaciones que integra el pintado se pueda ejecutar el trabajo con las herramientas y equipo necesario, la mano de obra, la implementación de mejoras en ergonomía para evitar lesiones, el tiempo previsto para cada operación y proporción de las instalaciones.

	Antes	Después
Distancia	47 mts.	47 mts.
Tiempo de recorrido	71 min.	61 min.
Limpiado TC	14min.	11 min.
Pintado TC	23 min.	20 min.
Ensamble TC	37 min.	30 min.

Tabla 4 Kaizen del antes y después de la mejora

Se pretende realizar en una segunda etapa para poderlo implementar en las demás áreas que faltan y poderlas mejorar cada una de las estaciones.

Referencias

Almirall Hernández , P. (2000). *Ergonomía cognitiva. apuntes para su aplicación en trabajo y salud*. Obtenido de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/insat/ergonomia_cognitiva_apuntes_para_su_aplicacion_en_trabajo_y_salud.pdf

Cabrera Calva , R. (de de 2017). *poka-yoke*. Recuperado el 01 de 03 de 2017, de http://www.academia.edu/5193630/Poka_Yoke_Magia_o_T%C3%A9cnicas_para_evitar_errores_y_defectos

Flint, D. (17 de 04 de 2017). *Los efectos de la pintura de resina epoxica*. Recuperado el 29 de 06 de 2017, de http://www.ehowenespanol.com/efectos-pintura-resina-epoxi-lista_107209/

García Criollo , R. (2005). *Estudio del Trabajo*. Distrito Federal: Mc Graw-Hill. Obtenido de Procedimiento para medir el trabajo.

Henrich Saavedra , S., & Rojas Lazo, O. (Enero-Junio de 2013). *Aplicaciones de la metodología TRIZ en el diseño ergonómico de estaciones de trabajo*. Obtenido de Industrial Data, 16() 102-107: <http://completo.redalyc.org/articulo.oa?id=81629469012>

Immer, J. R. (1971). *Manejo de materiales*. Canadá: Trillas.

Lean Manufacturing. (2018). *Estandarización de trabajos: Qué es, cómo se implementa y sus beneficios*. Recuperado el 25 de 06 de 2018, de <https://leanmanufacturing10.com/estandarizacion-trabajos-se-implementa-beneficios>

Maestre, D. G. (1995). *Ergonomia*. Guadalajara, Guadalajara: Editorial FC.

NISSAN. (2003). *Lineamientos ergonómicos para diseñar estaciones de trabajo de ingeniería y manufactura*. Aguascalientes: NPW Departamento de promoción.

Oficina Internacional del Trabajo (OIT). (2013). *La prevención del estrés en el trabajo*. Recuperado el 20 de 04 de 2018, de http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dg_reports/@dcomm/@publ/documents/publication/wcms_251057.pdf

Organización Internacional del Trabajo. (2018). *OIT urge a una acción mundial para combatir las enfermedades profesionales*. Recuperado el 22 de 06 de 2018, de http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_211645/lang-es/index.htm

Pérez Sierra, V., Lewis, C., & Quintero Beltrán, L. C. (05 de 03 de 2017). Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las organizaciones. *Revista ciencias estratégicas*, 25(38), 411-423. Recuperado el 25 de 06 de 2018, de <http://www.redalyc.org/articuloBasic.oa?id=151354939009>

Pollack, H. W. (16 de Julio de 2005). Estaciones de trabajo. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

Rey, F. S. (2003). *Técnicas de Solución de problemas*. España: Fundación Confemetal.

Rodríguez-Ruiz, Y., & Guevara-Velasco, C. (2011). *EMPLEO DE LOS MÉTODOS ERIN Y RULA EN LA EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE ESTACIONES*. Recuperado el 11 de 11 de 2016, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360433575004>

Satyendra. (2017). *STANDARDIZATION AND THE PROCESS OF STANDARDIZATION*. Recuperado el 25 de 06 de 2018, de <http://ispatguru.com/standardization-and-the-process-of-standardization/>

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2001). *Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido*. Obtenido de <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/proteccioncivil/normatividad/Nom-011.pdf>

TBM. (2 de noviembre de 2012). *Herramientas de Operación Estándar. - T.C.L. Assessment para la Transformación LeanSigma*. Aguascalientes. Obtenido de <http://es.slideshare.net/diagrama-bimanual>

Villaseñor, B. (16 de 04 de 2013). *Salud Laboral:Transtornos músculo-esqueléticos*. Recuperado el 21 de 06 de 2017, de <https://www.uhmasalud.com/blog/bid/284711/Salud-laboral-Trastornos-m%C3%BAsculo-esquel%C3%A9ticos>

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Operaciones Tecnológicas. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

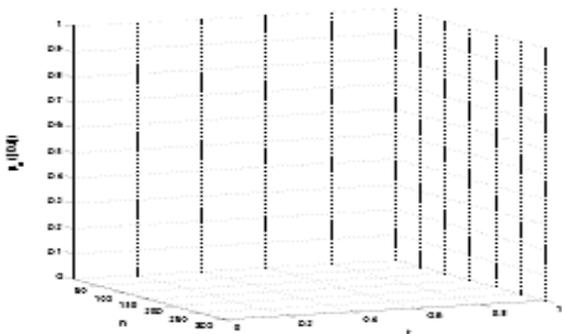


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción.*
2. *Descripción del método.*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda.*
4. *Resultados.*
5. *Agradecimiento.*
6. *Conclusiones.*
7. *Referencias.*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista de Operaciones Tecnológicas se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Operaciones Tecnológicas emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones serias para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Taiwan para su Revista de Operaciones Tecnológicas, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

244 - 2 Itzopan Calle. La Florida, Ecatepec Municipio México Estado, 55120 Código postal, MX. Tel: +52 1 55 2024 3918, +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 4640 1298; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Editores Asociados

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

VALLE-CORNAVACA, Ana Lorena. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan),sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre–Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963. Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1 -Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán

Revista de Operaciones Tecnológicas

“Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta”

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús
Universidad Tecnológica de Calvillo
Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes

“Probabilidad y estadística para fundamentar casos prácticos en la especialidad de Ingeniería Industrial”

MARTINEZ-ACOSTA, María Teresa, CAMACHO-RÍOS, Alberto y SÁNCHEZ-LUJÁN, Bertha Ivonne
Instituto Tecnológico de Ciudad Jiménez

“Tratamiento superficial por láser en materiales compuestos”

VARGAS-OSUNA, Lidia, CABRERA-CORDOBA, Eduardo, ANGUIANO-LIZAOLA, Jorge y DÍAZ-CHACÓN, Juan
Universidad Autónoma de Baja California

“Estandarización en el proceso de pintura”

ACOSTA-GONZÁLEZ, Yanid, AGUIRRE-TÉLLEZ, Wendy Miriam y DURÓN-DE LUNA, Abelardo
Universidad Tecnológica de Aguascalientes

