



niverso

de la Tecnológica

ISSN: 2007-1450

En este número encontrarás

**Estrategia de mejora al proceso productivo
de Talleres Industriales de Maquinados**

**Control Difuso Adaptable
de un Proceso Químico**

**Factores organizacionales como causa
del estrés laboral en capacitadores
profesionales de la ciudad de Aguascalientes**

**Plataforma para controlador activo
lineal aplicado a la dirección asistida automotriz**

Universidad Tecnológica de Nayarit
Revista Científica Multidisciplinaria
Año X Vol. 3 Ed. 30 Mayo-Agosto 2018

DIRECTORIO

GOBIERNO DEL ESTADO DE NAYARIT

L.C.P. Antonio Echevarría García
Gobernador Constitucional

Mtro. Arturo Javier Robles González
Secretaría de Educación

UNIVERSIDADES TECNOLÓGICAS Y POLITÉCNICAS

Mtro. Alejandro Jaimes García
Coordinador General de UUTTy P

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE NAYARIT

M.C.A. José Andrés Rodríguez Domínguez
Rector

M.A. Claudia Lucía Vega Virgen
Secretaría Académica

C.P. Guillermina Ramírez Carrilo
Directora de Administración y Finanzas

Dr. Rodolfo Rosales Herrera
Editor Responsable

M.C.E. Aracely Contreras de León
Diseño Editorial

EDITORES DE ÁREA

M.C. Katia Nayely Ramos Santoyo

M.C. José Roberto Robles Rodríguez

M.D.O.H. Aurora del Carmen Tovar Sánchez

M.I. Juan Carlos Llamas Negrete

M.E. Silvia Ledesma Hernández

CONSEJO EDITORIAL

Dr. Martín Guerrero Posadas
Instituto Tecnológico de San Luis Potosí

Dra. Erika Soto González
Universidad Tecnológica de Nayarit

Dra. Perla carolina García Flores
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Dr. Julio César Ramos Fernández
Universidad Politécnica de Pachuca

Dra. Elide Rosa Stainess
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dr. Francisco Gerardo Barroso Tanoira
Universidad Anahuac Mayab

Dra. María Concepción Barrón Tirado
Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Alejandro Rodríguez Ángeles
CINVESTAV – IPN

Dr. Antonio de Jesús Balvantín García
Universidad de Guanajuato

Dr. Marco Antonio Chávez Arcega
Nova Southeastern University

Universidad Tecnológica de Nayarit
Revista *UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA*
Año X Vol. 3 Ed. 30 Mayo-Agosto 2018
Carretera Federal 200 Km. 9, C.P. 63780
Tramo Xalisco-Compostela
Xalisco, Nayarit, México
Tel. 01.311.211.98.00 Ext. 1404
www.utnay.edu.mx/revista
universodelatecnologica@utnay.edu.mx

ÍNDICE



Universidad Tecnológica de Nayarit
Año X Vol.3 Ed. 30
Mayo-Agosto 2018

UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA es una revista científica cuatrimestral de la Universidad Tecnológica de Nayarit que publica aportaciones originales sobre resultados de investigación de diferentes áreas del conocimiento, fundada en 2008 y disponible en el formato impreso con registro ISSN 2007-1450. También se encuentra albergada electrónicamente en www.utnay.edu.mx/revista
UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA Indexada en:



Artículo de Opinión	
Educación Investigación e Innovación	
	Del Editor 3

Artículo arbitrado	
Estrategia de mejora al proceso productivo de Talleres Industriales de Maquinados	
	Por César Argüelles López, Ligia Herrera Franco y Pedro Jácome Onofre 5

Artículo arbitrado	
Control Difuso Adaptable de un Proceso Químico	
	Por Andrea Rodríguez-Romero, Marco A. Márquez-Vera y Gloria A. Paredes-Huerta 8

Artículo arbitrado	
Factores organizacionales como causa del estrés laboral en capacitadores profesionales de la ciudad de Aguascalientes	
	Por Olaya Andrea Hernández Mata, Guillermo González Esparza y Roberto Ezequiel Franco Zesati 12

Artículo arbitrado	
Plataforma para controlador activo lineal aplicado a la dirección asistida automotriz	
	Por Sergio Sandoval Pérez, Gamaliel Rodríguez González y Marcela Monserroth Navarrete Escalante 15

Instrucciones para autor	22
--------------------------	----



UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA, Año X Vol.3 Ed. 30 Mayo-Agosto 2018, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Tecnológica de Nayarit, a través de la Dirección de Vinculación. Carretera Federal 200 Km. 9, Tramo Xalisco-Compostela C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México. Tel. 01.311.211.98.00.

www.utnay.edu.mx www.utnay.edu.mx/revista

Editor responsable: Rodolfo Rosales Herrera. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo en Trámite, ISSN: 2007-1450. Licitud de Título en Trámite. Licitud de Contenido en Trámite, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por los Talleres de Wixarika Gráfica SA de CV, Pisa No. 13, Fracc. Villas del Parque, C.P. 63173, Tepic, Nayarit. Este número se terminó de imprimir en agosto de 2018 con un tiraje de 1,000 ejemplares. *Universo de la Tecnológica* se distribuye en forma gratuita a nivel estatal: bibliotecas públicas y privadas, interior de la institución, empresas privadas, centros de investigación e instituciones de gobierno con las que existen convenios. Nivel nacional: Universidades Tecnológicas del país. Internacionalmente: Empresas y universidades de España, Francia y Canadá, con las que se realiza movilidad estudiantil.

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

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización.



Bienvenida Editorial

La labor del profesor-investigador se diversifica constantemente para hacer frente a los cambios y desafíos que el entorno competitivo requiere, sin embargo para muchos profesores, la labor en la investigación y el reporte de la información, ha sido todo un reto para que sus manuscritos sean aceptados en revistas de divulgación científica; lo anterior, genera riesgos de que información valiosa y oportuna no sea publicada. El propósito de la revista Universo de la Tecnológica, es generar condiciones favorables para

la publicación de resultados de investigación, provenientes de profesores investigadores para informar a la comunidad científica y tecnológica de los hallazgos en mención.

Derivado de lo anterior, en esta edición se presenta como primer artículo llamado “Estrategia de mejora al proceso productivo de talleres industriales de maquilados”, cuyo objetivo es establecer una estrategia para mejorar el proceso productivo; dicha estrategia fue diseñada de acuerdo con las técnicas que han tenido un mayor impacto en la mejora de procesos similares.

El segundo manuscrito publicado es denominado “Control difuso adaptable de un proceso químico”, este trabajo tiene como objetivo la realización de un control adaptable difuso, para un sistema no lineal. Se implementó el algoritmo en un proceso químico que cuenta con 32 variables de estado.

“Factores organizacionales como causa del estrés laboral en capacitadores profesionales de la Ciudad de Aguascalientes”, es el nombre del tercer estudio de investigación, donde se plantea el objetivo de determinar si los profesionistas dedicados a la capacitación profesional, sufren de estrés como consecuencia de factores de tipo organizacional como son la supervisión y las condiciones organizacionales. Los resultados obtenidos demuestran que la actividad es una gran medida afectada por dichos factores.

El cuarto trabajo publicado en esta edición es “Plataforma para controlador activo lineal aplicado a la dirección asistida automotriz”, se propone que el vehículo se encuentra realizando pruebas de manejo conocidas por norma internacional ISO 7401, por ende el problema de la teoría de regulación lineal vía retroalimentación de estados por medio de una función de Lyapunov.

Finalmente, en esta edición se presentan trabajos revisados por el comité de áreas y el Consejo Editorial, los cuales presentaron recomendaciones a los autores para el fortalecimiento del contenido de los manuscritos, así como la mejora en el rigor metodológico; he ahí pues, el compromiso de la Universidad Tecnológica de Nayarit a favor de la comunidad científica y tecnológica.

Dr. Rodolfo Rosales Herrera
Editor

Educación, Investigación e Innovación

Por: Rodolfo Rosales Herrera

El avance acelerado del conocimiento y la incesante revolución tecnológica, obligan a las Instituciones de Educación Superior (IES), y Centros de Investigación a fortalecer y actualizar sus programas de estudio, así como los modelos educativos pertinentes a las requeridas en el entorno, así cómo identificar las tendencias económicas, sociales, tecnológicas, entre otras para hacer frente desde les IES, y por ende enrolar el dinamismo entre los contenidos curriculares y los planes y proyectos de investigación; iniciando con el desarrollo de habilidades del Siglo XXI, en la que la OCDE destaca como prioridad el desarrollo de las habilidades blandas (soft skills).

Derivado de lo anterior, las IES y los Centros de Investigación deberán de actualizar sus políticas, estrategias y modelos de financiamiento a través de los niveles de gobierno para homologar de manera conjunta la forma de

incidencia y converger en el esfuerzo de transformación social; considerando que los equipos, materiales, softwares, espacios de trabajo, y demás insumos para el desarrollo de la investigación y el conocimiento, deben de estar

vigentes y en las condiciones de uso para el logro de competencias y capacidades, teniendo el financiamiento y los proveedores necesarios para el cumplimiento de programas de mantenimiento y actualización.

En otro sentido, la educación, la investigación y la innovación deberá de ir en desarrollo a la par



de las necesidades de los sectores empresariales, el gubernamentales y los entes sociales para ir mejorando sus condiciones, sin embargo se debe de identificar si los sectores están preocupados por los avances tecnológicos y la mejora del conocimiento, y por ende hacer las bases necesarias para trabajar de manera colaborativa, a través de nodos

creativos, metodologías y estrategias de innovación, grupos de investigadores con perfil multidisciplinar, conformando comunidades de ciencia y tecnología y el desarrollo de competencias globales en las nuevas generaciones.

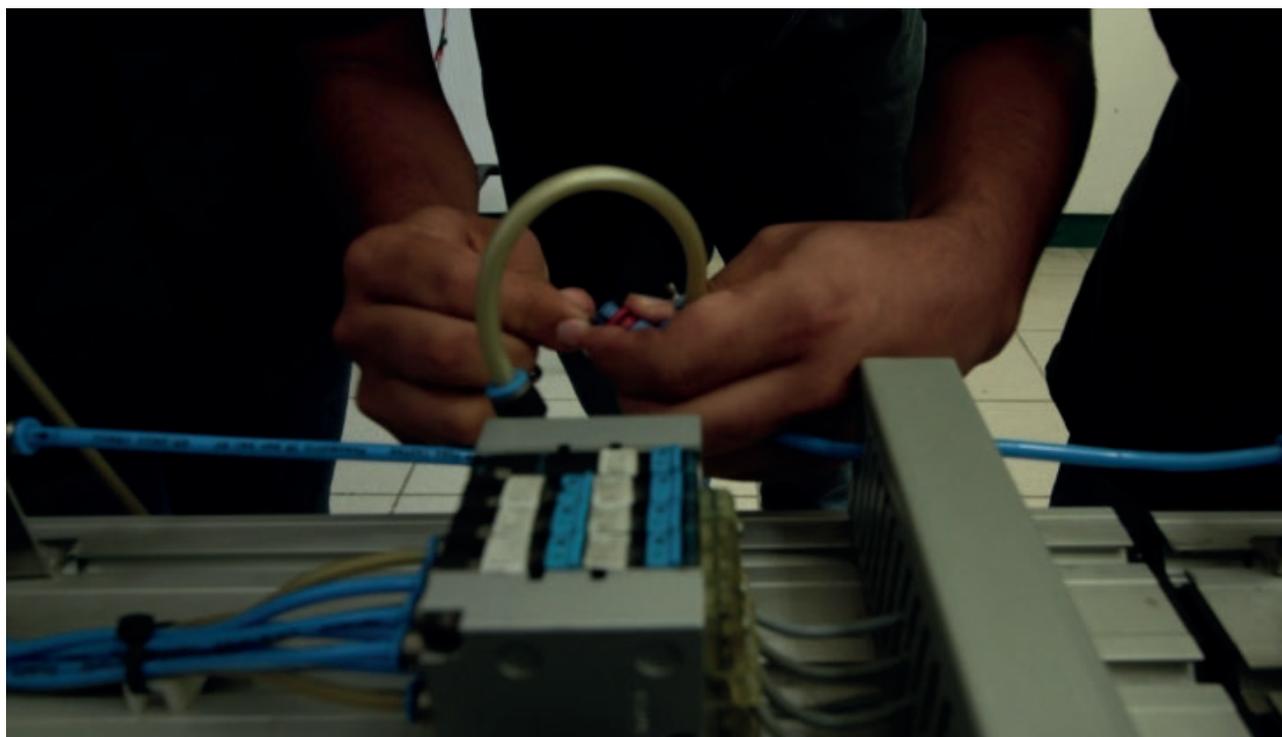
La Universidad Tecnológica de Nayarit, encabezada por el liderazgo del Rector M.C.A. José Andrés Rodríguez Domínguez, está gestando el área de Investigación y Desarrollo tecnológico, para hacer frente a las necesidades que en Nayarit deben de ser atendidas; la Agenda de Innovación Conacyt el Estado, menciona trabajar en cuatro líneas de inves-

tigación relacionadas con las Tecnologías de la Información y Comunicación, Turismo, Agroindustria, Energías Alternativas. Se requiere proponer ideas innovadoras que atiendan las necesidades, utilizando los recursos en el estado, debido a la ubicación geográfica.

Otra de las líneas de investigación son las enfocadas a la Innovación Social, en la que el Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología A.C. define "La Innovación Social es la que a través de investigación científica y tecnológica contribuir a la solución de problemas que aún siguen vigentes en nuestro país: la pobre-

za, la desigualdad social, la educación, la seguridad alimentaria, la salud, el cambio climático y más".

De tal manera, con la visión de mejora y progreso con base en la investigación científica y tecnológica, se puede contribuir incidir en cambios graduales de forma colaborativa con equipos de investigación multidisciplinaria, con la apertura de la sociedad, el gobierno y las empresas hacia el bien común, lo importante es contar con organizaciones cuyos representantes tengan la iniciativa de empezar con proyectos que mejoren la calidad de vida de los nayaritas.



Estrategia de mejora al proceso productivo de Talleres Industriales de Maquinados

Strategy to improve the productive process of Industrial Machining Workshops

Por: ¹César Argüelles López, ¹Ligia Herrera Franco y ²Pedro Jácome Onofre
¹Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre
²Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla

Dirección electrónica del autor de correspondencia:
 arguelles88@hotmail.com

Cómo citar: Argüelles, C., Herrera, L. & Jácome, P. (2018). Estrategia de mejora al proceso productivo de Talleres Industriales de Maquinados. *Universo de la Tecnológica*. 10 (3) p.p. 5-7

Recibido: 1 de Junio 2018
 Aceptado: 29 de Agosto 2018

RESUMEN: La presente investigación tuvo como objetivo establecer una estrategia para mejorar el proceso productivo de talleres industriales de maquinados (TIM), los cuales pertenecen a la industria metalmeccánica y presentan problemas propios de las características de los procesos intermitentes. Dicha estrategia fue diseñada de acuerdo con las técnicas que han tenido un mayor impacto en la mejora de procesos similares. Además, ésta fue implementada en un taller industrial de maquinados para evaluarla, obteniendo resultados favorables. La estrategia servirá de apoyo a otros talleres y empresas con procesos similares.

PALABRAS CLAVE: Estrategia, Proceso intermitente, Setup, Metalmeccánica, TIM.

ABSTRACT: The objective of this research was to establish a strategy to improve the productive process of Industrial Machining Workshops (IMW), which belong to the metal-mechanic industry and present problems of the characteristics of intermittent processes. This strategy was designed according to the techniques that have had a greater impact in the improvement of similar processes. In addition, the strategy was implemented in an industrial machining workshop to evaluate it, obtaining favorable results. The strategy will support other workshops and companies with similar processes.

KEY WORDS: Strategy, intermittent process, setup, metal-mechanic, IMW.

Introducción

La industria de manufactura está representada por empresas dedicadas a la transformación de materias primas en productos terminados, que son distribuidos hasta el cliente final. Dentro de esta industria se encuentran las de giro metalmeccánico que incluye a los Talleres Industriales de Maquinados (TIM), estos talleres se dedican principalmente a la fabricación de piezas metálicas mediante máquinas herramientas y mantienen un sistema intermitente de producción. Es decir, trabajan con lotes pequeños de productos con mucha variedad en diseños, lo que ocasiona que la agilidad del proceso productivo se vea entorpecida, dando resultado a la productividad baja, tiempos de fabricación altos, retardos en las fechas de entrega y bajo rendimiento. Algunas de las debilidades más representativas de este tipo de talleres que mencionan diversos autores como Cardona & Sanz (2007), Calleja & Pastor (2010) y Arellano (2013), son: capacidad de producción limitada, mercado esporádico, tiempos de fabricación largos, bajo desarrollo tecnológico, ausencia de mano de obra calificada, falta de sistemas de evaluación de la calidad y carencia de imagen y visión empresarial. Todo lo anterior, representa baja productividad en el proceso. Sin embargo, el desarrollo tecnológico ha contribuido de manera positiva a la solución de algunos problemas de los sistemas intermitentes, por ejemplo, con el desarrollo de equipos de control numérico ha sido posible

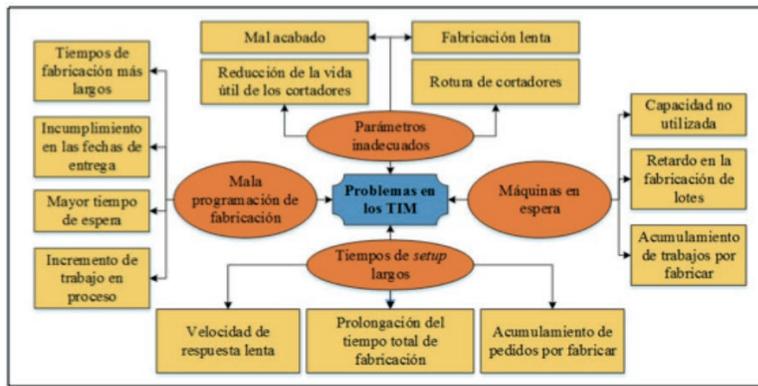
programar máquinas-herramientas, movimiento de piezas, cambios de herramientas e incluso la colocación automática de partes en las propias máquinas que les permite realizar trabajos con mayor velocidad (Render & Jay, 2014). De acuerdo con Juárez, Lara & Bueno (2005), para la mayoría de los sectores manufactureros y de servicios, la velocidad de respuesta con la que una empresa satisface la demanda representa una ventaja competitiva clave. Para los TIM y la empresa bajo estudio, la agilidad de respuesta depende de la capacidad del proceso. El objetivo del presente trabajo fue establecer una estrategia basada en técnicas de la ingeniería para agilizar el proceso productivo de estos tipos de talleres industriales.

Materiales y métodos

Problemas comunes en los TIM

De acuerdo con la investigación realizada y el diagnóstico del proceso productivo de una empresa piloto, se lograron identificar cuatro problemas generales que impactan en mayor grado la agilidad del proceso de los TIM (figura 1).

Figura 1. Problemas en los TIM.



Técnicas de mayor impacto

La mayoría de los investigadores coinciden en mejorar tres aspectos en estos tipos de talleres para elevar la productividad: los métodos de trabajo, la utilización de la capacidad de los recursos existentes y el desempeño de los trabajadores. Las herramientas, técnicas y metodologías utilizadas para lograrlo son diversas, sin embargo, algunas de las más aplicadas que han tenido buen impacto en la mejora de estos tipos de procesos, son: la teoría de restricciones (TOC), métodos de secuenciación o implementación de reglas de prioridad para la fabricación de los lotes, SMED, JIT, sistemas CAD/CAM, 5's, sistemas de comunicación Kanban y Poka-Yokes en proceso para evitar errores y facilitar las operaciones de trabajo.

El autor Rojas (2012), en su tesis de maestría, documenta la aplicación de la técnica SMED para reducir los tiempos de cinco operaciones en un proceso de inyección de plástico. Con la aplicación se lograron reducir los tiempos del proceso de inyección y soplado en un 26 y 23% respectivamente, y un promedio del 50% para los cambios de inyección a soplado, de soplado a inyección y cambio entre moldes. Otro investigador, propone un sistema de producción por grupos tecnológicos que incluye una secuenciación óptima en la fabricación de piezas, con el propósito de disminuir el tiempo ocioso y minimizar el tiempo de fabricación (Balderas, 2009). El resultado de aplicar la metodología generó una reducción de tiempos ociosos, reducción del inventario en proceso, reducción de trabajos atrasados y un aumento en la producción al elevar la capacidad de fabricación. Salomón (2003) propone una estrategia para la empresa COMHESA que

consiste en la aplicación de la Teoría de Restricciones (TOC) en combinación con la técnica japonesa SMED para disminuir el tiempo de retrasos de entregas de productos a sus clientes. Los resultados obtenidos en la aplicación de las técnicas fueron una reducción de los costos de operación, nivelación de la producción y aumento en la velocidad de respuesta de fabricación.

Es importante mencionar que no existe una técnica que por sí sola obtenga una mejora considerable en un sistema de fabricación, por lo que es necesario considerar varias técnicas que, aplicadas mediante una metodología lógica, ayuden a mejorar la agilidad de

respuesta de los TIM.

Integración de la estrategia

La estrategia está basada en las técnicas de mayor impacto en la gestión de procesos similares a los que presentan los TIM (Cuadro 1).

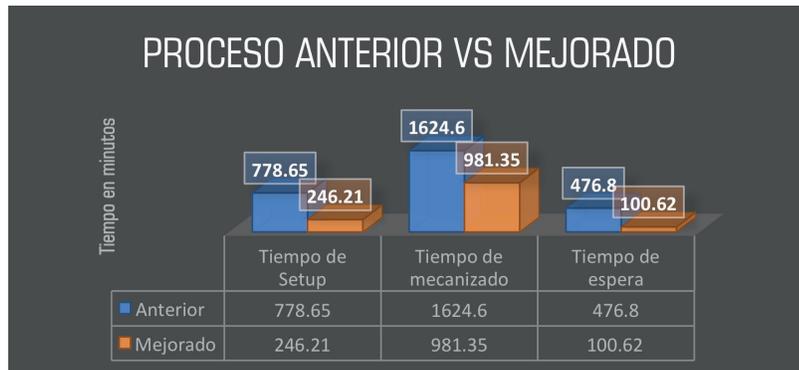
Cuadro 1. Estrategias para la mejora de los TIM (Elaboración propia).

Problema	Impacto en el proceso	Acciones para realizar	Beneficios en los TIM
Mala programación de fabricación	Tiempos de fabricación largos.	1. Analizar los pedidos por semana. 2. Determinar las reglas de prioridad para los pedidos (FCFS, SOT, EDD, LPT). 3. Aplicar las reglas de prioridad a producir. 4. Identificar los componentes a fabricar de cada pedido y determinar la secuencia óptima para su fabricación (Métodos de Johnson, Jackson, Gupta).	<ul style="list-style-type: none"> Disminuir los retardos en las fechas de entrega de pedidos. Disminuir el tiempo de espera total entre la fabricación de cada producto del lote.
	Incumplimiento en las fechas de entrega.		
	Mayor tiempo de espera.		
Tiempos de preparación largos	Poca flexibilidad.	1. Realizar un análisis de las operaciones para la configuración de las máquinas. 2. Eliminar las operaciones innecesarias. 3. Aplicar la filosofía 5's para mejorar las condiciones del área de trabajo. 4. Aplicar la técnica SMED para disminuir los tiempos de setup.	<ul style="list-style-type: none"> Disminuir el tiempo de setup. Aprovechar la capacidad instalada. Aumento de flexibilidad para fabricar productos.
	Prolongación del tiempo total de fabricación.		
	Cuellos de botella		
Máquinas en espera	Capacidad no utilizada.	<ul style="list-style-type: none"> Si los problemas son por mala programación de la producción; aplicar técnicas de secuenciación para disminuir el tiempo de espera entre trabajos. Si los problemas son por falta de mantenimiento; generar un plan de mantenimiento preventivo y autónomo. Si los problemas son debidos al recurso humano; identificar la causa raíz del problema y establecer un programa de capacitación y/o motivación. 	<ul style="list-style-type: none"> Aprovechar la capacidad instalada en el proceso. Disminuir el tiempo total de fabricación de los pedidos de los clientes. Disminuir el acumulamiento de trabajos por procesar en el sistema productivo.
	Retardo en la fabricación de lotes.		
	Acumulamiento de trabajos por fabricar.		
Parámetros inadecuados de las herramientas	Reducción de la vida útil	1. Realizar los cálculos de los parámetros de corte óptimos, los cuales son dependientes del tipo de cortador, el material de trabajo y la capacidad de la máquina. 2. Realizar un diseño de experimentos para evaluar otras variables en el cálculo.	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar la velocidad de fabricación. Mejor calidad en el mecanizado de piezas. Se prolonga la vida útil de los cortadores.
	Mal acabado		
	Fabricación lenta		
	Rotura de cortadores		

Resultados finales

Al implementar la estrategia al proceso productivo de la empresa piloto, por cada área de oportunidad detectada, se obtuvieron los resultados de la gráfica 1.

Gráfica 1. Resultados de la implementación de la estrategia



Discusión

Al evaluar las mejoras aplicadas al proceso se obtuvo que el tiempo de mecanizado del lote de componentes del producto principal disminuyó 41.45% respecto al tiempo de mecanizado, antes de implementar las mejoras, lo que equivale a una reducción de 643.25 minutos. Esto debido a que se modificaron las velocidades de corte para las herramientas que utilizan las máquinas. Además, el tiempo de espera se redujo en un 24.24%, equivalente a 376.18 minutos. Este porcentaje de mejora fue alcanzado debido a la implementación de un sistema de comunicación entre las áreas de diseño y mecanizado para la emisión y recepción de ordenes de trabajo, además de eliminar los tiempos de espera por falta de utillajes. La implementación de reglas de prioridad y métodos de secuenciación ayudaron a eliminar el tiempo de espera entre los cambios de productos a fabricar. Por último, el tiempo de setup para las máquinas se redujo en un 34.31%, 532.44 minutos aproximadamente, después de la aplicación de la técnica SMED. Esto permitirá a la empresa mayor agilidad en su sistema productivo para cambiar de fabricar un producto a otro distinto. Los resultados obtenidos con las técnicas utilizadas demuestran que se puede agilizar el proceso productivo de los TIM mediante la aplicación continua de ellas.

Conclusiones

Las mejoras realizadas al proceso productivo de la empresa piloto fueron resultado de una estrategia basada en la investigación de los principales problemas que presentan los TIM y las técnicas de mayor impacto para solucionarlos.

Con la aplicación de las técnicas de secuenciación, SMED, el cálculo de parámetros de corte óptimos y un mejor sistema de comunicación para la emisión y recepción de ordenes de trabajo, se logró disminuir el 46.11% aproximadamente del tiempo total de procesamiento del producto principal de un TIM, lo que equivale aproximadamente a 25 horas de trabajo

ahorrado por cada producto principal que regularmente era fabricado en 6 días en jornadas de 8 horas. El tiempo reducido no solo representa un ahorro de tiempo, sino la oportunidad de trabajar con pedidos atrasados, evitar entregas tardías que son penalizadas por los clientes, las cuales representan pérdidas económicas para la empresa.

Referencias bibliográficas

- Arellano, J. (7 de Octubre de 2013). Especificidad de los activos en los talleres de maquinados industriales proveedores a la maquiladora en Ciudad Juárez. Foro Bienal Iberoamericano de Estudios del Desarrollo, 1-33.
- Balderas, M. (2009). Aplicación de la tecnología de grupos en la empresa Metal-Mécanica FE-MIRF para mejorar la productividad. Orizaba: Instituto Tecnológico de Orizaba.
- Calleja, L., & Pastor, R. (8 de Septiembre de 2010). Programación de la producción en máquinas en paralelo con lotes de transferencia: un caso de estudio. (U. P. Catalunya, Ed.) XIV Congreso de Ingeniería de Organización, 757-764.
- Cardona, L., & Sanz, J. (2007). Propuesta de mejora de métodos y determinación de tiempos estándar de producción en la empresa G&L. (UTP, Ed.) Pereira, Bolibia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Juárez, H., Lara, A., & Bueno, C. (2005). El auto global: desarrollo, competencia y cooperación en la industria del automóvil. (U. Iberoamericana, Ed.) México, México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Render, B., & Jay, H. (2014). Principios de administración de operaciones (Novena ed.). México: PEARSON Educación.
- Rojas, F. (2012). Integración de SMED y CAD para mejorar el tiempo de cambio de moldes y utillajes en la máquina T9013-P1. Orizaba: Instituto Tecnológico de Orizaba.
- Salomón, K. (2003). Aplicación de la técnica SMED y TOC en el área de producción en una empresa maquiladora de cajas de cartón. Orizaba: ITO.

Control Difuso Adaptable de un Proceso Químico

Adaptive Fuzzy Control in a Chemical Processes

Por: Andrea Rodríguez-Romero, Marco A. Márquez-Vera y Gloria A. Paredes-Huerta
Universidad Politécnica de Pachuca

Dirección electrónica del autor de correspondencia:
amarquez@upp.edu.mx

Cómo citar: Rodríguez, A., Márquez, M. & Paredes, G. (2018).
Control Difuso Adaptable de un Proceso Químico.
Universo de la Tecnológica. 10 (3) p.p. 8-11

Recibido: 5 de Junio 2018
Aceptado: 29 de Agosto 2018

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo la implementación de un controlador en un proceso químico no lineal con fines de seguimiento. Como hipótesis se mantiene que con un modelo de referencia y un control difuso adaptable es posible obtener un criterio de error IAE menor a 14 después de 600 segundos de simulación, esto mediante aprendizaje en los consecuentes de las reglas difusas del control. El método utilizado ajusta los consecuentes de las reglas que se activan en el controlador modificando su peso en base a su grado de activación. Se implementó el algoritmo en un proceso químico que cuenta con 32 variables de estado. Fue posible notar como mejora el desempeño del controlador con el pasar del tiempo logrando el objetivo planteado.

PALABRAS CLAVE: Modelo de Referencia, Control Difuso, Procesos Químicos

ABSTRACT: The aim of this work is the implementation of a controller in a nonlinear chemical process for tracking. As hypothesis it is supposed that by using a reference model and an adaptive fuzzy controller it will be possible to have an error criterion IAE lower than 14 after 600 seconds of simulation thanks to the learning in the consequent rules in the fuzzy controller. This method adjust the consequents rules according to their membership value by changing the gains. The implementation was in a chemical process with 32 state variables. It was possible to appreciate how the control was improved with the time transcur, reaching the control specification.

Key Words: Model Reference, Fuzzy Control, Chemical Processes.

Introducción

El control difuso fue desarrollado en los años setenta con el fin de desarrollar controladores para sistemas que son estructuralmente difíciles de modelar, tales como los procesos químicos que exhiben comportamientos no lineales y no estacionarios (Verma *et al.* 2018). La principal ventaja del control difuso se debe a su habilidad inherente para incorporar conocimiento heurístico en el controlador.

Un controlador difuso es básicamente un sistema basado en reglas, en las cuales, el conocimiento lingüístico de los operadores o ingenieros de proceso es utilizado para sintetizar un control en lazo cerrado en lugar de utilizar un modelo analítico (Tsakiridis *et al.* 2017).

Como caso de estudio se empleó una columna de destilación binaria cuyo modelo matemático es no lineal, al contar el sistema con 32 variables de estado, resulta complicado emplear técnicas de control clásico para esta sistema, con el fin de simplificar el control, se propuso un recalentador con señal constante en el fondo de la columna y una entrada constante de alimentación en el plato 17, de esta manera nos enfocamos a trabajar con el reflujo como señal de entrada. Con el fin de suavizar el ajuste de un control adaptable se emplea también un modelo de referencia a fin de mejorar la respuesta del sistema en lazo cerrado y lograr así un IAE menor a 14 como objetivo de control.

El presente trabajo está organizado de la siguiente

manera, primero se presentan algunos conceptos sobre el control PI difuso, después explica el modelo y el esquema de la columna de destilación, la siguiente sección explica el método de aprendizaje para ajustar el controlador difuso, mostrando después la simulación obtenida y una discusión sobre los criterios de error obtenidos; finalmente, se presentan las conclusiones.

Materiales y métodos

Como mencionan Tsakiridis *et al.* (2017) la base de conocimiento para diseñar controles difusos ha sido aplicada a muchas áreas y utilizando muchas estructuras diferentes (Forsman y Adlouni, 2018). El control difuso más popular es el conocido como el control PI-difuso. En este trabajo se implementó un control de tipo Sugeno, en el cual el consecuente de cada regla es un valor numérico (Allahviranloo *et al.* 2011).

Una primera buena aproximación en un control PI-difuso es la base de reglas llamada MacVicar-Whelan (Hameed *et al.* 2010). Esta base de reglas, o memoria asociativa difusa, se llena de forma simétrica siguiendo una regla de forma lineal de manera ascendente o descendente teniendo en las esquinas los valores más significativos. En la Tabla 1 se puede observar la construcción de una tabla de MacVicar-Whelan para un PI difuso con cinco funciones de pertenencia, las variables lingüísticas, están definidas por

funciones de pertenencia a los que se asocia alguna etiqueta, por ejemplo en la Tabla 1, el término M. Negativo, hace referencia a un error “muy negativo” (Ponce, 2010).

Tabla 1. Base de reglas de MacVicar-Whelan

Reglas	M. Negativo	Negativo	Cero	Positivo	M. Positivo
M. Negativo	-1	-0.75	-0.5	-0.25	0
Negativo	-0.75	-0.5	-0.25	0	0.25
Cero	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5
Positivo	-0.25	0	0.25	0.5	0.75
M. Positivo	0	0.25	0.5	0.75	1

En (1) se muestra una forma de programar un control difuso PI, la pertenencia está dada por $\mu(x_i)$, con ella se calcula el incremento que debe tener la señal de control $u_i(k)$.

$$\Delta u_i(k) = \sum_{i=1}^n \frac{\mu(x_i)u_i(k)}{\mu(x_i)} \tag{1}$$

Modelo de la columna de destilación binaria

Se considera una mezcla binaria de componentes A y B, para ser separados en dos productos usando destilación convencional. La mezcla es alimentada en la columna como un líquido saturado con una velocidad de flujo molar (mol/min) F_f y una fracción molar del componente A C_f ; el vapor sobrecalentado es enfriado y condensado, y entonces fluye dentro del tambor de reflujo. Después, el líquido del tambor es bombeado de regreso a la columna con una velocidad de flujo molar F_r y parcialmente removido como el producto destilado con una velocidad de flujo molar F_D se denomina MRD al líquido retenido en el tambor de reflujo y x_D a la fracción molar del componente A en el líquido del tambor de reflujo (Costa *et al.* 2009). El balance de masa total y del componente A en cada uno de los platos, así como en el tambor de reflujo y el de la base de la columna están dados por (2) que muestra la masa total en el plato i ,

$$\frac{d(M_i)}{dt} = F_f + L_{i+1} - V_{i-1} + L_i - V_i \tag{2}$$

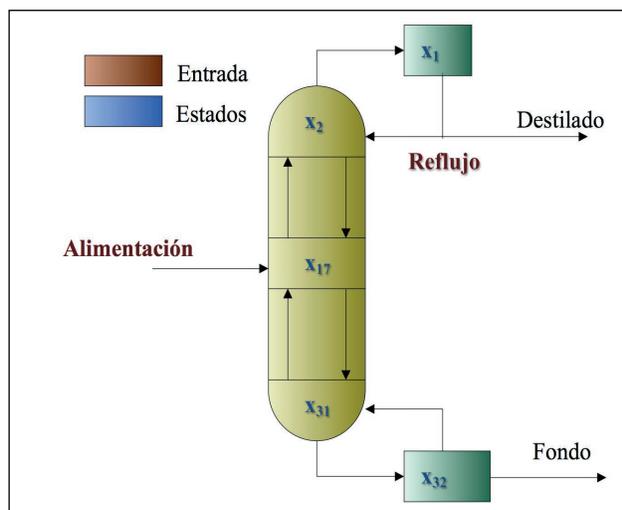
donde L_i está determinada por la ecuación de Francis-Weir (Wittgens y Skogestad, 2000). El balance de masa del componente A en el mismo plato i se determina por (3)

$$\frac{d(M_i x_i)}{dt} = F_f x_a + L_{i+1} x_{i+1} - V_{i-1} y_{i-1} - 1 + L_i x_{i-1} - V_i y_i \tag{3}$$

En las ecuaciones (2) y (3) existen términos que dependen de la entrada de la mezcla, los cuales son F_i , el flujo de mezcla de entrada y x_a la concentración del componente A en la mezcla de entrada. Dado que el flujo de entrada se da en el plato 17 se tiene que $f = 17$, en la Fig. 1 se muestra un esquema de la columna. En un esquema típico de control mono-variable de una columna de destilación binaria, se considera como variable de salida la concentración del componente A en el domo (pureza de la mezcla de salida), la cual se controla al variar la relación entrada-salida en el recirculador, siendo ésta la variable de entrada.

Los grados de libertad son las variables independientes que deben ser especificadas en orden para definir completamente el proceso. Consecuentemente, el control del proceso estará completado cuando todos los grados de libertad han sido especificados, con el modelo para la columna de destilación se tienen $f = (4N + 11) - (4N + 5) = 6$ grados de libertad, donde $N = 17$ platos. De manera que aplicar un control convencional no es sencillo, además de que no se conoce la concentración del sustrato en cada plato, para afrontar el problema de control se optó por la lógica difusa, de cualquier modo, no es trivial proponer las reglas difusas necesarias, de modo que a continuación se presenta una técnica de aprendizaje para sintonizar el controlador.

Fig 1. Esquema de la columna de destilación



Control difuso con aprendizaje

Una de las principales dificultades para desarrollar un controlador difuso es el especificar y adaptar la base de reglas de salida del proceso (Castillo y Melin, 2008). Esto se debe tanto al carácter no estacionario del proceso, como a la dificultad de expresar el conocimiento de un sistema en una

base de reglas basado únicamente en el error y la variación del error.

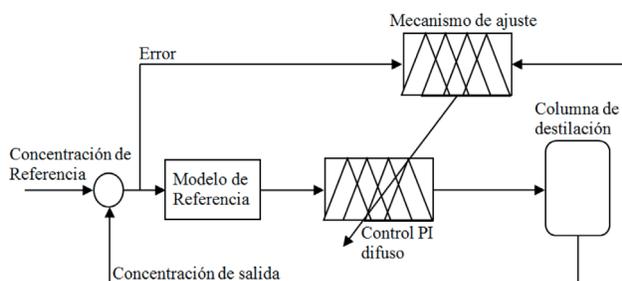
El método de aprendizaje es entonces, un controlador difuso a su vez, el cual tiene como entradas el error al modelo de referencia y la variación de dicho error, y como salida la variación de las reglas activadas (Márquez-Vera et al. 2017). Es importante señalar que cada regla debe ser modificada en función de su aporte a la variación en la señal de control.

Para diseñar el sistema de aprendizaje se selecciona un sistema difuso con tantas reglas como el PI-difuso a adaptar, en este caso se emplearon cinco funciones de pertenencia triangulares por entrada. La salida del sistema de aprendizaje se calcula para cada una de las reglas del controlador que fueron activadas como se muestra en (4).

$$\Delta u_i(k) = \mu(x_i) \sum_{j=1}^n \frac{\mu(a_j) u_j(k)}{\mu(a_j)} \quad (4)$$

Un esquema del control PI difuso con aprendizaje se presenta en la Fig. 2, donde un modelo de referencia es usado con el fin de suavizar la señal de referencia, lo que hará que el sistema de ajuste de las reglas difusas realice cambios más pequeños, dando así tiempo al controlador para adaptarse, además, al usar algún criterio de error (Aström y Hägglund, 2006), los índices serán más pequeños al no tener picos en la señal de error.

Fig. 2 Esquema del control PI con aprendizaje



El filtro en tiempo discreto usado como modelo de referencia está dado por (5), teniendo así una ganancia unitaria y un tiempo de asentamiento de un minuto.

$$\frac{Y_m(z)}{R(z)} = \frac{0.3921z}{z - 0.9608} \quad (5)$$

Usando esta ganancia para modificar los consecuentes de las reglas del controlador, se obtiene una mejora en la respuesta del sistema conforme pasa el tiempo y las reglas son más modificadas mientras más veces se activan en el controlador.

Resultados y discusión

Para tener una mejor idea sobre el desempeño del controlador se utilizaron los criterios de error IAE, ISE e ITAE, siendo ellos la integral del absoluto del error (nuestro objetivo a cumplir), la integral del error cuadrático y la integral del absoluto del error por el tiempo respectivamente (Aström y Hägglund, 2006), estos criterios están definidos por las ecs. (6)-(8).

$$IAE = \int_0^T \|e(t)\| dt, \quad (6)$$

$$ISE = \int_0^T e^2(t) dt, \quad (7)$$

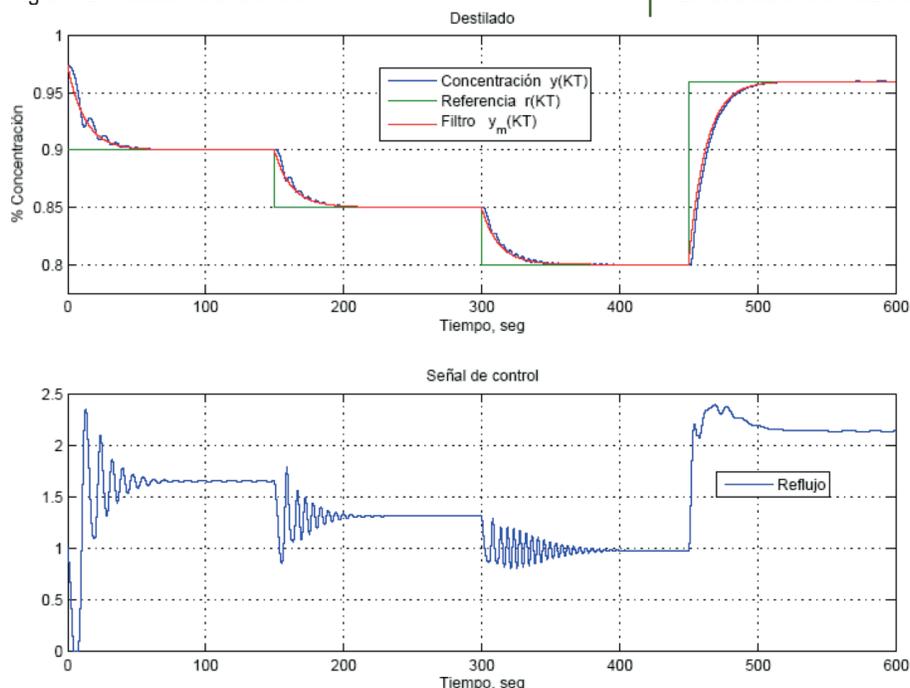
$$ITAE = \int_0^T t \|e(t)\| dt \quad (8)$$

En la Fig. 3 se muestra la simulación del esquema de control propuesto aplicado a la columna, se aprecia como la señal de salida (concentración) oscila al inicio al irse adaptando el controlador (línea azul), para finalmente aproximarse al modelo de referencia (línea verde). Ante el transitorio de la señal en el tercer escalón aplicado a los 300 segundos, las oscilaciones del sistema alrededor del modelo de referencia ya son poco notables. Así mismo se grafica en la parte inferior la señal de control aplicada a la columna.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de aplicar los criterios de error mencionados, el IAE representa de mejor manera el desempeño del control, ya que los valores de error son valores menores a uno, por lo cual, al obtener el cuadrado del error, el ISE muestra un valor muy pequeño; en algunas aplicaciones de control, se evita el error en estado estacionario, por lo que el ITAE penaliza mucho errores en el tiempo final de la aplicación, en la Tabla 2 se muestra también el valor que adquiere el criterio de no usar como referencia al modelo descrito por (5). De esta manera se obtiene que se cumpla el criterio de error ITAE, de manera que al pasar el tiempo el error se nota despreciable, aceptando a su vez un error notorio al inicio de la simulación.

Para evitar oscilaciones en el sistema controlado, el consecuente de la regla central de la base de reglas se mantiene en cero, en la Tabla 3 se presenta la base de reglas final del PI difuso, una vez adaptado al terminar la simulación del control de la columna de destilación.

Fig 3. Simulación del control.



las oscilaciones mostradas en la simulación pueden forzar el actuador que recircula la salida de la columna reduciendo su tiempo de vida útil.

Referencias bibliográficas

Allahviranloo, T., Ghanbari, M., Hosseinzadeh, A. A., Haghi, E., Nurael, R. (2011). A note on fuzzy linear systems. *Fuzzy Sets and Systems*, 177, 87-92.
 Åström, K. J., Hägglund, T. (2006). *Advanced PID control*. Estados Unidos de América: Editorial ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society.
 Castillo, O., Melin, P. (2008). Type-2 fuzzy logic: theory and applications. *Studies in fuzziness and soft computing* 223. Estados Unidos de América: Editorial Springer.
 Costa, C.T.O.G., Queiroz, E.M., Pessoa, F.L.P. (2009). A software for the calculation of the exergetic efficiency in distillation columns. *Computer Aided Chemical Engineering*, 27, 1005-1010.

Tabla 2. Criterios de error

Criterio Respecto al modelo de referencia Respecto a la concentración de referencia

Criterio	Respecto al modelo de referencia	Respecto a la concentración de referencia
IAE	0.7491	13.4335
ISE	0.0072	1.0196
ITAE	203.9101	3961.6041

Forsman, K., Adlouni, M. (2018). Control structures for optimization: examples from chemical industry. *IFAC PapersOnLine*, 51(18), 429-433.

Hameed, S., Das, B., Pant, V. (2010). Reduced rule base self-tuning fuzzy PI controller for TCSC. *Electrical Power and Energy Systems*, 32, 1005-1013.

Márquez-Vera, M. A., Zúñiga-Peña, N.S., Ramos-Velasco, L.E. (2017). Intervalo difuso tipo 2 con aprendizaje aplicado en control. *Revista de simulación computacional*, 1(1), 9-17.

Tabla 3. Memoria asociativa difusa

Reglas	M. Negativo	Negativo	Cero	Positivo	M. Positivo
M. Negativo	-0.535	-0.750	-0.500	-0.250	-0.004
Negativo	-0.343	-0.264	-0.692	0.003	0.116
Cero	-0.321	-0.348	0.000	0.339	0.264
Positivo	-0.25	0.060	0.657	0.369	0.386
M. Positivo	0.000	0.107	0.201	0.318	0.400

Ponce-Cruz, P. (2010). *Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería*. Ciudad de México: Editorial Alfaomega.
 Tsakiridis, N.L., Theocharis, J.B., Zadilis, G.C. (2017). DE-

Conclusiones

El control difuso maneja información de tipo lingüística, lo cual lo hace más entendible y manejable. Durante la aplicación de este método de aprendizaje, el ajuste fue hecho forzando a que un sistema no lineal se comportara como un sistema lineal. En el resultado de simulación, se puede observar que, para seguir dicho perfil deseado, el controlador tiene que forzar cambios bruscos no deseados en la señal de control para poder seguir al modelo de referencia. Una solución a este problema es el utilizar un perfil predefinido más cercano al comportamiento natural del sistema, o al uso de criterios de calidad de las reglas que no dependan directamente de un modelo de referencia. Si bien se logró el objetivo de control,

CO3RUM: A differential evolution learning approach for generating compact Mamdani fuzzy rule-based models. *Expert Systems with Applications*, 83, 257-272.

Verma, O.M., Manik G., Jain V.K. (2018). Simulation and control of a complex nonlinear dynamic behavior of multi-stages evaporator using PID and Fuzzy-PID controllers. *Journal of Computational Science*, 25, 238-251.

Wittgens, B., Skogestad, S. (2000). Evaluation of dynamic models of distillation columns with emphasis on the initial response. *Modeling, Identification and Control*, 21(2), 83-103.

Factores organizacionales como causa del estrés laboral en capacitadores profesionales de la ciudad de Aguascalientes

Organizational factors as a cause of work stress in professional trainers in the city of Aguascalientes

Por: Olaya Andrea Hernández Mata, Guillermo González Esparza y Roberto Ezequiel Franco Zesati
Universidad Tecnológica de Aguascalientes

Dirección electrónica del autor de correspondencia:
ahernandez@utags.edu.mx

Cómo citar: Barroso, F. (2017) Experiencias en la formación de jóvenes emprendedores a través de la incubación de proyectos, Un estudio con estudiantes de licenciatura en el sureste de México. *Universo de la Tecnológica*. 10(1) pp 12-14

Recibido: 6 de Junio 2018
Aceptado: 31 de Agosto 2018

RESUMEN: Actualmente las personas que realizan una actividad laboral como la capacitación profesional sufren de estrés. Esta investigación tiene como objetivo determinar si los profesionistas dedicados a la capacitación profesional sufren de estrés como consecuencia de factores de tipo organizacional como son la supervisión y las condiciones organizacionales. Es una investigación transversal, descriptiva de diseño no experimental. Se utilizó un instrumento tipo cuestionario de estrés y burnout específicos con el que se mide el grado de estrés que sufren los capacitadores profesionales en la ciudad de Aguascalientes. Una vez analizada la información, los resultados obtenidos demuestran que esta actividad es en gran medida afectada por dichos factores y como consecuencia, las personas se sienten estresadas en el trabajo que desempeñan.

PALABRAS CLAVE: Estrés, factores organizacionales, supervisión, condiciones organizacionales.

Abstract: Currently people who perform a work activity such as professional training suffer from stress. The objective of this research is to determine if professionals dedicated to professional training suffer from stress as a consequence of organizational factors such as supervision and organizational conditions. It is a cross-sectional, descriptive investigation of non-experimental design. A specific stress and burnout questionnaire instrument was used to measure the degree of stress experienced by professional trainers in the city of Aguascalientes. Once the information has been analyzed, the results obtained show that this activity is largely affected by these factors and as a consequence, people feel stressed in the work they perform.

Key Words: Stress, organizational factors, supervision, organizational conditions.

Introducción

El estrés ha sido objeto de estudio a través de los años, las investigaciones al respecto nos han ayudado a entender un poco más acerca de las respuestas que podemos observar al momento de enfrentar una situación de estrés.

El médico canadiense Hans Selye (1974), citado por Rusell (2012, p. 474) define al estrés como una respuesta inespecífica del cuerpo ante cualquier demanda. El autor de la misma, por medio de sus experimentos, pudo identificar tres etapas:

1.- Alarma 2.- Resistencia 3.- Agotamiento

Las cuales nos determinan la reacción que tiene el organismo ante situaciones de estrés. Éste a su vez se presenta mediante una reacción fisiológica en la que en su primera etapa se liberan hormonas, aumentan los latidos del corazón, así como su ritmo respiratorio, en la segunda etapa el mismo organismo cubre los daños que ocasionó la etapa de alarma, si el estrés persiste, en la última etapa se tendrá agotamiento lo cual ocasiona un daño en las reservas de energía del cuerpo.

El estrés es una característica inevitable de nuestra vida, en la actualidad estamos familiarizados debido a la frecuencia con la que se sufre este mal, ya que somos receptores de todo lo que ocurre en nuestro alrededor, por tal motivo es una respuesta en la cual el cuerpo de la persona se prepara y se ajusta ante una situación de amenaza.

Rubio (2011) define al estrés causado por el trabajo como las respuestas físicas y psicológicas negativas, que aparecen cuando las exigencias del mismo no igualan las capacidades, los recursos o las necesidades del trabajador, situación que deriva en un deterioro de su salud.

Lazarus (2000), citado por González (2006, p. 50) determina que "una persona presenta estrés sólo si lo que sucede, impide o pone en peligro el compromiso de una meta importante y las intenciones situacionales, o viola expectativas altamente valoradas". Esta situación puede presentarse frecuentemente ya que los trabajadores están sujetos a las metas tanto personales como organizacionales que quizá no sean claras, se desconozcan o se carezcan, lo cual se percibe como desorganización y a su vez produce estrés en los individuos.

En un estudio realizado con anterioridad, se pudo determinar que la población sujeta de estudio presenta estrés, ocasionado por la realización de las actividades de capacitación profesional, sin embargo, un porcentaje muy bajo presentó agotamiento emocional, lo cual está relacionado con el hecho de que no ven a sus estudiantes como objetos impersonales ni como enemigos, aunque si se manifestó sentir presión constante por parte de otros para mejorar en su trabajo (Hernández, González y Franco, 2017).

Como parte del estudio mencionado anteriormente, en esta segunda etapa el objetivo general del mismo, es

determinar si los profesionistas dedicados a la capacitación profesional sufren de estrés como consecuencia de factores de tipo organizacional.

Los factores organizacionales considerados son los siguientes:

Supervisión: está determinada por las estructuras rígidas e impersonales, o por una supervisión inadecuada, la cual imposibilita la participación en la toma de decisiones, que a su vez genera estrés.

Condiciones Organizacionales: que comprenden la cultura y clima organizacional, participación y relaciones intergrupales como lo señala (Gibson, Ivancevich, Donnelly y Konopaste, 2006).

Metodología

El estudio es transversal con enfoque descriptivo ya que especifica las características y rasgos distintivos de los profesionistas dedicados a la capacitación profesional del desarrollo de capital humano. Diseño no experimental ya que no se presenta manipulación de variables.

El universo sujeto de estudio está compuesto por 48 instituciones (llamadas agentes) que mantienen estatus de "activo" ante una institución gubernamental de la ciudad de Aguascalientes encargada de registrar en un padrón exclusivo cuya característica principal es el registro de profesionistas cuya actividad es la capacitación profesional, conformando una población de 530 instructores. Con un muestreo simple se determinó el tamaño de la muestra fue de 223 personas con nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. El levantamiento de la información se realizó en el periodo que comprendió los meses de marzo a diciembre de 2017.

Se utilizó un instrumento de medición del estrés, basado en el cuestionario de Burnout de Profesores CBP-R validado por (Moreno, Garrosa y González, 2000) y compuesto por 44 preguntas que evalúan los procesos de estrés y burnout específicos. Utiliza tres escalas: 1.-Estrés y burnout; 2.-Desorganización; 3.-Problemática Administrativa.

De lo anterior, se seleccionó la escala 2.-Desorganización: "hace referencia a las condiciones en las que se realiza el trabajo (materiales, recursos de los que se dispone, etc.), al estilo de dirección, y al apoyo recibido por parte del supervisor" (Moreno, et al.) los cuales están clasificados en 2 factores que son:

Factor I Supervisión

Factor II Condiciones Organizacionales

El instrumento propone por cada factor, una serie de cuestionamientos sobre situaciones que pueden ser estresantes o no para las personas sujetas de estudio, que a su vez contestaron estableciendo su grado de aprobación sobre situaciones estresoras específicas planteadas.

Se utilizó una escala tipo Likert que consiste en tres opciones de respuesta:

1. Desacuerdo, 2. De Acuerdo y 3. Totalmente de Acuerdo.

El presente estudio abarca únicamente la Escala 2, queda como trabajo futuro el análisis de la escala número 3 que mide la Problemática Administrativa.

El análisis estadístico de la información se realizó utilizando el paquete SPSS versión 22 en cuyos resultados se obtuvo entre otros, un coeficiente α de Cronbach de 0.913715 el cual se utilizó para estimar la fiabilidad del instrumento.

Resultados

De acuerdo a la percepción de los encuestados, los resultados obtenidos son los siguientes:

Factor I Supervisión

En este factor se destaca que el 75% de la población encuestada está de acuerdo que sufre de estrés por la supervisión de las actividades de capacitación que sus superiores realizan, 16% está totalmente de acuerdo. En relación a estos resultados las personas encuestadas perciben una estructura organizacional rígida provocada por la despersonalización generando estrés en las personas que desempeñan este tipo de actividad. En contraste, el 9% manifiestan desacuerdo, es decir, no perciben que las actividades de supervisión hacia ellos cause estrés. La varianza obtenida fue de 0.246 y la desviación estándar 0.496.

Gráfica 1. Resultados del factor I. Supervisión



Fuente: Elaboración propia de los autores

Factor II Condiciones Organizacionales

El 90% de los encuestados contestaron estar de acuerdo que las condiciones organizacionales les generan estrés y el 3% lo resalta al contestar totalmente de acuerdo. Esto manifiesta que el clima organizacional como condición organizacional se percibe como adverso, generando situaciones estresantes para los capacitadores. Solo el 7% de los encuestados considera que esta situación no genera estrés y por lo tanto no interfiere con su labor profesional. La varianza obtenida fue de 0.093 y la desviación estándar de 0.304.

Gráfica 2. Factor II de Condiciones Organizacional



Fuente: Elaboración propia de los autores

El coeficiente de correlación de estos dos factores es de 0.2867 el cual muestra que se relacionan mutuamente en la población sujeta de estudio.

Discusión

En estudio previo realizado (Hernández, *et al.*) se demostró que las personas dedicadas a la capacitación profesional en la ciudad de Aguascalientes sufren de estrés sin embargo este no manifiesta despersonalización o agotamiento emocional. Tomando en consideración esto, se asumió que los factores organizacionales originan estrés lo cual queda demostrado con los resultados obtenidos en este estudio. La forma en la que se lleva a cabo la dirección y por lo tanto la supervisión de las organizaciones origina estrés como lo señala Smith y Saintfort (1989) citado por enciclopedia de la OIT (2012, p. 26) en el que afirman que el estilo de supervisión afecta la participación y la socialización. Por otro lado, las condiciones (factores) organizacionales definidas por (Gibson, *et al.*) proporcionan un parámetro más confiable para establecer que el origen del estrés no es único, sino, es por el cúmulo de situaciones organizacionales coincidiendo con el resultado del estudio.

La continuidad de este estudio se considera muy importante ya que está pendiente la siguiente escala titulada "Problemática Administrativa" la cual hace referencia a las preocupaciones profesionales y el reconocimiento profesional. Todo esto con el fin de buscar soluciones que ayuden a las personas a controlar su estrés y como consecuencia que las empresas mejoren su bienestar atendiendo a una cultura organizacional de ganar-ganar.

Conclusiones

En relación a los resultados obtenidos en el estudio que comprendió la escala desorganización, las personas sujetos de estudio perciben que las actividades de supervisión como las condiciones organizacionales provocan estrés en su desempeño profesional como capacitadores. Existen personas que consideran que no están estresados y aunque en los resultados representan un porcentaje muy reducido, queda para estudios posteriores determinar que estrategias tanto individuales como organizacionales han realizado que

sirva para recomendar e implementar en el futuro y así poder controlar más este fenómeno psicosocial.

En contraposición, las personas que respondieron estar "Totalmente de acuerdo" manifestaron un grado más alto de estrés que el promedio, pero en términos de proporción, representaron una pequeña parte con respecto al total. Por las situaciones anteriores expuestas,

podemos inferir que la mayoría de las personas que sufren estrés, de alguna forma logran controlarlo, de tal forma que no permiten que las situaciones estresantes los sobrepasen y pongan en peligro su bienestar, sin embargo reiteremos que es muy importante determinar las causas que originan estrés para poder establecer las estrategias adecuadas para tratar de abatir este fenómeno.

Referencias Bibliográficas

- Gibson, J. L., Ivancevich, J. M., Donnelly, J. H., & Konopaste, R. (2006). Organizaciones comportamiento, estructura, procesos. D.F., México: Mc Graw Hill.
- González, R. M., & R, L. H. (2006). Síntomas Psicosomáticos y Teoría Transaccional del estrés. *Ansiedad y Estrés*, 12(1), 45-61.
- Hernández M. O., González, E.G., Franco Z. R. (2018). Factores que determinan estrés en capacitadores profesionales en la ciudad de Aguascalientes. *Reaxion Ciencia y tecnología universitaria*, 5(3), 1-11.
- Moreno, J., Bernardo, G. E., & González, G. J. (2000). La evaluación del estrés y el burnout del profesorado: el CBP-R. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 16(1), 331-349.
- Rubio, M. D. (2011). Manual de riesgos psicosociales: el estrés y el síndrome de burnout. Recuperado el 2018 de Enero, de ebookcentral: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/univeraguascalientessp/detail.action?docID=3217326>.
- Rusell, J. A. (Septiembre de 2012). The legacy of Hans Selye and the origins of stress research. *Informa Health Care*, 15(5), 472-478.
- Sauter, S. L., Murphy, L. R., & Hurrell, J. J. (2012). Capítulo 34 Factores psicosociales y de organización. En Enciclopedia de la OIT. Ginebra, Suiza: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Plataforma para controlador activo lineal aplicado a la dirección asistida automotriz

Platform for linear active controller applied to the automotive power steering

Por: Sergio Sandoval Pérez, Gamaliel Rodríguez González y Marcela Monserrath Navarrete Escalante
Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán

Dirección electrónica del autor de correspondencia:
ssandoval@itcg.edu.mx

Cómo citar: Sandoval, S., Rodríguez, G. & Navarrete, M. (2018). Plataforma para controlador activo lineal aplicado a la dirección asistida automotriz. *Universo de la Tecnológica*. 10 (3) p.p. 15-21

Recibido: 20 de Marzo 2018
Aceptado: 13 de Julio 2018

RESUMEN: En este artículo se muestra un problema clásico en la teoría de control, el cual es el diseño de una ley de retroalimentación, teniendo el propósito de que la salida de cualquier sistema siga asintóticamente una señal de referencia. En este trabajo, se pretende que la velocidad lateral siga a una maniobra del conductor, pero en sentido contrario. Se propone que el vehículo se encuentra realizando pruebas de manejo conocidas por norma internacional ISO 7401, por ende el problema de la teoría de regulación lineal vía retroalimentación de estados por medio de una función de Lyapunov es la solución idónea a nuestro problema ya que se supone la medición de la velocidad angular de viraje. Los actuadores que integraremos en este artículo serán los frenos (Mz) y el sistema frontal activo (AFS, por sus siglas en inglés), por medio de la simulación de Matlab-Simulink-CarSim y una plataforma propia.

PALABRAS CLAVE: Retroalimentación de estados, velocidad lateral, velocidad angular de viraje, CarSim.

Abstract: This article shows a classic problem of control theory, which is the design of a feedback law, it has the purpose that the output of any system follows a reference signal asymptotically. In this paper we aim that the lateral velocity follows a drivers' maneuver, but in the opposite direction. It is proposed that the vehicle performs driving test known by the ISO 7401 international standard, thus, to solve this problem we are going to use the feedback-state lineal theory by means of a Lyapunov function, because it is supposed to measure the yaw velocity. The actuators that we will be integrating in this paper, will be the brakes (Mz) and Front Active System (AFS), through simulations in Matlab- Simulink-CarSim and own platform.

KEY WORDS: Feedback state, lateral velocity, yaw velocity, CarSim.

Introducción

En los últimos años, el desarrollo de una filosofía integral ha cambiado en como los ingenieros realizan investigación en el área de diseño de nuevos dispositivos para el control del automóvil. Hoy en día se cuenta con una gran potencia computacional que nos permite trabajar con unidades de control en los vehículos, esto es debido al mejoramiento de dispositivos electrónicos y al avance en la tecnología, la cual permite desarrollar nuevos sistemas de control desde el punto de vista tecnológico.

Considerando algunas variables físicas del automóvil, el diseño de un sistema de control para la velocidad lateral es uno de los principales tópicos de investigación en el área de control de automóviles. Estos dispositivos (unidades de control) modifican las dinámicas de los vehículos imponiendo fuerzas o momentos en el cuerpo del automóvil de diferentes maneras (Bianchi *et al.*, 2010; Earl y Christian, 2013; Tjonnas y Johansen, 2010; Rubin y Arogeti, 2013; Ren *et al.*, 2014) y pueden también utilizar "sensores inteligentes" que permiten mediciones precisas de las variables que desean medir haciendo una alta eficiencia en la acción que el controlador está realizando, contribuyendo a la estabilidad del vehículo, la seguridad y confort para el conductor.

El movimiento de un vehículo puede ser categorizado en términos de su funcionalidad, maniobrabilidad y estabilidad. El funcionamiento está enfocado sobre el peso y

los movimientos longitudinales del chasis. La estabilidad y las características de manejo generalmente se refieren a la respuesta lateral/maniobrabilidad de las acciones de conducción del automóvil que se requieran. Una gran variedad de modelos de baja, media y alto orden están disponibles para describir el movimiento traslacional y rotacional del vehículo.

Este trabajo muestra un modelo de dos grados de libertad, el cual puede representar al automóvil, considerando a las llantas frontales y traseras del vehículo como una sola llanta delantera y una trasera (modelo de la bicicleta); en este modelo en la llanta delantera se puede introducir la dinámica del conductor y del volante. Además, los efectos del ángulo roll y de transferencia de masa son despreciados y este modelo permite estudiar la respuesta lateral/dirección del automóvil para pequeños ángulos de maniobrabilidad en velocidades longitudinales constantes, donde estos parámetros (ángulos y velocidad) deben de ser medidos para la realización completa a futura de algunos diseños.

Esta medición de parámetros físicos se puede realizar mediante la utilización de una plataforma como el CarSim, la cual interacciona con los algoritmos de control en Matlab-Simulink, para generar un análisis de la planta a controlar (automóvil) y comprobando el control activo lineal simulado mediante la conexión del software Matlab-Simulink-Carsim, pero al momento de diseñar, no solamente

se debe tener la simulación, por lo tanto se propone una plataforma de hardware propia, donde en esta se pueden obtener las dinámicas del automóvil, como pueden ser la velocidad lateral, longitudinal y de viraje, para manipularlas y realizar controladores y observadores, en esta misma plataforma y enviarlas como señales para aplicarlas al vehículo, como puede ser a una dirección asistida del vehículo para proteger al conductor o demás personas que se encuentran dentro del automóvil en el caso de una volcadura, todo esto como una propuesta de investigación.

Método

El control activo puede establecer una ayuda al conductor en el vehículo, sumando acciones futuras al incrementar la maniobrabilidad y seguridad, especialmente en situaciones críticas. Estas acciones activas incluyen la estabilidad de viraje o por sus siglas en ingles yaw (Acosta *et al.*, 2007, 2008, 2016; Pan *et al.*, 2014) y el control integrado del automóvil (Goodarzi y Esmailzadeh, 2007; Lam *et al.*, 2010; Zakaria *et al.*, 2014).

Estas acciones de control pueden ser realizadas por un instante, haciendo uso de los actuadores como el sistema frontal activo (AFS) y el vector de torque trasero (RTV). Estos modifican las dinámicas del vehículo imponiendo fuerzas y momentos en el automóvil (Bianchi *et al.*, 2011; Earl y Christian, 2013, Tjonnas y Johansen, 2010; Rubin y Arogeti, 2013; Nam, 2015).

La acción de control es usualmente determinada sobre las bases de modelos de aproximación que pueden ser simples para obtener una implementación de un controlador, pero capturando los aspectos principales de la física del problema del vehículo.

Las dinámicas de la velocidad lateral y de viraje son usualmente consideradas en la síntesis del control, mientras que otras dinámicas son despreciadas. Por ejemplo las perturbaciones del viento son ignoradas (Yacine *et al.*, 2015), y como en algunos casos de los vehículos que cuentan con controles activos, donde estos disturbios del aire no son analizados y deberían tomarse en cuenta para el diseño del control (Nam, 2015).

Un control activo de un vehículo es realizado en (Ohara y Murakami, 2008), mediante un controlador para activar el ángulo frontal de la rueda del automóvil, utilizando un modelo de referencia, basado en el método de un observador lineal. El trabajo de (Tjonnas y Johansen, 2010), presenta un algoritmo de estabilidad yaw, combinando AFS con un nivel bajo de control del ángulo de deslizamiento longitudinal de la rueda y una ley adaptiva que estima el valor máximo del parámetro del coeficiente de fricción de cada rueda. Bianchi *et al.*, 2010, combina el AFS y RTV en un controlador integrado garantizando la estabilidad del vehículo, haciendo uso de una retroalimentación adaptativa. Hamzah *et al.*, 2012, presenta un algoritmo de control robusto mediante modos deslizantes, diseñado para mostrar que la

conducción y estabilidad del vehículo puede ser improvisada mediante un control activo para la maniobra de las cuatro ruedas del automóvil. Un control de modelo predictivo (Gang *et al.*, 2011), es utilizado para obtener un controlador integrado para el vehículo en AFS y momento de viraje. Con la misma técnica, Di Cairano *et al.*, 2013, utiliza la diferencia de frenado y AFS, para el seguimiento de referencias diseñadas. Finalmente, Rubin y Arogeti, 2013, direccionan el problema de control de viraje o yaw del vehículo, usando un diferencial activo trasero, para minimizar el error de la velocidad angular de viraje y del error para el ángulo de deslizamiento del chasis del automóvil.

Metodología

La metodología para esta investigación se ilustra en la Figura 1.

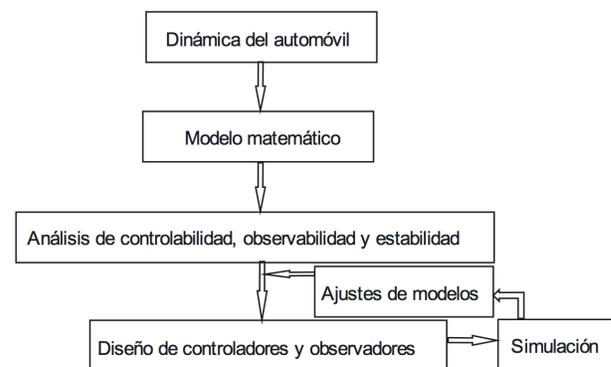


Figura 1: Metodología para diseño de controladores.

Caracterización

El modelo matemático del vehículo puede ser en general un cuerpo rígido moviéndose en un espacio libre, de dos grados de libertad, conectado con la superficie terrestre a través de las llantas, el cual otorga un modelo de comportamiento lineal. Los actuadores para esta aplicación son:

- Conducción frontal activo (AFS, Active Front Steer) o conducción por cable (Sbw, Steer by Wire).
- Frenos activos.

Esta complejidad de los sistemas lineales puede ser disminuida realizando las siguientes consideraciones:

- Para estudiar la estabilidad y/o maniobrabilidad se estudiarán solo las dinámicas de la velocidad lateral, v_y , y la velocidad angular de viraje (yaw), ω_z .
- El actuador de frenos activos, M_z , servirá para crear una diferencia de fuerzas en el frenado el cual genera un momento de giro alrededor del eje z, afectando también las dinámicas de la velocidad lateral, v_y .
- La dinámica del ángulo "pitch" no es considerada.
- El sistema es un cuerpo rígido. Por lo tanto, tomando en cuenta la Figura 2, y las dinámicas lineales del vehículo que se generan en el llamado modelo de la bicicleta (Rajamani, 2006, Pacejka, 2005);

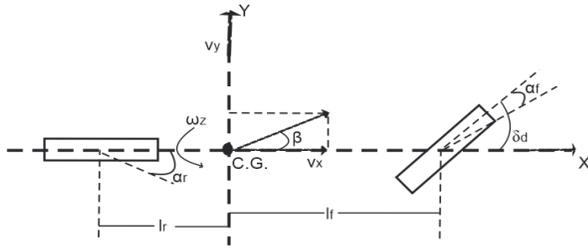


Figura 2: Modelo lineal del vehículo (modelo de la bicicleta).

$$m(\dot{v}_x - v_y \omega_z) = m a_x + F_{dx} \quad (1)$$

$$m(\dot{v}_y + v_x \omega_z) = \mu [F_{f,y}(\delta_c + \delta_d, x, \alpha_f) + F_{r,y}(x, \alpha_r)] + F_{dy} \quad (2)$$

$$J \dot{\omega}_z = \mu [l_f F_{f,y}(\delta_c + \delta_d, x, \alpha_f) - l_r F_{r,y}(x, \alpha_r)] + M_z + M_{dz} \quad (3)$$

Donde

- m Masa del vehículo [kg].
- J Momento de inercia del vehículo [$kg\ m^2$].
- l_f, l_r Longitud desde el centro del vehículo hacia la llanta frontal y trasera [m].
- v_x Velocidad longitudinal del vehículo [m/s].
- v_y Velocidad lateral del vehículo [m/s].

$x = [v_y, \omega_z]$ Vector compacto del estado del vehículo.

- α_f Ángulo de deslizamiento lateral frontal [rad].
- $\alpha_{f,0}$ Ángulo de deslizamiento lateral frontal sin control [rad].
- α_r Ángulo de deslizamiento lateral trasero [rad].
- δ_c Componente del ángulo de la llanta impuesto por el controlador [rad].
- δ_d Componente del ángulo de la llanta impuesto por el conductor [rad].
- M_z Momento de viraje resultado de los frenos activos [N m].
- μ Coeficiente de fricción entre el suelo y el neumático.
- F_{dx}, F_{dy} Fuerza aerodinámica longitudinal y lateral [N].
- M_{dz} Momento aerodinámico de viraje [N m]
- β Ángulo de deslizamiento lateral del chasis [$\beta = \tan^{-1}(\frac{v_y}{v_x})$]

y donde las fuerzas laterales $F_{f,y}, F_{r,y}$ son funciones del ángulo impuesto a las llantas frontales, $\delta = \delta_d + \delta_c$, y los ángulos de deslizamiento lateral de las llantas definidos de la siguiente manera;

$$\alpha_f = \delta_c + \alpha_{f,0} = \delta_c + \delta_d - \frac{v_y + l_f \omega_z}{v_x} \quad (4)$$

$$\alpha_r = -\frac{v_y - l_r \omega_z}{v_x} \quad (5)$$

Diseño de un control por linealización-retroalimentación de estados

A. Estructura del Control.

Reescribiendo las ecuaciones (2) y (3) de la planta en forma de espacio de estados para el problema de control se obtiene;

$$\dot{v}_y = -v_x \omega_z + \frac{\mu}{m} (F_{f,y}(x, \delta, \alpha_f) + F_{r,y}(x, \alpha_r)) + \frac{F_{dy}}{m} \quad (6)$$

$$\dot{\omega}_z = \left(\frac{\mu}{J}\right) (l_f F_{f,y}(x, \delta, \alpha_f) - l_r F_{r,y}(x, \alpha_r)) + \frac{M_z}{J} + \frac{M_{dz}}{J} \quad (7)$$

La aceleración lateral puede ser expresada usando la segunda ley de Newton en términos de las fuerzas del neumático lateral.

$$a_y = \frac{\mu}{m} (F_{f,y}(x, \delta, \alpha_f) + F_{r,y}(x, \alpha_r)) \quad (8)$$

La fuerza lateral puede ser definida utilizando la conocida fórmula mágica de Pacejka, para sistemas lineales;

$$F_{j,y} = D_{j,y} \cdot C_{j,y} \cdot B_{j,y} \cdot \alpha_j \quad (9)$$

Con $j = f, r$. Las constantes $B_{j,y}, C_{j,y}, D_{j,y}$ en (2) y (3) son determinadas de manera experimental (ver Tabla 1).

Tabla 1: Parámetros reales usados en la simulación del vehículo.

$m = 1550\ kg$	$D_{r,y} = 7834$ $D_{r,yref} = 10000\ N$
$J = 3552\ kg\ m^2$	$C_{r,y} = 1.32$ $C_{r,yref} = 1.38$
$l_r = 1.53\ m$	$B_{f,y} = 6.9$ $B_{f,yref} = 6.2$
$l_f = 1.38\ m$	$C_{f,y} = 1.76$ $C_{f,yref} = 1.21$
$B_{r,y} = 10$ $B_{r,yref} = 7$	$D_{f,y} = 7240\ N$ $D_{f,yref} = 10000\ N$

En este artículo se considerará a la aceleración longitudinal a_x casi cero. Además las fuerzas laterales frontales y traseras de las llantas se pueden analizar de esta otra forma considerando los coeficientes; $C_f = D_{f,y} \cdot C_{f,y} \cdot B_{f,y}$

$C_r = D_{r,y} \cdot C_{r,y} \cdot B_{r,y}$, para obtener: $F_{f,y} = C_f \alpha_f$ y $F_{r,y} = C_r \alpha_r$. El objetivo principal del control es que la salida del sistema siga asintóticamente un sistema de referencia, el cual tiene como principal característica que sus derivadas son acotadas. De manera más precisa, el generador de referencia es;

$$\dot{v}_{y,ref} = -\omega_{z,ref} v_x + \frac{\mu_{ref}}{m} (F_{fy,ref}(\delta_d, x_{ref}, \alpha_{f,ref}) + F_{ry,ref}(x_{ref}, \alpha_{r,ref})) \quad (10)$$

$$\dot{\omega}_{z,ref} = \left(\frac{\mu_{ref}}{J_{ref}}\right) (l_f F_{fy,ref} - l_r F_{ry,ref}) \quad (11)$$

$J_{ref} = J$, $\mu_{ref} = \mu = 0.9$, son parámetros apropiados y $F_{f,y,ref}$, $F_{r,y,ref}$ que son curvas ideales dependiendo de:

$$\alpha_{f,ref} = \delta_d - \frac{v_{y,ref} + l_f \omega_{z,ref}}{v_x} \quad (12)$$

$$\alpha_{r,ref} = \frac{v_{y,ref} - l_r \omega_{z,ref}}{v_x} \quad (13)$$

En esta sección se diseñará el control de linealización por retroalimentación de estados, el cual impondrá el comportamiento para las dinámicas de las velocidades lateral y de viraje; esto se realizará imponiendo la señal de referencia (10), (11), a través de la implementación de las entradas de control δ_c y M_z .

Considerando las ecuaciones en (6) y (7), el sistema de la planta con sus fuerzas laterales frontales y traseras ($F_{f,y} = C_f \alpha_f$ y $F_{r,y} = C_r \alpha_r$) se pueden analizar de esta forma:

$$\dot{v}_y = \left(\frac{-\mu C_f - \mu C_r}{m v_x}\right) v_y + \left(\frac{-\mu C_f l_f + \mu C_r l_r}{m v_x} - v_x\right) \omega_z + \left(\frac{\mu C_f}{m}\right) \delta_c + F_{dy} \quad (14)$$

$$\dot{\omega}_z = \left(\frac{-\mu C_f l_f + \mu C_r l_r}{J v_x}\right) v_y + \left(\frac{-\mu C_f l_f^2 - \mu C_r l_r^2}{J v_x}\right) \omega_z + \left(\frac{\mu C_f l_f}{J}\right) \delta_d + \frac{M_{dz}}{J} \quad (15)$$

Para las ecuaciones (10) y (11), se toma en cuenta a las fuerzas laterales frontales y traseras, con los siguientes coeficientes; $C_{f,ref} = D_{f,y,ref} \cdot C_{f,y,ref} \cdot B_{f,y,ref}$ y $C_{r,ref} = D_{r,y,ref} \cdot C_{r,y,ref} \cdot B_{r,y,ref}$, para obtener $F_{f,y,ref} = C_{f,ref} \alpha_{f,ref}$ y $F_{r,y,ref} = C_{r,ref} \alpha_{r,ref}$. Donde; $C_{f,ref} \neq C_f$ y $C_{r,ref} \neq C_r$. (Ver Tabla 1). Por lo tanto se obtiene el sistema de referencia;

$$\begin{pmatrix} \dot{v}_{y,ref} \\ \dot{\omega}_{z,ref} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{-\mu_{ref}(C_{f,ref} + C_{r,ref})}{m v_x} & \frac{-\mu_{ref}(C_{f,ref} l_f - C_{r,ref} l_r) - v_x}{m v_x} \\ \frac{-\mu_{ref}(C_{f,ref} l_f - C_{r,ref} l_r)}{J_{ref} v_x} & \frac{-\mu_{ref}(C_{f,ref} l_f^2 + C_{r,ref} l_r^2)}{J_{ref} v_x} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_{y,ref} \\ \omega_{z,ref} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{\mu_{ref} C_{f,ref}}{m} \\ \frac{\mu_{ref} C_{f,ref} l_f}{J_{ref}} \end{pmatrix} \delta_d \quad (16)$$

Considerando los errores para la velocidad lateral y angular de viraje de esta manera;

$$e_{vy} = v_y - v_{y,ref} \quad (17)$$

$$e_{\omega z} = \omega_z - \omega_{z,ref} \quad (18)$$

y los errores dinámicos se establecen mediante;

$$\dot{e}_{vy} = \dot{v}_y - \dot{v}_{y,ref} \quad (19)$$

$$\dot{e}_{\omega z} = \dot{\omega}_z - \dot{\omega}_{z,ref} \quad (20)$$

Lo siguiente son los requerimientos para la ley de control estableciendo una función candidata de Lyapunov;

$$V = \frac{1}{2} e_{vy}^2 + \frac{1}{2} e_{\omega z}^2 \quad (21)$$

Considerando a la ecuación (21) positiva para mostrar que es continuamente decreciente a lo largo de cualquier trayectoria y su derivada negativa, asegurando que el sistema tenga estabilidad asintótica como se demuestra a continuación;

$$\begin{aligned} \dot{V} = e_{vy} \left[\left(\frac{-\mu C_f - \mu C_r}{m v_x}\right) v_y + \left(\frac{-\mu C_f l_f + \mu C_r l_r}{m v_x} - v_x\right) \omega_z + \left(\frac{\mu C_f}{m}\right) \delta_c + F_{dy} - \dot{v}_{y,ref} \right] + e_{\omega z} \left[\left(\frac{-\mu C_f l_f + \mu C_r l_r}{J v_x}\right) v_y + \left(\frac{-\mu C_f l_f^2 - \mu C_r l_r^2}{J v_x}\right) \omega_z + \left(\frac{\mu C_f l_f}{J}\right) \delta_d + \frac{M_{dz}}{J} - \dot{\omega}_{z,ref} \right] \quad (22) \end{aligned}$$

Además los siguientes términos de la ecuación (22), se igualan a ganancias multiplicadas por el error, para establecer que la derivada de la función de Lyapunov sea menor a cero;

$$\left(\frac{-\mu C_f - \mu C_r}{m v_x}\right) v_y + \left(\frac{-\mu C_f l_f + \mu C_r l_r}{m v_x} - v_x\right) \omega_z + \left(\frac{\mu C_f}{m}\right) \delta_c + F_{dy} - \dot{v}_{y,ref} = -k_1 e_{vy} \quad (23)$$

$$\left(\frac{-\mu C_f l_f + \mu C_r l_r}{J v_x}\right) v_y + \left(\frac{-\mu C_f l_f^2 - \mu C_r l_r^2}{J v_x}\right) \omega_z + \left(\frac{\mu C_f l_f}{J}\right) \delta_d + \frac{M_{dz}}{J} - \dot{\omega}_{z,ref} = -k_2 e_{\omega z} \quad (24)$$

Por lo tanto de las ecuaciones (23) y (24), se obtienen las entradas de control;

$$\delta_c = \left(\frac{1}{v_x} + \frac{C_r}{C_f v_x}\right) v_y + \left(\frac{l_f}{v_x} - \frac{C_r l_r}{C_f v_x} + \frac{m v_x}{\mu C_f}\right) \omega_z - \delta_d - \left(\frac{m}{\mu C_f}\right) F_{dy} + \left(\frac{m}{\mu C_f}\right) \dot{v}_{y,ref} - k_1 e_{vy} \quad (25)$$

$$M_z = \left(\frac{\mu C_f l_f - \mu C_r l_r}{v_x}\right) v_y + \left(\frac{\mu C_f l_f^2 - \mu C_r l_r^2}{v_x}\right) \omega_z - (\mu C_f l_f) \delta_d - (\mu C_f l_f) \delta_c - M_{dz} + J \dot{\omega}_{z,ref} - k_2 e_{\omega z} \quad (26)$$

Donde $k_i > 0$, $i = 1, 2$, y las entradas de control en (25) y (26), serán impuestas en (22), comprobándose la estabilidad del sistema;

$$\dot{V} = -k_1 e_{vy}^2 - k_2 e_{\omega z}^2 \quad (27)$$

Además de reescribir la derivada de la función de Lyapunov en (27), de la siguiente manera;

$$\dot{V} \leq -\lambda_{\min k} \|e\|^2 \quad (28)$$

Estableciendo una $\lambda_{\min k} > 0$, que representa una ganancia mínima igual para k_1, k_2 y considerando $e = (e_{vy}, e_{\omega z})$.

Experimentos y Resultados

A. Maniobra en una dirección.

En esta sección el comportamiento del modelo matemático del automóvil se simula bajo una maniobra en una dirección ISO 7401, de manera repentina, con un ángulo δ_a , enseguida se observa la delta del controlador δ_c y por último la delta del conductor sumándose a la delta del controlador, dando como resultado la delta δ , como se muestra en la Figura 3.

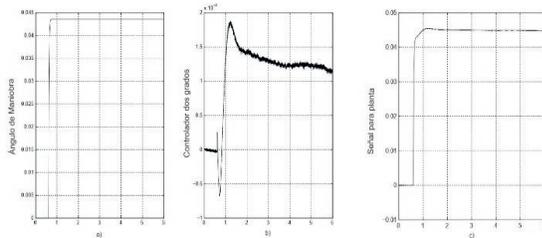


Figura 3: a) Señal δ_a rad/s; b) Señal δ_c [rad/s]; c) Señal δ [rad/s].

Para la Figura 4. se muestra la velocidad lateral del sistema de referencia ($v_{y,ref}$) y la salida de la velocidad lateral del sistema real (v_y).

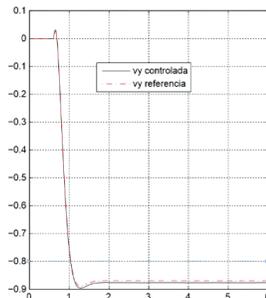


Figura 4: Velocidad lateral v_y (sólida) y $v_{y,ref}$ (interlínea) [m/s vs s].

Considerando la Figura 5, se muestra la velocidad angular de viraje del sistema de referencia ($\omega_{z,ref}$) y la salida de la velocidad angular de viraje del sistema real (ω_z), la cual tiene un seguimiento adecuado a la velocidad de viraje de referencia en un trayecto de 0s a los 6s.

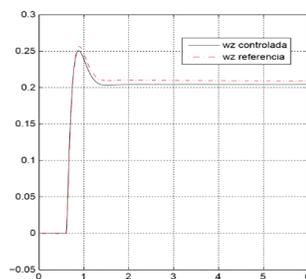


Figura 5: Velocidad angular de viraje ω_z (sólida) y $\omega_{z,ref}$ (interlínea) [rad/s vs s].

B. Aplicación de la plataforma de Hardware propia a una dirección asistida.

La dirección asistida que se utiliza para las pruebas del controlador activo de este trabajo de investigación, es una dirección electrónica de un Volkswagen (Beetle), la cual se muestra a continuación (ver Figura 6):

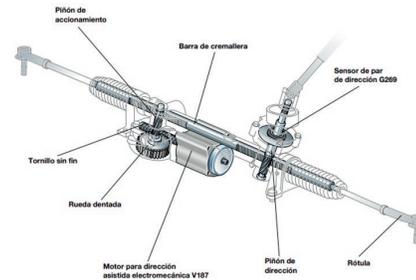


Figura 6: Dirección Asistida Electrónica.

La plataforma para velocidades longitudinal, lateral y de viraje para manipular la dirección asistida se puede observar en la Figura 7;



Figura 7: Plataforma digital y de potencia para dirección asistida.

La aplicación se realiza en una estación de pruebas del Centro de Enseñanza Automotriz de Cd. Guzmán (CEAG), en el estado de Jalisco en México, simulando un automóvil Beetle Volkswagen, vista en la siguiente Figura 8;



Figura 8: Estación de simulación del Automóvil.

Las pruebas finales se establecen con la obtención de las dinámicas del vehículo por medio de la plataforma de la Figura 7, donde se diseña el algoritmo del controlador δ_c , para la

dirección asistida automotriz. Por último se muestran los resultados de las velocidades lateral y angular de viraje de la plataforma diseñada en hardware (ver Figura 9-10), la cual ofrece el control lineal de la velocidad de viraje y velocidad lateral para conectarse a la dirección asistida, donde ayudará al conductor a no tener un subviraje al momento de ir conduciendo.

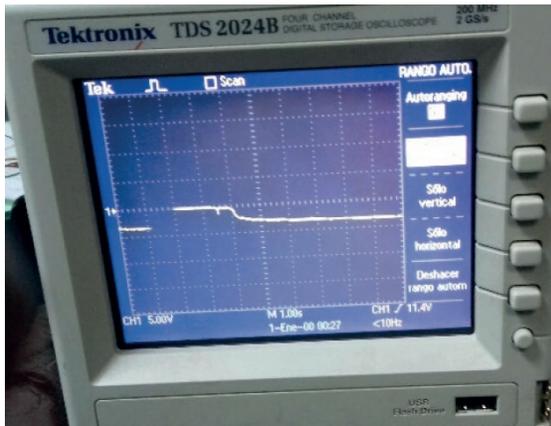


Figura 9: Velocidad lateral v_y [volts vs s].

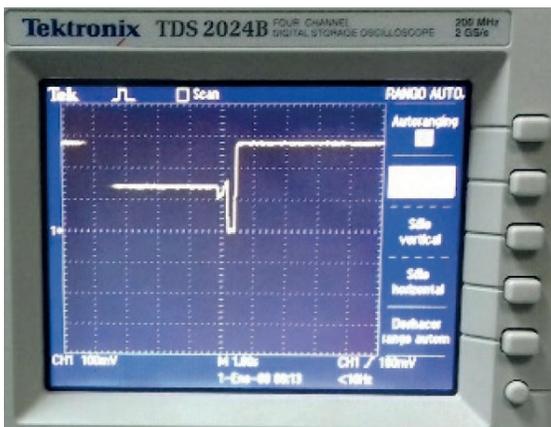


Figura 10: Velocidad angular de viraje ω_z [rad/s vs s].

Discusión y Conclusiones

Este trabajo se realiza con la finalidad de proponer un controlador para el automóvil con velocidad lateral, partiendo del modelo matemático de la bicicleta. El objetivo del controlador será buscar el control para todo tipo de manejo por parte del conductor, imponiendo un ángulo en las llantas con el afán de no caer en sub viraje o en sobre viraje, ya que son los errores comunes a la hora de conducir un vehículo. El diseño de los algoritmos que contienen las ganancias k_1, k_2 , las cuales se proponen para la ley de control por retroalimentación de estados, se utilizan para ampliar o disminuir a la M_z y al control activo δ_c , además de cambiar estos últimos parámetros para establecer valores diferentes tanto para la

velocidad lateral y velocidad angular de viraje aplicadas a las ruedas del automóvil. Esta investigación también genera una plataforma de hardware la cual puede utilizarse para entender de forma fácil las dinámicas controladas, el sistema de dinámicas de referencia y el control por retroalimentación de estados aplicado al vehículo, todo esto como una idea original, sin embargo se deja como discusión el análisis de las gráficas para que se observen las tres plataformas que se utilizaron, empezando con Matlab-Simulink para el sistema de referencia ($v_{y,ref}, \omega_{z,ref}$), CarSim (v_y, ω_z) y las velocidades lateral y viraje en la Figura 9 y 10 respectivamente, pertenecientes a la plataforma de diseño propio, como una propuesta para este artículo de investigación. Por último en trabajo a futuro se debe comparar los resultados obtenidos de simulación de esta investigación y plataforma de hardware propia con otros como por ejemplo con la plataforma Hil de National Instruments.

Referencias bibliográficas

- C. Acosta Lúa, B. Castillo Toledo, S. Di Gennaro, A. Toro, Nonlinear Robust Regulation of Ground Vehicle Motion, Proceedings of the 46th IEEE Conference on Decision and Control, pp. 3871-3876, 2007.
- C. Acosta Lúa, B. Castillo Toledo, S. Di Gennaro, Nonlinear Output Robust Regulation of Ground Vehicle in Presence of Disturbances and Parameter Uncertainties, Proceedings of the 17th IFAC World Congress, pp. 141-146, 2008.
- C. Acosta Lúa, S. Di Gennaro, M. Sanchez, An adaptive controller applied to an anti-lock braking system laboratory, Revista DYNA de la Universidad Nacional de Colombia, Vol. 83, pp. 69-77, 2016.
- D. Bianchi, A. Borri, G. Burgio and S. Di Gennaro, Adaptive Integrated Vehicle Control Using Active Front Steering and Rear Torque Vectoring, International Journal of Vehicle Autonomous Systems, Special Issue on: "Autonomous and Semi-Autonomous Control for Safe Driving of Ground Vehicles, Vol. 8, No. 2/3/4, pp. 85-105, 2010.
- S. Di Cairano, H. E. Tseng, D. Bernardini, A. Bemporad, Vehicle Yaw Stability Control by Coordinated Active Front Steering and Differential Braking in the Tire Sideslip Angles Domain, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 21, No. 4, pp. 1236-1248, 2013.
- C. Earl Beal and J. Christian Gerdes, Model Predictive Control for Vehicle Stabilization at the Limits of Handling, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 21, No. 4, pp. 1258-1269, 2013.
- Li Gang, Zong Chang-fu, Zheng Hong-yu, Hong Wei, Vehicle Active Front Steering and Yaw Moment Integrated Control, 2011 International Conference on Transportation, Mechanical and Electrical Engineering (TMEE), Changchun, China, pp. 787-790, 2011.

- A. Goodarzi, E. Esmailzadeh, Design of a VDC System for All-Wheel Independent Drive Vehicles, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 12, No. 6, pp. 632-639, 2007.
- N. Hamzah, Y.M. Sam, H. Selamat, M.K. Aripin, M.F. Ismail, Yaw Stability Improvement for Four-Wheel Active Steering Vehicle using Sliding Mode Control, 2012 IEEE International Colloquium on Signal Processing and its Applications (CSPA), pp. 127-132, 2012.
- T. L. Lam, H. Qian, Y. Xu, Omnidirectional Steering Interface and Control for a Four-Wheel Independent Steering Vehicle, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 15, No.3, pp. 329-338, 2010.
- K. Nam, Application of Novel Lateral Tire Force Sensors to Vehicle Parameter Estimation of Electric Vehicles, Sensors-Open Access, Vol. 15, No.1, pp. 28385-28401, 2015.
- H. Ohara, T. Murakami, A Stability Control by Active Angle Control of Front-Wheel in a Vehicle System, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 55, No. 3, pp. 1277-1285, 2008.
- H. B. Pacejka, Tyre and Vehicle Dynamics, Elsevier Butterworth, 2005.
- H. Pan, Y. Zhang, W. Sun, Robust Tracking Control for Vehicle Lateral Dynamics with Uncertain Parameters and External Nonlinearities, Shock and Vibration, Vol. 2014, pp. 12, 2014.
- R. Rajamani, Vehicle Dynamics and Control, Springer, New York, 2006.
- H. Ren, S. Chen, G. Liu and K. Zheng, Vehicle State Information Estimation with the Unscented Kalman Filter, Advances in Mechanical Engineering, Vol. 2014, pp. 11-20, 2014.
- D. Rubin and S. Arogeti, Vehicle Yaw Stability Control Using Rear Active Differential via Sliding Mode Control Methods, 2013 Mediterranean Conference on Control & Automation (MED), Platanias-Chania, Crete, Greece, pp. 317-322, 2013.
- J. Tjonnas and T.A. Johansen, Stabilization of Automotive Vehicles Using Active Steering and Adaptive Brake Control Allocation, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 18, No. 3, pp. 545-558, 2010.
- Z. Yacine, D. Ichalal, N. Ait-Oufroukh, S. Mammari, S. Djennoune, Takagi-Sugeno Observers: Experimental Application for Vehicle Lateral Dynamics Estimation, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 23, No.2, pp. 754-760, 2015.
- M. Zakaria, A. Dwijotomo, M. Azman Abdullah, N. Tamaladin, Development Motor Control Unit for Electronic Steering System Test Rig, 2014 IEEE International Colloquium on Signal Processing and its Applications (CSPA), pp. 42-47, 2014.

Universidad Tecnológica de Nayarit

Coordinación Editorial / Instrucciones para autor

CONVOCA a la comunidad académica a presentar artículos originales de investigación en nuestra revista Universo de la Tecnológica, la cual se publica cuatrimestralmente.

UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA es una revista científica multidisciplinaria, publicada cuatrimestralmente, disponible en el formato impreso y publicación electrónica, con registro ISSN 2007-1450. La revista incluirá artículos originales de investigación. La recepción se encuentra abierta de manera permanente. Deberán ser trabajos NO mayor a tres autores. Se publicarán las aportaciones que a juicio del Comité Editorial y bajo el estricto arbitraje de especialistas cumplan el nivel y la calidad pertinente para ello; su contenido será responsabilidad única de los autores. Una vez sometido el artículo y aprobado, éste pasa a ser propiedad de la revista.

Los autores deben hacer mención el área en que consideran su trabajo sea arbitrado y ser presentados:

Procedimiento editorial

- Tecnologías y Ciencias Agropecuarias
- Tecnología y Ciencias de la Ingeniería
- Ciencias Sociales y Económicas
- Ciencias de la Información y Comunicación
- Ciencias Exactas

Los artículos recibidos en Universo de la Tecnológica, tienen una evaluación inicial de forma por parte de la Coordinación Editorial, para verificar que el artículo cumple con los lineamientos establecidos en las políticas editoriales de la revista. Una vez verificado se envía a los Editores de Área, quienes evalúan el perfil del artículo, si es aprobado se envía a revisores expertos en el área en la que suscribió el artículo.

Revisión de pares

Los nombres de los autores no son revelados a los revisores y viceversa. Este proceso de evaluación anónimo protege a los autores y los revisores de todo pre-juicio. Una vez que los árbitros aceptan la invitación a ser revisores, ellos examinan el manuscrito a fondo y envían el dictamen o sugerencias de posibles cambios o una recomendación firme sobre la conveniencia de publicar el documento.

La presentación de un manuscrito implica:

- Que el trabajo no está bajo consideración para su publicación en cualquier otro lugar.
- Que su publicación ha sido aprobada por todos los coautores, en su caso, así como por las autoridades responsables -implícita o explícitamente- en el instituto donde el trabajo ha sido llevado a cabo. Esto es justificado a través de una carta de postulación por el autor correspondiente.
- Es importante aclarar que ni el Editor, ni la revista Universo de la Tecnológica a través de la Universidad Tecnológica de Nayarit, serán legalmente responsable si se presenta alguna reclamación de indemnización por el trabajo aquí publicado. El único responsable es el autor correspondiente.

Formato del artículo

Para documentos realizados en formato .doc (Word), el texto debe ser escrito en letra Times New Roman a 12 pts., interlineado 2.0, en tamaño carta (21.5 × 28) cm. y foliadas, extensión mínima 3 cuartillas y un máximo de 8, incluyendo referencias bibliográficas. Se recomienda que la redacción del texto sea realizada en modo impersonal, incluso en el apartado de agradecimientos.

Preparación el manuscrito

Un manuscrito debe incluir las siguientes partes:

1) Página de título

Un título conciso e informativo, el nombre/s del autor/es, la afiliación/es, dirección/es de autor/es, la dirección de correo electrónico y teléfono del autor/es para mayor identificación de los autores. En cuanto al origen del artículo, los trabajos deben ser investigaciones terminadas, así mencionar

si el artículo es producto de una investigación, tesis de grado, entre otras. Si es resultado de una investigación, deben señalarse: el título del proyecto, la institución ejecutora, fase del proyecto, fecha de inicio y finalización.

2) Documento Principal

a) Título en español e inglés: El mismo título que figura en la página del título (ni el autor, ni los nombres de las afiliaciones, ni la dirección de autor/s se presentan en este apartado).

El título no se escribe con mayúsculas sostenida, se escribe solo con mayúscula inicial, debe ir centrado y en negritas.

b) Resumen en español e inglés menor a 150 palabras: Cada trabajo debe ir precedido de un resumen, estructurado en Introducción - Objetivos - Métodos - Resultados – Conclusiones y Discusión (estas palabras se incluyen en el número de palabras permitidas en el resumen).

c) Palabras clave en español e inglés: Debajo del resumen, enlistar de tres a cinco palabras derivadas del tema del manuscrito.

d) Abreviaturas: Las abreviaturas deben ser definidas la primera vez que se mencionan; si fuera esto en el resumen, entonces debe definirse otra vez en el cuerpo principal del texto y utilizar el acrónimo. Para las mediciones y los valores laboratorio se deben presentar utilizando el Sistema Internacional de Unidades (SI).

e) Introducción: Aquí se debe indicar el propósito de la investigación y hacer una breve revisión de la literatura pertinente, finalizando la sección con el objetivo del trabajo.

f) Materiales y Métodos: Esta sección debe seguir de la Introducción y proporcionar suficiente información para permitir la repetición del trabajo en condiciones similares.

g) Resultados: Se describen los resultados del estudio. Los datos deben ser presentados en la forma más concisa posible, en forma de figuras o tablas, aunque tablas muy grandes deben ser evitadas.

h) Discusión: Debe ser una interpretación de los resultados y su significado sobre el trabajo de otros autores.

i) Conclusiones: del proyecto y el contraste con el objetivo planteado en la investigación.

i) Las figuras y tablas: A fin de garantizar los más altos estándares para la calidad de sus ilustraciones, éstas deben de ir a una resolución de 300 dpi's. Las figuras tienen que ser claras y fáciles de leer. Figuras numeradas en número arábigo seguido de pie de figura para la parte inferior de cada una de ellas e insertadas dentro del cuerpo del artículo y no al final de éste.

Las tablas tienen que ser menores de 17 cm × 20 cm, enlistadas en números arábigos y deben tener un título y/o leyenda en la parte superior para explicarla o para explicar cualquier abreviatura utilizada en ella, del mismo modo deben estar insertas dentro del cuerpo del artículo.

Citación

Cuando la cita tiene menos de 40 palabras se escribe inmersa en el texto, entre comillas y sin cursiva. Se escribe punto después de finalizar la cita y todos los datos.

Las citas que tienen más de 40 palabras se escriben aparte del texto, con sangría, sin comillas y sin cursiva. Al final de la cita se coloca el punto antes de los datos -recuerde que en las citas con menos de 40 palabras el punto se pone después-. De igual forma, la organización de los datos puede variar según donde se ponga el énfasis, al igual que en el caso anterior.

Referencias

Se incorporan al final del documento, la exactitud de las referencias es responsabilidad de los autores. El estilo de citar de Universo de la Tecnológica está basado en el Manual de Publicaciones de la American Psychological Association (APA). Se recomienda consultar en la página del Centro de Escritura Javeriano Normas APA, en ella se presentarán las consideraciones más relevantes de la norma. Las citas en el texto deben seguir el formato de apellido del autor y fecha de la obra incluidas en paréntesis dentro de la oración.

Ejemplo: Con el uso del rastrojo disminuyen los gastos en la compra de forraje y de concentrados, lo que permite a las familias diversificar sus ingresos (Sharma, 1994).

Si la oración incluye el apellido del autor, sólo se escribe la fecha entre paréntesis.

Ejemplo: Sharma (1994) informa que con el uso del rastrojo disminuyen los gastos en la compra de forraje y de concentrados, lo que permite a las familias diversificar sus ingresos.

Cuando la obra manuscrito tiene entre dos y seis autores, se cita la primera vez con todos los apellidos de los autores y el año. Si se tiene que citar más veces, sólo se escribe el apellido del primer autor, seguido de la frase et al., y si son más de seis autores, se utiliza el apellido del primer autor, et al., y el año desde la primera mención.

La lista de referencias debe incluir únicamente las obras que son citadas en el texto y que han sido publicados. Las referencias deben estar en orden alfabético y numeradas.

- Nombre del autor y colaboradores separados por una coma (en su caso), comenzando con el apellido paterno, seguido con la inicial de los nombres. Año de la publicación entre paréntesis.

Título del libro en itálicas (cursivas). Ciudad de publicación, país y páginas totales. Al final se agrega el número de edición (de la segunda en adelante) seguida por dos puntos y nombre de la casa editorial.

- Ejemplos de algunas referencias;

Libros, forma básica:

1) Apellido, A. A. (Año). *Título*. Lugar de publicación: Editorial.

1) Damasio, A. (2000). *Sentir lo que sucede: cuerpo y emoción en la fábrica de la consciencia*. Santiago de Chile: Editorial Andrés Bello.

Capítulos de libros:

Se referencia un capítulo de un libro cuando el libro es con editor, es decir, que el libro consta de capítulos escritos por diferentes autores.

1) Apellido, A. A., y Apellido, B. B. (Año). Título del capítulo o la entrada. En A. A. Apellido. (Ed.), *Título del libro* (pp. xx-xx). Ciudad, País: Editorial.

1) Molina, V. (2008). "... es que los estudiantes no leen ni escriben": El reto de la lectura en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. En H. Mondragón (Ed.), *Leer, com-prender, debatir, escribir. Escritura de artículos científicos por profesores universitarios* (pp. 53-62). Cali, Valle del Cauca: Sello Editorial Javeriano.

Artículos de revistas científicas, forma básica:

1) Apellido, A. A., Apellido, B. B., y Apellido, C. C. (año). Título del artículo. *Nombre de la revista, volumen* (número), pp-pp.

1) Cifra, M., Pokorn, J., Havelka, D., y Kucera, O. (2010). Electric field generated by axial longitudinal vibration modes of microtubule. *Bio Systems*, 100(2), 122-31.

Páginas web:

1) Apellido, A. A. (Fecha). *Título de la página*. Lugar de publicación: Casa publicadora. dirección de donde se extrajo el documento (URL).

1) Argosy Medical Animation. (2007-2009). *Visible body: Discover human anatomy*. New York, EU.: Argosy Publishing. Recuperado de <http://www.visiblebody.com>

Criterios para la evaluación de artículos

Las decisiones sobre publicación de los artículos recibidos estarán basadas en los siguientes criterios de evaluación:

- a) Relevancia científica
- b) Fundamentación científica
- c) Validez metodológica
- d) Manejo de referencias
- e) Evidencia de asociación directa con un proyecto de investigación, desarrollo o innovación
- f) Aplicabilidad

Forma de entrega

Los trabajos se envían por correo electrónico en Word, las gráficas y tablas en el procesador Excel, al Dr. Rodolfo Rosales Herrera, al correo electrónico: universodelatecnologica@utnay.edu.mx.

Universidad Tecnológica de Nayarit/

Coordinación Editorial

Tel. (311) 2119800 Ext, 1404

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE NAYARIT

▶ NUESTRAS CARRERAS

INGENIERÍAS

- ▶ Tecnologías de la Información y Comunicación
- ▶ Mantenimiento Industrial
- ▶ Procesos Alimentarios
- ▶ Civil
- ▶ Mecatrónica
- ▶ Gestión de Proyectos
- ▶ Logística Internacional
- ▶ Desarrollo e Innovación Empresarial

LICENCIATURAS

- ▶ Gestión y Desarrollo Turístico
- ▶ Gastronomía
- ▶ Seguridad Pública y Ciencias Forenses



www.utnay.edu.mx



facebook.com/**UTNAY**
twitter: **@UTNAY**



(311) **211 9800**

