

ISSN: 1870-056X

Revista CiBiyT

Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

Publicación de difusión científica e investigación multidisciplinaria

Implementación de un
robot sumo
de
tres kg

Año XVI, número 45, septiembre–diciembre de 2020

Costo de recuperación: \$ 55.00 M.N.

ndice

Quiénes somos	2
Implementación de un robot sumo categoría de tres kg	3
Fallecimiento por COVID-19. Prestaciones para los beneficiarios del trabajador.....	9
Gráficas de $V(x)$ y $M(X)$: Análisis estructural con GeoGebra.....	13
Arquitectura de diseño segura con herramientas de modelado de amenazas	17
Análisis de datos experimentales de la reacción de craqueo de etano a etileno.....	21
<i>Apps</i> para calcular probabilidades en distribuciones muestrales.....	27
Simuladores de entrenamiento para la operación de procesos de refinación de petróleo	30
Implementación de la lógica difusa como herramienta para la solución de problemas de clasificación	33
Cálculo de la compensación entrópica-entálpica en el proceso de micelización	37

Revista CiBlyT

Directorio editorial

Arnulfo Sánchez Cortés

Director y Editor

Ivonne Ilhuicatzí Cortés

Coordinador Editorial

Roberto Carlos Cruz Becerril

Coordinador de Arbitraje

Silvia Tomasa Rivera del Ángel

Asesora Editorial

José Botello Hernández

Coordinador de Diseño Gráfico y Edición

María Isabel Silva Aldrete

Corrección y Maqueta

María de los Ángeles Patiño Dorantes

Denise Ivonne González Salcedo

Traductoras

Revista CiBlyT está indizada en Latindex

Revista CiBlyT, septiembre-diciembre de 2020, año 16, número 45, es una publicación cuatrimestral de difusión científica e investigación multidisciplinaria, fundada en 2004. Editada por Arnulfo Feliciano Sánchez Cortés. Mariano Matamoros 702, Col. Centro, Apizaco, Tlax. C. P. 90300, Tel: 24 14 17 58 44, e-mail: ciblyt@hotmail.com y ciblyt@gmail.com.

Reserva de Derechos de uso exclusivo de título otorgado por el INDAUTOR: 04-2007-090509361300-102. ISSN: 1870-056X, con Licitud de Título y Licitud de Contenido en trámite. Impresa por *Digitimagen*, Esmeralda 501, San Luis Apizaquito, Apizaco, Tlax. C.P. 90401, Tel: 24 11 13 03 60. Este número se terminó de imprimir el 30 de diciembre de 2020 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

El **material de investigación publicado es original e inédito** en las áreas de Ingeniería, de Ciencias Sociales y de Ciencias Exactas. La **autorización** para la publicación de los artículos es **responsabilidad exclusiva de los autores**. Cada artículo es propiedad intelectual de su autor(es), así como la institución de procedencia del autor(es) es propietaria del resultado de esas investigaciones. Las opiniones expresadas por los autores no reflejan la posición del editor. Se podrá autorizar solo la reproducción parcial de los contenidos para fines académicos y sin fines de lucro con previa autorización del editor y con la mención de la fuente. Los requisitos de publicación aparecen en cada número publicado.



Fotomontaje realizado por la Revista CiBlyT
Fotografía tomada de <https://blog.universal-robots.com/es/revolucion-industrial-cobots>

Agradeceremos sus comentarios y sugerencias a:
ciblyt@hotmail.com
ciblyt@gmail.com

No olvides visitar nuestro blog:
<http://revistaciblyt.wordpress.com>

Bernardo Cante Michcol



Es originario de San Lorenzo Axocomanitla, Tlaxcala, donde realizó sus estudios básicos al haber egresado del CBTIS 3 de la especialidad de electrónica en 1994, ante la falta de una oferta educativa de nivel licenciatura en esta área, se vio en la necesidad de asistir al vecino estado de Puebla y obtener el grado de ingeniero electrónico del Instituto Tecnológico de Puebla en 1999, en ese mismo año realizó su residencia profesional en la planta Puebla de Volkswagen de México desarrollando un trabajo orientado al mantenimiento preventivo y correctivo en el área de motores. En el año 2002 obtuvo el grado de Maestría en Ciencias en la especialidad de electrónica del Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica desarrollando la tesis de Arquitectura hardware para etiquetado de Bordes conectados en una imagen binaria; con dirección y asesoría del Dr. Miguel Arias Estrada. En ese mismo año recibió la oportunidad de incorporarse a la Facultad de Ciencias Básicas Ingeniería y Tecnología participando en la evaluación y obtención del perfil deseable para profesores de tiempo completo en su convocatoria PROMEP 2003. Desde su ingreso a la facultad ha estado adscrito como académico de carrera en el programa educativo de Ingeniería en Sistemas Electrónicos; donde estuvo a cargo de la coordinación en los años del 2004 al 2012; entre sus principales logros destacan la acreditación del programa educativo en dos ocasiones en el año 2007 y en el año 2012, ha fomentado el Examen General de egreso de licenciatura en el área de electrónica (EGEL-IEo) del Ceneval, como opción de titulación alternativa del examen general de conocimientos y a manera de evaluar de forma externa la competitividad de los egresados. Ha impartido diferentes cursos de ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada relacionados con el programa educativo de sistemas electrónicos. Sus áreas de investigación son el diseño de sistemas digitales de propósito específico empleando lógica reconfigurable, microcontroladores y el procesamiento digital de señales.

Sus áreas de investigación son el diseño de sistemas digitales de propósito específico empleando lógica reconfigurable, microcontroladores y el procesamiento digital de señales lo que le a permitido un contacto directo con sus alumnos a quienes asesora en sus proyectos de robótica y con quienes ha participado en innumerables concursos y competencias del área.

El maestro cante en sus ratos de ocio gusta de la pintura del contacto con la naturaleza en donde pasa buen tiempo ejercitándose para mantener una buena salud y aclarar las ideas de sus proyectos, también es una persona apegada a su familia, gusta de la convivencia familiar,

Y sobre todo es un apasionado de la robótica

Implementación de un robot sumo categoría de tres kg

Implementation of a Three kg High-category Robot

¹Eloy Mejía Yautentzi, ²Yuric E. Pinillo Ahuatzi, ³Bernardo Cante Michcol,
⁴Alejandro Loaiza Galicia, ⁵Adriana Ruiz Pastor, ⁶Ever Juárez Guerra

Universidad Autónoma de Tlaxcala

¹eloy_buggy@hotmail.com, ²yuric_esau@hotmail.com, ³bcante_uatx@yahoo.com.mx,

⁴loaiza_galicia@hotmail.com, ⁵adruizp@gmail.com, ⁶ever_j@hotmail.com

Fecha de recepción: 11 de julio de 2020. Fecha de aceptación: 19 de octubre de 2020

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño, construcción y programación de los bloques que integran un robot sumo para competencias. Esto requiere de la investigación tanto del hardware como del software implícitos en cada uno de los elementos y componentes que lo integran. Es una manera interesante de aprender robótica y visualizar la aplicación de software específico para el diseño y desarrollo de sistemas electrónicos así como el empleo de software de programación de microcontroladores para el diseño de rutinas que pueden ser modificadas y adaptadas, para que el usuario escriba su propio código y mejore la competitividad del robot.

Palabras clave: robot, sumo, robótica, diseño, implementación.

Abstract

This work presents the design, construction and programming of the blocks that make up a sumo robot for competitions. This requires investigation of both the hardware and the software implicit in each of the elements and components that comprise it. It is an interesting way to learn robotics and visualize the application of specific software for the design and development of electronic systems as well as the use of microcontroller programming software for the design of routines that can be modified and adapted, so that the user can write their own code and improve the competitiveness of the robot.

Keywords: robot, sumo, robotics, design, implementation.

1. Introducción

El campo de la robótica ha crecido considerablemente con nuevos diseños simples y fáciles de usar. Ahora hay robots que pueden ser empleados por una gran variedad de personas desde aficionados hasta alumnos de distintos niveles escolares. Este tipo de robots sirve para introducir la robótica a los estudiantes e incrementar su atención e interés en los campos de la ingeniería y las ciencias. El estudio de la robótica no cubre solo un área de conocimiento puesto que un robot reúne sistemas de diferentes campos y aprender robótica es aprender muchas tecnologías diferentes. Un

robot puede considerarse en cuatro partes: estructura, mecánica, electrónica y lógica de control (programación). Un diseñador de robots necesita tener conocimientos prácticos de disciplinas clásicas como geometría, cálculo, estática, dinámica, termodinámica y biología. Además de estar familiarizado con disciplinas que van desde la tecnología de las baterías hasta el procesamiento de señales [4].

Los bloques de construcción para robots han estado disponibles desde hace varios años. Estos bloques incluyen tarjetas con microcontroladores, módulos de potencia, sensores, co-

municaciones, procesadores de video y una gran cantidad de subsistemas. Aun hay una amplia gama de sensores y actuadores simples que permiten al aficionado desarrollar robots pequeños pero sofisticados. Los robots móviles son máquinas en que la tarea fundamental es el desplazamiento en un entorno conocido o desconocido, por tanto, es necesario que posea tres funciones fundamentales, la locomoción (nivel físico), la percepción (nivel sensorial) y la decisión (nivel control). Entre las aplicaciones de los robots móviles se encuentran el transporte de carga en la industria, robots desactivadores de explosivos, exploración de terrenos no aptos para el hombre y un creciente número de tareas que se multiplican a medida que avanza la tecnología.

Un robot sumo es un robot móvil autónomo capaz de encontrar al robot oponente valiéndose de su percepción sensorial y es capaz de tomar decisiones para expulsarlo fuera del ring o dohyo [1], [7]. Actualmente existen competencias con diversas categorías de esta prueba (microsumo, minisumo, sumo y megasumo). La categoría es definida por dos aspectos importantes sobre la construcción del robot: peso y tamaño. El robot sumo diseñado es de menos de tres kg de peso y un tamaño menor que 20 x 20 cm, no hay restricciones de altura como se muestra en la Figura 1. Esquema simplificado de robot sumo.

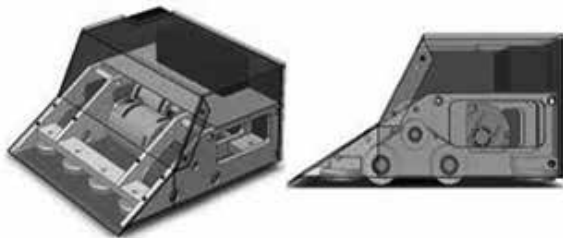


Figura 1. Esquema simplificado de robot sumo

2. Desarrollo del robot sumo

En las competencias de robot sumo se ha notado que usualmente no hay ningún tipo de diseño que sea superior a otro. La superioridad depende de la detección del oponente, la fuerza del robot, la velocidad y el diseño de la rampa. La mayoría de los robots usan dos ruedas, pero al emplear cuatro ruedas se obtiene una ventaja ya que se ejerce más fuerza y resistencia al momento de combatir. La fuerza ejercida por el robot hacia adelante es significativa cuando choca frontalmente, si un robot es capaz de ejercer más fuerza que el otro entonces ganará el combate. Los principales factores que determinan la fuerza ejercida son la potencia de los motores, la adherencia de las ruedas con el suelo, la geometría y la distribución del peso. La rampa es el punto de contacto con el adversario, el robot que consiga deslizar su rampa debajo del contrario consigue reducir la fuerza de empuje del oponente y la mayoría de las veces es el triunfador. En

caso de que ningún robot consiga deslizarse por debajo del otro, entonces el robot que tenga más fuerza podrá expulsar al otro y será el vencedor. Los sensores tienen una gran importancia en un robot sumo debido a que el robot que detecta primero al otro, usualmente es capaz de sacar al contrario del dohyo. La velocidad es un factor importante puesto que entre más rápido sea el robot, mayor será la posibilidad de salir victorioso, siempre y cuando se tenga un buen control y el robot pueda detectar los bordes del dohyo para no salirse del mismo [1], [3]. En la Figura 2. Diagrama de bloques del robot sumo se muestra el diagrama de bloques del robot diseñado.

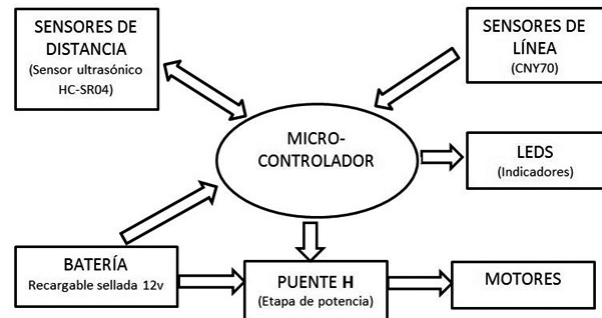


Figura 2. Diagrama de bloques del robot sumo

El diseño se inició considerando la selección del tipo de motor (Figura 3. Motorreductor 37D 50:1), se eligió el que cumpliera las necesidades del robot sumo en cuestión de velocidad y torque. Los motores de corriente continua son la mejor opción ya que la velocidad de giro es proporcional al voltaje aplicado. Los motorreductores seleccionados son los 37D con una relación de engranaje 50:1. Los motorreductores integran un motor de corriente continua con una caja reductora y a la vez que reducen la velocidad se aumenta el torque. Estos motores tienen un rango de voltaje de operación de 6 a 12Vdc, con velocidades que van de 101 a 200 rpm, corrientes máximas entre 2.5 a 5 amperes y torque máximo de 12 kg-cm.



Figura 3. Motorreductor 37D 50:1

El robot sumo necesita conocer su ubicación y donde se encuentra el robot oponente, para ello es necesario usar dos tipos de sensores (Figura 4. Sensores CNY70 y HC-

SRC04). Como el dohyo es de dos colores se utilizan sensores de línea (ópticos) que detectan el contraste entre el negro y el blanco y para la detección del rival se utilizan sensores de proximidad (ultrasónicos). Para detectar que el robot se halla dentro del dohyo se eligió el sensor infrarrojo CNY70 (otra opción viable es el QRD1114), gracias a su simplicidad, robustez y bajo precio. El CNY70 es un sensor reflectivo que incluye un emisor infrarrojo y un fototransistor en un encapsulado que bloquea la luz visible. Este sensor tiene unas dimensiones reducidas y debe estar a una distancia del suelo inferior a 5 mm. Cuando el fototransistor no recibe la luz se encuentra en corte y no permite el paso de la corriente; por el contrario cuando recibe la luz se satura y permite el paso de la corriente.

El HC-SR04 es un sensor de medición de distancia de bajo costo. El módulo está basado en la medición del tiempo que viaja por el aire un pulso ultrasónico, el cual es reflejado por un objeto. El módulo realiza los cálculos y genera un pulso de salida cuya amplitud depende de la distancia medida, este pulso es el que debe reconocer el microcontrolador. El módulo ofrece una excelente detección sin contacto con elevada precisión y lecturas estables en un formato factible de procesar.



Figura 4. Sensores CNY70 y HC-SRC04

La función de las llantas es transferir la fuerza mecánica del motor al suelo. Para determinar las llantas más apropiadas se deben considerar la función del robot, las condiciones del camino o superficie y la capacidad del motor. En este caso las llantas deben tener alta tracción y adherencia para que no derrapen, ya que es un factor importante a la hora de empujar al oponente.

El controlador del motor por modulación de ancho de pulso (PWM) y la etapa de potencia permiten que el robot se mueva en ambas direcciones. Este debe permitir controlar la velocidad y debe ser capaz de cambiar la polaridad y el nivel del voltaje que se entrega al motor. Esto se consigue mediante un puente H. Como se puede observar en la Figura 5, el puente H consiste básicamente de cuatro interruptores y un motor de CD conectados juntos como una letra H. Dependiendo de cuales interruptores se energicen, el motor de CD es accionado hacia adelante o hacia atrás.

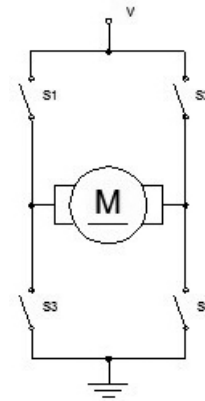


Figura 5a. Esquema del puente H

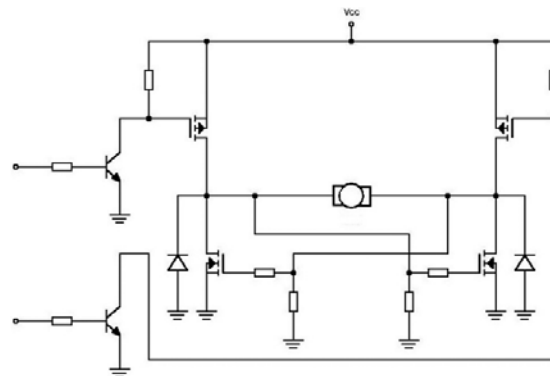


Figura 5b. Puente H basado en transistores MOSFET

En la práctica suelen construirse puentes H con circuitos integrados, como el L293D, L298N, estos circuitos están constituidos por *drivers* de alta corriente y rangos amplios de voltaje. Debido a las especificaciones y exigencias de los motores seleccionados se utilizó un puente H construido con transistores MOSFET. Para diseñar un puente H con transistores MOSFET, se necesita sustituir los interruptores con transistores. En el circuito usado se emplean dos MOSFET de canal p y dos de canal n. Los MOSFET pueden conducir altos niveles de corriente y tienen una baja disipación de potencia. Para controlar los MOSFET se usan dos transistores BJT que funcionan como una interfaz entre la etapa de control (PWM) y la etapa de potencia. Los diodos sirven para proteger los circuitos del voltaje generado por el motor de CD cuando es activado y desactivado. La velocidad es proporcional al voltaje aplicado al motor, a mayor voltaje mayor será la velocidad. Al modificar la dirección de la corriente en el puente H y junto con el PWM se consigue el control de los motores y con ello el control del robot sumo.

El microcontrolador usado es el PIC de gama alta 18F4550 de Microchip. Este microcontrolador tiene un módulo USB 2.0, 35 terminales (pines) de entrada/salida

distribuidas en cinco puertos, dispone de una memoria de programa de 32K instrucciones, 2k de RAM y un conjunto muy útil de periféricos; destacando un ADC de 10 bits con trece canales y dos módulos de captura/comparación/PWM. Este elemento realiza el control del robot; a través de él se controlan los sensores, actuadores e indicadores del mismo. El programa para el robot sumo autónomo se escribió en lenguaje C, en el software PIC C compiler CCS. CCS desarrolló el primer compilador C para microcontroladores Microchip y continúa generando soluciones para el desarrollo de aplicaciones que usan estos dispositivos. El compilador genera archivos de depuración: COD, MAP y COF compatibles con Microchip. Los archivos COF incluyen el código máquina y la información para la depuración correspondiente. Para la simulación y depuración del código se utilizó el software PROTEUS VSM (software de automatización de diseño electrónico, desarrollado por Labcenter Electronics Ltd. que consta de los programas: Ares, Isis y Vsm).

Aunque los robots pueden ser contruidos con motores energizados con gasolina y actuadores neumáticos, en algún nivel casi todos los robots contienen componentes electrónicos. La fuente de energía eléctrica consiste de una fuente de energía, un circuito para regular, estabilizar, filtrar y un interruptor para su puesta en funcionamiento. La batería empleada es del tipo recargable sellada de ácido-plomo, de 12 Volts, 4 Ah.

3. Resultados

En el diseño de la placa de circuito impreso (PCB) se integró el microcontrolador y el puente H, si se utilizan tarjetas por separado la placa será más grande y repercutirá en el tamaño final del diseño. Por simplicidad muchos robots utilizan tarjetas comerciales, pero si se requiere un robot más compacto lo mejor es diseñar la PCB a la medida. Esto permitirá reducir cables de conexión. En el diseño de la PCB se ubicaron los conectores para los sensores, motores, etc., lo más cerca del elemento por conectar. Es recomendable realizar la PCB a doble cara, con el objetivo de que sea lo más pequeña posible y que se adapte al espacio disponible, de ser posible se sugiere utilizar componentes de montaje superficial (SMD). En la Figura 6. Diagrama esquemático en Isis, Proteus, se muestra el diagrama esquemático realizado y simulado en Isis y Vsm de Proteus.

En la tabla 1 se muestra un resumen de las conexiones (sensores, actuadores, indicadores, botones etc.) realizadas en el diseño del robot sumo; se usaron veintinueve pines del PIC 18F4550.

La PCB de doble cara del robot sumo fue diseñada en Ares de Proteus. La Figura 7 muestra el diseño de la PCB del

robot construido. La PCB es de doble cara con diseño de tecnología de agujeros pasantes (Through-Hole Technology).

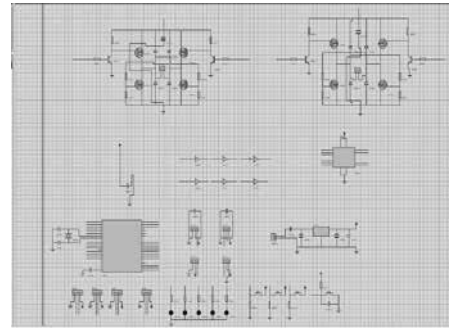


Figura 6. Diagrama esquemático en Isis, Proteus

Conexiones del microcontrolador			
Pin 18F4550	Conexión	Pin 18F4550	Conexión
Pin 1...(RE3)	Reset	Pin 21...(RD2)	MOTOR2A
Pin 2...(RA0)	Echo A	Pin 22...(RD3)	Led
Pin 3...(RA1)	Trigger A	Pin 23...(D-)	Libre
Pin 4...(RA2)	Echo B	Pin 24...(D+)	Libre
Pin 5...(RA3)	Trigger B	Pin 25...(RC6)	Libre
Pin 6...(RA4)	Echo C	Pin 26...(RC7)	Libre
Pin 7...(RA5)	Trigger C	Pin 27...(RD4)	Led 4
Pin 8...(RE0)	Libre	Pin 28...(RD5)	Led 3
Pin 9...(RE1)	Echo D	Pin 29...(RD6)	Led 2
Pin 10...(RE2)	Trigger D	Pin 30...(RD7)	Led 1
Pin 11...(VDD)	VDD	Pin 31...(GND)	GND
Pin 12...(GND)	GND	Pin 32...(VDD)	VDD
Pin 13...(RA7)	Cristal de	Pin 33...(RB0)	Botón A
Pin 14...(RA6)	Cristal de	Pin 34...(RB1)	Botón B
Pin 15...(RC0)	MOTOR2B	Pin 35...(RB2)	Botón C
Pin 16...(RC1)	PWM2	Pin 36...(RB3)	Libre
Pin 17...(RC2)	PWM1	Pin 37...(RB4)	QRD1...(QRD 1I2Q)
Pin 18...(VUSB)	Capacitor C3	Pin 38...(RB5)	QRD2...(QRD 2I2Q)
Pin 19...(RD0)	MOTOR1B	Pin 39...(RB6)	QRD3...(QRD 2DER)
Pin 20...(RD1)	MOTOR1A	Pin 40...(RB7)	QRD4...(QRD 1DER)

Tabla 1. Conexiones del microcontrolador.

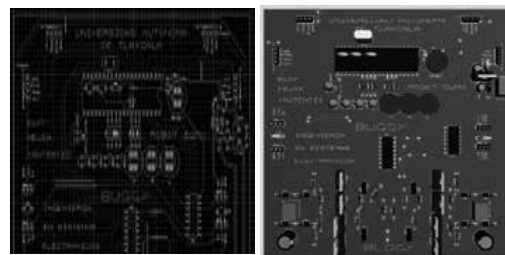


Figura 7. a y b. Diseño de las PCB en Ares de Proteus

En la Figura 8. Vista superior de la PCB diseñada, se muestra la imagen de la tarjeta electrónica ensamblada que integra la parte de control; microcontrolador PIC 18F4550, y la etapa de potencia; transistores MOSFET con sus respectivos disipadores de calor. También se muestran algunos componentes del diseño, conectores y su disposición dentro del chasis del robot sumo construido. En el diseño se usaron cuatro sensores ultrasónicos con la siguiente disposición: izquierda, derecha y dos al centro del robot y cuatro sensores de detección de línea colocados en la parte inferior.

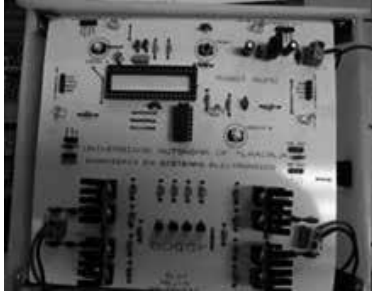


Figura 8. Vista superior de la PCB diseñada

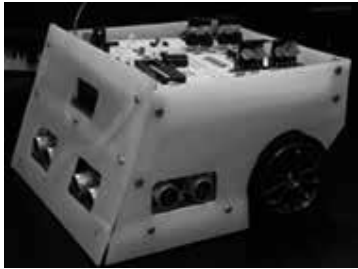


Figura 9a. Vista lateral del robot construido



Figura 9b. Vista frontal del robot construido

4. Discusión

Con el robot diseñado se participó en tres competencias de robótica enfrentando a otros robots sumo de otras instituciones con diferentes modelos y características. El robot diseñado ha resaltado en su diseño y programación, la cual es la encargada de dotar de inteligencia al robot para que pueda tomar decisiones por sí mismo, y sobresale al realizar la búsqueda del oponente de una forma más eficiente. La estrategia elegida consistió en evitar un enfrentamiento frente a frente y otro de los aspectos para tomar en cuenta en el diseño de una estrategia efectiva es el diseño y utilidad de la rampa del robot. En la construcción del robot se usó acrílico y aluminio.

Se realizaron tres versiones del robot; por un lado se empleó un material más pesado y tarjetas de control y potencia separadas y una menor cantidad de sensores. Por otro lado se utilizó una tarjeta comercial y se tuvo que realizar otra tarjeta adicional (tipo Shield). La tercera versión es la presentada con los mejores resultados en cuestión de diseño, programación y estética.

La debilidad del robot diseñado es la fuerza de que dispone, otra debilidad es la fuente de energía y la distribución de peso, esto es debido a que la batería utilizada es grande, pesada y de reducida capacidad de carga.

5. Conclusiones y trabajos futuros

Construir un robot es una forma divertida y gratificante de aprender y disfrutar de la electrónica, mecánica y desarrollo de software. Las habilidades de programación adquiridas a través de la robótica se pueden aplicar a muchas otras áreas. Además permite la vinculación del conocimiento adquirido en las diversas experiencias de aprendizaje del programa educativo.

El microcontrolador usado es viable para construir robots y junto con los entornos de desarrollo de software disponibles se convierten en una poderosa herramienta para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Como parte del trabajo futuro se realizarán modificaciones en el bloque dedicado a la fuerza del robot, específicamente en la cantidad de motores. También se cambiará la batería para dotar al robot de mayor energía y una mejor distribución de peso.

6. Referencias

- [1] G. Barbadillo-Villanueva, A. Pina-Calafí, *Proyecto Arduino: Sumo Robótico*, Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, Titulación: Ingeniero Industrial, Pamplona, 10 de septiembre de 2012.
- [2] W. Bolton, *Mecatrónica - Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*, 5ª ed. Alfaomega, 2006.
- [3] D. Cook, *Robot Building for Beginners*, tia Technology in Action™, 2nd. ed. Springer-Verlag New York, 2009.
- [4] J. Holland, *Designing Autonomous Mobile Robots*, Newnes (Elsevier) USA, 2004.
- [5] D. Ibrahim, *Advanced Pic Microcontroller Projects in C*, Oxford: *from USB to RTOS with the PIC18F series*, Elsevier Ltd. USA, 2008.
- [6] J. D. Warren, J. Adams, H. Molle, *Arduino Robotics*, tia Technology in Action™, Apress New York, 2011.
- [7] RidgeSoft™, RoboJDE™ and IntelliBrain™ are trade-marks of RidgeSoft, LLC, Building a Mini-Sumo Robot, 2003-2004.
- [8] RidgeSoft™, RoboJDE™ and IntelliBrain™ are trade-marks of RidgeSoft, LLC, Exploring Robotics with the IntelliBrain-Bot An Introduction to Robotics and Java™ Programming, 2005-2009.

Publicación financiada con recursos Profexce 2020.

Requisitos de publicación para la *Revista CiBIyT*

1.– Sobre los artículos y el material para publicar:

- § El enfoque de los contenidos debe referirse al área de las ciencias básicas y la tecnología así como ciencias sociales y administrativas, educación continua y formación de profesionales, educación basada en competencias, enseñanza virtual, TIC y nuevas tecnologías educativas, docencia y comunicación.
- § Los contenidos promoverán el conocimiento, la difusión, el análisis y la investigación de las ciencias básicas, la tecnología, las ciencias sociales y administrativas, la pedagogía y comunicación.
- § Se empleará un lenguaje claro y sencillo sin que se afecte la calidad científica del artículo ni se atente contra el español.
- § Se recibirán todos los artículos sin compromiso de ser publicados, ya que esto dependerá de la respuesta del Comité Técnico y/o el dictamen de pares.
- § Los artículos serán originales e inéditos y deberán estar siendo considerados para su publicación en otra revista, impresa o electrónica, y se ajustarán a las normas éticas internacionales de propiedad intelectual y autoría.
- § La publicación y su contenido será responsabilidad de cada autor, por lo que tanto la Revista CiBIyT como el editor no son responsables en caso de reclamo de derechos de autor. El responsable del artículo deberá entregar al editor una carta de compromiso ético donde declara que es el propietario intelectual del artículo y que es una obra original, resultado de su trabajo de investigación y reflexión documentada.
- § Con el hecho de enviar los artículos a nuestra dirección física o electrónica, los autores conceden los «derechos de autor» a Revista CiBIyT. Por lo tanto, los trabajos enviados para publicación no deberán tener «derechos de autor» otorgados a terceros, a la fecha de envío del artículo. En ningún caso, la propiedad intelectual, que es propia de los autores, se verá afectada por esos derechos.

2.– Envío-recepción:

Los documentos se entregarán al *M. C. Arnulfo Sánchez Cortés* en la Coordinación Académica de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología (turno vespertino) o por correo electrónico a cibiyt@hotmail.com o cibiyt@gmail.com.

3.– Lineamientos del documento:

- § El **texto** deberá presentarse en procesador de textos **Word**, **sin formato especial** y en **una sola columna**. Las **tablas**, en hoja de cálculo **Excel**. Las **fórmulas matemáticas en JPEG**. Una carta compromiso en la que se incluye el compromiso ético y una tabla de revisión debidamente apliada al artículo. Estos dos documentos serán enviados previamente por el editor.
- § Se empleará la **fuentes Times New Roman** tamaño 11 puntos, interlineado de 1.5. En los caracteres griegos, se debe usar la misma fuente **Times New Roman**.
- § Las **referencias**, las **notas** y las **citas textuales** se anotarán de acuerdo con los lineamientos de la **APA**.

4.– Se requiere para la entrega de cada artículo:

- § **Impresión** completa del artículo por publicar, que indique el orden del artículo, tablas, figuras, etc.
- § Nombre completo, correo electrónico y lugar de trabajo del autor o autores.

§ Título del artículo (no más de 200 caracteres) en **español e inglés**.

§ Incluir introducción, antecedentes, metodología, resultado o discusión, conclusiones, agradecimientos (en su caso) y referencias bibliográficas.

§ **Resumen** del artículo con **palabras clave** (no más de 150 palabras) en **español e inglés**.

§ Se deberá solicitar la publicación del artículo. En caso de ser aceptado, se entregará un convenio de **no conflicto de intereses**.

§ Los **dibujos, fórmulas e imágenes** se entregarán **por separado en formato JPEG o TIF en escala de grises (CMYK) con resolución superior a 150 píxeles/pulg.**, y en un tamaño mínimo de **1024 x 768 o 768 x 1024 píxeles**. Se debe cuidar que los dibujos o imágenes no hayan sido publicados y deben respetarse los derechos de autor.

§ Referencias al final del artículo: Mercado, H. S. (1996); *¿Cómo hacer una tesis?* (2ª ed). México: LIMUSA. pp 23, 24–30

§ Referencias dentro del texto: (Mercado, H.S. 1996).

§ El número de artículos que se podrán enviar es ilimitado con la salvedad de que solo se publicará uno por autor en cada edición.

5.– Notificación de recepción de documentación:

§ Una vez que se haya recibido su documentación completa y el artículo, el autor será notificado por correo electrónico u oficio, mediante acuse de recibo y también se le informará si su proyecto fue aceptado por el Comité Técnico para participar en la edición correspondiente.

§ De la misma forma, una vez editado se enviará una separata electrónica en formato PDF, correspondiente a una copia fiel del artículo, incluyendo descriptores de volumen, número, año, y páginas, a fin de que el autor revise la prueba de galeras y dé su visto bueno.

6.– Facultades del Comité Técnico:

Cada artículo será analizado por el Editor y por los miembros del Comité Técnico quienes realizarán un arbitraje ciego y considerarán su aceptación o rechazo y sugerirán cambios, en caso de ser necesario. El Comité se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos por publicar; asimismo se definirá la fecha de publicación.

Nota: Las funciones del Comité Técnico y del Editor conllevan exclusivamente fines académicos.

7.– Descalificación:

Todos los trabajos recibidos serán revisados por el Comité Técnico y serán descalificados aquellos que no sean inéditos ni originales.

8.– Permisos:

Será responsabilidad de los autores obtener los permisos de otros autores para citar o emplear materiales publicados sin importar el carácter del material empleado: tesis, reportes, artículos, memorias, etc.

9.– Aclaraciones o dudas:

Favor de dirigirlas al Editor a cibiyt@hotmail.com o cibiyt@gmail.com

10.– Fechas de recepción de documentación:

1 al 31 de octubre para el periodo de enero-abril.

1 al 28 de febrero para el periodo de mayo-agosto.

1 al 30 de junio para el periodo de septiembre-diciembre.

Fallecimiento por COVID-19. Prestaciones para los beneficiarios del trabajador

Death due to COVID-19. The Benefits for the Worker's Beneficiaries

Rogelio A. Sánchez Cortés¹, Nelly Flores Luján², Gloria Ramírez Elías³,
Luis Corona Velázquez⁴, José Luis Moreno Rivera⁵

¹rogelios_@prodigy.net.mx, ²angelne87@hotmail.com, ³glory1708@hotmail.com,
⁴lcoronav@gmail.com, ⁵moreno_rivera@hotmail.com,

Universidad Autónoma de Tlaxcala

Facultad de Ciencias Económico – Administrativas

Fecha de recepción: 10 de julio de 2020. Fecha de aceptación: 11 de octubre de 2020

Resumen

En los tiempos actuales que se está viviendo y como resultado de la pandemia, es evidente que ha habido un número determinado de fallecimientos, esto ha sido el resultado de la falta de control, la falta de prevención y los descuidos de la misma población, esto se ha reflejado indudablemente en las empresas e industrias donde por razones obvias no se han suspendido labores o por lo contrario se ha llevado el contagio a estas, por el uso de transporte público indudablemente a raíz de la obligación que se tiene para trasladarse a las fuentes de trabajo y así procurar un ingreso para cubrir sus necesidades, debido a ello se han presentado fallecimientos de trabajadores y en función a dicha tragedia, es necesario, tomar en consideración las prestaciones a las cuales tiene derecho un trabajador que fallece por SARS-CoV-2 (COVID-19), evidentemente estas prestaciones serán derivadas a sus beneficiarios refiriéndose exclusivamente a los trabajadores donde el patrón haya cumplido con la obligación de afiliarlo al Instituto Mexicano de Seguro Social.

Palabras clave: Fallecimiento, COVID-19, afiliación y prestaciones.

Abstract

In the current times that we are living and as a result of the pandemic, it is evident that there have been a certain number of deaths, this has been the result of the lack of control, the lack of prevention and the neglect of the population itself, this It has undoubtedly been reflected in companies and industries where, for obvious reasons, work has not been suspended or, on the contrary, contagion has been carried over to them, due to the use of public transport, undoubtedly as a result of the obligation to go to the sources work and thus seek an income to cover their needs, due to this there have been deaths of workers and based on this tragedy, it is necessary to take into consideration the benefits to which a worker who dies from SARS-CoV-2 (COVID-19), obviously these benefits will be derived to their beneficiaries referring exclusively to workers where the employer has complied with the obligation affiliation with the Mexican Institute of Social Security.

Keywords: Death, COVID-19, membership and benefits.

Introducción

Se parte con la primicia de lo establecido por la Ley de Seguro Social de conformidad con el artículo 53, que establece que el patrón que haya asegurado a sus trabajadores

contra riesgos de trabajo, quedará relevado en los términos que señala la ley del cumplimiento de las obligaciones sobre responsabilidad por esta clase de riesgos establece la

Ley Federal del Trabajo de igual forma en el artículo 77, el mismo instrumento establece que el patrón está obligado a asegurar a sus trabajadores contra riesgos de trabajo, si no lo hiciere, deberá enterar al Instituto en caso de que ocurra el siniestro así como de los capitales constitutivos de las prestaciones en dinero y en especie de conformidad por lo dispuesto en la presente Ley sin perjuicio de que el Instituto otorgue desde luego las prestaciones a que haya lugar.

Desarrollo

Bajo estos fundamentos previstos por la Ley se hace la aclaración de que la muerte ocasionada por el virus COVID-19, al día de hoy no ha sido reconocida aún como riesgo profesional, bajo este concepto se hablará de las prestaciones las cuales se otorgarán como un riesgo no profesional cabe destacar aquí que la Ley del Seguro Social, así como la Ley Federal del Trabajo establecen que los riesgos de trabajo son los accidentes o enfermedades que se generan en la fuente de trabajo, sin embargo, para ser considerada como una enfermedad profesional se requiere que esta se encuentre en la tabla de enfermedades del trabajo predispuesta en el artículo 513, de la Ley Federal del Trabajo en estas condiciones se tendrá que citar que por estas circunstancias la muerte por COVID -19 no se considera como enfermedad profesional y se encuadra dentro del rubro de la enfermedad en general, determinada por sus normas y reglas de carácter legal.

Se enunciarán las prestaciones que debe cubrir el Instituto Mexicano del Seguro Social a los beneficiarios del trabajador (a) fallecidos por COVID-19, estas en primera instancia se hará mención de los gastos funerarios predispuerto en el artículo 104, del mismo instrumento del Seguro Social el cual establece que cuando un pensionado o un asegurado que tenga reconocidas por lo menos 12 cotizaciones semanales en los 9 meses anteriores al fallecimiento el Instituto pagará a la persona preferentemente familiar del asegurado o del pensionado que presente copia del acta de defunción y la cuantía original de los gastos del funeral formato, una ayuda por ese concepto consistente en dos meses de salario mínimo general que rija en la Ciudad de México en la fecha del fallecimiento.

Las siguientes prestaciones que se mencionan es la **pensión por viudez**, establecida en el artículo 127 LSS. Cuando ocurra la muerte del asegurado o pensionado el Instituto otorgará a sus beneficiarios conforme a lo dispuesto en el presente capítulo la pensión por viudez esta prestación tiene los siguientes: requisitos, acreditar el parentesco por afinidad (matrimonio) con el acta respectiva emitida por el

Registro Civil en el caso del concubinato se requieren para darle legalidad a este cuatro testimonios notariales y una vez cubiertos se dan las prestaciones correspondientes que serán en dinero y especie.

Siguiente prestación en caso de que haya **pensión por orfandad**, sus requisitos son acreditar el parentesco de consanguinidad con el acta de nacimiento emitida por el Registro Civil y este se otorga para hijos habidos dentro y fuera del matrimonio, se otorgará la pensión a los hijos que demuestren estudios hasta los 21 años en caso contrario la pensión se otorgará hasta los 16 años, si no se demuestra lo contrario.

Pensión por ascendientes, en este caso se debe de acreditar de igual forma el parentesco por consanguinidad con relación a los padres esto es por medio del acta de nacimiento y bajo este requisito también debe de tomarse en cuenta que estos sean codependientes económicos del trabajador(a) fallecido(a).

De acuerdo con lo antes dispuesto se debe de hacer notar que todos los trámites que se lleven a cabo ante el Instituto Mexicano del Seguro Social deberán ser a instancia de parte, es decir, por conducto de los familiares directos del fallecido, el mismo Instituto establece una serie de formatos y documentaciones que deben ser llenados en tiempo y forma para dicho trámite esto deberá hacerse en la oficina de afiliación y vigencia o en su caso en la oficialía de partes de la misma Institución de igual forma una vez otorgadas las prestaciones en dinero pueden solicitar de acuerdo con el artículo 127, el rubro denominado **ayuda asistencial** esto es un incremento que se otorga a las pensiones de igual forma existe el rubro de **asignaciones familiares** que tiene la misma naturaleza, sin olvidar que todas las pensiones tienen derecho a las prestaciones en especie que son la asistencia médica, quirúrgica, farmacéutica, hospitalización, curación, aparatos de prótesis y ortopedia, rehabilitación, etc.

En lo que se refiere a las prestaciones a que tiene derecho un trabajador que fallece por COVID-19 y basándose por lo dispuesto en la Ley Federal del Trabajo determinando aquí como patrón a la persona física o moral, se determina los siguientes rubros:

Prima de antigüedad

Esta se establece en el artículo 162 de la ley federal del trabajo el cual establece lo siguiente los trabajadores de planta tienen derecho a una prima de antigüedad de conformidad con las normas siguientes, la prima de antigüedad consiste en 12 días de salario por cada año de servicio tomando las

siguientes consideraciones artículo 485, la cantidad que se tome como base para pago en las indemnizaciones no podrá ser inferior al salario mínimo de igual forma se toma en consideración lo predispuesto en el artículo 486 que el salario para tomar en cuenta en la indemnización de las prestaciones podrá considerarse como salario promedio así como el salario máximo o en su caso el salario de la zona geográfica de referencia esto considerado en función del beneficio económico del mismo trabajador .

Vacaciones

De acuerdo con el artículo 76 de la Ley Federal del Trabajo establece que los trabajadores que tengan más de un año de servicio disfrutarán de un periodo anual de vacaciones pagadas que en ningún caso podrá ser inferior a seis días laborables y que aumentará en dos los días laborables hasta llegar a doce por cada año subsecuente de servicio. Después del cuarto año el periodo de vacaciones se aumentará en dos días por cada cinco de servicio esta prestación será remunerable en función de los años de servicio o también en algunos otros casos se puede pagar proporcionalmente, pero sin lugar a dudas el patrón buscará sobre todo los medios posibles el mayor beneficio económico para el trabajador.

Prima vacacional

Lo establece el artículo 80 del mismo instrumento la cual define, los trabajadores tendrán derecho a una prima no menor del 25% sobre los salarios que le correspondan durante el periodo de vacaciones se hace la observación que se tendrán las mismas características para efecto de la remuneración con relación a esta prima de igual forma se establece que deberá pagarse en dinero en efectivo en otros contextos.

Aguinaldo

Artículo 87 establece que los trabajadores tendrán derecho a un aguinaldo anual que deberá pagarse antes del día 20 de diciembre equivalente como mínimo a quince días de salario o en su caso en lo predispuesto por el contrato colectivo al que este sujeto el trabajador de igual forma este podrá ser remunerado proporcionalmente.

Salarios devengados (no cobrados)

También se incluyen dentro de las prestaciones de referencia puesto que de acuerdo con la fecha del fallecimiento el trabajador por obvias razones tuvo que haber laborado y estos días no fueron cubiertos con el pago en tiempo y forma.

Parte proporcional de reparto de utilidades

Según lo dispuesto en el artículo 117 donde establece que los trabajadores participarán de las utilidades de la empresa de conformidad con los porcentajes establecidos.

Fondo de ahorro

En caso de que exista en el contrato colectivo tendrá derecho a la parte proporcional hasta la fecha del fallecimiento de lo recaudado por el fondo de ahorro.

En caso de que exista contrato colectivo de trabajo las prestaciones podrían aumentar de conformidad en lo pactado por el mismo, sin olvidar que el sindicato estará al pendiente del pago de todas y cada una de las prestaciones a que tendrá derecho el trabajador fallecido y velar por los intereses de los beneficiarios de igual forma no se debe olvidar que en el instrumento legal se establece la prescripción, entendiéndose que posterior al fallecimiento se tiene un año para solicitar el pago de las prestaciones o en su caso la promoción que se haga ante la Junta de Conciliación y Arbitraje tomando en consideración, en caso de que se realice el procedimiento para Procesal de la Declaración de beneficiarios y el procedimiento sea dilatorio no interrumpa el plazo, obviamente los términos procesales estarán dados en tiempo y forma, por tanto en estos periodos se tendrá que generar el pago de dichas prestaciones.

Se hace la observación de que para llevar a cabo una verificación si el patrón o el sindicato, en caso de estar afiliado tiene algún contrato de seguro de vida o fondo mutualista. En la comisión nacional para la defensa de los usuarios de los servicios financieros se puede consultar si son beneficiarios de algún seguro de vida, esta información la podemos sacar de la siguiente liga donde se podría descargar el formato de solicitud de información, https://phpapps.condusef.gob.mx/condusefenlinea/formatosTramite/f_siabvida.pdf .

También se podrá solicitar la devolución de los fondos depositados en la subcuenta que integran la cuenta de ahorro para el retiro (Afore) del mismo modo se podrá solicitar la devolución de los fondos acumulados por concepto de vivienda (Infonavit).

Para estar en actitud de reclamar el pago de las prestaciones que se ha citado con anterioridad y que le correspondan a los beneficiarios del trabajador fallecido por COVID -19 es necesario que la junta de Conciliación y Arbitraje realice previamente la declaración legal correspondiente en términos del artículo 501 donde establece que tendrán derecho a recibir indemnización en los casos de muerte del trabajador la viuda, lo ascendientes, los hi-

jos y a falta de estos lo parientes consanguíneos en primero y segundo grado según corresponda.

Conclusión

Por último se puede establecer que debido a la pandemia que se está viviendo y por las mismas circunstancias del aislamiento se queda en un estado de falta de comunicación legal y en la incertidumbre e incompreensión de los mismos procedimientos a seguir, si a esto se le suma que la mayoría de dependencias y oficinas laboran a distancia o su jornada se ha reducido a un 10% se genera el desconocimiento total para reclamar los beneficios a que tiene derecho un trabajador fallecido por COVID -19 sin duda alguna esta es una información de conocimiento general que todo ciudadano debería considerar, sin embargo cuando ya se vive en carne propia la pérdida de un ser querido las situación se torna muy complicada por ello, se ha dado a la tarea de resumir las prestaciones a las cuales se tienen derecho y de igual forma esperando que este articulo sea de utilidad para cada

uno de los lectores y si en algún momento se requiere de asesoría en este rango nos ponemos a sus órdenes en los correos que se citan en el encabezado.

Referencias

- Comisión Nacional para la defensa de los usuarios de los servicios Financieros.
- Ley Federal del Trabajo.
- Ley de Seguro Social.
- Sistema de Ahorro para el Retiro.
- Administradoras de Fondos para el Retiro.
- Cuenta Individual del Sistema del Ahorro para el Retiro.
- Comisión Nacional de los Salarios Mínimos.
- Reglamento federal de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Reglamento del Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores.

Gráficas de $V(x)$ y $M(X)$: Análisis estructural con GeoGebra

Graphs of $V(x)$ and $M(X)$ Structural Analysis with GeoGebra

Miguel Ángel Daza Merino¹, José Luis Hernández González², Néstor Manuel Rezza Díaz³
Raúl Porroga Sánchez⁴, Teresa Rodríguez Hernández⁵

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Apizaco

¹miguel.dm@apizaco.tecnm.mx, ²luis.hg@apizaco.tecnm.mx, ³nestor.rd@apizaco.tecnm.mx,

⁴raul.ps@apizaco.tecnm.mx, ⁵teresa.rh@apizaco.tecnm.mx

Fecha de recibido: 19 de julio de 2020. Fecha de aceptación: 22 de octubre de 2020

Resumen

El análisis y construcción de diagramas de elementos mecánicos, aunque relativamente fácil, tiene su grado de complejidad cuando se aprende mecánica de materiales y su uso en las asignaturas de análisis estructural. A continuación, se muestra el cálculo, construcción y las gráficas de tales elementos mediante el uso de GeoGebra, que permite calcular de manera gráfica valores de interés a través de las ecuaciones de los cortantes y momentos, a lo largo de una viga. Asimismo, se muestra el cálculo con el método clásico de distribución de momentos y se verifican los resultados con un software comercial que ejemplifica paso a paso los cálculos necesarios.

Palabras clave: Cortante, momento, distribución, GeoGebra

Abstract

The analysis and construction of diagrams of mechanical elements, although relatively easy, is complex when learning mechanics of materials and their use in the subjects of structural analysis, then the calculation, construction and graphs of such elements are shown by using GeoGebra, which allows you to graphically calculate values of interest through the equations of shear and moments along a beam. The calculation is shown with the classic method of moment distribution and the results are verified with commercial software that exemplifies the necessary calculations step by step.

Keywords: Shear, moment, distribution, GeoGebra.

Introducción

Un problema del aprendizaje del comportamiento de elementos mecánicos en los cursos de *Resistencia de materiales* y *Análisis estructural*, es la construcción de diagramas: cortantes y momentos. Aunque pareciera que el procedimiento de cálculo es relativamente fácil, una gran cantidad de alumnos tiene dificultad para calcular e interpretar resultados, debido a la carencia de conceptos matemáticos y desconocimiento de temas selectos del *Cálculo diferencial e integral*, así como de *Estática*. Actualmente,

existen diferentes herramientas: plantillas de Excel y software educativo y comercial que permite calcular y dibujar diagramas de elementos mecánicos, los alumnos tienen problemas para extender sus conocimientos en el diseño de elementos de concreto y acero ya que, difícilmente, comprenden el fundamento aplicado para el desarrollo de cálculos proporcionados por el software, aun cuando el software realiza una infinidad de simplificaciones y consideraciones en el análisis.

Antecedentes

Hoy en día, existe una gran variedad de software para realizar el análisis de elementos estructurales. La enseñanza-aprendizaje se basa en el análisis teórico, el análisis matemático, el análisis experimental y la construcción de bosquejos de sus elementos mecánicos. Desafortunadamente, la falta de conocimientos desde la óptica del análisis y la comprensión del comportamiento físico, geométrico y matemático, dificulta la construcción exacta de tales diagramas. Aunque se ha puesto de moda realizar el análisis estructural por medio de software basado en métodos matriciales o en su defecto con elementos finitos, a lo largo de la experiencia docente, se ha puesto de manifiesto la falta de conocimientos respecto al análisis y diseño de estructuras a través del uso de software por la falta de interpretación adecuada tanto de las hipótesis y consideraciones de cálculo, así como el desconocimiento del comportamiento. Acosta (2018), ha realizado el estudio del uso de las matemáticas en la ingeniería civil: el caso de las gráficas lineales y cuadráticas, donde se presenta una serie de ejercicios desde la óptica de la gráfica de funciones donde se analizan diferentes tipos de funciones, discontinuidades y límites. Además, se muestra un capítulo del análisis de estructuras isostáticas. Marcelo Pardo (2020), realiza en su canal de YouTube, diferentes diagramas de cortante y momentos de una viga hiperestática, previamente resuelta y muestra tres esquemas para determinar valores en puntos específicos, así como la construcción gráfica; una de las vigas se analiza por medio de la ecuación diferencial y la sustitución de condiciones de frontera para determinar constantes de integración.

Implementación

Además de que se ha establecido la importancia de conocer los fundamentos de los métodos de análisis para vigas y marcos hiperestáticos, se requiere fortalecer el trabajo manual del análisis de elementos mecánicos y sus diagramas, para ello, se ha reformulado el cálculo con métodos clásicos de Cross y Kani con ayuda de hojas de cálculo de Excel y la comprobación de resultados con métodos matriciales. En esta propuesta, se ha implementado durante los cursos de la asignatura de *Análisis estructural avanzado* para los semestres enero-junio/2019 y agosto-diciembre/2019 con aproximadamente treinta alumnos por curso. Asimismo, se ha diseñado una serie de actividades que permiten al alumno realizar cálculos sistemáticos de los métodos de Cross y Kani y, opcionalmente, se han establecido esquemas de

simulación del comportamiento estructural a través de la variación de parámetros (elementos geométricos) y cargas para realizar la construcción de gráficas que permiten analizar el comportamiento de dichos elementos.

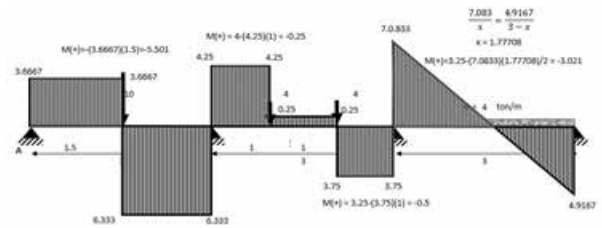


Figura 1. Construcción del diagrama clásico de cortante de una viga

En la figura 1, se muestra la construcción clásica del diagrama de cortantes, y en la figura 2, se muestra la construcción del diagrama de momentos.

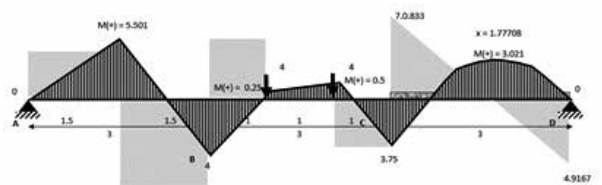


Figura 2. Construcción del diagrama de momentos finales

En la figura 3, se muestra el análisis de cortantes y momentos de la misma viga analizada en clase, pero con ayuda del software comercial SkyCiv. Es importante mencionar que es posible realizar el análisis y se muestra sistemáticamente el proceso de cálculo analítico del método.

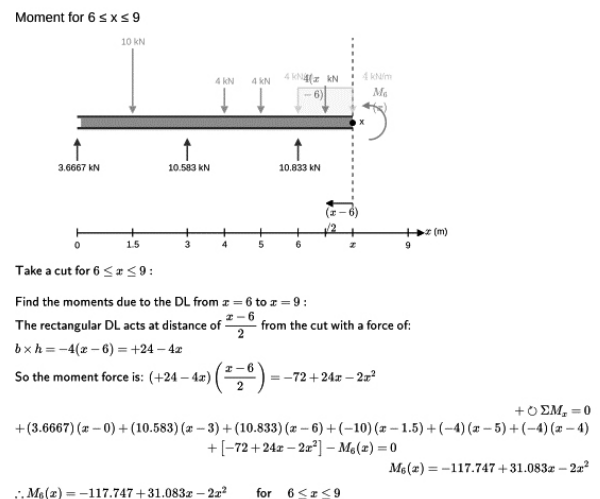


Figura 3. Resultados del análisis mediante software SkyCiv

Resultados

Se ha desarrollado un conjunto de scripts que generan la construcción de figuras dinámicas, las cuales permiten el cálculo de cortantes y momentos a través de la derivada o la integral de las funciones. También, permite realizar el cálculo a través de la construcción de figuras geométricas (rectángulos y trapecios) que proporcionan los valores del momento, mediante el comando «mostrar rastro» es posible construir la gráfica. La Figura 4 muestra el diagrama de cortante y momento de una viga con tres claros y dos condiciones de carga.

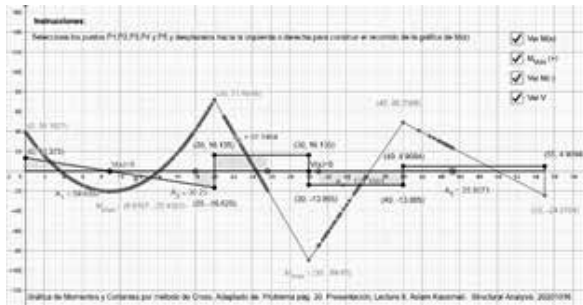


Figura 4. Applet de GeoGebra que permite la construcción y cálculo de diagramas de momentos

En la figura 5, se muestra la función del momento, con ella es posible comparar ambas gráficas el modelo matemático y comparar con el trazo del cálculo de áreas.

Conclusiones

Aunque dibujar diagramas de construcción es relativamente sencillo, la mayoría de los alumnos tienen dificultad para obtener los modelos analíticos en términos de x para poder dibujar las ecuaciones; con la ayuda del software graficador, se comprueban los bosquejos de funciones para diferentes condiciones de carga, además, permite a los alumnos comparar las soluciones que se determinan con el software comercial. Es importante destacar, que la empresa SkyCiv proporciona una versión de bajo costo para los alumnos y

una licencia para profesores; también se presenta el módulo de vigas en forma gratuita online en <https://skyciv.com/free-beam-calculator/>; los alumnos pueden analizar una viga en diferentes secciones y mostrar las gráficas de las ecuaciones de cortantes y momentos, así como realizar la integración en diferentes puntos con GeoGebra.

Referencias

- Acosta, D. M. A. (2018). Uso de la matemática en la Ingeniería Civil: el caso de las gráficas lineales y cuadráticas. Tesis. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Calandra, M. V.; Costa, V. A. (2015). La problemática de la enseñanza y aprendizaje del concepto de variable aleatoria continua y de función de densidad de probabilidad. Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de la Plata. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59178>, (consultado el 22 de junio de 2020).
- López R, R. (1993). Apuntes de Análisis Estructural I. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pardo. M. (2020). Marcelo Pardo. Ingeniería. Análisis Estructural. Recuperado de: <https://marcelopardo.com/metodo-de-pendiente-deflexion-teoria-y-ejemplo/> (consultado el 22 de febrero de 2020)
- SkyDiv. (2020). Cloud Ingeneering Software. Calculator of beams. Recuperado de: <https://skyciv.com/free-beam-calculator/> (consultado el 22 de mayo de 2020).

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Apizaco y al alumno Cesar Valentín López Ramos, N°. control 15370360 de la carrera de Ingeniería Civil en la actividad complementaria Calculadoras Programables.

A la empresa SkyCiv, por el uso de la licencia educacional de <https://platform.skyciv.com>

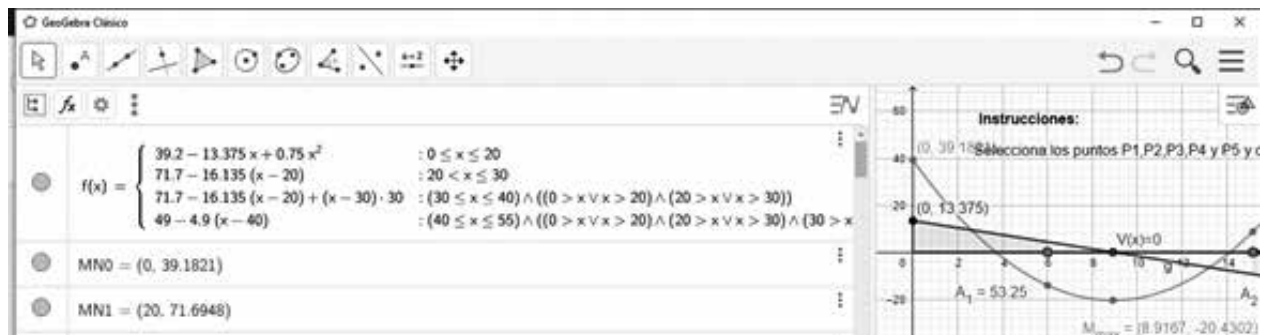


Figura 5. Scripts de GeoGebra gráfica y cálculo de diagramas de momentos

Consejo de Arbitraje

- Dr. Sergio Eduardo Algarra Cerezo*
Dr. Jorge Álvarez Mena
Dr. Jorge Bedolla Hernández
Dr. Marcos Bedolla Hernández
Dr. Saúl Cano Hernández
Dra. María Enedina Carmona Flores
Dr. Miguel Ángel Carrasco Aguilar
Dra. Shirley Carro Sánchez
Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez
Dr. Jorge Castillo Tejas
Dr. José Manuel Cervantes Vázquez
Dra. Barbarela Dávila Carmona
Dr. Nery Delgadillo Checa
Dr. Héctor Domínguez Martínez
Dr. Arturo Elías Domínguez
Dra. Adelina Espejel Rodríguez
Dr. Norberto Farfán García
Dra. Rosa María Flores Hernández
Dr. Vicente Flores Lara
Dra. Leticia Flores Pulido
Dr. Abelardo Flores Vela
Dr. Alan Augusto Gallegos Cuéllar
Dr. Brian Manuel González Contreras
Dr. Antonio Guevara García
Dra. María Elena Hernández Hernández
Dr. Héctor Hugo Hernández Mendoza
Dra. Lidia Patricia Jaramillo Quintero
Dra. Friné López Medina
Dra. Araceli López y López
- Dra. Ana Berta Luna Miranda*
Dra. Margarita Martínez Gómez
Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras
Dr. Roberto Morales Caporal
Dr. Miguel Ángel Munive Rojas
Dr. Arturo Ortiz Arroyo
Dr. José Erasmo Pérez Vázquez
Dr. Fernando Pérez Villaseñor
Dr. Alberto Portilla Flores
Dr. Edgar Alfredo Portilla Flores
Dr. P. Malaquías Quintero Flores
Dr. Federico Ramírez Cruz
Dra. Gloria Ramírez Elías
Dr. Carlos Alberto Reyes García
Dr. J. Margarito Rivera Badillo
Dr. Miguel Ángel Rodríguez Lozada
Dr. Héctor Rosas Lezama
Dr. Rogelio Alberto Sánchez Cortés
Dr. Carlos Sánchez López
Dra. Alejandra Torres López
Dr. Adrián Trevera Juárez
M. C. Antonio Durante Murillo
M. C. Verónica Hernández Ruiz
M. A. María Elena Jiménez Lorenzini
M. C. Marlon Luna Sánchez
M. C. Juventino Montiel Hernández
M. I. A. Carlos Pérez Corona
M. C. Carlos Santacruz Olmos
M. C. Ángela Suárez Rojas

ISSN: 1870-056X

Fecha: septiembre-diciembre de 2020

Arquitectura de diseño segura con herramientas de modelado de amenazas

Secure design architecture with threat modeling tools

José Antonio Cruz Zamora¹, Cristina Arenas Luna², Marcedeli Romero Bravo³

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Apizaco

Departamento de Sistemas y Computación

¹antonio.cz@apizaco.tecnm.mx, ²117370991@apizaco.tecnm.mx, ³117371073@apizaco.tecnm.mx

Fecha de recibido: 11 de julio de 2020. Fecha de aceptación: 12 de octubre de 2020

Resumen

La creación de software seguro involucra la realización de un proceso sistemático que incluya la seguridad en cada una de las fases del ciclo de vida de desarrollo. Esto requiere el seguimiento de principios de diseño seguro y la adopción de buenas prácticas que confirmen que esté libre de vulnerabilidades, de forma que se garantice su integridad, disponibilidad y confidencialidad. En este artículo se aborda la metodología de análisis de modelado de amenazas, para establecer el ciclo de vida de desarrollo seguro de software desde las fases de requisitos y diseño para una organización, a fin de obtener software confiable, que presente un mínimo de vulnerabilidades y sea resistente a los ataques provenientes del entorno interior y exterior.

Palabras clave: Ciclo de vida de desarrollo de software seguro S-SDLC, Modelado de amenazas, Confiabilidad, Disponibilidad e Integridad, Seguridad en el software.

Abstract

The creation of secure software involves carrying out a systematic process that includes security in each of the phases of the development's life cycle. This requires the tracing of secure design principles and the adoption of good practices that ensure that it is free from vulnerabilities, in such a way that its integrity, availability and confidentiality are guaranteed. This article addresses the threat model analysis methodology, to establish the life cycle of secure software development from the requirements and design phases for an organization, in order to obtain reliable software that presents a minimum of vulnerabilities and is resistant to the proven attacks of the tough indoor and outdoor environment.

Keywords: S-SDLC Secure Software Development Life Cycle, Threat Modeling, Confidentiality, Availability and Integrity, Software Security.

Introducción

El proceso de desarrollo de software se puede abordar desde la obtención de requerimientos y el diseño arquitectónico (Madruga Hernández & Amoroso Fernández, 2019), utilizando el modelado de amenazas para determinar los riesgos que se deben considerar y establecer las acciones pertinentes que debe tener el software y que estas queden integradas para construir software seguro; un concepto que

ha sido abordado desde el planteamiento del paradigma de protección por diseño (Cavoukian, 2010). En este trabajo se revisa el problema de desarrollo del sitio Web de la empresa Viento en Popa, se establece el diagrama de flujo de datos para aplicarle el software de modelado de amenazas y recuperar sus sugerencias, que serán integradas al proceso de desarrollo, de tal forma que se consideren algoritmos y

prácticas de desarrollo de software seguro en todo el proceso; finalmente se realizan las conclusiones.

1. Planteamiento del problema

Se considera el desarrollo del sitio Web de la empresa Viento en Popa, dedicada a la realización de actividades náuticas, así como a impartir clases teóricas y prácticas de navegación. Ofrece la posibilidad de obtener la certificación de Patrón de embarcaciones de recreo (PER).

Se requiere un canal de información y venta a través de un portal Web que conste de dos partes claramente diferenciadas:

- La zona de **Administración** desde la cual se gestiona la información relativa a cursos y alumnos.
- La zona de **Clientes y Alumnos** donde el usuario tiene acceso a la información de Viento en Popa referente a actividades y cursos, y a la parte privada de cada uno, con la posibilidad de realizar exámenes, descargar temarios y documentación, entre otros datos. El flujo de información del portal Web que se propone se muestra en la Figura 1.

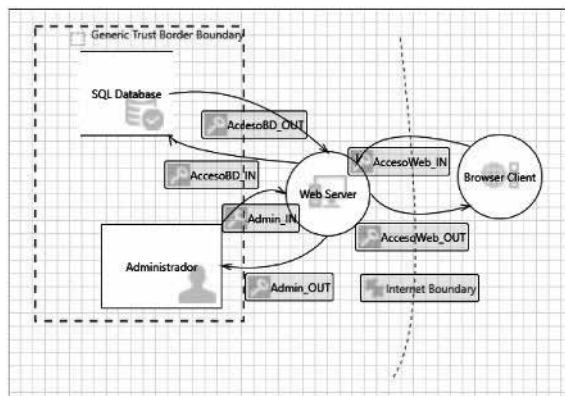


Figura 1. Flujo de información del portal Web de Viento en Popa

2. Metodología “Ace Threat Analysis and Modeling” (Microsoft)

De acuerdo con la metodología de modelado de Microsoft, los pasos del proceso de modelado de amenazas son:

- 1.- Identificar los objetivos de seguridad: Ayudará a cuantificar el esfuerzo que se debe dedicar a los siguientes pasos.
- 2.- Crear una descripción general de la aplicación: Se identifican los actores y las características de la aplicación para poder identificar las amenazas más importantes.

3.- Descomponer la aplicación: Conociendo la arquitectura se identifican las funcionalidades y los módulos que pueden provocar un mayor impacto de seguridad.

4.- Identificar amenazas: Con lo realizado se procede a la identificación de amenazas y a su cuantificación, dándoles un peso de acuerdo con las clasificaciones de amenazas STRIDE y DREAD.

5.- Identificar vulnerabilidades: Se revisan las diferentes capas de la aplicación para identificar puntos débiles.

Clasificación STRIDE

En este método se separa el sistema en sus diferentes componentes, se analiza cada uno para comprobar las posibles amenazas y se proponen acciones para mitigarlas (Barba Olivares, 2017).

Spoofing Identity (Suplantación de identidad):

Indica que los usuarios podrían hacerse pasar por otro, por lo que es importante autenticar y controlar el uso de sesión.

Tampering with Data (Manipulación de datos):

Se debe evitar las vulnerabilidades conocidas como inyección de sentencias SQL o XSS, aplicando la validación y el filtrado de los datos.

Repudiation (Repudio):

Se debe evitar que el usuario se encuentre con situaciones no deseadas, manteniendo una funcionalidad que favorezca la explotación de la aplicación.

Information Disclosure (Divulgación de información):

Si se vulnera una aplicación que permite extraer información sensible, esta puede derivar en pérdidas económicas, de confianza y reputación con los usuarios, clientes o proveedores.

Denial of Service (Denegación de servicio):

Es importante dar un uso racional de los recursos, evitando situaciones que puedan derivar en ataques que provoquen la negación del servicio.

Elevation of Privilege (Elevación de privilegios)

Si se tienen diferentes niveles de acceso, todas las actividades que apliquen privilegios deben ser filtradas por mecanismos adecuados de autorización.

3. Flujos de acceso a la base de datos

En el flujo de acceso a la base de datos, como se muestra en la Figura 2, se tienen riesgos de entrada y de salida. Al aplicarse el software de modelado de amenazas, se muestran las siguientes:

Spoofing:

El servidor Web puede ser falsificado por un atacante y esto puede llevar a un acceso no autorizado a la base de datos SQL. Se considera utilizar un mecanismo de autenticación estándar para identificar el proceso de origen.

Un atacante puede falsificar la base de datos SQL y esto puede llevar a que los datos se escriban en el objetivo del atacante en lugar de en la base de datos SQL. Se considera utilizar un mecanismo de autenticación estándar para identificar el almacén de datos de destino.

Tampering:

Los datos que fluyen a través de AccesoBD_IN pueden ser manipulados por un atacante. Esto puede provocar daños en la base de datos SQL. Se asegura la integridad del flujo de datos al almacén de datos.

Repudiation:

SQL Database afirma que no escribió datos recibidos de una entidad al lado del límite de confianza. Se considera utilizar el registro o la auditoría para registrar la fuente, la hora y el resumen de los datos recibidos.

Information Disclosure:

La protección de datos incorrecta de la base de datos SQL puede permitir que un atacante lea información que no está destinada a divulgarse. Se revisa la configuración de autorización.

Denial of Service:

Si el servidor Web o la base de datos SQL toman pasos explícitos para controlar el consumo de recursos (es mejor) dejar que el sistema operativo haga el trabajo, (ya que) los ataques de consumo de recursos pueden ser difíciles de manejar. Se debe cuidar que las solicitudes de recurso no se bloqueen y se agoten.

Elevation of Privilege:

SQL Database puede ejecutar código de forma remota para Web Server.

Un atacante puede pasar datos al servidor Web para cambiar el flujo de ejecución del programa dentro del servidor Web a elección del atacante.

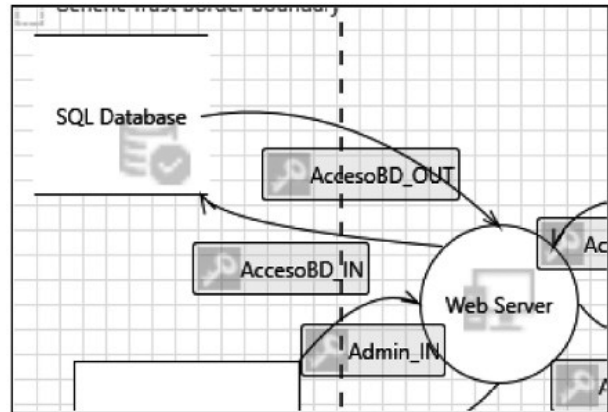


Figura 2. Acceso a base de datos

4. Flujos de Acceso a la Web

En el flujo de acceso a la Web como se muestra en la Figura 3, se tienen riesgos de entrada y de salida. Al aplicarse el software de modelado de amenazas, arrojan las siguientes:

Spoofing:

El cliente del navegador puede ser falsificado por un atacante y esto puede dar lugar a un acceso no autorizado al servidor Web. Se considera utilizar un mecanismo de autenticación estándar para identificar el proceso de origen.

Tampering:

El servidor 'Web Server' podría estar sujeto a un ataque de secuencias de comandos entre sitios porque no desinfecta una entrada que no es de confianza.

Repudiation:

Web Server afirma que no recibió datos de una fuente fuera del límite de confianza. Se considera utilizar el registro o la auditoría para registrar la fuente, la hora y el resumen de los datos recibidos.

Denial of Service:

El servidor Web se bloquea, se detiene o se ejecuta lentamente; en todos los casos violando una métrica de disponibilidad.

Elevation of Privilege:

Web Server puede hacerse pasar por el contexto de Browser Client para obtener privilegios adicionales.

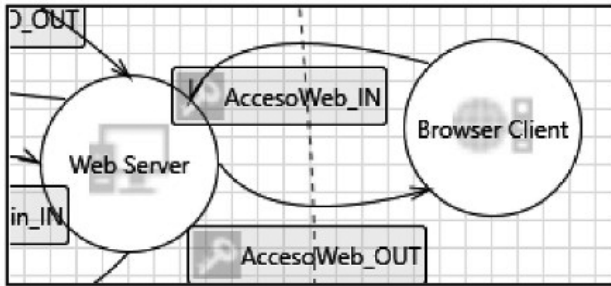


Figura 3. Acceso Web

5. Flujos de administración del sitio Web

En el flujo de administración del sitio Web como se muestra en la Figura 4, se tienen riesgos de entrada y de salida. Al aplicarse el software de modelado de amenazas se muestran las siguientes:

Spoofing:

Administrador puede ser falsificado por un atacante, conduciendo a un acceso no autorizado al servidor Web. Se considera utilizar un mecanismo de autenticación estándar para identificar la entidad externa.

Tampering:

El servidor 'Web Server' podría estar sujeto a un ataque de secuencias de comandos entre sitios si no desinfecta la entrada que no es de confianza.

Repudiation:

Web Server afirma no haber recibido datos de una fuente fuera del límite de confianza. Se considera utilizar el registro o la auditoría para registrar la fuente, la hora y el resumen de los datos recibidos.

Denial of Service:

El servidor Web se bloquea, se detiene o se ejecuta lentamente; en todos los casos violando una métrica de disponibilidad.

Un agente externo interrumpe el flujo de datos a través de un límite de confianza en cualquier dirección.

Elevation of Privilege:

Web Server puede hacerse pasar por el contexto de Administrador para obtener privilegios adicionales.

Administrador puede ejecutar código de forma remota para Web Server.

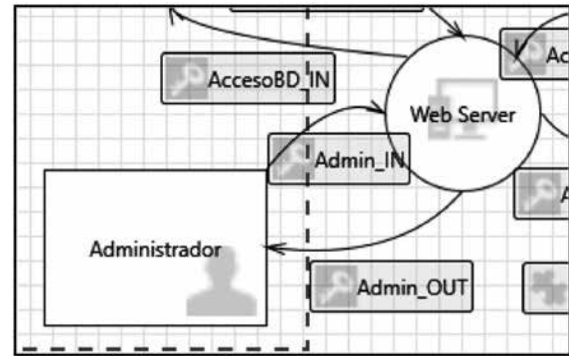


Figura 4. Administración del sitio Web

Conclusión

Al considerar el modelado de amenazas para la arquitectura de un software que se va a desarrollar, se pueden identificar las amenazas y el tipo de acciones que deben realizarse en el ciclo de vida de desarrollo de software seguro (Rioja, 2018) para mitigar, evitar, trasladar o absorber la amenaza, de tal forma que se asegure la confidencialidad, disponibilidad e integridad de la información.

Trabajos citados

- Cavoukian, A. (2010). Privacy by Design: the definitive workshop. *Springer*, 247-251.
- Barba Olivares, G. E. (2017). Modelado de amenazas, una técnica de análisis y gestión de riesgo asociado a software y aplicaciones. *Universidad Piloto de Colombia*, 1-12.
- Madruga Hernández, D., & Amoroso Fernández, Y. (2019). El usuario final y el principio de Protección por Diseño en la creación de sistemas de información. *Ciencias de la Información*, 3-7.
- Rioja, U. I. (2018). *Seguridad en el ciclo de vida del software en las fases de requisitos y diseño*. Logroño, La Rioja, España: Universiada Internacional de La Rioja (UNIR).

Análisis de datos experimentales de la reacción de craqueo de etano a etileno

Analysis of Experimental Data of the Cracking Reaction of Ethane to Ethylene

Ángel Castro-Agüero*, Fernando Pérez-Villaseñor, Arturo Ortiz-Arroyo, Arturo Elías-Domínguez, Elsa Hynmar Fernández-Martínez, Brenda Nallely Paredes-Nava, Juan Carlos Aguilar-Márquez

Universidad Autónoma de Tlaxcala

*angel.castro@uatx.mx

Fecha de recepción: 1 de julio de 2020. Fecha de aceptación: 21 de octubre de 2020

Resumen

El etileno es una materia prima principal en la industria petroquímica. En los Estados Unidos (EE.UU.), la industria del etileno ha aumentado su capacidad constantemente en los últimos 40 años. Las proyecciones de demanda y producción de etileno en América del Norte pronostican un incremento adicional del 60% al 65% en la producción de esta materia prima en 2040. Este incremento está respaldado por las nuevas instalaciones incorporadas para producir etileno en los Estados Unidos y México. Estas nuevas instalaciones utilizan el proceso de craqueo térmico con vapor del etano para producir etileno. En este proceso, se ha estudiado el craqueo de reacciones del etano. En este trabajo, se analizan y comparan datos experimentales publicados para desarrollar un esquema de reacción cinética. Todos los datos se transformaron en rendimientos de producto y se graficaron vs el porcentaje de conversión de etano. La curva de rendimiento de hidrógeno es muy lineal. La reacción de etano a etileno está cerca de la línea de reacción de equilibrio para conversiones bajas de etano.

Palabras clave: Cracking catalítico, etano, etileno petroquímica.

Abstract

Ethylene is an important feedstock in the petrochemical industry. Only in the United States, the ethylene industry has constantly increased its production capacity in the last 40 years ago. Projections in demand and production for ethylene in North America predicts an extra 60% to 65% increment in production for 2040. To support this increment, new industrial facilities to produce ethylene are in construction in the US and Mexico. These new facilities use the thermal steam cracking of ethane process in which the cracking of ethane reactions are important. Kinetics of the cracking reactions was studied in recent works, In this effort, a review of the published experimental data is analyzed and compared to develop a kinetic reaction scheme. All data were transformed into product yields and plotted versus % ethane conversion. The hydrogen yield curve is close to linear, indicating good agreement between experimenters. Also, the ethane to ethylene reaction shows an almost linear equilibrium trend for low ethane conversions.

Keywords: Cracking, catalytic, ethane, ethylene petrochemical.

Introducción

El etileno es una materia prima muy importante para petroquímica ya que de él se producen diferentes productos necesarios para el desarrollo de un país, la industria del plás-

tico entre otras. En México se han instalado varias plantas de producción de etileno a partir del craqueo de etano, del tipo de craqueo con vapor o *Steam Craker* en inglés, de las

Para sustentar el incremento en la producción de etileno en EE. UU., la cual se puede estimar en un 60% a 65% para el 2040, hay varios proyectos para incrementar esta producción. En el mismo reporte del Departamento de Energía en EE. UU., el cual fue elaborado en el 2018, se mostraban los nuevos desarrollos (nuevas plantas, aumento de capacidad de plantas existentes y el regreso a operación de plantas existentes). En la Figura 5, se presentan los esfuerzos para incrementar la producción de etileno. El aumento en la capacidad de producción de etileno a partir de etano (Steam Thermal Cracker) hasta el año 2019 se estimaba en 13.6 millones de toneladas de etileno/año. Las plantas nuevas de craqueo de etano se estimaban en 11 de 16 proyectos, y de las plantas nuevas la mayoría están diseñadas para una capacidad entre 1 millón a 1.6 millones de toneladas de etileno/año.

Nuevas plantas y expansión de capacidad			
Operador	Lugar	Capacidad (tons/año)	Arranque
LyondellBasell (a)	Corpus Christi, TX	365,000	2016
Westlake Chemical (a)	Lake Charles, LA	113,000	2016
LyondellBasell (a)	Channelview, TX	249,000	2017
Chevron Phillips (n)	Cedar Bayou, TX	1,500,000	2017
ExxonMobil (n)	Baytown, TX	1,500,000	2017
Dow Chemical (n)	Freeport, TX	1,500,000	2017
Formosa Plastics (n)	Point Comfort, TX	1,600,000	2017
OxyMexichem (n)	Ingleside, TX	544,000	2017
Westlake Chemicals (a)	Clavert City, TX	32,000	2017
Indorama Olefins (r)	Carlyss, LA	370,000	2017
Sasol (n)	Lake Charles, LA	1,500,000	2018
Axial/Lotte (n)	Lake Charles, LA	1,000,000	2018
Shin-Etsu (n)	Plaquemine, LA	500,000	2018
Appalachian Resin (n)	Monroe, OH	300,000	2019
Shell (n)	Monaca, PA	1,500,000	2019
Total (n)	Port Arthur, TX	1,000,000	2019
PRODUCCIÓN DE ETILENO ADICIONAL		13,600,000	
(n) - Planta nueva			
(a) - Aumento de capacidad			

Figura 5. Desarrollos para aumentar la producción de etileno en EE. UU. [2]

Además de los proyectos mostrados en la Figura 5, nuevas plantas de procesamiento de etileno están proyectadas después del año 2020. En la Figura 6, se presentan los nuevos desarrollos para después del 2020. Con estos proyectos se espera un incremento adicional de 5 millones de toneladas de etileno/año. En total, el incremento de capacidad de producción de etileno (Figuras 5 y 6) representan aproximadamente un 50% con respecto al valor que se tiene en 2020, ver Figura 4. Dentro de este incremento en la capacidad se considera una planta en México de un millón de toneladas/año de la empresa Braskem/IDESA.

Nuevas plantas (después de 2020)		
Operador	Lugar	Capacidad (tons/año)
BAST/Total (e)	Port Arthur, TX	128,000
Braskem/Idesa (n)	México	1,000,000
Dow (e)	Plaquemine, LA	250,000
Eastman (e)	Longview, TX	17,000
Equistar (e)	Various Sites	1,100,000
Flint Hills (e)	Port Arthur, TX	100,000
Nova (e)	Samia, Ontario	168,000
Odebrecht (n)	Parkersburg, WV	1,000,000
PTT/Marubeni (n)	Dilles Bottom, OH	1,000,000
Williams (e)	Geismar, LA	258,000
PRODUCCIÓN DE ETILENO ADICIONAL		5,000,000
(n) - Planta nueva		
(e) - Aumento de capacidad		

Figura 6. Desarrollos para aumentar la producción de etileno en EE. UU. [2]

El desarrollo de la industria del etileno está motivado por la suficiencia de etano que se extrae de las formaciones rocosas de shale gas. De acuerdo con lo anterior, el etileno sigue siendo una materia prima importante para el desarrollo de la industria química y es importante desde el punto de vista ingenieril revisar la información con la que se cuenta para la transformación de etano a etileno.

En este trabajo se hace una revisión de la literatura científica para concentrar la información experimental de la reacción o reacciones principales de craqueo térmico de etano con vapor como diluyente. Una vez concentrada la información experimental, se analizan para generar gráficos concentrados y comparativos. Finalmente, se presentan las conclusiones de los análisis de los datos experimentales.

Marco teórico

En el proceso de producción de etileno, se requiere de diferentes unidades de operación (operaciones unitarias) para generar el producto final purificado y listo para generar el producto intermedio (véase Figura 2). Como todo proceso químico, el corazón del proceso es el reactor que convierte el etano a etileno. Las reacciones que se llevan a cabo dentro del reactor de craqueo se han estudiado desde los años 70 [3,4,5,6,7]. Van Damme y col. [3] en 1975 utilizaron una planta piloto para estudiar las reacciones del craqueo del propano y mezclas de propano-propileno. En esa publicación proponen un esquema de reacción (todas cinéticas). En este trabajo de acuerdo con los productos obtenidos en la parte experimental, las especies químicas consideradas van desde el H₂ y CH₄ hasta el i-butano y n-butano. Las especies químicas de mayor peso molecular que los butanos los consideran como un pseudo componente (C₅⁺).

Froment y col. (1976) [4] utilizan el mismo reactor que Van Damme [3], pero en vez de utilizar propano y propileno, utilizan etano y mezclas de etano-propano. El esquema cinético propuesto en este trabajo considera ya reacciones en equilibrio y cinéticas. Las reacciones que se consideran como de equilibrio son las reacciones que forman el etileno a partir del etano, la que forma el propileno a partir del propano y la que forma acetileno a partir del craqueo de propano. Para ajustar los datos cinéticos, consideran el modelo de un reactor industrial de 95 m y utilizan el vapor de agua (*steam*) como diluyente en el reactor para evitar la formación de carbón (*coke*). La temperatura de salida del reactor es de 835°C. En la Tabla 1 se presentan los parámetros cinéticos obtenidos por Froment y col.

Tabla 1. Esquema de reacción y parámetros cinéticos. Froment y col. [4]

Reacción	A (seg^{-1}) $\text{o } (\text{l/mol seg})^n$	E, kcal /kgmol
$\text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{CH}_4$	4.692×10^{10}	50,600
$\text{C}_3\text{H}_8 \leftrightarrow \text{C}_3\text{H}_6 + \text{H}_2$	5.888×10^{10}	51,290
$\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_2\text{H}_4$ $\rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_6$	2.536×10^{13}	59,060
$2\text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow 3\text{C}_2\text{H}_4$	1.514×10^{11}	55,800
$4\text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow \text{C}_5\text{H}_8 + 6\text{CH}_4$	7.120×10^8	45,500
$\text{C}_3\text{H}_8 \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{CH}_4$	3.794×10^{11}	59,390
$\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_2\text{H}_6$ $\rightarrow \text{C}_4\text{H}_8 + \text{CH}_4$	1.00×10^{14}	60,010
$\text{C}_2\text{H}_6 \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	4.652×10^{13}	65,200
$\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_6$	1.026×10^{12}	41,260
$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{C}_2\text{H}_6$ $\rightarrow \text{C}_3\text{H}_6 + \text{CH}_4$	7.083×10^{13}	60,430

Sundaram y Froment [5, 6] hacen un análisis de los esquemas anteriores [3, 4] y consolidan un esquema de reacción que integra todos los datos experimentales. En este trabajo proponen dos esquemas de reacción para modelar el craqueo de etano, propano y las mezclas entre ellos. De los esquemas propuestos escogen el que mejor se ajusta a los datos experimentales.

En el 2003, Belohlav y col [5] hacen el estudio del craqueo térmico de etano, LPG, y naftas. El esquema cinético que se propone está basado en un esquema de radicales. Para este esquema de reacción por radicales, consideran ochenta y dos compuestos entre radicales y moleculares. Con los datos experimentales, optimizan el sistema cinético y lo integran a un modelo de reactor tipo flujo pistón. Como resultados, solo se presentan la comparación entre los ren-

dimientos obtenidos experimentales con los obtenidos del modelo cinético en el modelo del reactor.

Sabbe y col [7] hacen un estudio cinético y termodinámico de los datos experimentales. En este estudio, utilizan la química cuántica para calcular datos termodinámicos y cinéticos. Con simulaciones de un reactor de craqueo con vapor de etano en un rango amplio de condiciones de operación y sin ajustar ningún parámetro, los rendimientos de los productos pueden predecirse con un error relativo dentro del 15%. Entre los compuestos medidos en los datos experimentales ya se incluyen compuestos como el 1,3-ciclopentadieno y el benceno.

En el 2011, Xu y col [8] hacen nueva experimentación de la reacción de craqueo de etano. El diseño experimental es el más completo y detallado que se ha publicado hasta la fecha, el cual considera temperaturas de reacción desde 500°C hasta 850°C; considera también una lista de componentes desde el hidrógeno y metano hasta indeno y naftaleno; y un mecanismo de reacción inicial con 224 especies y 1722 reacciones. El agente de dilución para estos experimentos no fue el vapor de agua (*steam*), ya que en este caso utilizaron nitrógeno y argón.

Resultados

Los resultados experimentales que se presentaron en la sección del marco teórico fueron analizados y adaptados para poder compararse entre ellos. Algunos datos experimentales fueron reportados en fracción mol en la corriente de producto y otros en unidades de rendimiento (*yield*):

$$\text{rendimiento} = [(\text{kg producto})/(\text{kg etano alimentado})].$$

Ante esta diferencia entre las unidades en los reportes de los datos experimentales, se consideró estandarizar los datos experimentales a rendimiento. En la Tabla 2 se muestran los datos experimentales crudos (columnas 1 y 2) obtenidos por Xu y col. La columna 1 y la columna 2 de la Tabla 2 son la alimentación y el efluente del reactor experimental respectivamente. En la columna 3 y 4 se hizo una normalización de la composición que reportan de la alimentación y productos del reactor ya que la suma de los porcentajes mol no sumaban 100%. Una vez normalizadas las composiciones de entrada y salida del reactor, se procede a estimar los moles de entrada y salida del reactor.

Para estimar los moles de entrada al reactor se considera una base de cálculo, en moles, que en este caso se consideró de 100 Kg-mol/hr. En consecuencia, los moles de entrada al reactor son 49.65 Kg-mol/hr de nitrógeno y 50.35 Kg-mol/hr de etano. En el caso del efluente del reactor, el proce-

so para estimar los moles que salen del reactor es un poco más elaborado. Para el efluente, primero se considera que el diluyente, en este caso el nitrógeno, no se consume con la reacción; por lo que los moles de nitrógeno a la entrada y salida del reactor son las mismas, 49.65 kg-mol/hr en las columnas 3 y 5 de la Tabla 2. Esta cantidad de diluyente, nitrógeno, corresponde al porcentaje mol de nitrógeno de la columna 4 (35.24 %mol). Finalmente, el flujo de moles totales que salen del reactor debe corresponder a:

$$\text{moles} = (49.65 \text{ kg-mol}) / 0.3524 = 140.9$$

Una vez obtenido el flujo molar total del efluente del reactor, los flujos molares de las demás especies se obtienen multiplicando su fracción mol por el flujo total de moles.

Tabla 2. Datos experimentales de Xu y col

Especie química	Datos		Normalizado		
	% mol Alim 1	% mol Prod 2	% mol Alim 3	% mol Prod 4	Moles Prod 5
H2	0.00	28.20	0.00	28.07	39.55
N2/He	49.40	35.40	49.65	35.24	49.65
CH4	0.00	4.82	0.00	4.80	6.76
C2H6 (ETANO)	50.10	6.70	50.35	6.67	9.40
C2H4 (ETILENO)	0.00	24.10	0.00	23.99	33.80
C2H2 (ACETILENO)	0.00	0.15	0.00	0.15	0.21
C3H6 (PROPILENO)	0.00	0.24	0.00	0.24	0.34
C3H8 (PROPANO)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
C3H4 (PROPADIENO)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
C3H4 (PROPINO)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,3-C4H6 (BUTADIENO)	0.00	0.33	0.00	0.33	0.47
1-C4H8 (1-BUTENE)	0.00	0.15	0.00	0.15	0.21
2-C4H8 (2-BUTENE)	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02
n-C4H10 (BUTANO)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
C5H6 (CYCLOPENTADIENO)	0.00	0.12	0.00	0.11	0.16
C5H8 (CYCLOPENTENE)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
C5H10 (CYCLOPENTANO)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C6H6 (BENCENO)	0.00	0.17	0.00	0.17	0.24
C6H8 (CYCLOHEXADIENO)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
C7H8 (TOLUENO)	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02
C8H8 (ESTIRENO)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
C9H8 (INDENO)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En la Tabla 3, se muestra la memoria de cálculo final de la conversión de datos de % mol a rendimiento. En esta Tabla se presentan los pesos moleculares (MW) de cada especie química. El flujo molar en kg-mol por hora de la alimentación y productos de reacción se presentan en las columnas con el número 1 y 2, respectivamente. Los moles totales que alimentan al reactor son 100 que corresponde a la base de cálculo considerada; y los moles totales a la salida del reactor son 140.9 kg-mol por hora. Entonces, la reacción de craqueo de etano a etileno tiene un cambio de aproximadamente un 40% a las condiciones aquí presentadas (temperatura de 800°C). Las columnas 3 y 4 son la cantidad de masa que entra y sale del reactor. Finalmente, en la columna 5 se presenta el rendimiento por especie como kg de producto/kg de etano alimentado.

Tabla 3. Rendimiento de la reacción de craqueo de etano a etileno Xu y col [8]

Especie química	MW	Alim		Prod		Rendimiento	
		moles/hr 1	moles/hr 2	Kg/hr 3	Kg/hr 4	Kg/Kg etano 5	
H2	2.02	0.00	39.55	0.00	79.73	5.266	
N2/He	28.01	49.65	49.65	1390.80	1390.80	-	
CH4	16.04	0.00	6.76	0.00	108.45	7.163	
C2H6	30.07	50.35	9.40	1514.07	282.56	-	
C2H4	28.05	0.00	33.80	0.00	948.22	62.627	
C2H2	26.04	0.00	0.21	0.00	5.37	0.355	
C3H6	42.08	0.00	0.34	0.00	14.11	0.932	
C3H8	44.10	0.00	0.02	0.00	0.73	0.048	
C3H4	40.06	0.00	0.01	0.00	0.37	0.024	
C3H4	40.06	0.00	0.00	0.00	0.16	0.010	
1,3-C4H6	54.09	0.00	0.47	0.00	25.34	1.674	
1-C4H8	56.11	0.00	0.21	0.00	11.96	0.790	
2-C4H8	56.11	0.00	0.02	0.00	1.24	0.082	
n-C4H10	58.12	0.00	0.02	0.00	1.02	0.067	
C5H6	66.10	0.00	0.16	0.00	10.66	0.704	
C5H8	68.12	0.00	0.01	0.00	0.56	0.037	
C5H10	70.14	0.00	0.00	0.00	0.30	0.020	
C6H6	78.11	0.00	0.24	0.00	18.40	1.216	
C6H8	80.13	0.00	0.01	0.00	0.82	0.054	
C7H8	92.14	0.00	0.02	0.00	2.02	0.133	
C8H8	104.15	0.00	0.01	0.00	0.74	0.049	
C9H8	116.16	0.00	0.00	0.00	0.33	0.022	
C10H8	128.17	0.00	0.01	0.00	0.68	0.045	
C12H10	154.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
Total		100.000	140.905	2904.87	2904.57		

Con la metodología se pueden transformar todos los resultados y estandarizarlos para compararlos en unidades de rendimiento. En la Figura 7, se puede observar los experimentos expresados como rendimiento vs % conversión de etano alimentado.

El rendimiento de hidrógeno que se presenta en la Figura 7 muestra una dependencia lineal entre el % de conversión de etano y el rendimiento de hidrógeno. Independientemente del diluyente utilizado, vapor de agua, nitrógeno o argón, los rendimientos de hidrógeno son muy parecidos. La presión a la que fueron obtenidos estos datos fue alrededor de 1 atm y las temperaturas variaron desde los 550°C hasta los 850°C. La conversión máxima a la que se obtuvieron estos datos fue de 850°C, que es una temperatura relativamente alta.

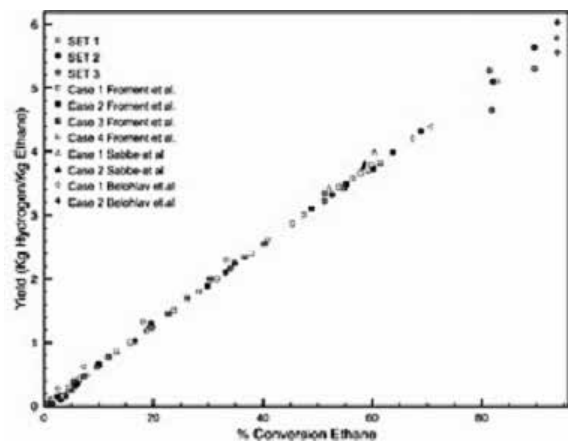


Figura 7. Rendimiento de hidrógeno vs % conversión de etano alimentado

En la Figura 8, se presenta el rendimiento de etileno vs el % de conversión de etano. Además de los datos experimentales de rendimiento, también se presenta la línea de equilibrio teórica obtenida con la ecuación de estado Peng-Robinson en el simulador UNISIM. Los datos obtenidos de la simulación termodinámica en el UNISIM fueron convertidos a rendimiento con el procedimiento descrito en este trabajo para poder graficarlos en la Figura 8 y compararlos con los datos experimentales.

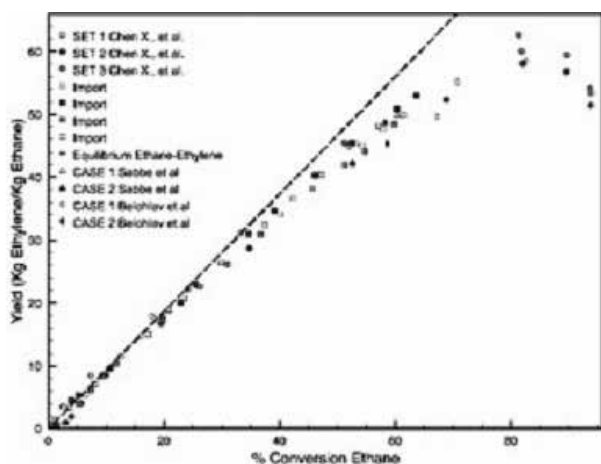


Figura 8. Rendimiento de etileno vs % conversión de etano alimentado

Uno de los puntos importantes que se puede observar en la Figura 8, es que los datos experimentales están sobre la línea de equilibrio (línea punteada). La reacción de producción de etileno se puede considerar en equilibrio hasta un 40% de conversión de etano. Después de este umbral, los datos experimentales se desvían del equilibrio debido a la aparición y/o producción de otras especies que consumen etano y etileno. Este hecho pudiera explicar por qué el rendimiento de etileno tiene un máximo alrededor del 80% de conversión, en donde la aparición de otras especies se acelera.

Conclusiones

En este trabajo se hace una revisión de los trabajos más importantes que reportan datos experimentales de la reacción de craqueo de etano a etileno y sus subproductos. Se presenta, a manera de ejemplo, como convertir los datos reportados en fracción mol a rendimiento en masa. De la comparación de todos los datos experimentales, se observa que el rendimiento de hidrógeno es lineal con respecto a la conversión de etano. El rendimiento de etileno tiene una parte lineal, que se ajusta muy bien a la línea teórica de equilibrio químico a conversiones bajas. A conversiones altas, los datos experimentales muestran que la reacción se desvía de la línea de equilibrio, principalmente por la generación de nuevas especies químicas.

Bibliografía

- [1] Prontuario estadístico 2020, SENER. Dirección General de Gas y Petroquímicos.
- [2] Ethane Storage and Distribution Hub in the United States, United States Department of Energy, November 2018.
- [3] P. S. Van Damme, S. Narayanan and G. F. Froment, *AIChE J.* 1975, 21, 1065
- [4] Gilbert F. Froment; Boudewijn O. Van de Steene, and Paul S. Van Damme, *Ind. Eng. Chem., Process Des. Dev.*, 1976, 15, 495
- [5] K. M. Sundaram and F. Froment, *Chem. Eng. Sci.* 1977, 32, 601
- [6] K. M. Sundaram and F. Froment, *Chem. Eng. Sci.* 1977, 32, 609
- [7] Maarten K. Sabbe, Kevin M. Van Geem, Marie-Françoise Reyniers, and Guy B. Marin, 2011, *AIChE Journal*, 57, 482
- [8] Chen Xu, Ahmed Sultan Al Shoaibi, Chenguang Wang, Hans-Heinrich Carstensen, and Anthony M. Dean, 2011, *Journal of Physical Chemistry*, 115, 10470

Publicación financiada con recursos de Profexce 2020.

Apps para calcular probabilidades en distribuciones muestrales

Apps to calculate probabilities in sample distributions

José Luis Hernández González¹, Myrna Enedelia González Meneses², Teresa Rodríguez Hernández³, Miguel Ángel Daza Merino⁴, Néstor Manuel Rezza Díaz⁵

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Apizaco

¹luis.hg@apizaco.tecnm.mx, ²myrnagm@yahoo.com, ³teresa.rh@apizaco.tecnm.mx,

⁴miguel.dm@apizaco.tecnm.mx, ⁵nestor.rd@apizaco.tecnm.mx

Fecha de recepción: 22 de julio de 2020. Fecha de aceptación: 9 de octubre de 2020

Resumen

Se presenta un esquema para determinar valores de probabilidades basados en los cálculos de estandarización para las diferentes distribuciones muestrales. Es importante mencionar que, en los programas de estudio, así como en el contenido de libros y ejemplos se basan en el cálculo a través de tablas estandarizadas de probabilidad. Los actuales dispositivos portátiles como celulares y calculadoras, ya cuentan con algunas aplicaciones que permiten, además de calcular probabilidades, realizar los cálculos requeridos para determinar intervalos de confianza y pruebas de hipótesis entre muchos otros cálculos de los cursos de Estadística Descriptiva e Inferencia Estadística. El presente trabajo describe las experiencias en el uso de aplicaciones para celular y la calculadora Voyage 200 de la marca Texas Instruments, además del software GeoGebra en los cursos de Estadística, Probabilidad y Estadística que se imparten en las diferentes carreras del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Apizaco. Planes y Programas de Estudio (2019).

Palabras clave: Apps, dispositivo móvil, calculadora, Voyage 200, GeoGebra

Abstract

The scheme for determining probability values based on the standardization calculations for the different sampling distributions is presented. It is important to mention that the study programs, as well as the content of books and examples, are based on the calculation through standardized probability tables. The current portable devices: cell phones and calculators, have applications that allow, in addition to calculating probabilities, to perform the required calculations to determine confidence intervals and hypothesis tests among many other calculations from descriptive statistics and inference courses. The present work describes the experiences in the use of mobile applications and the Voyage 200 calculator of the Texas Instruments brand, in addition to the GeoGebra software in the statistics, probability and statistics courses that are taught in the different careers of the Tecnológico Nacional de México / I. T. Apizaco. Plans and PE (2019).

Keywords: Collector, mobile device, calculator, Voyage 200, GeoGebra.

Introducción

Actualmente, se ha priorizado el uso de software para realizar cálculo estadístico en diferentes temáticas para los cursos que se imparten en las carreras de ingeniería. El uso de una computadora ha modificado los procedimientos de

cálculo, así como la construcción de gráficos para la interpretación de resultados. Además, se ha fortalecido la enseñanza de la Estadística e inclusive se han desarrollado contenidos para materias optativas o de especialidad basadas

en el concepto denominado “Big Data”, el uso de diferentes lenguajes de programación tales como R, Python o Julia y que hoy en día, acompañan a las nuevas carreras como la denominada ciencia de datos. De tales propuestas, surgen al menos tres necesidades para la enseñanza de la estadística:

1. La actualización de programas y planes de estudio.
2. Existencia de contenidos acordes con las nuevas propuestas de software y lenguajes de programación orientados a la Estadística.
3. Problemarios y ejercicios basados en el uso de nuevas tecnologías.

Antecedentes

La Estadística ha formado parte de la currícula de todas las carreras de ingeniería, algunos cursos de Estadística, son de carácter complementario o informativo, los que comúnmente se generalizan en un semestre de entre cuatro o cinco horas por semana, como es el caso de la carrera de Ingeniería Civil o Electromecánica, por citar un ejemplo; y las currícula que requieren una gran extensión en el desarrollo de temas estadísticos –como es el caso de la carrera de Ingeniería Industrial– con los cursos de Probabilidad, Estadística Inferencial I y Estadística Inferencial II, y la asignatura de especialidad: Control Estadístico de la Calidad, requieren de entre cinco y seis horas por semana. En todas ellas, es importante el tema de Distribuciones Muestrales que forma parte de los cursos de Inferencia Estadística y que dificultan el aprendizaje de los alumnos cuando se carece de fundamento matemático.

Calandra (2015) realiza un estudio acerca de la problemática y aprendizaje del concepto de variable aleatoria continua y de función de densidad de probabilidad, en él describe una problemática mayor que es la definición de funciones de densidad y resolver para seis casos específicos. En dicha propuesta, se plantea como trabajo futuro la elaboración, diseño y aplicación de dispositivos didácticos; es decir, se refuerza el uso de una herramienta para determinar probabilidades, ya sea en distribuciones discretas o continuas.

Alvarado y otros (2013) realizaron un estudio sobre la comprensión de las distribuciones muestrales y su vinculación con la estimación de parámetros por intervalos de confianza, en dicho estudio, aplicaron dos problemas abiertos a 113 estudiantes, al finalizar el mismo, se confirma la dificultad de procedimientos algebraicos en las distribuciones muestrales. Se describen tres configuraciones epistémicas: manipulativa, computacional y algebraica, de las cuales, se evalúan: lenguaje, procedimiento, conceptos, propiedades y argumentos; de tal información, se retoman las características computacionales.

Implementación

Se han impartido cursos con los diferentes paquetes estadísticos que incluyen las referencias en los temarios de las asignaturas, algunos de ellos son los siguientes:

TIC propuestas para utilizar

Microsoft Excel	Minitab	SPSS
Statgraphics(www.statgraphics.com)	Statistis	
Softwares matemáticos: Mathcad ScientificWorkplace, Mathematica		Maple Matlab

De manera general, los cursos de Estadística no cuentan con horas de laboratorio de computadoras y, aunque algunos alumnos llevan sus computadoras portátiles, se ha dificultado el uso de software comercial, ya que, en la mayoría de las veces, no se cuenta con licencias y aunque veces los alumnos recurren a instalar software pirata, también se ha dificultado realizar actividades, ya que se requiere destinar tiempo adicional en revisar opciones de instalación, versiones y configuración de computadoras. Alternativamente a esta problemática, se ha optado por el uso de calculadoras y emuladores de calculadora en los celulares, sin embargo, el costo de las calculadoras es relativamente elevado, y también, los diversos modelos han dificultado su uso en el salón de clase.



Figura 1 . Calculadora Voyage 200. Texas Instruments

La figura 1, corresponde a la calculadora Voyage 200 de la marca Texas Instruments, la cual incluye una aplicación denominada Stats/List Editor que es una aplicación denominada flash y permite copiar/actualizar el software de la calculadora sin costo. En la Figura 2, se muestra el menú para realizar el cálculo y la gráfica correspondiente a la distribución normal.

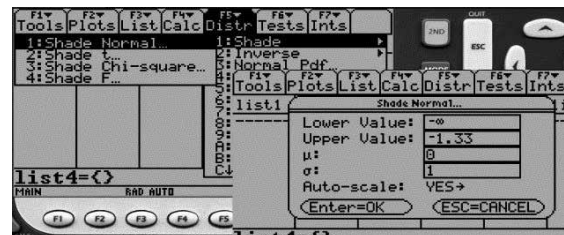


Figura 2. Apps de estadística, calculadora Voyage 200

Dada la versatilidad de aplicaciones en celulares, se han evaluado básicamente tres de ellas, en la Figura 3, se muestran las aplicaciones para Android que permiten el cálculo de la probabilidad:

- 1.- Emulador de calculadora
- 2.- Probability Distributions
- 3.- Distribuciones de probabilidad



Figura 3. Apps de Google Play

Resultados

Aunque las calculadoras han bajado de precio y no hay una gran variedad de marcas, sí existe una gran cantidad de modelos; desafortunadamente, no todos los modelos cuentan con funciones estadísticas. En general, en las escuelas no se cuenta con algún curso propedéutico que describa las características y funciones de calculadoras para su uso en las carreras de ingeniería; por otro lado, aunque los planes y programas de estudio privilegian el uso de software estadístico, las propuestas se basan principalmente, en software comercial, el cual, difícilmente es adquirido por las instituciones o por los alumnos. Para subsanar tales problemáticas, se ha optado por el uso de GeoGebra, que es un software para matemáticas sin costo, en el que se pueden desarrollar *scripts* que permiten adecuar funciones apropiadas para el cálculo de probabilidades de las distribuciones muestrales, tal y como la estandarización, se realiza en el cálculo de forma manual (véase Figura 4).

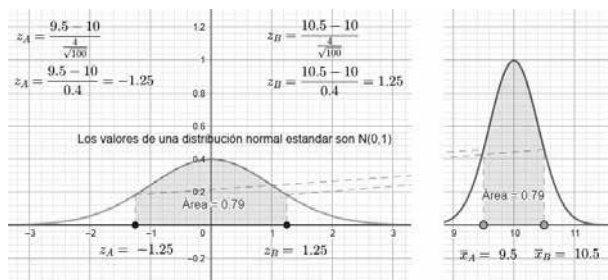


Figura 4. Applet de Geogebra. Estandarización de la distribución normal

Conclusiones

Dada la importancia que tiene el interpretar los conceptos, se ha optado por hacer uso de herramientas que les permitan a los alumnos la construcción del conocimientos y no únicamente el uso de software como «caja negra», donde los alumnos desconocen los procedimientos que se requieren para obtener resultados válidos, es de importancia hacer notar que, cuando los alumnos realizan aplicaciones (programan sus funciones), deben probar todos los casos posibles, lo que permite que el alumno extienda el concepto que se encuentra estudiando y amplíe sus conocimientos. Actualmente, se continúa con la enseñanza tradicional de buscar valores en tablas Estadística y se privilegia el uso de aplicaciones o *scripts* desarrollados por los alumnos.

Referencias

- Alvarado, Hugo; Galindo, Maritza; Retamal, Lidia. (2013). Comprensión de la Distribución muestral mediante configuraciones didácticas y su implicación en la inferencia estadística. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas. Recuperado de: <https://enciencias.uab.es/article/view/v31-n2-alvaradogalindo-retamal>. (consultado el 10 de enero de 2020).
- Calandra, Maria Varela; Costa, Viviana Angelica. (2015). La problemática de la enseñanza y aprendizaje del concepto de variable aleatoria continua y de función de densidad de probabilidad. Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de la Plata. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59178>, (consultado el 22 de junio de 2020).
- Planes y Programas de Estudio (2019). Lineamientos y Planes de Estudio, Tecnológico Nacional de México. Normateca: Dirección de Docencia e Innovación Educativa. TecNM. Recuperado de: <https://www.tecnm.mx/docencia/planes-de-estudio-2009-2010> (consultado el 22 de mayo de 2019).

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México/I. T. Apizaco y al alumno Cesar Valentín López Ramos, N°. control 15370360 de la carrera de Ingeniería Civil en la actividad complementaria Calculadoras Programables.

Simuladores de entrenamiento para la operación de procesos de refinación de petróleo

Training Simulators for the Operation of Oil Refining Processes

Ángel Castro-Agüero, Fernando Pérez-Villaseñor¹, Arturo Ortiz-Arroyo, Arturo Elías-Domínguez, María Verónica Hernández Ruiz, Evelyn García Montiel, Joel Hernández Macías

Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Facultad de Ciencias Básicas Ingeniería y Tecnología

¹fernando.perez@uatx.mx

Fecha de recepción: 23 de agosto de 2020. Fecha de aceptación 17 de octubre de 2020

Resumen

La simulación de procesos ha evolucionado de forma paralela al desarrollo tecnológico del equipo de cómputo que soporta su ejecución, desde el apoyo en la solución de los balances de materia y energía, hasta el desarrollo de modernos sistemas que permiten la capacitación técnica del personal operativo de plantas de procesos químicos, evitando exponer al aprendiz a escenarios de operación en planta potencialmente peligrosos para un operario inexperto. El Conacyt a través del fondo sectorial de hidrocarburos, financió el desarrollo de simuladores de entrenamiento de personal (OTS) para operadores de las plantas de refinación de petróleo, que además favoreciera la formación de expertos mexicanos en la programación de los OTS.

Palabras clave: Simulación dinámica, simulador de entrenamiento (OTS), Ingeniería de procesos.

Abstract

Process Simulation software evolution has been made possible due technological advances in computer hardware. Present-day process simulator software use material and energy balances calculations to build modern Operation Training Systems (OTS), allowing proper training of new workers in the chemical and petrochemical industries. In México CONACyT provided financial support to build OTS, and this effort have made possible the enhancement of the technical capabilities for oil industry workers as well as the formation of specialists in OTS programming.

Introducción

La evolución de la simulación de procesos aplicada a la industria química ha experimentado una gran evolución en los últimos 40 años. Desde las propuestas de Westerberg y col., en el libro de *Process Flowsheeting* publicado en 1979, hasta *Predictive Simulation Applied to Refinery Hydrogen Networks for Operators' Decision Support* propuesto por Galán y col., en 2019.

En el transcurso de cuatro décadas, el desarrollo de herramientas de simulación ha ido de la mano del avance tec-

nológico de los sistemas de cómputo (hardware y software por igual).

En 1980 Squires y Reklatis, publicaron una recopilación de los avances en simulación de procesos basado en computadora existentes hasta ese momento. Durante la década de 1980, Fletcher y Ogbonda (1988) proponen la transición del esquema modular secuencia al esquema modular orientado a ecuaciones aplicado a la simulación dinámica de procesos, de forma paralela Drozdowicz y Martínez (1988)

proponen modelos de cálculo reducidos para el desarrollo de simulación de procesos en tiempo real, estos trabajos entre otros fincan la base para la transición de la simulación de procesos en estado estacionario a la simulación dinámica de procesos.

Cochlqvius y Hnitzlein (1993) proponen la inclusión de los tópicos relacionados a la simulación de procesos en la formación de estudiantes de ingeniería química, así como el uso y conocimiento de los simuladores comerciales disponibles hasta ese momento.

En la década de los años 1990 a 2000, de la mano con el avance en el desarrollo de los sistemas de cómputo, tanto en hardware como en software, inicia la transición de los simuladores de procesos químicos hacia el uso de interfaces de usuario gráficas (GUI), tales como Aspen Plus, Hysis, Chemcad, entre otros.

Aunado al desarrollo de las GUI (Graphic User Interface), durante el periodo comprendido entre 1970 y 2000, se implementaron innumerables mejoras a los métodos de solución numérica de los modelos de proceso, la estimación de propiedades termofísicas, la evolución de los lenguajes y estructuras de programación, el modelado de sistemas de reacción y separación así como el gran avance en los sistemas de control de procesos, solo por mencionar algunas de las principales herramientas que hoy son fundamentales para el desarrollo de la simulación dinámica de procesos.

Tomando como punto de referencia la implementación de las GUI en los simuladores de procesos, Lee y col., (2000) se enfocaron en un método para evaluar la capacidad de los operadores para manipular un proceso mediante un «simulador de entrenamiento para operadores» (OTS), para tal fin desarrollaron un algoritmo para la evaluación de las tareas (TEA) para analizar y evaluar los resultados del entrenamiento de forma automática, una vez finalizada una sesión de entrenamiento en el OTS.

Santos y col., (2008) describen la simulación de un caso a escala industrial, la propuesta considera cada parte de la simulación como un componente individual. Para tal fin emplearon el lenguaje de programación EcosimPro, en la propuesta de simulación mientras unos componentes ejecutaban por separado las diferentes secciones del proceso, otros elementos de software comunicaban y sincronizaban la ejecución de los componentes de proceso.

Simuladores de capacitación y entrenamiento (OTS)

Como se discutió arriba, en las últimas cuatro décadas la simulación de procesos ha experimentado una transición,

pasando por el enfoque de la solución de los balances de materia y energía, por el análisis de la operación de una planta en tiempo real, hasta el desarrollo de herramientas que permiten mejorar las habilidades de los operadores de proceso; esta última característica es sin duda de gran valía para que el personal operativo de una planta de procesos pueda ser entrenado de forma segura, particularmente en procesos que requieren condiciones de extremas de temperatura y presión, cuyos insumos y productos son potencialmente «peligrosos», por ejemplo los procesos relacionados con refinación de petróleo.

Un sistema de entrenamiento para la operación de un proceso (OTS) es construido preferentemente sobre la base de un simulador dinámico de procesos y el objetivo es emular la operación de la planta a través del sistema de control distribuido de la misma (DCS). Para construirlo se requiere conocer básicamente toda la información relacionada con el diseño de cada uno de los elementos involucrados en la operación de la planta: Diagramas de tubería e instrumentación, hojas de datos técnicos de equipos, información de los sistemas de alarma, paro de emergencia, manuales de operación, etc. El modelo de simulación resultante es una planta virtual que reproduce dentro de un margen de error aceptable el comportamiento del proceso.



Figura 1. Esquema general de un OTS

En la Figura 1 se muestra la concepción básica de un simulador de entrenamiento, el cual es un sistema distribuido, donde el servidor de instructor posee el acceso a todas las funciones del modelo de entrenamiento, enfrentando a través de las terminales a diferentes escenarios de capacitación al personal que se encuentra en entrenamiento. Para construir un OTS de cualquiera de los procesos involucrados en la refinación de crudo, tales como *cracking* catalítico fluidizado (FCC), isomerización, reformación catalítica y alquilación, entre otros, requiere de conocimientos en prácticamente todas las áreas de la ingeniería química, tales como, ingeniería de reactores, destilación, absorción, transporte de masa y energía, termodinámica, etc.

Resultados

En **Innovateck**, se desarrollaron diecisiete simuladores de entrenamiento para diferentes áreas de proceso de las refinerías de Pemex, a través del proyecto TACTO, como parte del consorcio integrado a su vez por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y Honeywell de México quien proporcionó las licencias para el uso de herramientas de simulación de procesos **Unisim Design** y **Unisim Operations** para el desarrollo de los modelos de entrenamiento. El proyecto TACTO fue financiado por el fondo sectorial Conacyt-SENER.

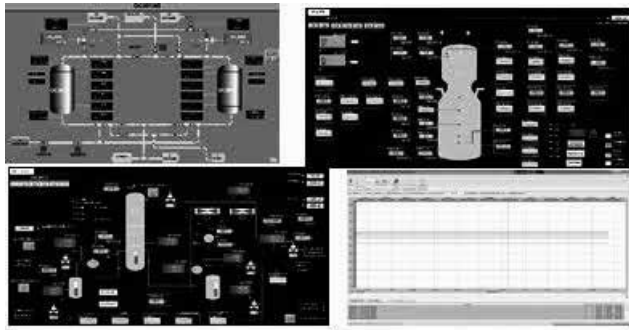


Figura 2. Ejemplos de pantallas del SCD de modelos OTS

En la figura 2, se ilustran algunas de las áreas de proceso desarrolladas por el equipo de ingeniería de **Innovateck** que en total construyó siete simuladores para **craqueo catalítico fluidizado** (FCC), dos de **reformación catalítica** (CCR), uno de **isomerización** de pentanos, tres de **alquilación**, tres de **servicios auxiliares** y una **hidrodesulfuradora** (HDS). En cada modelo concluido, además de la planta virtual se desarrollaron los módulos para entrenamiento que incluyen la programación de diversos escenarios para evaluación de las competencias que debe adquirir cada operador, lo anterior basado en las características de cada planta y de las especificaciones del tecnólogo que diseñó o actualizó cada planta.

Finalmente, es importante destacar que la programación de los modelos desarrollados por **Innovateck** fueron programados en su totalidad por ingenieros mexicanos.

Bibliografía

- [1] Westerberg, A. W., Hutchison, H. P., Motard, R. L. Process Flowsheeting. Cambridge University Press, 1st. Ed. 1979.
- [2] Squires, R., Reklaitis, G. Steady State Chemical Process Simulation: A State-of-the-Art Review. In Computer Applications to Chemical Engineering. Process Design and Simulation. ACS Symposium Series, 1980.
- [3] Fletcher, J.P., Ogbonda, J.E. Consolidation of refinery control rooms: Migration of a refinery's DCS provided an opportunity to reconfigure and consolidate the control rooms and operational management system. Computers Chem. Engng. 1988, **12**, 401-405.
- [4] Drozdowicz, B., Martínez, E. Reduced models for separation processes in real-time simulators. Computers Chem. Engng. 1988, **12**, 547-560.
- [5] Cochiquius, E., Hnitzlein K. The system editor and simulator a digital simulator in chemical education. Computers Chem. Engng. 1993, **17**, 785-798.
- [6] Lee, S., Jeong, I., Moon, I. Development of evaluation algorithms for operator training system. Computers Chem. Engng. 2000 **24**, 1571-1522.
- [7] Santos, R., Normey-Rico, J., Merino, A., Acebes, L.,; De Prada, C. Distributed continuous process simulation: An industrial case study. Computers Chem. Engng. 2008, **32**, 1195-1205.
- [8] Galán, A., De Prada. C., Gutierrez, G., Sarabia, D., González, R. Predictive Simulation Applied to Refinery Hydrogen Networks for Operators' Decision Support. IFAC PapersOnLine. 2019, **52**, 862-867.

Agradecimientos

Los autores agradecen al ingeniero Roberto Andrade Cruz, Gerente General de Innovateck (Innovación Tecnología y Servicios S.A. de C.V.) por permitirles conocer los simuladores de entrenamiento desarrollados por su empresa y a la Universidad Autónoma de Tlaxcala por las facilidades para el desarrollo de esta investigación.

Publicación financiada con recursos Profexce 2020

Implementación de la lógica difusa como herramienta para la solución de problemas de clasificación

Implementation of Fuzzy Logic as a Tool for Solving Classification Problems

Eduardo Sánchez Lucero¹ (autor correspondiente), Guadalupe Ortega Cruz², Merced Pérez Moreno³,
Martín Rojas Ramírez⁴, María Lorena Roldán Flores⁵, Saúl Olaf Loaiza Meléndez⁶,
Julián Méndez Carrasco⁷ (estudiante)

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Apizaco

¹eduardo.sl@apizaco.tecnm.mx, ²guadalupe.oc@apizaco.tecnm.mx, ³merced.pm@apizaco.tecnm.mx, ⁴martin.rr@apizaco.tecnm.mx, ⁵lorena.rf@apizaco.tecnm.mx, ⁶saul.lm@apizaco.tecnm.mx, ⁷m18371399@apizaco.tecnm.mx

Fecha de recibido: 28 de julio de 2020. Fecha de aceptación: 14 de octubre de 2020

Resumen

En este trabajo se muestra la lógica difusa como herramienta de clasificación, para uso cada vez más común en la implementación de dispositivos que atienden las necesidades del día a día. Se analiza la posibilidad de integrar la lógica difusa con un modelo de red neuronal artificial (RNA) para el uso de un dispositivo controlado por comandos de voz y se muestran resultados de algunas pruebas hechas para el reconocimiento de comandos para su posible implementación en el dispositivo. Este trabajo de investigación se realizó en el Tecnológico Nacional de México (TecNM), campus Apizaco (ITA).

Palabras clave: Herramienta, dispositivo, comando, clasificación.

Abstract

In this work, fuzzy logic is shown as a classification tool, for increasingly common use in the implementation of devices that meet day-to-day needs. The possibility of integrating fuzzy logic with an artificial neural network (ANN) model for the use of a device controlled by voice commands is analyzed and results of some tests done for the recognition of commands are shown for their possible implementation in the device. This research work was carried out at the Tecnológico Nacional de México (TecNM), campus Instituto Tecnológico de Apizaco (ITA).

Keywords: Tool, device, command, classification.

1. Introducción

La lógica difusa es considerada como una de las áreas de la inteligencia artificial que cada vez va teniendo más influencia y presencia en el desarrollo de tecnología, es más común ver su implementación en lavadoras, refrigeradores, atenuación de lámparas de casa habitación, recomendación de platillos y restaurantes, servicios, entre otros.

2. Propuesta de integración

La propuesta esta basada en la integración de la lógica difusa y una red neuronal, utilizando el modelo *Fuzzy Restricted Coulomb Energy*, con las siguientes características: capas de entrada, prototipo y salida. Cada característica del vector de entrada es representada por un nodo, y en la salida se representa una categoría. Los nodos ocultos representan

a un nodo prototipo. Los prototipos difusos sustituyen a los prototipos duros, los nodos prototipo definen con su activación difusa a una correspondiente función de membresía. Las funciones de membresía triangular son usadas para cada nodo prototipo (Fig. 2.1).

$$\mu(x) = \begin{cases} (1/b)(-|x-a|+b) & \text{si } (a-b) < x < (a+b) \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

Fig. 2.1 Función de membresía triangular

Donde 'a' es el centro y 'b' es la anchura. Dado que la dimensión de características de entrada de los vectores es 'n', entonces 'n' funciones de membresía triangular $\{\mu_{ij}(x_j), j=1,2,\dots,n\}$ debe ser definida por un 'i' nodo prototipo (denotado por 'Pi'). Para simplificar anchura, 'bi' es usado en nodos prototipo 'Pi'. Cada nodo prototipo 'Pi' tiene (n+1) parámetros: $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$ y 'bi' como se muestra en la figura 2.2.

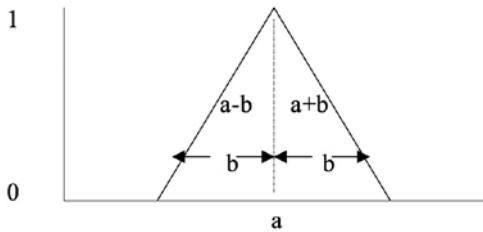


Figura 2.2 Función de membresía triangular para cada nodo de la FRCE

Donde $a+b \leq \text{MAX}$, $a-b \geq \text{MIN}$, $a = (\text{MAX} - \text{MIN})/2$ es el centro de la función de membresía. $b \text{ MAX} = \text{MAX} - a$ por tanto $a - \text{MIN} = b \text{ MAX}$, y $b \text{ MIN} = 0$.

El algoritmo de aprendizaje para el modelo fuzzy RCE es descrito como sigue:

Para cada vector de entrada de entrenamiento $x = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ perteneciente a la 'kth' clase, seguir los siguientes pasos:

2.1. Paso 1: Calcular la salida de todos los nodos prototipo P_i como sigue (Fig. 2.3):

$$\text{OUT } p_i = \phi \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \mu_{ij}(x_j) \right),$$

Figura 2.3. Cálculo de la salida de los nodos prototipo

donde $\mu_{ij}(\cdot)$ es definido por la Ecuación 4.1., y también la siguiente ecuación (Fig. 2.4):

$$\phi(x) = \begin{cases} X & \text{SI } X > \theta \\ 0 & \text{SI } X \leq \theta, \end{cases}$$

Figura 2.4 Salida para el nodo prototipo

Donde θ es un umbral preespecificado. Si $\text{OUT } p_i > 0$, entonces el nodo prototipo p_i se dice que es disparado (Fig. 2.5):

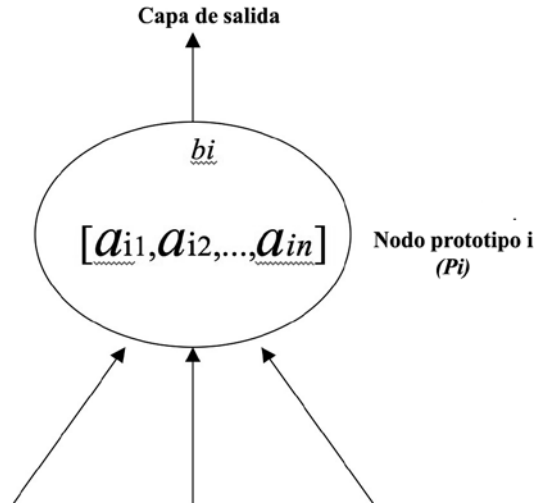


Figura 2.5. Neurona prototipo en la red difusa (Fuzzy RCE)

2.2. Paso 2: Si ningún nodo prototipo en la kth clase es disparado, entonces crear un nuevo nodo prototipo P_i el cual conectará a la kth salida del nodo y activa $a_l = (a_{l1}, a_{l2}, \dots, a_{ln}) = X$, $b_l = b_0$, donde b_0 es un valor inicial preespecificado para todas las funciones de membresía.

2.3. Paso 3: Si cualquier nodo prototipo P_i que no es conectado a la kth nodo de salida es activado, entonces reducir b_i a b_i' tal que P_i no puede ser activado (Fig. 2.6).

El valor de b_i' es derivado por la activación $\text{OUT } p_i = \theta$. Así:

$$b_i' = \frac{\sum_{j=1}^n f(x_j)}{(n-k) - n\theta},$$

Figura 2.6. Para reducir b a b' , preespecificado del ancho de la función de membresía

Donde:

$$f(x_j) = \begin{cases} x_j - a_{ij} & \text{Si } (a_{ij} - b_i) < x_j < (a_{ij} + b_i) \\ 0 & \text{Otro caso} \end{cases}$$

y k es el número de no ceros $f(x_j)$

Figura 2.7. Complemento de ecuación para reducir b a b'

FIN FRCE (Fin del algoritmo)

3. Representación del modelo

En las figuras 2.8, se muestra el espectro de sonido, al mismo tiempo que su representación espacio temporal.



Fig. 2.8a. Espectro de sonido

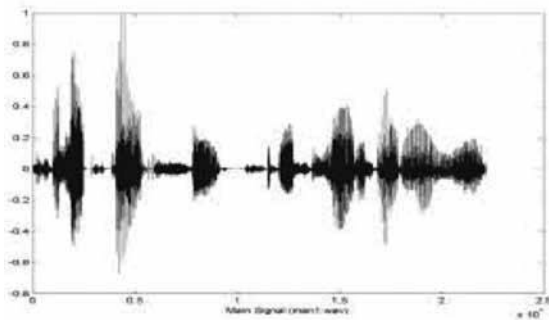


Fig. 2.8b. Representación espacio temporal

Para la implementación de la lógica difusa con la red, es necesario mencionar que en la adquisición del comando de sonido comúnmente irá acompañado de ruido del ambiente, por lo que será necesario realizar un análisis de filtros para obtener la señal portadora y discriminar el ruido existente.

A continuación se realiza la activación de neuronas entre los vectores de muestras con los vectores de centroides y se obtienen los nodos prototipo, de ellos se consideran las pautas del algoritmo y se obtienen salidas generadas por estos nodos prototipo.

En la Figura 2.9, se muestra el proceso de activación de neuronas:

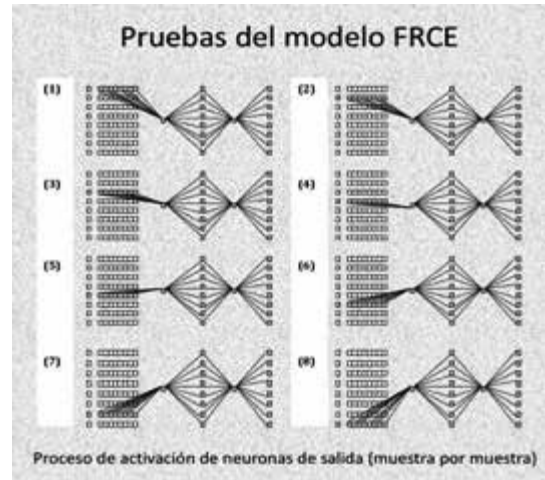


Fig. 2.9 Proceso de activación

4. Resultados

La figura 2.10, muestra un ejemplo de la simulación de distribución de muestras para diferentes comandos (17), que servirán como instrucciones en un dispositivo de reconocimiento de comandos de voz, cada uno es considerado con diez coeficientes.

00	9	5	4	00->1,6,12
01	9	7	2	1->5
02	9	9	0	
03	9	9	0	
04	9	9	0	
05	9	6	3	5->2
06	9	8	1	6->16
07	9	9	0	
08	9	7	2	8->2
09	9	9	0	
10	9	9	0	
11	9	9	0	
12	9	7	2	12->00
13	9	8	1	13->14
14	9	8	1	14->13
15	9	9	0	
16	9	7	2	16->01
	153	135	18	

Figura 2.10 Ejemplo de distribución de muestras (17)

5. Conclusiones

Se concluye que un aspecto importante en el reconocimiento de comandos de voz, son las muestras sin ruido, de este modo los procesos son más rápidos y con mayor grado de certidumbre; lo que contribuye al reconocimiento. La programación modular es de vital importancia en el procesamiento de información robusta, ya que evita procesamientos redundantes, lo que significa mayor efectividad en los tiempos de procesamiento. La lógica difusa demostró que incrementa el grado de reconocimiento de comandos de voz por considerar significantes a los datos menores en representación, tomando en consideración una correcta definición en las funciones de membresía para el problema propuesto.

Bibliografía

- [1] Fuzzy Logic with Engineering Applications. Timothy J. Ross. Third Edition. Wiley, 2010.
- [2] Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection. G.M. Edelman. New York. Basic Books. 1987.
- [3] Redes neuronales. Algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación. James A. Freeman y David M. Skapura. Ed. Addison-Wesley/Díaz de Santos. pp. 48, 52, 54, 55.
- [4] Self Organization and Associative Memory. Kohonen, T. Springer-Verlag, Berlín. 1984.
- [5] Reconocimiento de formas y visión artificial. Maravall Gómez Allende. Addison Wesley Iberoamericana / Rama. pp.204-214.

Cálculo de la compensación entrópica-entálpica en el proceso de micelización

Method for Calculating the Enthalpy-Entropy Compensation of the Micellization Process

Bulmaro Quiroz Hernández¹, Shirley Carro Sánchez², María Felicitas Lara Yescas³, O'Brian Luna Ramírez⁴, Verónica Romero Montiel

Universidad Autónoma de Tlaxcala

Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología.

¹quirozbqh@gmail.com, ²shirley.carro@uatx.mx, ³mafe.laye@gmail.com, ⁴obrian.lunaramirez@gmail.com

Fecha de recibido: 3 de agosto de 2020. Fecha de aceptación: 28 de octubre de 2020

Resumen

Se ha encontrado que el proceso de micelización exhibe una relación lineal entre el cambio de entropía y el cambio de entalpía. Este fenómeno se conoce como compensación entálpica-entrópica. En este trabajo se detalla la metodología para realizar el cálculo de las energías involucradas. Mediante el uso de un modelo de separación de fases y ley de acción de masas se calculó el cambio en la energía libre de Gibbs, en la entropía y en la entalpía mediante la determinación de la dependencia de la concentración micelar crítica en función de la temperatura.

Palabras clave: micelización, entalpía, entropía, surfactante no iónico, tensiometría.

Abstract

It has been shown that micellization process exhibits a lineal relationship between entropy and enthalpy changes. This phenomenon is known as enthalpy-entropy compensation. In this paper a methodology to calculate the values for the involved energies is detailed. Using a phase separation model and the mass action model the enthalpy, entropy and standard Gibbs free energy of micelle formation were calculated by the experimental determination of the temperature dependence of critical micellar concentration.

Keywords: Micellization, enthalpy, entropy, nonionic surfactant, tensiometry.

Introducción

Los tensoactivos, también conocidos como surfactantes, son moléculas anfifílicas, esto es, poseen una parte hidrofílica y otra hidrofóbica. Esos preferentemente se localizan en la interfase de los fluidos que posean grados de polaridad diferentes, tales como el agua y sustancias orgánicas. Los tensoactivos son usados en industrias farmacéuticas, de detergentes, de alimentos, ambiental; sin embargo, hoy en día las investigaciones están más dirigidas a la micro y nanotecnología, destacando procesos de microencapsulación, liberación de fármacos y encapsulación de esencias y sabores

(Novelo-Torres y Gracia-Fadrique, 2005) tomando ventaja de su capacidad de formar micelas.

La micelización es un proceso donde las moléculas se asocian en agregados adoptando una orientación definida por su carácter anfifílico. Para que ocurra la formación de micelas es necesario alcanzar una concentración denominada concentración micelar crítica (CMC).

Se sabe que el proceso de micelización de los tensoactivos muestra una relación lineal entre el cambio de entropía

y el cambio de entalpía (Chen *et al.*, 1998b). Este fenómeno se conoce como «compensación entálpica-entrópica». El fenómeno de micelización se puede describir como un proceso de dos partes: (a) la desolvatación, esto es, la deshidratación de la parte hidrocarbonada de las moléculas de surfactantes; y (b) la parte «química», que consiste en la agregación de la parte hidrocarbonada para formar una micela (Lumry y Gregory, 1986). En general, la relación entre el cambio de entropía (ΔS) y de entalpía (ΔH) se describe como:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1)$$

donde ΔG es el cambio en la energía libre de Gibbs.

La ecuación (1) puede ser vista como la ecuación de una línea recta donde T es la pendiente, y en el caso del fenómeno de micelización corresponde a la temperatura de compensación. Esta puede ser interpretada como una característica de las interacciones solvente-solvente y solvente-soluto, relacionada con la parte de desolvatación en el proceso de micelización. La ordenada al origen (ΔH) caracteriza las interacciones solvente-solvente relacionadas con la parte química de dicho proceso (Chen *et al.*, 1998b).

Se ha encontrado que los diferentes parámetros de la ecuación (1) pueden ser determinados para un proceso de micelización encontrando la dependencia de la CMC en la temperatura. El objetivo del presente trabajo es describir la metodología empleada para determinar dichos parámetros ejemplificando el cálculo con un surfactante no iónico con grupos etoxilados.

Metodología

Existen diversos métodos para determinar experimentalmente la CMC, uno de los más ampliamente empleados es el de tensiometría. Este consiste en medir la variación de la tensión superficial con la concentración de surfactante. Cuando se agregan moléculas de surfactante al agua, estas se colocan en la interfase agua-aire, disminuyendo la tensión superficial del agua hasta saturar la superficie, conforme se aumenta la concentración de surfactante. Si se continúa añadiendo surfactante, las moléculas de este comienzan a formar agregados, micelas. A partir de este punto la tensión superficial permanece prácticamente constante (Figura 1). Por lo tanto, una gráfica de tensión superficial contra concentración de surfactante permite determinar el valor de CMC en el punto en que la tensión superficial permanece constante.

La medición de la tensión superficial se llevó a cabo en un tensiómetro Lauda TD3 con el método de la placa de Wilhelmy. Inicialmente se lavó la placa con metanol y acetona, después se secó a flama, hasta que la placa estuviera al rojo vivo, con la finalidad de eliminar cualquier impureza que pudiera interferir en las mediciones. Se utilizó un baño de calentamiento con recirculación para regular la temperatura de la solución. Para las mediciones se empleó un volumen de 60 mL. Las soluciones se prepararon empleando 60 mL de agua, destilada y desionizada, y un surfactante no comercial no iónico derivado de ésteres etoxilados. Las diferentes concentraciones se prepararon a partir de una solución madre por dilución. Se dejaron agitando durante 24 hrs previas a la medición. Se llevaron a cabo mediciones a diferentes temperaturas en un intervalo de 25-80 °C.

Para la determinación de la CMC se obtienen dos líneas rectas, una para los puntos donde se observa el descenso de la tensión y otra para aquellos donde la tensión permanece constante. Con las ecuaciones que representan dichas líneas, se genera un sistema de ecuaciones y se calcula el valor de la variable independiente, x, que representa a la CMC, considerando un mismo valor para y (tensión superficial). Por lo tanto, al resolverse el sistema se obtiene el punto de intersección de ambas líneas, el cual es el correspondiente al valor de la CMC (Figura 1).

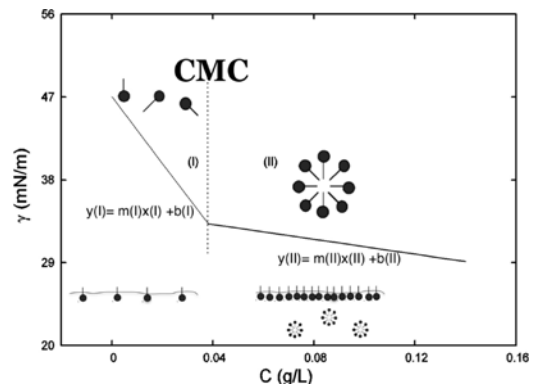


Figura 1. Representación de la determinación experimental del valor de la CMC mediante tensiometría. Fuente propia

La dependencia de la temperatura en la CMC en surfactantes no iónicos se puede aplicar para calcular la entalpía y la entropía del proceso de micelización. De acuerdo con un modelo de separación de fases (Matijević y Pethica, 1958) y un modelo de acción de masas (Philips, 1955), la energía libre de Gibbs estándar está dada por:

$$\Delta G_m^0 = RT \ln x_{cmc} \quad (2)$$

donde x_{cmc} representa la fracción molar de surfactante en acuoso en solución a la CMC.

Cuando el número de agregación de moléculas por micela no es demasiado bajo, y no depende importantemente de la temperatura, se puede calcular la entalpía del proceso de micelización aplicando la ecuación Gibbs-Helmholtz a la ecuación 2:

$$\Delta H_m^0 = -T^2 \frac{\partial(\Delta G_m^0 / T)}{\partial T} = -RT^2 \frac{\partial \ln x_{cmc}}{\partial T} \quad (3)$$

Para evaluar la entalpía del proceso de micelización, la fracción molar de surfactante en la CMC se correlaciona mediante una ecuación polinomial:

$$\ln x_{cmc} = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (4)$$

donde las constantes a , b , c y d son determinadas mediante una regresión de mínimos cuadrados. Por lo que la entalpía del proceso de micelización se puede obtener sustituyendo la ecuación 4 en la ecuación 3 para obtener:

$$\Delta H_m^0 = -RT^2(b + 2cT + 3dT^2) \quad (5)$$

La entropía de formación de micelas se puede determinar mediante

$$\Delta S_m^0 = \frac{1}{T}(\Delta H_m^0 - \Delta G_m^0) \quad (6)$$

Resultados

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos por tensiometría para diferentes temperaturas. A partir de estas curvas se determinaron los valores de CMC que se presentan en la Tabla 1. Obsérvese que al aumentar la temperatura, el valor de CMC disminuye. Esto se atribuye a una disminución en la hidatación del grupo hidrofílico de las moléculas de surfactante, lo cual favorece la formación de micelas. Sin embargo, se ha reportado que para temperaturas mayores a 60° C, el valor de CMC incrementa (Chen *et al.*, 1998b) ya que el efecto causado por el aumento en la temperatura en la parte hidrofóbica de la cadena, efecto de repulsión de las moléculas de agua que rodean la parte hidrofóbica el cual disminuye el arreglo estructural de las mismas, predomina sobre el efecto en la parte hidrofílica, desfavoreciendo la formación de micelas. En este caso, no se observa un mínimo en la CMC con el aumento en la temperatura; sin embargo, debe considerarse que el tipo de surfactante analizado posee una estructura diferente a aquellos de los cuales se reportó dicho comportamiento.

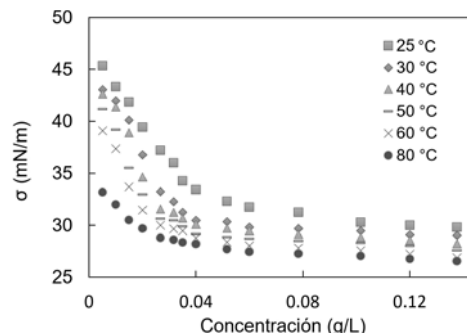


Figura 2. Variación de la tensión superficial con la concentración a diferentes temperaturas para una solución de surfactante. Fuente propia

Con la finalidad de analizar si, efectivamente, la estructura polar de la molécula no influye en el efecto de compensación entálpica-entrópica como se ha indicado en trabajos previos (Chen *et al.*, 1998a, 1998b) es necesario realizar experimentación con surfactantes de la misma familia con diferente cantidad de grupos polares; por el momento, esto se encuentra fuera del alcance del objetivo de este artículo.

Tabla 1. Resultados obtenidos para CMC, ΔG_m^0 , ΔH_m^0 y $-T\Delta S_m^0$ para el surfactante analizado. Fuente propia

Temperatura (°C)	CMC (mg/L)	(KJ/mol)	(KJ/mol)	(KJ/mol)
25	38.4505	-40.36279	6.75225	-47.1150353
30	37.8214	-41.09515	5.49389	-46.58904
40	35.7037	-42.75739	3.27189	-46.0292837
50	36.1242	-43.92202	1.55265	-45.4746662
60	32.4719	-45.54780	0.47622	-46.0240196
80	31.9619	-48.21618	0.85963	-49.0758105

En la Figura 3 se muestra el efecto de la temperatura sobre ΔG_m^0 , ΔH_m^0 y $-T\Delta S_m^0$ para el surfactante en estudio en solución acuosa. Se puede observar que $\Delta H_m^0 > 0$, lo que indica que el proceso de micelización para dicho surfactante es endotérmico. En la Tabla 1, se resumen los valores calculados para todos los parámetros. Nótese que $\Delta G_m^0 < 0$ lo que implica que el proceso de micelización es impulsado por la entropía. El cambio de entropía es resultado de dos procesos; (i) un gran cambio de entropía negativa acompaña a la transferencia de la cadena de hidrocarburos fuera del agua hacia la micela similar a lo que se observa a altas temperaturas; (ii) un cambio de entropía positivo acompaña a la eli-

minación de agua alrededor de la cadena de hidrocarburos.

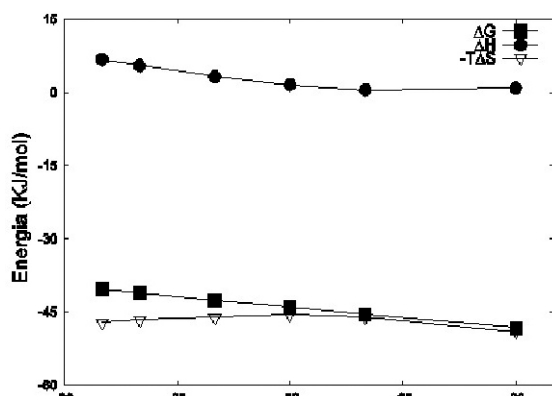


Figura 3. Variación de ΔG_m^0 , ΔH_m^0 y $-T\Delta S_m^0$ como una función de la temperatura para el surfactante analizado. Fuente propia

Como se mencionó en la introducción, el proceso de compensación entálpica-entrópica se presenta como la suma de dos procesos la desolvatación y la parte «química». Para que sea considerada la compensación entálpica-entrópica en el proceso de micelización se debe presentar una relación estrictamente lineal entre ΔS_m^0 y ΔH_m^0 . En la Figura 4 se grafica ΔS_m^0 vs ΔH_m^0 , observando una relación lineal entre ΔH_m^0 y ΔS_m^0 .

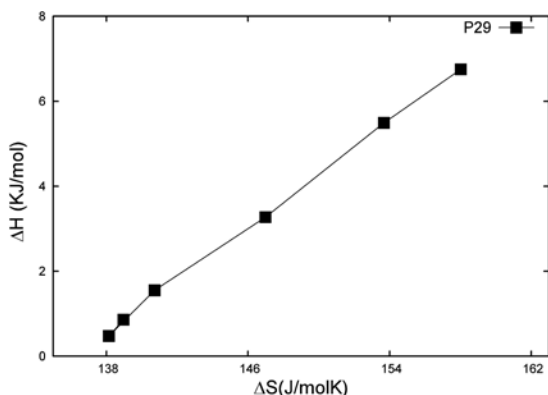


Figura 4. Compensación entálpica-entrópica para el surfactante analizado. Fuente propia

Conclusiones

En este trabajo se presenta la metodología para estudiar la compensación entálpica-entrópica del proceso de micelización. Fue posible determinar la energía libre de Gibbs, entalpía y entropía del proceso de micelización a partir de datos experimentales de CMC obtenidos por tensiometría, asimismo se logró observar una relación lineal entre los valores de entalpía y entropía demostrando la existencia de la compensación entálpica-entrópica en el surfactante analizado.

Referencias

- Chen, L.J, Lin S.Y, Huang C.C, Chen E.M. “Temperature dependence of critical micelle concentration of polyoxyethylenated non-ionic surfactants”. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 1998, 135, 1–3, 175.
- Chen L. J., Lin, S.Y., Huang C.C. “Effect of hydrophobic chain length of surfactants on Enthalpy-Entropy compensation of micellization”. Journal of Physics and Chemistry, Part B, 1998, 102, 4350.
- Lumry, R., Rajender, S. “Enthalpy-entropy compensation phenomena in water solutions of proteins and small molecules: a ubiquitous property of water”. Biopolymers, 1970, 9, 1125.
- Matijević, E., Pethica, B. A. “The heats of micelle formation of sodium dodecyl sulphate”. Transactions on Faraday Society, 1958, 54, 587.
- Novelo Torres A.M, Gracia Fadrique, J. “Concentración micelar crítica mediante la ecuación de adsorción de Gibbs”. Educación Química, 2005, 16, 1, 63.
- Philips, J.N. “The energetics of micelle formation”. Transactions on Faraday Society, 1955, 51, 561.

Agradecimientos

Publicación financiada con recursos Profexce 2020.