

ISSN 2531-2960

Volumen 3, Número 10 — Abril — Junio - 2019

Revista del Desarrollo Tecnológico



ECORFAN-Spain

Editor en Jefe

BANERJEE, Bidisha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista del Desarrollo Tecnológico, Volumen 3, Número 10, de Abril a Junio 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Morazarzal -Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: BANERJEE, Bidisha. PhD. ISSN: 2531-2960. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLABOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado el 30 de Junio del 2019.

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

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

Revista del Desarrollo Tecnológico

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de desarrollo tecnológico, tecnología digital, impacto tecnológico, enseñanza con ayuda de ordenador, fiabilidad de los ordenadores, heurística, informática, instrucciones aritméticas de máquina, inteligencia artificial, lenguajes algorítmicos, lenguajes de programación

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

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

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista del Desarrollo Tecnológico es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Spain, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de desarrollo tecnológico, tecnología digital, impacto tecnológico, enseñanza con ayuda de ordenador, fiabilidad de los ordenadores, heurística, informática, instrucciones aritméticas de máquina, inteligencia artificial, lenguajes algorítmicos, lenguajes de programación con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

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

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

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD
University of Southampton

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

NAZARIO - BAUTISTA, Elivar. PhD
Centro de Investigacion en óptica y nanofisica

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

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

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

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

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

Comité Arbitral

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

PALMA, Oscar. PhD
Instituto Tecnológico de Conkal

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

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD
Universidad de Guanajuato

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD
Universidad de Guadalajara

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

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

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

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

CRUZ - BARRAGÁN, Aidee. PhD
Universidad de la Sierra Sur

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

Cesión de Derechos

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

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

Declaración de Autoría

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

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

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

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

Detección de Plagio

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

Proceso de Arbitraje

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

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de desarrollo tecnológico, tecnología digital, impacto tecnológico, enseñanza con ayuda de ordenador, fiabilidad de los ordenadores, heurística, informática, instrucciones aritméticas de máquina, inteligencia artificial, lenguajes algorítmicos, lenguajes de programación y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Análisis de las características Corriente-Voltaje (I-V) en Barreras Schottky de Silicio (p)-Oro*, por ORTIZ-VÁZQUEZ, Jonathan, ORTIZ-SIMÓN, José Luis, VÁZQUEZ-MÉNDEZ, Gerardo y ROJO-VELAZQUEZ, Gustavo Emilio, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo y el Instituto Politécnico Nacional, como segundo artículo presentamos, *Uso del procesamiento digital de imágenes para la extracción de datos de medidas experimentales publicados en formato gráfico*, por PEZA-ORTIZ, Edebaldo, TORRES-VALLE, Jose Bernardo, GARCÍA-TRINIDAD, Enrique y GONZÁLEZ-RAMOS, Alma Delia, con adscripción en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez , como tercer artículo presentamos, *Invernadero utiliza energía solar para el control de temperatura*, por PÉREZ-ORTEGA, Eva Claudia, CHAVIRA-ÁLVAREZ, Alberto y ESPARZA-DELGADO, María del Carmen, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Chihuahua, como último artículo presentamos, *El método gráfico y analítico en la teoría de mecanismos*, por VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, Benjamín, JIMÉNEZ-RABIELA, Homero, RAMÍREZ-CRUZ, José Luis y QUINTANA-DIAZ, María Berenice Guadalupe, con adscripción en Universidad Autónoma Metropolitana.

Contenido

Artículo	Página
Análisis de las características Corriente-Voltaje (I-V) en Barreras Schottky de Silicio (p)-Oro ORTIZ-VÁZQUEZ, Jonathan, ORTIZ-SIMÓN, José Luis, VÁZQUEZ-MÉNDEZ, Gerardo y ROJO-VELAZQUEZ, Gustavo Emilio <i>Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo</i> <i>Instituto Politécnico Nacional</i>	1-5
Uso del procesamiento digital de imágenes para la extracción de datos de medidas experimentales publicados en formato gráfico PEZA-ORTIZ, Edebaldo, TORRES-VALLE, Jose Bernardo, GARCÍA-TRINIDAD, Enrique y GONZÁLEZ-RAMOS, Alma Delia <i>Universidad Tecnológica Fidel Velázquez división</i>	6-16
Invernadero utiliza energía solar para el control de temperatura PÉREZ-ORTEGA, Eva Claudia, CHAVIRA-ÁLVAREZ, Alberto y ESPARZA-DELGADO, María del Carmen <i>Universidad Tecnológica de Chihuahua</i>	17-23
El método gráfico y analítico en la teoría de mecanismos VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, Benjamín, JIMÉNEZ-RABIELA, Homero, RAMÍREZ-CRUZ, José Luis y QUINTANA-DIAZ, María Berenice Guadalupe <i>Universidad Autónoma Metropolitana</i>	24-29

Análisis de las características Corriente-Voltaje (I-V) en Barreras Schottky de Silicio (p)-Oro

Analysis of the Current-Voltage (I-V) characteristics of Silicon (p)-Gold Schottky Barriers

ORTIZ-VÁZQUEZ, Jonathan†*, ORTIZ-SIMÓN, José Luis, VÁZQUEZ-MÉNDEZ, Gerardo y ROJO-VELAZQUEZ, Gustavo Emilio

¹Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, Reforma 2007 Sur. Colonia Fundadores. Nuevo Laredo Tamaulipas, México

²Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Electrónica del Estado Sólido, CINVESTAV, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, AP: 14-740, 07000 México, Ciudad de México.

³Programa de Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología, CINVESTAV-IPN, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Ciudad de México, C.P. 07360, México

ID 1^{er} Autor: Jonathan, Ortiz-Vázquez / ORC ID: 0000-0003-1087-9306, Researcher ID Thomson: S-7037-2018, CVU CONACYT ID: 999613

ID 1^{er} Coautor: José Luis, Ortiz-Simón / ORC ID: 0000-0001-6548-3849, CVU CONACYT ID: 209883

ID 2^{do} Coautor: Gerardo, Vázquez-Méndez / ORC ID: 0000-0001-8041-3072, CVU CONACYT ID: 1015828

ID 3^{er} Coautor: Gustavo Emilio, Rojo-Velazquez / ORC ID: 0000-0002-7792-1436, CVU CONACYT ID: 26367

DOI: 10.35429/JTD.2019.10.3.1.5

Recibido: 10 de Marzo, 2019; Aceptado 30 de Junio, 2019

Resumen

El ancho de banda, el rendimiento, la alta capacidad de almacenamiento su ancho de banda y el bajo costo de fabricación, son características de las memorias de acceso aleatorio (RAM). Dentro de la clasificación de las RAM se hallan las FRAM (memoria de acceso ferro-aleatorio) y las MRAM (memorias magnetorresistivas de acceso aleatorio). Esta última, ya que el almacenamiento se debe a una orientación magnética y no a una orientación eléctrica, ha causado mucho interés entre la comunidad científica. En este trabajo se analiza las características corriente-voltaje (I-V) en barreras Schottky de Silicio-Oro aplicando un campo magnético externo sobre esa estructura.

Abstract

The bandwidth, low cost, great storage capacity and performance are characteristics of the random Access Memories (RAM). Some kinds of RAM include ferro-random access memory (FRAM) and magnetoresistive random access memory (MRAM), the latter being of great interest to the scientific community since storage is achieved via magnetic orientation rather than electric orientation. In this paper, we analyze the effect of the application of an external magnetic field on the current-voltage (I-V) characteristics of Schottky barriers made of silicon-gold, to show the effects of magnetoresistance in dispositive semiconductors suited for use as memory storage.

MRAM, Barreras Schottky, Campo Magnético

MRAM, Schottky Barriers, Magnetic Field

Citación: ORTIZ-VÁZQUEZ, Jonathan, ORTIZ-SIMÓN, José Luis, VÁZQUEZ-MÉNDEZ, Gerardo y ROJO-VELAZQUEZ, Gustavo Emilio. Análisis de las características Corriente-Voltaje (I-V) en Barreras Schottky de Silicio (p)-Oro. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-10: 1-5

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: j.o.vazquez1996@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los efectos de la magnetorresistencia se conocen desde 1850, cuando lord Kelvin mostro que la aplicación de un campo magnético a un objeto metálico incrementa la resistencia eléctrica del objeto en una dirección y la reduce en dirección de la normal. Fue gracias a los descubrimientos de la magnetorresistencia gigante (GMR), por parte de Alberto Fert y Peter Grunberg, y con los recientes avances de la nanotecnología, que se desarrolló la MRAM [1]. Por otra parte, Zhang *et al.*, reportan efectos de magnetorresistencia gigante en heterouniones Schottky Al/Ge/Al considerada como magnetorresistencia de rectificación; esta consiste en aplicar una corriente alterna a la heterounión Schottky no magnética lo cual puede generar una corriente significativa continua y un voltaje de rectificación, éste puede variar al aplicar un campo magnético externo.

Otros dispositivos que han generado gran interés en el estudio de propiedades magnéticas son los diodos resonantes túnel (RTD), por ejemplo, Likovich y colaboradores estudian películas a base de dos capas ferromagnéticas a base de GaMnAs donde una actúa como una barrera formando un pozo cuántico (QW), generando una barrera túnel, dando como resultado un dispositivo magnético con efecto túnel.

En el presente trabajo se analiza la estructura ZnO/Ti/ZnO colocando contactos de Al y Au mediante el método de magnetorresistencia de rectificación. Se muestra que lo que se ha hecho es un estudio de la espectroscopia por fotoemisión. Este trabajo busca establecer si existe la posibilidad de usar esta estructura para el desarrollo de memorias magnéticas con efecto de diodo túnel.

Metodología

Para fabricar las barreras Schottky con silicio se utilizaron fracciones rectangulares de silicio tipo-p de orientación (100). Sobre los fragmentos rectangulares de silicio se realizó la barrera Schottky con un contacto de oro; para completar el circuito se realizó un contacto óhmico de aluminio en forma circular. Estos detalles se ilustran en la Figura 1. Los metales se depositaron por evaporación térmica.

Para fabricar las estructuras con el arreglo de ZnO/Ti/ZnO las películas de ZnO se crecieron por la técnica de magnetron sputtering, las películas metálicas se depositaron por evaporación térmica y por evaporación por cañón de electrones. Para conocer las características eléctricas de las películas de ZnO se depositaron sobre ellas contactos de In/Au para realizar mediciones por el método de efecto Hall. Los crecimientos fueron realizados de la siguiente manera: en primera instancia se realizó el lavado de los substratos de vidrio con xileno y acetona grado CMOS, posteriormente se retiró los residuos de acetona con agua desionizada mediante baño ultrasónico, una vez finalizado el proceso de limpieza se prosiguió con los crecimientos correspondientes de la estructura de ZnO/Ti/ZnO.

La primera película es de 20nm de ZnO la cual nos sirve para reducir los efectos generados por el substrato utilizado, está fue depositada por RF-sputtering utilizando una potencia de 125 watts con un flujo de Ar de 10%. La segunda película de la estructura es de Ti con un espesor de 5nm y se depositó mediante un cañón de electrones de vacío "Edwards E306 system". Finalmente se depositó una película de ZnO de 100 nm por Rf-Sputtering utilizando las mismas condiciones que la primera película.

Para comprobar que la superficie de la muestra fuera homogénea se realizó análisis morfológico mediante microscopia electrónica de barrido (SEM) Así mismo, se realizó análisis composicional por composición química (EDS), para ello la muestra fue preparada con una capa superficial de Au de 20 nm de espesor, las mediciones se realizaron en el microscopio de barrido FE HRSEM Auriga 3916 mediante InLens. Por otra parte, para la medición de las propiedades eléctricas se colocaron contactos de In y Au por separado, posteriormente se realizó la medición de efecto Hall por el método Hall-van der Pauw utilizando una corriente de 1 mA y un campo magnético de -0.5 T a 0.5 T.

Para analizar el efecto de rectificación en curvas I-V se colocaron contactos de In y Au como se muestran en la figura 1, sobre la estructura de ZnO/Ti/ZnO. Las mediciones de las curvas I-V se realizaron tanto en polarización inversa como directa con voltajes en el rango de -0.5 V a 0.5 V.

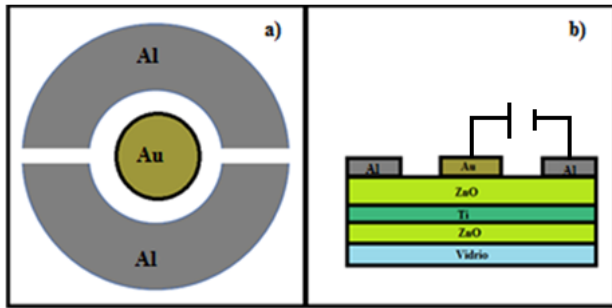


Figura 1 Esquema de contactos para mediciones de magnetorresistencia de rectificación. a) vista en plano, b) vista en sección transversal de la estructura ZnO/Ti/ZnO

Resultados

a) Características de las superficies de las muestras

Las superficies de las muestras de silicio son extraordinariamente lisas de tal manera que al analizarlas al microscopio no se observa rugosidad alguna, pueden describirse como superficies con terminación a espejo. Sobre ellas se forman las metalizaciones con la geometría mostrada por en Figura 2.

En la figura 2, se muestra la morfología de las estructura con ZnO. Se indica también la composición química de la superficie de la estructura de ZnO/Ti/ZnO. Si nota la presencia de los elementos principales, Ti, Zn y Oxígeno. En la figura 2 a) se puede observar que la muestra tiene una superficie con distribución homogénea con partículas menores a 100 nm. Por otra parte en la figura 2b, se muestra el análisis composicional donde se identificó la presencia de Zn, Ti y O con una concentración ~32, ~2 y ~66 en porcentaje atómico respectivamente.

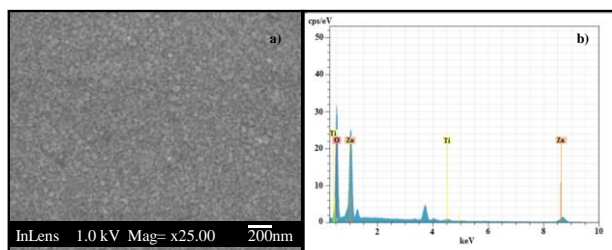


Figura 2 Micrografías de la superficie de la estructura de ZnO/Ti/ZnO obtenidas por SEM a), análisis de composición química obtenido mediante EDS b)

b) Propiedades eléctricas de las películas semiconductoras

Las propiedades eléctricas de la estructura de ZnO/Ti/ZnO (J-1) contenidos en la Tabla 1, se obtuvieron por el método de Hall-van der Pauw a temperatura ambiente (J1-300 K) y a 77 K (J1-77K). En la Tabla 1 se muestran los resultados de las propiedades eléctricas de la estructura realizada fueron comparados con los de una muestra cristalina de ZnO tipo-n. En este sentido se puede observar que la estructura es tipo-n, presentando una concentración de portadores de $\approx 10^{21} \text{cm}^{-3}$ y baja resistividad en comparación con el cristal de ZnO sin impurificar, estos efectos pueden ser atribuidos a la presencia de la capa intermedia de Ti.

Muestra	Resistividad ($\Omega \text{ cm}$)	Movilidad (cm^2/Vs)	Concentración (cm^{-3})
Cristal ZnO	3.13×10^{-2}	97.960	-2×10^{18}
J-1, 300K	4.91×10^{-3}	1.2656	-1×10^{21}
J-1, 77K	5.99×10^{-3}	9.09×10^{-2}	-7×10^{21}

Tabla 1 Propiedades eléctricas de la estructura de ZnO/Ti/ZnO por el método Hall-van der Pauw utilizando un campo magnético 0.55 T

c) Características I-V de las Barreras Metal-Semiconductor

Para facilitar la descripción del comportamiento de las Barreras Metal-Semiconductor y de los resultados experimentales obtenidos es necesario mostrar su constitución física y la representación de la energía que poseen los electrones que se desplazan en ella cuando se aplica una diferencia de potencial externa. El esquema correspondiente se ve en la Figura 3. El detalle básico es la barrera de potencial que se establece en el semiconductor señalada como Barrera Schottky; esta barrera se puede modular al aplicar un potencial externo, si el potencial es positivo la barrera aumenta y en caso contrario la barrera disminuye.

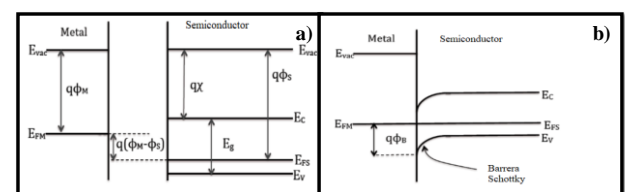


Figura 3 Diagrama de bandas de energía de la Barrera Schottky. a). - Metal y semiconductor separados, b) Metal y semiconductor en contacto mostrando la barrera de potencial efectiva

Como resultado de la polarización se establece una corriente que depende de las características físicas de la estructura. En la Figura 3 se escribe la Ley de la Barrera Schottky que contiene dos términos, el prefactor I_{sat} o corriente de saturación, y el término entre paréntesis, que describe el comportamiento de la barrera en polarización directa y en polarización inversa. En el esquema de la Figura 4-a) se ilustra el significado de la corriente de saturación y la variación esperada en la corriente con voltajes de polarización cercanos a cero volts.

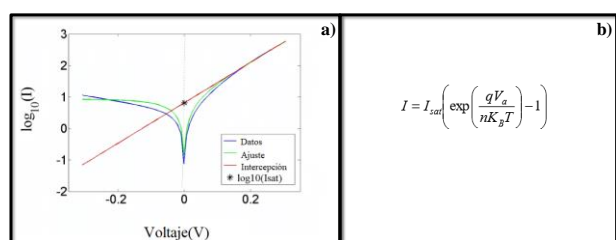


Figura 4 Característica Corriente-Voltaje de una Barrera Schottky. a)- Variación de la corriente en la Barrera para voltajes de polarización próximos a cero volts. b). - Ley de la Barrera Schottky

d) Resultados Experimentales

La característica I-V en la Barrera Schottky de Au-Silicio en ausencia de campo magnético y con un campo magnético aplicado de 0.5 Tesla se incluyen en la Figura 5.

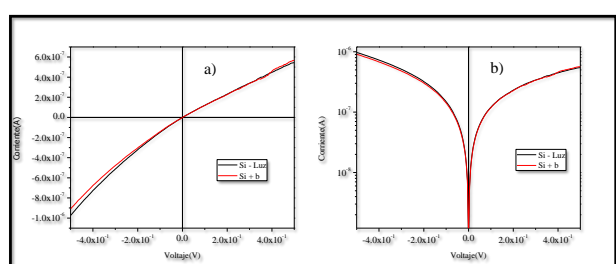


Figura 5 Curva I-V para una barrera Schottky sobre Si tipo-p a temperatura ambiente, sin campo magnético línea negra y con presencia de campo magnético de 0.5 T línea roja

La Fig. 5 a) corresponde a la característica I-V en escala lineal y la Fig. b) presenta los mismos resultados, pero en escala semi-logarítmica para hacer más claros los cambios que se producen. Un resultado relevante asociado al propósito de este trabajo es el efecto que se produce sobre las características I-V por la aplicación de un campo magnético.

La línea verde corresponde a la corriente que circula por la barrera sin campo magnético aplicado y la línea roja es la corriente eléctrica que fluye por la barrera cuando la estructura está polarizada y se aplica un magnético aplicado en dirección perpendicular a la superficie de la estructura. El efecto del campo magnético es que la corriente en la barrera Schottky disminuye; este resultado se puede explicar porque se produce un aumento en la resistencia por efecto del campo magnético correspondiente a la magnetorresistencia con el dispositivo en operación.

La característica I-V en la Barreras producida sobre las estructuras de varias capas se incluye en la Figura 6.

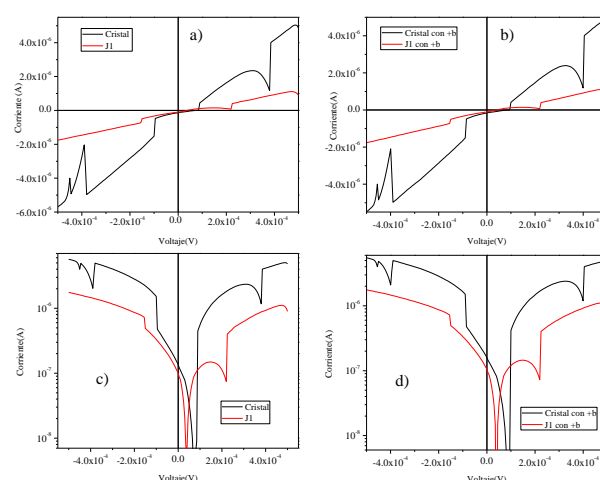


Figura 6 Curva I-V para un cristal de ZnO y la estructura de ZnO/Ti/ZnO(J1) a temperatura ambiente (a). Rectificación de magnetorresistencia en curvas IV, (b) en presencia de un campo magnético de 0.5 T (c) y d) y sus representaciones logarítmicas

Discusión de resultados

De acuerdo al propósito del trabajo se busca dar una justificación a los cambios que se producen en la corriente de las estructuras cuando estas se exponen a un campo magnético. En la Figura 4 a) se presenta el comportamiento característico de las barreras Schottky de silicio en polarización directa e inversa con voltajes menores a 300 mV sin campo magnético aplicado. Se observa el efecto de la barrera y se indica la corriente de saturación característica en los dispositivos. En las figuras 5 se presentan los datos obtenidos en la barrera Schottky que se fabricó, la corriente de saturación de la barrera fue de 2.0×10^{-7} A, de acuerdo a la literatura este valor es usual en los dispositivos de silicio.

En esta figura se ve el efecto que produce la aplicación del campo magnético, la corriente en la barrera disminuye lo que indica que se manifiesta el efecto magneto resistivo, la corriente disminuye hasta 6.36×10^{-8} A, un factor de 3.

Conclusiones

Mediante microscopia SEM se pudo observar la superficie de la estructura J1 (ZnO/Ti/ZnO) obtenida mediante magnetron sputtering es homogénea, presentando partículas menores a 100nm. Asimismo, para corroborar la presencia de la capa intermedia de Ti se realizó análisis EDS obteniendo ~2 % en porcentaje atómico de Ti.

Los estudios de propiedades eléctricas muestran que la estructura J1 es tipo-n y presentan una resistividad de $4.9 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$, con concentración de portadores de $\approx 10^{21}$, con una movilidad del electrón de 1.26.

Se encontró que la aplicación del campo magnético en la barrera Schottky de silicio produce un cambio en la magneto resistencia que reduce la corriente en la estructura en un factor de 3.

Referencias

Hanbicki A. T., Magno R., Cheng S. F., Park Y. D., Bracker A. S., and Jonker B. T. (2001) Nonvolatile reprogrammable logic elements using hybrid resonant tunneling diode-giant magnetoresistance circuits, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 79, no. 8, pp. 1190–1192,.

Likovich E. *et al.*, (2009) Magnetoresistance in an asymmetric Ga1-xMnxAs resonant tunneling diode, *Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys.*, vol. 80, no. 20, pp. 15–18,.

Slobodan Obradović¹ N. D., Borivoje Milošević² (2011) Magnetoresistive Random Access Memory, *Handb. Spin Transp. Magn.*, vol. VII-2, pp. 196–206.

Zhang K. *et al.*, (2015). Large rectification magnetoresistance in nonmagnetic Al/Ge/Al heterojunctions,” *Sci. Rep.*, vol. 5, pp. 1–6, 2015.

Uso del procesamiento digital de imágenes para la extracción de datos de medidas experimentales publicados en formato gráfico

Use of digital image processing for the extraction of experimental measurement data published in graphic format

PEZA-ORTIZ, Edebaldo†*, TORRES-VALLE, Jose Bernardo, GARCÍA-TRINIDAD, Enrique y GONZÁLEZ-RAMOS, Alma Delia

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, División de Mantenimiento Industrial y Mecatrónica

ID 1^{er} Autor: Edebaldo, Peza-Ortiz / ORC ID: 0000-0003-0236-883X, CVU CONACYT ID: 778771

ID 1^{er} Coautor José Bernardo, Torres-Valle / ORC ID: 0000-0002-4302-1640, Researcher ID Thomson: W-7170-2019

ID 2^{do} Coautor: Enrique, García-Trinidad / ORC ID: 0000-0003-2875-0500

ID 3^{er} Coautor: Alma Delia, González Ramos-Gora / ORC ID: 0000-0001-5150-5058, Researcher ID Thomson: U-9209-2018, CVU CONACYT ID: 950682

DOI: 10.35429/JTD.2019.10.3.6.16

Recibido: 10 de Marzo, 2019; Aceptado 30 de Junio, 2019

Resumen

En este artículo se propone un método como alternativa para obtener datos de medidas experimentales, ante la ausencia de equipo de laboratorio para realizar pruebas, en un formato adecuado para efectuar operaciones de índole matemático con el fin de utilizarlos como información para validar: hipótesis, modelos constitutivos y/o teorías de investigaciones enfocadas al desarrollo tecnológico. El método propuesto utiliza como principal herramienta la técnica de segmentación de imágenes por crecimiento de regiones por agrupamiento de píxeles y la normalización de las coordenadas de las posiciones de los píxeles extraídos a la escala de los ejes en la figura correspondiente. La segmentación de la imagen separa las coordenadas de los píxeles que forman los ejes y de las curvas, las coordenadas de los píxeles de las curvas se normalizan a la escala de los ejes. El método se prueba con imágenes del resultado de pruebas experimentales del comportamiento esfuerzo-deformación recuperadas de [1]. Los resultados de la extracción de datos se grafican y se obtiene los promedios de cada curva extraída, así como la desviación estándar. Se verifica que los datos obtenidos pueden ser de utiliza dos para corroborar o respaldar hipótesis en un amplio margen de investigaciones.

Segmentación, Extracción, Normalización

Abstract

In this article, we propose a method as an alternative to obtain experimental measurement data, in the absence of laboratory equipment to perform tests, in a suitable format to perform mathematical operations in order to use them as information to validate: hypotheses, models constitutive and / or research theories focused on technological development. The proposed method uses as a main tool the image segmentation technique by region growth by pixel grouping and the normalization of the coordinates of the positions of the pixels extracted to the axis scale in the corresponding figure. The segmentation of the image separates the coordinates of the pixels that form the axes and the curves, the coordinates of the pixels of the curves are normalized to the scale of the axes. The method is tested with images of the result of experimental tests of stress-strain behavior recovered from [1]. The results of the data extraction are plotted and the averages of each curve extracted as well as the standard deviation are obtained. It is verified that the data obtained can be used to corroborate or support hypotheses in a wide range of investigations.

Segmentation, Extraction, Normalization

Citación: PEZA-ORTIZ, Edebaldo, TORRES-VALLE, Jose Bernardo, GARCÍA-TRINIDAD, Enrique y GONZÁLEZ-RAMOS, Alma Delia. Uso del procesamiento digital de imágenes para la extracción de datos de medidas experimentales publicados en formato gráfico. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-10: 6-16

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Una de las actividades fundamentales en el ámbito de la investigación científica y desarrollo tecnológico es la toma de medidas en pruebas experimentales. Una limitante a la que instituciones de educación superior se enfrentan para realizar desarrollo tecnológico es la carencia o falta de instrumentos de medida para adquirir datos de eventos experimentales. En las publicaciones científicas es común encontrar los resultados de las investigaciones en formato gráfico. En el procesamiento de imágenes, como rama de la ciencia de la computación, se han desarrollado técnicas de segmentación de imágenes que permiten, a partir de una imagen, diferenciar los objetos presentes en una escena, tomando en consideración estos dos aspectos se plantea la posibilidad de extraer, a partir de gráficos publicados en artículos de investigación, datos medidos en pruebas experimentales, de esta forma contar información experimental para comparar con información generada de manera analítica y con ello validar las hipótesis propuestas.

En este trabajo se propone el uso de la técnica de segmentación de imágenes por crecimiento supervisado de regiones para extraer datos de medidas experimentales a partir de imágenes obtenidas de publicaciones científicas. Como ejemplo del rendimiento del método propuesto para extraer datos experimentales se utilizan los gráficos de las medidas experimentales publicados en [1], los cuales son gráficos que muestran las medidas del comportamiento esfuerzo-deformación de una barra de PUSMP-MM2520, poliuretano que posee la capacidad programación y recuperación de forma. En los siguientes apartados se expone la metodología utilizada para segmentar las imágenes y los resultados de someter estas imágenes al procesamiento computacional para separar las gráficas que se muestran dentro de una figura.

Segmentación de imágenes por regiones

En el campo del procesamiento de imágenes los temas de mayor interés son identificar patrones u objetos en imágenes “complejas”, defino de forma muy simple y particular como imagen compleja a toda aquella cuyas características dificultan extraer la información buscada en la imagen, dentro de estas características invariablemente se encuentran la resolución de la imagen, el tamaño, el tipo de imagen.

Es decir binaria, en escala de grises, RGB, etc. y de forma muy particular las características de los objetos que están dentro de la imagen. La segmentación de imágenes es el proceso de dividir una imagen en varios grupos de píxeles. Esto se realiza asignando una etiqueta a cada píxel de la imagen de forma que los píxeles que compartan la misma etiqueta también tendrán ciertas características visuales similares. Cada uno de los píxeles de una región poseen las mismas características o similares, como el color, la intensidad o la textura. La segmentación se usa para localizar objetos, dentro de una imagen.

La segmentación de imágenes en regiones se basa en el agrupamiento de píxeles en zonas con características similares. Para una región dada, en general, los píxeles pertenecen a un objeto simple. A este conjunto de puntos conectados que pertenecen al mismo objeto se llama región. La segmentación de imágenes por regiones se puede definir como [2]:

Sea R la representación en una región completa de una imagen. Se contempla la segmentación como un proceso que divide a R en n subregiones, R_1, R_2, \dots, R_n tal que

$$\bigcup_{i=1}^n R_i = R \quad (1)$$

$$R_i \text{ es una región conexas, } i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$R_i \cap R_j = \emptyset \text{ para todo } ij, i \neq j \quad (3)$$

$$P(R_i) = \text{Verdadero para } i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$P(R_i \cup R_j) = \text{Falso para } i \neq j \quad (5)$$

Donde $P(R_i)$ es una propiedad de los puntos del conjunto R_i y \emptyset es el conjunto vacío. La ecuación (1) expresa que la segmentación debe ser completa, es decir, cada pixel debe pertenecer a una región, la expresión (2) indica que los puntos de región deben ser conexos, la expresión (3) indica que las regiones son disjuntas, la expresión (4) indica que todos los píxeles que forman una región cumplen una misma propiedad, y la expresión (5) expresa que todas las regiones son distintas entre sí [3].

Algoritmo para extraer los datos

Se han desarrollado una amplia variedad de técnicas y metodologías para separar grupos de información dentro de una imagen, las gráficas de las cuales se buscan obtener los valores de esfuerzo-deformación no representan gran complejidad debido a que las curvas están perfectamente diferenciadas por intensidad de color, por posición y por continuidad. Por lo que no ha sido necesario implementar técnicas avanzadas para extraer los datos que en ellas se muestran.

Las etapas necesarias para extraer los datos de interés se identifican como: 1) Digitalizar la imagen en el formato más conveniente según el lenguaje y librerías de programación que se utilice, en este trabajo el formato que se le da a las imágenes donde se ilustran los gráficos experimentales es JGP. 2) Editar la imagen, esta etapa consiste en eliminar de la imagen aspectos no deseados de la imagen tal como líneas, símbolos y ajustar el tamaño de la imagen para que la figura del gráfico sea lo único presente. Se recomienda realizar esta etapa con una herramienta de diseño gráfico siempre teniendo la debida precaución de no modificar la relación de pixeles entre los ejes del gráfico y la o las curvas mostradas en la figura, y 3) Aplicar el procedimiento de segmentación a la figura editada.

El paso dos es fundamental para el procedimiento, el principal dato en el que se apoya este, para extraer los datos de las figuras de gráficos, son: las coordenadas de cada pixel en la figura, los colores de los pixeles (curvas y ejes), el número de pixeles y la vecindad de pixeles. La escala de los ejes es de suma importancia para reconstruir las curvas, así también para realizar operaciones sobre las mismas tal como interpolaciones, extrapolaciones, cálculo de medias, etc.

Los pasos seguidos para la segmentación en este programa son los siguientes:

1. La imagen de color de entrada se representará de manera aproximada utilizando 25 contenedores.
2. La representación aproximada utiliza la información espacial de un proceso de ventanas basado en histograma.
3. K-Means se usa para agrupar los datos de las curvas en diferentes categorías o regiones.

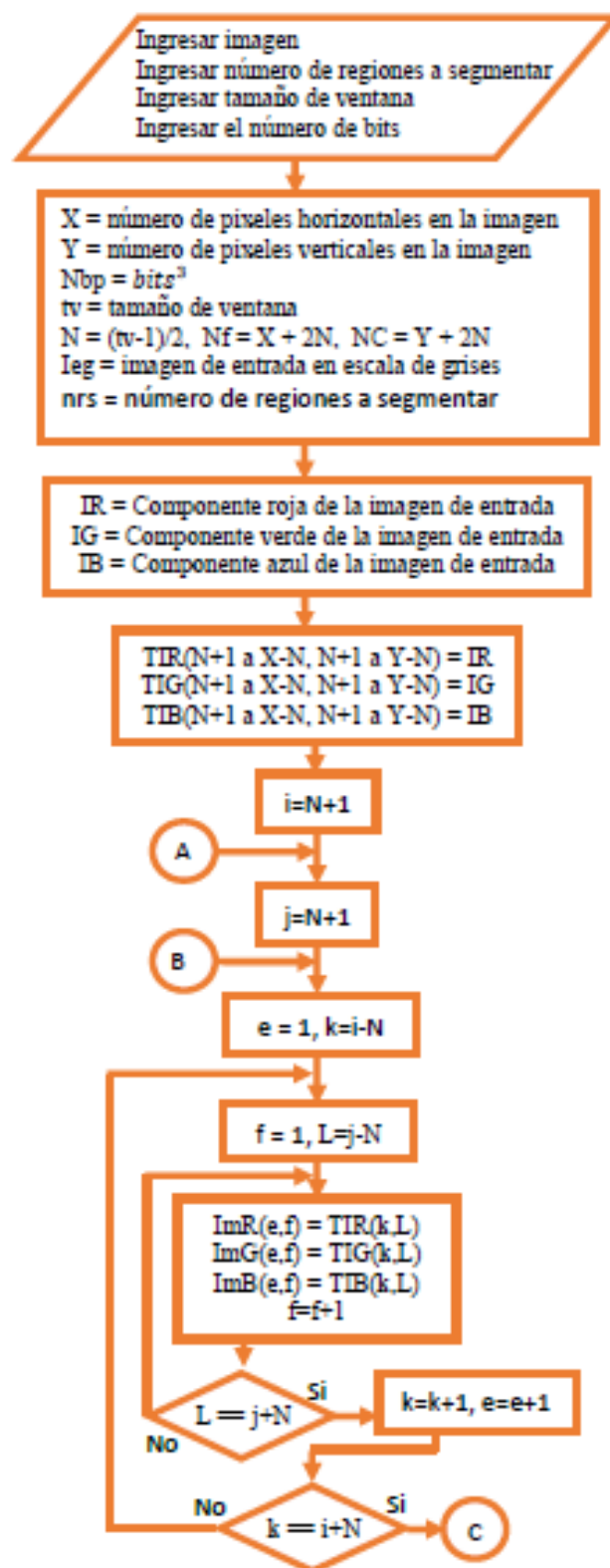


Figura 1.1 Algoritmo para extraer los datos mostrados en las gráficas de las medidas experimentales. Parte 1

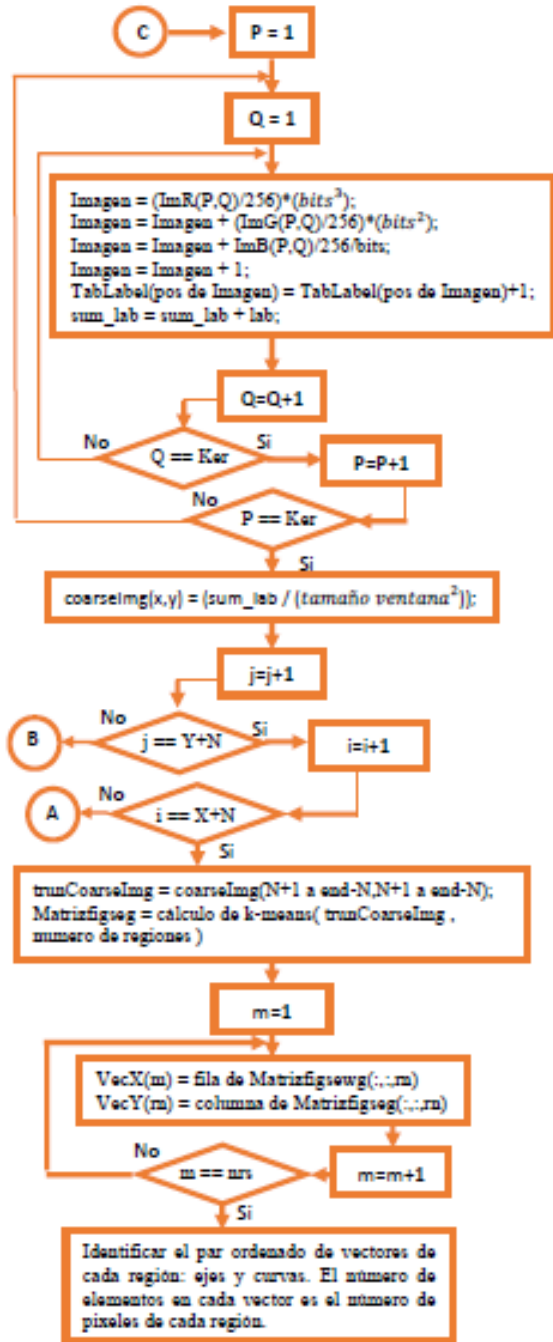


Figura 1.2 Algoritmo para extraer los datos mostrados en las gráficas de las medidas experimentales. Parte 2

Las figuras 1.1 y 1.2 ilustran el algoritmo seguido para segmentar las regiones en la gráfica y extraer los datos de las figuras. Para separar las regiones se utiliza el procedimiento de K-medias, pero se puede utilizar cualquier método para agrupar datos.

Con el fin de reducir el costo computacional se transforma la imagen de color a escala de grises, donde según el color del pixel se asigna un nivel de intensidad de gris, posteriormente se calcula el histograma de la imagen en escala de grises para identificar los niveles de gris de cada región.

Como resultado de aplicar el algoritmo ilustrado por el diagrama de flujo de las figuras 1.1 y 1.2 se obtienen vectores con las coordenadas de los pixeles de cada región en formato de número entero, con estos valores se está en condiciones de transformar el valor de coordenada del pixel por el valor de la magnitud del esfuerzo o deformación al normaliza los vectores de coordenadas a las escalas de los ejes respectivamente. En las siguientes secciones se describen las figuras utilizadas para probar este algoritmo y los resultados correspondientes.

Imágenes de prueba

Como imágenes de prueba se toman las figuras de medidas experimentales publicadas en [1]. La figura 1 es el resultado que se obtiene al medir el valor del esfuerzo versus la deformación que experimenta una barra de PUSMP-MM2520, esta figura muestra que en este material la curva fuerza-deformación posee un comportamiento de histéresis, durante la carga los valores de esfuerzo y deformación parten de cero y estos aumentan de manera aparentemente proporcional, cuando la deformación alcanza el valor de 0.7 la barra de polímero se libera de la carga, entonces los esfuerzos dentro de la barra se liberan hasta alcanzar casi el valor de cero cuando la deformación disminuye de 0.7 a 0.15 aproximadamente.

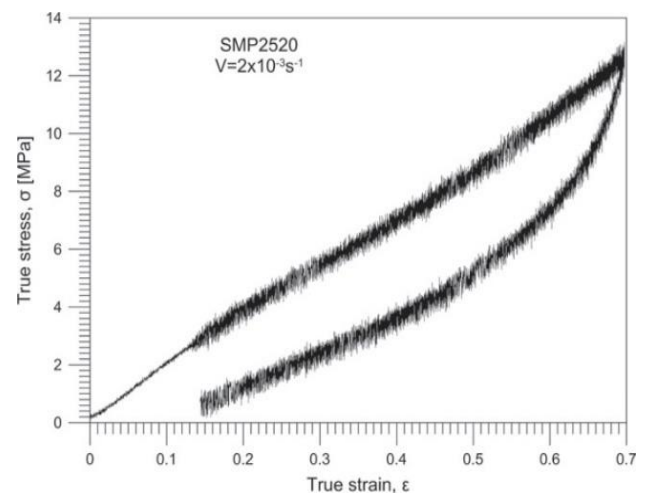


Figura 1 Curva esfuerzo vs deformación obtenida para una velocidad de deformación $2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Recuperado de [1]

Es relevante observar que la gráfica es afectada por ruido, el ruido influye en los resultados que se obtienen al recuperar las coordenadas de los pixeles pues le otorga un grosor mayor al de un píxel a la curva.

Esto ocasiona que en la recuperación de los datos se obtenga una nube de puntos para pequeños segmentos de la curva, esta nube de puntos se presenta en cada curva recuperada con el procedimiento utilizado en este trabajo.

La figura dos muestra cuatro curvas que indican diferentes magnitudes de esfuerzo y deformación, la figura incluye, además de las curvas, los ejes, las etiquetas de los ejes, la escala de los ejes y texto que indica la velocidad a la que se deforma la barra de polímero.

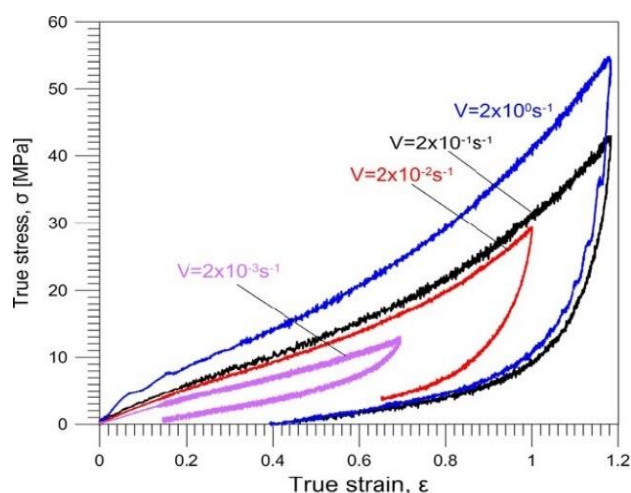


Figura 2 Curvas Esfuerzo vs deformación obtenidas para diversas velocidades y rangos de deformación en condiciones ambientales. Recuperado de [1]

En la figura 2, además de número de curvas, la escala de los ejes es distinta a la escala, en relación con el tamaño de la imagen, mostrada en la figura 1 y en ciertas zonas las curvas se traslapan, estas condiciones agregan complejidad al proceso de segmentar las curvas para extraer los datos de cada curva por separado.

En las figuras 3 y 4 se muestran cuatro curvas esfuerzo deformación en cada una, en estas figuras las gráficas se traslapan en mayor o menor grado. En ambas figuras se puede observar texto, es importante eliminar el texto debido a que el color de este coincide con el color de los ejes y/o las curvas.

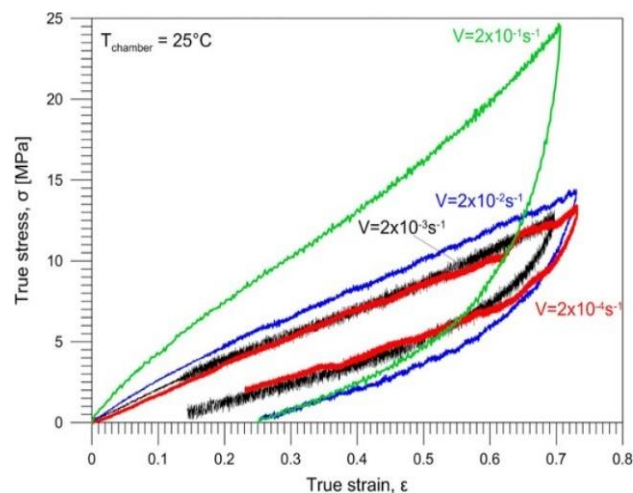


Figura 3 Esfuerzos vs deformación, obtenida para diversas velocidades de deformación a temperatura constante de 25 °C. Recuperado de [1]

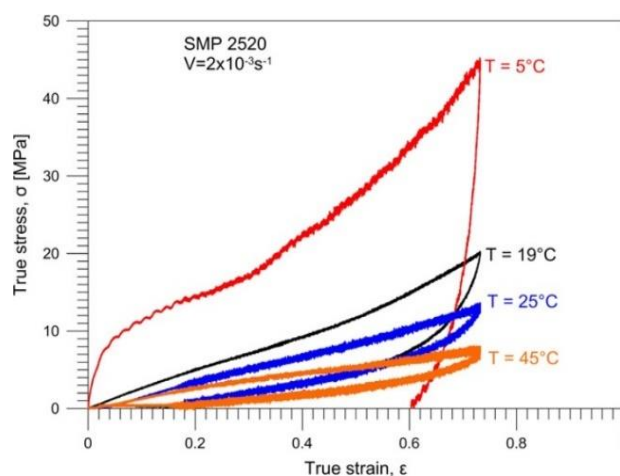


Figura 4 Comparación de curvas de esfuerzo frente a deformación obtenidas a velocidad de deformación constante y diferentes temperaturas. Recuperado de [1]

Este conjunto de imágenes es el que se utiliza para extraer los valores de las curvas esfuerzo-deformación de las pruebas realizadas al material en [1], con tal fin, se procesan las imágenes para separar las curvas, extraer las coordenadas de cada pixel en cada una y obtener un valor representativo del pixel en términos de su posición en la imagen.

Resultados

Con ayuda del procesamiento de imagen se obtienen matrices con valores de intensidad de los pixeles, donde cada curva tiene un valor en escala de gris y cada nivel de gris corresponde a una región. Una vez separadas las curvas por regiones se extraen las coordenadas de los pixeles, con ayuda de la escala indicada en los ejes se evalúa la posición de cada pixel con respecto a las coordenadas de los pixeles que forman los ejes, con ello se calculan los valores de las curvas.

A continuación, se muestran resultados representativos de los datos obtenidos a partir de las gráficas.

Las figuras 5, 7, 13 y 19 son el resultado de aplicar el algoritmo de segmentación de imágenes por crecimiento de regiones a las figuras 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Al segmentar las imágenes se separan las curvas y textos en diferentes niveles de gris, los niveles de gris se establecen en función del color de cada elemento en las figuras.

En la figura 5 se visualizan dos regiones, una es el fondo de la figura y la otra región es la que se visualiza en color blanco.

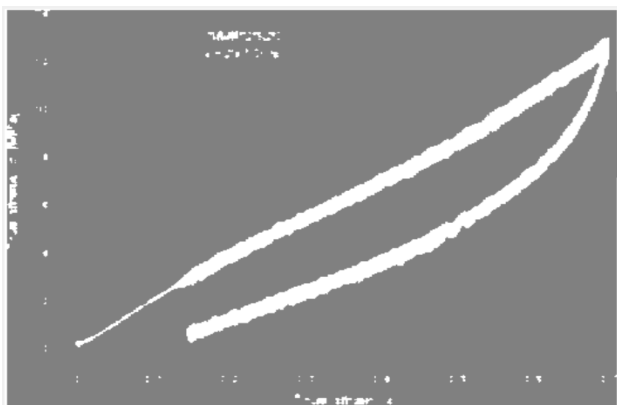


Figura 5 Resultado de segmentar la figura 1 en dos regiones de píxeles

Una vez separadas las figuras en regiones se obtienen las coordenadas de los píxeles como posiciones en una matriz de tantas filas como puntos y dos columnas una para cada coordenada (x, y), posteriormente los valores de posición (x,y) se normalizan a la escala de los ejes, de esta forma los valores de posición se transforman en valores con mismas unidades de medida que los ejes, de tal forma que las matrices de posición de los píxeles se convierten en matrices de coordenadas para las magnitudes de esfuerzo y deformación.

Por la naturaleza de las imágenes de [1] donde las curvas ocupan una vecindad de píxeles calculo curvas promedio para cada una y evalúo la desviación típica de los valores extraídos, en cada figura indico la desviación típica. Bajo estas condiciones la desviación se debe al número de píxeles que otorgan grosor a las gráficas, por lo que mayor desviación indica líneas más gruesas que se difuminan con píxeles que reducen su intensidad de color acercándose al valor del color de fondo de las curvas, en este caso el color blanco.

Una vez que se obtienen las matrices de magnitudes se cuenta con el formato adecuado de los datos para realizar operaciones sobre los puntos de las curvas, ya sea obtener promedio o calcular la desviación estándar, por ejemplo.

La figura 6 ilustra el resultado de calcular el promedio de la nube de puntos obtenida de la figura 5 junto con la desviación estándar de la nube de puntos respecto a la media.

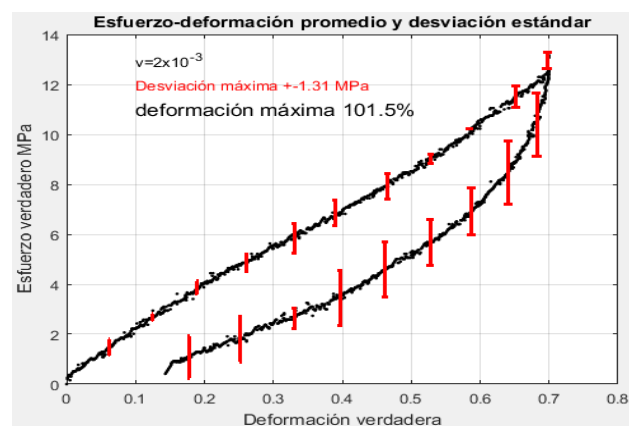


Figura 6 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar de la curva de la figura 5

La figura 7 es la separación de la figura 2 en seis regiones, 1) el fondo, 2) los ejes y sus nombres, 3 a 6 las curvas junto con sus textos.

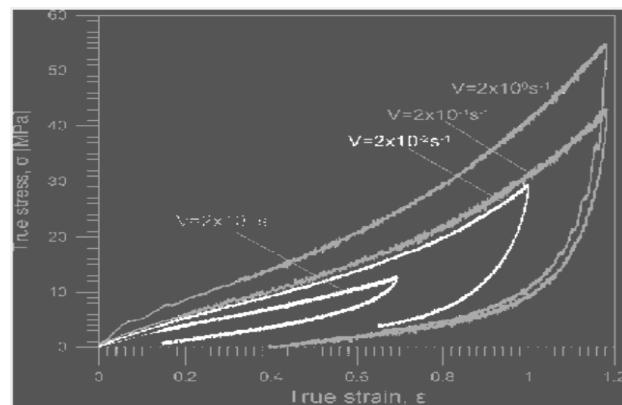


Figura 7 Resultado de segmentar la figura 2 en seis regiones

La figura 8 muestra las nubes de puntos obtenidas, a partir de la figura 7, para cada una de las curvas. Aun cuando las gráficas se visualizan en una sola imagen los puntos de cada curva son graficados de manera independiente sobre el mismo plano.

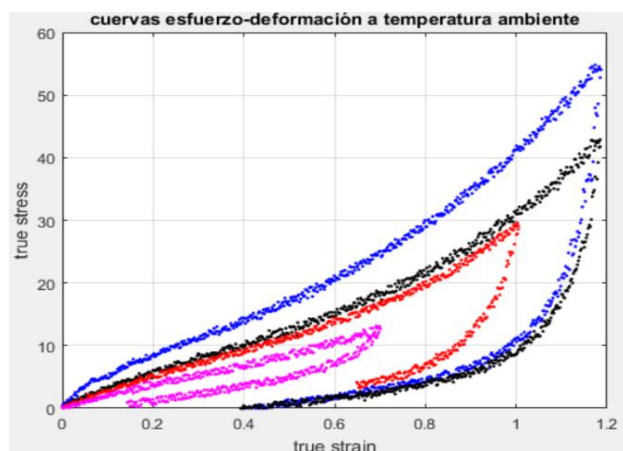


Figura 8 Cruvas esfuerzo vs deformación con los datos extraídos de la figura 7

Las figuras 9, 10, 11 y 12 muestran las gráficas por separado de las curvas de la figura 8. En cada una de las curvas se ha obtenido el promedio y la desviación estándar. Las líneas verticales en color rojo indican, de forma gráfica, la desviación estándar de la nube de puntos de la gráfica respecto al promedio para el punto sobre el que se encuentra la barra.

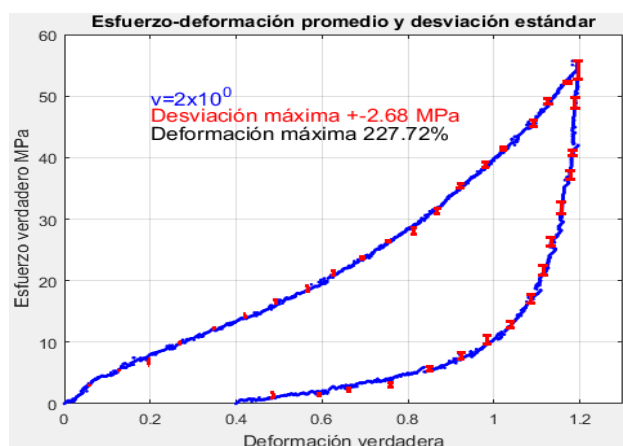


Figura 9 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar de la curva azul en la figura 8. El tiempo para alcanzar la deformación máxima es de 0.6 segundos

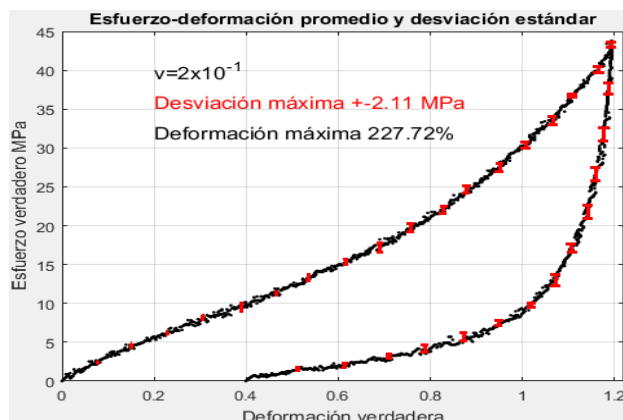


Figura 10 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar obtenida de la figura 8

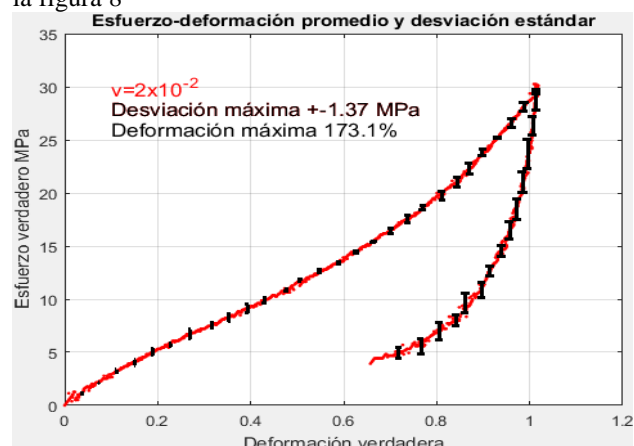


Figura 11 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar de la curva roja en la figura 8

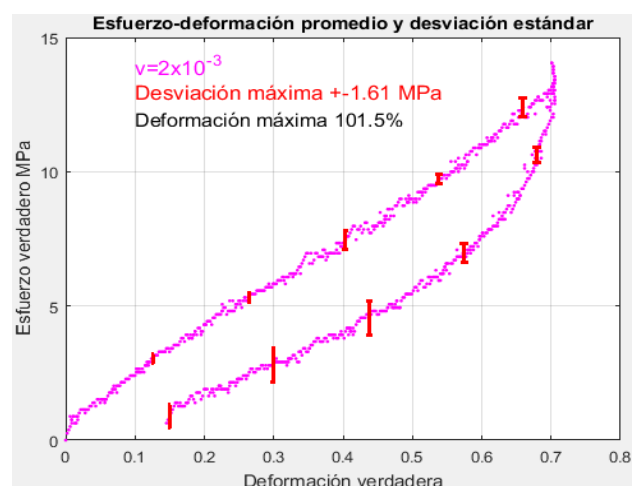


Figura 12 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar de la curva magenta en la figura 8

La figura 13 es la separación de la figura 3 en seis regiones, 1) El fondo, 2) los ejes y sus nombres, 3) a 6) las curvas y los textos informativos.

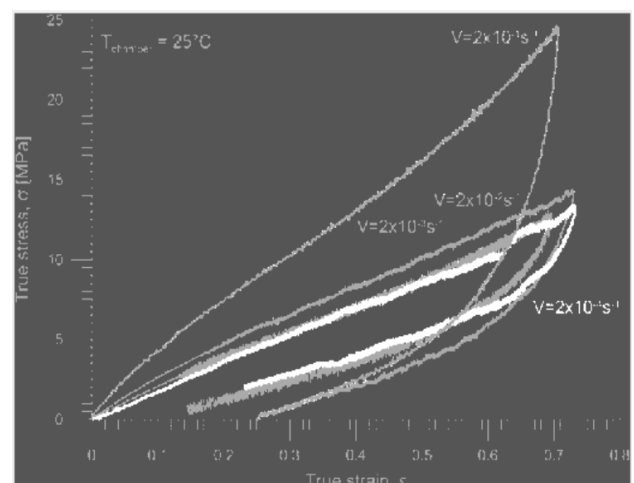


Figura 13 Resultado de segmentar la figura 3 en seis regiones

La figura 14 es el resultado de extraer las coordenadas de los píxeles y de normalizar sus coordenadas con la escala de los ejes.

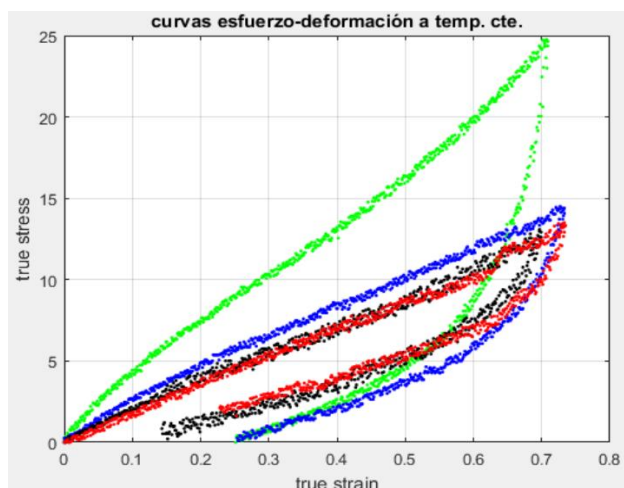


Figura 14 Curvas esfuerzo vs deformación con los datos extraídos de la figura 5

Las figuras 15, 16, 17 y 18 muestran las gráficas por separado de las curvas de la figura 14. En cada una de las curvas se ha obtenido el promedio y la desviación estándar. Las líneas verticales en color rojo indican la desviación estándar de la curva.

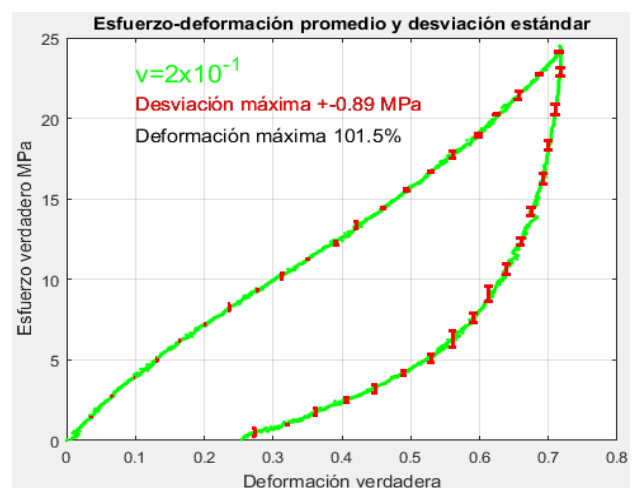


Figura 15 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar

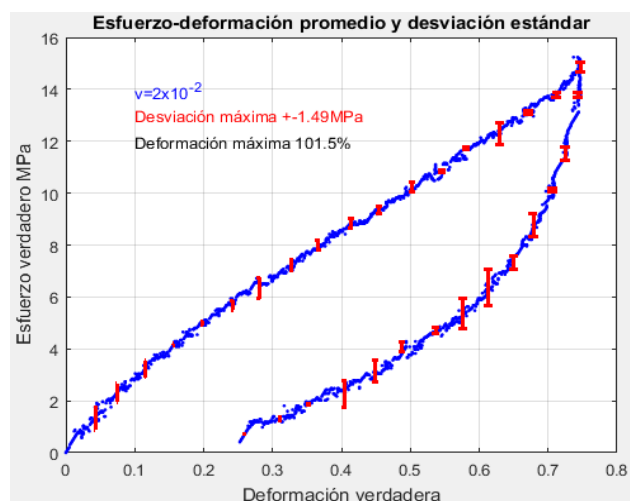


Figura 16 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar

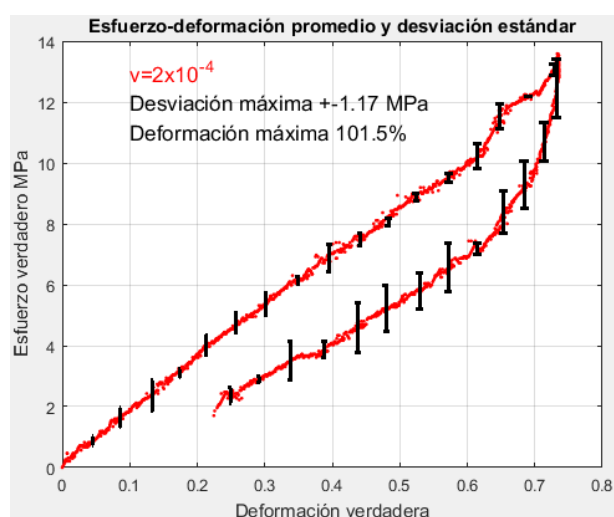


Figura 17 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar

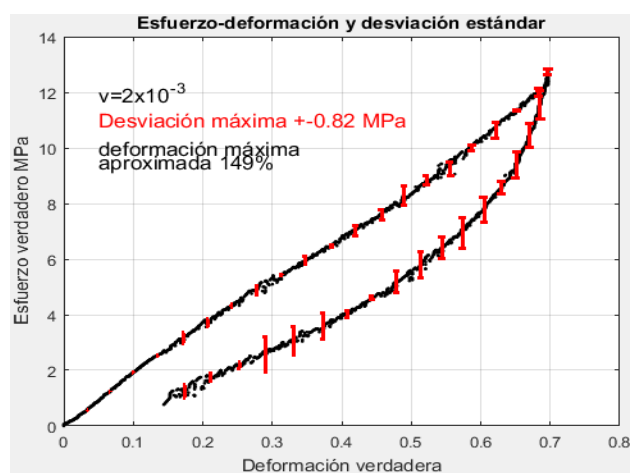


Figura 18 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar

La figura 19 es la separación de la figura 3 en seis regiones, 1) El fondo, 2) los ejes y sus nombres, 3) a 6) las curvas y los textos informativos.

Es importante notar que los puntos de las cruvas extraídas de las figuras 5, 7, 13 y 19 presentan discontinuidades, sin embargo la cercanía entre puntos permite que la interpolación y extrapolación de las curvas sea “suave”, excepto en aquellas cruvas donde entre puntos existan “grandes” discontinuidades, tal son los casos en algunas cruvas de las figuras 8 y 20.

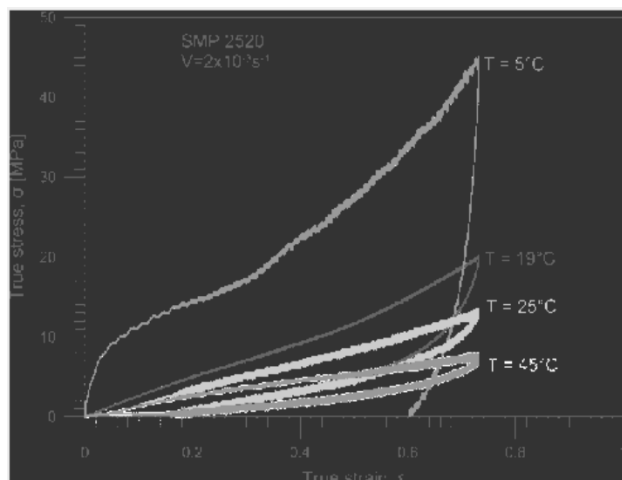


Figura 19 Resultado de segmentar la figura 4 en 6 regiones

La figura 20 muestra las nubes de puntos obtenidas, a partir de la figura 19.

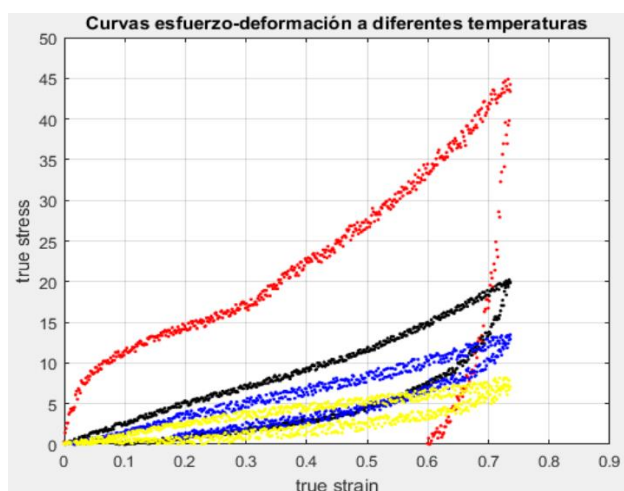


Figura 20 Cruvas esfuerzo deformación con los datos extraídos de la figura 19

En las figuras 21, 22, 23 y 24 se encuentran que en tramos de las cruvas existen discontinuidades a pesar de que son cruvas promedio, esto es ocasionado al hecho de que se han interpolado las cruvas para “cerrar” los espacios ausentes de puntos, en los resultados mostrados en la figura 20, y que existen secciones de las cruvas donde hay una cantidad de puntos muy escasa.

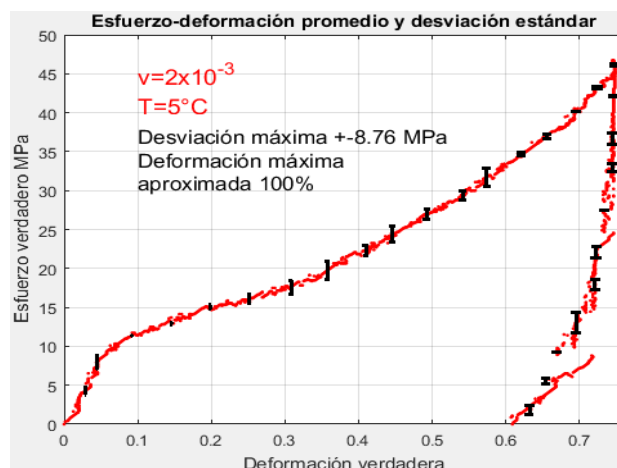


Figura 21 Curva esfuerzo deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar

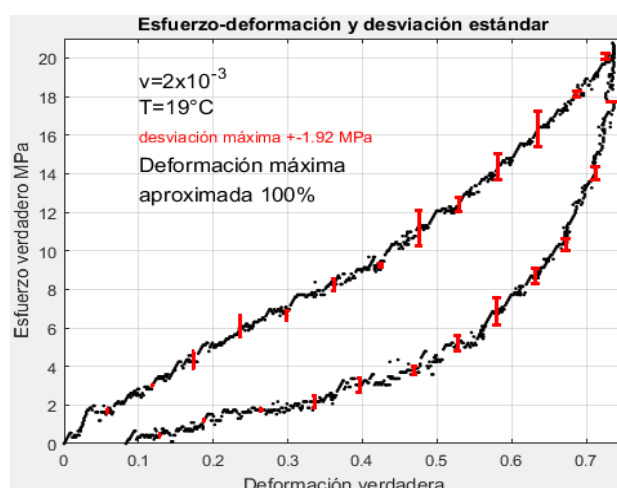


Figura 22 Curva esfuerzo deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar

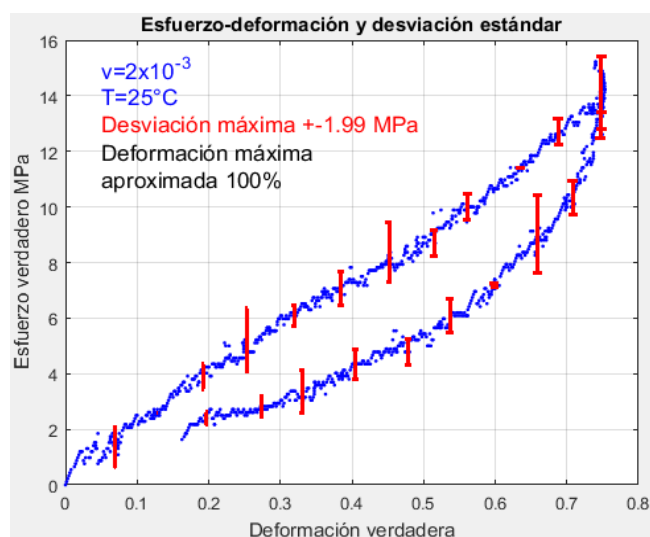


Figura 23 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar

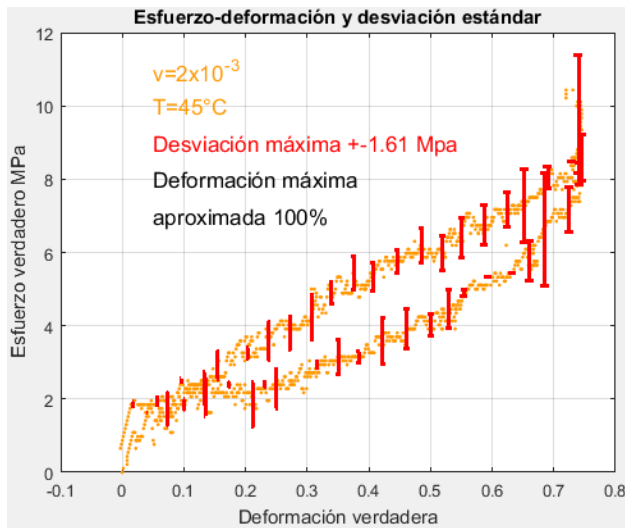


Figura 24 Curva esfuerzo-deformación promedio y barras de error expresado por su desviación estándar

Conclusiones

Utilizando este procedimiento se obtiene información experimental de 19 curvas esfuerzo-deformación para una barra del polímero PU-SMP MM2520, ello sin contar con los instrumentos de laboratorio. Estos resultados por sí solos no parecen representar una aportación importante sin embargo considerando las posibilidades que ofrece contar con estos vale la redimensionar la importancia de contar con ellos, por ejemplo, se puede desarrollar el modelado del comportamiento del PU-SMP MM2520 para predecir los esfuerzos a diferentes velocidades de deformación y diferentes temperaturas junto con su propiedad de recuperación de forma, con el fin de ser utilizado como material de fabricación para actuadores o sensores en sistemas mecatrónicos o sistemas automáticos.

Con el fin de validar el modelo constitutivo que se proponga es necesario contar con datos para comparar y esos datos deben ser obtenidos de manera experimental, para ello el procedimiento descrito en este trabajo aumentan las opciones para contar con datos experimentales. pues una de ellas es buscar tener contacto con los investigadores que posean los datos de interés o emplear el procedimiento aquí propuesto para extraerlos de las publicaciones, la primer opción es la que ofrece mayor facilidad para conseguir datos experimentales, sin embargo no siempre será posible conseguir directamente con los investigadores este tipo de datos debido principalmente a lo reciente de la investigación y esto por el potencial en cuanto desarrollo tecnológico que puedan ofrecen los datos en cuestión.

Si bien en el presente documento se aplica la técnica de segmentación de imágenes a un grupo específico de gráficos con el fin de obtener los valores de las curvas, el método se puede aplicar a cualquier gráfico digitalizado. Los datos así extraídos pueden ser de utilidad en una etapa intermedia o final en un proceso de investigación como información para validar una hipótesis, modelo constitutivo o diseño.

Es importante recordar que el procedimiento propuesto, para obtener datos, se alimenta de información generada u obtenida por terceros, por lo que no se debe olvidar citar a las fuentes de las que se obtiene las imágenes de donde se extrae la información, así como dar el crédito a los investigadores responsables de las mismas.

Referencias

- [1] E. A. Pieczyska, M. Maj, K. Kowalczyk-Gajewska, M. Staszczak, A. Gradys, M. Majewski. M. Cristea. H. Tobushi, H. Hayashi. (2015) Thermomechanical properties of polyurethane series shape memory polymers experiment and modelling. *J. Smart Materials and Structures*.
 - [2] R. González y R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall. 2002.
 - [3] Roberto Rodriguez Morales, Juan Humberto Sossa Azuela. (2012). *Procesamiento y Análisis Digital de Imágenes*. Alfaomega Ra-Ma. Dr. Isidoro Olvera (Eje 2 Sur) No. 74, Col. Doctores, 06720. Ciudad de México.
- Erik Cuevas, Daniel Zaldivar, Marco Pérez. (2015). *Procesamiento Digital de Imágenes con MATLAB y Simulink*. Alfaomega Ra-Ma. Dr. Isidoro Olvera (Eje 2 Sur) No. 74, Col. Doctores, 06720. Ciudad de México.
- M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 1, pp. 321–331, 1988.
- MathWorks®. (2018) What Is Image segmentation? 3 things you need to know recuperado de <https://www.mathworks.com/discovery/image-segmentation.html>

N. Paragios and R. Deriche, "Geodesic Active Regions for Texture Segmentation," INRIA RR-3440, 1998. Amar Mitiche, Ismayl Ben Ayed. (2010). *Variational and Level set methods in Image segmentation*, Springer-VerlagBerlin Heidelberg.

O Marques. (2011). *PracticalImage and Video Processing Using MATLAB*. New Jersey US. WILEY

Peza O., E. (2019). *Uso del Computo para la simulación de la deformación y recuperación de forma en una barra de PU-SMP MM2520*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX.

S. Byers and A. Raftery, "Nearest-neighbor cluster removal for estimating features in spatial point processes," *J. Amer. Statist. Assoc.*, vol. 93, no. 442, pp. 577–584, 1998.

Tony F. Chan, Lummita A. Vese. (2001). *Active Contour Without Edges*, *IEEE Transactions on Image Processing*. Vol. 10, No. 2, pp 266-277.

Invernadero utiliza energía solar para el control de temperatura

Greenhouse uses solar energy for temperature control

PÉREZ-ORTEGA, Eva Claudia^{†*}, CHAVIRA-ÁLVAREZ, Alberto y ESPARZA-DELGADO, María del Carmen

Universidad Tecnológica de Chihuahua

ID 1^{er} Autor: *Eva Claudia, Pérez-Ortega* / ORC ID: 0000-0002-4739-9237, Researcher ID Thomson: S-6728-2018, CVU CONACYT ID: 388994

ID 1^{er} Coautor: *Alberto, Chavira-Álvarez* / ORC ID: 0000-0002-2705-6851, Researcher ID Thomson: S-7881-2018, CVU CONACYT ID: 250601

ID 2^{do} Coautor: *María del Carmen, Esparza-Delgado* / ORC ID: 0000-0001-8276-6031, Researcher ID Thomson: S-7823-2018, CVU CONACYT ID: 520791

DOI: 10.35429/JTD.2019.10.3.17.23

Recibido: 10 de Marzo, 2019; Aceptado 30 de Junio, 2019

Resumen

Una empresa dedicada al ramo de hortalizas en ciudad Jiménez, Chihuahua, MX. mediante proyecto con Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) vinculado con la Universidad Tecnológica de Chihuahua desarrollan prototipo de invernadero en base al uso de energía solar con la finalidad de disminuir el uso de gas LP para el calentamiento del invernadero y la implementación de chimeneas trabajadas bajo el principio de Venturi con lo cual se estima que permite reducir el uso de ventiladores y extractores eléctricos. La construcción del invernadero es de 60 x 70 metros. El sistema electrónico del invernadero permite medir, controlar, automatizar y monitorear los parámetros de temperatura y humedad. El Control climático del invernadero es posible gracias al uso de sensores de diferentes variables climáticas como de temperatura, humedad, velocidad del viento y dióxido de carbón. La implementación del sistema solar térmico y fotovoltaico, con la sinergia de la electrónica y la automatización logra un ahorro eficiente de energía eléctrica mediante el prototipo diseñado. Objetivos: Desarrollar un prototipo de invernadero con la operación en base al uso de la energía solar para el acondicionamiento de sus instalaciones (enfriamiento y calentamiento), permitiendo una importante reducción en sus costos de operación al disminuir el uso de combustibles como gas y energía eléctrica y consecuentemente una disminución en las emisiones a la atmosfera.

Energía Solar Térmica, Sistema Fotovoltaico, Invernadero

Abstract

A company dedicated to the branch of vegetables in Jiménez city, Chihuahua, MX. Through a project with the National Council of Science and Technology (CONACYT) linked to the Technological University of Chihuahua, they develop a prototype of a greenhouse based on the use of solar energy in order to reduce the use of LP gas for heating the greenhouse and the implementation of chimneys worked under the Venturi principle, which is estimated to reduce the use of electric fans and extractors. The greenhouse construction is 60 x 70 meters. The electronic greenhouse system allows measuring, controlling, automating and monitoring the temperature and humidity parameters. Climate control of the greenhouse is possible thanks to the use of sensors of different climatic variables such as temperature, humidity, wind speed and carbon dioxide. The implementation of the solar thermal and photovoltaic system, with the synergy of electronics and automation achieves an efficient saving of electric energy through the designed prototype. Objectives: Develop a greenhouse prototype with the operation based on the use of solar energy for the conditioning of its facilities (cooling and heating), allowing a significant reduction in its operating costs by reducing the use of fuels such as gas and electricity and consequently a decrease in atmospheric emissions

Solar Thermal Energy, Photovoltaic System, Greenhouse

Citación: PÉREZ-ORTEGA, Eva Claudia, CHAVIRA-ÁLVAREZ, Alberto y ESPARZA-DELGADO, María del Carmen. Invernadero utiliza energía solar para el control de temperatura. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-10: 17-23

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: evaperez@utch.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La automatización en el sistema de invernaderos inteligentes permite al ser humano la facilidad de mejorar los procesos productivos del sector primario en un ambiente protegido. La utilización de dispositivos electromecánicos, combinados con un sistema de programación y electrónica facilita que, en el proceso, aquellas variables a medir, se pueda a la vez, controlar, monitorear y automatizar.

Bajo este ambiente controlado, permite que a pesar de la sequía o de la lluvia, se tenga el proceso de producción los 365 días del año.

El utilizar ambientes cerrados y de alta tecnología, permite al productor una planeación eficaz de los alimentos, ya que dependiendo del cultivo, puede seleccionar en pantalla del equipo de cómputo, el producto a cultivar, sean tomates, chile morrón, ajo, cebolla, sólo por citar uno de los productos. En este mismo contexto se programan los cultivos con las variables que intervienen en su crecimiento y a la vez poder mantenerlas en control. Estas variables puede ser luz, humedad, dióxido de carbono, flujo de aire.

En este escenario, las pérdidas son casi nulas y cuando en zonas áridas que dependen de temporal, se pueden levantar hasta 3 cosechas en algunos productos.

Con la automatización del invernadero y en sinergia con las energías renovables, no solo se tiene un aprovechamiento por tres veces, sino que los costos implícitos de producción en el invernadero, disminuyen considerablemente por dejar de usar gas natural en la temporada de invierno, ya que para calentar se utiliza un sistema solar térmico, calefaccionando el interior por medio de agua calentada por medios solares.

La energía eléctrica utilizada por el invernadero, se provee por medio de un sistema fotovoltaico de 8000 watts interconectado a la red.

La programación del sistema hace eficiente el uso de la energía solar térmica y la energía eléctrica.

Marco teórico

La energía solar es una fuente de energía renovable, esencialmente no contaminante y prácticamente ilimitada.

México se localiza geográficamente entre los 14° y 33° de latitud septentrional, situación que resulta ideal para el aprovechamiento de la energía solar, ya que la irradiación global media diaria en el territorio nacional es de alrededor de 5.5 kWh/m², colocando al país dentro de los primeros lugares en el mundo.

El clima en la región de Cd. Jiménez Chihuahua se tiene un clima extremo lo que ocasiona que en invierno las temperaturas sean por debajo del promedio nacional, es muy bajo durante el invierno, debido a esto se tiene la necesidad de utilizar las calefacciones. El gas licuado el cual es el principal combustible que se utiliza es incosteable para la mayoría de los cultivos hortícolas y ornamentales ya que emiten gases tóxicos para las plantas.

La agricultura tradicional tiene pérdidas hasta del 40% de la producción, según las palabras del productor de chile jalapeño al que se le implementó el invernadero inteligente en la Cd. Jiménez, en Chihuahua, México.

Con las condiciones meteorológicas adecuadas, en campo abierto, con la semilla de calidad seleccionada, difícilmente se llegará al 50% de la cosecha.

Paralelo a esto, la agricultura controlada, como es el caso de un invernadero inteligente, normalmente se cosechas el 100% de las semillas.

La Agricultura Protegida es aquella que se realiza bajo condiciones en las cuales el agricultor puede controlar algunos factores del medio ambiente, esto minimiza el impacto que los cambios de clima pueden ocasionar a los cultivos.

La estructura más utilizada de la agricultura protegida son los invernaderos, malla sombra, túneles altos y bajos.

El cultivo en invernadero tiene como principales ventajas:

- La protección contra el viento,
- Aumento de la temperatura
- Aumento de la superficie foliar
- Reducción del consumo de agua.

Marco regulatorio básico para las energías renovables:

Una política energética de largo plazo garantiza el éxito en el desarrollo de energías renovables, por lo que es indispensable contar con un marco regulatorio en materia de energía que estimule la inversión en nuevas tecnologías y garantice el desarrollo del país.

Los principales ordenamientos legales aplicables a energías renovables son los siguientes:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.
- Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.
- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.
- Ley de Petróleos Mexicanos.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Ley de la Comisión Reguladora de Energía. Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal. Ley de Desarrollo Rural Sustentable.
- Ley de Energía para el Campo.
- Ley del Impuesto sobre la Renta.
- Ley Federal de las Entidades Paraestatales.
- Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.
- Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

- Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en Materia de Aportaciones.
- Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
- Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.
- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- Reglamento de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales.
- Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.

A pesar de que México tiene un territorio 5.5 veces mayor que Alemania y una radiación 5.0 veces superior, la energía solar generada en el país europeo es 44.2 veces superior.

País	Tamaño del territorio (Km ²)	Radiación solar (Kwh/m ²)	Generación de energía solar (Gwh)
Alemania	357,376.0	1.1	5,047.0
China	9,597,000.0	4.5	116,500.0
México	1,964,000.0	5.5	114.2

Tabla 1 Comparativo de aprovechamiento solar
 Notas: Por disponibilidad de información, los datos de energía solar son del 2014.
 Fuentes: Elaboración por el CIEP, con datos del Bank (2017) y de SOLARGIS (2017)

Los datos del cuadro 1 considera energía solar utilite-scale es decir las llamadas granjas solares, a nivel internacional no existe una referencia que dicte a partir de cual número de metros cuadrados de paneles solares se considere utility-scale.

País	Penetración de GD (%)
Alemania	48
California (EUA)	5
Chile	10
Dinamarca	55
España	31
México	0.23

Tabla 2 Porcentaje de generación distribuida (GD) sobre el total de capacidad instalada
 Fuentes: Elaboración por el CIEP, con datos del SENER (2017)

Metodología

Las actividades del proyecto consistieron en el desarrollo, fabricación e instalación de un invernadero cuyo sistema de calefacción y acondicionamiento de clima se basa en colectores solares que transfieren y conservan la energía calorífica del sol a tanque termo cuyo calor a través de serpentines o intercambiadores de calor radiante será integrado al interior del invernadero. El enfriamiento del invernadero se logra a través de chimeneas de aluminio que generan una presión negativa dentro del sistema del invernadero provocando así movimiento del aire del exterior al interior el cual pasa a través de celdas evaporativas, enfriándolo y humedeciéndolo en la forma deseada y controlada. El diseño contempla desde luego un sistema de calefacción y ventiladores auxiliares eléctricos como respaldo. Para llevar a cabo el proyecto se realizaron las siguientes actividades:

Diseño de equipos: análisis histórico de temperaturas de la región, calculo y dimensionado de: estructura del invernadero, calculo y diseño de chimeneas para sistema de ventilación, calculo y diseño de sistema de colector solar para invernadero, calculo y diseño del equipo de apoyo para ambos sistemas, calculo y diseño de sistemas de conducción de agua (riego y sistema de calefacción radiante). Esta actividad se desarrolló durante los 2 primeros meses del año. Se obtuvieron planos preliminares para determinar dimensiones, características y especificaciones generales.

Ingeniería de detalle: ejecución de planos de planta y detalle de localización de: sistema de calefacción integral, sistema de ventilación integral, sistema de tubería radiante, sistema de control del invernadero. Esta actividad se desarrolló durante el tercer mes del año. Se obtuvo planos finales con dimensiones, características y especificaciones a detalle del invernadero.

Calefacción solar: Componentes del sistema de calefacción empleando energía solar:

- 8 colectores solares
- 1 Termotanque
- 6 Intercambiadores de calor
- Tubería instalada alrededor de invernadero
- 6 tomas de agua

Este sistema de calefacción es funcional teniendo una temperatura externa hasta de -20°C, siempre y cuando los días se mantengan soleados y/o semisoleados.

Diseño y desarrollo de sistemas de automatización: para control y monitoreo de: temperaturas por zona, niveles de humedad, temperatura. Exterior, velocidad de interior y exterior, de colectores solares, sistema de control de aplicación de agro insumos para el desarrollo de la planta. Esta actividad se desarrolló a partir del 4to mes y estuvo mejorándose durante todo el año conforme se fue realizando la integración y prueba de los demás componentes del invernadero. Se obtuvo software y equipo para la automatización de la operación del invernadero solar el software LabVIEW fue utilizado para el desarrollo del sistema de automatización

Selección y compra de equipos, materiales de obra y consumo, elaboración de ruta crítica en base a tiempos de entrega por parte de los proveedores: esta actividad se desarrolló a partir del 4to mes y se estuvo realizando durante todo el año conforme se fue realizando la construcción e integración del proyecto. Se obtuvo el suministro de materia prima materiales, equipos y partes para la construcción del proyecto.

Fabricación de partes y elementos: esta actividad se desarrolló a partir del 4to mes y se estuvo realizando durante todo el año conforme se fue realizando la construcción e integración del proyecto (llevándose a cabo mejoras importantes al diseño inicial del proyecto). Se obtuvo la construcción de partes y elementos que conforman el invernadero y los sistemas de enfriamiento y calefacción.

Ensamble y armado de partes y elementos: esta actividad se desarrolló a partir del 4to mes y se estuvo realizando durante todo el año conforme se fue realizando la construcción e integración del proyecto. Se obtuvo el invernadero armado y ensamblado de partes y elementos

Instalación de equipo: esta actividad se desarrolló a partir del 8to mes y se estuvo realizando durante todo el año conforme se fue realizando la construcción e integración del proyecto. Se llevaron a cabo afinaciones y ajustes a los sistemas propuestos.

Se obtuvo el invernadero con los sistemas de operación listos para la realización de las pruebas de operación.

Arranque y pruebas definitivas: las pruebas se realizaron a partir del mes 10 del año.

Sistema de chimeneas:

Componentes principales de las chimeneas:

- Lámina de aluminio y lámina galvanizada
- Estructura de fierro
- Sistema Venturi de lámina de aluminio
- Revestimiento de lana de vidrio para conservar el calor.
- Capa de policarbonato que permite el paso de los rayos solares al aluminio y evita el escape del calor hacia el exterior de la chimenea.

Para obtener el caudal que fluye a través de la chimenea se tomó la lectura de la velocidad del viento y se multiplica por el área de la chimenea, en el caso de la chimenea cilíndrica, el diámetro es de 104 cm, tomando en cuenta promedio de temperatura de 24 grados centígrados se logró un promedio de velocidad del viento de 1.5 m/s, esto dio un total de 1.125m³/seg, si se convierte esto a horas da un total de 4050 m³/hr, se compara este dato con el caudal del ventilador que se utilizó para las pruebas, que tiene un caudal de 10,180 m³/hr. Por lo tanto, si se coloca una de las chimeneas en el lugar del extractor se debe colocar un extractor de la mitad de la capacidad del extractor del sistema celdek.

El sistema de Pared de humedad celdek incluye:

- Paredes húmedas
- Ventiladores
- Tuberías para dispersión de agua sobre las paredes húmedas
- Bomba sumergida
- Tanque de agua
- Sistema de Tuberías para suministro de agua.

El sistema de chimeneas en conjunto con el sistema de pared húmeda y un sistema de enfriamiento a través de recirculación de agua y aire forzado logran disminuir la temperatura en un rango de 10 a 17 grados centígrados. Operando estos sistemas en forma complementaria.

El Sistema Venturi permite una corriente de aire aun mayor que la natural

Sistema de colectores:

Después analizar varias pruebas de 30 minutos de monitoreo de cada una, se observó que en promedio se logró subir 14°C, estas pruebas fueron satisfactorias ya con el sistema de control se logra alcanzar temperaturas dentro de los rangos de 20°C a 25°C en periodos cortos de tiempo.

Las pruebas en campo demostraron que en condiciones de uso normales en la región de cd. Jiménez, el sistema podrá proporcionar hasta un 50% de la energía necesaria para calentar el invernadero a una temperatura promedio de 22 grados centígrados dado a sus bajas tendencias de días nublados y alto contenido de radiación solar.

Sistema de control:

Los componentes que integran el sistema de automatización y control son los siguientes:

- Unidad NI cRIO
- Una Gateway de red inalámbrica de sensores (wsn) NI 9795,
- tres tarjetas salida digital NI 9476,
- chasis NI cRIO 9074,
- fuente de poder NI PS-15 con un voltaje de entrada de 120VCA y voltaje de salida de 24 VDC- 5A,
- cable de comunicación CAT5E Ethernet,
- computadora PC TouchSmart-310

Con ello se permite el desarrollo de la automatización del invernadero Hombre-Máquina.

Se desarrolló un sistema de adquisición de datos meteorológicos, que permite controlar y monitorear inalámbricamente las variables climáticas dentro del invernadero, con la finalidad de tener producción todo el año.

Con el control de la temperatura, en función de los requerimientos del cultivo, se impiden excesivas temperaturas dentro del invernadero, especialmente en la primera etapa de la planta donde debe desarrollarse la aparición del primer racimo floral.

Con la automatización y control del invernadero por medio del software lobbies y hardware compacto se logra establecer las condiciones de operación adecuadas, las cuales permiten que entren en operación los sistemas anteriormente descritos de acuerdo a las necesidades de ambientación del invernadero.

Ajustes y acabados finales

Estos se llevaron a cabo en los meses de noviembre y diciembre y permitieron realizar los ajustes necesarios a los sistemas de acondicionamiento y control del invernadero.

Invernadero terminado y operando

El invernadero estuvo terminado en el mes de diciembre y se decidió posponer la siembra del material vegetativo para el mes de marzo para la producción de plántula de pimiento (tarda aproximadamente 60 días) y posteriormente trasplantarla al sistema de producción de hidroponía (en mayo) con la intención de obtener producción a finales de julio. Obteniendo con esto dos meses más de producción que los que se obtendrían si la operación de producción se lleva a cabo en un invernadero normal.

Contribución

Obtener un prototipo de invernadero que opera a base de energía solar tanto en el calentamiento del ambiente en tiempo de frío, así como el acondicionamiento o control de temperaturas, humedades y vientos en el interior del sistema en tiempo de verano, ya que se aprovechara el bajo contenido de humedad relativa que prevalece en la región al utilizarse una pared húmeda que consta celdas Celdek de enfriamiento y chimeneas que moverán el aire del interior al exterior del sistema, por la incorporación del efecto Venturi y la radiación solar sustituyendo en gran medida el uso de energía eléctrica.

La implementación de sistemas solares, con la sinergia de la electrónica y automatización, logra un ahorro eficiente en energía eléctrica y con este prototipo, se puede mostrar a la comunidad, tanto académica, empresarial y personas en general, que el uso de sistemas solares, se pueden ir introduciendo poco a poco, con la finalidad de obtener ahorros, disminuir los costos fijos, aumentar las utilidades y poder ofrecer a la comunidad en general productos de calidad a un menor precio.

La implementación de sistemas solares, con la sinergia de la electrónica y automatización, logra un ahorro eficiente en energía eléctrica y con este prototipo, se puede mostrar a la comunidad, tanto académica, empresarial y personas en general, que el uso de sistemas solares, se pueden ir introduciendo poco a poco, con la finalidad de obtener ahorros, disminuir los costos fijos, aumentar las utilidades y poder ofrecer a la comunidad en general productos de calidad a un menor precio.

Conclusiones

En condiciones de uso normales en la región de Cd. Jiménez, el sistema podrá proporcionar hasta un 50% de la energía necesaria para calentar el invernadero a una temperatura promedio de 22 grados centígrados dado a sus bajas tendencias de días nublados y alto contenido de radiación solar.

En la práctica se detectó que la chimenea rectangular presenta un área mayor expuesta a la radiación solar y por lo tanto genera más calor que la chimenea circular. El hecho de poder generar calor con las chimeneas reduce el uso de ventiladores extractores para romper la presión de aire de la pared húmeda, dando como resultado una disminución en el consumo de energía eléctrica.

Se desarrolló por parte del equipo que participó en el proyecto CONACyT un sistema de adquisición de datos meteorológicos, que permite monitorear y controlar inalámbricamente las variables climáticas dentro del invernadero, todo ello con la finalidad de aumentar la producción deseada.

Referencias

Agricultura protegida en México. Recuperado el 10 de abril del 2019 en: <https://hidroponia.mx/agricultura-prottegida-en-mexico/>

Alpi, A., & Tognoni, F. (1991). Cultivo en invernadero. Mundi-Prensa Libros.

Aparicio, M. P. (2006). Energía solar fotovoltaica: guía del usuario. Marcombo.

Energía Solar en México: Potencial y aprovechamiento. Recuperado el 16 de abril del 2019 en: https://es.scribd.com/document/350199005/Energia-solar-en-Mexico-potencial-y-aprovechamiento#from_embed

Iglesias Ferrer, J. M., & Morales Salas, J. (2013). Dimensionado de un sistema térmico solar mediante simulación y su validación energética. *Ingeniería Energética*, 34(1), 55-65.

Hernández, J., Escobar, I., & Castilla, N. (2001). La radiación solar en invernaderos mediterráneos. *Caja Rural*.

Iriarte, A., Saravia, L., & Matias, C. (2002). Acondicionamiento térmico con energía solar de un invernadero rústico para la producción de plantas. In Congreso regional deficiencia y tecnología NOA. Secretaría de Ciencia y Tecnología, UNCa.

Lorenzo, E. (2002). De los archivos históricos de la energía solar Las chimeneas solares: De una propuesta española en 1903 a la Central de Manzanares. It reviews the history of the SUPPs technology.

Martinez, M. F., & Osnaya, P. (2004). Cambio climático: una visión desde México. Instituto Nacional

Meinel, A. B., & Meinel, M. P. (1982). Aplicaciones de la energía solar. Reverte.

Montero, J. I., & Anton, A. (1992, October). Evolución tecnología de los invernaderos españoles. In III International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates 357 (pp. 15-27).

Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026. Secretaría de energía. Recuperada el 18 de abril del 2019 en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2012-2026.pdf

Renewables Global Futures Report (2017).Ren21• . Disponible en <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/03/GFR-Full-Report-2017.pdf>.

Sarmiento, P. (2007). Energía solar en arquitectura y construcción. RIL editores.

SENER (2017). Sener. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181535/Cesar_Hernandez.pdf.

SOLARGIS (2017). Solargis. Disponible en <http://solargis.com/products/maps-and-gisdata/free/overview/>.

El método gráfico y analítico en la teoría de mecanismos

The graphical and analytical method in the theory of mechanisms

VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, Benjamín†*, JIMÉNEZ-RABIELA, Homero, RAMÍREZ-CRUZ, José Luis y QUINTANA-DIAZ, María Berenice Guadalupe

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Energía

ID 1^{er} Autor: *Benjamín, Vázquez-González* / ORC ID: 0000-0002-9030-5662, Researcher ID Thomson: S-2417-2018, CVU CONACYT ID: 25749

ID 1^{er} Coautor: *Homero, Jiménez-Rabiela* / Researcher ID Thomson: S-2299-2018, CVU CONACYT ID: 123386

ID 2^{do} Coautor: *José Luis, Ramírez-Cruz* / ORC ID: 0000-0003-0762-2630, Researcher ID Thomson: G-3405-2019, CVU CONACYT ID: 921268

ID 3^{er} Coautor: *María Berenice Guadalupe, Quintana-Diaz* / ORC ID: 0000-0002-4703-1934, CVU CONACYT ID: 1015523

DOI: 10.35429/JTD.2019.10.3.24.29

Recibido: 10 de Marzo, 2019; Aceptado 30 de Junio, 2019

Resumen

La teoría de mecanismos es una de las ramas fundamentales de estudio y desarrollo en la teoría de máquinas, los actuales desarrollos tecnológicos tales como la mecatrónica o la robótica requieren que los ingenieros e investigadores posean conocimientos básicos sólidos en mecánica aplicada, esto permitirá realizar investigación confiable y eficiente. La enseñanza tradicional en las carreras de ingeniería emplea bibliografía que presenta de manera aislada, ya sea el método gráfico o bien el analítico, sin establecer una clara correlación entre ambas metodologías, con lo que se pierde la oportunidad de que dichas metodologías se sustenten mutuamente. Cuando dos metodologías se complementan se obtiene un nivel de seguridad en el dominio de las técnicas de solución de problemas, a su vez, se abre la posibilidad de extender soluciones cuando se busca la representación de una de las metodologías, basada en la otra. En este trabajo se presenta la solución de problemas de la teoría de mecanismos por ambas metodologías, explicando y justificado los resultados obtenidos, así como la secuencia de pasos en la solución de problemas, más allá de un procedimiento.

Educación, Mecanismos, Cinemática

Abstract

The theory of mechanisms is one of the fundamental branches of study and development in the theory of machinery, current technological developments such as mechatronics or robotics require that engineers and researchers have solid basic knowledge in applied mechanics; this will allow reliable and efficient research. The traditional teaching in the engineering fields uses bibliography that presents in an isolated way, either the graphic or the analytical method, without establishing a clear correlation between both methodologies, which misses the opportunity for these methodologies to mutually support each other. When two methodologies complement each other, a level of security is obtained in the domain of problem solving techniques, in turn, opens the possibility of extending solutions when looking for the representation of one of the methodologies, based on the other, in this paper presents the solution of problems of the theory of mechanisms by both methodologies, explaining and justifying the results obtained, as well as the sequence of steps in the solution of problems, beyond a procedure.

Education, Mechanisms, Kinematics

Citación: VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, Benjamín, JIMÉNEZ-RABIELA, Homero, RAMÍREZ-CRUZ, José Luis y QUINTANA-DIAZ, María Berenice Guadalupe. El método gráfico y analítico en la teoría de mecanismos. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-10: 24-29

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: bvg@correo.azc.uam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En este trabajo se desarrolla el tema del análisis cinemático de mecanismos en una forma más general a la convencional, es conocido el avance que se tiene desde el estudio de los mecanismos hasta la robótica actualmente ver, Staicu y Vu. En literatura tradicional el análisis cinemático de mecanismos, dependiendo de la bibliografía, se presenta el método gráfico y un método analítico, Shigley aborda de manera preferencial el método gráfico para la solución cinemática del problema de la velocidad, por otro lado, también desarrolla soluciones por medio del método analítico, sin embargo, no establece una correlación directa entre ambos métodos.

Norton por su parte, privilegia el método analítico en su versión del uso de la variable compleja, sobre el gráfico, lo cual limita el aprovechamiento cognitivo en el aprendizaje, no establece una correlación directa entre ambas metodologías. Otros autores como por ejemplo Beer y Jhonston, que también estudian estos temas, se abocan a soluciones analíticas vectoriales sin construir una representación gráfica, como lo es un polígono de velocidades, por lo que tampoco se logran vincular ambas metodologías. El problema a tratar en este trabajo es el de vincular ambas metodologías, la construcción vectorial de un polígono de velocidades y la solución analítica.

El método gráfico cómo se presenta en la literatura, consta de una serie de operaciones gráficas, resultado de las características cinemáticas desarrolladas por los eslabones de un mecanismo. Esta forma de solución gráfica produce que se recurra a un procedimiento que sistematiza las operaciones de manera visual, dado que el método es gráfico. Esta es una limitación de dicho método. Sin embargo, tener una concepción completa de las operaciones realizadas y su significado cinemático, es una gran aportación del método gráfico si se acompaña de una explicación analítica.

En la siguiente sección se desarrolla en primer lugar el análisis gráfico de un mecanismo de cuatro eslabones, se utilizan los procedimientos asimilados en el aprendizaje de las referencias mencionadas con anterioridad. En la sección tres, se desarrollan las expresiones vectoriales correspondientes, para obtener las soluciones analíticas equivalentes.

En la sección cuatro se vinculan las soluciones determinadas en cada caso. El procedimiento empleado es a través de un ejemplo numérico, lo cual aporta claridad y es una metodología muy didáctica en los temas de enseñanza en el campo de la ingeniería en la rama de mecanismos.

Análisis de la velocidad de un mecanismo de cuatro eslabones por el método gráfico

Se inicia el análisis cinemático con el desarrollo del método gráfico, para ilustrar los procedimientos tradicionales. En la Figura 1 se muestra un eslabonamiento de cuatro barras.

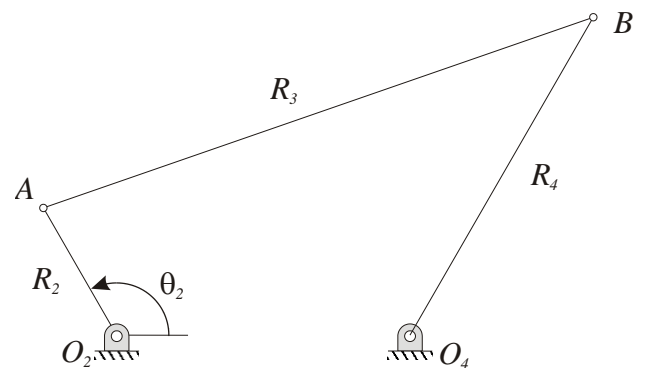


Figura 1 Mecanismo típico de cuatros eslabones en una configuración abierta

Los valores de los parámetros del mecanismo se presentan en la Tabla 1, hay que recordar que a los eslabones se les puede asociar características vectoriales, por tener magnitud, dirección y sentido, en la tabla 1 se registran las magnitudes correspondientes.

$R_1=0.04$ m	$R_2=0.02$ m
$R_3=0.0794$ m	$R_4=0.05$ m
$\theta_2=120^\circ$	$\omega_2=+60$ rad/s

Tabla 1 Datos numéricos del mecanismo de la Figura 1

El análisis de la velocidad por medio del método gráfico, emplea la expresión de Euler,

$$V_A = V_{O2} + \omega_2 \times R_2 \tag{1}$$

Donde V_{O2} es cero por permanecer fijo. La velocidad del punto A se localiza desarrollando gráficamente el producto vectorial entre ω_2 y R_2 , esto resulta en un vector perpendicular a R_2 , y con magnitud igual a,

$$V_A = \omega_2 R_2 = (60)(0.02) = 1.2 \text{ m/s}$$

El siguiente paso es definir arbitrariamente una escala para representar el vector velocidad instantánea del punto A. Se define la siguiente escala: 2 cm → 1.2 m/s, de esta forma se tienen todos los datos para localizar en un sistema coordenado, al vector velocidad del punto A. Este es un vector que tiene una magnitud de 5 cm y una dirección perpendicular al eslabón R₂. La representación gráfica de lo anterior se denomina paso 1).

El siguiente paso es determinar la velocidad del punto B, a partir del punto O₄. Esto se logra aplicando nuevamente la expresión de Euler, en estos nuevos términos se tiene,

$$V_B = V_{O_4} + \omega_4 \times R_4 \quad (2)$$

Donde V_{O4} es cero por permanecer fijo. Se observa que la incógnita en esta expresión es el vector ω₄, la cual se determinará gráficamente. Sin embargo se puede representar la información contenida en la ecuación (2). Esta información parcial corresponde con la dirección del vector velocidad del punto B, la cual se determina nuevamente realizando el producto vectorial entre ω₄ y R₄, esto resulta en una línea recta, es decir representa la dirección del vector velocidad del punto B, pero no es un vector porque se desconoce su sentido y su magnitud. Entonces el siguiente paso es trazar una línea recta que parte del punto B con una magnitud indefinida. Este paso gráfico se denomina paso 2).

Los pasos anteriores se ilustraron en la figura final, que contiene al polígono de velocidades completo. Sin embargo, todavía no se presenta dicho polígono, porque todavía se debe realizar un paso más. La tercera etapa o paso 3), corresponde con el cálculo de la velocidad del punto B, desde el punto A. Esto también se realiza con la expresión de Euler aplicada entre dichos puntos, lo anterior se escribe de la siguiente manera,

$$V_B = V_A + \omega_3 \times R_3 \quad (3)$$

En el trazo de los polígonos de velocidad, lo anterior implica que a partir del vector conocido V_A, se suma vectorialmente el producto ω₃×R₃. Finalmente este producto vectorial no se puede evaluar completamente, porque se desconoce la magnitud del vector ω₃, dado que esta es una incógnita.

Sin embargo, es posible determinar la dirección que tiene ese vector, dicha dirección es perpendicular al vector R₃, por lo que en el polígono de velocidades, se trazará una línea recta a partir del vector V_A. Esto último resulta en el denominado polígono de velocidades, que como su nombre lo indica es un objeto geométrico cerrado por las intersecciones de la rectas determinadas con anterioridad. Al obtener las intersecciones, se pueden determinar las magnitudes de los vectores del polígono de velocidades. En la Figura 2 se muestra el mecanismo original y su correspondiente polígono de velocidades.

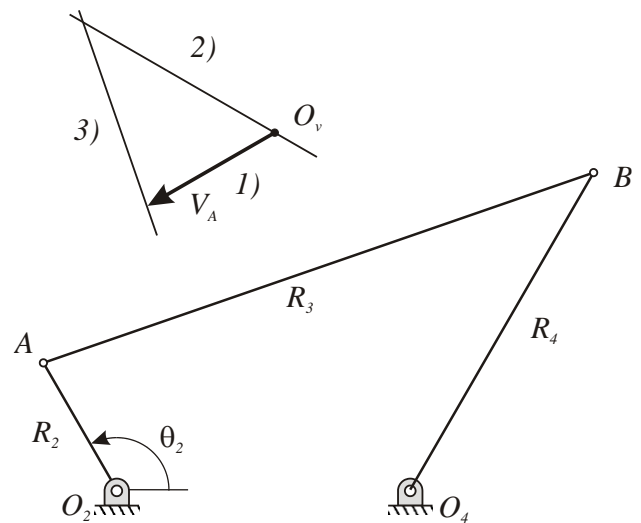


Figura 2 Mecanismo de cuatro eslabones junto con su polígono de velocidades

Hay que notar que la intersección entre las líneas 2) y 3) definen las magnitudes de los vectores correspondientes a las velocidades siguientes, V_B y V_{BA}.

En la Figura 3 se muestra el polígono de velocidades completo donde se observa también, las direcciones de los vectores que se han determinado.

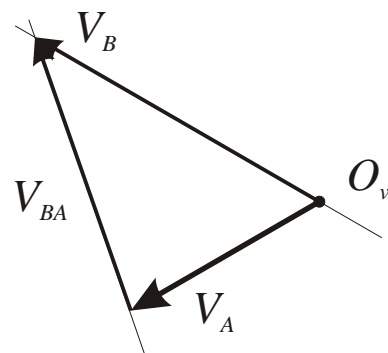


Figura 3 Polígono de velocidades construido a partir de la metodología gráfica tradicional

En la Tabla 2 se registran las longitudes de las líneas que se han intersectado y conforme a la escala que se designó originalmente, se determinan los valores de velocidad de los vectores correspondientes.

$V_B \rightarrow 3.02 \text{ cm}$	$V_B = 1.812 \text{ m/s}$
$V_{BA} \rightarrow 2.66 \text{ cm}$	$V_{BA} = 1.596 \text{ m/s}$

Tabla 2 Valores de las velocidades de desplazamiento instantáneas obtenidas por medio del método gráfico

El último paso en el análisis de velocidades por medio del método gráfico, corresponde con determinar las velocidades angulares, esto se realiza a continuación.

De ecuación 2 se considera la magnitud del producto vectorial, como dichos vectores son perpendiculares entre sí, el resultado es,

$$V_B = \omega_4 R_4 \quad (4)$$

de donde se obtiene,

$$\omega_4 = \frac{V_B}{R_4} = \frac{1.812 \text{ m/s}}{0.05 \text{ m}} = 36.24 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (5)$$

De la ecuación (3) se obtiene lo siguiente

$$V_{BA} = V_B - V_A = \omega_3 \times R_3 \quad (6)$$

Tomando en cuenta la perpendicularidad entre el vector velocidad angular y el eslabón R_3 , resulta

$$\omega_3 = \frac{V_{BA}}{R_3} = \frac{1.596 \text{ m/s}}{0.0794 \text{ m}} = 20.1 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (7)$$

Análisis de la velocidad de un mecanismo de cuatro eslabones por el método analítico

En esta sección se obtiene la solución del análisis de velocidad por medio del método analítico.

El método analítico se puede desarrollar por medio de la variable compleja o por análisis vectorial, ambas estrategias proporcionan los mismos resultados. Aquí se empearan las ecuaciones, resultado de utilizar la variable compleja. La solución del problema de la cinemática en mecanismos y en particular de la velocidad se inicia por el planteamiento de la ecuación de cierre de circuito. El objetivo de este trabajo es correlacionar directamente el método gráfico con el método analítico. A continuación se presentan las ecuaciones, resultado de aplicar el método analítico.

El método analítico requiere de haber realizado previamente el análisis de posición, esto permite determinar los valores de las posiciones angulares de los eslabones 2 y 3 respectivamente. Para esto se emplean las ecuaciones de Freudenstein, estas ecuaciones son muy conocidas, Norton las expone con claridad. Los resultados son los siguientes para el caso de estudio:

$$\theta_3 = 19.082^\circ = 0.33305 \text{ rad}, \text{ y } \theta_4 = 60^\circ = 1.0472 \text{ rad}.$$

La ecuación de cierre de circuito o de circuito cerrado es,

$$R_2 + R_3 = R_1 + R_4 \quad (6)$$

Para el cálculo de la velocidad, se deriva en el tiempo la ecuación (6), y desarrollando ésta expresión en la forma polar compleja, con $R = Re^{i\theta}$, en cada vector respectivamente se obtiene una igualdad, que incluye términos reales y complejos. Ahora, separando la parte real y compleja, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones,

$$\omega_3 R_3 \cos \theta_3 - \omega_4 R_4 \cos \theta_4 = -\omega_2 R_2 \cos \theta_2 \quad (8)$$

$$\omega_3 R_3 \sin \theta_3 - \omega_4 R_4 \sin \theta_4 = -\omega_2 R_2 \sin \theta_2 \quad (9)$$

Realizando el cambio de variables $x = \omega_3 R_3$ y $y = \omega_4 R_4$ y junto con los datos numéricos del presente problema, las ecuaciones (7) y (8) se convierten en el siguiente sistema de ecuaciones algebraico,

$$\begin{aligned} 0.94505x - 0.5y &= 0.6 \\ 0.32693x - 0.86603y &= -1.0392 \end{aligned} \quad (10)$$

La solución numérica de este sistema tiene por resultados $x = 1.5867$ y $y = 1.799$, despejando de éstos valores numéricos se obtiene,

$$\omega_3 = \frac{x}{R_3} = \frac{1.5867}{0.0794} = 19.984 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (11)$$

$$\omega_4 = \frac{y}{R_4} = \frac{1.799}{0.05} = 35.98 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (12)$$

Estos resultados son muy aproximados a los obtenidos en las ecuaciones (5) y (7), que provienen de una solución gráfica y por tanto aproximada.

Obsérvese que la intersección de las curvas de la Figura 4, corresponde con la solución del sistema de ecuaciones, lo que corresponde con una representación gráfica de la solución analítica.

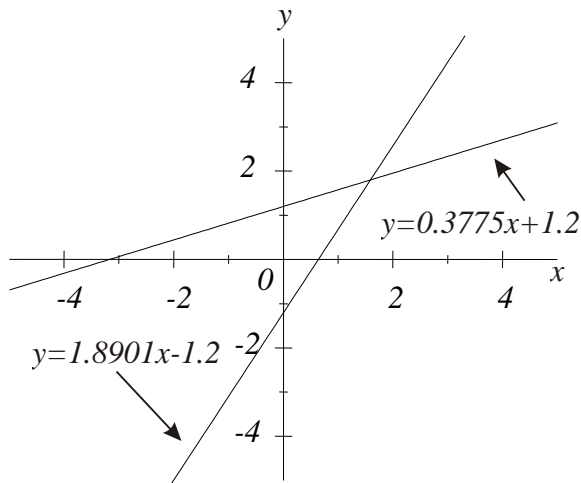


Figura 4 Solución gráfica del sistema de ecuaciones (10)

Vinculación entre la solución gráfica y la analítica

En esta sección se establece una relación directa y tangible de las soluciones por medio del polígono de velocidades y el método analítico.

En las secciones anteriores se desarrollaron de manera individual los dos métodos considerados. La vinculación que justifica los trazos que se deben realizar en el método gráfico en el sentido de que hay implícita una solución analítica, se proporciona a continuación.

En un sistema de ecuaciones como el de la ecuación (10), las constantes están en el espacio de la posición, esto se confirma porque las constantes coinciden con los ángulos de los eslabones. Las soluciones x y y encontradas, también están en el espacio de configuración de la posición, la rotación que se describe por el producto vectorial $\omega \times R$, lleva del espacio de configuración de la posición, al espacio de configuración de la velocidad, entonces es de esperarse que al rotar de manera ortogonal las soluciones gráficas, estas tengan una posición ortogonal con respecto a los eslabones, puesto que son parte de la solución.

Esto se observa en la Figura 5, al colocar las gráficas de las soluciones analíticas de la Figura 4, con ángulo de giro de 90° , y_1 corresponde con la rotación a 90° de la ecuación $y=1.8901x-1.2$ y y_2 corresponde con la rotación de la ecuación $y=0.3775x+1.2$.

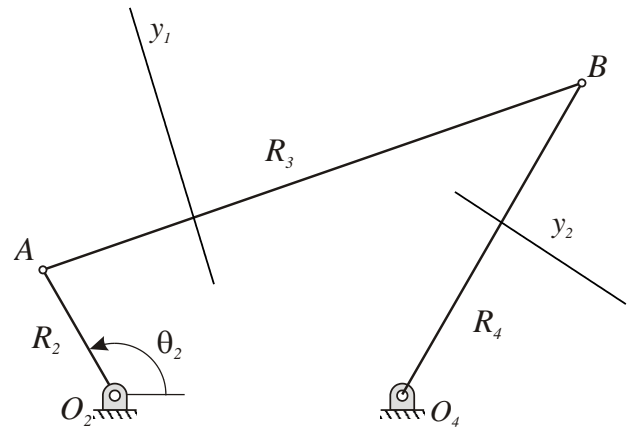


Figura 5 Mecanismo original con las soluciones $y_1=1.8901x-1.2$ con rotación de 90° , y $y_2=0.3775x+1.2$ con rotación de 90°

Lo anterior justifica y complementa a ambos métodos, cuando se determina la velocidad por el método analítico se están hallando numéricamente los valores de la velocidad. Por otro lado, la solución gráfica se explica al hallar las intersecciones de los vectores perpendiculares a los eslabones.

Agradecimiento

Los autores agradecemos el apoyo institucional, de la Universidad Autónoma Metropolitana y de la Unidad Azcapotzalco, en particular de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería y del Departamento de Energía.

Conclusiones

En este trabajo se ha determinado la correlación entre el método gráfico y el método analítico en el análisis cinemático de la velocidad de un mecanismo de cuatro eslabones. La descripción tradicional del método gráfico, aporta una serie de instrucciones a seguir en forma de trazos que en ocasiones pueden llegar a ser ambiguos en su interpretación, en el sentido de ser una mera instrucción, sin tener el sustento formal de obtener una solución analítica. Al correlacionar la solución analítica e interpretar su efecto en el contexto de la velocidad, se ha confirmado que la solución gráfica, implica muy cercanamente la solución analítica.

Referencias

Beer, F. P. Johnston, E. R., Cornwell, P. J. (2013), *Mecánica Vectorial para Ingenieros*. USA. McGraw-Hill

J. E. Shigley y J. J. Uicker. (1980). *Theory of Machines and Mechanisms*. USA: McGraw-Hill.

Norton R. L.. (2009). *Kinematics and Dynamics of Machinery*. USA: McGraw Hill Springer, Cham.

Staicu, S. (2019). Geared Parallel Mechanisms. In *Dynamics of Parallel Robots* (pp. 245-275).

Vu, L. N., & Kuo, C. H. (2019). An analytical stiffness method for spring-articulated planar serial or quasi-serial manipulators under gravity and an arbitrary load. *Mechanism and Machine Theory*, 137, 108-126.

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

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

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

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

International Identification of Science - Technology and Innovation

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

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

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

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

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

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

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

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

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

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

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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

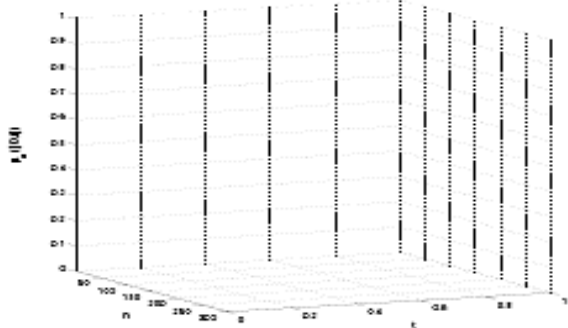


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

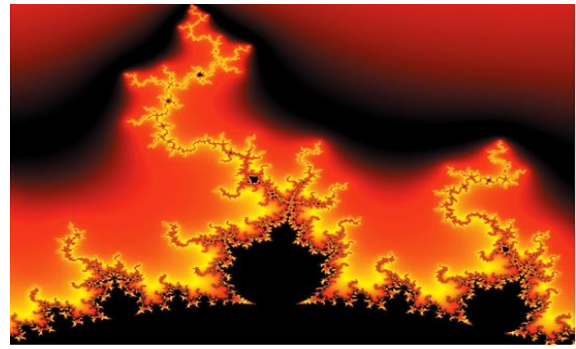


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

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

Conclusiones

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

Referencias

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

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

Reserva a la Política Editorial

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

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

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

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

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

Título del Artículo:

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

Copyright y Acceso

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

Título del Artículo:

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

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

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

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

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

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

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

Responsabilidades del Consejo Editorial

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

Responsabilidades del Comité Arbitral

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

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

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

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

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

Responsabilidades de los Autores

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

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

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

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

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

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

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

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

38 Matacerquillas, CP-28411. Moralarzal –Madrid-España. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

BANERJEE, Bidisha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Spain), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

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

Oficinas de Gestión

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

Revista del Desarrollo Tecnológico

“Análisis de las características Corriente-Voltaje (I-V) en Barreras Schottky de Silicio (p)-Oro”

ORTIZ-VÁZQUEZ, Jonathan, ORTIZ-SIMÓN, José Luis, VÁZQUEZ-MÉNDEZ, Gerardo y ROJO-VELAZQUEZ, Gustavo Emilio

*Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo
Instituto Politécnico Nacional*

“Uso del procesamiento digital de imágenes para la extracción de datos de medidas experimentales publicados en formato gráfico”

PEZA-ORTIZ, Edebaldo, TORRES-VALLE, Jose Bernardo, GARCÍA-TRINIDAD, Enrique y GONZÁLEZ-RAMOS, Alma Delia

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez división

“Invernadero utiliza energía solar para el control de temperatura”

PÉREZ-ORTEGA, Eva Claudia, CHAVIRA-ÁLVAREZ, Alberto y ESPARZA-DELGADO, María del Carmen

Universidad Tecnológica de Chihuahua

“El método gráfico y analítico en la teoría de mecanismos”

VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, Benjamín, JIMÉNEZ-RABIELA, Homero, RAMÍREZ-CRUZ, José Luis y QUINTANA-DIAZ, María Berenice Guadalupe

Universidad Autónoma Metropolitana

