

ISSN 2523-6873

Volumen 4, Número 13 — Enero — Marzo — 2020

Revista de Ingeniería Innovativa

ECORFAN®

ECORFAN-Perú

Editor en Jefe

MIRANDA - TORRADO, Fernando. 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 de Ingeniería Innovativa, El Volumen 4, Número 13, de marzo de 2020, es una Revista trimestral editada por ECORFAN-República del Perú. AV. La Raza, No 1047 - Santa Ana, Cusco-Perú, CP: 11500 http://www.ecorfan.org/republicofperu/rj_ingenieria_innovativa.php, revista@ecorfan.org. Editor en Jefe: MIRANDA - TORRADO, Fernando. PhD. ISSN: 2523-6873. Responsable de la última actualización de este problema Unidad Informática ECORFAN. Imelda Escamilla Bouchán, PhD. Vladimir Luna Soto, PhD. Actualizado al 31 de Marzo de 2020.

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 Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y Protección de la Propiedad Intelectual.

Revista de Ingeniería Innovativa

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 diseño de sistemas de producción, gestión de calidad en los productos, investigación de operaciones, simulación informática, cadenas de suministros, certificación de calidad, hidrometeorología.

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

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

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Ingeniería Innovativa es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, 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 diseño de sistemas de producción, gestión de calidad en los productos, investigación de operaciones, simulación informática, cadenas de suministros, certificación de calidad, hidrometeorología 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 Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® 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

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

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

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

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

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

Comité Arbitral

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

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

GONZALEZ - MARRON, David. PhD
Instituto Tecnológico de Pachuca

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

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

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

FERREIRA - MEDINA, Heberto. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

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

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

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

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Innovativa 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 Perú 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 mandará 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 homólogo de CONACYT para los capítulos de América-Europa-Asia-África 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 Diseño de sistemas de producción, gestión de calidad en los productos, investigación de operaciones, simulación informática, cadenas de suministros, certificación de calidad, hidrometeorología y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Propuesta de diseño de batería reutilizada*, por GARCIA-DUARTE, Oscar Enrique, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo y TORRES-RICO, Luis Armando, con adscripción en la Universidad Politécnica de Juventino Rosas, como siguiente artículo presentamos, *Densidad espectral en guías de onda mediante propiedades estadísticas y teorema de Wiener-Khintchine*, por LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola, JARA-RUIZ, Ricardo, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes y Universidad de Guadalajara respectivamente, como siguiente artículo presentamos, *Análisis estructural de chasis prototipo para automóvil tipo SAE BAJA*, por HUERTA-GAMEZ, Hector, HERRERA-OLIVARES, Edgar Daniel, ZUÑIGA-CERROBLANCO, José Luis y AGUILAR-MORENO, Antonio Alberto, con adscripción en la Universidad Politécnica de Juventino Rosas, como último artículo presentamos, *Efecto de la adición de copolímeros reactivos a mezclas de PLA/ATP*, por KANTUN-UICAB, Maria Cristina, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Isis, RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Francisco Javier y HORTELANO-CAPETILLO, Juan Gregorio, con adscripción en la Universidad Politécnica de Juventino Rosas, Instituto Politécnico Nacional y Centro de Investigación en Química Aplicada, respectivamente.

Contenido

Artículo	Página
Propuesta de diseño de batería reutilizada GARCIA-DUARTE, Oscar Enrique, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo y TORRES-RICO, Luis Armando <i>Universidad Politécnica de Juventino Rosas</i>	1-5
Densidad espectral en guías de onda mediante propiedades estadísticas y teorema de Wiener-Khintchine LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola, JARA-RUÍZ, Ricardo, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto <i>Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes</i> <i>Universidad de Guadalajara</i>	6-11
Análisis estructural de chasis prototipo para automóvil tipo SAE BAJA HUERTA-GAMEZ, Hector, HERRERA-OLIVARES, Edgar Daniel, ZUÑIGA-CERROBLANCO, José Luis y AGUILAR-MORENO, Antonio Alberto <i>Universidad Politécnica de Juventino Rosas</i>	12-19
Efecto de la adición de copolímeros reactivos a mezclas de PLA/ATP KANTUN-UICAB, Maria Cristina, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Isis, RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Francisco Javier y HORTELANO-CAPETILLO, Juan Gregorio <i>Universidad Politécnica de Juventino Rosas</i> <i>Instituto Politécnico Nacional</i> <i>Centro de Investigación en Química Aplicada</i>	20-26

Propuesta de diseño de batería reutilizada

Reused battery design proposal

GARCIA-DUARTE, Oscar Enrique†, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo y TORRES-RICO, Luis Armando

Universidad Politécnica de Juventino Rosas. Carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices. Hidalgo 102, Comunidad de Valencia, Juventino Rosas, Gto, México.

Universidad Politécnica de Juventino Rosas. Carrera de Ingeniería en Metalúrgica. Hidalgo 102, Comunidad de Valencia, Juventino Rosas, Gto, México.

ID 1^{er} Autor: Oscar Enrique, Garcia-Duarte / ORC ID: 0000-0002-4781-8438, CVU CONACYT ID: 290387

ID 1^{er} Coautor: Arnulfo, Pérez-Pérez / ORC ID: 0000-0001-6354-8899, CVU CONACYT ID: 176434

ID 2^{do} Coautor: Luis Armando, Torres-Rico / CVU CONACYT ID: 373689

DOI: 10.35429/JOIE.2020.13.4.1.5

Recibido Enero 10, 2020; Aceptado Marzo 30, 2020

Resumen

En este trabajo se propone una batería automotriz reutilizada basada en un estudio de tecnologías existentes. Las tecnologías aplicadas se clasificaron por los materiales utilizados en la construcción de las celdas electroquímicas, se identificaron las características importantes entre las cuales se encuentran: la capacidad de almacenamiento, el voltaje nominal de sus celdas, entre otras. Las baterías de plomo por su costo seguirán ocupando una cuota de mercado considerable para los sistemas eléctricos convencionales del automóvil, pero por sus prestaciones estas baterías no se utilizan en los sistemas de propulsión. Las baterías de níquel metal hidruro soportan un mayor estrés de trabajo, poseen mayor densidad de energía y se utilizan en los sistemas de propulsión de los vehículos híbridos. Por la demanda de energía y potencia que requieren los vehículos eléctricos se utiliza la tecnología de ion litio.

Batería automotriz, Batería reutilizada, Automovil eléctrico

Abstract

In this work, a reused automotive battery based on a study of existing technologies is proposed. The applied technologies were classified by the materials used in the construction of the electrochemical cells, the important characteristics were identified, among which are: the storage capacity, the nominal voltage of their cells, among others. Lead batteries for cost will continue to occupy a considerable market share for conventional automotive electrical systems, but due to their performance these batteries are not used in powertrains. Nickel metal hydride batteries withstand greater work stress, have a higher energy density and are used in the propulsion systems of hybrid vehicles. Due to the demand for energy and power that electric vehicles require, lithium ion technology is used.

Automotive battery, Reused battery, Electric car

Citación: GARCIA-DUARTE, Oscar Enrique, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo y TORRES-RICO, Luis Armando. Propuesta de diseño de batería reutilizada. Revista. Revista de Ingeniería Innovativa. 2020. 4-13:1-5.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Una batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente pila, es un dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica permitiendo que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función, el cual es alimentar un circuito eléctrico.

El diseño está pensado como pieza para convertir un vehículo convencional a uno eléctrico por lo que no competirá con baterías desarrolladas en automóviles eléctricos. Por lo que se propone un banco de baterías ligero para evitar agregar peso al automóvil y con una densidad energética 150 Wh/kg con la finalidad de logra mayor autonomía [1].

Objetivo general

Proponer un diseño de batería con materiales reutilizados capaz de generar un voltaje de 12 V a 110 Ah.

Metodología

Se realizo un análisis de las características de las diferentes tecnologías en baterías utilizando como foco de análisis los siguientes parámetros: Densidad de energética (Wh/kg), Capacidad de la batería (Ah), Potencia (W/kg), Eficiencia (%), Ciclo de vida.

La batería de plomo-acido es el tipo de batería más utilizada, También la más antigua de todas permaneciendo inalterada en su diseño original del Siglo XIX. Su bajo costo las hace ideales para las funciones de arranque, iluminación o soporte eléctrico, siendo utilizadas como acumuladores en vehículos de tamaño pequeño [2].

La batería níquel-cadmio es una batería que tiene un efecto de memoria, ya que se reduce su capacidad en cada recarga. Son utilizadas en vehículos militares, aviones o helicópteros porque los materiales para su construcción son sumamente caros. Pero tienen un excelente rendimiento en temperaturas extremadamente bajas.

La batería níquel-hierro es también conocida como batería de ferróníquel, tienen problemas al entregar baja potencia eléctrica. La batería fue desarrollada por Thomas Alva Edison en el año 1903 por lo que se puede observar su tecnología es algo vieja, su densidad energética es de 33–42 Wh/kg.

La batería níquel-hidruro metálico, al utilizar níquel como elemento predominante tiende a recargarse lentamente, producen altas corrientes de descarga o sobrecarga por lo que generan demasiado calor. Contienen ciclos de vida mayores a las baterías de plomo ácido, requiriendo mantenimiento constante de las celdas.

La batería de Aluminio-aire son baterías con una alta capacidad de carga de hasta 30 veces mayor a la de níquel-hierro, encontrándose aun en una fase experimental debido a sus problemas para recargar y a las peligrosas que pueden ser. También son conocidas como pilas de combustible debido a que sufren desgaste. Estas baterías pueden ser flexibles y tener tiempos de carga de 1 minuto aproximadamente. Debido a que se encuentra en fase experimental y pocos productos han salido al mercado este tipo de baterías son bastante caras.

La batería Ion-litio (LiCoO_2) Óxido de Cobalto Litio es el primer material utilizado en las primeras baterías de ion-litio.

Batería producida industrialmente en el año de 1991 y sigue siendo el material de cátodo que mejores prestaciones genera para los aparatos electrónicos principalmente. El uso de nuevos materiales como el litio ha permitido conseguir altas energías específicas, alta eficiencia, la eliminación del efecto memoria, ausencia de mantenimiento y facilidad a la hora de reciclar los desechos de Ion-litio. Disponen del doble de densidad energética que las baterías níquel-cadmio con un tamaño del orden de un tercio más pequeñas. Pero también tienen desventajas, el principal es su alto costo de producción, aunque poco a poco este se va reduciendo, son frágiles, pueden explotar por el sobrecalentamiento y deben ser almacenadas con mucho cuidado, tanto por necesitar un ambiente frío como porque debe estar parcialmente cargada.

Al no ser una tecnología totalmente madura, y encontrarse en continuo desarrollo, los avances las hacen tener un gran margen de mejora.

Las baterías de Iones de Litio se recargan más rápido y tienen una vida útil mucho más larga que la de las baterías convencionales. Esta batería ofrece, además, mayor densidad energética, que se traduce en más autonomía en menos espacio. Son utilizados principalmente autos de alta gama y coches eléctricos por su ligereza. Su precio está por encima del resto de baterías llegando a costar casi mil dólares.

Batería LiFePO_4 :

Batería que tiene una densidad energética de 130Wh/kg por lo que tiene una potencia considerable constituyendo una buena alternativa debido a que su uso es más estable y seguro. Tiene ciclos de vida más largos, pero con costos de producción más caros que Ion-litio LiCoO_2 .

Batería Polímero de litio:

Otra variación de las Ion-litio que cuenta con algunas mejoras como una densidad energética que va de 250-340 Wh/kg y una potencia más elevada. Son ligeras, eficientes y no tienen efecto memoria. En cambio, su alto costo y bajo ciclo de vida hacen de estas baterías, con aspecto blando debido a sus componentes litio y polímero, una opción no muy extendida en la actualidad.

Batería ZEBRA:

Estas baterías, también llamadas de sal fundida, trabajan a 250 °C y tienen como electrolito cloro aluminato de sodio triturado. Es una batería compleja, de mayor contenido químico, pero que consigue unas características de energía y potencia interesantes. En desuso, el electrolito se solidifica, por lo que necesita un tiempo de fundición que puede llegar a ser de dos días para que alcance la temperatura óptima y ofrezca plenamente su carga. Tienen el mejor ciclo de vida de todas las baterías, pero requieren ocupar mucho espacio y su potencia es baja [4].

Batería Zinc-Aire:

Desarrolladas por una compañía suiza, y en fase experimental, pero más avanzada que las de Aluminio-Aire, estas baterías necesitan obtener el oxígeno de la atmósfera para generar una corriente. Tiene un alto potencial energético, fiabilidad y son capaces de almacenar el triple de energía que las de Ion-litio en el mismo volumen y con la mitad del coste. Según algunos expertos, el zinc se posiciona como el combustible eléctrico del futuro.

En la tabla 1 se muestra una comparativa de las diferentes tecnologías de baterías y sus principales características observándose que las baterías Ion-litio (LiCoO_2) tienen mayor densidad Energética, pero como se observó en la anterior descripción de las baterías no es viable para nuestro proyecto debido a que tiene un alto costo y bajo ciclo de vida. En un automóvil eléctrico es muy importante los ciclos de carga y el costo de la misma debido a que aproximadamente el 37% del costo del automóvil es el costo de la batería.

	Nickel-cadmio	Plomo-acido Sellada	Litio-ion magnesio
Densidad de energía gravimétrica (Wh/kg)	45-80	30-50	100-135
Resistencia interna mΩ	100-200 Paquete de 6V	<100	25-75 Por celda
Ciclo de vida. Hasta el 80% de su capacidad inicial	1500	200-300	300-500
Tiempo de carga rápida	1 h	8h a 16h	1h o menos
Tolerancia de sobrecarga	Moderada	Alta	Baja
Voltaje de celda nominal	1.25 V	2 V	3.6 V
Temperatura de operación	-40°C a 60°C	-20°C a 60°C	-20°C a 60°C
Mantenimiento requerido	30 a 60 días	3 a 6 meses	No requiere
Toxicidad	Alta	Alta	Baja

Tabla 1 Comparativa de tecnologías en baterías [6]

Diseño en SolidWorks para la realización de banco de baterías

Se realizó el diseño en el programa SolidWorks para distribuir las celdas solares de manera equilibrada con una distancia de 3 milímetros entre cada celda.

GARCIA-DUARTE, Oscar Enrique, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo y TORRES-RICO, Luis Armando. Propuesta de diseño de batería reutilizada. Revista. Revista de Ingeniería Innovativa. 2020

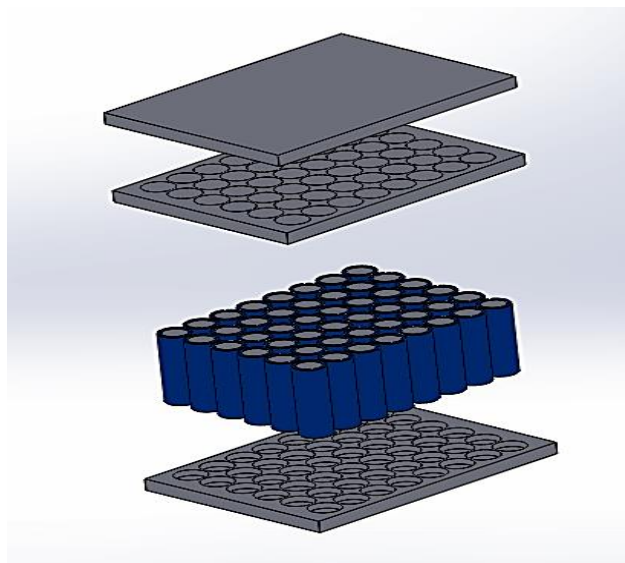


Figura 1 Banco de baterías

Fuente: elaboración propia [solid Works]

En la Figura 1 se muestra el arreglo de las celdas de batería evitando transferencia de calor por contacto entre celda y celda. También al estar separadas las celdas logramos utilizar el aire que pasa entre las celdas para refrigerar el calor producido por la relación entre la temperatura y la velocidad que se procede en la acción química de la batería [2].

El material utilizado para hacer el armazón es nylon reutilizado de la industria automotriz. Teniendo como principales características su dureza, resistencia al desgaste, resistencia al calor, resistencia a la abrasión, resistencia a la abrasión, inercia química casi total, antiadherente, inflamable, excelente dieléctrico, capacidad de amortiguación de golpes, ruido y vibraciones [3]. En la Figura 2 se muestra el armado final.

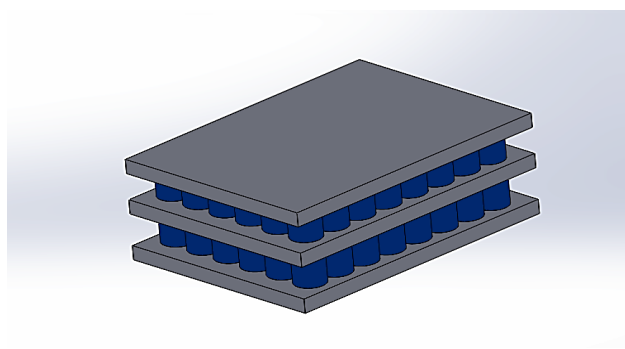


Figura 2 Banco de batería armado

Fuente: elaboración propia [solid Works]

Para el desarrollo del banco de baterías necesitábamos baterías de litio reciclables para ello se inició con una recolección de baterías de litio las cuales se encuentran en los centros de carga de las computadoras portátiles (laptops), el parámetro determinante para calificar una batería de reúso es la medición de la densidad del electrolito. Si no se dispone de un decímetro gracias a la siguiente tabla podemos conocer de forma indicativa el porcentaje de carga de la batería midiendo la tensión en los bornes (tensión en vacío) usando un voltímetro eléctrico común [5].

Valor Densímetro	Tensión Batería (V)	Porcentaje de Carga (%)
1.277	12.73	100
1.258	12.62	90
1.238	12.50	80
1.217	12.37	70
1.195	12.24	60
1.172	12.10	50
1.148	11.96	40
1.124	11.81	30
1.098	11.66	20
1.073	11.51	10

Tabla 2 Estado de carga de celdas [3]

En la tabla 2 se muestra el voltaje de carga de una celda de batería con respecto a su porcentaje de carga. Tomándose aquellas baterías que tienen más de 1.238 V para reutilizar y de esta manera asegurar un 80% de eficiencia.

Resultados

En la figura 3 se muestra el arreglo serie paralelo del diseño eléctrico de la batería, obteniéndose un valor nominal de 12.06 V.

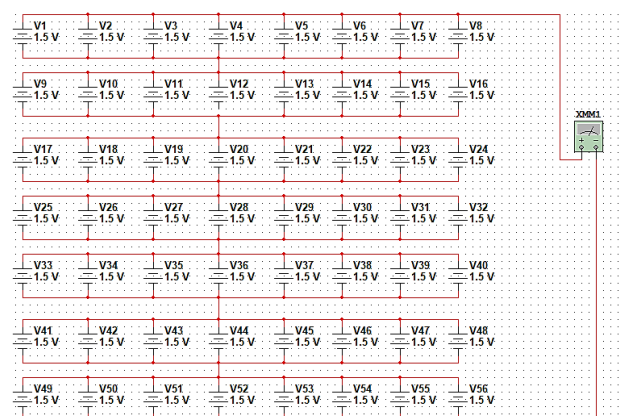


Figura 3 Arreglo serie-paralelo celdas de batería

Fuente: elaboración propia [multisim]

Para lograr un banco de baterías se utilizaron 54 celdas de baterías reutilizadas en un arreglo serie paralelo lográndose 12.06V por batería, como se puede observar en la figura 4. Se realizaron pruebas de capacidad y duración de este mismo banco de baterías. Las pruebas consisten en conectar un motor de 12 v para que lograra descargar por completo la batería el tiempo en descarga fue de 2 horas 10 min. El tiempo de carga completa a partir de una descarga completa es de 1 hora 34 min.



Figura 4 Circuito Serie-Paralelo de celdas de batería
Fuente: elaboración propia

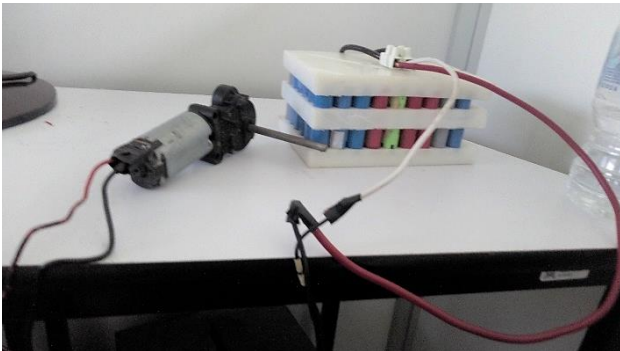


Figura 5 Proceso de prueba de descarga de batería
Fuente: elaboración propia

Como se observa en la figura 5, la batería se puso a prueba con un motor de corriente directa de 12V fluyendo a través del motor una corriente nominal de 1 A.

Conclusiones

En este trabajo se logró la elaboración de una batería de 12V con elementos raramente utilizados como elementos de reusó. Teniéndose varias ventajas entre ellas un costo considerablemente bajo, un casi nulo procesamiento de los elementos que la componen debido a que las celdas obtenidas de baterías de computadora portátil solo fueron desmontadas de la misma y la maquila de placa de nylon no necesita de herramientas muy sofisticadas o costosas.

Obteniéndose una batería con mínimo un 80% de vida útil. Reflejándose en un ciclo de vida de aproximadamente 300 ciclos de carga profunda.

Referencias

- [1] Mandy Concepcion. (2011). Sistemas Automotrices Híbridos Avanzados. Editorial Mandy Concepcion.
- [2] Canales M. María; Ávila V. José. Físicoquímica. UNAM. México 1999.
- [3] Vega de K. Juan. Principios y Aplicaciones de la energía fotovoltaica y de las baterías. Ediciones UC. México 2018.
- [4] Trashorras M. Jesus. Vehículos Eléctricos. Ediciones Paraninfo S.A. España 2019.
- [5] Bautista Z. Francisco. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Autónoma de México. México 2004.
- [6] Michael Emir (Noviembre 2018). Baterías: Comparativa Litio, NiMh, NiCd, LiPo, Plomo. El Salvador. ScAcKk AnD NoOne. TOP-CODING.
<http://topcoding.blogspot.com/2012/02/baterias-comparativa-litio-nimh-nicd.html>.

Densidad espectral en guías de onda mediante propiedades estadísticas y teorema de Wiener-Khintchine

Spectral density in waveguides using statistical properties and Wiener Khintchine theorem

LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola†*, JARA-RUÍZ, Ricardo, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto

Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, Aguascalientes, Estación Rincón, Rincón de Romos, Aguascalientes, 20400 México.

Universidad de Guadalajara, Lagos de Moreno, Jalisco, 47460, México.

ID 1^{er} Autor: *Yadira Fabiola, López-Álvarez* / ORC ID: 0000-0002-9041-1908, Researcher ID Thomson: T-1555-2018, CVU CONACYT ID: 375952.

ID 1^{er} Coautor: *Ricardo, Jara-Ruiz* / ORC ID: 0000-0001-7725-4138, Researcher ID Thomson: T-1532-2018, CVU CONACYT ID: 630276.

ID 2^{do} Coautor: *Martín Eduardo, Rodríguez-Franco* / ORC ID: 0000-0002-6804-4777, Researcher ID Thomson: T-1539-2018, CVU CONACYT ID: 660892

ID 3^{er} Coautor: *Sergio, Delgado-Guerrero* / ORC ID: 0000-0003-2521-5887, Researcher ID Thomson: V-1747-2018, CVU CONACYT ID: 240475

DOI: 10.35429/JOIE.2020.13.4.6.11

Recibido Enero 14, 2020; Aceptado Marzo 30, 2020

Resumen

Números son los casos en los que el uso de la fibra óptica puede ser utilizada, sus propiedades por encima de muchos cables mecánicos la hacen una guía de onda por excelencia, además, ha propiciado el desarrollo de las comunicaciones, la ingeniería, incluso las ciencias médicas y biológicas; sin embargo, este medio de transmisión puede ser afectado por mal acoplamiento o cortes. Cuando el camino óptico dentro de la guía de onda sufre alteraciones, se presentan pérdidas, superposición en la señal, errores en la demodulación y decodificación, limitando su capacidad de transmisión. En este trabajo se reportan los resultados en los cambios que presenta la densidad espectral en una guía de onda circular, cuando es sometida a deformaciones en los ejes (x, y), mediante la perspectiva de la generación de patrones de speckle y sus propiedades estadísticas, en correlación con el Teorema de Wiener – Khintchine (WKT). Los resultados obtenidos sugieren que el comportamiento de la densidad espectral es de manera descendente, también, que es factible determinar la similitud entre la densidad espectral de referencia y la que sufre deformación tanto para el análisis estadístico como para el Teorema de Wiener – Khintchine.

Guías de onda, Propiedades estadísticas, Teorema de Wiener Khintchine

Abstract

There are several cases in which the use of optical fiber is use, its properties above many mechanical cables makes it an excellent waveguide, it has led to the development of communications, engineering, including the medical and biological science. However, poor coupling or cuts can affect this means of transmission. When the optical path within the waveguide undergoes alterations, there are losses, overlap in the signal, errors in demodulation and decoding, limiting its transmission capacity. In this work the result in the changes that the spectral density presents in a circular waveguide are reported, when subjected to deformations in the axes (x, y), through the perspective of speckle pattern, and its statistical properties in correlation with the Wiener Khintchine Theorem. The results obtained suggest that the behavior of the spectral density is descending and that it is feasible to determine the similarity between the reference spectral density and the one that undergoes deformation for both the statistical analysis and the Wiener Khintchine Theorem.

Waveguides, Statistical properties, Wiener Khintchine Theorem

Citación: LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola, JARA-RUÍZ, Ricardo, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto. Densidad espectral en guías de onda mediante propiedades estadísticas y teorema de Wiener-Khintchine. Revista de Ingeniería Innovativa. 2020. 4-13:6-11.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: yadira.lopez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Ya que un campo electromagnético está descrito en función de los vectores de campo eléctrico \vec{E} y magnético \vec{H} y para que exista propagación de la luz en un medio se requiere que cada una de las componentes satisfagan la ecuación de onda y posteriormente las ecuaciones de Maxwell.

Una condición necesaria para que el campo eléctrico $E(r, t)$ y magnético $H(r, t)$ satisfagan la ecuación de onda, en términos de frecuencia, es necesario que dicha ecuación sea reducida a la ecuación de Helmholtz, Eq. (1), para dar resultado a un patrón de campo electromagnético transversal a la dirección de propagación, donde a cada uno de estos patrones se les denomina modo, éste puede ser definido como la solución de la ecuación de onda que satisfacen las condiciones de frontera, donde su distribución espacial no cambia con la propagación, su solución está dada en función de la Eq. (2), donde β corresponde a la constante de propagación del modo (Ramos, 2001).

$$\nabla^2 \cdot E(r, t) + k^2 n^2 E(r, t) = 0 \quad (1)$$

$$Z = e^{i\beta z} \quad (2)$$

Cuando se hace incidir una luz coherente dentro del cono de aceptación de una fibra óptica, los modos de propagación producidos en ella y que se encuentran dentro del núcleo se ven afectados por los cambios ambientales que se producen sobre la guía, resultando en cambios del patrón de speckle al final de la fibra, dicho patrón es monitoreado al superponer la intensidad de la luz que atraviesa en camino óptico de la guía sobre una superficie ópticamente rugosa, donde el detector puesto a la salida de la fibra no detectará cambios en la intensidad de dicho patrón. La aproximación mencionada es aplicada directamente a fibras de baja coherencia en las que la potencia es detectada, independientemente de las condiciones ambientales (Freund, 2008).

La intensidad a la salida del difusor puede ser representado mediante la Eq. (3), donde I_T representa la intensidad total, I_i es la intensidad en cada punto del patrón de intensidad y N representa el número de puntos del patrón.

$$I_T = \sum_{i=1}^N I_i \quad (3)$$

Si se considera la propagación de la onda electromagnética a través de una unidad de área, las contribuciones del patrón de intensidad "speckle", pueden ser descritos en función del producto vectorial del campo eléctrico y magnético, Eq. (4), descritos mediante las funciones de Bessel y representado mediante la Eq. (5) (Lujó, 2008).

$$I_T = \frac{1}{2} \text{Re}[E \times H * \hat{z}] \quad (4)$$

$$I = \frac{1}{2} \sum_{m=0}^N \sum_{l=0}^N A_m B_{lm}(U_m, R) A_l B_{ll}(U_l, R) \cos(n_m \theta) \cos(n_l \theta) \exp[-i(\Delta\beta_{ml} z - \Delta\phi_{ml})] \quad (5)$$

Donde $\Delta\beta_{ml} z$ y $\Delta\phi_{ml}$ representan las diferencias entre las constantes de propagación y la fase entre los modos ml (Spillman, 1989).

Si a la guía de onda se le induce una deformación $\Delta\theta(t)$ presentará una diferencia en el camino óptico que sigue el haz de luz dentro del medio, la cual podrá ser representada como una correlación entre los cambios de los modos de propagación con la deformación inducida, pudiendo ser representada en términos de la constante de propagación, afectando directamente a la fase de la intensidad de la salida de la fibra óptica y la distribución de los patrones de speckle que generan los modos (Gutierrez, 2018).

$$I = \frac{1}{2} \sum_{m=0}^N [A_m^2 B_{mm}^2(U_m, R) \cos^2(n_m \theta) + 2 \sum_{m=1}^N \sum_{l=0}^{m-1} A_m A_l B_{ml}(U_m, R) B_{ll}(U_l, R) \cos(n_m \theta) \cos(n_l \theta) \cos(\Delta\beta_{ml} z - \Delta\phi_{ml} + \Delta\theta(t))] \quad (6)$$

Si se considera que la perturbación es muy pequeña, la Eq. (6), puede ser reescrita:

$$I_i = A_i \{1 + B_i [\cos \delta_i + F(t) \phi_i \sin \delta_i]\} \quad (7)$$

$F(t) \phi_i$, representa la perturbación, que se propaga por una guía de onda, de longitud L , dado por:

$$\phi = \beta L \quad (8)$$

Donde β es la constante de propagación, n es el índice de refracción de la fibra y λ la longitud de onda, al variar físicamente el camino de propagación del haz de luz dentro de la fibra óptica mediante un estímulo externo la fase óptica variará de la forma:

$$\Delta\phi = \beta \Delta L + \Delta\beta L \quad (9)$$

Análisis estadístico para patrones de speckle proyectados en una superficie

El patrón de speckle puede ser estudiado desde la perspectiva de la estadística mediante el análisis de la función de la densidad de probabilidad obtenida de la intensidad de un punto y la de segundo orden que analiza la densidad espectral de la luz, y que a su vez esta puede ser estudiada como la función de autocorrelación (Massaki,1986), debido a que los cambios de intensidad por perturbaciones se presentan en el orden del tamaño del speckle, es necesario el uso de técnicas de correlación para la cuantificación del promedio de la intensidad, para este caso uno de los métodos algebraicos sería mediante el coeficiente de correlación dado por (Gutierrez, 2018):

$$C = \frac{\sum_i \sum_j (I_{ref(i,j)} - I_{ref}) \cdot (I_n(i,j) - \langle I_n \rangle)}{\sqrt{\sum_i \sum_j (I_{ref(i,j)} - I_{ref})^2 (\sum_i \sum_j (I_n(i,j) - \langle I_n \rangle)^2)}} \quad (10)$$

Sin embargo, el análisis de la densidad espectral no solo puede ser estudiado desde la teoría de la probabilidad estándar, sino que también está directamente relacionada con el Teorema de Wiener – Khintchine (WKT), según lo expone Cohen *et al*, (Cohen, 1998); sugiriendo que la razón principal de realizar un análisis en un dominio diferente al de la señal de estudio es la visión que se puede obtener de dicha señal, o simplemente que la señal muestra un comportamiento distinto en el tiempo.

Tomando la función de autocorrelación $A(t)$, para $I(t)$.

$$A(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{I}(\tau) I(t + \tau) d\tau \quad (11)$$

Usando la transformada de Fourier de $I(t)$.

$$I(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} I_v e^{-2\pi/v\tau} dv \quad (12)$$

$$\bar{I}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{I}_v e^{-2\pi/v\tau} dv$$

Aplicando la función de autocorrelación para $\bar{I}_v(\tau)$ y $I_v(t + \tau)$.

$$A(t) = F_v[|E_v|^2](t) \quad (13)$$

Entonces, convirtiendo la correlación entre patrones de speckle en una técnica para determinar la variación y los cambios estructurales en dichos patrones, para el caso de la aplicación del WKT se toman dos imágenes una de referencia y otra con los cambios en el patrón, donde la deformación entre las dos superficies es calculada mediante la correlación cruzada usando la Transformada rápida de Fourier (FFT), mediante la Eq. (14).

$$c(i, j) = F^{-1}(H_{s1}^* H_{s2}) \quad (14)$$

Donde H_{s1} y H_{s2} , denotan las transformadas de Fourier de la subimagen de los patrones obtenidos, * indica el complejo conjugado de la subimagen de referencia y F^{-1} , la Transformada Inversa de Fourier.

Motivación para la investigación

Debido a las exigencias en el desarrollo de las comunicaciones, el análisis de los cambios en la intensidad a la salida de una guía de onda, da pauta para estudiar los cambios generados debido a perturbaciones en el medio de transmisión, así como implementar métodos de análisis eficientes, y que se contribuya al desarrollo de una mejorada transmisión de datos.

Contribución de la investigación

Se determina a partir de métodos estadísticos y se correlaciona con la Transformada rápida de Fourier, el análisis de los cambios que sufre la intensidad en la transmisión de los datos a través de las guías de onda, cuando es sometida a deformaciones. El análisis se hace a partir de la distribución de patrones de speckle sobre una superficie rugosa. Se obtienen los cambios en intensidad realizando un análisis de correlación de técnicas.

Desarrollo

Para el análisis de los cambios de intensidad en las guías de onda, se crearon en el software Matlab, dos patrones de speckle a partir de la Eq. (6), uno se utilizó como referencia y al otro se le aplicó una deformación en los ejes (x, y). Los dos patrones de speckle son correlacionados para determinar la similitud y/o diferencias originadas por la diferencia de fase en cada uno.

Las deformaciones inducidas se realizaron con intervalos de $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}, 2\pi$, según lo muestra la Tabla 1.

Resultados

La Tabla 1, muestra la deformación inducida en el patrón de speckle, la densidad espectral entre el patrón de referencia y el que es afectado por la deformación inducida, así como los coeficientes de correlación, usando Eq. (9).

Deformación en I2	Densidad espectral entre I1- I2, usando WKT normalizada	Coefficiente de Correlación
$\Delta\varphi = 0$	1	1
$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}x$	0.8774	0.6356
$\Delta\varphi = \pi x$	0.663171691	0.0025
$\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}x$	0.005898427	-0.2141
$\Delta\varphi = 2\pi x$	0.663171691	0.0008619
$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}y$	0.877457405	0.6353
$\Delta\varphi = \pi y$	0.663171691	0.00074382
$\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}y$	0.005910223	-0.2130
$\Delta\varphi = 2\pi y$	0.668414155	-0.00088050
$\Delta\varphi = (x + y)$	0.803407602	0.7077
$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}(x + y)$	0.659239843	0.4083
$\Delta\varphi = \pi(x + y)$	0.664482307	0.0011
$\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}(x + y)$	0.678899083	0.0398
$\Delta\varphi = 2\pi(x + y)$	0.665137615	-0.0025
$\Delta\varphi = (x^2 + y^2)$	0.906946265	0.7226
$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}(x^2 + y^2)$	0.803407602	0.4150
$\Delta\varphi = \pi(x^2 + y^2)$	0.006258847	-0.1130
$\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}(x^2 + y^2)$	0.005952359	-0.0540
$\Delta\varphi = 2\pi(x^2 + y^2)$	0.673656619	0.0294

Tabla 1 Deformación aplicada en I2, densidad espectral usando WKT y coeficientes de correlación
Fuente: elaboración propia

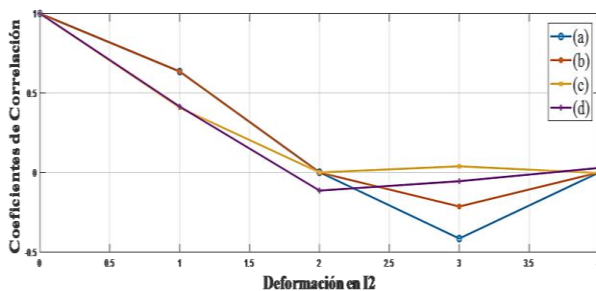


Gráfico 1 Comportamiento de los coeficientes de correlación, (a)Deformación en x, (b)Deformación en y, (c)Deformación en (x,y), (d)Deformación en $(x^2 + y^2)$, con intervalos de $\frac{\pi}{2}$
Fuente: elaboración propia [Matlab]

El Gráfico 1, muestra el comportamiento de los coeficientes de correlación, se tomo como referencia I₁, a I₂, se le aplicó la deformación aplicando Eq. (9). Los resultados muestran un comportamiento descendente, donde $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}x, y$ y $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}(x + y), (x^2 + y^2)$, presentan intersección, para el caso de $\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}x, \Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}y$, presenta la mayor diferencia entre la refencia y la inducida.

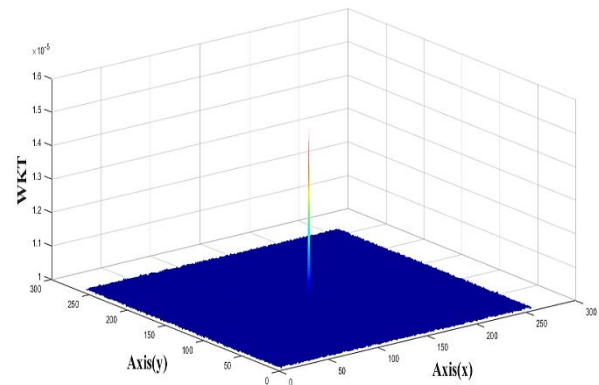


Gráfico 2 Comportamiento de densidad espectral usando WKT
Fuente: elaboración propia [Matlab]

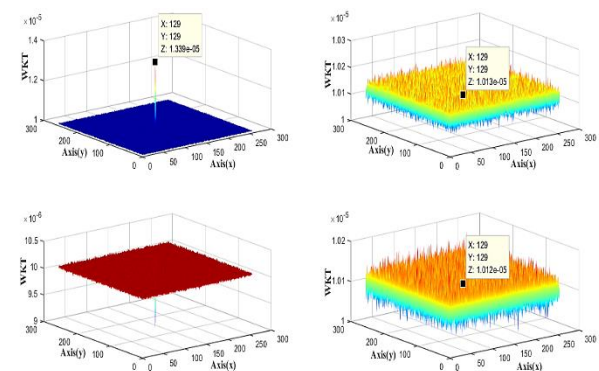


Gráfico 3 Comportamiento de densidad espectral usando WKT, con deformación en x
Fuente: elaboración propia [Matlab]

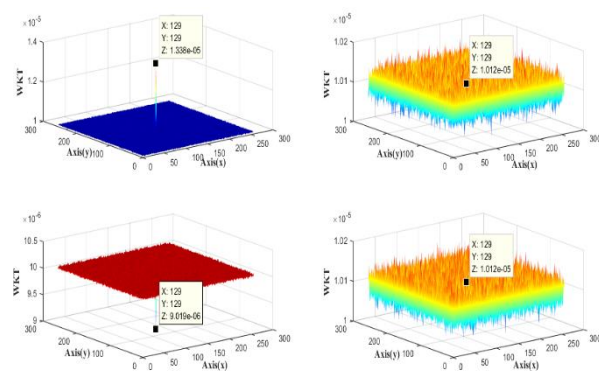


Gráfico 4 Comportamiento de densidad espectral usando WKT, con deformación en y
Fuente: elaboración propia [Matlab]

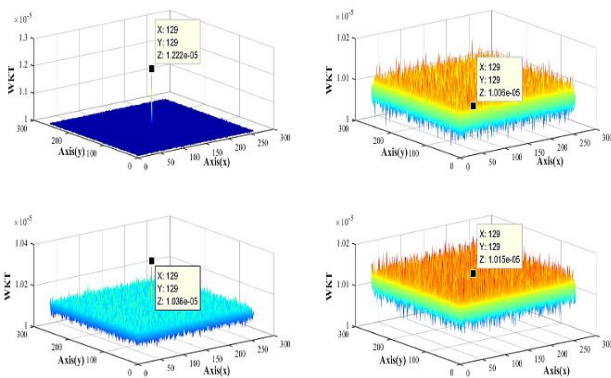


Gráfico 5 Comportamiento de densidad espectral usando WKT, con deformación en $x+y$
Fuente: elaboración propia [Matlab]

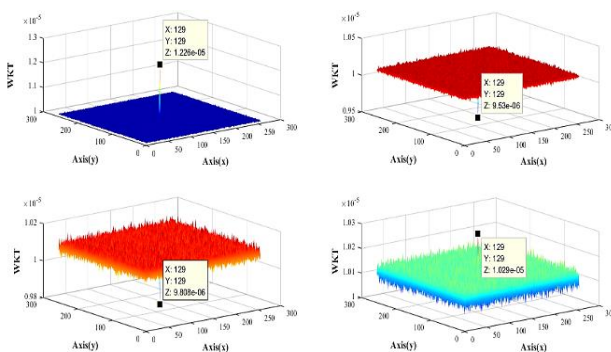


Gráfico 6 Comportamiento de densidad espectral usando WKT, con deformación en $(x^2 + y^2)$
Fuente: elaboración propia [Matlab]

El Gráfico 2, muestra el comportamiento utilizando WKT, este es tomado como la referencia de la densidad espectral, ya ésta no presenta deformación del medio difusor.

Los Gráficos 3, 4, 5 y 6, muestran el comportamiento de la densidad espectral calculada mediante WKT, cuando se tiene una deformación en los ejes x , y , $(x+y)$ y $(x^2 + y^2)$, respectivamente, los puntos en los que no se presentan pico máximo, el valor es visualizado de acuerdo a la localización del pixel con coordenadas en (x, y) , a medida que la deformación afecta al medio difusor, la densidad espectral muestra un corrimiento a las bajas energías, según lo muestra la Tabla 1. Donde el valor para π y 2π tienen una similitud en su intensidad, esto para x , y , $(x+y)$, situación que no se presenta para $(x^2 + y^2)$. Se muestra también, una disminución en su densidad espectral alrededor de las 0.2 y 0.66 (u.a.), según lo muestra el Gráfico 7.

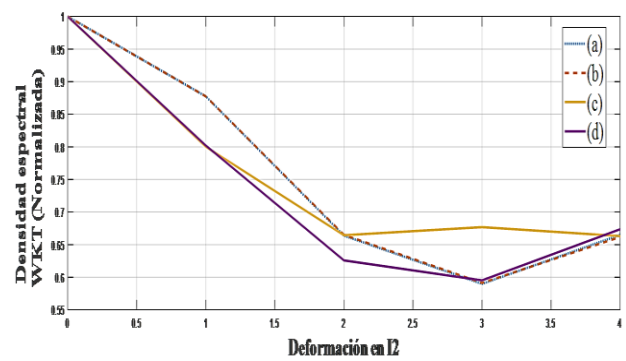


Gráfico 7 Comportamiento de densidad espectral usando WKT, (a)Deformación en x , (b)Deformación en y , (c)Deformación en (x,y) , (d)Deformación en $(x^2 + y^2)$
Fuente: elaboración propia [Matlab]

Para el caso de la correlación entre la intensidad de referencia con la deformada utilizando WKT (mediante transformada de Fourier), muestra también, comportamiento descendente, con una intersección en las deformaciones $(x+y)$.

Conclusión

Se presenta el comportamiento estadístico de los patrones de speckle (intensidad), el cual se puede aproximar a la propagación de la luz dentro de una guía de onda circular, se utiliza el Teorema de Winner-Khintchine, para describir la distribución de la intensidad espectral. Se compara el comportamiento de los coeficientes con los puntos máximos de la distribución de intensidad, obteniendo un comportamiento descendente, mostrando puntos de intersección entre estos dos métodos, también, se puede mencionar que ambos métodos dan la información necesaria para determinar si se está limitando la capacidad de trasmisión de datos, en base a los cambios en intensidad y su distribución espectral, ya que es factible realizar una aproximación entre la correlación cruzada y el Teorema de Wiener Khintchine.

Referencias

Cohen L. (1998). The generalization of the Wiener-Khinchin theorem. Proceedings of the 1998 *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, ICASSP '98* (Cat. No.98CH36181), Seattle, WA, USA, (3) 1577-1580.

Freund, I. Joseph W. Goodman, (2008). Speckle Phenomena in Optics: Theory and Applications. *J Stat Phys*, 130 413–414.

Gutierrez L., et al., (2018). Specklegramas de fibra óptica analizados mediante procesamiento digital de imágenes, *Rev. Acad. Colomb. Cienc.Ex. Fis. Nat.* 42(163):182-188.

Lujo Ivan, Klokoc Pavo, Komljenovic Tin, Bosliljevac Marko, Sipus, (2008). Fiber Optic Vibration Sensor Based on Multimode Fiber. *Radioengineering*, 17(2) 93-97.

Massaki Imai, (1986). Statical properties of optical Fiber Speckle, *Bulletin or Faculty of Engineering, Hokkaido University*, 130:89-104.

Ramos A. Luis y Maní-Panameño E, (2001). Cálculo de los modos electromagnéticos en una fibra óptica mediante soporte computacional analítico, *REVISTA MEXICANA DE FÍSICA* 47 (4) 386-391.

Spillman W.B., B.R. Kliner, L.B. Maurice, and P.L. Fuhn, (1989). Statistical model sensor for fiber optic vibration sensing uses. *Applied Optics*, 28(15).

Análisis estructural de chasis prototipo para automóvil tipo SAE BAJA

Structural analysis of prototype chassis for SAE BAJA vehicle

HUERTA-GAMEZ, Hector†*, HERRERA-OLIVARES, Edgar Daniel, ZUÑIGA-CERROBLANCO, José Luis y AGUILAR-MORENO, Antonio Alberto

Universidad Politécnica de Juventino Rosas, México.

ID 1^{er} Autor: *Hector, Huerta-Gamez* / ORC ID: 0000-0002-5088-310X, CVU CONACYT ID: 373690

ID 1^{er} Coautor: *Edgar Daniel, Herrera-Olivares* / ORC ID: 0000-0002-5776-0313

ID 2^{do} Coautor: *José Luis, Zuñiga-Cerroblanco* / ORC ID: 0000-0003-0493-8197, CVU CONACYT ID: 208410

ID 3^{er} Coautor: *Antonio Alberto, Aguilar-Moreno* / ORC ID: 0000-0002-7652-5925, CVU CONACYT ID: 254188

DOI: 10.35429/JOIE.2020.13.4.12.19

Recibido Enero 18, 2020; Aceptado Marzo 31, 2020

Resumen

En el presente trabajo se desarrolla el análisis numérico de la estructura de un prototipo de chasis para automóvil tipo SAE BAJA. Dentro de la propuesta del modelo se consideran factores que se vuelven importante al momento de implementarlo, dichos factores son: seguridad al conductor, espacios suficientes para los componentes del vehículo, entre otros puntos básicos. Así mismo, el modelo es sometido a diferentes pruebas establecidas por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, siglas en inglés), pruebas como: Impacto frontal, impacto trasero, impacto lateral, volcadura, pruebas de aterrizaje por salto delantero y por salto trasero; las condiciones a las cuales son sometidas estas pruebas son extraídas de artículos (pruebas) y aplicadas en las zonas adecuadas para tener los resultados más precisos y cercanos a la realidad. El análisis se realiza con diferentes materiales y perfiles utilizados para miembros estructurales, de esta forma también se obtiene la configuración adecuada de estos parámetros. Debido a los parámetros satisfactorios obtenidos, se tiene como resultado un modelo bastante eficiente, esto repercute en la seguridad necesaria para el conductor, básicamente, debido a que el sistema cuenta bajas deformaciones en los materiales y soportando las tensiones relativamente altas.

Fuerza, Chasis, BAJA SAE

Abstract

In the present work, the numerical analysis of the structure of a prototype of a SAE BAJA type automobile chassis is developed. Within the proposal of the model, factors that become important when implementing it are considered, these factors are: driver safety, sufficient spaces for vehicle components, among other basic points. Likewise, the model is subjected to different tests established by the Society of Automotive Engineers (SAE), tests such as: Front impact, rear impact, side impact, overturn, landing tests for front jump and rear jump; the conditions to which these tests are subjected are extracted from articles (tests) and applied in the appropriate areas to have the most accurate and close to reality results. The analysis is carried out with different materials and profiles used for structural members, in this way the appropriate configuration of the profiles and materials is also obtained. Due to the satisfactory parameters obtained, a fairly efficient model is obtained, this has an impact on the necessary safety for the driver, basically, because the system has low deformations in the materials and withstands relatively high stresses.

Strength, Chassis, BAJA SAE

Citación: HUERTA-GAMEZ, Hector, HERRERA-OLIVARES, Edgar Daniel, ZUÑIGA-CERROBLANCO, José Luis y AGUILAR-MORENO, Antonio Alberto. Análisis estructural de chasis prototipo para automóvil tipo SAE BAJA. Revista de Ingeniería Innovativa. 2020. 4-11:12-19.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: hhuerta_ptc@upjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

BAJA SAE es un evento para estudiantes universitarios de ingeniería, organizado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices. El evento organizado en nombre de la competencia Mini-BAJA sirve como una plataforma para que los jóvenes estudiantes de ingeniería muestren sus habilidades al diseñar, fabricar y validar un vehículo todo terreno de una sola plaza y adquirir una experiencia de la vida real mientras superan obstáculos y desafíos.

El chasis del vehículo es la estructura de soporte principal de un vehículo BAJA SAE, en él se montan todos los demás componentes del vehículo. La función principal de un chasis es soportar todos los componentes mecánicos del vehículo y soportar cargas estáticas y dinámicas, sin deformarse. Debe diseñarse de manera ergonómica y eficiente, con un costo y peso óptimos, además debe de ser un diseño muy seguro para el conductor.

Material Utilizado

La selección del material adecuado es un punto importante a considerar, ya que de él dependerán los resultados de la simulación, en la tabla 1, se muestran los diferentes materiales con los que se trabajó dentro de la simulación.

	AISI 1020	AISI 1018	AISI 4130
Módulo Elástico	2×10^{11} Pa	2.05×10^{11} Pa	2.05×10^{11} Pa
Coefficiente de Poisson	0.29	0.29	0.29
Densidad de Masa	7900 K/m ³	7870 K/m ³	7850 K/m ³
Límite Elástico	351 MPa	370 MPa	460 MPa

Tabla 1 Propiedades Mecánicas Aceros AISI

Fuente: elaboración propia [Word]

Un factor importante dentro del desarrollo del proyecto es la selección del perfil adecuado, dentro del software de simulación, existen diversos perfiles, en el caso del proyecto, se trabajó con el perfil cuadrado, el cual se muestra en la figura 1, dicho perfil tiene las dimensiones que se muestran en la tabla 2.

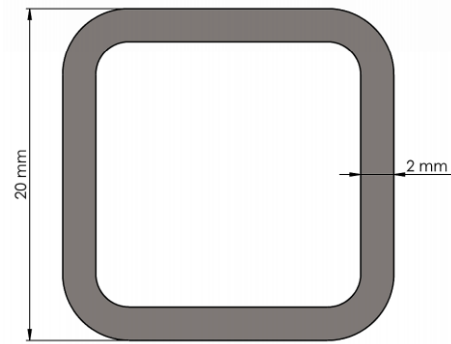


Figura 1 Perfil de trabajo

Fuente: Elaboración propia [Solidworks]

Perfil Cuadrado	
Lado	20 mm
Espesor	2 mm

Tabla 2 Dimensiones del perfil de trabajo

Fuente: elaboración propia [Word]

Análisis

Después de haber seleccionado el perfil para el chasis, fue necesario someter a pruebas de esfuerzo y resistencia toda la armadura bajo condiciones severas. El fin de poder soportar los impactos a los que se somete es que proporcionará mucha mayor seguridad para el conductor sin sufrir deformaciones significativas.

Las pruebas a las que sometió el chasis fueron las siguientes:

1. Impacto Frontal
2. Impacto Trasero
3. Impacto Lateral
4. Impacto Por Volcadura
5. Impacto Por Salto Delantero
6. Impacto Por Salto Trasero

El modelo del chasis se realizó considerando que éste fuera lo más seguro posible, de ahí que se utilizaron geometrías triangulares, dicho modelo se muestra en la figura 2:

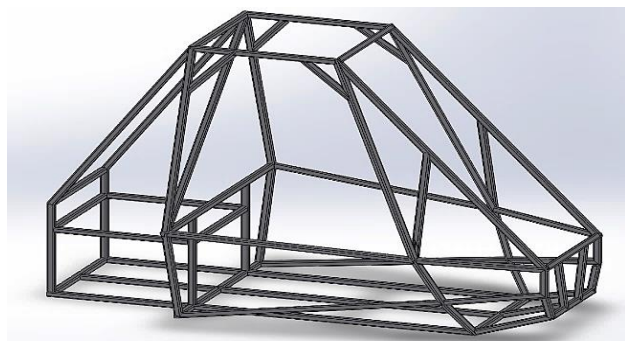


Figura 2 Modelo del chasis
Fuente: Elaboración propia [Solidworks]

Impacto Frontal

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto frontal se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 4 de acuerdo con la fórmula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*4*9.1 = 5500$ N (aprox) aplicamos 5500N en la parte frontal del chasis divididas en 4 fuerzas de 1375 N c/u, se realizaron 6 sujeciones de geometría fija en la parte trasera del chasis. La figura 3, muestra las condiciones de carga a las cuales el modelo fue sometido para llevar a cabo la simulación de cargas por impacto frontal.

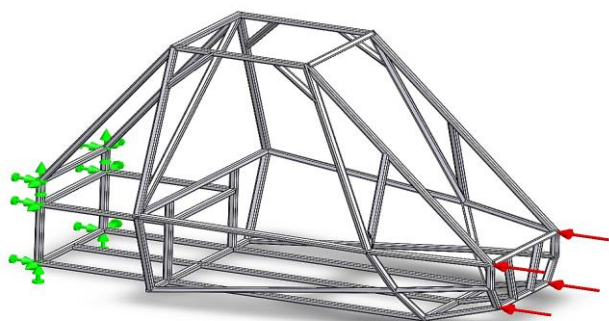


Figura 3 Condiciones de carga para simulación de impacto frontal.
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 4, se muestra la zona donde los desplazamientos debido al impacto frontal repercutieron en mayor medida, así mismo, numéricamente se observaron los siguientes parámetros en el caso de la deformación máxima: 3.68 mm en el material AISI 1020, 3.59 mm en el material AISI 1018 y 3.59mm en el material AISI 4130.

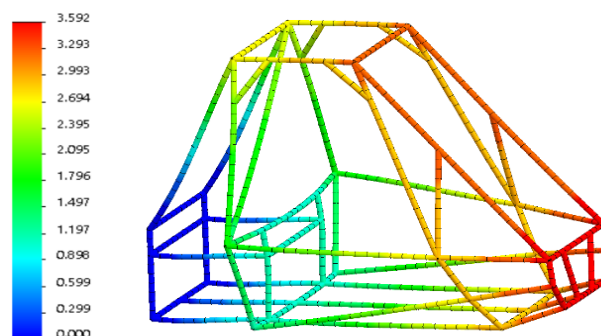


Figura 4 Desplazamientos debido al impacto frontal
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

También, se obtuvieron los esfuerzos debido al impacto frontal; la figura 5 muestra las zonas en las cuales el sistema está más esforzado, así como también se observaron los siguientes parámetros: un esfuerzo máximo de 102.4 MPa en la estructura quedando a un 29% en el material AISI 1020, 27% en el material AISI 1018 y 22% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

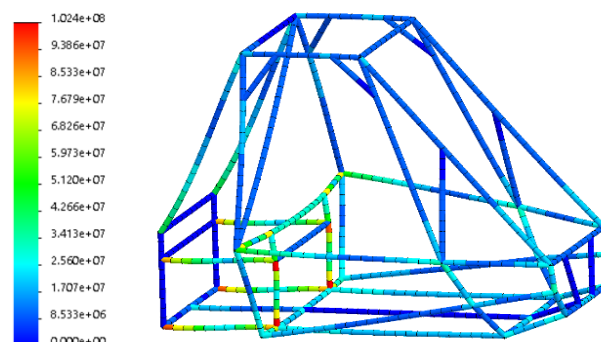


Figura 5 Esfuerzos debido al impacto frontal
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto Trasero

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto trasero se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 4 de acuerdo a la fórmula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*4*9.1 = 5500$ N (aprox) aplicamos 5500N en la parte trasera del chasis divididas en 4 fuerzas de 1375N c/u, se realizaron 4 sujeciones de geometría fija en la parte delantera del chasis. En la figura 6 se muestran las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular el impacto trasero.

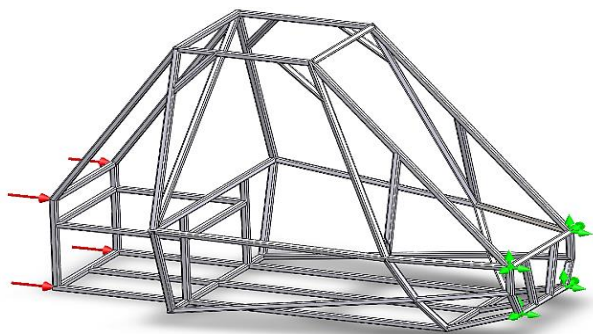


Figura 6 Condiciones de carga debido al impacto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 7 se observa cómo son los desplazamientos del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto trasero; en dicho análisis se obtuvo que la máxima deformación fue de 1.61mm en el material AISI 1020, 1.57mm en el material AISI 1018 y 1.57mm en el material AISI 4130.

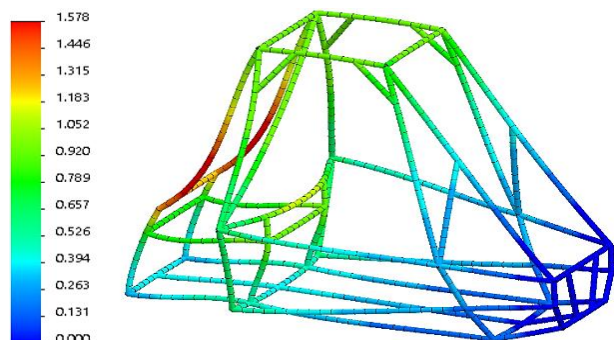


Figura 7 Desplazamientos debido al impacto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 8 se observan las zonas en las cuales el chasis se encuentra más esforzado debido a las condiciones de carga consideradas para el impacto trasero; de la misma manera se obtuvo que el esfuerzo máximo fue de 107.1MPa en la estructura quedando a un 30% en el material AISI 1020, 28% en el material AISI 1018 y 23% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

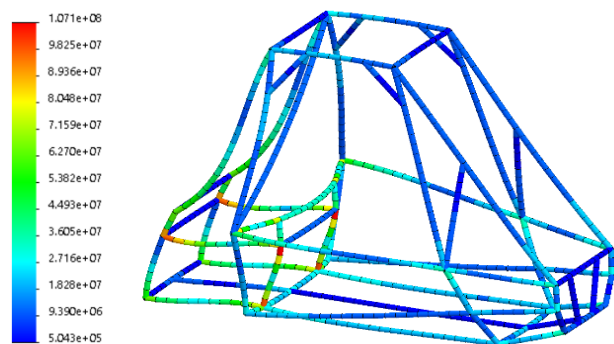


Figura 8 Esfuerzos debido al impacto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto Lateral

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto lateral se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 2.5 de acuerdo a la fomula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*2.5*9.1 = 3500N$ (aprox) aplicamos 3500N en la parte lateral izquierda del chasis divididas en 4 fuerzas de 875N c/u, se realizaron 4 sujeciones de geometría fija en la parte lateral derecha del chasis. En la figura 9 se muestran las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular las cargas por impacto lateral.

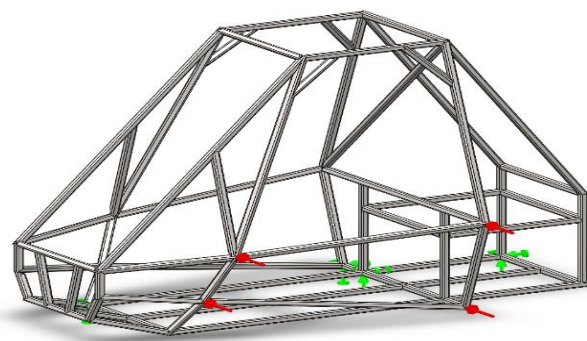


Figura 9 Condiciones de carga debido al impacto lateral
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 10 se observan las deformaciones del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto lateral; también se observó que la máxima deformación fue de 5.46mm para el material AISI 1020, 5.32mm para el material AISI 1018 y 5.32mm para el material AISI 4130.

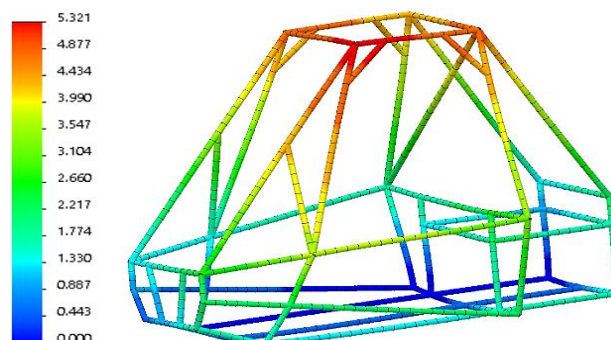


Figura 10 Deformaciones debido al impacto lateral
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

La figura 11 muestra las zonas donde se encuentra mas esforzado el chasis debido a las cargas por impacto lateral; así mismo se obtuvieron los siguientes resultados: el esfuerzo máximo fue de 184.9MPa en la estructura quedando a un 52% en el material AISI 1020, 49% en el material AISI 1018 y 40% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

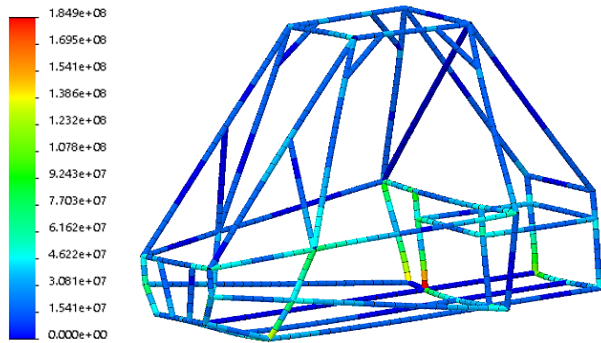


Figura 11 Esfuerzos debido al impacto lateral
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto por volcadura

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto por volcadura se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 4 de acuerdo a la fomula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*4*9.1 = 5500N$ (aprox) aplicamos 5500N en la parte superior del chasis divididas en 2 fuerzas de 2750N c/u, se realizaron 8 sujeciones de geometría fija en la parte inferior del chasis. En la figura 12 se muestran las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular el impacto por volcadura.

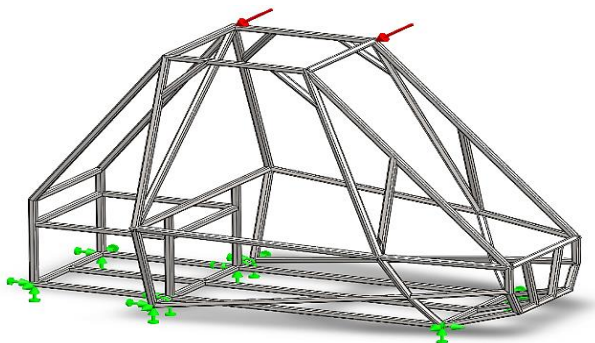


Figura 12 Condiciones de carga debido al impacto por volcadura
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 13 se observan los desplazamientos del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto por volcadura, las cuales arrojaron los siguientes datos numéricos: la máxima deformación fue de 5.17mm para el material AISI 1020, 5.04mm para el material AISI 1018 y 5.04mm para el material AISI 4130.

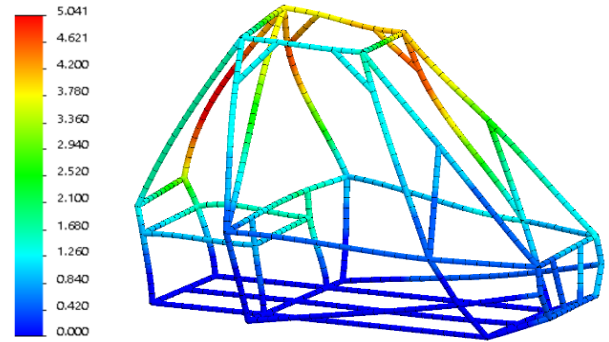


Figura 13 Deformaciones debido al impacto por volcadura
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

La figura 14 muestra en qué partes el chasis se encuentra más esforzado debido a las condiciones de carga debido al impacto por volcadura; de igual manera se obtuvieron los siguientes datos numéricos: el esfuerzo máximo fue: 314.4MPa en la estructura quedando a un 89% en el material AISI 1020, 84% en el material AISI 1018 y 68% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

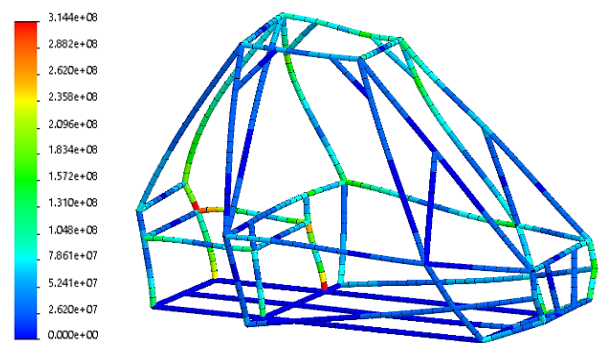


Figura 14 Esfuerzos debido al impacto por volcadura
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto por salto delantero

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto por salto delantero se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería.

La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 5 de acuerdo a la fórmula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*5*9.1 = 7000N$ (aprox) aplicamos 7000N en la parte donde se situará la suspensión delantera del auto en el chasis divididas en 8 fuerzas de 875N c/u, se realizaron 6 sujeciones de geometría fija en la parte trasera inferior del chasis. En la figura 15 se observan las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular el impacto por salto delantero.

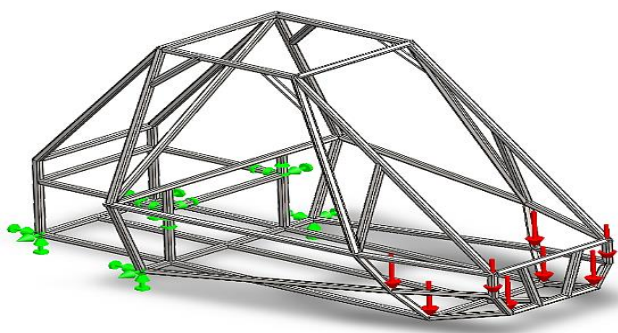


Figura 15 Condiciones de carga debido al impacto por salto delantero

Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 16 se muestra un esquema sobre los desplazamientos del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto por salto delantero, en el cuál se obtuvieron los siguientes datos numéricos: la máxima deformación fue de 8.07mm para el material AISI 1020, 7.87mm para el material AISI 1018 y 7.87mm para el material AISI 4130.

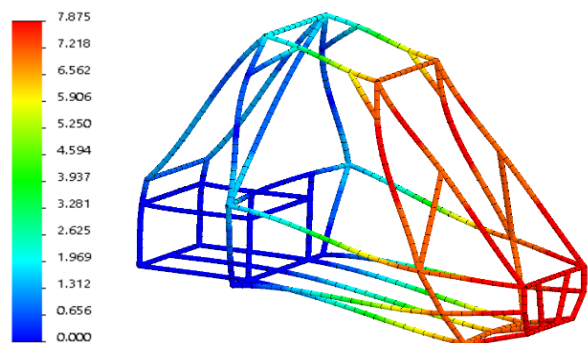


Figura 16 Deformaciones debido al impacto por salto delantero

Fuente: elaboración propia [Solidworks]

La figura 17 muestra las zonas donde el chasis corre mayor riesgo debido al mayor riesgo debido a las condiciones de carga debido al impacto por salto delantero.

Los parámetros encontrados con estas condiciones de carga para el esfuerzo fueron que el esfuerzo máximo fue de 299.5MPa en la estructura quedando a un 85% en el material AISI 1020, 80% en el material AISI 1018 y 65% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

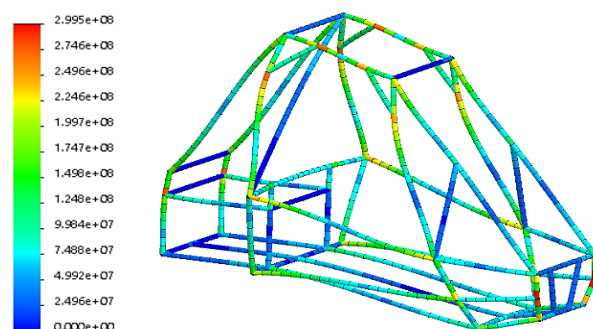


Figura 17 Esfuerzos debido al impacto por salto delantero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto Por Salto Trasero

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto por salto trasero se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 2.5 de acuerdo a la fórmula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*2.5*9.1 = 3500N$ (aprox) aplicamos 3500N en la parte donde se situará la suspensión trasera del auto en el chasis divididas en 4 fuerzas de 875N c/u, se realizaron 8 sujeciones de geometría fija en la parte delantera inferior del chasis. En la figura 18 se muestran las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular el impacto por salto trasero.

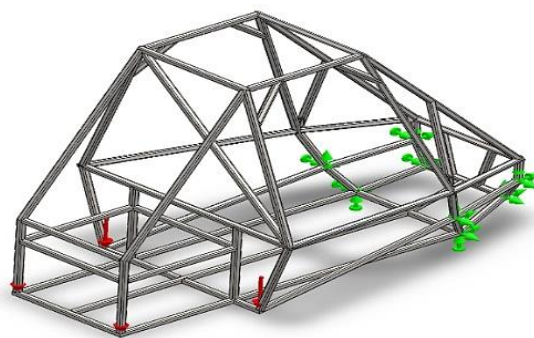


Figura 18 Condiciones de carga debido al impacto por salto trasero

Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 19 se muestra un esquema sobre los desplazamientos del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto por salto trasero, dentro del cual se obtuvieron los siguientes resultados: la máxima deformación fue de 7.39mm para el material AISI 1020, 7.20mm para el material AISI 1018 y 7.20mm para el material AISI 4130.

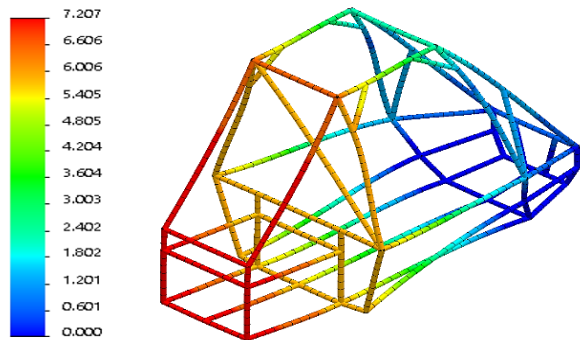


Figura 19 Deformaciones debido al impacto por salto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

La figura 20 muestra en qué secciones el chasis se encuentra más esforzado debido a las condiciones de carga debido al impacto por salto trasero; dentro de dicha simulación se obtuvieron los siguientes parámetros: el esfuerzo máximo fue de 328.7MPa en la estructura quedando a un 93% en el material AISI 1020, 88% en el material AISI 1018 y 71% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

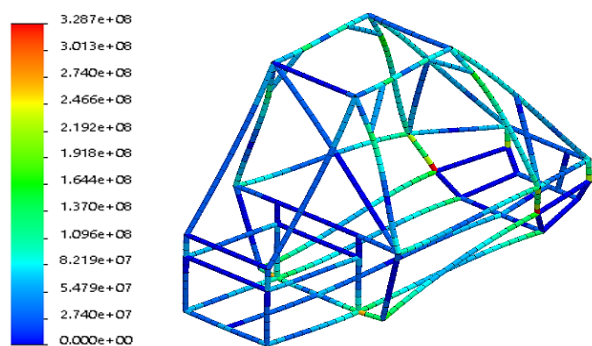


Figura 20 Esfuerzos debido al impacto por salto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Resultados

En las tablas 3 y 4 se muestran en forma de resumen todos los resultados de las pruebas en cada uno de los materiales, tanto para desplazamientos como para esfuerzos, respectivamente.

Análisis	AISI 1020	AISI 1018	AISI 4130
Impacto Frontal	3.68	3.59	3.59
Impacto Trasero	1.61	1.57	1.57
Impacto Lateral	5.46	5.32	5.32
Impacto Por Volcadura	5.17	5.04	5.04
Impacto Por Salto Delantero	8.07	7.87	7.87
Impacto Por Salto Trasero	7.39	7.20	7.20

Tabla 3 Resultados de desplazamientos en mm
Fuente: elaboración propia [Word]

Análisis	AISI 1020	AISI 1018	AISI 4130	Esfuerzo (MPa)
Impacto Frontal	29%	27%	22%	102.4
Impacto Trasero	30%	28%	23%	107.1
Impacto Lateral	52%	49%	40%	184.9
Impacto Por Volcadura	89%	84%	68%	314.4
Impacto Por Salto Delantero	85%	80%	65%	299.5
Impacto Por Salto Trasero	93%	88%	71%	328.7

Tabla 4 Resultados de esfuerzos en % de acuerdo con el límite elástico de cada material
Fuente: elaboración propia [Word]

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en los diferentes análisis se procede con la fabricación del chasis con el acero AISI 1018 debido a su buen comportamiento en las pruebas, en gran similitud a la AISI 4130, con un costo reducido.

Se continuará trabajando en el miniauto para cualquier ajuste que se realice al chasis, mejorando de esta forma el diseño, además de continuar trabajando en un mediano plazo con el sistema de dirección del vehículo.

6 Referencias

[1] Nawani, S., Bisht, K., & Chopra, S. . (2014). FEM Analysis of BAJA Chassis. Octubre, 2019, de International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering Sitio web: <http://ijamejournals.com/pdf/FEM%20Analysis%20of%20BAJA%20Chassis.pdf>

- [2] Shivam, M.. (2017). Static Analysis of the Roll Cage of an All-Terrain Vehicle (SAE BAJA). Octubre, 2019, de International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Sitio web: <https://www.irjet.net/archives/V4/i9/IRJET-V4I9157.pdf>
- [3] Hemant, K., Nagendra, P., & Deepty, V.. (2011). Finite Element Analysis of Impact on Chassis & Frame of a Mini Baja Vehicle. Octubre, 2019, de International Journal of Emerging trends in Engineering and Development Sitio web: https://pdfs.semanticscholar.org/e9dd/04f944cf8f20624eb9c3d8010c38c490d386.pdf?_ga=2.240623043.17508895.1593288825-1473742366.1593288825
- [4] Krishna, J., Ambesh, S., & Prabhudev, M.. (2017). Design and Analysis of Chassis for SAE BAJA Vehicle. Octubre, 2019, de IOSR Journal of Engineering (IOSR JEN) Sitio web: <https://www.iosrjen.org/Papers/Conf.19017-2019/Volume-4/7.%2051-57.pdf>
- [5] BAJA SAE. (2019). Collegiate Design Series Baja SAE® Rules 2020. Octubre, 2019, de BAJA SAE Sitio web: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiJgP__66LqAhUHCM0KHUzxCpwQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww.bajasae.net%2Fcdsweb%2Fgen%2FDownloadDocument.aspx%3FDocumentID%3Dcd6d65ab-b69b-4e1e-990d-f961b9f4cccb&usg=AOvVaw0_KbKi-6AisT0HQ_82ZxE6

Efecto de la adición de copolímeros reactivos a mezclas de PLA/ATP

Addition effect of reactive copolymers in PLA/TPS blends

KANTUN-UICAB, Maria Cristina^{†*}, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Isis^{''}, RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Francisco Javier^{'''} y HORTELANO-CAPETILLO, Juan Gregorio[´]

[´]Universidad Politécnica de Juventino Rosas (UPJR), México.

^{''}Instituto Politécnico Nacional, (UPIIG-IPN), México.

^{'''}Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), México.

ID 1^{er} Autor: Maria Cristina, Kantun-Uicab / ORC ID: 0000-0003-1588-5414, CVU CONACYT ID: 162342

ID 1^{er} Coautor: Isis, Rodríguez-Sánchez / ORC ID: 0000-0002-6917-838X, CVU CONACYT ID: 103852

ID 2^{do} Coautor: Francisco Javier, Rodríguez-González / CVU CONACYT ID: 25352

ID 3^{er} Coautor: Juan Gregorio, Hortelano-Capetillo / ORC ID: 0000-0002-3702-4853, CVU CONACYT ID: 347496

DOI: 10.35429/JOIE.2020.13.4.20.26

Recibido Enero 18, 2020; Aceptado Marzo 31, 2020

Resumen

En este trabajo se estudió la compatibilización reactiva de mezclas de Acido Poliláctico/Almidón Termoplástico (PLA/ATP, 80/20 % w/w) utilizando copolímeros acrílicos de MMA-GMA. La compatibilización fue estudiada mediante reometría de torque, análisis térmico (DSC), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y propiedades mecánicas. Durante el mezclado en fundido el torque de las mezclas PLA/ATP disminuyó, lo que se atribuyó al rompimiento de las cadenas de almidón. La adición del copolímero de MMA-GMA incrementó el torque durante el período de mezclado. Este incremento en el torque es una evidencia del incremento en la viscosidad atribuido a las reacciones entre los grupos epóxicos presentes en el copolímero acrílico, los grupos terminales del PLA y los grupos hidroxilo presentes en el ATP. Las morfologías de las mezclas compatibilizadas presentaron una disminución en el tamaño de partícula de los dominios del ATP y un incremento del 30% de elongación. La compatibilización reactiva es una técnica interesante para poder ampliar la versatilidad de materiales de PLA que puedan sustituir potencialmente a los materiales obtenidos a partir del petróleo.

Compatibilización reactiva, Ácido poliláctico, Almidón termoplástico

Abstract

In this work, the reactive compatibilization of Polylactic Acid/Thermoplastic Starch (PLA/TPS, 80/20% w/w) blends using acrylic copolymers of methyl methacrylate-glycidyl methacrylate (MMA-GMA) was examined. The compatibilization was studied using torque rheometry, thermal analysis (DSC), Scanning Electron Microscopy (SEM) and mechanical properties. During melt mixing, the torque of PLA/TPS blends decreased, this was related to the breakup of starch chains. The addition of MMA-GMA copolymer increased the torque during the mixing period. This torque increasing is evidence of a viscosity increase and it was related to the reactions between the epoxy group present in the acrylic copolymer, the end-groups of the PLA and TPS hydroxyl groups. The morphologies of the compatibilized blends showed a decrease in the particle size of the TPS domains and an increase in elongation of 30%. The reactive compatibilization is an interesting technique to expand the property range of PLA materials, which can potentially substitute oil-based materials.

Reactive compatibilization, Polylactic acid, Thermoplastic starch

Citación: KANTUN-UICAB, Maria Cristina, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Isis, RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Francisco Javier y HORTELANO-CAPETILLO, Juan Gregorio. Efecto de la adición de copolímeros reactivos a mezclas de PLA/ATP. Revista de Ingeniería Innovativa. 2020. 4-13:20-26.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mkantun_ptc@upjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El ácido poliláctico (PLA) es un polímero renovable que se obtiene a partir del ácido láctico (Auras, 2010). Tiene buenas propiedades de barrera y permeabilidad, alta resistencia y módulo de elasticidad. El PLA, es similar en varias propiedades al Polietiléntereftalato (PET). Este polímero es altamente transparente con una velocidad de cristalización relativamente baja, por lo que se vuelve candidato prometedor para la fabricación de películas orientadas biaxialmente, contenedores termoformados y botella soplada (Huneault, 2007).

Por otra parte, el almidón es un polímero natural y semicristalino que está conformado por dos tipos de polisacáridos, la amilosa y la amilopectina (Bertolini, 2009). La estructura cristalina del almidón desaparece cuando es sometido a temperaturas arriba de la gelatinización (70-90 °C) en presencia de plastificantes (agua y glicerina) y esfuerzos de corte. De esta manera es como se obtiene el almidón termoplástico (ATP) y que dependiendo de la cantidad de plastificante se comporta desde un material rígido a uno dúctil (Utracki, 2002).

La técnica de compatibilización reactiva de mezclas poliméricas, consiste en la adición de un copolímero que debe ser miscible con uno de los componentes y reaccionar con un grupo funcional del otro componente con el fin de formar un copolímero *in-situ* (agente compatibilizante) durante el mezclado en fundido (Auras, 2010) (Cheremisinoff, 1997) (Liu N. B., 1992).

Cabe mencionar, que la eficiencia del agente compatibilizante generado, se evaluará midiendo: a) el grado de disminución de la tensión interfacial, b) si suprime la coalescencia de la fase dispersa y c) si aumenta la adhesión entre las fases (Auras, 2010) (Cheremisinoff, 1997) (Liu N. B., 1992). Sin embargo, todo lo anterior está en función del copolímero reactivo que se adiciona a la mezcla (Ali, 2017). Es decir, debe mantener un control en la cantidad de los grupos reactivos que van a generar el agente compatibilizante, el peso molecular podría afectar la difusión hacia la interfase y la concentración de este en la saturación de la interfase de la misma.

En este trabajo se presenta el estudio del efecto de la adición de copolímeros reactivos a mezclas de PLA/ATP para la generación de copolímeros *in-situ* (agente compatibilizante) durante el mezclado en fundido.

Metodología

Los materiales utilizados fueron PLA 2002D de Nature Works con un MFI de 9.9 g/10 min (180 °C, 2.16 Kg). Almidón termoplástico con 29, 36 y 40% de glicerina en peso (ATP29, ATP36 y ATP40) obtenido de acuerdo al método reportado por (Tena, 2007).

El peso molecular promedio en número del homopolímero de MMA (HOMO) fue de $M_n = 56547$ Da y del copolímero de MMA-GMA (COPO) fue de $M_n = 55610$ Da y 4.7% en peso de grupos reactivos de GMA (dato obtenido de acuerdo a la norma ASTM D1652).

Las películas de PLA, el Homopolímero y el copolímero obtenidas por casting, se prepararon disolviéndolas en diclorometano. Estas fueron secadas durante 24 horas a temperatura ambiente y hasta peso constante en una estufa de convección con vacío continuo.

El PLA, las mezclas PLA/HOMO, PLA/COPO, PLA/ATP (80/20) y PLA/COPO/ATP (77/3/20) fueron preparadas en una cámara de mezclado interno (Marca Brabender) a 180 °C, durante 15 min a 60 RPM y en atmósfera inerte. Enseguida se prepararon (con el material aún caliente), placas en una prensa con una presión de 20 ton. durante 8 min a 180°C para lograr un espesor de 1 mm.

Caracterización de las mezclas de PLA/copolímero acrílico

El estudio de la miscibilidad de las mezclas PLA/copolímero acrílico se evaluó por los cambios en la temperatura vítrea (T_g) utilizando un calorímetro diferencial de barrido TA Instruments modelo MDSC2920, EUA. Las muestras se colocaron en cápsulas de aluminio calentándose a una velocidad de 10°C/min de 0° a 180 °C, bajo atmósfera de Nitrógeno.

Para la evaluación de las propiedades mecánicas de tracción de las mezclas, se utilizó una máquina de pruebas universales Instron (modelo 4301) de acuerdo a la norma ASTM D-638. Las probetas utilizadas fueron tipo IV y fueron deformadas a 5 mm/min con una celda de 50 KN.

Para el análisis morfológico, las muestras fueron revestidas con una aleación de oro/paladio y observadas en un microscopio electrónico de barrido (SEM) modelo JSM-820.

Resultados

En el Gráfico 1, se muestran los termogramas DSC del segundo calentamiento del PLA, el homopolímero de MMA y del copolímero reactivo MMA-GMA de las películas preparadas por *casting*. En los resultados se observan claramente las diferencias en las transiciones térmicas. En el caso del PLA, pueden observarse tres transiciones principales características de un polímero semicristalino. La temperatura de Transición Vítrea (T_g) fue detectada a los 59 °C, la Temperatura de Cristalización (T_c) a 124 °C y la Temperatura de fusión (T_m) a 166 °C. En contraste, los polímeros acrílicos HOMO y COPO, presentaron una sola transición térmica, correspondiente a la T_g de 98 y 96 °C respectivamente. Este comportamiento térmico es característico de polímeros amorfos.

El Gráfico 2 muestra los termogramas DSC de las mezclas obtenidas en fundido. En el caso del PLA presentó transiciones similares a las obtenidas por *casting* con una T_g de 59 °C. Este resultado indica que el tratamiento térmico durante el procesamiento no afecta significativamente las características del PLA. Sin embargo, en el caso de las mezclas PLA/HOMO y PLA/COPO (80/20) después del procesamiento únicamente se detectó una transición. El efecto evidente fue en la cristalinidad. En la literatura se ha reportado que los polímeros acrílicos tienen ciertas interacciones con las zonas amorfas del PLA (Zhang, 2003) (Eguiburu, 1998). En el caso de la mezcla PLA/COPO, se obtiene un corrimiento de la T_g hacia la derecha. Este cambio puede deberse a que durante el mezclado en fundido el PLA puede aumentar las interacciones con el grupo epóxido del GMA (Liu H. S., 2011) (ver Figura 1).

Es decir, el producto de la reacción entre los grupos del extremo carboxilo o hidroxilo del PLA y los grupos epoxy del copolímero produciría menor libertad de movimiento molecular del PLA.

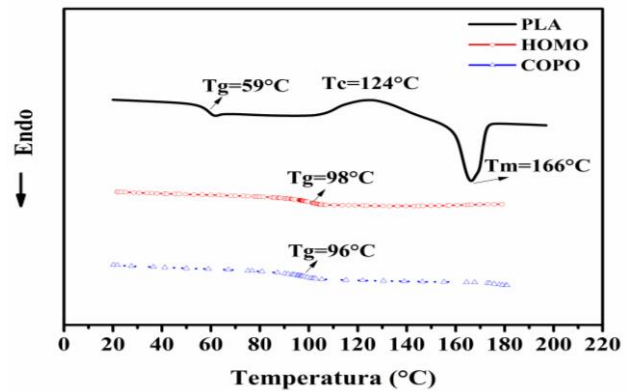


Gráfico 1 Termograma de DSC del PLA, del Homopolímero de MMA y del copolímero reactivo MMA-GMA

Fuente: elaboración propia [OriginLab]

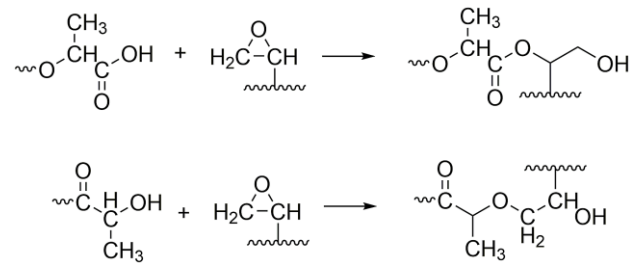


Figura 1 Posibles reacciones del grupo epóxido con los grupos terminales del PLA

Fuente: elaboración propia [ChemDraw]

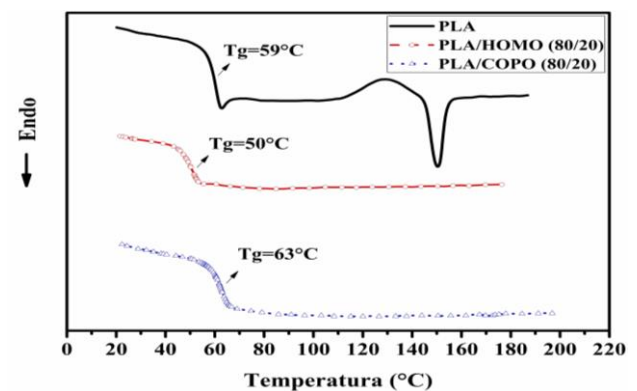


Gráfico 2 Termograma de DSC de las mezclas después del procesamiento del PLA/Homopolímero y del PLA/COPO (80/20)

Fuente: elaboración propia [OriginLab]

Con el fin de facilitar el análisis del efecto del torque producido por el mezclado, se decidió descartar los primeros 6 min. de procesamiento debido a la estabilización en el valor del torque. En el Gráfico 3 se muestran las mediciones del torque de las mezclas PLA/ATP's.

En el caso del PLA, el torque disminuye un 14.5% después de los 15 min de mezclado. Para las mezclas de PLA/ATP's se observa una reducción al aumentar la cantidad de glicerina en el ATP que podría atribuirse a que: la glicerina actúa como un plastificante, existe la probable ruptura de cadenas de almidón por el procesamiento y las mezclas tienen poca estabilidad termomecánica. El abatimiento del torque fue más significativo en el caso de ATP40 que perdió el 66.6% del torque con respecto al PLA. Este comportamiento se ha reportado para sistemas de mezclas en las que los componentes son incompatibles (Rodríguez-Gonzalez, 2003).

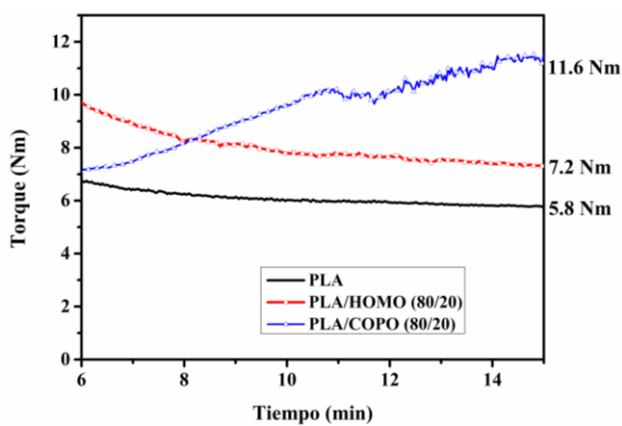


Gráfico 3 Reometría de torque de las mezclas de PLA/HOMO y del PLA/COPO (80/20)
Fuente: elaboración propia [OriginLab]

En el Gráfico 3, se muestra el efecto en el torque cuando la fase dispersa es el copolímero acrílico. La mezcla de PLA/HOMO aumentó a los 6 minutos a un valor de 9.8 Nm, sin embargo, en el transcurso del mezclado se observa una disminución paulatina del torque hasta un valor de 7.2 Nm. Este resultado comprueba que el copolímero acrílico no podría reaccionar durante el procesamiento con el PLA. En el caso de las mezclas PLA/COPO (80/20), a los 6 minutos se incrementó ligeramente con respecto al PLA, pero al terminar el tiempo de mezclado se observa un incremento al doble del valor final del torque con respecto al PLA. Este efecto se podría atribuir a la existencia de reacciones entre los grupos terminales del PLA y el copolímero acrílico (Ver Figura 1). Estos mismos efectos, en el torque por la adición de un copolímero reactivo se han reportado en varios estudios (Willis, 1988) (Liu H. S., 2011). Esto, puede correlacionarse con los resultados obtenidos por DSC, en los que la Tg de esta mezcla aumentó ligeramente con respecto al PLA.

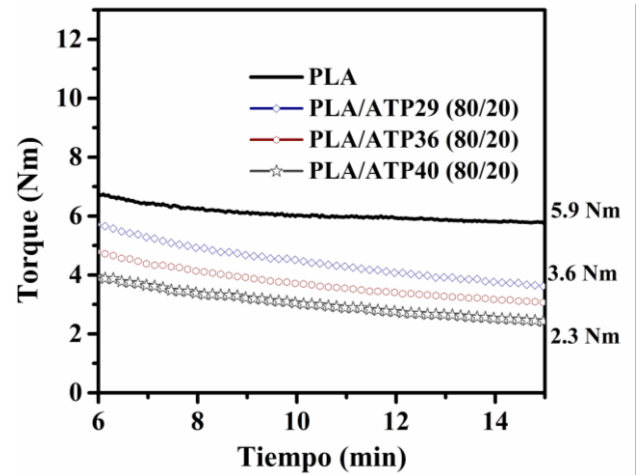


Gráfico 4 Reometría de torque de PLA y las mezclas de PLA/ATP (80/20) en función del contenido de glicerina en el ATP

Fuente: elaboración propia [OriginLab]

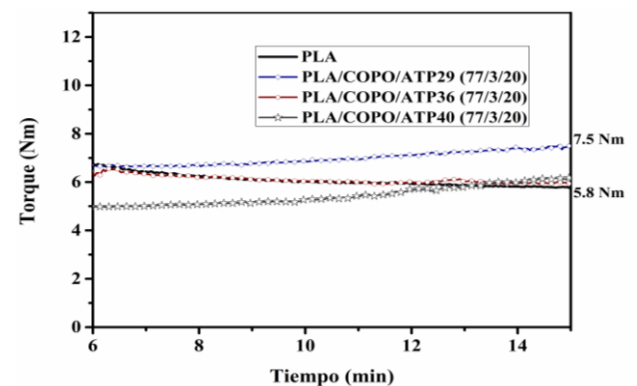


Gráfico 5 Reometría de torque de PLA y las mezclas de PLA/COPO/ATP (77/3/20) en función del contenido de glicerina en el ATP

Fuente: elaboración propia [OriginLab]

El Gráfico 5, muestra el efecto en el torque al adicionar 3% del copolímero acrílico en función de la cantidad de glicerina en el ATP. Se observa que independientemente de la cantidad de glicerina el torque es mayor desde los 6 minutos en todas las mezclas con respecto a las que no tienen copolímero (ver Gráfico 4). El aumento en el torque es una prueba de la compatibilización reactiva durante el mezclado en fundido. En el caso de la mezcla de PLA/COPO/ATP29 se obtuvo un aumento en el torque de 1.7 Nm al finalizar el mezclado. En este caso, el incremento estaría relacionado con las posibles reacciones con el copolímero y además a las propiedades intrínsecas del ATP29 (alta viscosidad).

En el caso de PLA/COPO/ATP40, el torque se elevó de 5 Nm a los 6 minutos a un valor de 6.2 Nm los 15 minutos rebasando ligeramente al PLA.

Esto sugiere la existencia de interacciones específicas en la interfase de los dos componentes poliméricos, lo cual da indicios de que los grupos hidroxilo presentes en el ATP reaccionan con los grupos epoxi a tiempos cortos de mezclado para dar lugar al copolímero injertado *in-situ* (agente compatibilizante). Sin embargo, el torque sigue incrementándose durante todo el tiempo de mezclado, esto podría deberse a que el PLA también puede tener reacciones químicas con el copolímero acrílico (Liu H., 2011) (Li, 2011).

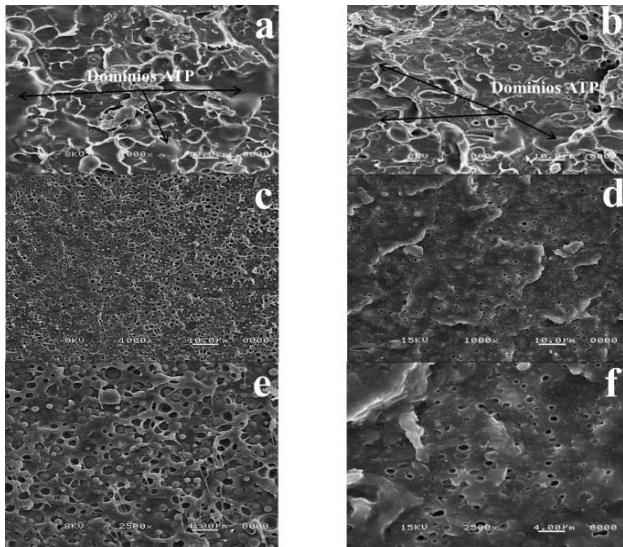


Figura 2 Micrografías de las mezclas de a) PLA/ATP36, b) PLA/ATP40 (80/20), c) y e) PLA/COPO/ATP36 y d) y f) PLA/COPO/ATP40 (77/3/20)

Fuente: elaboración propia [Microscopio electrónico de barrido (SEM) modelo JSM-820]

En la Figura 2 se pueden observar las morfologías de las mezclas PLA/ATP36, PLA/ATP40 (80/20), y el efecto de la adición del copolímero acrílico a las mezclas PLA/COPO/ATP36 y PLA/COPO/ATP40 (77/3/20). En la Figura 2a y en la Figura 2b, de las mezclas sin copolímeros acrílicos se pueden apreciar que los dominios de ATP36 y ATP40 en la mezcla con PLA respectivamente, son de formas irregulares es decir presentan una morfología gruesa y heterogénea. Además, no se nota evidencia de adhesión entre la fase ATP y la matriz de PLA. Es decir, las cavidades que se presentan en la matriz se deben principalmente al desprendimiento de partículas de la fase menor, las cuales estaban unidas sólo por fuerzas mecánicas, siendo por tanto la adherencia muy débil. En contraste, cuando se adicionó el 3% de copolímero a la mezcla (Figura 2c - e), producen cambios muy notables en la morfología.

La dimensión de las partículas que forman la fase dispersa ha disminuido a tal grado que ahora la apariencia es homogénea. Estos cambios se deben a que hay una disminución de la tensión interfacial entre las fases, además es la confirmación de la formación del copolímero *in-situ*. Estos resultados pueden correlacionarse con el aumento en el torque durante el mezclado en fundido. En la mezcla PLA/COPO/ATP36 (Figuras 2c y 2e) se observa un mayor número y tamaño de partículas dispersa del ATP con respecto a la mezcla PLA/COPO/ATP40 (Figura 2d y 2f). Esta diferencia puede deberse al incremento en la cantidad de glicerina en el ATP (Taguet, 2009), ya que los grupos hidroxilo pueden reaccionar con los grupos epóxido del copolímero acrílico durante el mezclado y en consecuencia disminuir la cantidad de grupos reactivos reales con el ATP (Winthrop, 2014).

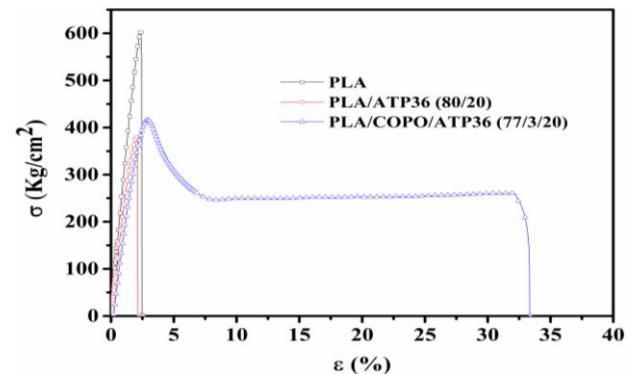


Gráfico 6 Propiedades mecánicas a la tensión del PLA, las mezclas de PLA/ATP36 (80/20) y PLA/COPO/ATP36 (77/3/20)

Fuente: elaboración propia [OriginLab]

Las curvas esfuerzo vs deformación del PLA, PLA/ATP36 (80/20) y de la mezcla PLA/COPO/ATP36 (77/3/20), se muestran en la Gráfico 6. En el caso de la mezcla PLA/ATP36, se observa que hay una disminución en la elongación y en la resistencia, pero el módulo de elasticidad disminuye ligeramente con respecto al PLA debido a la incompatibilidad de las fases. Sucede lo contrario con las mezclas con copolímero reactivo. En la mezcla PLA/COPO/ATP36 hay un aumento del 2.3% hasta un 33% en la elongación con respecto a la mezcla de PLA/ATP36. También hay un aumento en la resistencia, esta es una medida indirecta de una mejora en la adhesión interfacial, lo que se traduce a una mejora en la transferencia de esfuerzos de la matriz a la fase dispersa (Akrami, 2016).

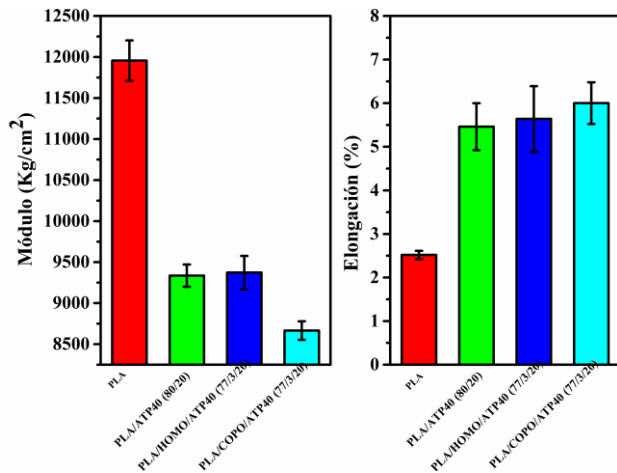


Gráfico 7 Propiedades mecánicas a la tensión del PLA, las mezclas de PLA/ATP40 (80/20) y PLA/COPO/ATP40 (77/3/20)

Fuente: elaboración propia [OriginLab]

Como era de esperarse, al incorporar al almidón termoplástico más dúctil al PLA, uno de los principales efectos es en el módulo de elasticidad (Gráfico 7). En el caso de la mezcla PLA/ATP40, disminuyó un 78% y la elongación se elevó un más del doble con respecto al PLA. Indicando la transición de una mezcla frágil a una dúctil. En la misma gráfica, se muestra el efecto en el módulo y la elongación de las mezclas con el homopolímero y el copolímero acrílico. Cuando no se tienen grupos reactivos en el copolímero, el módulo es similar a la mezcla de PLA/ATP40, sin embargo, cuando se incorpora 3% del copolímero reactivo, hay una disminución del 72% al compararlo con el PLA. Analizando la elongación se puede observar que hay un ligero incremento en la mezcla compatibilizada.

Conclusiones

En este trabajo se pudieron obtener mezclas de PLA/ATP compatibilizadas exitosamente con un copolímero de MMA-GMA. El análisis térmico de las mezclas de PLA y copolímeros acrílicos preparadas por mezclado en fundido mostró que estas son inmiscibles, sin embargo, el incremento en el torque durante el mezclado en fundido indica una reactividad importante entre los grupos terminales del PLA y el grupo epóxido del GMA.

El mezclado en fundido de las mezclas PLA/ATP puso en evidencia la inestabilidad térmica y mecánica de este sistema ya que el torque disminuyó durante todo el tiempo de mezclado.

Esta reducción en el torque de las mezclas puso en evidencia la inestabilidad termomecánica del ATP, ya que el torque del PLA se mantuvo estable durante el proceso de mezclado.

La incorporación de un copolímero reactivo a las mezclas de PLA/ATP incrementó el torque durante el procesamiento, este efecto es debido principalmente a las reacciones entre los grupos hidroxilo del ATP y los grupos epóxido del GMA presente en el copolímero acrílico.

El análisis cualitativo de la morfología corroboró la disminución de la tensión interfacial ya que se observó una disminución del tamaño de partícula de la fase de ATP, de indicando la efectividad de la compatibilización reactiva. Sin embargo, también se observó que la cantidad de glicerina en el ATP afecta la dispersión de este en el PLA.

Las propiedades mecánicas de las mezclas compatibilizadas con los copolímeros acrílicos presentaron una mejora en la elongación estando directamente relacionada con la cantidad de glicerina en el ATP.

Referencias

- Akrami, M. (2016). A new approach in compatibilization of the poly (lactic acid)/thermoplastic starch (PLA/TPS) blends. *Carbohydrate polymers*, 144, 254-262.
- Ali, S. (2017). From microstructure to mechanical properties of compatibilized polylactide/thermoplastic starch blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 136 (16).
- Auras, R. (2010). *Poly(Lactic Acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications*. Wiley.
- Bertolini, A. (2009). *Starches: Characterization, Properties, and Applications*. CRC Press.
- Cheremisinoff, P. (1997). *Handbook of Engineering Polymeric Materials*. CRC Press.

Eguiburu, J. (1998). Blends of amorphous and crystalline polylactides with poly (methyl methacrylate) and poly (methyl acrylate): a miscibility study. *Polymer*, 39 (26), 6891-6897.

Huneault, M. (2007). Morphology and properties of compatibilized polylactide/thermoplastic starch blends. *Polymer*, 48.

Li, H. (2011). Effect of chain extension on the properties of PLA/TPS blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 122 (1), 134-141.

Liu, H. (2011). Interaction of microstructure and interfacial adhesion on impact performance of polylactide (PLA) ternary blends. *Macromolecules*, 44 (6), 1513-1522.

Liu, N. B. (1992). Reactive polymers for blend compatibilization. *Advances in Polymer Technology: Journal of the Polymer Processing Institute*, 11 (4), 249-262.

Rodriguez-Gonzalez, F. (2003). High performance LDPE/thermoplastic starch blends: a sustainable alternative to pure polyethylene. *Polymer*, 44 (5), 1517-1526.

Taguet, A. (2009). Interface/morphology relationships in polymer blends with thermoplastic starch. *Polymer*, 50 (24), 5733-5743.

Tena, C. (2007). *Estudio de la biodegradabilidad de mezclas de LDPE/Almidón termoplástico*.

Utracki, L. (2002). *Polymer blends handbook* (Vol. 1). Kluwer academic publishers.

Willis, J. B. (1988). Processing-morphology relationships of compatibilized polyolefin/polyamide blends. Part I: The effect of an ionomer compatibilizer on blend morphology. *Polymer Engineering and Science*, 28 (21), 1416-1426.

Winthrop, C. (2014). *New Developments in Polylactic Acid Research: Polymer Science and Technology Series*. Nova Science Publishers.

Zhang, G. Z. (2003). Miscibility and phase structure of binary blends of polylactide and poly(methyl methacrylate). *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics*, 41 (1), 23-30.

[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 – Techonology an Innovation.

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

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

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

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

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

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

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

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

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

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Ingeniería Innovativa. 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]

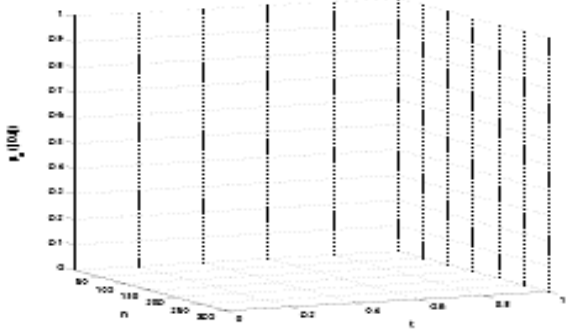


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

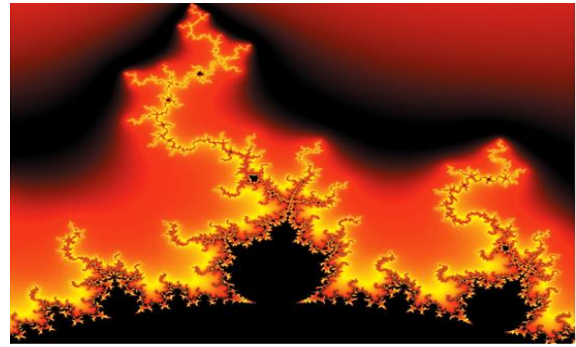


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

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.

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

Reserva a la Política Editorial

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

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

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

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

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

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Innovativa 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 Perú 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-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Innovativa, 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)

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

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú. 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

MIRANDA - TORRADO, Fernando. 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® Republic of Peru), 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

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Revista de Ingeniería Innovativa

“Propuesta de diseño de batería reutilizada”

GARCIA-DUARTE, Oscar Enrique, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo y TORRES-RICO, Luis Armando

Universidad Politécnica de Juventino Rosas

“Densidad espectral en guías de onda mediante propiedades estadísticas y teorema de Wiener-Khintchine”

LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola, JARA-RUÍZ, Ricardo, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto

*Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes
Universidad de Guadalajara*

“Análisis estructural de chasis prototipo para automóvil tipo SAE BAJA”

HUERTA-GAMEZ, Hector, HERRERA-OLIVARES, Edgar Daniel, ZUÑIGA-CERROBLANCO, José Luis y AGUILAR-MORENO, Antonio Alberto

Universidad Politécnica de Juventino Rosas

“Efecto de la adición de copolímeros reactivos a mezclas de PLA/ATP”

KANTUN-UICAB, María Cristina, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Isis, RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Francisco Javier y HORTELANO-CAPETILLO, Juan Gregorio

*Universidad Politécnica de Juventino Rosas
Instituto Politécnico Nacional
Centro de Investigación en Química Aplicada*

