



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga

Departamento de Ingeniería

**REPORTE FINAL PARA ACREDITAR LA RESIDENCIA
PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:
VIVIANA EVANELLY VELÁSQUEZ VEGA

CARRERA:
INGENIERÍA INDUSTRIAL

***[APLICACIÓN DE DISEÑOS EXPERIMENTALES EN EL PROCESO DE
FABRICACIÓN A NIVEL LABORATORIO DE UN POLÍMERO DE
APLICACIÓN TEXTIL QUE CONTIENE POLIACETATO DE VINILO]***

Laboratorio de Conversión de la Energía
Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga



M. en C. OSCAR MARTIN NÁJERA
SOLÍS
Asesor externo

DR. JOSÉ ALONSO DENA
AGUILAR
Asesor interno

Junio de 2021

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

“APLICACIÓN DE DISEÑOS EXPERIMENTALES EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN A NIVEL LABORATORIO DE UN POLÍMERO DE APLICACIÓN TEXTIL QUE CONTIENE POLIACETATO DE VINILO”

Por: **VIVIANA EVANELLY VELÁSQUEZ VEGA**

ESTA SECCION YA ESTA OK...ASI QUEDA

El Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga es una institución de educación superior que se localiza en el Municipio de Pabellón de Arteaga al norte del Estado de Aguascalientes y es perteneciente al Tecnológico Nacional de México (TecNM). Actualmente cuenta con una oferta educativa de 5 programas de Licenciatura y 1 programa de Posgrado con una matrícula superior a los 1500 estudiantes.

Dentro de sus instalaciones se encuentra el laboratorio de Conversión de la Energía adscrito al programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica donde se desarrollan proyectos de posgrado, investigación e innovación relativos a la línea de generación y aplicación del conocimiento “conversión de la energía”. Uno de estos proyectos se refiere a la fabricación de polímeros de aplicación textil para su posible uso como estructuras de soporte de materiales fotovoltaicos. Se estudia, como una primera etapa, la capacidad de sintetizar y de poder someter a extrusión a un polímero que contiene poliacetato de vinilo.

Típicamente, la síntesis de un polímero por la metodología de polimerización por radicales libres se realiza en solución, se emplea el monómero precursor del polímero, se utilizan iniciadores que propician los sitios de activación y se establecen variables de operación sujetas a control. Por otro lado, un proceso de extrusión se puede llevar a cabo mediante la técnica de hilatura en húmedo donde se deben definir los volúmenes de solvente, la cantidad de polímero y demás variables de operación sujetas a control.

Por tanto, es conveniente, establecer un diseño experimental que permita relacionar todas estas condiciones de operación para llegar a proponer un método con suficiencia de validez estadística experimental.

En este trabajo se aplicaron técnicas y metodologías de la Ingeniería Industrial para establecer un diseño experimental de arreglo ortogonal $L8(2^7)$ que permita llevar a cabo la síntesis de un copolímero que contenga poliacrilonitrilo (PAN), poliacetato de vinilo (PAV) y almidón (ALM) en su matriz polimérica. Específicamente, se emplearon técnicas de polimerización en solución por radicales libres, iniciadores de persulfato de amonio y bisulfito de sodio, agua como medio de solución, además del registro y monitoreo de las variables de temperatura de la reacción, tiempo de la reacción y velocidad de agitación. Todas las anteriores condiciones representan los niveles y factores del arreglo ortogonal seleccionado. Adicionalmente todas las corridas de síntesis fueron llevadas hasta su extrusión para obtener fibras poliméricas del material polimérico empleando una técnica de hilatura en húmedo a nivel laboratorio empleando agua como medio coagulante y un equipo de extrusión por embolo insertado en tubo (jeringa desechable 5 mL, 21G x 32 mm). Para obtener la solución coloidal o fluido de hilatura se empleó un solvente orgánico de dimetilformamida para disolver el material polimérico. Todas las pruebas fueron sometidas a caracterización gravimétrica.

La propuesta de solución consistió en sintetizar un copolímero que contenga PAN-PAV-ALM y obtener a partir de ellos fibras poliméricas por medio de un proceso de extrusión simple.

Se logró sintetizar y extruir copolímeros de PAN-PAV-ALM. Los logros permiten establecer trabajo a futuro para nuevos proyectos de investigación relativos al tema.

Este trabajo es parte de un proyecto global de obtención de fibras poliméricas de aplicación textil para posibles aplicaciones en el campo de las energías renovables. Por lo que este estudio se desarrolló de manera grupal por los requerimientos, condiciones y características del proyecto de residencia especificados por la Institución proponente del proyecto. Por tanto, los reportes de residencia de los participantes comparten las mismas secciones básicas y logros del documento de residencia. Lo anterior bajo autorización y aprobación de la Academia de Ingeniería Industrial del ITPA.

Dirigido por:

M. en C. Oscar Martín Nájera Solís

Dr. José Alonso Dena Aguilar

ÍNDICE ojo es una tabla SE ELABORA AL FINAL DE FORMA MANUAL

PROHIBIDO LA HERRAMIENTA AUTOMÁTICA DE WORD

	Pág.
I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del residente.....	2
1.3 Problema(s) a resolver.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Objetivos.....	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 ENERGÍAS RENOVABLES.....	8
2.2 ENERGÍA SOLAR	9
2.3 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS	10
2.4 ELEMENTOS DE FIJACIÓN Y ESTRUCTURA DE SOPORTE DE SISTEMAS SOLARES.....	12
2.5 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y TRAYECTORIA SOLAR.....	13
2.5.1 La Inclinación.....	15
2.5.2 La Orientación.....	16
2.5.2 Trayectoria Solar.....	17
2.7 SOFTWARE DE TRAZADO DE RAYOS: TONATIUH.....	19
2.8 RASPBERRY.....	20
2.9 CONCENTRADORES SOLARES.....	21
2.9.1 De tipo lentes de Fresnel.....	21
2.9.2 De tipo cilíndrico.....	22
2.9.3 De tipo canal parabólico.....	23
2.10 PYTHON.....	24

	Pág.
III. DESARROLLO	26
3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	26
3.1.1 Construcción del concentrador solar.....	26
3.1.2 Programación en lenguaje Python de un actuador y Raspberry.....	27
3.1.3 Simulación de funcionamiento de concentrador en Tonatiuh.....	28
3.2 Cronograma de actividades.....	28
IV. RESULTADOS	29
4.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL CONCENTRADOR SOLAR...	29
4.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL CANAL PARABÓLICO....	30
4.3 SISTEMA DE SEGUIMIENTO: USO DE SENSORES.....	31
4.4 SISTEMA DE SEGUIMIENTO: USO DE ACTUADORES.....	31
4.5 SISTEMA DE SEGUIMIENTO: ALGORITMO DE CONTROL.....	32
4.6 SIMULACIÓN EN SOFTWARE TONATIUH.....	37
V. CONCLUSIONES	41
VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS	42
VII. FUENTES DE INFORMACIÓN	43
Anexo 1. Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	46
Anexo 2. Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	47

LISTA DE TABLAS

SE ELABORA AL FINAL

	Pág.
Tabla 1. Código prototipo del sistema.....	12

LISTA DE FIGURAS

SE ELABORA AL FINAL

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.....	4
Figura 2. Distintas fuentes renovables actualmente más aprovechadas.....	9
Figura 3. Diferentes proyectos dedicados a el aprovechamiento de la Energía Solar.....	10
Figura 4. Calentador Solar.....	11
Figura 5. Concentrador Solar.....	12
Figura 6. Seguidor solar.....	12
Figura 7. Estructura de seguidor solar.....	13
Figura 8. Geometría Solar.....	15
Figura 9. Inclinação Solar.....	16
Figura 10. Orientación Solar.....	16
Figura 11. Trayectoria Solar.....	17
Figura 12. Seguidor Solar.....	18
Figura 13. IDE software Tonatiuh.....	20
Figura 14. Tarjeta Raspberry Pi.....	21

	Pág.
Figura 15. Lente Fresnel.....	22
Figura 16. Concentrador solar de tipo cilíndrico.....	23
Figura 17. Concentrador de canal parabólico.....	24
Figura 18. Python.....	25
Figura 19. Diseño completo de maquina extrusora de estudio.....	26
Figura 20. Diseño (acercamiento) del concentrador.....	27
Figura 21. Cronograma de actividades general.....	28
Figura 22. Diseño del proyecto creado en Solidworks.....	29
Figura 23. Base y soportes contruidos.....	30
Figura 24. Diseño de la estructura que permite tener 2 ejes de movimiento en el concentrador solar.....	30
Figura 25. Parábola diseñada meramente para simulación en el ensamble.....	31
Figura 26. Fotorresistencia usada en el proyecto.....	31
Figura 27. Motor Nema 23.....	32
Figura 28. Convertidor análogo a digital, modelo MCP3008.....	32

	Pág.
Figura 29. Circuito representativo del seguidor solar creado en Fritzing.....	36
Figura 30. Logo del Software empleado.....	37
Figura 31. Representación de la parábola de la chapa con las medidas de 1.4X1.2 metros.....	38
Figura 32. Simulación de los rayos solares proyectados sobre el husillo con la lámina reflectante.....	38
Figura 33. Simulación completa.....	39
Figura 34. Comportamiento de la temperatura del husillo.....	39
Figura 35. Medidas aproximadas que puede calentar el husillo (unidades de watts).....	40

I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Introducción

ESTA SECCION ESTA OK... ASI QUEDA

El INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA es una institución de educación superior ubicada en el Municipio de Pabellón de Arteaga del Estado de Aguascalientes y como parte de sus objetivos se encuentra el desarrollo de proyectos de innovación e investigación a través de residencias profesionales que den soluciones a problemas de la industria, de ciencia aplicada o de desarrollo tecnológico. Su laboratorio de Conversión de la Energía inicio operaciones en enero de 2019 dentro del programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica que se oferta en el plantel y donde se promueven proyectos de posgrado, investigación e innovación acordes a la línea de investigación de conversión de la energía. Esta línea de investigación se enfoca a procesos de conversión de la energía y energías renovables mediante el diseño e integración de procesos orientados para la generación, almacenamiento y uso eficiente de la energía.

Uno de estos proyectos se refiere a la fabricación de polímeros de aplicación textil para su posible uso como estructuras de soporte de materiales fotovoltaicos. Se estudia, como una primera etapa, la capacidad de sintetizar y de poder someter a extrusión a un polímero que contiene poliacetato de vinilo.

Típicamente, la síntesis de un polímero por la metodología de polimerización por radicales libres se realiza en solución, se emplea el monómero precursor del polímero, se utilizan iniciadores que propician los sitios de activación y se establecen variables de operación sujetas a control. Por otro lado, un proceso de extrusión se puede llevar a cabo mediante la técnica de hilatura en húmedo donde se deben definir los volúmenes de solvente, la cantidad de polímero y demás variables de operación sujetas a control.

Por tanto, es conveniente, establecer un diseño experimental que permita relacionar todas estas condiciones de operación para llegar a proponer un método con suficiencia de validez estadística experimental.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue sintetizar y extruir un copolímero de poliacrilonitrilo con poliacetato de vinilo con almidón bajo un diseño experimental de arreglo ortogonal $L8(2^4),(4^1)$. En particular se llevaron a cabo

actividades de síntesis en solución por radicales libres y extrusión de fibras poliméricas mediante técnicas de hilatura en húmedo.

La presente propuesta permitió establecer trabajo a futuro para nuevos proyectos de investigación relativos al tema

Este proyecto es parte de un proyecto global de obtención de fibras poliméricas de aplicación textil para posibles aplicaciones en el campo de las energías renovables (demás etapas de proyecto no presentados en este trabajo).

1.2 Descripción de la empresa y del puesto o área de trabajo del residente

El ramo económico de la institución es la educación, específicamente la educación superior, así como el desarrollo de proyectos de innovación e investigación con la industria (desarrollo tecnológico) o académicos (ciencia aplicada).

Sus políticas de misión, visión, objetivos (retos) y valores de la institución son:

Misión

Brindar un servicio de educación superior de calidad comprometido con la generación, difusión y conservación del conocimiento científico, tecnológico y humanista, a través de programas educativos que permitan un desarrollo sustentable, conservando los principios universales en beneficio de la humanidad.

Visión

Ser una institución de educación superior reconocida a nivel nacional e internacional, líder en la formación integral de profesionistas de calidad y excelencia, que promueve el desarrollo armónico del entorno.

Objetivos de la empresa

Asegurar la calidad de todos los procesos académicos, entre los que se encuentran:

- El diseño de especialidades
- Asesoría de residencias profesionales
- Desarrollo de proyectos de innovación

- Servicios de educación continua
- Investigación educativa
- Acreditaciones de planes de estudio

Valores

A fin de guiar y orientar las acciones cotidianas de todo su personal, la institución define los siguientes valores institucionales:

- Compromiso. - lograr propósitos comunes mediante el trabajo responsable y en equipo, mejorando permanentemente el ser, hacer y tener mediante la participación activa y el liderazgo compartido.
- Responsabilidad. - decidir y actuar conforme al análisis previo de las consecuencias inmediatas o mediatas de las acciones.
- Respeto. - actitud personal y colectiva hacia la conservación, mejoramiento y protección de las diversas formas de vida, además de la aceptación de la diversidad propia de lo humano.
- Cooperación. - facilitar condiciones que allanen el trabajo de los demás, y capacitar a toda la gente para propiciar su desarrollo personal y profesional dentro y fuera de la institución.
- Honestidad. - liderazgo que toma decisiones con base en una información completa, retroalimentando directamente con resultados e impacto mutuo, dando transparencia a cada una de las acciones personales e institucionales.
- Equidad. - crear un ambiente que permita establecer un sistema de reconocimiento al esfuerzo individual y de grupo en la institución.

En la Figura 1 se presenta el organigrama de la institución, así como el área de trabajo del residente. Las funciones del residente son propias del proyecto de residencia y se enfocan al diseño, construcción, control y automatización de un concentrador solar para una maquina extrusora.

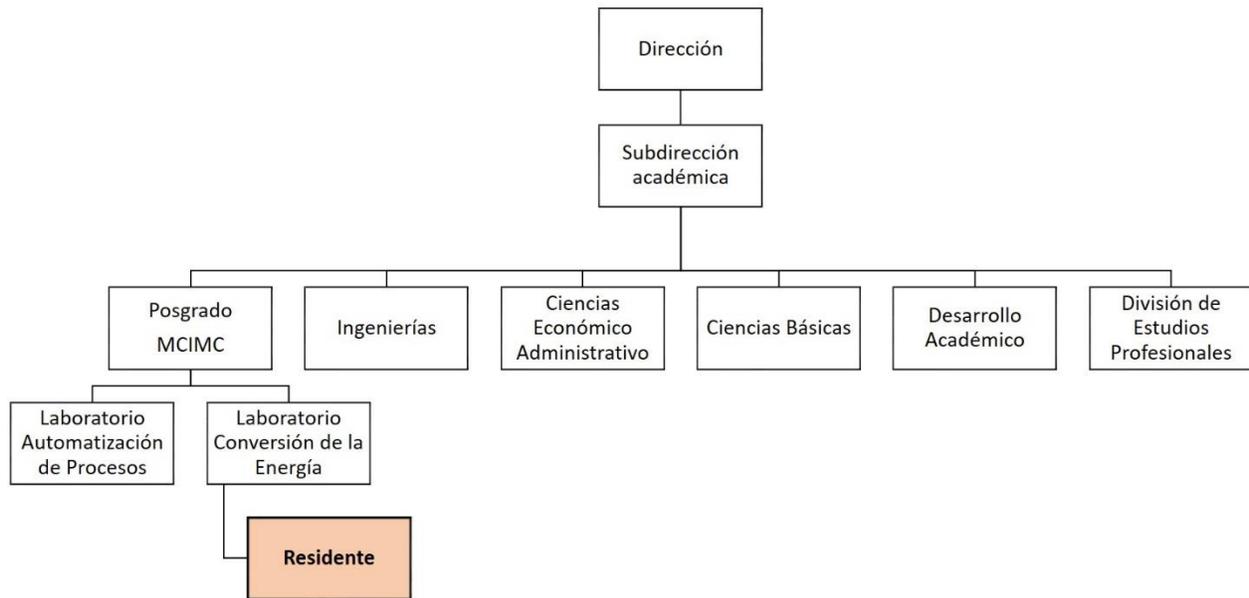


Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.

Observen como se coloca el nombre de las figuras. Combinado negritas y cursiva

1.3 Problema(s) a resolver

El campo de aplicación de fibras poliméricas de tipo textil dentro del ámbito de las energías renovables ha sido poco estudiado. El poder emplear fibras poliméricas como soportes para fabricar estructuras flexibles donde se logren montar, por ejemplo, células fotovoltaicas luce como un campo prominente de investigación aplicada. Si aunado a lo anterior, añadimos propiedades de biodegradación a las estructuras textiles logradas, se coadyuva a complementar el ciclo de vida de este tipo de materiales.

Derivado de lo anterior, se han detectado las siguientes áreas de oportunidad:

1. Síntesis de copolímeros con propiedades de aplicación textil:
 - Empleo de un diseño experimental ortogonal para optimizar las variables de operación implicadas.
 - Caracterización gravimétrica de los productos sintetizados.
2. Extrusión de fibras poliméricas con propiedades de aplicación textil:
 - Realizar la extrusión de fibras poliméricas bajo un proceso de extrusión por embolo en tubo simple empleando técnicas de hilatura en húmedo.

- Caracterización gravimétrica de los productos extruidos.

Las fibras poliméricas finales resultantes pueden someterse a demás procesos futuros para mejorar sus propiedades mecánicas.

1.4 Justificación

En la industria textil las fibras acrílicas son fibras sintéticas que en forma de hilo son empleadas en un gran número de productos textiles como colchas, tapetes, guantes, entre otros. Su aspecto es similar a la lana natural, pero son de mayor suavidad y de mantenimiento más simple. La síntesis de fibras acrílicas se realiza empleando monómero de acrilonitrilo y/o acetato de vinilo en soluciones acuosas con empleo de temperatura para facilitar la reacción de polimerización.

Dado el amplio margen de aplicación de las fibras acrílicas, se reportan escasos estudios sobre el uso de estas fibras dentro del campo de las energías renovables como puede ser su empleo como estructuras de soportes de células fotovoltaicas.

El poder emplear fibras poliméricas como soportes para fabricar estructuras flexibles donde se logren montar, por ejemplo, células fotovoltaicas luce como un campo prominente de investigación aplicada. Si aunado a lo anterior, añadimos propiedades de biodegradación a las estructuras textiles logradas, se coadyuva a complementar el ciclo de vida de este tipo de materiales

El alcance del proyecto es sintetizar y extruir fibras poliméricas acrílicas como una primera etapa de estudio y donde se pueda establecer las bases para demás trabajo futuro.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Establecer un proceso a nivel laboratorio para sintetizar y extruir un polímero mediante un diseño experimental ortogonal para fabricar fibras poliméricas de poliacrilonitrilo con poliacetato de vinilo.

1.5.2 Objetivos específicos

- Definir un diseño experimental mediante la declaración de factores y niveles de variables de operación para sintetizar un material polimérico.
- Sintetizar un copolímero mediante la injercción de monómeros de acrilonitrilo, acetato de vinilo y almidón para sintetizar material polimérico.
- Establecer un proceso simple de extrusión mediante un equipo de extrusión manual para obtener fibras poliméricas.
- Realizar la caracterización de los materiales poliméricos mediante gravimetría para determinar el porcentaje de eficiencia y de injercción de la reacción.

II. MARCO TEÓRICO

DE CADA TEMA DEBEN SER 2 FUENTES DE INFORMACIÓN. YO LES HAGO EL TEMA DE CARACTERIZACIÓN POR GRAVIMETRÍA Y EL DE TAGUCHI COMO EJEMPLO. USTEDES DEBERÁN HACER LOS DEMÁS. VEAN EL EJEMPLO PARA LOS DEMÁS TEMAS. CHEQUEN QUE LOS NÚMEROS INDICAN LA FUENTE DE DONDE SE OBTUVO LA INFORMACIÓN. POR CADA TEMA LES INDICO CUANTA INFORMACIÓN E IMÁGENES COLOCAR

2.1 POLÍMEROS Y COPOLÍMEROS

2 CUARTILLA Y 3 IMAGEN

La

2.2 REACCIONES DE POLIMERIZACIÓN

2 CUARTILLA Y 2 IMAGEN

La

2.3 POLIMERIZACIÓN EN SUSPENSIÓN

1 CUARTILLA Y 1 IMAGEN

Estos

2.4 EXTRUSIÓN DE POLÍMEROS

1 CUARTILLA Y 1 IMAGEN

En

2.5 HILATURA EN HÚMEDO

1 CUARTILLA Y 1 IMAGEN

La

2.6 POLIACETATO DE VINILO **1 CUARTILLA Y 1 IMAGEN**

La

2.7 CARACTERIZACIÓN POR GRAVIMETRÍA **ESTE TEMA YA ESTA OK**

Los parámetros de injercción típicos como el porcentaje de rendimiento de injercción (%G) y porcentaje de eficiencia de injercción (%E) fueron determinados por medio de una caracterización por gravimetría y empleando las siguientes ecuaciones

reportadas en la literatura:³ le pongo como ejemplo el numero 3 pero uds colocaran el que le corresponde y siempre va como superíndice

$$\%G = \frac{W_S - W_{Ad}}{W_{Ad}} \times 100 \quad (1)$$

$$\%E = \frac{W_S - W_{Ad}}{W_{PT} - W_{Ad}} \times 100 \quad (2)$$

donde W_{PT} es el peso (g) del copolímero injertado bruto, W_{Ad} es el peso inicial (g) del aditivo empleado en la síntesis y W_S es el peso (g) del copolímero injertado puro, respectivamente.

2.8 ARREGLOS ORTOGONALES DE TAGUCHI

ESTE TEMA YA ESTA OK

Un diseño de Taguchi es un experimento diseñado que permite elegir un producto o proceso que funciona con mayor consistencia en el entorno operativo. Los diseños de Taguchi reconocen que no todos los factores que causan variabilidad pueden ser controlados. Estos factores que no se pueden controlar se denominan factores de ruido. Los diseños de Taguchi intentan identificar factores controlables (factores de control) que minimicen el efecto de los factores de ruido. Durante el experimento, usted manipula los factores de ruido para hacer que haya variabilidad y luego determina la configuración óptima de los factores de control para que el proceso o producto sea robusto o resistente ante la variación causada por los factores de ruido. Un proceso diseñado con esta meta producirá una salida más consistente. Un producto diseñado con esta meta tendrá un rendimiento más consistente, independientemente del entorno en el que se utilice.⁴

Los métodos de Taguchi son técnicas estadísticas para realizar experimentos que pueden determinar las mejores combinaciones de variables de productos y procesos para fabricar o desarrollar un producto. El método de Taguchi para el diseño de experimentos utiliza técnicas que implican bajos costos y que son aplicables a los problemas y requerimientos de la industria moderna. El propósito que se tiene en el diseño del producto es encontrar aquella combinación de factores que nos proporcione un desempeño más estable y costo de desarrollo más bajo. El método de Taguchi

valora la ventaja fundamental de los arreglos ortogonales es que pueden ser aplicados al diseño experimental involucrando un gran número de factores. Es muy frecuente que a la hora de diseñar un producto tengamos múltiples variables (FACTORES) a tener en cuenta. Cada uno de estos factores toma distintos valores (NIVELES) y es necesario elegir el más conveniente, sin embargo, cuando el número de factores y de niveles es elevado, el número de combinaciones posibles es elevado y el número de experimentos a realizar sería muy costoso. En general, para un arreglo a dos niveles, el número de columnas (efectos o factores) que se pueden analizar, es igual al número de renglones más uno. El método de Taguchi ha desarrollado una serie de arreglos para experimentos con factores a dos niveles, los más utilizados y difundidos según el número de factores a analizar son relacionados en la Tabla 1.⁵

Tabla 1. Serie de arreglos para experimentos con factores a 2 niveles.

No. de factores	Arreglo a utilizar	No. de condiciones a probar
Entre 1 y 3	L4	4
Entre 4 y 7	L8	8
Entre 8 y 11	L12	12
Entre 12 y 15	L16	16
Entre 16 y 31	L32	32
Entre 32 y 63	L64	64

Las columnas de los arreglos son balanceadas y ortogonales. Esto significa que, en cada par de columnas, todas las combinaciones de factores ocurren el mismo número de veces. Los diseños ortogonales permiten estimar el efecto de cada factor sobre la respuesta independientemente del resto de los factores.⁶

La notación L(corridas) (niveles ^ factores) indica lo siguiente:

- L(corridas) = número de corridas
- (niveles ^ factores) = número de niveles para cada factor ^ número de factores

Por ejemplo, un diseño L8 tiene 8 corridas. (2^3) o (2^3) significa 3 factores en 2 niveles. Si su notación es L(corridas) (número ^ exponente número ^ exponente), usted tiene un diseño de niveles combinados. Por ejemplo, un L18 $(2^1 3^7)$ significa que el diseño tiene 18 corridas, 1 factor con 2 niveles y 7 factores con 3 niveles.

En la Tabla 2 se presenta un arreglo L8 $(2^4),(4^1)$ que significa que el diseño tiene 8 corridas, 4 factores con 2 niveles y 1 factor con 4 niveles.

Tabla 2. Arreglo L8 $(2^4),(4^1)$.

Corrida	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	2	1	1	2	2
4	2	2	2	1	1
5	3	1	2	1	2
6	3	2	1	2	1
7	4	1	2	2	1
8	4	2	1	1	2

III. DESARROLLO

Así es la nomenclatura de estas secciones

3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

A continuación, se describe la metodología empleada en el desarrollo del presente proyecto.

3.1.1 Síntesis de polímeros

Bajo

Coloquen la última metodología de síntesis con la que están desarrollando el arreglo de taguchi Incluyan el secado

3.1.2 Extrusión de polímeros

Para

Coloquen la metodología con la que sacaran las fibras Incluyan el secado

3.1.3 Ecuaciones de gravimetría

ESTE TEMA YA ESTA OK

Se emplearon las siguientes ecuaciones para determinar el porcentaje de injercción (%G) y el porcentaje de eficiencia (%E) de cada reacción.

$$\%G = \frac{W_S - W_{Ad}}{W_{Ad}} \times 100 \quad (1)$$

$$\%E = \frac{W_S - W_{Ad}}{W_{PT} - W_{Ad}} \times 100 \quad (2)$$

donde W_{PT} es el peso (g) del copolímero injertado bruto, W_{Ad} es el peso inicial (g) del aditivo empleado en la síntesis y W_S es el peso (g) del copolímero injertado puro, respectivamente.

3.1.4 Diseño experimental ortogonal de TAGUCHI

ESTE TEMA YA ESTA OK

Se seleccionó un arreglo ortogonal de Taguchi L8(2⁴),(4¹) para llevar a cabo el diseño experimental del proceso de síntesis contemplado y conforme la Tabla 2.

En la Tabla 4, se muestra el arreglo definido de las condiciones de operación de las 8 corridas contempladas.

Para facilitar el desarrollo del diseño experimental, se mantuvieron constantes las siguientes variables de operación:

- Agitación constante a 100 rpm.
- % Almidón constante = 5.0 %.
- Temperatura de reacción constante = 55 ± 3 °C.
- Relación reactivos: medio de solución (agua como solvente) 1:8.

Tabla 4. Factores y niveles experimentales empleadas en un arreglo $L8(2^4),(4^1)$.

Corrida	Tiempo de reacción (h)	Cantidad de reactivos (g) medio de solución (agua como solvente) (mL)	Relación reactivos:BS	Relación reactivos:PA	% Acrilonitrilo
1	2	10	0.045	0.006	80
2	2	15	0.0675	0.009	85
3	3	10	0.045	0.009	85
4	3	15	0.0675	0.006	80
5	4	10	0.0675	0.006	85
6	4	15	0.045	0.009	80
7	5	10	0.0675	0.009	80
8	5	15	0.045	0.006	85

Para el proceso de extrusión no se aplicó ningún diseño experimental de Taguchi. Simplemente de cada corrida de síntesis se toma una muestra de transforma en fibra polimérica.

3.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
	1-15	16-31	1-15	16-28	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30
Revisión bibliográfica												
Determinación de diseño experimental												
Pruebas experimentales												
Análisis estadístico												
Asesorías												
Evaluación y seguimiento de asesorías												
Evaluación de reporte												
Informe semestral												
Elaboración reporte técnico (productos entregables)												

Figura 21. Cronograma de actividades general. **COLOQUEN EL # QUE LE TOQUE**

IV. RESULTADOS

SOLO LES DEFINO LOS SUBTEMAS. USTEDES COLOQUEN LA INFORMACIÓN Y FOTOS DE SUS RESULTADOS

4.1 SÍNTESIS DE POLÍMEROS

La

4.2 EXTRUSIÓN DE POLÍMEROS

Para

4.3 PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA

Debido

V. CONCLUSIONES

ESTA SECCIÓN YA ESTA OK

La aplicación de las estrategias académicas seleccionadas en conjunto con las actividades relacionadas con el presente proyecto permitió alcanzar los objetivos planteados.

Se logró la síntesis de polímeros y a partir de ellos su extrusión en fibras poliméricas. Así mismo se sientan las bases para demás trabajo futuro para un tema de Tesis.

Se logró definir y aplicar un diseño experimental ortogonal que permiten validar que los resultados obtenidos son coherentes entre sí.

El proyecto de residencia me permitió validar los conceptos teóricos y prácticos aprendidos durante mi estadía como estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en proyectos de investigación de ciencia aplicada que simulan situaciones reales dentro de los sectores económicos.

Para llevar a cabo este proyecto se pusieron en práctica los conocimientos y habilidades a lo largo de la carrera, diseño de procesos, investigación de operaciones, experimentación, análisis estadístico, entre otras materias importantes. También se aplicó la investigación y redacción, ya que, al ser un proyecto de esta índole, se necesitan las herramientas básicas para tener un proyecto de calidad, eficiente y eficaz a su vez.

En particular aprendí a adaptarme a trabajos por objetivos. Además de siempre buscar la solución más factible mediante la aplicación de un método analítico y científico para eliminar los problemas desde raíz.

Mi tiempo de residencia profesional interactuando con temas de ciencia aplicada, investigación e innovación tecnológica fue una de las mejores experiencias profesionales que he vivido y donde aprendí lo importante que es llegar a establecer soluciones viables y resolver el problema raíz de la manera más factible.

VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

ESTA SECCIÓN YA ESTA OK

1. Aplique metodologías de la Ingeniería Industrial con base en las necesidades del proyecto de investigación de estudio para incrementar sus diversos indicadores de operación.
2. Aplique métodos cuantitativos y cualitativos en el análisis e interpretación de datos e información para diseñar y construir la metodología de operación requerida.
3. Implementé métodos innovadores de solución de problemas de ciencia, los cuales pueden ser replicados a escala industrial.
4. Gestioné la generación del conocimiento específico para evidenciar la capacidad de acción de la Ingeniería Industrial, ejerciendo un liderazgo estratégico y un compromiso ético.
5. Coadyuve a cumplir los retos de la institución en torno al fomento de proyectos de investigación.
7. Utilice las nuevas tecnologías de información y comunicación de la institución, para el estado del arte del proyecto y contar con información actualizada para la mejora de los procesos de estudio y la operación del equipo del proyecto.
8. Promoví el desarrollo de la ciencia e investigación, con el fortalecimiento de las líneas de investigación de la institución.
9. Aplique métodos de investigación para desarrollar e innovar sistemas y/o procesos industriales.
10. Actúe como agente de cambio para facilitar la mejora continua en los procesos de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial de la institución.
11. Aplique métodos, técnicas y herramientas para la solución de problemas presentados durante la fase de ejecución del proyecto.

VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

DEBEN TERMINAR ESTA SECCIÓN USTEDES. LAS FUENTES DE INFORMACIÓN SE CITAN EN FORMATO APA. UTILICEN normas-apa.org PARA GUIARSE LAS 4 QUE PONGO YO SON DE LOS TEMAS QUE YO LES REALICE

- (1) R
- (2) A
- (3) Dena-Aguilar, J. A. (2011). Síntesis de un copolímero biodegradable para la remoción de iones de Pb^{2+} , Cd^{2+} y Zn^{2+} en soluciones acuosas (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- (4) Minitab.com. (2019). Diseños de Taguchi. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/taguchi-designs/taguchi-designs/>
- (5) Pentón-Saucedo, A. E. & d.-Castillo-Serpa, A. (2012). Aplicación de la Tabla Ortogonal en el diseño de los casos de prueba de Software. *Revista Avanzada Científica*, 15(2), p12.
- (6) Minitab.com. (2019). Catálogo de diseños de Taguchi. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/taguchi-designs/catalogue-of-taguchi-designs/>

ANEXO 1

Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional



Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, 11/enero/2021
No. de Oficio: SDA/MCIMC-020/2021
Asunto: Carta de aceptación de Residencias Profesionales

MA. MAGDALENA CUEVAS MARTÍNEZ
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN
PRESENTE

Por medio del presente se notifica que la **C. VIVIANA EVANELLY VELÁSQUEZ VEGA**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, con número de control 161050526, ha sido aceptada para realizar en esta Institución su proyecto de Residencia Profesional denominado **"Aplicación y desarrollo de diseños estadísticos experimentales para conocer la correlación de variables en el proceso de fabricación de un polímero que contiene poliacetato de vinilo de aplicación textil a nivel laboratorio"** durante el periodo de enero-junio 2021, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 10:00 a 17:00 horas de lunes a viernes, bajo la supervisión de los docentes Oscar Martín Nájera Solís (asesor externo) y José Alonso Dena Aguilar (asesor interno). El proyecto será realizado en el Laboratorio de Conversión de la Energía del área de Posgrado de nuestro plantel.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
"Tarea Siempre Fiable"

EDGAR ZACARÍAS MORENO
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



ccp. Archivo

EZM/jada



Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P.
20670
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. (465) 958-2482 y 958-2730, Ext. xx
e-mail: acad_parteaga@tecno.mx
tecno.mx | pabellon.tecam.mx



ANEXO 2

Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional