



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MEXICO®

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ciencias Economico Administrativas

**REPORTE FINAL PARA ACREDITAR LA RESIDENCIA
PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN
EMPRESARIAL**

PRESENTA:
CARLOS SÁNCHEZ LEZAMA

CARRERA:
INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL

***[ANÁLISIS DEL COSTO DE REINGENIERÍA DE MANUFACTURA DE UN
PROTOTIPO DE REACTOR PIROLÍTICO DE BAJA ESCALA]***

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



DR. JOSÉ ALONSO DENA
AGUILAR
Asesor externo

LIC. MA. MAGDALENA CUEVAS
MARTÍNEZ
Asesor interno

Junio de 2021

AGRADECIMIENTOS

A mi casa de estudio, el Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, por brindarme los conocimientos y la oportunidad para desarrollar el proyecto de residencias profesionales.

Agradecer a mis profesores, que a lo largo de la carrera me brindaron los conocimientos y tener su disposición cuando se necesitaba.

A todos mis compañeros, amigos, a mis padres queridos y a mi familia por brindarme el apoyo necesario cuando más se necesitaba.

Por ultimo agradecer, a la Lic. Ma. Magdalena Cuevas Martínez, al Ing. Alejandro Puga Vargas y al Dr. José Alonso Dena Aguilar por sus ayudas, enseñanzas, asesorías y dedicación durante el desarrollo de la misma.

Muchas gracias a todos y todas.

RESUMEN

“ANÁLISIS DEL COSTO DE REINGENIERÍA DE MANUFACTURA DE UN PROTOTIPO DE REACTOR PIROLÍTICO DE BAJA ESCALA”

Por: **CARLOS SÁNCHEZ LEZAMA**

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 obtención de combustible bruto (en estado líquido) empleando un reactor pirolítico hecho a la medida de bajo volumen y plásticos o polímeros de desecho como el poliestireno de empaque. Se estudia la producción de combustible bruto a partir de desechos como un recurso alternativo energético no convencional.

La función del reactor pirolítico es degradar la materia prima con la acción de la temperatura hasta obtener trazas de pirolisis como son sólidos carbonizados, gases pirolíticos o residuos tipo tinta. Para lograr combustible bruto líquido se requiere de un sistema de condensación adecuado para poder condensar los gases pirolíticos y cambiar su estado físico.

El laboratorio de Conversión de la Energía actualmente cuenta con un prototipo de reactor pirolítico de bajo volumen con altas deficiencias de ingeniería y manufactura en su sección de cámara pirolítica y sistema de condensación.

Debido a lo anterior, se requiere rehabilitar el equipo existente para someterlos a procesos experimentales de pirolisis y para que pueda ser empleado en procesos futuros de refinación y estudio de su capacidad sustentable.

En este trabajo se aplicaron técnicas y metodologías de la Ingeniería en Gestión Empresarial para analizar el costo de reingeniería de manufactura para rehabilitar un prototipo de reactor pirolítico de bajo volumen. Se emplearon técnicas de corte, soldadura, pulido y detallado final para la etapa de manufactura. Así como se rehabilitaron el sistema de condensación y automatización para adaptarlos a una nueva estructura de soporte. En base al tiempo de trabajo, mano de obra invertido y materiales adquiridos o construidos se estima el costo del proceso de reingeniería aplicado.

La propuesta de solución consistió en analizar y estimar un costo de las operaciones de manufactura aplicadas al prototipo para lograr su rehabilitación desde el punto de vista de reingeniería.

Esta fuera de alcance del proyecto llevar a cabo pruebas experimentales en el equipo de trabajo.

Bajo este panorama, se logró rehabilitar la cámara pirolítica, construir una nueva estructura de soporte para el sistema de condensación y rehabilitar la parte de automatización del equipo. A partir de los trabajos realizados se establece un análisis de costos para estimar la inversión integral del equipo.

Dirigido por:

Dr. José Alonso Dena Aguilar

Lic. Ma. Magdalena Cuevas Martínez

ÍNDICE

	Pág.
I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 Introducción.....	1
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	7
2.1 PLÁSTICOS DE DESECHO.....	7
2.2 PIROLISIS Y PRODUCTOS DE LA PIROLISIS.....	8
2.3 REACTOR PIROLÍTICO.....	13
2.4 TÉCNICAS DE MANUFACTURA	16
2.5 TÉCNICAS DE GESTIÓN DE COSTOS.....	24
III. DESARROLLO	29
3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIONES DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADA.....	29
3.1.1 Descripción del reactor pirolítico (antes de la manufactura)...	29
3.1.2 Descripción del reactor pirolítico (después de la manufactura).	32
3.1.3 Tipos de técnicas de manufactura empleadas.....	35
3.1.4 Descripción de las técnicas de costos empleadas.	41
3.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	45
IV. RESULTADOS	46
4.1 MANUFACTURA DE REINGENIERÍA DEL REACTOR PIROLÍTICO.....	46

	Pág.
4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE COSTOS EMPLEADAS.....	47
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.....	52
VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	53
Anexo 1. Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	55
Anexo 2. Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	56

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de procesos de pirolisis.....	10

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.....	4
Figura 2. Plásticos de desecho.....	8
Figura 3. Esquema de los principales termoquímicos.....	8
Figura 4. Proceso de descomposición la biomasa.....	9
Figura 5. Esquema de un proceso de pirolisis.....	11
Figura 6. Ejemplo de reactor discontinuo.....	14
Figura 7. Ejemplo de reactor de lecho fluidizado.....	14
Figura 8. Reactor Tipo spounted bed.....	15
Figura 9. Ejemplo de proceso de manufactura	16
Figura 10. Manufactura de fresado.....	17
Figura 11. Manufactura de torneado.....	19
Figura 12. Manufactura de rectificado.....	20
Figura 13. Manufactura de soldadura.....	23
Figura 14. Manufactura de corte de acetileno.....	24
Figura 15. Técnicas de gestión de costos.....	26

	Pág.
Figura 16. Gestión de costos.....	26
Figura 17. Determinaciones de costos directos.....	27
Figura 18. Costos indirectos.....	27
Figura 19. El control de entradas y salidas.....	28
Figura 20. Descripción del reactor pirolítico (antes de manufactura).....	30
Figura 21. Ménsulas de clampeo de sujeción por tornillos (antes de la reingeniería de manufactura).....	31
Figura 22. Equipo de pirolisis antes de la reingeniería de manufactura.....	32
Figura 23. Reingeniería de manufactura en sellado de cámara de calentamiento.....	35
Figura 24. Tabla de fuerzas de ménsulas de fijación.....	36
Figura 25. Reingeniería de sujetadores de clampeo.....	37
Figura 26. Reingeniería de base de tanque pirolítico.....	38
Figura 27. Reingeniería de base soporte de sistema de enfriamiento del sistema de pirolisis plástica.....	39
Figura 28. Reingeniería de placa del sistema de enfriamiento diseño “peltier”.....	40

	Pág.
Figura 29. Maquinado de fresado de placa del sistema de enfriamiento “peltier”	40
Figura 30. Cronograma de actividades general.....	45
Figura 31. Manufactura de reingeniería del reactor pirolítico.....	46

I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Introducción

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 obtención de combustible bruto (en estado líquido) empleando un reactor pirolítico hecho a la medida de bajo volumen y plásticos o polímeros de desecho como el poliestireno de empaque. Se estudia la producción de combustible bruto a partir de desechos como un recurso alternativo energético no convencional.

La función del reactor pirolítico es degradar la materia prima con la acción de la temperatura hasta obtener trazas de pirolisis como son sólidos carbonizados, gases pirolíticos o residuos tipo tinta. Para lograr combustible bruto líquido se requiere de un sistema de condensación adecuado para poder condensar los gases pirolíticos y cambiar su estado físico.

El laboratorio de Conversión de la Energía actualmente cuenta con un prototipo de reactor pirolítico de bajo volumen con altas deficiencias de ingeniería y manufactura en su sección de cámara pirolítico y sistema de condensación.

Debido a lo anterior, se requiere rehabilitar el equipo existente para someterlos a procesos experimentales de pirolisis y para que pueda ser empleado en procesos futuros de refinación y estudio de su capacidad sustentable.

Desde el aspecto de viabilidad financiera, es conveniente, establecer un análisis de costos de reingeniería de manufactura que permita establecer el costo integral de la rehabilitación de un prototipo de reactor pirolítico.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue aplicar técnicas y metodologías de la Ingeniería en Gestión Empresarial para analizar el costo de reingeniería de manufactura empleadas al reactor pirolítico existente.

La presente propuesta permitió establecer la viabilidad financiera del prototipo y establecer trabajo a futuro para nuevos proyectos de investigación relativos al tema.

Este trabajo es parte de un proyecto global de reciclaje de plásticos mediante el desarrollo de tecnología nacional para posibles aplicaciones en el campo de las energías renovables.

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.

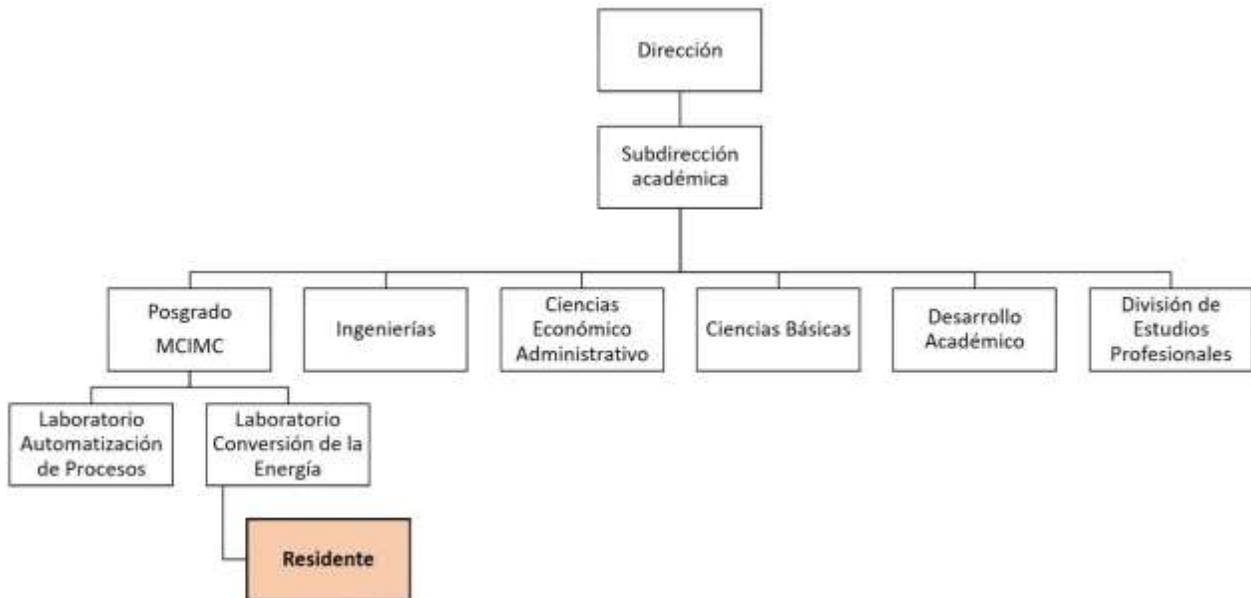


Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.

1.3 Problema(s) a resolver

El campo de aplicación de la pirolisis dentro del campo del recicle de plásticos ha sido poco estudiado. El poder emplear mecanismos de pirolisis permitiría establecer una alternativa para disponer de los plásticos de desecho. Si aunado a lo anterior, se lograr generar tecnología local viable, se puede implementar esta tecnología en mayor volumen.

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

1. Uso de pirolisis:
 - Empleo de la pirolisis en el reciclaje de plásticos de desecho.
2. Reingeniería de manufactura:

- Aplicar técnicas de manufactura para rehabilitación de reingeniería en el equipo.

3. Análisis de costos:

- Aplicar técnicas de gestión de costos para determinar la inversión de rehabilitación de un reactor pirolítico existente en desuso.

El reactor pirolítico rehabilitado permitiría validar su capacidad operativa.

1.4 Justificación

ECOCE (asociación civil ambiental sin fines de lucro) indica que en México se tiran alrededor de 20,000 millones de botellas de plástico al año. En la actualidad, y, en particular, en México se generan alrededor de 722,000 toneladas anuales de botellas de plástico elaboradas con Tereftalato de Polietileno (PET) y aunque en México se logra recuperar el 58% del PET de desecho, aun se requiere establecer demás mecanismos de aprovechamiento de recuperación o de recicle de estos materiales, como por ejemplo, la exploración de nuevas tecnologías que permitan incrementar el porcentaje de recuperación de PET y que consecuentemente sean un medio de obtención de otros productos de alto valor agregado como lo puede ser la recuperación de hidrocarburos en forma de combustible (p. ej. diésel o queroseno).

La pirolisis es una reacción química donde se descompone químicamente la materia causada a través de la acción de calentamiento a altas temperaturas ($> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$) hasta degradarla y obtener un producto solido (p. ej. material carbonizado) o productos gaseosos (llamados gases pirolíticos) como el hidrogeno, metano, dióxido de carbono o hidrocarburos. Aunque también se obtienen residuos tipo tinta (residuos externos).

Un reactor pirolítico es un equipo que permite llevar a cabo una reacción de pirolisis de materia. Generalmente un reactor pirolítico comprende de: una cámara pirolítica prevista de un tambor externo y un tambor interno, un sistema de calentamiento, un sistema de alimentación, un puerto de salida de gases de pirolisis, un sistema de condensación de gases y colector de combustible y residuos.

Dentro de este contexto, un reactor de pirolisis batch prefabricado de 20 L de capacidad se tiene ya disponible para realizar un proceso de pirolisis de manera automatizada. Sin embargo, no se ha puesto en marcha para validar su capacidad de operación en conjunto con un sistema de condensación. Lo anterior debido a que requiere reingeniería para volver a ser funcional.

Se propone aplicar reingeniería de manufactura al equipo para poder emplearlo en pruebas experimentales bajo protocolos de seguridad operativa del sistema. Lo anterior permitirá establecer la capacidad de operación del proceso habilitado en el presente trabajo.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Analizar el costo de reingeniería de manufactura de un prototipo de reactor pirolítico mediante técnicas y metodologías de la gestión de costos para estimar la inversión requerida para la rehabilitación del equipo.

1.5.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las deficiencias de ingeniería del equipo existente mediante análisis visual y operación inicial del equipo para determinar las mejoras de operación a realizar.
- Aplicar técnicas de reingeniería de manufactura mediante el análisis de operación del equipo para determinar las mejoras a realizar en el equipo.
- Estructurar el análisis de costos de reingeniería de manufactura mediante técnicas de gestión de costos para identificar la inversión requerida para operación adecuada del equipo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 PLÁSTICOS DE DESECHO

Los desechos plásticos se han convertido en una amenaza ambiental mayoría simplemente por la practicidad que estos productos generan el fácil acceso a estos y con un bajo costo. El plástico es un gran negocio, pero también una gran amenaza para nuestro medio ambiente se produce alrededor de 300 millones de toneladas cada año. Los envases plásticos representan casi la mitad de todos los residuos plásticos a nivel mundial, y muchos de ellos son desechados después de haber sido utilizado tan solo unos pocos minutos. Muchos de los plásticos puede que sean de un solo uso, pero esto no significa que sean fáciles de eliminar. Cuando son desechados en vertederos o en el medio ambiente, pueden tardar hasta mil años en descomponerse. Las bolsas de plástico de un solo uso se utilizan para llevar productos y generalmente son suministradas a los clientes en los puntos de venta. Las bolsas de compra más comunes están hechas de un tipo de plástico llamado polietileno, una resina sintética resistente, ligera y flexible se convierten en desechos y en desperdicios en nuestros hogares y en nuestros ambientes naturales en todo el planeta lo cual se ha convertido en un problema muy serio por dañar al medio ambiente y un serio problema para la conservación del medio ambiente y el ecosistema cabe señalar que en este siglo XX el hombre ha desarrollado diferentes plásticos de desechos en la creación de elementos de maquinaria o simplemente utilillos de plástico para el hogar gracias a su versatilidad de uso se ha logrado desarrollar toneladas de productos plásticos casero, industriales, comerciales y consumibles elevando a gran escala la contaminación de nuestro planeta que llegan a estar depositadas en nuestros ríos y mares logrando una contaminación enorme que desafortunadamente se tardaran miles de años en desagradarse. Según las estadísticas actuales a partir de las diferentes fuentes, la problemática de contaminación por plásticos es alarmante y todo comienza con la producción de plástico donde aproximadamente tenemos 100 millones de toneladas de plástico cada año a nivel mundial de las cuales 25 millones son de productos no renovables y no aprovechables que se acumulan en el ambiente y solo el 8% de estos plásticos se recuperan mediante al reciclable y se depositan en los océanos.^{1,2}



Figura 2. Plásticos de desecho.

2.2 PIROLISIS Y PRODUCTOS DE LA PIROLISIS

Pirolisis

Es la conversión termoquímica de la biomasa en tres productos (ruta clásica): líquido (bioaceites), gas (biogás) y residuo carbonoso (biocarbón), por calentamiento de la biomasa, (alrededor de 500 °C), en ausencia de aire. Hay diferentes tipos de pirólisis en función de la velocidad de calentamiento y el tiempo de residencia de la biomasa en los reactores. En la Figura 3 se muestran los procesos termoquímicos existentes y donde se incluye el proceso de pirolisis.^{3,4}

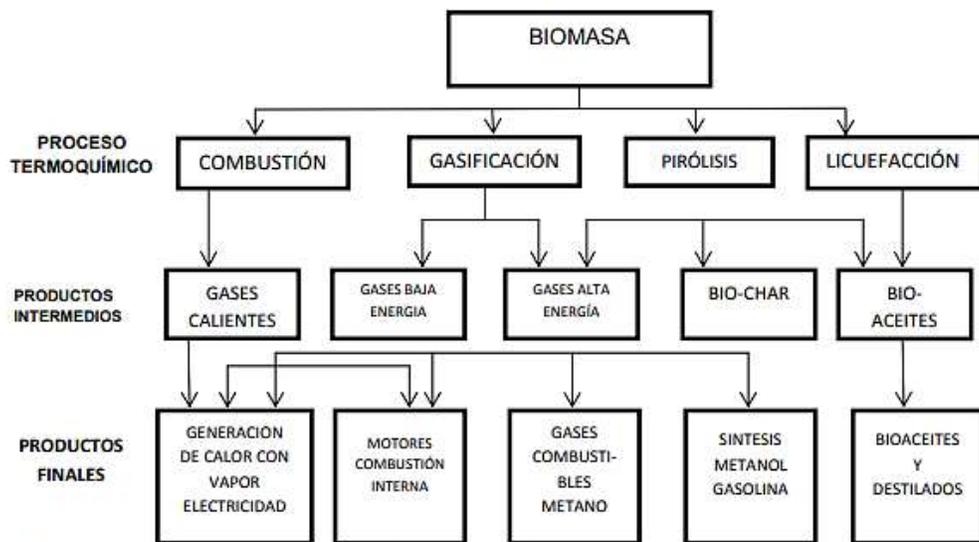


Figura 3. Esquema de los principales procesos termoquímicos.

La pirólisis es un proceso termoquímico que convierte la materia orgánica en combustible útiles, con un alto rendimiento, mediante calentamiento a temperatura moderadamente alta (350-650 °C) y en ausencia de oxígeno. Por su capacidad de tratamiento, es el método más eficaz para competir con las fuentes de combustibles no renovables. Desde un punto de vista químico, la pirólisis es un proceso complejo. Generalmente, se lleva a cabo a través de una serie de reacciones en las que influyen muchos factores: la estructura y composición de la materia prima, la tecnología utilizada, la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia, la velocidad de enfriamiento y la temperatura del proceso. En la Tabla 1 se muestran los distintos tipos de procesos de pirólisis que se clasifican atendiendo a la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia y la temperatura final en: carbonización, pirólisis convencional, pirólisis rápida, pirólisis flash de gases y líquidos, pirólisis ultra rápida, pirólisis a vacío, hidro-pirólisis y metano pirolisis. La pirolisis es un tratamiento que se puede aplicar a cualquier producto a base de carbono ya que el material está expuesto a altas temperaturas sin la presencia del oxígeno.^{3,4}

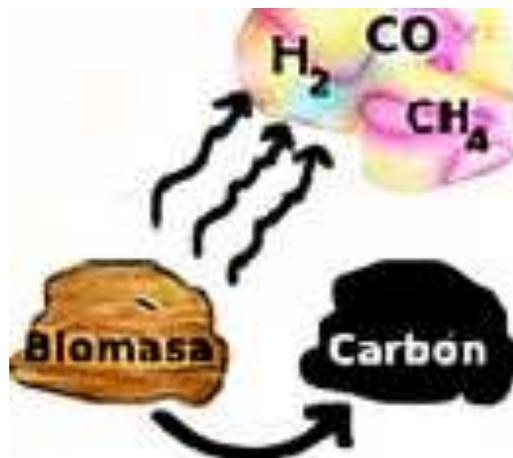


Figura 4. Proceso de descomposición de la biomasa.

En otras palabras, la pirolisis es la conversión de una muestra en otra sustancia por medio del calor únicamente. Este proceso puede conducir a moléculas de menor masa debido a la función térmica o puede resultar en un aumento del peso molecular por medio de reacciones intermoleculares, dependiendo de las condiciones elegidas y se presenta un esquema de un proceso de pirolisis convencional. La temperatura es una de

las variables más importantes en el proceso de pirolisis. El aumento de temperatura facilita la reacción de los productos de pirolisis, se puede distinguir tres rangos de temperatura de pirolisis, lo que resulta en distribuciones de productos significativamente diferentes. Entre 330 y 450 °C, el rendimiento de fracciones líquidas es alto, mientras que la formación de compuestos gaseosos es mucho menor. A temperaturas superiores a 500 °C, el grado de agrietamiento de los plásticos pirolizados es mayor y, por tanto, el rendimiento de fracciones de gas es mayor. A partir de los 700 °C, los componentes sólidos comienzan a tener un gran peso, incluso si se establece una relación proporcional directa entre las propiedades del gas y los componentes sólidos.^{3,4}

Tabla 1. Tipos de procesos de pirolisis.

PROCESO	TIEMPO DE RESIDENCIA	VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	PRODUCTOS
CARBONIZACIÓN	Días	Muy lenta	400	Bio-char
CONVENCIONAL	5-30 min	Lenta	600	Gas, líquido y biochar
RÁPIDA	0,5-5 SEG	Muy rápida	650	Bioaceites
FLASH (LÍQUIDOS)	< 1 seg	Rápida	< 650	Bioaceites
FLASH (GAS)	< 1 seg	Rápida	< 650	Químicos y gas
ULTRARÁPIDA	< 0,5 seg	Muy rápida	1000	Químicos y gas
VACIO	2-30 seg	Media	400	Bioaceites
HIDROPIRÓLISIS	< 10 seg	Rápida	< 500	Bioaceites
METANOPIRÓLISIS	< 10 seg	Rápida	> 700	Químicos

Tipos de pirolisis^{3,4}

Pirolisis convencional

La pirolisis convencional tiene lugar a con una velocidad de calentamiento lenta, alcanzando una temperatura máxima entre 500-600 °C. En estas condiciones, se obtienen tres productos: sólidos, líquidos y gases, en proporciones significativas.

Pirolisis rápida

Es el proceso por el cual el material se calienta rápidamente en ausencia de oxígeno y a temperaturas altas (650 °C). Se utiliza sobre todo para la producción de

bioaceites ya que los rendimientos en peso de esta fracción son muy superiores a los que se obtienen en la pirólisis convencional.

Este estudio da a conocer una forma eficiente de gestionar los residuos plásticos obteniendo combustibles a través del proceso de pirólisis de polietilentereftalato, polietileno de alta densidad y poliestireno, residuos plásticos de mayor generación dentro de la investigación se determinó que el residuo que mayor porcentaje de fracción líquida produce es el poliestireno. Sin embargo, de acuerdo a los análisis el de mejor calidad es el polietileno de alta densidad considerado como crudo mediano, el Poliestireno PS es el residuo plástico que mediante el proceso de pirólisis a 400 °C, presión constante y tiempo de residencia de 30 minutos, presenta mayor rendimiento de fracción líquida con el 68.55%. La velocidad de calentamiento es un factor muy importante en la distribución del producto obtenido. Según la velocidad de calentamiento utilizada, se puede distinguir dos procesos externos: pirolisis lenta y pirolisis rápida. En la pirolisis lenta, la velocidad de calentamiento es de aproximadamente una unidad o decenas de °C/min. En la pirolisis flash, se utiliza una velocidad de calentamiento superior a 250°C/seg para facilitar la formación de productos líquidos y gaseosos.

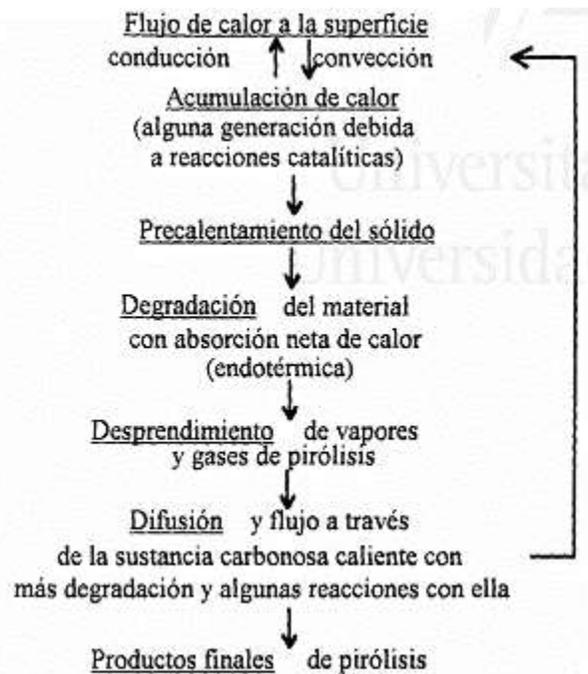


Figura 5. Esquema de un proceso de pirolisis.

Productos de la pirólisis^{3,4}

La pirólisis es la degradación térmica de sustancias en ausencia de oxígeno, por lo que estas sustancias se descomponen por el calor generado.

Las características de este proceso son:

El único oxígeno presente es el contenido en el residuo a tratar.

Las temperaturas de trabajo están alrededor de los 300 y 800 °C.

Como resultado de este proceso se obtienen:

- A. Gas: Sus componentes básicos son CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono), H₂ (hidrógeno), CH₄ (metano) y compuestos más volátiles, así como compuestos ya presentes en los residuos. El gas es muy similar al gas de síntesis obtenido en el proceso de gasificación, pero hay más alquitrán, cera, etc.
- B. Residuo líquido: Consiste esencialmente en hidrocarburos de cadena larga, como alquitrán, aceite, fenol, cera que se forma cuando se condensa a temperatura ambiente.
- C. Residuo sólido: Son sustancias no quemadas que no se han transformado o provenientes de reacciones de la condensación molecular que contienen una gran cantidad de carbono, metales pesados y otros componentes inertes en los residuos. La pirólisis es una tecnología que puede diversificar sus usos, desde la obtención de productos básicos para la industria hasta la producción de combustibles.
- D. Gas coque: cuanto mayor es la temperatura a la que se produce la carbonización, más hidrógeno contiene el gas de carbón. El gas se utiliza como combustible y, en el caso de un alto contenido de hidrógeno, se puede utilizar en el proceso de hidrotratamiento. Antes de su uso, el gas debe tratarse previamente para eliminar el amoníaco, el sulfuro de hidrógeno, el agua y una cierta cantidad de hidrocarburos.

- E. Alquitrán de hulla: El alquitrán se destila inicialmente para obtener brea con un punto de ablandamiento adecuado y producir una serie de fracciones ligeras.
- F. Aceite ligero: Compuesto por hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos insaturados y con una cantidad de compuestos paranínicos.
- G. Aceite de Naftaleno: Compuesto más abundante en el alquitrán de hulla.
- H. Aceite de creosota: Contiene Naftalenos y ácidos y bases de elevado peso molecular.
- I. Aceite ligero de antraceno: Con un contenido de hasta un 8% de ácidos de un alto punto de ebullición y bases aromáticas.
- J. Aceite pesado de antraceno: Conocido como brea y, por lo tanto, son muy importantes porque representan más de la mitad del alquitrán de petróleo crudo. Su aplicación es para la producción de combustibles mediante una mezcla con creosota de bajo contenido de azufre.
- K. Coque: utilizado como materia prima para la producción de acero en un alto horno. Es un carbón poroso y muy reactivo.

2.3 REACTOR PIROLÍTICO^{5,6}

El tipo de reactor utilizado en el proceso de pirolisis es muy importante porque en muchos casos se determinan las variables que se pueden utilizar y por lo tanto la distribución del producto obtenido, donde se pueden destacar los siguientes:

- a) Reactor discontinuo.** La característica básica de un reactor discontinuo es calentar la muestra depositada inicialmente en el reactor hasta alcanzar la temperatura deseada. Este tipo de reactor se ha utilizado en muchos trabajos para degradar diferentes tipos de materiales, incluido el polietileno.

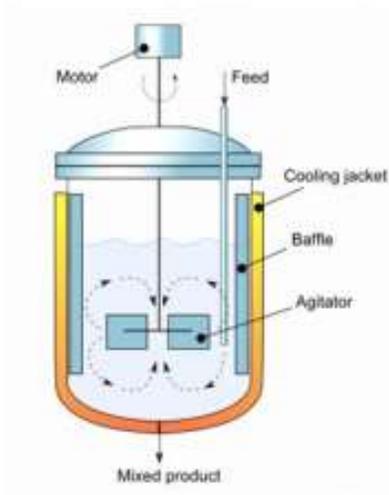


Figura 6. Ejemplo de reactor discontinuo.

b) Reactor de lecho fluidizado. Debido a sus buenas características de transferencia de calor, los reactores de lecho fluidizado se utilizan ampliamente en los procesos de degradación de polímeros. También se puede enfatizar la versatilidad de estos equipos para procesar mezclas de plásticos.

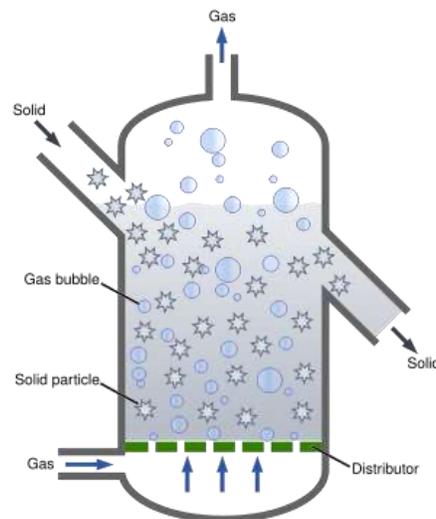


Figura 7. Ejemplo de reactor de lecho fluidizado.

c) Reactor tipo Spouted bed: Este reactor está diseñado para reducir las limitaciones de los reactores de lecho fluidizado. Este reactor cilíndrico con fondo de cónico tiene una alta capacidad de transferencia de calor y capacidad de transferencia de

material, debido a que el contacto del gas-sólido ocurre en contracorriente entre las dos fases.

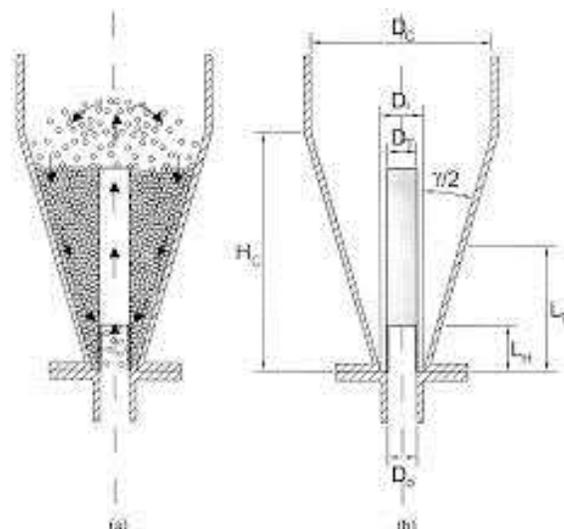


Figura 8. Reactor Tipo spouted bed.

La influencia en la temperatura de la pirolisis de plásticos donde la temperatura es una de las variables más importantes en el proceso de pirolisis. El aumento de temperatura facilita la reacción de los productos de pirolisis, se puede distinguir tres rangos de temperatura de pirolisis, lo que resulta en distribuciones de productos significativamente diferentes de 330 y 450 °C, el rendimiento de fracciones líquidas es alto, mientras que la formación de compuestos gaseosos es mucho menor. A temperaturas superiores a 500 °C, el grado de agrietamiento de los plásticos pirolizados es mayor y, por tanto, el rendimiento de fracciones de gas es mayor y a partir de los 700 °C, los componentes sólidos comienzan a tener un gran peso, incluso si se establece una relación proporcional directa entre las propiedades del gas y los componentes sólidos, cabe señalar que la influencia de la velocidad de calentamiento. La velocidad de calentamiento es un factor muy importante en la distribución del producto obtenido. Según la velocidad de calentamiento utilizada, se puede distinguir dos procesos externos: pirolisis lenta y pirolisis rápida. En la pirolisis lenta, la velocidad de calentamiento es de aproximadamente una unidad o decenas de °C/min. En la pirolisis flash, se utiliza una velocidad de calentamiento superior a 250°C/seg para facilitar la formación de productos líquidos y gaseosos, pero la influencia del tiempo de residencia. El tiempo es un factor

muy importante ya que puede influir bastante en el proceso de pirolisis dando diferentes resultados si lo manejamos con diferentes tiempos de exposición. Durante este tiempo, pueden ocurrir reacciones, cambiando así la distribución de los productos obtenidos en la primera etapa de descomposición del polímero.

2.4 TÉCNICAS DE MANUFACTURA

Los sistemas de manufactura son las distintas técnicas de procesamiento y/o los distintos procesos de transformación y producción de un material o materia prima mediante la utilización de herramientas y maquinaria. La planeación de los diferentes procesos de fabricación debe ser sustentados en base a diseño y fabricación mediante operaciones de trabajo.

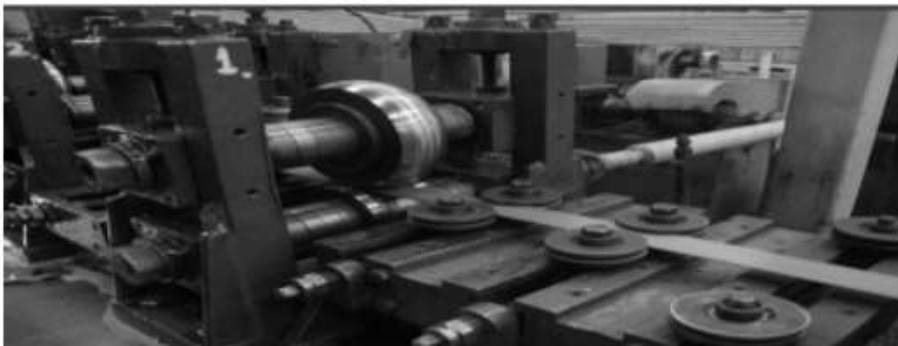


Figura 9. Técnicas de manufactura

Dentro de las técnicas de manufactura más empleadas podemos mencionar:

A. FRESADO⁷⁻⁹

Proceso de manufactura basado en el procedimiento de maquinado de un metal con una herramienta de corte rotativa de 2 filos o mayores filos llamado cortadores verticales o cortadores horizontales tiene la capacidad de procesar por medio de cortadores el maquinado de ranuras o el maquinado de fabricación de engranes recto que por medio de un cabezal divisor de giro de 360 grados puede fabricar o maquinar engranes helicoidales y engranes cónicos su desplazamiento de sus ejes puede ser en los ejes X,Y,Z y su desplazamiento de corte depende del diseño de la máquina, cabe señalar que esta máquina está diseñada por un cabezal fijo donde está instalada la

herramienta de corte y sus ejes de movimiento pueden direccionarse sobre los ejes X,Y,Z sus movimiento pueden ser manuales o automáticos por medio de motores de transmisión y actualmente pueden ser diseñadas por medio de sistemas de control numéricos los cuales por medio de programas de maquinados de CNC pueden fabricar piezas de forma automática y de forma productiva por medio de la producción en serie logrando estándares de producción altísimo y de mayor eficiencia ,estas máquinas y procesos de fresado pueden fabricar o maquinar de forma lineal para la fabricación de cuñeros de precisión o ranuras de interiores y actualmente se han agregado hasta 5 ejes de maquinado en fresadoras de diseño en CNC , entre las más comunes de fresadoras se encuentran las fresadoras verticales, horizontales y fresadoras tipo puentes o mandriladoras. El manufactura del fresado es variable y versátil ya que el fresado puede utilizarse el barrenado de pieza mediante la colocación de una barra colisa que sujeta las boquillas de brocas y tiene la capacidad de sujetar mandriles madres de corte que es un herramienta de múltiples insertos de carburo que tiene una capacidad de corte en acero muy alto hasta lograr cortes de 1/2" de espesor, también cuenta con aditamentos de rectificado el cual por su cabezal de alta velocidad logra hasta 2000 rpm el cual se adapta una piedra de corte logrando funciones de rectificadas en piezas de acero en conclusión es un proceso de manufactura muy versátil y muy rentable.



Figura 10. Manufactura de fresado.

B. TORNEADO¹⁰

El torneado es un proceso de manufactura mecanizado por arranque de viruta por medio de herramientas de corte que logra el arranque de viruta por medio de un material inicial en bruto que por medio de un diseño mecánico muestra las medidas y las cotas de dimensiones que se lograran mediante al corte del materia, este procedimiento se basa en el corte de material por medio del sistema de revoluciones por minuto en movimiento circulatorio o rotatorio por medio de una herramienta lineal logrando la maquinación de una variedad de piezas en función del diámetro ,longitud y la complejidad de las piezas maquinar además de la manufactura de varios tipos de cuerdas o roscas tanto inglesas como milimétrica ten la capacidad de fabricar cañeros , ranuras ,rectificados de superficies por medio de aditamentos de corte y rectificado esta manufactura a través del tiempo se ha modernizado y cabe señalar que ya tiene más de 100 años de haberse creado sin embargo por su funcionamiento continua siendo una manufactura sostenida y confiable y que reditúa grandes ganancias económicas actualmente ya se utiliza el torneado de precisión por medio de máquinas de tornado preciso y programado por precisión por medio del control numérico CNC logrando elevar la productividad de la máquina y elevando su precisión y su versatilidad de proceso en la fabricación de piezas complejas y de gran precisión y de gran escala de producción ya que se han conjugado varios factores de velocidad de cabezal t del avance así como el desarrollo de herramientas de corte por medio de carburo de tungsteno y de herramienta de cerámica de corte logrando procesar aceros con contenido de dureza sin embargo al dominio de estos factores el proceso de torneado continua permaneciendo dentro de la industria y permanecerá durante muchas décadas de años ya que estos factores han logrado una elevación de productividad de la máquina y además se han desarrollado refrigerantes de corte con tecnología de muy buena calidad que logran el enfriamiento de corte de la pieza y la herramienta de corte elevando la vida útil de la pieza y de la herramienta y prolongando el nivel de vida útil de torno de control numérico.



Figura 11. Manufactura de torneado.

C. RECTIFICADO¹¹

La manufactura de ratificado se lleva acabo con un maquina denominada rectificadora, esta realiza rectificación de piezas por medio de la abrasión eliminando el material de una pieza para darle forma y precisión por lo tanto utiliza herramientas abrasivas llamadas muelas, el rectificado es un proceso de acabado fino de precisión es la etapa final de la fabricación que viene de torneado y del fresado, esto para mejorar la tolerancia dimensional y el acabado superficial del producto. por lo tanto la pieza obtendrá un coeficiente de fricción menor, esto demanda medidas y tolerancias exigentes ya sea geométricas, dimensionales, o de acabado superficial, es importante seleccionar el material abrasivo de la muela, depende del material a rectificar los más importantes es el nitruro de boro cubico (CBN), para el rectificado de alta velocidad para materiales de alto contenido de carbono y de alta dureza, otra muela importante es la de diamante esto para rectificado de alta velocidad, materiales de alta dureza y para materiales cerámicos. La manufactura del rectificado se utiliza para procesos finales, donde las piezas han sido templadas y sufren deformaciones las cuales se corregirán las imperfecciones por medio del rectificado. Actualmente se realiza el rectificado por medio de máquinas rectificadoras de control numérico (CNC), por medio de servo motor de precisión, proporcionando movimientos de traslación atarves de sus avances en los ejes X, Y, Z. que ofrecen mayor capacidad de trabajo ya que maquinan en base a los avances y el giro de la rueda en forma automática, Logrando la unificación de los movimientos y mejorando los tiempos y

la precisión del rectificado esto permite programar las coordenadas cartesianas y establecer las distancias exactas de posición, este proceso de manufactura permite realizar diferentes rectificados muy importantes los cuales se mencionan: rectificado de superficies planas, rectificado de cilíndricos, rectificados excéntricos, rectificados sin centros, esta manufactura ha logrado desarrollar equipos y partes de precisión en la industria metalmecánica, la industrial hidráulica ya que se pueden fabricar carretes hidráulicos de válvulas, cilindros hidráulicos, turbinas de alta velocidad logrando un desarrollo tecnológico de la industria a nivel mundial, cabe señalar que ha logrado desarrollar la industria aeronáutica.



Figura 12. Manufactura de rectificado.

D. SOLDADURA¹²

El proceso de manufactura de la soldadura por medio de arco manual con electrodo revestido se define como un procesos en el que se unen 2 metales mediante la fusión localizada y producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir a través de la coalescencia o fusión en las cuales las piezas se funden y se agrega un material de aporte metálico y que forman un cordón, el factor principal que hace de este proceso de soldadura es un método tan útil en su simplicidad y por lo tanto su bajo precio. a pesar de la gran variedad de procesos de soldadura disponible la soldadura de electrodo revestido no ha sido reemplazada por el mercado y por las altas tecnologías de la manufactura de la soldadura, la sencillez del

procedimiento y su bajo costo logra un rendimiento y renumera las ganancias por lo tanto se sigue utilizando en la fabricación de estructuras metálicas cabe señalar la importancia de que la mayoría de los procesos de la soldadura requieren de la generación de altas temperaturas locales que permitan la unión de metales. el tipo de la fuente de calor se utiliza a menudo como una descripción básica del tipo de procedimiento tales como la soldadura de gas y las de arco eléctrico, existen siete factores fundamentales en la selección de electrodos por arco eléctrico: identificación del metal base, tipo de corriente disponible para la soldadura para su operación, posición de trabajo para efectuarse la soldadura, espesor y forma del metal base, diseño de la unión de a soldadura y especificación o condiciones requeridas.

Soldadura Oxiacetilénica: la soldadura oxiacetilénica es la forma más difundida de soldadura autógena. No es necesario aporte de material. Este tipo de soldadura puede realizarse con material de aportación de la misma naturaleza que la del material base (soldadura homogénea) o de diferente material (heterogénea) y también sin aporte de material (soldadura autógena). Para lograr una fusión rápida (y evitar que el calor se propague) se utiliza un soplete que combina oxígeno (como comburente) y acetileno (como combustible).

Aplicaciones: Láminas de Acero o Hierro. Se utiliza en construcción, en la industria naval y en la automovilística.

Tipo: Homogénea.

Material de Aportación: El mismo que el de las piezas que se van a unir.

Temperatura de Soldadura: Mayor de 3.000°C.

Instrumento: Soplete Oxiacetilénico.

Las soldaduras por oxiacetilénica se dividen en 2:

Soldadura blanda: esta soldadura de tipo heterogenia se realiza a temperaturas por debajo de los 400° C y el material METALICO de aporte más empleado es la aleación de estaño y plomo que funde aproximadamente a los 230° C.

Soldadura fuerte: o también llamada soldadura dura o amarilla, es similar a la banda pero se alcanza a temperaturas hasta de 800°C y se utiliza como material aporte las aleaciones de plata y estaño (conocida como soldadura de acero plata y se utiliza un desoxidante o fundente el cual se funde con un soplete de gas y la soldadura se efectúa por la técnica de tope a tope, esta soldadura se utiliza cuando se exige una alta resistencia considerable entre la unión de dos piezas metálicas.

Soldadura MIG/MAG (GMAW) (Metal Inert Gas o Metal Active Gas, dependiendo del gas que se inyecte) también denominada GMAW (Gas Metal Arc Welding o «soldadura a gas y arco metálico»): es un proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible. El arco se produce mediante un electrodo formado por un hilo continuo y las piezas a unir, quedando este protegido de la atmósfera circundante por un gas inerte (soldadura MIG) o por un gas activo (soldadura MAG). La soldadura MIG/MAG es intrínsecamente más productiva que la soldadura MMA donde se pierde productividad cada vez que se produce una parada para reponer el electrodo consumido. El uso de hilos sólidos y tubulares ha aumentado la eficiencia de este tipo de soldadura hasta el 80%-95%. La soldadura MIG/MAG es un proceso versátil, pudiendo depositar el metal a una gran velocidad y en todas las posiciones. Este procedimiento es muy utilizado en espesores pequeños y medios en estructuras de acero y aleaciones de aluminio, especialmente donde se requiere un gran trabajo manual. La introducción de hilos tubulares es particularmente favorable para la producción de estructuras pesadas donde se necesita de una gran resistencia de soldadura. La soldadura por gas inerte de metal (MIG) utiliza un electrodo de metal que sirve como material de relleno para la soldadura y se consume durante la soldadura. El argón es también el gas primario utilizado en la soldadura MIG, a menudo mezclado con dióxido de carbono. La soldadura MIG fue desarrollada para metales no ferrosos, pero se puede aplicar al acero.



Figura 13. Manufactura de soldadura.

E. PROCESO DE MANUFACTURA CON CORTE CON ACETILENO¹²

En este proceso de manufactura se utiliza un gas combustible que puede ser el acetileno, el hidrogeno, el propano, hulla y crileno, cuyo efecto es producir una llama para calentar el material, mientras que como gas comburente siempre ha de utilizar el oxígeno esto con el fin de causar la oxidación necesaria para el proceso de corte de los metales. La técnica del oxicorte se presenta como un procedimiento auxiliar de la soldadura, mediante el cual se puede seccionar los metales mediante una combustión local e inyectando oxígeno para lograr el corte esto aproximadamente a 870°C, por lo tanto se tiene que lograr oxidar el metal, cabe señalar que el oxicorte tiene buena aplicación en aceros al carbono y en aceros de baja aleación de carbono, por lo tanto se deduce que el proceso de oxicorte en realidad es la combustión, la técnica del oxicorte comienza con el precaliente, para ello, con el soplete, utilizando parte del oxígeno y del gas combustible se crea una llama de precalentamiento, formada por la boquilla de corte, esta boquilla se acerca a la pieza hasta alcanzar un a temperatura de 870°C, para lograr la combustión, esto tomando en cuenta que el color de le acero deberá tornarse en una tonalidad anaranjada brillante, una vez alcanzadas esta temperatura de ignición se abre el orificio central de la boquilla por medio de una palanca el cual aplicara un chorro de oxígeno puro, esto lograra una reacción totalmente exotérmica y es precisamente esta gran energía desprendida que actúa como separador del metal e inicia el proceso de corte, originando una ranura porque el metal se funde a temperatura inferiores y esta propiedad

del acero logra el corte del mismo metal con acabados semiburdos, es muy importante y como factor crítico la pureza del oxígeno ya que debe de ser del 99.5%, esto para lograr un corte de calidad y limpieza del metal. Actualmente ya existe equipos automático de control numérico, que permiten que el proceso de oxicorte sea automatizado por medio de servomotores de transmisión, los cuales constan de una mesa de trabajo un pórtico ajustable automático donde se desplaza la boquilla de corte sobre los ejes x, y, logrando cortes de gran precisión y calidad.



Figura 14. Manufactura de corte de acetileno.

2.5 TÉCNICAS DE GESTIÓN DE COSTOS¹³⁻¹⁵

En las técnicas de gestión de costos se basan en los procesos relacionados de la gestión de lograr la planificación de los costos así como la estimación y cálculo de los materiales o productos en base a una sumatoria de costos estimados planificando y estimando los presupuestos y calculando los financiamientos para controlar los costos y el presupuesto para lograr las metas del proyecto dentro del presupuesto estimado y proyectado para tener un éxito de ganancia del proyecto, mediante al inicio de la planeación de costos para la elaboración de un producto o un bien material o alguna materia prima estableciendo un proceso de políticas de costos y desarrollando los procedimientos y la documentación necesaria como base para la gestión de ejecución de gastos y controlar los gastos del proyecto basados como inicio la planificación de la gestión de las entradas basado en una planificación de la dirección del proyecto que proporciona la tarea en resumen del presupuesto del cual a partir se desarrollar los costos

iniciales y detallados del proyecto los cuales apoyaran la aprobación del proyecto en su buen cálculo de costos es importante tomar en cuenta el ambiente laboral del negocio o empresa o del proyecto es importante investigar el ambiente y la situación de las empresas que administran las materias primas para la fabricación de un producto ya que es importante conocer la situación financiera y su situación económica ya que debemos asegurar que los materiales que se utilicen en el proyecto sean de la calidad óptima de la elaboración de un producto y que estén dentro de las normas de calidad internacionales cabe señalar la importancia de conocer la experiencia sobre el bien o producto a realizar ya que es de vital importancia el conocimiento de lecciones aprendidas para reconocer los errores de producción en la fabricación de algún producto garantizando la calidad del producto tomando en cuenta la gestión de disciplinas, normas y políticas en el desarrollo del proyecto, la experiencia de los expertos debemos tener en cuenta como un valor importante, las técnicas de análisis para el desarrollo de presupuestos del negocio para lograr el financiamiento en base a deudas establecidas que establezcan un plan de negocio rentable para el proyecto y que logre liquidar las deudas comprometidas logrando eficiencia en las ganancias cabe señalar la importancia de los grupos de trabajo multidisciplinarios para revisar los costos del producto y revisar el cronograma de actividad de la gestión de costos basados en la planificación de las salidas como el establecimiento de las características de calidad mediante estandarizaciones de valores con sus rangos de precisión que garanticen la calidad del producto a realizar o al proyecto a realizar y es muy importante y está basado en condiciones normales que método el personal empleado. El operario debe tener conocimiento y estos valores por ejemplo pueden ser; medida, color, estructura de soldadura, dureza, permeabilidad, viscosidad, iluminación, precisión, basado dentro de procedimientos establecidos esta metodología base se lograra establecer los costos estimados de un producto o un bien o una materia prima y establecerá los costos necesarios para terminar el proyecto estableciendo los costos de las entradas tomando en cuenta costo de materiales, costo de mano de obra y los costos indirecto de producción así como los costos por desperdicios, y es importante clasificarlo dentro de un cronograma de trabajo establecido tomando en cuenta los riesgos de proceso y de trabajo basándonos en los riesgos y las oportunidades "FODA" estimando

los costos de las herramientas basados en las tecnologías o si es posible con la asesoramiento de empresas de normas internacionales de calidad para establecer un sistema de aseguramiento de la calidad tomando como base importante la experiencia del personal para la elaboración del producto para evitar retrabajos o desperdicios, esto basado a través de la mejora continua.



Figura 15. Técnicas de gestión de costos.



Figura 16. Técnicas de gestión de costos.

Determinación del presupuesto

Esta determinado en la sumatoria de todos los costos directos que interactúan con la elaboración de un producto o materia prima establecidos en el producto basaos en 3 grandes rubros establecidos.

A) Los costos directos o gastos directos son los que interactúan directamente en la elaboración de un producto o un servicio con el producto que afectan o relacionan con de la materia prima basado en la estimaciones costos directos de fabricación de la materia prima basado en los costos establecidos internacionales y nacionales así como la estimación de costos de los diferentes materias primas y herramientas que se utilizan en la elaboración del producto e incluye directamente la fuerza laboral.



Figura 17. Determinaciones de costos directos.

B) Los costos indirectos o gastos indirectos son los costos indirectos que interviene en la fabricación de un producto o un bien de servicio y que deben sumarse para conocer el costo de fabricación de un producto por ejemplo la mano de obra indirecta o proveedores externos que interactúan en la fabricación de un producto así como asesores o la renta del establecimiento, la seguridad del establecimiento .



Figura 18. Costos indirectos.

C) El control de las entradas y salidas (control de los costos) es muy importante así como el control de costo de herramientas ya que se debe manejar en dé cada proceso la determinación de metas de trabajo basado en la reducción d costos y en elevar la eficiencia en la fabricación de tun producto y se basa en gestionar, controlar y medir las eficiencias del proceso de fabricación de modo que se complete el presupuesto ya aprobado estos basado en los “KPI” de cada departamento de costeo con los informes reales en forma grupal por medio de los grupos de alto desempeño establecido y logrando los pronósticos establecidos y es importante la actualización de los datos ya que lo que no se mide no se controla y no se puede mejorar.



Figura 19. El control de entradas y salidas.

III. DESARROLLO

3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

La metodología utilizada se basó en la siguiente ruta científica:

A) Revisión bibliográfica del proceso y del equipo de pirolisis.

B) Observación del equipo y evaluación de las deficiencias del equipo en base a su proceso y a su ingeniería de partes funcionales, así como la evaluación de deficiencias técnicas mediante al análisis visual y de operación para determinar las mejoras al equipo.

C) Establecer las actividades de mejora mediante al requerimiento de partes y la elaboración de cambios estructurales, maquinación de partes de mejora, e implementación de materiales de tecnología establecida para el funcionamiento del equipo mediante a la metodología establecida en los diferentes procesos de cambio establecidos en metodología de corte. soldadura y sellado.

D) Estructurar el análisis de costos de reingeniería de manufactura mediante al listado de materiales requeridos de mejorar para elevar la eficiencia del equipo y logra la operación del equipo.

3.1.1 Descripción del reactor pirolítico (antes de manufactura).

El reactor pirolítico es un equipo basado en un tanque para alta temperatura aproximadamente en un rango de operación de 0 a 1000 °C, el cual se compone de un tanque cilíndrico fabricado con acero al carbono con una tapa superior que es sujeta o sellada por medio de ménsulas de sujeción que sella a través de sello de nitrilo en forma de tiras lineales. Este tanque pirolítico tiene un diseño de 2 cámara de función la cual la cámara inferior es la cámara de calentamiento la cual está controlada por medio de un sensor de temperatura tipo termopar tipo k el cual controla en la parte inferior del tanque a una resistencia calorífica que genera por medio de energía eléctrica a una conversión de energía calorífica logrando elevar temperatura de 400 °C, esta cámara

esta sellada por medio de una tapa de sellado de acero al carbono y en la parte superior se encuentra la cámara superior o de proceso el cual se deposita el material plástico a procesar que puede ser poli estireno o poliuretanos o diferentes plásticos este reactor pirolítico esta soportado por una estructura base de cuadrado de PTR de 1" el cual soporte al tanque integro cabe señalar que el proceso de pirolisis plástica está conformado o un equipo de enfriamiento basado en un tanque de almacenamiento de agua fría que conduce a un tanque de enfriamiento que cuenta con un serpentín de enfriamiento y se conecta a un sistema de generación de enfriamiento por medio de una placa de enfriamiento de celdas electrónicas Peltier la cual generan el enfriamiento del sistema el cual por medio de una bomba centrífuga recircula el agua de enfriamiento a través de los 2 tanques logrando la homogenización de la temperatura para lograr la condensación de los gases calientes pirolíticos que son del resultado del calentamiento del tanque pirolítico a temperatura controlada. Cabe señalar que se realizó las siguientes observaciones en el quipo como puntos de mejora:

- Tanque pirolítico circular en acero al carbono de espesor de 1/8" de diámetro de 12.3/8" longitud de: 35" fabrica en base a técnica de soldadora de tope a tope # 6013 SAE capacidad volumétrica de 20 litros se define la mejora en las condiciones de sellado en las cámaras de calentamiento y cámara de trabajo.



Figura 20. Descripción del reactor pirolítico (antes de manufactura)

- Ménsulas de clampeo de sujeción por tornillos con perno de 3/8" fabricado con solera de 1/8" y aplicado con soldadura 6013SAE se define la mejora con la aplicación de reforzamiento en soldadura sobre las partes de esfuerzo.



Figura 21. Ménsulas de clampeo de sujeción por tornillos antes de reingeniería de manufactura.

- Base estructura de soporte de tanque pirolítico fabricado en material ptr cuadrado de 3/4" aplicado con soldadura de 6013SAE con base inferior de lámina de acero al carbono en calibre #16, se define su mejora en la colocación de base en lámina calibre # 12 soldada con soldadura 6013SAE para aumentar el soporte y la rigidez para el tanque pirolítico.
- Estructura de soporte para sistema de enfriamiento fabricado en material de ángulo de acero de 3/4" espesor de 1/8" con aplicación de técnica de soldadura a tope a tope con soldadura: 6013 AWS se define como mejora una estructura trabajo pesado en tubular de 2" para aumentar la capacidad de carga y estabilidad.
- Tanque de enfriamiento circular de 8 "de diámetro y una longitud de 12" fabricado en lámina de acero al carbono de calibre # 16 aplicado con técnica de soldadura a tope a tope con soldadura 6013 AWS. no se define ninguna mejora en este elemento.

- Tanque de recirculación circular de 4 " de diámetro y una longitud de 10" fabricado en lámina de acero al carbono de calibre # 16 aplicado con técnica de soldadura a tope a tope con soldadura 6013 AWS, se define ninguna mejora en este elemento.
- Módulo de enfriamiento diseño Peltier, está conformado por un block manifold de enfriamiento de placa de aluminio de $\frac{3}{4}$ " de espesor por una longitud de 8" y un ancho de 3" con celdas de enfriamiento Peltier y ventiladores de disipación caloríficos se define como mejora el maquina en fresado de $\frac{1}{4}$ " sobre la cara de transferencia de enfriamiento para mejorar y aumentar la trasferencia térmica de enfriamiento.
- Bomba de recirculación de sistema de enfriamiento basado en una bomba centrífuga de recirculación de agua fría, velocidad 1200 rpm, capacidad de flujo de 2 gal/min, presión máxima de trabajó de 20 psi.



Figura 22. Equipo de pirolisis antes de la reingeniería de manufactura.

3.1.2 Descripción del reactor pirolítico (después de manufactura)

- Tanque pirolítico circular en acero al carbono de espesor de $\frac{1}{8}$ " de diámetro de 12.3/8" longitud de 35" fabrica en base a técnica de soldadora de tope a tope # 6013 SAE capacidad volumétrica de 20 litros se realizó la mejora en las condiciones de sellado en las cámaras de calentamiento y

cámara de trabajo por medio del análisis de materiales soportables a alta temperatura los cuales se obtuvieron los mejores materiales como opción tenías placa de 1/8" de material teflón para temperaturas de 1000 grados centígrados y con un soporte químico a líquidos ácidos y elementos alcalinos sin problemas para su vida útil pero es un material muy costoso por lo tanto se decidió por la placa de 1/8" de espesor para temperatura de 800 grados centígrados con un valor medio en el mercado y con características químicas excelentes soportables a ácidos y a materiales alcalinos se fabricó el sello hermético de 11.1/2" de diámetro interior y con un diámetro interior de 9.1/2" colocando el sellado entre las 2 cámaras de trabajo y de cámara de calentamiento y se utilizó un sellador de alta temperatura para soportar 600 °C de esta técnica se hizo el alto sellado de las cámaras garantizando que no se dañe el elemento calefactor de la resistencia cabe señalar que se ajustó la altura de las bases de la resistencia para evitar contacto eléctrico a tierra y se mejoró en la calidad del cableado de alta temperatura logrando colocar cable térmico de teflón para altas temperaturas y se terminó de sellar todas las fugas posibles diseñando y mejorando el sello de la tapa por medio de un sello tipo orín circular con recubrimiento en teflón se realizaron pruebas neumática a 4 kg/cm² y se verificó que no existiera fugas en tanque .

- Ménsulas de clampeo de sujeción por tornillos con perno de 3/8" fabricado con solera de 1/8" y aplicado con soldadura 6013SAE se define la mejora con la aplicación de reforzamiento en soldadura sobre las partes de esfuerzo por medio de aplicación de material solera de mayor espesor con aplicación de reforzamiento de soldadura 6013AWS logrando mayor rigidez y mayor fuerza de sujeción de tapa superior se realizó cambio de mejoramiento en el acabado en la fabricación de las ménsulas de sujeción.
- Base estructura de soporte de tanque pirolítico fabricado en material PTR cuadrado de 3/4" aplicado con soldadura de 6013AWS con base inferior de lámina de acero al carbono en calibre 16, se define su mejora en la colocación de base en lámina calibre 12 soldada con soldadura 6013AWS.

para aumentar el soporte y la rigidez para el tanque pirolítico y la fabricación de soportes circulares en material acero al carbono placa tipo "A45" de diámetro de 3" y espesor de $\frac{1}{4}$ " el cual se logró mayor estabilidad del equipo.

- Estructura de soporte para sistema de enfriamiento fabricado en material de ángulo de acero de $\frac{3}{4}$ " espesor de $\frac{1}{8}$ " con aplicación de técnica de soldadura a tope a tope con soldadura 6013AWS se define como mejora una estructura trabajo pesado en tubular de 2" para aumentar la capacidad de carga y estabilidad mediante al rediseño de la base aumentando sus dimensiones físicas y fabricándolo en material acero de PTR cuadrado de 2" con espesor de $\frac{1}{8}$ " con dimensiones de largo 38.1/2", ancho de 26", altura 30" con diseño de bases para soportes de equipo electrónico y fuentes de poder con base en lámina de acero al carbono de calibre 16.
- Módulo de enfriamiento diseño Peltier, está conformado por un block manifold de enfriamiento de placa de aluminio de $\frac{3}{4}$ " de espesor por una longitud de 8" y un ancho de 3" con celdas de enfriamiento Peltier y ventiladores de disipación caloríficos se define como mejora el maquina en fresado de $\frac{1}{4}$ " sobre la cara de transferencia de enfriamiento para mejorar y aumentar la transferencia térmica de enfriamiento cabe señalar la colocación de 3 celdas termoeléctricas diseño Peltier que por medio de un diferencial de voltaje generan un diferencial térmico en el movimiento de los electrones dentro del material de la celda generando una energía isotérmico de calor que es disipada por disipadores térmicos en aluminio y por otro lado de la cara de la celda genera un enfriamiento por los electrones perdido por lo tanto esta cara física del elemento toca a placa de aluminio la cual por su diseño esta insertado un serpentín de enfriamiento de tubería de cobre con diámetro de $\frac{3}{8}$ " el cual enfría el agua que recircula en su interior a esta base se le realizo un maquinado o fresado para disminuir el área del serpentín pero aumentar el enfriamiento del elemento mediante la disminución de masa de aluminio por lo tanto a menor área de material mayor transferencia de enfriamiento y aumentando el poder de enfriamiento del módulo Peltier.

3.1.3 Tipos de técnicas de manufactura empleadas

En este proyecto de reingeniería se utilizó las siguientes técnicas de manufactura y distintos materiales de alta calidad los cuales son los siguientes:

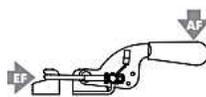
- En la mejora del reactor pirolítico se realizó la mejora y reingeniería del sellado de las cámaras de alta temperatura o combustión y de la cámara de trabajo el cual se realizó la técnica del método científico mediante la observación y la selección de materiales de alta temperatura el cual se decidió por el material de placa de asbesto de espesor de 1/8" y se utilizó la técnica de trazado y aplicación de circunferencia utilizando el corte con herramienta de corte de una máquina caladora y se ajustó el sello circular en base al diámetro interior del reactor para lograr la máxima tolerancia de precisión este ajuste se utilizó un esmeril de alta velocidad se ajustó el sello y se logró la soldadura de la tapa de calentamiento con el ajuste de este sello con el sellador de alta temperatura para 600 °C marca plus y se ajustó la base de la resistencia eléctrica modelo EENV60701 marca reschrom en diámetro de 7.5" con voltaje de trabajo de 110 volts esto para evitar contacto a tierra física eléctrica.



Figura 23. Reingeniería de manufactura en sellado de cámaras de calentamiento.

- Ménsulas de clampeo de sujeción por tornillos con perno de 3/8" fabricado con solera de 1/8" y aplicado con soldadura 6013SAE se define la mejora

con la aplicación de reforzamiento en soldadura sobre las partes de esfuerzo por medio de aplicación de material solera de mayor espesor con aplicación de reforzamiento de soldadura 6013AWS logrando mayor rigidez y mayor fuerza de sujeción de tapa superior se realizó cambio de mejoramiento en el acabado en la fabricación de las ménsulas de sujeción mediante al diseño original de ménsulas de clampeo diseño de ingeniera “destaco” mediante la aplicación de soldadura en placa solera con soporte de fijación tipo perno de 3/8” se aplicó la técnica de pintura con pintura de alta temperatura para 600 °c.



Model	Max. Holding Capacity	Weight	EF:AF	Drawing Movement	Latch Plate (Supplied)	Replacement Hook Assembly	Hook Adj. Range
323				30 [1.18]	323104-M	323215	[0.36] 9,1
323-SS	1600 N [360 lbf]	0,07kg [0.15lb]	27:1	29,7 [1.17]	323104-MSS	323915	
323-R					323104-M	323215	
323-RSS					323104-MSS	323915	
331					32:1	44,5 [1.75]	331005
331-SS	3200 N [720 lbf]	0,25kg [0.56lb]			331905	331915	
331-R					331005	331215	
331-RSS					331905	331915	
341			29:1	63,5 [2.50]	341005	341215	[0.97] 24,6
341-SS	8900 N [2000 lbf]	0,65kg [1.43lb]			341905	341915	
341-R					341005	341215	
341-RSS					341905	341915	

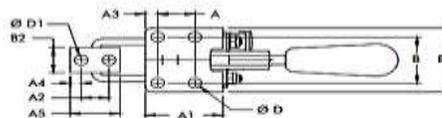
EF = Exerting Force, AF = Applied Force



MC-PAL | 7

Dimensions and technical information are subject to change without noti

341
341-SS



Model	A	A1	A2	A3	A4	A5	B	B1	B2	B3	B4	C	C2
323													
323-SS	[0.63] 16	[1.02] 26	[0.39] 10	[0.20] 5	[0.24] 6	[0.79] 20	[0.75] 19	[1.10] 28	[0.52] 13,2	[0.75] 19,1	[1.10] 28	[0.47] 12	[0.08] 2
323-R													
323-RSS													
331													
331-SS	[0.75] 19,1	[1.56] 39,7	[0.56] 14,3	[0.25] 6,4	[0.22] 5,6	[1.00] 25,4	[1.26] 32	[1.74] 44,3	[0.68] 17,3	[1.00] 25,4	[1.50] 38,1	[0.66] 16,7	[0.12] 3,1
341													
341-SS	[1.63] 41,3	[2.38] 60,5	[0.75] 19,1	[0.38] 9,7	[0.38] 9,5	[1.50] 38,1	[1.50] 38,1	[2.12] 53,8	[1.19] 30,1	[1.75] 44,5	[2.38] 60,5	[0.94] 23,8	[0.16] 4

Model	C3	ØD	ØD2	H	L	L1 MAX	L2	M	S
323									
323-SS	[0.08] 2	[0.17] 4,2	[0.17] 4,2	[1.19] 30,3	[3.88] 98,6	[2.32] 58,9	[0.37] 9,3	M4	[1.18] 30
323-R									
323-RSS									
331									
331-SS	[0.12] 3,1	[0.27] 6,7	[0.27] 6,9	[1.97] 50	[6.07] 154,2	[3.07] 78	[0.52] 13,3	M5	[1.75] 45,5
341									
341-SS	[0.16] 4	[0.33] 8,6	[0.33] 8,6	[2.89] 73,4	[8.20] 208,3	[4.59] 116,2	[0.75] 19,1	M8	[2.50] 63,5

Activar Windows
Ve a Configuración para acti

Figura 24. Tabla de fuerzas de ménsulas de fijación.



Figura 25. Reingeniería de sujetadores de clampeo.

- Base estructura de soporte de tanque pirolítico fabricado en material ppr cuadrado de $\frac{3}{4}$ " aplicado con soldadura de 6013AWS con base inferior de lámina de acero al carbón en calibre 16. Se define su mejora en la colocación de base en lámina calibre 12 aplicada con soldadura 6013AWS para aumentar el soporte y la rigidez para el tanque pirolítico y la fabricación de soportes circulares en material acero al carbón placa tipo A45 de diámetro de 3" y espesor de $\frac{1}{4}$ " el cual se logró mayor estabilidad del equipo se aplicó técnicas de corte con equipo de acetileno para bases de diámetro de 3" con placa de acero de $\frac{1}{4}$ " de espesor aplicando técnicas de pailera y de trazo técnico industrial con soldadura 6013AWS. Se aplicó un recubrimiento de pintura en color gris industrial para la presentación del equipo.



Figura 26. Reingeniería de base de tanque pirolítico.

- Estructura de soporte para sistema de enfriamiento fabricado en material de ángulo de acero de $\frac{3}{4}$ " espesor de $\frac{1}{8}$ " con aplicación de técnica de soldadura a tope a tope con soldadura 6013AWS se define como mejora una estructura trabajo pesado en tubular de 2" para aumentar la capacidad de carga y estabilidad mediante al rediseño de la base aumentando sus dimensiones físicas y fabricándolo en material acero de PTR cuadrado de 2" con espesor de $\frac{1}{8}$ " con dimensiones de largo $38\frac{1}{2}$ ", ancho de 26", altura 30" con diseño de bases para soportes de equipo electrónico y fuentes de poder con base en lámina de acero al carbón de calibre 16 aplicando cálculo de reforzamiento en base al cálculo de máximo de carga de 800 kg y restructuración de la base para el equipo de enfriamiento aumentando las dimensiones en un 100% parar lograr mayor rigidez y presentación del equipo a un nivel de trabajo pesado se aplicó trazo de ingeniera en fabricación de bases parar colocación del equipo electrónico, se aplicó la técnica de paileria de trazo por medio de trazo con escuadra graduada y utilización de regla parar trazo a 45° se realizó lista de partes y se realizó corte con cortadora con cortes a 45° y a cortes de 90° rectos y se aplicó el ensamble en base al diseño isométrico y se terminó con la

aplicación de técnica de soldadura y técnica de pintura para elevar la calidad de presentación del equipo ,se realizó la reingeniería de soporte y estabilidad de la estructura del sistema de enfriamiento en base a la aplicación de técnicas de trazo mecánico parar el desarrollo de bases circulares de diámetro circular de 4" con espesor de 1/4" diseño circular aplicando corte con equipo de acetileno por medio de equipo oxicorte y aplicando soldadura 6013SAW en la parte inferior de la estructura.



Figura 27. Reingeniería de base soporte de sistema de enfriamiento de pirolisis plástica.

- Módulo de enfriamiento diseño Peltier está conformado por un block manifold de enfriamiento de placa de aluminio de 3/4" de espesor por una longitud de 8" y un ancho de 3" con celdas de enfriamiento Peltier y ventiladores de disipación caloríficos se define como mejora el maquina en fresado de 1/4" sobre la cara de transferencia de enfriamiento para mejorar y aumentar la transferencia térmica de enfriamiento esto se realizó en base a técnicas de máquinas herramientas por medio de maquinado por fresado utilizando cortador de carburo de tungsteno se realizó en maquina fresadora Bridgeport CNC y se maquino el espesor del módulo de placa de aluminio

a un espesor de 1/2" para lograr la máxima eficiencia de enfriamiento para lograr la máxima condensación de los gases pirolíticos.

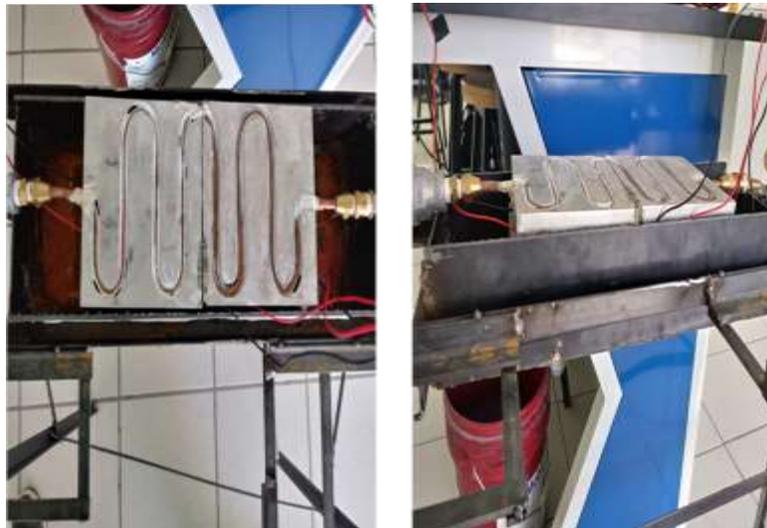


Figura 28. Reingeniería de placa de sistema de enfriamiento de sistema Peltier.



Figura 29. Maquinado de fresado de placa de sistema de enfriamiento Peltier.

3.1.4 Descripción de técnicas de costos empleadas.

Se realizó y se empleó la técnica de costo integral basado en la integración de costos directos de fabricación y gastos indirectos de fabricación así como el costo íntegro de las actividades que integran la transformación de la ingeniería de la estructura mecánica basado en la técnica de costeo llamada ABC considerando la estructura organizativa de la fabricación y tomando en cuenta los costos de la tecnología que se utilizó durante el proceso de reingeniería de la estructura de la base del sistema de enfriamiento y la aplicación de la reingeniería al reactor pirolítico tomando en cuenta como factor e importante el listado de los recursos involucrados, así como el conteo de sus actividades en la transformación de la estructura, aplicando los costos estándar del mercado más reales y los del mejor costo si como la secuencia de transformación de la estructura y del reactor pirolítico cabe señalar la importancia de la estimación de costos en base a la aplicación de la técnica de costeo en base a mano de obra, gastos indirectos de fabricación, gasto por materiales y gastos por mano de obra directa o indirecta logrando el objetivo de un balance de costo real.

A. Gastos directos de fabricación para la reingeniería de producto o elemento.

- En la mejora del reactor pirolítico se realizó la mejora y reingeniería del sellado de las cámaras de alta temperatura o combustión y de la cámara de trabajo se utilizaron los siguientes materiales con su costo estimativo.

- Placa de sello de asbesto para alta temperatura de dimensiones de 12x12x1/8" de espesor con costo estimado de \$330.00 MXN.
- Sellador silicón rojo de alta temperatura para 600 °C marca plus, costo \$380.00 MXN.
- Pintura para alta temperatura en color rojo, máxima temperatura de 600 °C, costo total \$320.00 MXN.
- La resistencia eléctrica mod. eenv60701 marca reschrom en diámetro de 7.5" con voltaje de trabajo de 110 volts, costo: \$1,850.00 MXN.
- Ménsulas de sujeción fabricadas por solera de 1" espesor de 3/16x1 m de largo, costo total \$480.00 MXN.
- Soldadura 6013AWS en espesor de 1/8", 4 kg utilizado, costo estimado: \$240.00 MXN.
- Sello tipo oring redondo diseño Parker, fabricado en diámetro exterior 11.3/4", diámetro interior 11", espesor 3/8", costo unitario \$480.00 MXN.
- 4 bases redondas en acero al carbono de placa de acero de espesor de 1/4" diámetro exterior de 4", costo total \$320.00 MXN.
- Cable eléctrico de alta temperatura con recubrimiento de teflón calibre 12 por longitud de 3 m, costo total \$480.00 MXN.
- 12 m de material en acero PTR cuadrado de 2", costo total \$4,400.00 MXN.
- 3 disco de pulidora de 4" marca Urrea, costo \$320.00 MXN.
- Lámina de acero al carbón calibre 16, de 2 m de ancho por 3 m de largo, costo: \$1,800.00 MXN.
- 3 discos de corte de acero de 4", marca austromex, costo total: \$210.00 MXN.
- Pintura vinílica de color gris maquinaria, costo total \$320.00 MXN.
- 4 bases redondas de acero al carbón en placa de 1/4 de espesor con diámetro 3", costo total \$240.00 MXN.
- 2 cinta teflón para alta temperatura, marca truper, costo \$62.00 MXN.

Costo total de materiales de fabricación: \$12,232.00 MXN.

B. Gastos directos en mano de obra.

- Costo por mano de obra por fabricación de sello tipo oring de sellado de tapa superior de tanque pirolítico, redondo diseño Parker fabricado en diámetro exterior 11.3/4", diámetro interior 11" espesor 3/8", total de horas trabajadas de 3 h hombre/técnico (costo por hora de técnico calificado \$60.00m/n.), costo total \$180.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de eléctrico de primera en instalación de resistencia eléctrica modelo EENV60701, marca reschrom, en diámetro 7.5" con voltaje de trabajo de 110 volts, esto para evitar contacto a tierra física eléctrica. Total de horas trabajadas: 3 h hombre /técnico (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$180.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de técnico mecánico en fabricación de sello de alta temperatura de diseño circular en placa de asbesto de espesor de 1/8" y se utilizó la técnica de trazado y aplicación de circunferencia utilizando el corte con herramienta de corte de una máquina caladora y se ajustó el sello circular en base al diámetro interior del reactor para lograr la máxima tolerancia de precisión este ajuste se utilizó un esmeril de alta velocidad y se ajustó el sello. Total de horas trabajadas: 16 h hombre/técnico (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$960.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de pailero soldador en la fabricación y reforzamiento ménsulas de clampeo de sujeción por tornillos con perno de 3/8" fabricado con solera de 1/8" y aplicado con soldadura 6013AWS. Total de horas trabajadas: 16 h hombre/pailero soldador (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$960.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de pailero soldador en la fabricación y reforzamiento base estructura de soporte de tanque pirolítico fabricado en material PTR cuadrado de 3/4" aplicado con soldadura de 6013AWS. Total de horas trabajadas: 8 h hombre/pailero soldador (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$480.00 MXN.

- Costo por mano de obra calificada de pailero soldador en la fabricación con corte con equipo de acetileno para bases de diámetro de 3" con placa de acero de 1/4" de espesor aplicando técnicas de pailera y de trazo técnico industrial total de horas trabajadas: 8 h hombre/pailero soldador (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$480.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de pailero soldador en la estructura de soporte para sistema de enfriamiento fabricado en material soldadura a tope a tope con soldadura 6013AWS en estructura trabajo pesado en tubular de 2" para aumentar la capacidad de carga y estabilidad mediante al rediseño de la base aumentando sus dimensiones físicas y fabricándolo en material acero de PTR cuadrado de 2" con espesor de 1/8" con dimensiones de largo 38.1/2", ancho de 26", altura 30" con diseño de bases para soportes de equipo electrónico y fuentes de poder con base en lámina de acero al carbón de calibre 16 aplicando cálculo de reforzamiento en base al cálculo de máximo de carga de 800 kg, total de horas trabajadas: 60 h hombre/pailero soldador (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN) costo total \$3,600.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de técnico de máquinas herramientas para manejo de maquina fresadora Bridgeport CNC y se maquino el espesor del módulo de placa de aluminio a un espesor de 1/2", total de horas trabajadas 8 h hombre/tornero fresador (costo por hora de técnico calificado \$120.00 MXN), costo total \$960.00 MXN.
- Costo por mano de obra de ingeniero mecatrónico en la instalación de celdas electrónicas Peltier: la calibración de pantallas y ajustes electrónicos total de horas trabajadas: 14 h hombre/ingeniero mecatrónico (costo por hora de ingeniero electrónico \$150.00 MXN), costo total \$2,100.00 MXN.

Costo total por mano de obra directa: \$9,900.00 MXN.

Nota: no se tomó en cuenta los gastos indirectos de fabricación dado que la renta del mobiliario pertenece al plantel. Los gastos de renta y de

movimiento de transportación son mínimos y los asesoramientos de los proyectos fueron realizados por los profesores de la institución.

Costo total de reingeniería de manufactura de un prototipo de reactor pirolítico de baja escala: \$22,132.00 MXN.

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		■	■									
Conformación de estudio				■	■	■	■	■				
Análisis de viabilidad									■	■		
Asesorías		■	■	■	■	■	■		■	■		
Evaluación y seguimiento de asesorías				■			■					
Evaluación de reporte										■	■	
Informe semestral										■	■	
Elaboración reporte técnico (productos entregables)					■	■	■	■	■	■	■	

Figura 30. Cronograma de actividades general.

IV. RESULTADOS

4.1 MANUFACTURA DE REINGENIERÍA DEL REACTOR PIROLÍTICO



Figura 31. Manufactura de reingeniería del reactor pirolítico.

4.2 DESCRIPCIÓN DE TÉCNICAS DE COSTOS EMPLEADAS

Se realizó y se empleó la técnica de costo integral basado en la integración de costos directos de fabricación y gastos indirectos de fabricación así como el costo íntegro de las actividades que integran la transformación de la ingeniería de la estructura mecánica basado en la técnica de costeo llamada ABC considerando la estructura organizativa de la fabricación y tomando en cuenta los costos de la tecnología que se utilizó durante el proceso de reingeniería de la estructura de la base del sistema de enfriamiento y la aplicación de la reingeniería al reactor pirolítico tomando en cuenta como factor e importante el listado de los recursos involucrados, así como el conteo de sus actividades en la transformación de la estructura, aplicando los costos estándar del mercado más reales y los del mejor costo si como la secuencia de transformación de la estructura y del reactor pirolítico cabe señalar la importancia de la estimación de costos en base a la aplicación de la técnica de costeo en base a mano de obra, gastos indirectos de fabricación, gasto por materiales y gastos por mano de obra directa o indirecta logrando el objetivo de un balance de costo real.

Gastos directos de fabricación para la reingeniería de producto o elemento.

- En la mejora del reactor pirolítico se realizó la mejora e y reingeniería del sellado de las cámaras de alta temperatura o combustión y de la cámara de trabajo se utilizaron los siguientes materiales con su costo estimativo.
- Placa de sello de asbesto para alta temperatura de dimensiones de 12x12x1/8" de espesor con costo estimado de \$330.00 MXN.
- Sellador silicón rojo de alta temperatura para 600 °C marca plus, costo \$380.00 MXN.
- Pintura para alta temperatura en color rojo máxima temperatura de 600 °C, costo total \$320.00 MXN.
- La resistencia eléctrica modelo eenv60701 marca reschrom en diámetro de 7.5" con voltaje de trabajo de 110 volts, costo \$1,850.00 MXN.
- Ménsulas de sujeción fabricadas por solera de 1" por espesor de 3/16 x 1 m de largo, costo total \$480.00 MXN.

- Soldadura 6013AWS en espesor de 1/8", 4 kg utilizado, costo estimado \$240.00 MXN.
- Sello tipo oring redondo, diseño Parker fabricado en diámetro exterior 11.3/4", diámetro interior: 11" espesor 3/8", costo unitario \$480.00 MXN.
- 4 bases redondas en acero al carbón de placa de acero de espesor de 1/4", diámetro exterior de 4", costo total \$320.00 MXN.
- Cable eléctrico de alta temperatura con recubrimiento de teflón calibre 12 por longitud de 3 m, costo total \$480.00 MXN.
- 12 m de material en acero PTR cuadrado de 2", costo total \$4,400.00 MXN.
- 3 discos de pulidora de 4" marca Urrea, costo \$320.00 MXN.
- Lámina de acero al carbon calibre 16 de 2 m de ancho por 3 m de largo, costo: \$1,800.00 MXN.
- 3 discos de corte de acero de 4", marca austromex, costo total \$210.00 MXN.
- Pintura vinílica de color gris maquinaria, costo total \$320.00 MXN.
- 4 bases redondas de acero al carbón en placa de 1/4 de espesor con diámetro de 3", costo total \$240.00 MXN.
- 2 cinta teflón para alta temperatura marca truper, costo \$62.00 MXN.

Costo total de materiales de fabricación: \$12,232.00 MXN.

Gastos directos en mano de obra.

- Costo por mano de obra por fabricación de sello tipo oring de sellado de tapa superior de tanque pirolítico, redondo diseño Parker fabricado en diámetro exterior 11.3/4", diámetro interior 11" espesor 3/8", total de horas trabajadas 3 h hombre/técnico (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$180.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de eléctrico de primera en instalación de resistencia eléctrica modelo EENV60701, marca reschrom, en diámetro de 7.5" con voltaje de trabajo de 110 volts, esto para evitar contacto a tierra

física eléctrica. Total de horas trabajadas 3 h hombre/técnico (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$180.00 MXN.

- Costo por mano de obra calificada de técnico mecánico en fabricación de sello de alta temperatura de diseño circular en placa de asbesto de espesor de 1/8" y se utilizó la técnica de trazado y aplicación de circunferencia utilizando el corte con herramienta de corte de una máquina caladora y se ajustó el sello circular en base al diámetro interior del reactor para lograr la máxima tolerancia de precisión, este ajuste se utilizó un esmeril de alta velocidad y se ajustó el sello. Total de horas trabajadas 16 h hombre/técnico (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$960.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de pailero soldador en la fabricación y reforzamiento ménsulas de clampeo de sujeción por tornillos con perno de 3/8" fabricado con solera de 1/8" y aplicado con soldadura 6013AWS. Total de horas trabajadas 16 h hombre/pailero soldador (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$960.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de pailero soldador en la fabricación y reforzamiento base estructura de soporte de tanque pirolítico fabricado en material PTR cuadrado de 3/4" aplicado con soldadura de 6013AWS. Total de horas trabajadas 8 h hombre/pailero soldador (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$480.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de pailero soldador en la fabricación con corte con equipo de acetileno para bases de diámetro de 3" con placa de acero de 1/4" de espesor aplicando técnicas de pailera y de trazo técnico industrial. Total de horas trabajadas 8 h hombre/pailero soldador (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$480.00 MXN.
- Costo por mano de obra calificada de pailero soldador en la estructura de soporte para sistema de enfriamiento fabricado en material soldadura tope a tope con soldadura 6013AWS en estructura trabajo pesado en tubular de 2" para aumentar la capacidad de carga y estabilidad mediante al rediseño de la base aumentando sus dimensiones físicas y fabricándolo en material

de acero de PTR cuadrado de 2" con espesor de 1/8" con dimensiones de largo 38.1/2", ancho 26", altura 30" con diseño de bases para soportes de equipo electrónico y fuentes de poder con base en lámina de acero al carbón de calibre 16 aplicando cálculo de reforzamiento en base al cálculo de máximo de carga de 800 kg. Total de horas trabajadas 60 h hombre/pailero soldador (costo por hora de técnico calificado \$60.00 MXN), costo total \$3,600.00 MXN.

- Costo por mano de obra calificada de técnico de máquinas herramientas para manejo de maquina fresadora Bridgeport CNC y se maquino el espesor del módulo de placa de aluminio a un espesor de 1/2". Total de horas trabajadas 8 h hombre/tornero fresador (costo por hora de técnico calificado \$120.00 MXN), costo total \$960.00 MXN.
- Costo por mano de obra de ingeniero mecatrónico en la instalación de celdas electrónicas Peltier, incluye la calibración de pantallas y ajustes electrónicos. Total de horas trabajadas 14 h hombre/ingeniero mecatrónico (costo por hora de ingeniero electrónico \$150.00 MXN), costo total \$2,100.00 MXN.

Costo total por mano de obra directa: \$9,900.00 MXN.

Nota: no se tomó en cuenta los gastos indirectos de fabricación debido a que la renta del mobiliario pertenece a la Institución. Los gastos de renta y de movimiento de trasportación son mínimos y los asesoramientos de los proyectos fueron realizados por los profesores de la institución.

Costo total de reingeniería de manufactura de un prototipo de reactor pirolítico de baja escala: \$22,132.00 MXN.

V. CONCLUSIONES

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

Se logró estructurar un plan de negocios para determinar la viabilidad económica de un prototipo de reactor pirolítico. Así mismo se sientan las bases para demás trabajo futuro para un tema de Tesis.

El proyecto de residencia me permitió validar los conceptos teóricos y prácticos aprendidos durante mi estadía como estudiante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial 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. 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

1. Aplique metodologías de la Ingeniería en Gestión Empresarial 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 en Gestión Empresarial, 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

- (1) Barrientos-Parás, J. (27/02/2019). Plástico: El desecho interminable, ¿jamás degradable?. Recuperado de <https://invdes.com.mx/los-investigadores/plastico-el-desecho-interminable-jamas-degradable/>
- (2) OXFAM Intermón. (s.f.). 5 imágenes que muestran donde acaba el plástico que tiramos. Recuperado de <https://blog.oxfamintermon.org/5-imagenes-que-muestran-donde-acaba-el-plastico-que-tiramos/>
- (3) Urien-Pinedo, A. (2013). *Obtención de biocarbones y biocombustibles mediante pirolisis de biomasa residual* (Trabajo de Máster). Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España.
- (4) CEUPE magazine. (s.f.). ¿Qué es la pirolisis?. Recuperado de <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-pirolisis.html>
- (5) Garrido-Szegedi, P. J. (2013). Diseño e implementación de un reactor continuo para la degradación química de polímeros (Tesis de Ingeniería). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- (6) Eres Medio Ambiente. (15/06/2021). Pirolisis: que es, tipos y proceso pirolítico. Recuperado de <https://eresmedioambiente.com/pirolisis-que-es-tipos-y-proceso-pirolitico/>
- (7) Macias-Arteaga, J. J. (05/03/2015). Procesos de manufactura. Recuperado de <https://prezi.com/kgly3946t7ne/procesos-de-manufactura/>
- (8) IMH. (s.f.). ¿Qué es el fresado?. Recuperado de <https://www.imh.eus/es/imh/comunicacion/docu-libre/procesos-fabricacion/mecanizado/arranque-de-viruta/fresado>
- (9) Mecasinc. (27/02/2018). Proceso de fresado para mecanizados de precisión. Recuperado de <https://www.mecanizadossinc.com/en/proceso-de-fresado-mecanizados-precision/>
- (10) IMH. (s.f.). Torneado. <https://www.imh.eus/es/imh/comunicacion/docu-libre/procesos-fabricacion/mecanizado/arranque-de-viruta/torneado>

- (11) Mecasinc. (26/04/2016). Rectificado el proceso de mecanizado de piezas por abrasión. Recuperado de <https://www.mecanizadossinc.com/en/rectificado-proceso-mecanizado-piezas-por-abrasion/>
- (12) Ingemecanica. (s.f.). Los fundamentos de la técnica del Oxicorte. Recuperado de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn44.html>
- (13) Redalyc.org. (2003). Nuevas técnicas de control y gestión de costos de búsqueda de la competitividad. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/257/25700604.pdf>
- (14) Conexionesan. (2018). Costos y presupuestos en un proyecto ¿Cómo determinarlos? Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2018/10/costos-y-presupuestos-en-un-proyecto-como-determinarlos/>
- (15) Web y empresas. (2017). Diferencias entre costos directos e indirectos. Recuperado de <https://www.webyempresas.com/diferencia-entre-costos-directos-e-indirectos/>

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, 15/enero/2021
No. de Oficio: SDA/MCIMC-010/2021
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 el **C. CARLOS SÁNCHEZ LEZAMA**, estudiante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial modalidad Mxta, con número de control AI61050348, ha sido aceptado para realizar en esta institución su Residencia Profesional a través de proyecto interno de carácter local en el ámbito de Investigación, denominado **"Estudio técnico de un proceso de pirólisis automatizado de baja escala: análisis de la ingeniería de proyecto orientado a la determinación de costos de producción de la estructura de soporte"** durante el periodo de enero-junio 2021, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 09:00 a 16:00 horas de lunes a viernes, bajo la supervisión de los docentes José Alonso Dena Aguilar (asesor externo) y Ma. Magdalena Cuevas Martínez (asesora interna). 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
"Visa Sempre Fértil"

EDGAR ZACARÍAS MORENO
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



ccp. Archivo

EZM/jada



Carretera a la Estación de Pincón Km 1, C.P.
20670
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. (465) 958-2482 y 958-2730, Ext. 30
e-mail: acad_parteaga@tecn.mx
tecn.mx | pabellon.tecn.mx



ANEXO 2

Carta de terminación 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, 4/junio/2021
No. de Oficio: SDA/MCIMC-030/2021
Asunto: Carta de conclusión de Residencias Profesionales

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

Por medio del presente se notifica que el **C. CARLOS SÁNCHEZ LEZAMA**, estudiante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial modalidad Mixta, con número de control A161050348, concluyo satisfactoriamente en esta institución su proyecto de Residencia Profesional denominado **"Análisis del costo de reingeniería de manufactura de un prototipo de reactor pirolítico de baja escala"** durante el periodo de enero-junio 2021, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 09:00 a 16:00 horas de lunes a viernes, bajo la supervisión de los docentes José Alonso Dena Aguilar (asesor externo) y Ma. Magdalena Cuevas Martínez (asesora interna). El proyecto fue 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
"Tierra Siempre Fértil"

EDGAR ZACARÍAS MORENO
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



ccp. Archivo

EZM/jada



Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P.
20570

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes

Tel. (465) 958-2482 y 958-2730, Ext. xx

e-mail: acad_parteaga@tecnm.mx

tecnm.mx | pabellon.tecnm.mx

