



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingenierías

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

PRESENTA:
FRANCISCO JESÚS MARTÍNEZ CASILLAS

CARRERA:
INGENIERÍA MECATRÓNICA

***[DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR DE DOS
DIMENSIONES DE MOVIMIENTO PARA UNA MAQUINA EXTRUSORA]***

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



M. en C. VÍCTOR MANUEL HERRERA
AMBRIZ
Asesor externo

DR. JOSÉ ALONSO DENA
AGUILAR
Asesor interno

Diciembre de 2020

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer principalmente a mis padres, que sin su ayuda a lo largo de esta última etapa llamada la “Universidad” no me hubiera sido posible terminar o donde acecharon demasiados restos difíciles con los cuales muchas veces pensé en retirarme, por ese motivo les agradezco de corazón.

Agradezco de igual forma a mis hermanas que tuvieron demasiada fe en mí.

Por otro lado, gracias al Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga por darme la oportunidad de ofrecerme estos valiosos estudios con los cuales emprenderé en un camino profesional.

A mis compañeros que sin su amistad no hubiera sido agradable mi estancia en el instituto.

A los docentes del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga que nos facilitaron las herramientas de aprendizaje y nos aconsejaron de la vida.

Para finalizar un agradecimiento a mi compañero Uriel Aztlán Gutiérrez Belmares y a mis asesores del Proyecto de Residencias, el Dr. José Alonso Dena Aguilar y al M. en C. Víctor Manuel Herrera Ambriz, por las asesorías que nos brindaron en el transcurso de proyecto, por su comunicación y trabajo de equipo excelente.

RESUMEN

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR DE DOS DIMENSIONES DE MOVIMIENTO PARA UNA MAQUINA EXTRUSORA”

Por: **FRANCISCO JESÚS MARTÍNEZ CASILLAS**

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 extrusión de plásticos de desecho empleando una maquina extrusora solar. Se estudia la capacidad de proyectar radiación solar sobre el barril, también llamado cañón, de la máquina para alcanzar temperaturas superiores a los 200 °C que permita reducir el tiempo de operación de resistencias eléctricas.

Típicamente una máquina de extrusión utiliza resistencias eléctricas sobre el cuerpo del cañón para alcanzar las temperaturas de operación deseadas y según el tipo de plástico a tratar. Si se logra proyectar radiación solar en el cañón se podrán mitigar, por ciertos tiempos de operación, el consumo de energía eléctrica para reducir sus costes de operación. Sin embargo, la radiación solar debe ser dirigida puntual o linealmente al cañón para lograr una mejor eficiencia del aprovechamiento de la luz solar. Debido a lo anterior, se requiere de un sistema de seguimiento y concentración solar para lograr proyectar la mayor cantidad de radiación solar a todo el largo del cañón.

En este trabajo se aplicaron técnicas y metodologías de la Ingeniería Mecatrónica para diseñar y construir un sistema de seguimiento solar para proyectar

sobre el barril la radiación solar captada por un concentrador. Específicamente, se llevaron a cabo actividades de diseño completo del sistema y construcción de la estructura de soporte del seguidor y simulación del trazado de rayos empleando software de acceso libre Tonatiuh. Para el diseño se empleó software CAD de diseño mecánico en 2D y 3D SolidWorks versión 2018 y para la construcción de la estructura de soporte se emplearon materiales de fácil adquisición, pero de resistencia comprobada como es placa de aluminio calibre 16 (1.3mm), PTR 2" x 2" calibre 10, tubo galvanizado 3/4" y perfil PTR de aluminio 1/2", entre otros.

La propuesta de solución consistió en diseñar y construir un seguidor solar y realizar la simulación del trazado de rayos mediante el programa de fuentes abiertas para la simulación óptico-energética de sistemas de concentración solar Tonatiuh.

Se logró el diseño y la construcción del seguidor y la simulación del trazado de rayos solares en Tonatiuh. Los logros permiten establecer trabajo a futuro para nuevos proyectos de investigación relativos al tema.

Este trabajo es parte de un proyecto global de concentración y seguimiento solar para una maquina extrusora. Por lo que este estudio se desarrolló de manera grupal por los requerimientos, condiciones y características del proyecto de residencia especificados por la Institución proponente del proyecto. Por tanto, los reportes de residencia de los participantes comparten las mismas secciones básicas y logros del documento de residencia. Lo anterior bajo autorización y aprobación de la Academia de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga

Dirigido por:

M. en C. Víctor Manuel Herrera Ambriz

Dr. José Alonso Dena Aguilar

ÍNDICE

	Pág.
I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del residente.....	2
1.3 Problema(s) a resolver.....	3
1.4 Justificación.....	5
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 ENERGÍAS RENOVABLES.....	7
2.2 ENERGÍA SOLAR	8
2.3 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS	9
2.4 ELEMENTOS DE FIJACIÓN Y ESTRUCTURA DE SOPORTE DE SISTEMAS SOLARES.....	11
2.5 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y TRAYECTORIA SOLAR.....	12
2.5.1 La Inclinación.....	14
2.5.2 La Orientación.....	15
2.5.2 Trayectoria Solar.....	16
2.6 AUTOMATIZACIÓN DE SEGUIDORES SOLARES.....	16
2.7 SOFTWARE DE TRAZADO DE RAYOS: TONATIUH.....	18
2.8 SOFTWARE DE DISEÑO SOLIDWORKS.....	19
2.9 SEGUIDOR SOLAR.....	21
III. DESARROLLO	22
3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	22
3.1.1 Diseño del seguidor solar.....	22
3.1.2 Construcción del seguidor solar.....	22

	Pág.
3.1.3 Simulación de funcionamiento de concentrador en Tonatiuh..	24
3.2 Cronograma de actividades.....	24
IV. RESULTADOS.....	25
4.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL CONCENTRADOR SOLAR....	25
4.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL CANAL PARABÓLICO.....	36
4.3 SISTEMA DE SEGUIMIENTO: USO DE SENSORES.....	27
4.4 SISTEMA DE SEGUIMIENTO: USO DE ACTUADORES.....	27
4.5 SIMULACIÓN EN SOFTWARE TONATIUH.....	28
V. CONCLUSIONES.....	32
VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.....	33
VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	34
Anexo 1. Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	36
Anexo 2. Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	37

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.....	4
Figura 2. Las distintas energías renovables.....	8
Figura 3. Diferentes proyectos dedicados a el aprovechamiento de la Energía Solar.....	9
Figura 4. Calentador Solar.....	10
Figura 5. Concentrador Solar.....	11
Figura 6. Seguidor solar.....	11
Figura 7. Estructura de seguidor solar.....	12
Figura 8. Geometría Solar.....	14
Figura 9. Inclinación Solar.....	15
Figura 10. Orientación Solar.....	15
Figura 11. Trayectoria Solar.....	16
Figura 12. Seguidor Solar.....	17
Figura 13. IDE software Tonatiuh.....	19
Figura 14. IDE SolidWorks.....	20

	Pág.
Figura 15. Rayos de un seguidor solar.....	21
Figura 16. Diseño completo de maquina extrusora de estudio.....	23
Figura 17. Diseño (acercamiento) del concentrador.....	23
Figura 18. Cronograma de actividades general.....	24
Figura 19. Diseño del proyecto creado en Solidworks.....	25
Figura 20. Base y soportes contruidos.....	26
Figura 21. Diseño de la estructura que permite tener 2 ejes de movimiento en el concentrador solar.....	26
Figura 22. Parábola diseñada meramente para simulación en el ensamble.....	27
Figura 23. Fotorresistencia usada en el proyecto.....	27
Figura 24. Motor Nema 23.....	28
Figura 25. Logo del Software empleado.....	28
Figura 26. Representación de la parábola de la chapa con las medidas de 1.4X1.2 metros.....	29
Figura 27. Simulación de los rayos solares proyectados sobre el husillo con la lámina reflectante.....	30
Figura 28. Simulación completa.....	30

	Pág.
Figura 29. Comportamiento de la temperatura del husillo.....	31
Figura 30. Medidas aproximadas que puede calentar el husillo (unidades de watts).....	31

I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Introducción

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 la aplicación de metodologías de la Mecatrónica en procesos de conversión de la energía y energías renovables mediante el diseño e integración de dispositivos, sistemas programables y procesos orientados para la generación, almacenamiento y uso eficiente de la energía.

Uno de estos proyectos se refiere a la extrusión de plásticos de desecho empleando una maquina extrusora solar. Se estudia la capacidad de proyectar radiación solar sobre el barril, también llamado cañón, de la máquina para alcanzar temperaturas superiores a los 200 °C que permita reducir el tiempo de operación de resistencias eléctricas

Típicamente una máquina de extrusión utiliza resistencias eléctricas sobre el cuerpo del cañón para alcanzar las temperaturas de operación deseadas y según el tipo de plástico a tratar. Si se logra proyectar radiación solar en el cañón se podrán mitigar, por ciertos tiempos de operación, el consumo de energía eléctrica para reducir sus costes de operación. Sin embargo, la radiación solar debe ser dirigida puntual o linealmente al cañón para lograr una mejor eficiencia del aprovechamiento de la luz solar.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue diseñar y construir un sistema de seguimiento solar para proyectar sobre el barril la radiación solar captada por un concentrador. En particular, se llevaron a cabo actividades de diseño y construcción de la estructura de soporte del seguidor y la simulación del trazado de rayos empleando software de acceso libre Tonatiuh.

La presente propuesta de diseñar y construir un seguidor solar y realizar la simulación del trazado de rayos mediante el programa de fuentes abiertas para la simulación óptico-energética de sistemas de concentración solar Tonatiuh permitió establecer trabajo a futuro para nuevos proyectos de investigación relativos al tema

Este proyecto es parte de un proyecto global denominado “Diseño y construcción de una maquina extrusora solar” (demás etapas de proyecto no presentados en este trabajo).

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

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

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

Misión

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

Visión

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

Objetivos de la empresa

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

- El diseño de especialidades
- Asesoría de residencias profesionales
- Desarrollo de proyectos de innovación
- Servicios de educación continua
- Investigación educativa
- Acreditaciones de planes de estudio

Valores

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

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

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



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

1.3 Problema(s) a resolver

El uso de resistencias eléctricas sobre un cañón de una maquina extrusora eleva los costes de operación por el consumo de energía eléctrica que se requiere para poder llegar a temperaturas mayores a los 200 °C y según el tipo de plástico a extruir. El poder emplear radiación solar sobre el área del cañón podría reducir, en ciertos periodos de operación, los costes totales de producción de plásticos extruidos debido a que el consumo de las resistencias eléctricas son el mayor gasto de operación que tiene una maquina extrusora.

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

1.- Diseño y construcción de un seguidor solar

- Diseñar un bosquejo de seguidor solar con software de diseño CAD 2D 3D
- Construir un seguidor solar con materiales de fácil adquisición, pero de resistencia comprobada

2. – Simulación de trazado de rayos solares

- Utilizar un software de trazado de rayos para validar la geometría del concentrador propuesto.

El seguidor solar permitirá mover un concentrador solar para irradiar los rayos solares hacia un cañón de una maquina extrusora para poder alcanzar temperaturas mayores a los 200 °C y, en ciertos periodos, reducir el consumo de energía eléctrica por el uso de resistencias eléctricas.

1.4 Justificación

Considerando que el seguidor se integra en la cadena de funcionamiento de una maquina extrusora solar, entonces la cadena de valor para el reciclaje de plásticos (envase post-consumo) involucra la participación de centros acopiadores.

En México existen cerca de 100 centros recicladores de plástico autorizados y registrados en el directorio nacional de recicladores para el acopio de materiales provenientes de residuos. Sin embargo, también se tiene conocimiento de la operación de centros de acopio no autorizados que operan sin procesos industriales adecuados pero que en cierta manera están agrupados en pequeñas cooperativas o asociaciones como la confederación nacional de industriales de metales y recicladores que los podría acercar a esta tecnología. Tanto acopiadores autorizados como no autorizados pueden ser las áreas de oportunidad beneficiadas con el uso de la tecnología de extrusión solar propuesta. Aunado a lo anterior el proyecto podría insertarse en la cadena de valor del reciclaje de plásticos para reducir los costos de operación que una maquina extrusora convencional conlleva en relación a su consumo energético.

El empleo de innovadoras tecnologías, como la presente propuesta – que permitan el ahorro de consumos energéticos en la industria del reciclaje de plásticos – generaría una disminución de sus costos de operación. Además, puede ser una opción para las PyMes y MiPyMes dedicadas a la industria del reciclaje como una alternativa para dar valor agregado a sus actividades a través de la tecnología propuesta pues técnicamente se espera conseguir un proyecto funcional. Aunado a lo anterior, es importante señalar que México está entre los 5 países del mundo que más radiación solar recibe pero que la mayor parte de esta energía es desaprovechada (CIEP, 2017). Por tanto, el presente trabajo coadyuva a establecer procesos industriales que aprovechen la radiación solar recibida en un espacio.

El alcance del proyecto es diseñar, construir e implementar un seguidor solar en una maquina extrusora solar mediante una tecnología de concentración solar con seguimiento solar para calentar la zona del cañón y husillo y lograr temperaturas internas de operación por encima de los 200 °C.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Construir un seguidor solar mediante elementos ópticos de concentración para orientar, reflejar y concentrar la radiación solar sobre un cañón de una maquina extrusora.

1.5.2 Objetivos específicos

- Diseñar y construir un seguidor solar mediante materiales reflectivos para proyectar la radiación solar hacia el cañón de una maquina extrusora.
- Simular el trazado de rayos mediante software especializado para definir las dimensiones del concentrador.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ENERGÍAS RENOVABLES

La presencia de la energía en el mundo surge desde la estrella principal de nuestro sistema solar, donde las formas de manifestarse, son meramente conversiones del calor que emite el sol. Dichas manifestaciones de energía se rigen por la ley de la conservación de la energía, exteriorizándose en energía nuclear, química, mecánica, térmica y finalmente eléctrica. Es este principio por el cual la mano humana, ha sabido aprovecharse de estas, desencadenando así la revolución industrial que ha brindado pasos agigantados al desarrollo tecnológico e industrial del ser humano. Pero a su vez repercutiendo en el uso desmedido de energía, no solo para la necesidad, si no para infinidad de comodidades. Teniendo así una demanda agigantada de energía en las últimas décadas, siendo esto un problema grave que ha ido cobrando factura, tomando el nombre de contaminación ambiental. Cerca del año 1973 surgió la necesidad de la optimización de las energías renovables tras la crisis energética de este mismo año, pues se comenzó a concientizar el mercado sobre el balance ambiental y el uso medido de la energía, siendo así un rápido mensaje del planeta hacia el humano sobre las repercusiones que se originaron por su exponencial avance como especie. Sin embargo, las reflexiones han sido que el problema no está en el desarrollo tecnológico, si no en el origen de la energía que se usa, pues actualmente la principal fuente son los combustibles fósiles, cuando en un mundo ideal tendrían que ser las fuentes renovables. Energía renovable: es aquella que surge de los recursos que tienen una regeneración completamente natural, aunque sea demandada continuamente. Un claro ejemplo es la energía eólica que provén los vientos, el movimiento de los ríos y mares, las biomasas generadas de nuestros desechos y finalmente el objetivo principal de este proyecto, que es la captación de la energía solar, ver Figura 2.¹



Figura 2. Las distintas energías renovables.

2.2 ENERGÍA SOLAR

La importancia de la estrella principal de nuestro sistema es crucial, pues el sol es una de las más importantes razones por la que existe vida en el mundo. Son aproximadamente 62 mil Kilowatts mts^2 lo que brinda esta estrella a la superficie terrestre. Para dimensionar esta cantidad se puede tomar como referencia que en dos días toda esta energía recibida se compara a todas las provisiones que tenemos del petróleo, gas y carbón en el mundo. Concluyendo que esta impresionante cantidad puede satisfacer todas las demandas energéticas en el mundo con creces si se compara con el consumo anual de la especie humana, ver Figura 3.

Dependiendo del procesamiento de la energía solar esta es clasificada como energía solar activa y energía solar pasiva:²

a) Energía solar fotovoltaica (Activa): El principio de esta erradica en la transformación de la energía solar a eléctrica, por medio del efecto fotovoltaico. Donde dicho efecto surge de que la luz emanada por el sol puede producir una corriente eléctrica al incidir sobre ciertos materiales. Efecto descubierto por el físico Alexandre-Edmond Becquerel, en el año de 1839. Este efecto ya es aplicado en las placas solares fotovoltaicas que son instaladas a un nivel doméstico, como en casas y edificios de departamentos. Estas placas fotovoltaicas tienen una característica diferente a la energía solar térmica la cual es que no produce calor por lo que no puede almacenar energía, sin embargo, gracias a las placas fotovoltaicas cada hogar o edificio de departamentos pueden producir su propia electricidad para el consumo propio.

b) Energía Solar térmica (Pasiva): La energía solar pasiva es obtenida por medio de la arquitectura bioclimática donde se utilizan materiales y orientaciones para el aprovechamiento de la energía solar captada por el día y aprovecharla en la noche. Un gran ejemplo para la energía solar pasiva son los edificios climatológicos que consisten en el aprovechamiento del sol en el día para mantener el edificio cálido en la noche y así conseguir la climatización perfecta en cada momento.



Figura 3. *Diferentes proyectos dedicados a el aprovechamiento de la Energía Solar.*

2.3 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS

Estos sistemas se pueden identificar por los siguientes factores:

1. Presión a la que trabaja el sistema.
2. La transmisión del calor del concentrador al consumo.
3. La manera en que se transfiere el fluido captador al demandante de esta.
4. La forma en que se capta la energía solar.

La presión a la que trabaja el sistema solar térmico es dependiente de la máxima de presión que puede recibir el concentrador y su acumulación solar. En condiciones ideales la presión atmosférica no debe afectar la presión del sistema, dicho de otra manera, el sistema debe estar totalmente presurizado.

La transmisión del calor está dada por solo dos formas, una de ellas es pasar directamente el fluido que contiene la energía calorífica absorbida, el más conocido de estos es agua caliente por el captador, este sistema en específico es conocido como directo. La otra manera es el intercambio de un fluido calo-portador, pero de forma indirecta, donde dos circuitos separados acaben transfiriendo la energía calorífica.

La manera de distribuir el fluido captador puede ser de maneras diversas, ya sea por gravedad misma, uso de bombas, o por el efecto termosifón.

La captación solar, es la esencia del sistema, pues puede ser una captación plana o por tubos de vacío, que permitan la absorción de la energía solar como un calentador solar, ver Figura 4.



Figura 4. Calentador Solar.

La principal idea que se debe de tener en mente a la hora de trabajar con estos sistemas solares térmicos, es la necesidad que se tiene que cubrir para no hacer gastos económicos innecesarios, pues los captadores planos son los más baratos ante sus semejantes que usan tubos de vacío, principalmente los Heat Pipe. Es por esto que se debe tener en cuenta la temperatura de consumo requerida, pues si el sistema solar térmico se usara en una localización fría, será necesario un sistema de gran captación solar, pero si la localización es caliente de por sí, entonces sí se puede optar por un sistema de menor costo.³

En la Figura 5 y 6 se muestran otros sistemas térmicos solares como lo son un concentrador solar y un seguidor solar respectivamente.

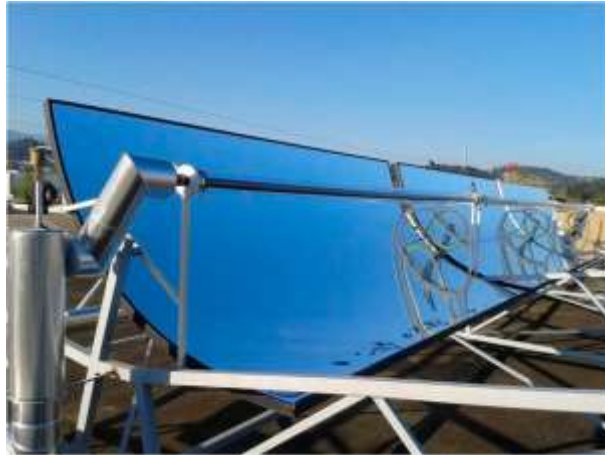


Figura 5. Concentrador Solar



Figura 6. Seguidor solar.

2.4 ELEMENTOS DE FIJACIÓN Y ESTRUCTURA DE SOPORTE DE SISTEMAS SOLARES

En la actualidad es muy referente mencionar múltiples estructuras para fijación de paneles solares, las cuales generalmente consisten en estructuras tubulares, realizadas en hierro galvanizado o aluminio. Por lo regular se acoplan entre si ya que estos elementos de fijación o estructuras de soporte tiene una fijación a base de soldaduras y/o atornillado, ver Figura 7.



Figura 7. Estructura de seguidor solar.

Por otro lado, existen las siguientes posibilidades de tipos de estructuras y elementos de fijación:⁴

- a) Suelo:** Es la forma más usual de instalación ya que presenta gran, accesibilidad y facilidad de montaje.
- b) Poste:** Es una forma muy usual para la instalación de pequeñas dimensiones.
- c) Pared:** Presenta ventajas cuando se dispone de buenos puntos de anclaje en un edificio. Solo que es obligatorio instalarlos en una fachada al sur ya que su accesibilidad provocaría algunos problemas.
- d) Tejado:** es muy usual y demasiado vista, debido a su espacio. Presenta algunos problemas como el cubrimiento de nieve y menor facilidad de orientación al sur.

2.5 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y TRAYECTORIA SOLAR

La orientación solar erradica en la posición del dispositivo dentro de un espacio para captar de mejor manera la energía solar que incide sobre este, teniendo en consideración sus distintas inclinaciones y movimientos para que capte el máximo de rayos solares a pesar de que se esté en invierno o cielos nublados, etc. De una manera general la orientación y la inclinación dentro de un sistema de captación solar, son aquellas variables que son afectadas según la estación del año y sobre todo el lugar. Pues en nuestro país México, en el estado de Querétaro, los sistemas tienden a

instalarse hacia el sur a 20° tomándolo como ejemplo. Así que teniendo en cuenta la salida del sol, dependiendo la estación, e incluso la altura del lugar del establecimiento respecto al mar serán un factor clave para que los sistemas de paneles absorban la máxima luz solar posible.⁵

Al construir un sistema de radicación solar, será el foco de atención obtener la máxima radiación solar posible por las placas solares, por lo que las variables como la orientación de las placas, las inclinaciones o la trayectoria que sigue el sistema serán vitales para eludir las sombras eventuales. Al estudiar la trayectoria solar es necesario tener conocimiento sobre el Angulo de incidencia de los rayos emitidos por el sol sobre el dispositivo captador para que se posicione de manera óptima siempre. Resumiendo, así que la posición del captador deberá depender por la inclinación, respecto al acimut y al plano horizontal. Dicho de otra forma, el acimut es el ángulo formado por el meridiano del sol con el meridiano del lugar donde está instalado el sistema.⁶

Ante cualquier instalación de una máquina de captación solar sostenible, deber llevar a la par la optimización de los recursos que afectan. Tales como el montaje mismo de la instalación solar, el diseño de la estructura para obtener la máxima captación de la energía solar. Dichos factores determinaran la importancia del conocimiento sobre la trayectoria solar para cubrir las necesidades y adaptarse a las condiciones de la localización del sistema de captación solar. Para obtener así datos sobre la orientación e inclinación solar para el sistema y poder conseguir el coste mínimo del kilovatio por hora de este recurso renovable.

Para lograr esta máxima captación de energía solar, se deberá tener en cuenta la incidencia de las posibles sombras eventuales sobre el sistema, como los objetos que tapan de manera repentina la radiación solar de manera directa, así como las sombras lejanas pertenecientes a la orografía o al paisaje que puedan obstaculizar la localización donde se instala el sistema. Por lo que la evaluación de las sombras se deberá llevar a un nivel detallado, para para que no exista tanto ruido a la hora de ubicar el sistema de captación solar, y así no tener inconvenientes en las horas de insolaciones máximas del día. A la par, la inclinación y orientación son dependientes a la latitud presentada. La optimización de la orientación del sistema de captación podría variar entre el sur o norte, incidiendo así en la inclinación óptima de la latitud del lugar,

respecto a la estación del año en la que se pretende trabajar. Llegando así de nuevo al propósito principal que es la máxima perpendicularidad del sistema respecto al sol, para absorber el máximo de rayos solares posibles.⁷

En la Figura 8 se presenta una representación de conceptos básicos referentes a la geometría solar.

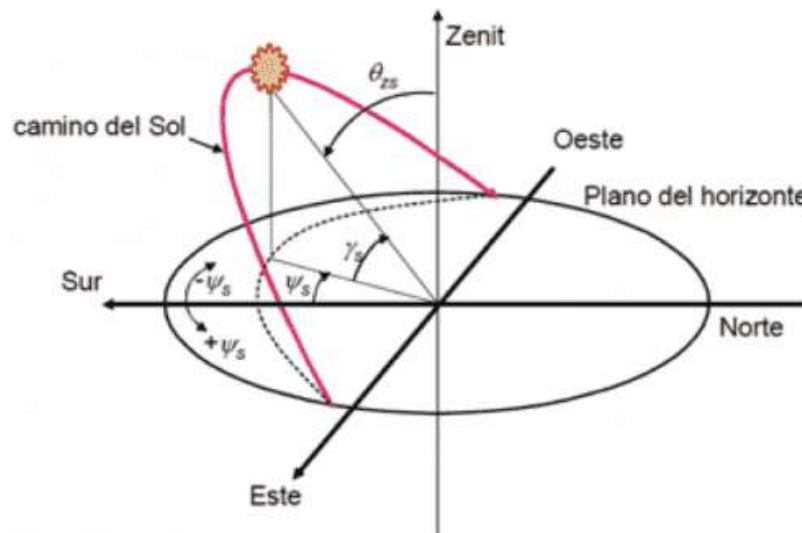


Figura 8. Geometría Solar.

2.5.1 La Inclinación.

La radiación solar varía con el ángulo que forme la placa. La captación de energía solar será demasiado eficaz cuando la posición de la placa solar sea perpendicular a la radiación. La trayectoria de los rayos solares respecto a la placa horizontal es variable en lo largo del año, por lo tanto algunos paneles están fijos y tendrán una inclinación que optimizara la colección de energía sobre una base anual. Para un seguidor solar es conveniente buscar un ángulo de inclinación para optimizar la potencia media anual recibida. En la mayoría de los casos este ángulo consiste con la latitud del lugar de instalación y este ángulo se toma mayormente a los 15° . Por otro lado la instalación no se use todo el año solo en algunas épocas, por lo que la inclinación de la época de verano cambia a un ángulo menor de los 15° . No obstante, la inclinación no es la misma en las regiones del sur y del norte, la inclinación aumenta progresivamente cuando nos acercamos al hemisferio norte o al hemisferio sur, ver Figura 9.

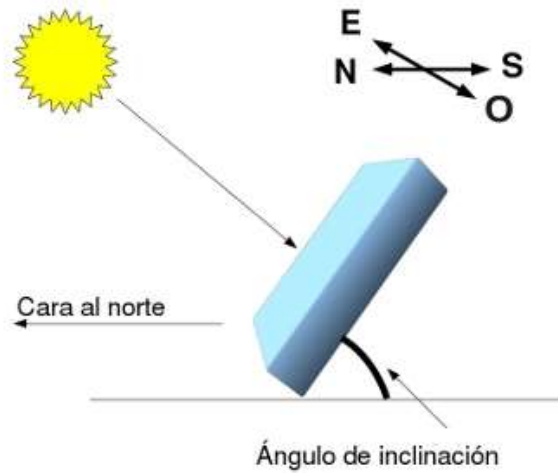


Figura 9. Inclinación Solar.

2.5.2 La Orientación.

La trayectoria que se toma para los colectores es hacia el sur, debido a la trayectoria del sol en movimiento. Este a Oeste es simetría respecto de la posición que ocupa el mediodía y es donde se aprovecha la máxima captación de energía solar. La orientación óptima de u colector es la que mira directamente hacia el sur, por lo que puede aproximarse en un ángulo de 15°. En la Figura 10 se presenta un esquema convencional de la orientación solar.

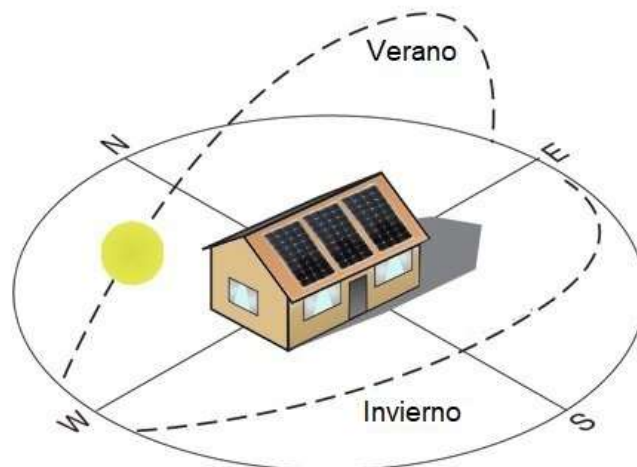


Figura 10. Orientación Solar

2.5.3 Trayectoria Solar.

Es dependiente de la variabilidad del ángulo que forma el eje de la rotación de la tierra ya que este no es siempre perpendicular, ver Figura 11. La inclinación de este eje es lo que provoca las estaciones del año, las variaciones del clima, las horas solares y el ángulo de radiación solar.⁸

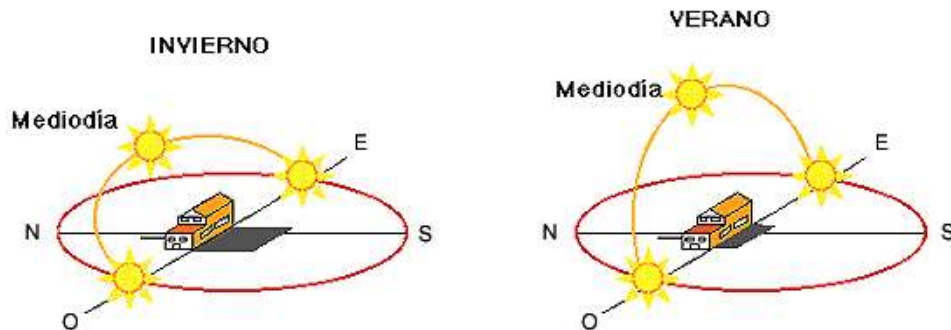


Figura 11. Trayectoria Solar.

2.6 AUTOMATIZACIÓN DE SEGUIDORES SOLARES

Los sistemas de automatización de los concentradores solares se encargan de garantizar el buen funcionamiento del sistema que permita proveer el máximo de energía solar permitida. Estos sistemas a la vez actúan con medidas de seguridad frente a los factores como los riesgos de congelación y los excesos de calor dentro del sistema, etc. Algunos de estos sistemas incluyen energías auxiliares o de apoyo para en conjunto con la energía solar, para solventar la demanda de energía, asegurando así la constante provisión de agua caliente dentro del tubo del concentrador solar en caso de que haya escasa radiación solar por condiciones climáticas imprevistas. Sin embargo, es importante para el sistema de regulación que se tenga un controlador que permita leer múltiples valores por los concentradores de la instalación. Además de contar con un registro de los datos arrojados por los concentradores solares, para su posterior análisis a la hora del mantenimiento de este. Los PLC pueden satisfacer estas necesidades de operación a nivel industrial, por sus múltiples salidas y entradas analógicas y claro un sistema de visualización para que el operador pueda hacer chequeos en tiempo y forma.⁹

Algunos controles para la manipulación de la parábola dentro de los concentradores solares cilíndricos se ajustan a un control que consiste en el uso de servomotores por medio de placas programables como Arduino, con el propósito de controlar las posiciones de los motores para controlar las retracciones de la parábola por medio de un sistema mecánico, a través de instrucciones dadas por la placa.

Los algoritmos de control adaptados consisten en el control de la posición del servomotor con referencias de entradas y rangos de 0 a 100 indicando la posición de la que se toma referencia para así ordenar las posiciones exactas a las cuales moverse. Teniendo así en consideración mediante cálculos respecto a la relación del giro del servomotor implementado al sistema mecánico instalado en el concentrador solar, para ordenar su posición y realizar la automatización del seguimiento solar.¹⁰

Existen empresas dedicadas a el control de concentradores solares, tal es el caso de Sensing. En la Figura 12 se muestra una estructura de un seguidor solar sobre terreno natural. Una empresa que cuenta con los conocimientos sobre los tipos de medidas, ángulos, inclinaciones y diferentes magnitudes que se sensan de la estructura para analizar la radiación solar recibida. Esta empresa provee variedad de componentes para la manipulación y posición de los concentradores solares tales como transductores de ángulo, encoders e inclinómetros para cubrir las funciones de posición, con un grado de precisión debida para su correcta operación.



Figura 12. Seguidor Solar.

Los elementos que trabaja esta compañía suministran señales de salidas proporcionales de rotación o ángulos, para que estas señales puedan ser digitales o analógicas y a la vez procesadas por el sistema principal de control, prometiendo así que el concentrador solar permita siempre tener una orientación adecuada para aprovechar el máximo de rayos solares obtenidos.¹¹

2.7 SOFTWARE DE TRAZADO DE RAYOS: TONATIUH

Es un software de uso libre y código abierto que permite simular y validar la calidad de concentración de rayos solares sobre una superficie reflejante la cual la proyecta hacia un receptor. Mejor conocido como proyecto Tonatiuh, tiene como objetivo crear un trazador de rayos Monte Carlo de código abierto, de vanguardia, preciso y fácil de usar para la simulación óptica de sistemas de concentración solar siendo una de las pocas herramientas disponibles para realizar la simulación del diseño y análisis de sistemas de concentración solar. Entre otras ventajas, Tonatiuh ofrece:

- Desarrollar una base teórica sólida que facilite la simulación óptica de casi cualquier tipo de sistemas de concentración solar.
- Exhibir una arquitectura de software limpia y flexible, que permita al usuario adaptar, expandir, incrementar y modificar sus funcionalidades con facilidad.
- Para lograr la independencia del sistema operativo a nivel de fuente y ejecutar en todas las plataformas principales sin modificaciones menores o nulas en su código fuente.
- Proporcionar a los usuarios una interfaz gráfica de usuario (GUI) avanzada y fácil de usar.

Tonatiuh utiliza y aprovecha varias bibliotecas y herramientas de código abierto existentes como Digia Qt para la interfaz gráfica de usuario (GUI), Coin3D Toolkit para visualización de gráficos 3D, Marco y widget de mapa geográfico genérico de mármol, CPPUnit para probar el código. Todas estas herramientas se utilizan para desarrollar Tonatiuh dentro del Eclipse IDE en un entorno de desarrollo estándar utilizado por todo el equipo de desarrollo.^{12,13}

En la Figura 13 se muestra el IDE de Tonatiuh.

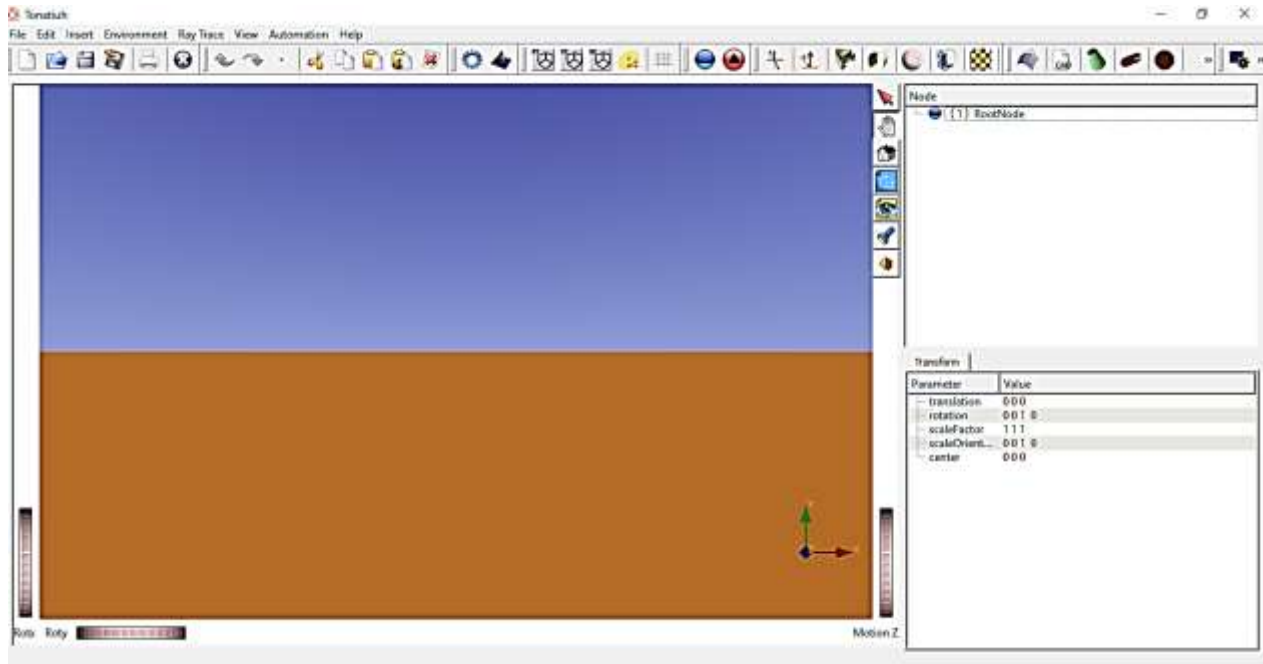


Figura 13. IDE software Tonatiuh.

2.8 SOFTWARE DE DISEÑO SOLIDWORKS

El software SOLIDWORKS se especializa en el diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) que nos permite moldear piezas y ensamblar en 3D y en planos 2D. Este software ofrece incontables soluciones para algunos aspectos en el desarrollo del producto. El software Solidwork ofrece una infinidad de herramientas como pueden ser el: crear, simular, publicar, administrar datos y gestionar proyectos y procesos maximizando la innovación y la productividad de los recursos de la ingeniería. Todas estas herramientas jutas permiten a las organizaciones, industrias, empresa, diseñar productos mejores, de una forma más rápida y más rentable. Solidwork ofrece soluciones para cada fase de diseño. Cuenta con un completo conjunto de herramientas que le ayudan a ser más eficaz y productivo en el desarrollo de sus productos en todos los pasos del proceso de diseño. Herramientas de diseño para crear modelos y ensamblajes. Herramientas de diseño para la fabricación mecánica, que automatiza documentos de inspección y genera documentación sin planos 2D. Herramientas de simulación para evaluar el diseño y garantizar que es el mejor posible. Herramientas que evalúan el impacto medioambiental del diseño durante su ciclo de vida. Herramientas que reutilizan los datos de CAD en 3D para simplificar el modo en

que las empresas crean, conservan y utilizan contenidos para la comunicación técnica. Finalmente, todas estas herramientas están respaldadas por SolidWorks PDM para gestionar y controlar de forma segura los datos mediante una única fuente de datos reales de sus diseños y SOLIDWORKS Manage, una herramienta que gestiona los procesos y proyectos implicados en todo el desarrollo del producto y está conectado al proceso de diseño.¹⁴ En la Figura 14 se muestra el IDE del software.

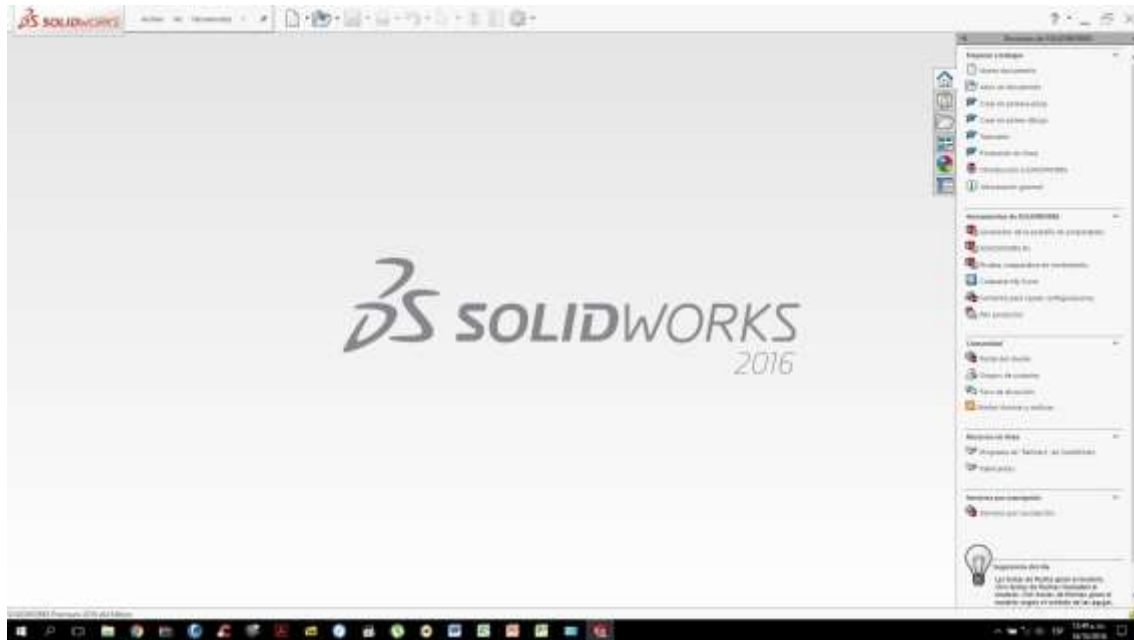


Figura 14. IDE SolidWorks

2.9 SEGUIDOR SOLAR

Hay múltiples maneras de diseñar e instalar placas solares para una casa. En las instalaciones fotovoltaicas sobre terreno, debemos considerar la colocación de un sistema de seguimiento solar para que los paneles acompañen el movimiento del sol. Este artículo examina lo que supone instalar seguidores solares y si un sistema de seguimiento es apropiado para un proyecto fotovoltaico. Un seguidor solar es un dispositivo mecánico-automático acto para orientar favorablemente respecto a los rayos del sol por medio de un panel fotovoltaico, ver Figura 15. El seguidor solar provoca un aumento potencial de la energía solar y por lo tanto el rendimiento de un seguidor solar. El objetivo principal de un seguidor solar es el rastreo maximizado de los rayos del sol,

estos están dispuestos geoméricamente en un solo panel. En un campo de concentración solar, un seguidor solar es demasiado útil ya que mantiene un constante punto de fuego generado por el paraboloide en el elemento de canalización de líquido a calentar. Cuando las Placas solares están expuestas a la luz solar, el ángulo en el cual se transfieren los rayos llega a la superficie de la placa la cual proporcionan una cantidad de energía generada. El ángulo por el cual incide la luz solar es un factor importante para la placa solar ya que es la que convierte la radiación en electricidad.^{15,16}

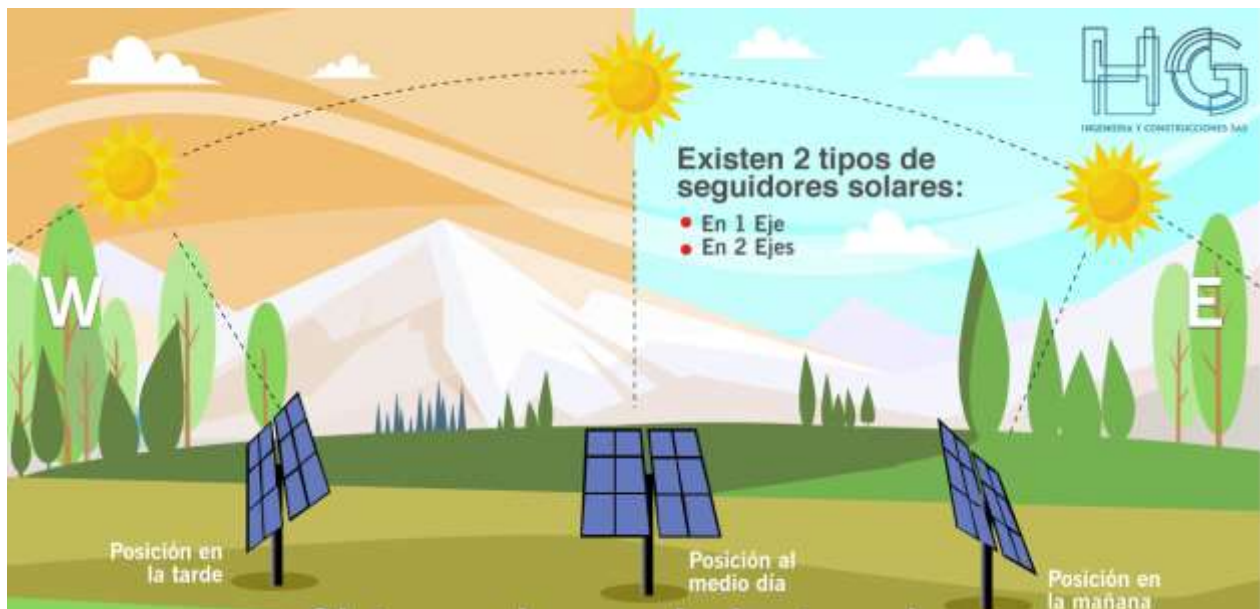


Figura 15. Rayos en un seguidor solar

III. DESARROLLO

3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

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

3.1.1 Diseño del seguidor solar

Para desarrollar los diseños del seguidor se empleó el software de diseño CAD SolidWorks. El diseño del seguidor se adaptó a un diseño ya existente de la maquina extrusora para emplear el espacio destinado para este fin.

Los diseños permiten mostrar la forma en la que se construirá su estructura de soporte, de tal manera, que sea desmontable de la estructura principal de la maquina extrusora.

Se obtuvieron diseños isométricos del aspecto general del seguidor.

3.1.2 Construcción del seguidor solar

Bajo un diseño preliminar de la maquina extrusora se realizó la construcción del seguidor adaptándolo a la estructura de soporte de la maquina extrusora. En la Figura 16 y 17 se observa el diseño preliminar contemplado. Se considera que el extrusor será de canal parabólico inicialmente.

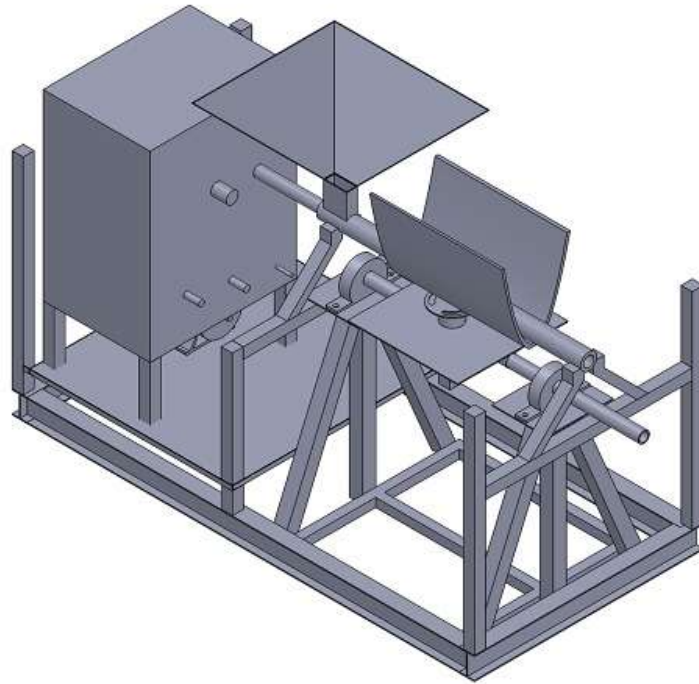


Figura 16. *Diseño completo de maquina extrusora de estudio.*

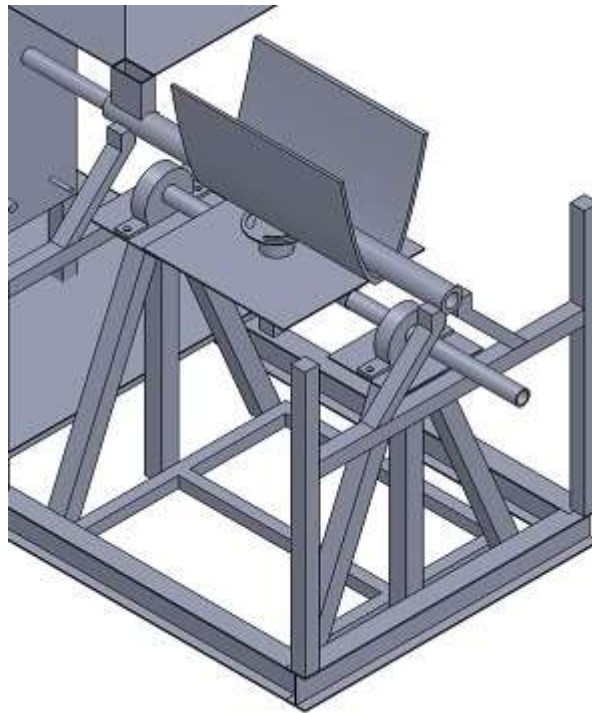


Figura 17. *Diseño (acercamiento) del seguidor.*

Para la construcción del seguidor se emplearon materiales de fácil adquisición, pero de resistencia comprobada como es placa de aluminio calibre 16 (1.3mm), PTR 2" x 2" calibre 10, tubo galvanizado 1/2" y perfil PTR de aluminio 1.5", chumaceras de piso de 1/2", entre otros. Para el movimiento del seguidor se emplearon 2 motores a pasos SL42STH40-1684A-23 NEMA 17, fotorresistencias GL5516 LDR y 1 juego de engranes hecho a la medida como transmisión de potencia.

3.1.3 Simulación de funcionamiento de concentrador en Tonatiuh

Se llevaron a cabo actividades de simulación del trazado de rayos empleando software de acceso libre Tonatiuh y programación del movimiento de actuadores por medio de lenguaje de programación Python y utilizando un ordenador Raspberry Pi 3 modelo B.

La simulación desarrollada permitirá visualizar la capacidad de proyección de radiación solar sobre el receptor y contemplar mejoras a futuro.

3.2 Cronograma de actividades

Actividades	Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31
Revisión bibliográfica										
Memoria de Calculos										
Diseño del seguidor										
Construcción del seguidor										
Diseño del sistema de control										
Construcción del sistema de control										
Diseño experimental										
Asesorías										
Evaluación y seguimiento de asesorías										
Evaluación de reporte										
Informe semestral										
Elaboración reporte técnico (productos entregables)										

Figura 18. Cronograma de actividades general.

IV. RESULTADOS

4.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL CONCENTRADOR SOLAR

La parte mecánica del proyecto incluye la estructura creada para soportar la parábola y los cojinetes del eje de rotación de la parábola, ver Figura 19. Antes de la construcción de esta estructura, fue necesario realizar un diseño mecánico que permitiera ser desmontable, ya que este proyecto pretende ser instalado en la extrusora general. Es por eso que el diseño está destinado a ser simple pero eficiente al soportar cargas.

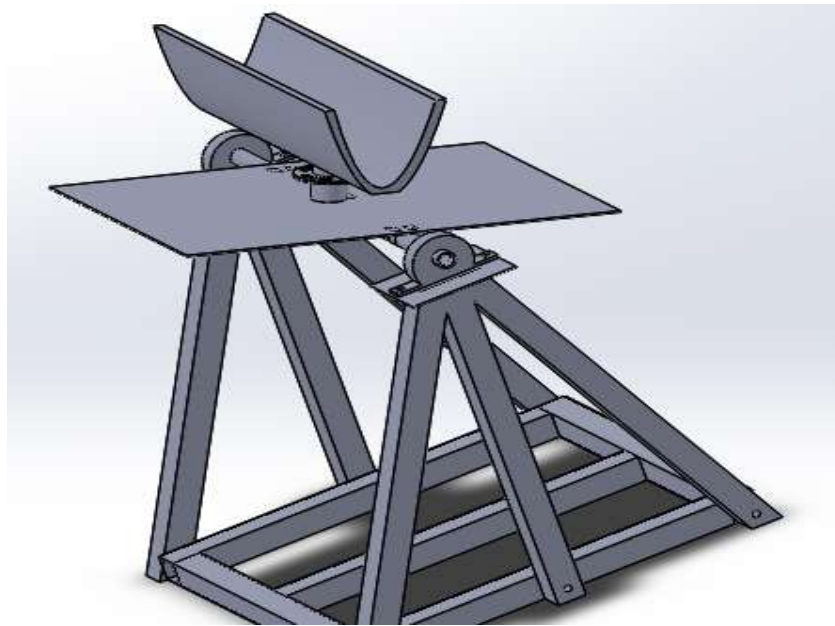


Figura 19. *Diseño del proyecto creado en Solidworks*

Para la construcción del sistema se utilizaron metales con diferentes propiedades para cumplir con el objetivo, ya que en la base del proyecto se utilizó acero PTR $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4}$ " espesor 0.048 in, calibre c18, peso 0.70 kg por 6 metros, para que pudiera soportar cargas pesadas, a pesar de que se trataba de una estructura desmontable, ver Figura 20.



Figura 20. Base y soportes contruidos.

Mientras que en la parte del sistema que incorpora los 2 ejes, está diseñado con perfil de Aluminio 40x40 ranura de 8mm. Esta diferencia con respecto a la base erradica el hecho de que estas partes serán móviles dependiendo de los motores paso a paso, por lo que se buscó la forma de hacer una estructura liviana que pudiera reducir el torque necesario para operar. En la Figura 21, se muestra la placa soporte de la placa reflejante de aluminio.

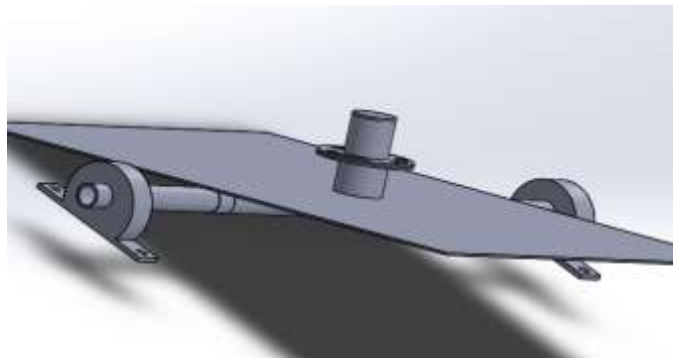


Figura 21. Diseño de la estructura que permite tener 2 ejes de movimiento en el concentrador solar.

4.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL CANAL PARABÓLICO

Para la parábola se requiere un material metálico reflectante que constara de un aplaca de aluminio calibre 16 (1.3 mm). En la Figura 22 se presenta el diseño contemplado. Esta estructura ronda los 4,6 Kg completamente ensamblada, este peso

se obtuvo con la implementación de materiales en el programa SolidWorks, por lo que se pudo considerar el peso teórico de la estructura una vez terminada.

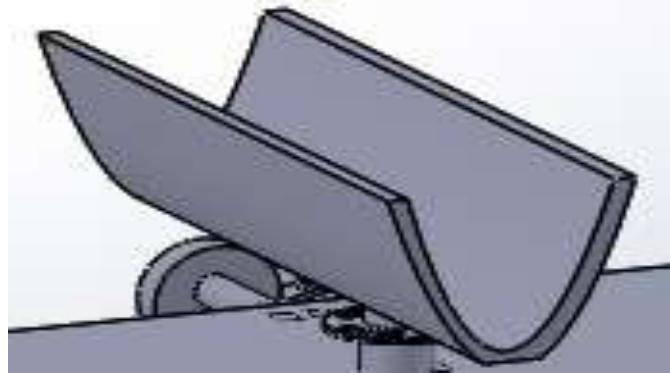


Figura 22. *Parábola diseñada meramente para simulación en el ensamble.*

4.3 SISTEMA DE SEGUIMIENTO: USO DE SENSORES

Debido a la idea de un prototipo funcional y accesibilidad, se encontró que se podrían implementar fotorresistores para ser utilizados en la medición de la radiación solar incidente en el sistema. Un LDR es un resistor que varía su valor de resistencia eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él, ver Figura 23.



Figura 23. *Fotorresistencia usada en el proyecto.*

4.4 SISTEMA DE SEGUIMIENTO: USO DE ACTUADORES

Un actuador es un dispositivo mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. Por tanto, el uso de un motor a pasos permitirá convertir las señales eléctricas del controlador en desplazamientos angulares hacia la posición donde el concentrador solar está aprovechando al máximo la radiación

solar. Como el sistema requiere un movimiento preciso, el sistema necesita el uso de este elemento para el movimiento de la parábola. En la Figura 24 se presenta el aspecto de un motor a pasos NEMA 23.



Figura 24. Motor Nema 23.

4.5 SIMULACIÓN EN SOFTWARE TONATIUH

Tonatiuh es un programa de código abierto para la simulación opto energética de sistemas de concentración solar, ver Figura 25.



Figura 25. Logo del Software empleado.

Combinando técnicas de trazado de rayos con el método de Monte Carlo, es capaz de simular el comportamiento óptico de una gran variedad de sistemas. Mediante el software Tonatiuh realizamos la parábola de la lámina que se utiliza como reflectante para concentrar los rayos del sol en el husillo de la extrusora.

El software tiene como herramienta el simular el sol proyectado únicamente en la zona de los componentes o elementos declarados. Tonatiuh toma como medida básica 1 sol que es equivalente a 1000 watts.

Para el presente proyecto se declararon las siguientes características de los componentes:

- Parábola de la hoja 90% Reflectividad.
- Parábola de la hoja 140X120 cm.
- Reflectividad del eje 5%.
- La medida de la parábola la dio el software. (Ángulo, radio, etc.).

En la Figura 26 se muestra la simulación de la placa de aluminio y el cañón (receptor).

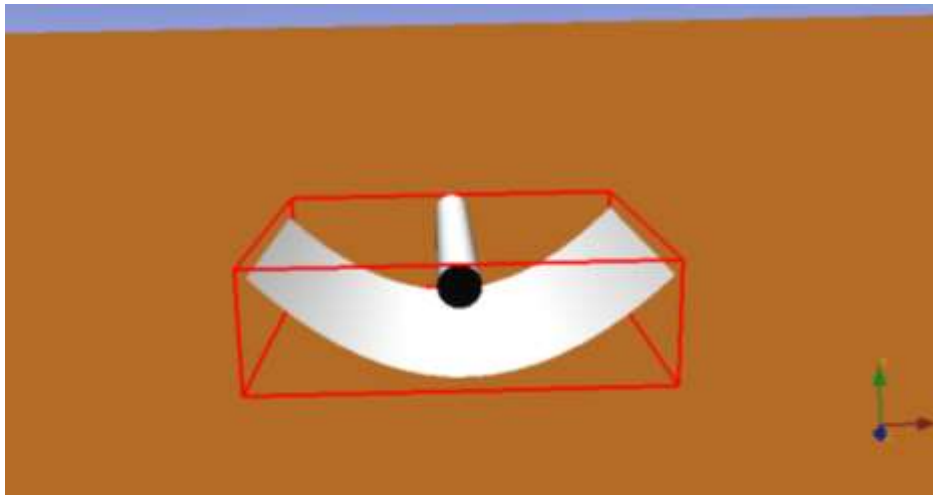


Figura 26. Representación de la parábola de la chapa con las medidas de 1.4X1.2 metros.

Usamos sus herramientas adecuadas para realizar una simulación. La simulación se basa en el comportamiento del husillo con los rayos solares que proporciona la lámina reflectante. En la Figura 27 se presenta la simulación de los rayos proyectados por la placa de aluminio hacia el cañón (receptor). En la Figura 28 se observa la simulación completa.

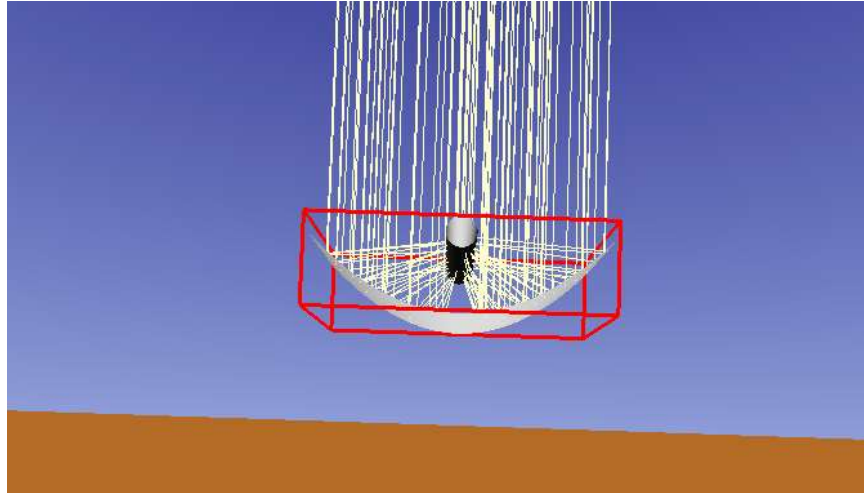


Figura 27. Simulación de los rayos solares proyectados sobre el husillo con la lámina reflectante.

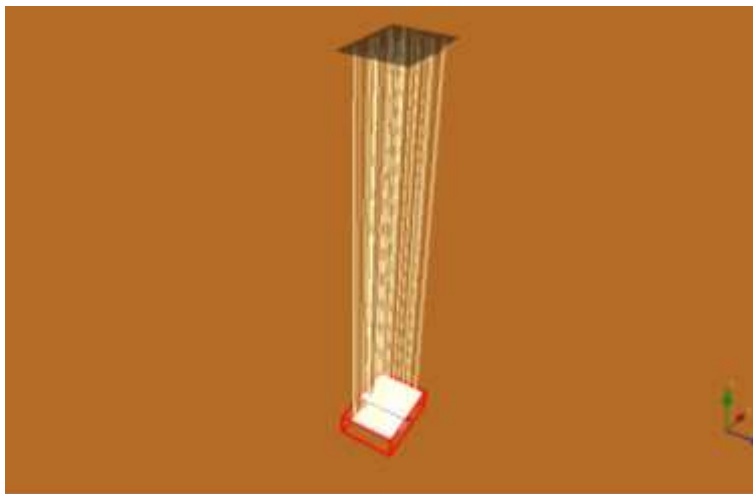


Figura 28. Simulación completa.

Los resultados obtenidos en el software se ilustran en la Figura 29 y 30. Bajo las condiciones declaradas se obtiene una irradiación de la radiación solar reflejada por la placa de aluminio hacia el receptor de 2.5 soles.

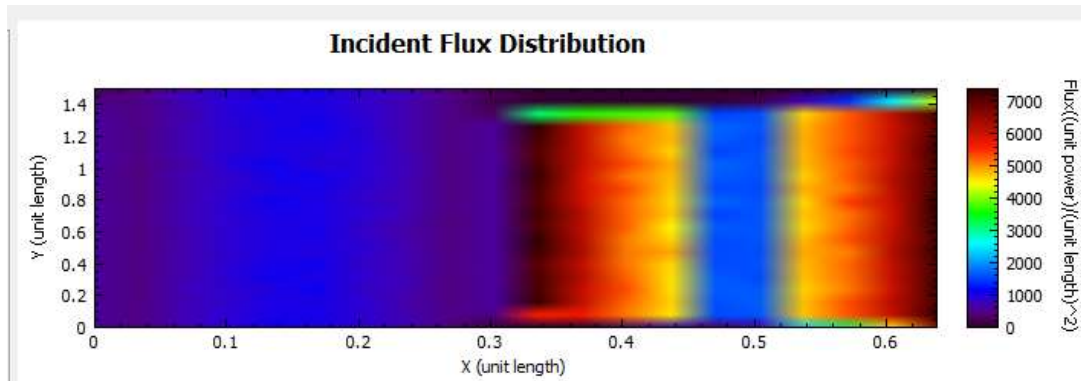


Figura 29. Comportamiento de la temperatura del husillo

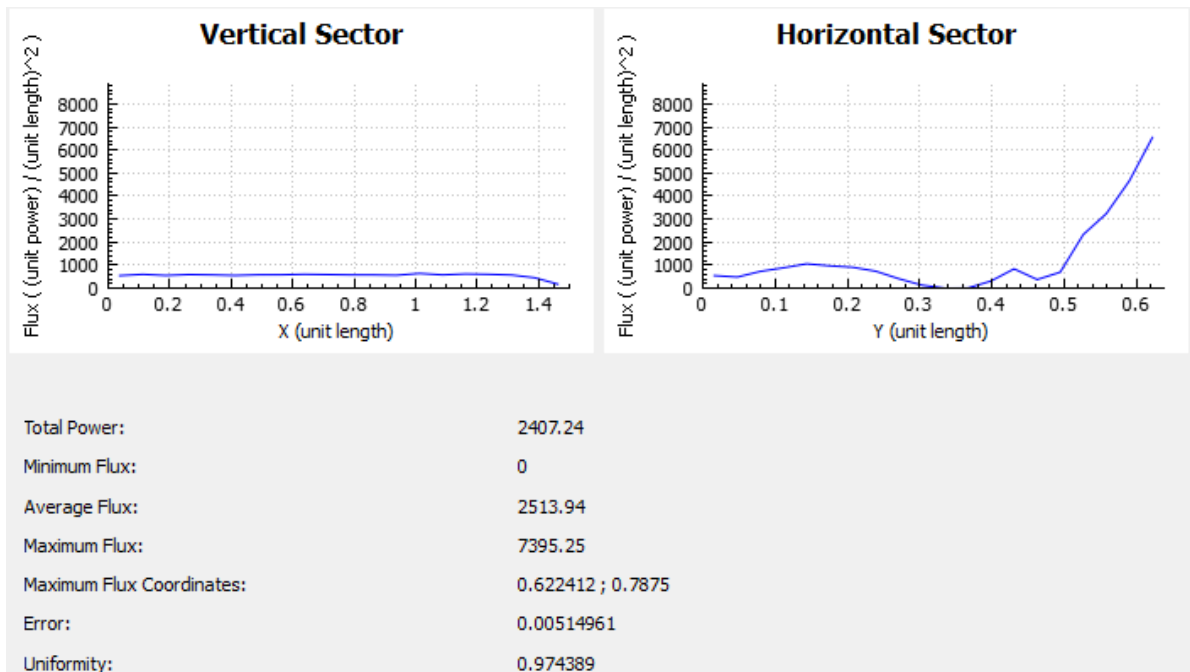


Figura 30. Medidas aproximadas que puede calentar el husillo (unidades de watts).

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 diseñar y construir el seguidor solar en sus secciones primarias. Se realizó una primera simulación, bajo ciertas condiciones de operación, de la capacidad de radiación solar que podrá dirigirse al cañón. 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 Mecatrónica dentro de la Industria en situaciones reales.

Para llevar a cabo este proyecto se pusieron en práctica los conocimientos y habilidades a lo largo de la carrera, programación, control, resistencia de los materiales, manejo de software de diseño mecánico, manufactura avanzada, entre otras materias importantes. También se aplicó la investigación y redacción, ya que, al ser un proyecto de esta índole, se necesitan las herramientas básicas para tener un proyecto de calidad, eficiente y eficaz a su vez.

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

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

VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

1. Diseñé e innové sistemas mecatrónicos 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 el sistema mecatrónico requerido.
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 Mecatrónica, 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 diseños y la construcción 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 mecatrónicos.
10. Actúe como agente de cambio para facilitar la mejora continua en los procesos de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la institución.
11. Aplique métodos, técnicas y herramientas para la solución de problemas presentados durante la fase de construcción del proyecto.

VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

- (1) Regueiro, F. , Rosa, M.. (2011). LA CONTRIBUCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES AL BIENESTAR. UNA LECCIÓN TODAVÍA NO APRENDIDA. Revista Galega de ECONOMIA, Vol.20, pp. 1-16.
<https://www.redalyc.org/pdf/391/39121275011.pdf>
- (2) Arancibia, C. , Best, R.. (abril - junio 2010). Energía del Sol. Energía del Sol, pp. 10-17.
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf
- (3) Soria, A., (2017, 29 noviembre). Clasificación de los diferentes tipos de sistemas solares térmicos de baja temperatura. Censolar.
<https://www.censolar.org/clasificacion-solar-termica/>
- (4) Lahora, J. (14 – Junio - 2012). N°WO2012076737A1. Patente Internacional: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
<https://patents.google.com/patent/WO2012076737A1/es>
- (5) Mansur Solar. (s. f.). Orientación e Inclinación. Recuperado 8 de diciembre de 2020, de <http://mansur-solar.com/wikisolar/orientacion-e-inclinacion/>
- (6) Iturbe, M. (2019, 16 diciembre). Paneles solares: orientación, radiación solar, inclinación y sombras. Calor y Frio. <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/energia-solar/instalacion-captadores-solares.html>
- (7) Planas, O. (2019, 4 diciembre). ¿Cuál es la mejor ubicación, orientación e inclinación de los paneles solares? Energía Solar. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/ubicacion-de-los-paneles-solares>
- (8) Trayectoria Solar | Construpedia, enciclopedia construcción. (s. f.). Construmatica. Recuperado 8 de diciembre de 2020, de https://www.construmatica.com/construpedia/Trayectoria_Solar
- (9) Esparza, G. (s. f.). Revista ElectroIndustria - Automatización en sistemas de energía solar térmica. Revista Electro Industria. Recuperado 8 de diciembre de 2020, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1911&tip=7.&xit=automatizacion-en-sistemas-de-energia-solar-termica>

- (10) Tecnológicos, A. (2018). Normativa para la publicación de artículos en la revista Alcances Tecnológicos. Alcances Tecnológicos, 11(1), 77-85. <https://doi.org/10.35486/at.v11i1.31>
- (11) Sensing S.L. (2020, 18 marzo). Control y posicionamiento en concentradores solares. Sensing, Sensores de Medida. <https://sensores-de-medida.es/medicion/aplicaciones-de-instrumentacion-electronica/instrumentacion-para-el-sector-energetico/control-y-posicionamiento-en-concentradores-solares/>
- (12) GitHub. (2020). Tonatiuh News. Recuperado de <https://github.com/iat-cener/tonatiuh>
- (13) Martínez-López, J. N. (2016). The influence of irradiance concentration using an asymmetric reflector on the electrical performance of a PVT hybrid collector with standard monocrystalline cells (tesis de Maestría). Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- (14) Solidworks (2014, 11 abril). Desarrollo Web. https://my.solidworks.com/try-solidworks?mktid=13831&utm_campaign=202007_nam_sw_GoogleSWOPTNEW_en_XOP2052_rise_brand_mx_exact&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_content=search&utm_term=Cj0KCQiA5bz-BRD-ARIsABjT4ngx_aonRlfU_AZbtAimQ5O3IB0IGzD0tQK6GKwn3RDPhwMNzZ7OXgaAtd5EALw_wcB&gclid=Cj0KCQiA5bz-BRD-ARIsABjT4ngx_aonRlfU_AZbtAimQ5O3IB0IGzD0tQK6GKwn3RDPhwMNzZ7OXgaAtd5EALw_wcB&gclsrc=aw.ds
- (15) Luis, E. R. (2018, 18 septiembre). De cero a maker: todo lo necesario para empezar con Raspberry Pi. Xataka. <https://www.xataka.com/makers/cero-maker-todo-necesario-para-empezar-raspberry-pi>
- (16) Planas, O. (8 de octubre de 2019). ¿Qué es un seguidor solar?. Recuperado de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/seguidor-solar>
- (17) Sotysolar. (10 de septiembre de 2020). Seguidores solares: todo lo que necesitas saber. Recuperado de <https://sotysolar.es/placas-solares/seguidores-solares>

ANEXO 1

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



Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Dirección

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Pabellón de Arteaga, Ags.,
No. de Oficio:
Asunto:

1/agosto/2020
D 028/2020
Carta aceptación
residencia
profesional

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

PRESENTE

Por medio del presente se notifica que el C. FRANCISCO JESÚS MARTÍNEZ CASILLAS, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, con número de control 161050119, ha sido aceptado para realizar en esta Institución su proyecto de Residencia Profesional denominado "Desarrollo de un sistema automático de seguimiento y concentración solar mediante elementos ópticos de concentración y de automatización para reflejar y concentrar la radiación solar sobre una pieza metálica: diseño y construcción de un seguidor solar de dos dimensiones de movimiento" durante el periodo de agosto-diciembre 2020, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 10:00 a 17:00 horas de lunes a viernes, bajo la supervisión de los docentes Víctor Manuel Herrera Ambríz (asesor externo) y José Alonso Dena Aguilar (asesor interno). El proyecto será realizado en el Laboratorio de Conversión de la Energía del área de Posgrado de nuestro plantel.

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

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica.
"Tierra Siempre Fértil"

HUMBERTO AMBRÍZ DELGADILLO
DIRECTOR



C.p. Edgar Zacarías Moreno. - Subdirector Académico. I.T. Pabellón de Arteaga.
Archivo.
HAD/jada



Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P. 20670 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. 01 (465) 9582730 y 9582482 ext. 100 e-mail: dir_parteaga@tecnm.mx
www.tecnm.mx | https://pabellon.tecnm.mx



ANEXO 2

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



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Dirección

"2020, Año de Leoná Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Pabellón de Arteaga, Ags.,
No. de Oficio:
Asunto:

11/diciembre/2020
D-049/2020
Carta conclusión
residencia
profesionales

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

PRESENTE

Por medio del presente se notifica que el C. FRANCISCO JESÚS MARTÍNEZ CASILLAS, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, con número de control 161050119, concluyó satisfactoriamente en esta Institución su proyecto de Residencia Profesional denominado "Diseño y construcción de un seguidor solar de dos dimensiones de movimiento para una máquina extrusora" durante el periodo de agosto-diciembre 2020, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 10:00 a 17:00 horas de lunes a viernes, bajo la supervisión de los docentes Víctor Manuel Herrera Ambríz (asesor externo) y José Alonso Dena Aguilar (asesor interno). 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"


HUMBERTO AMBRÍZ DELGADILLO
DIRECTOR



C.p. Edgar Zacarías Moreno. - Subdirector Académico. I. T. Pabellón de Arteaga.
Archivo.
HAD/jada



Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P. 20670 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. 01 (465) 9582730 y 9582482 ext. 100 e-mail: dir_parteaga@tecnm.mx
www.tecnm.mx | https://pabellon.tecnm.mx

