

NOMBRE DEL TRABAJO

2. SEGUIDOR SOLAR.docx

AUTOR

JUNIOR JOEL CHOCCE CCORAHUA

RECUENTO DE PALABRAS

7441 Words

RECUENTO DE CARACTERES

39980 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

60 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.5MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 21, 2024 12:05 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 21, 2024 12:06 AM GMT-5**● 15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS (X) 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ()

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres:	CHOCCE CORAHUA JUNIOR JOEL
D.N.I.:	74907576
Otro Documento:	
Nacionalidad:	PERUANA
Teléfono:	
e-mail:	choccecorahua@gmail.com

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad:	facultad de Ingeniería y Gestión
Programa Académico:	TESIS
Título Profesional otorgado:	Ingeniero Mecánico Electricista

Postgrado

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

Datos de trabajo de investigación

Título:	DISEÑO DEL SEGUIDOR SOLAR PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA A LA CARGA DE UNA VIVIENDA EN EL CASERIO BUENOS AIRES PROVINCIA SAN MARTÍN
Fecha de Sustentación:	01 de diciembre del 2023
Calificación:	APROBADO
Año de Publicación:	2024



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	<input checked="" type="checkbox"/>

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

Chorco Corahua Junior Joel

APELLIDOS Y NOMBRES

74907576

DNI

Firma y huella:



Lima, 20 de Marzo del 20 24

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DEL SEGUIDOR SOLAR PARA SUMINISTRAR ENERGÍA
ELÉCTRICA A LA CARGA DE UNA VIVIENDA EN EL CASERIO
BUENOS AIRES PROVINCIA SAN MARTÍN”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CHOCCE CCORAHUA, JUNIOR JOEL

ORCID:0009-0002-5847-7584

ASESOR

MURILLO MANRIQUE, MARGARITA FREDESVINDA

ORCID:0000-0003-2580-0082

Villa El Salvador

2023



DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

En Villa El Salvador, siendo las 9:40 a.m. del día 01 de diciembre del 2023, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: ROBERTO PFUYO MUÑOZ DNI N° 23854398 C.I.P. N° 46900
SECRETARIO: CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO DNI N° 07390694 C.I.P. N° 96353
VOCAL : SOLIN EPIFANIO PUMA CORBACHO DNI N° 72491744 C.I.P. N° 224387

ASESOR : MARGARITA FREDESVIDA MURILLO MANRIQUE DNI N° 07222359 C.I.P. N° 59410

Designados mediante Resolución de Decanato N° 296-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto de 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, el (la) aspirante al : Grado de Bachiller Título Profesional

Don: **CHOCCE CCORAHUA JUNIOR JOEL** identificado(a) con D.N.I. N° 74907576 procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación Tesis Trabajo de suficiencia Artículo científico

Titulado: "DISEÑO DEL SEGUIDOR SOLAR PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA A LA CARGA DE UNA VIVIENDA EN EL CASERIO BUENOS AIRES PROVINCIA SAN MARTÍN"

Aprobado mediante Resolución de Decanato de N° 887-2023-UNTELS-R-D de fecha 24 de noviembre de 2023 de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante **APROBADO** por con la nota de: **11**(letras)..... **ONCE** (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
11	ONCE	APROBADO	REGULAR

Siendo las **12:50** horas del día **01** de **diciembre** del 2023, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.

CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO
 INGENIERO MECANICO
 Reg. CIP: N° 96353

CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO
 SECRETARIO

ROBERTO PFUYO MUÑOZ
 PRESIDENTE
 Roberto Pfuyo Muñoz
 INGENIERO ELÉCTRICISTA
 C.I.P. N° 46900

CHOCCE CCORAHUA JUNIOR JOEL
 BACHILLER

SOLIN EPIFANIO PUMA CORBACHO
 VOCAL
 SOLIN EPIFANIO
 PUMA CORBACHO
 INGENIERO MECÁNICO
 Reg. CIP N° 224387

DEDICATORIA

A Dios nuestro padre todo poderoso que fue mi fuerza y fortaleza.

A mis padres José Antonio y Dionisia que pusieron grandes esfuerzos para enseñarme la importancia y el valor del aprendizaje.

A mis hermanos Luis y Maribel por todo el apoyo brindado.

A todos mis amigos y familiares, Jesús y Ana por todo el apoyo brindado cuando más lo necesitaba.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional tecnológica de Lima Sur (UNTELS) que me dio la formación académica, a la escuela de Ingeniería Mecánica eléctrica.

A la Dra. Margarita Murillo, por toda la paciencia, dedicación y el gran labor como maestra que nos brindó durante nuestra formación académica y en este proyecto de investigación.

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad desarrollar el diseño del seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín. El procedimiento se realizó en tres fases inicialmente se tomaron datos de las características del mapa solar tomados del programa PVsyst estos parámetros como la ubicación, la radiación solar de la zona cuyos resultados obtenidos de la base de datos de la estación meteorológica meteonorm nos sirvieron para el análisis de nuestro seguidor solar. En segunda fase detallar los elementos de la parte fija y móvil se tomó en cuenta el punto más crítico de la estructura, el cálculo del torque para la correcta selección del motor reductor y el correcto direccionamiento. En la tercera fase se determinó el valor de nivel de tensión y potencia. Los resultados obtenidos responden a objetivos planteados, los cuales se muestra las características del mapa solar para el diseño del seguidor solar se determina el esfuerzo máximo de la estructura y se determinó un panel cuyo nivel de tensión es de 12V mostrando también las respectivas potencias. Finalmente, se determinó los parámetros de nivel de incidencia satisfactoriamente se determinó los elementos de la parte fija y móvil además se determinó para este sistema un panel cuyo nivel de tensión es de 12V que nos permitirá abastecer focos led y cargar celulares.

Palabras clave: Seguidor solar, radiación solar, panel solar, energía, potencia, motor reductor.

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop the design of the solar tracker to supply electrical energy to the load of a home in the Buenos Aires hamlet, San Martín province. The procedure was carried out in three phases, initially data was taken on the characteristics of the solar map taken from the PVsyst program, these parameters such as the location, the solar radiation of the area whose results obtained from the database of the meteorological station meteonorm served us for the analysis of our solar tracker. In the second phase, detailing the elements of the fixed and mobile part, the most critical point of the structure was taken into account, the calculation of the torque for the correct selection of the reducer motor and the correct addressing. In the third phase, the voltage and power level value is determined. The results obtained respond to the stated objectives, which show the characteristics of the solar map for the design of the solar tracker, determine the maximum stress of the structure and calculate a panel whose attention level is 12V, also showing the respective powers. Finally, the incidence level parameters were determined satisfactorily, the elements of the fixed and mobile part were determined. In addition, a panel whose voltage level is 12V was determined for this system, which will allow us to supply LED lights and charge cell phones.

Keywords: Solar tracker, solar radiation, solar panel, energy, power, gear motor.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
INDICE	vi
CONTENIDO DE TABLAS	x
CONTENIDO DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPITULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Estado del arte.....	1
1.3. Descripción del problema.....	1
1.4. Formulación del problema	2
1.4.1. Problema general.....	2
1.4.2. Problemas específicos.....	2
1.5. Objetivos.....	2
1.5.1. Objetivo general	2
1.5.2. Objetivos específicos	2
1.6. Justificación	3
1.6.1. Justificación Teórica.....	3
1.6.2. Justificación Económica	3
1.6.3. Justificación Social.....	3
CAPITULO II	4

2.	MARCO TEÓRICO	4
2.1.	Antecedentes.....	4
2.1.1.	Antecedentes nacionales	4
2.1.2.	Antecedentes internacionales	5
2.2.	Bases teóricas	6
2.2.1.	Energía solar	6
2.2.2.	Radiación solar	6
2.2.3.	Geometría solar	10
2.2.4.	Sistemas fotovoltaicos	11
2.2.4.1.	Componentes de un sistema fotovoltaico.....	12
2.2.5.	Seguidores solares	12
2.2.5.1.	Seguidor de un eje.....	12
2.2.5.2.	Seguidor de dos ejes.....	12
2.2.6.	Arduino	12
2.2.7.	Sistema de potencia.....	13
2.2.7.1.	Motores paso a paso	13
	CAPITULO III.....	14
3.	VARIABLES.....	14
3.1.	Operacionalización de la variable	14
	CAPITULO IV.....	15
4.	METODOLOGÍA.....	15
4.1.	Descripción de la metodología.....	15
4.2.	Implementación de la investigación	15
4.2.1.	Características del mapa solar	15
4.2.1.1.	Análisis de recurso solar.....	15
4.2.1.2.	Análisis de orientación	18

4.2.2. Diseño de la parte fija y móvil	19
4.2.2.1. Diseño del seguidor solar	19
4.2.2.2. Diseño del soporte del panel solar	19
4.2.2.3. Diseño del eje.....	21
4.2.2.4. Diseño del mecanismo de transmisión de potencia.....	21
4.2.2.5. Soporte de la estructura	22
4.2.2.6. Modelamiento 3D	23
4.2.2.7. Selección del motor	24
4.2.2.8. Sensor de luminosidad.....	25
4.2.2.9. Microcontrolador.....	25
4.2.3. Nivel de tensión.....	26
4.3. Resultados.....	26
4.3.1. Características del mapa solar	26
4.3.2. Diseño de la parte fija y móvil	27
4.3.3. Niveles de tensión y potencia del seguidor solar	32
CAPITULO V	34
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	34
CAPITULO VI.....	35
CONCLUSIONES.....	35
CAPÍTULO VII	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS	38
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	38
Anexo 2. Plano del seguidor solar.....	39
Anexo 3. Ficha técnica tubo ASTM A500.....	40
Anexo 4. Ficha técnica motor reductor DC sin escobilla.....	42

Anexo 5. Código de control.....	43
Anexo 6. Informe de análisis de estructura	46
Anexo 7. Costo de sistema de seguidor solar	47
Anexo 8. Glosario de términos	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Instrumentos de recolección de datos de irradiación global.....	17
Tabla 2: Propuestas de paneles solares	19
Tabla 3: Características del motor reductor DC sin escobillas.....	24
Tabla 4: Instrumento de recolección de datos de potencia	26
Tabla 5: Parámetros geográficos.....	27
Tabla 6: Resultados de las características geográficas.....	27
Tabla 7: Resultados de la fiabilidad de la estructura en la simulación	30
Tabla 8: Resultados de la potencia	32
Tabla 9: Resultados de la potencia entregada.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Radiación solar.....	6
Figura 2: Índice de radiación ultravioleta con nubosidad para mediodía.....	7
Figura 3: Índice de radiación ultravioleta sin nubosidad para mediodía.....	8
Figura 4: Ozono total en la atmosfera para el mediodía solar	9
Figura 5: Coordenadas solares.....	10
Figura 6: Funcionamiento de un sistema fotovoltaico	11
Figura 7: Interior motor paso a paso	13
Figura 8: Ubicación de Buenos Aires provincia San Martín.....	16
Figura 9: Recorrido del sol en la zona de investigación	18
Figura 10: Ángulo de límite de rotación con el rastreo en dos ejes	18
Figura 11: Diseño del soporte.....	20
Figura 12: Diseño del eje de apoyo.....	21
Figura 13: Mecanismo de transmisión de potencia Norte-Sur	21
Figura 14: Mecanismo de transmisión de potencia Este-Oeste	22
Figura 15: Soporte de la estructura	22
Figura 16: Diseño del seguidor solar vista frontal	23
Figura 17: Diseño del seguidor solar vista lateral.....	23
Figura 18: Motor reductor DC sin escobillas	24
Figura 19: Sensor de luminosidad.....	25
Figura 20: Microcontrolador Udoo	25
Figura 21: Análisis de tensión de Von Mises vista superior	30
Figura 22: Análisis de tensión de Von Mises vista inferior	31
Figura 23: Análisis del desplazamiento del soporte vista inferior	31

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de la presente investigación diseño del seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín se considera los siguientes antecedentes: Vidal (2022) en su investigación titulado “Diseño de seguidor solar por medio de sensor de radiación para incrementar la producción de energía eléctrica en módulos fotovoltaicos”, así mismo Daza y Pérez (2020) con su investigación “Diseño, construcción e implementación de un sistema de seguimiento solar de un eje en una estación de carga de celulares utilizando paneles solares” finalmente la investigación de Bueno y Santos.(2022). Con la investigación titulado “Implementación de un sistema fotovoltaico con seguimiento solar para optimización de cosecha energética en la ciudad de guayaquil durante el ciclo escolar 2021-2022”.

Para la investigación se ha formulado el problema general de la siguiente manera: ¿Cómo será el diseño del seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín?, interrogante que a través de la investigación se ha dado respuesta.

El motivo fundamental de la investigación considera conocer el seguidor solar. Así mismo los resultados obtenidos de la investigación servirán de base para incentivar en implementar este diseño basados en otros requerimientos. El objetivo principal es diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín.

Así mismo para un estudio sistematizado del problema, la investigación se ha estructurado de la siguiente manera: CAPÍTULO I: Se realiza el planteamiento del problema, también se establecen los objetivos y la justificación de la investigación. En el CAPITULO II: Se describe el marco teórico del seguidor solar y sus diferentes componentes necesarios para un adecuado diseño. En el CAPITULO III se analiza la operacionalización de las variables que es el seguidor solar. En el CAPITULO IV se describe la metodología de la investigación a utilizar y la recolección necesaria extraída de fuente de estudios realizados y registrados anterior mente también describimos los materiales que usamos para el diseño de la parte fija y móvil del seguidor solar. En el CAPITULO V se describe los resultados de la investigación. Para Finalizar la investigación se redacta las conclusiones, recomendaciones y se describe la referencia bibliográfica utilizada como también se consideran los anexos con información que valida la investigación realizada.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Motivación

La necesidad de electrificación en las zonas alejadas como en el caserío de buenos aires provincia san Martín no cuenta con un sistema de electrificación lo cual afecta en el surgimiento de la población lo cual ha motivado al desarrollo de la presente investigación proponiendo la captación de rayos solares con un sistema de seguidor solar con la finalidad de abastecer de energía eléctrica a las necesidades básicas del caserío aplicando los conocimientos adquiridos como profesional.

1.2 Estado de arte

En 1927, C. Finster introdujo el primer sistema de seguimiento solar una estructura totalmente mecánica sin la capacidad de realizar seguimiento solar. En las investigaciones realizadas Cayllahua Quispe, (2019). Detalla algunos modelos además observaron el recorrido de cada se seguidor solar. Los algoritmos de seguimiento solar han llevado al desarrollo de muchos sistemas solares térmicos y fotovoltaicos. Y que, a diferencia de los modelos fijos, este modelo de seguimiento capta mayor cantidad de energía a sí mismo en el Perú han desarrollado investigaciones en relación al seguidor solar Vidal Castañeda, (2022). En su investigación nos informa realizar simulaciones gracias a esta simulación tenemos recolección de datos para nuestro informe.

1.3 Descripción del problema

En la actualidad hay sistemas de paneles solares que son estáticos y no hay buen aprovechamiento en horas determinadas en diferentes países se presenta la misma problemática en los países de Bolivia, Nicaragua, México por tener problemas con la electrificación en lugares alejados de la ciudad desarrollaron la construcción e implementación de un seguimiento solar. En el Perú hay 4.1% que usa este sistema es escaso la investigación e implementación de obtención de energía renovable con paneles solares, no encontramos información de cuan beneficioso es el aprovechamiento a través del panel solar que rotara.

Pese a tal situación del distanciamiento de la población se desarrollará el diseño del seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín, basándonos en las especificaciones técnicas y los criterios básicos profesionales que nos permitirá satisfacer la necesidad de energía eléctrica con mayor aprovechamiento.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

¿Cómo será el diseño del seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín?

1.4.2 Problema específico

1. ¿Cómo será el análisis de las características del mapa solar para diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín?
2. ¿Cuáles serán los elementos de la parte fija y móvil de captación para diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín?
3. ¿Qué niveles de tensión y potencia entregara el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín?

1.5 Objetivo

1.5.1 Objetivo general

Diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín.

1.5.2 Objetivo específico

1. Analizar las características del mapa solar para diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín.
2. Determinar los elementos de la parte fija y móvil de captación para diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín.

3. Determinar el valor de tensión y potencia del diseño del seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín.

1.6 Justificación

1.6.1 Justificación teórica

El presente trabajo de investigación se justifica teóricamente porque se realiza un diseño de un dispositivo mecánico para mayor aprovechamiento de producción de energía renovable, mediante este dispositivo mecánico se recolectará datos para así contar con información que pretende conseguir que otros puedan desarrollar proyectos similares este tipo de tecnológica da una nueva alternativa para que sea de provecho el potencial solar que tiene el Perú.

1.6.2 Justificación económica

El presente trabajo tiene justificación económica, por medio de la factibilidad y viabilidad de la investigación porque es más rentable realizar este tipo de generación de energía renovable, a pesar de tener esta potencialidad energética y grandes beneficios no han sido bien aprovechadas la energía solar en la provincia de San Martín caserío Buenos Aires.

1.6.3 Justificación social

La presente investigación tiene justificación social por que mejora la calidad de vida de cada niño, adolescente, joven, padre y madre de familia de esta manera fomentaremos el uso de las energías limpias que son amigables con el medio ambiente.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes nacionales

(Vidal Castañeda, 2022). Realizo un estudio sobre el “*Diseño de seguidor solar por medio de sensor de radiación para incrementar la producción de energía eléctrica en módulos fotovoltaicos*”. Tesis para obtener el grado de Ingeniero electricista. Perú. Universidad Nacional del centro del Perú; tuvo como objetivo general, el diseño del seguidor solar mediante un sensor de radiación para aumentar la generación de energía en módulos fotovoltaicos; el nivel del trabajo de tesis fue de tipo descriptivo; en sus conclusiones manifiesta que se recomienda simular el sistema fotovoltaico mediante un seguidor solar de esa manera comprender la orientación y desplazamiento angular.

(Mamani Huamani, 2020). Realizo un estudio sobre el “*Diseño y construcción de un sistema automático de seguimiento solar basado en visión artificial aplicado a sistema fotovoltaico*”. Tesis para obtener el grado de Ingeniero electrónico. Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; tuvo como objetivo general, de Automatizar un sistema de seguimiento solar que sea capaz de seguir al sol directamente superando el problema de las estaciones del año y localidad; el nivel del trabajo de tesis fue de tipo descriptivo; en sus conclusiones manifiesta que la visión artificial tiene una gran ventaja ya que evita movimientos innecesarios.

(Negron LLacuachaqui, 2020). Realizo un estudio sobre “*Comparación de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante seguimiento*”. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Químico del Gas Natural y Energía. Sustentado en la Universidad Nacional del Centro del Perú; tuvo como objetivo la orientación correcta de los sistemas mediante una brújula para encontrar la orientación correcta; en sus conclusiones manifiesta que tiene un aumento del 20% al 36% en la obtención de esta energía.

2.1.2 Antecedentes internacionales

(Daza y Perez, 2020). Realizo un estudio sobre el “*Diseño, construcción e implementación de un sistema de seguimiento solar de un eje en una estación de carga de celulares utilizando paneles solares*”. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Mecánico. Universidad Pontificia Bolivariana; tuvo como objetivo determinar la cantidad de paneles, capacidad de baterías, inversor. El nivel de su investigación fue de tipo descriptivo; en sus conclusiones manifiesta que los elementos seleccionados para este sistema son suficientes para suplir la demanda con un adecuado diseño por asta 24 horas.

(Bueno y Santos, 2022). En su investigación titulado “*Implementación de un sistema fotovoltaico con seguimiento solar para optimización de cosecha energética en la ciudad de Guayaquil durante el ciclo escolar 2021-2022*”. en la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador en su trabajo de investigación tiene por objetivo: Implementar un sistema fotovoltaico con seguimiento de la posición solar para optimización de cosecha energética utilizando un control de sistema embebido, sensores de intensidad ultravioleta y motor eléctrico llegando a la conclusión que se puede afirmar que el sistema de cosecha móvil recolecta más energía que uno estático.

(Arpi y Prado, 2022). Realizo un estudio sobre el “*Diseño de un seguidor solar de doble eje para un sistema de energía fotovoltaica en el centro de salud de la comunidad de Yaapi, Ecuador*”, tesis para obtener el grado de Ingeniero Mecatrónico. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca; tuvo como objetivo, hallar los parámetros iniciales para el sistema de seguidor solar de doble eje; en sus conclusiones señala que el sistema es eficiente con los parámetros adecuados para clima húmedo, la fuerza del viento, resistente al agua.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Energía solar

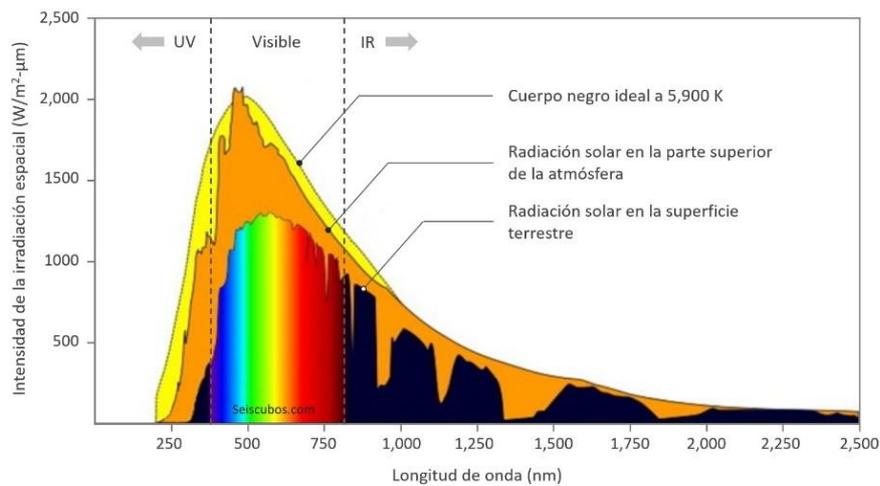
La principal fuente de energía de la tierra es la radiación emitida por el sol, una pequeña porción de esta energía es retenida, el resto se disipa al espacio exterior. La energía solar puede ser utilizada directamente para calentar o iluminar. (Jutglar Banyeras, 2004).

2.2.2 Radiación solar

La radiación solar contiene fotones que está en función de la potencia y longitud de onda que va desde el infrarrojo hasta la ultravioleta. Esta energía emitida por el sol hacia la tierra llega con una longitud de onda entre 300 y 2.500 nm. (Aparicio, M. 2018). Como apreciamos en la figura 1.

Figura 1:

Radiación solar.



Nota. En la figura se muestra la energía emitida por el sol hacia la tierra, este llega con una longitud de onda entre 300 y 2.500 nm.

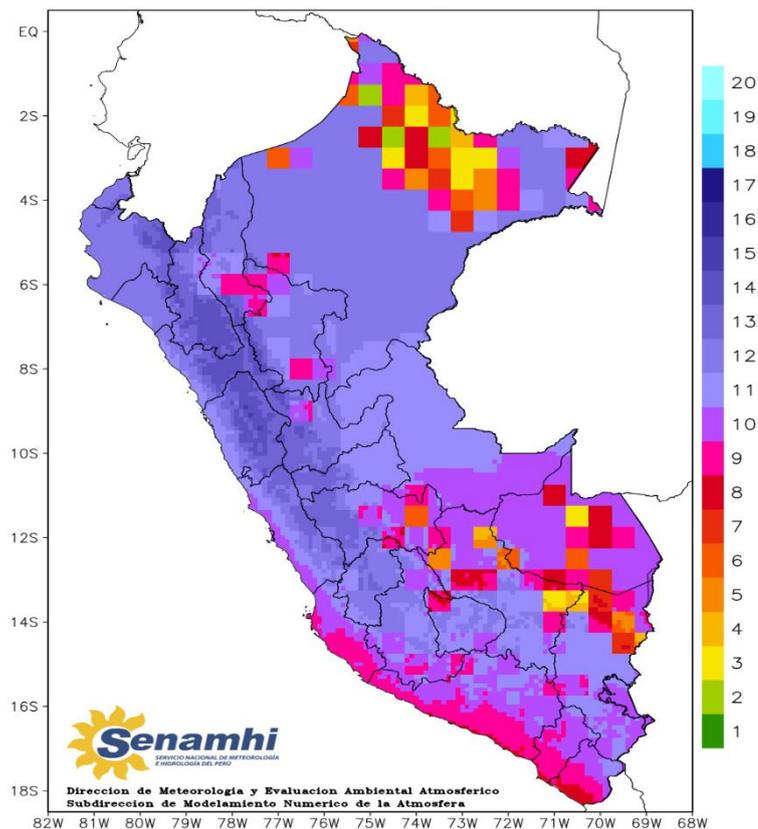
Fuente: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/efecto-de-la-radiacion-solar-en-la-tierra>

La radiación directa que llega a la tierra desde el sol en la atmósfera se absorbe, dispersa y refleja fundamentalmente por los gases que constituyen la misma. La radiación que llega a la superficie de la tierra está formada por tres componentes. (Castro, M. 2008).

- a) Radiación directa: Es la que se recibe directamente del sol “en línea recta”, sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.
- b) Radiación difusa: Es la que sufre cambios de dirección en su paso por la atmósfera debido principalmente a la reflexión y a la dispersión.
- c) Albedo: Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

Figura 2:

Índice de radiación ultra violeta con nubes para mediodía.

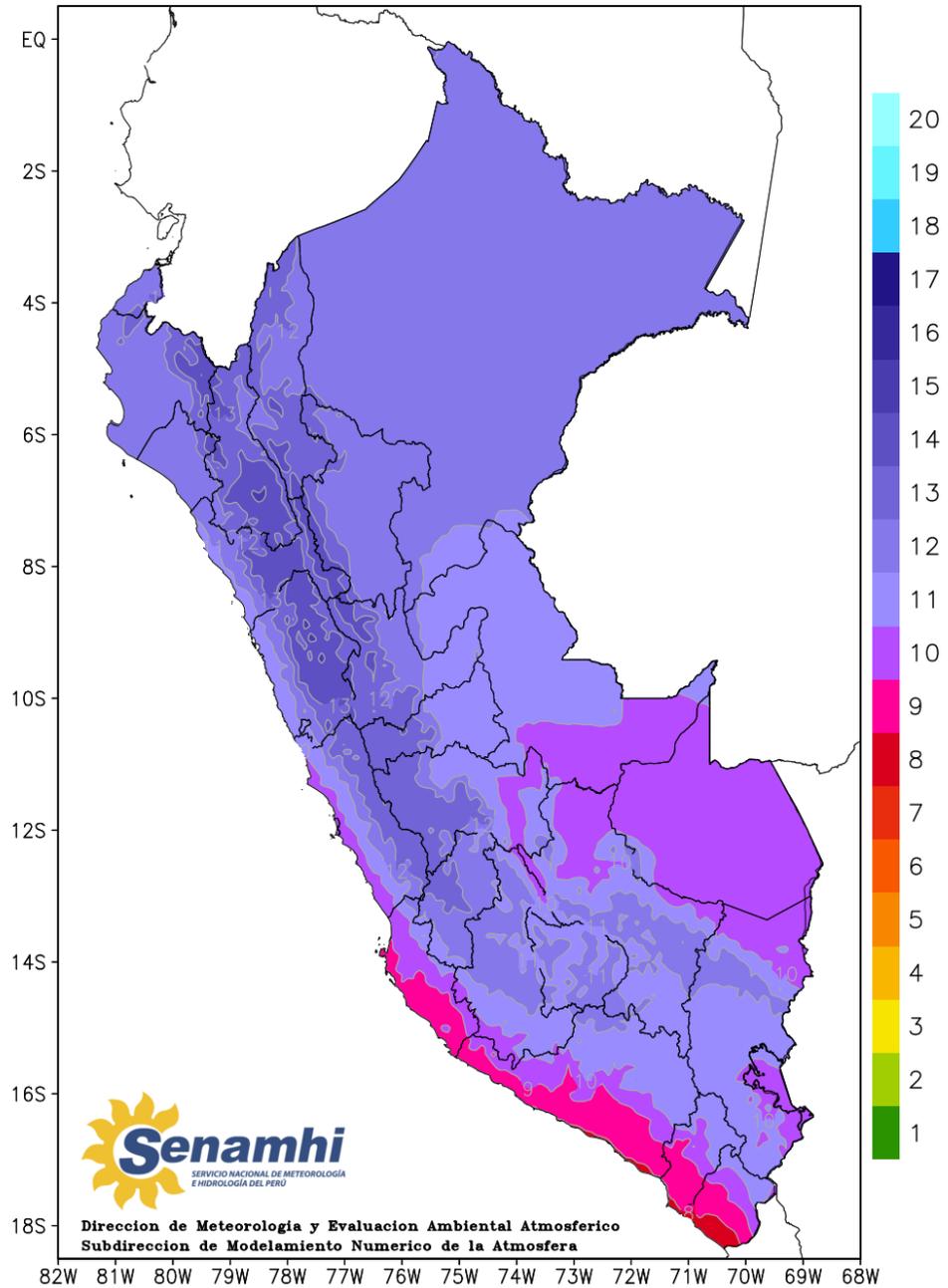


Nota. La figura muestra según senamhi los niveles de radiación solar del Perú con nubosidad para mediodía.

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=san-martin&p=radiacion-uv-numerico>

Figura 3:

Índice de radiación ultravioleta sin nubosidad para mediodía

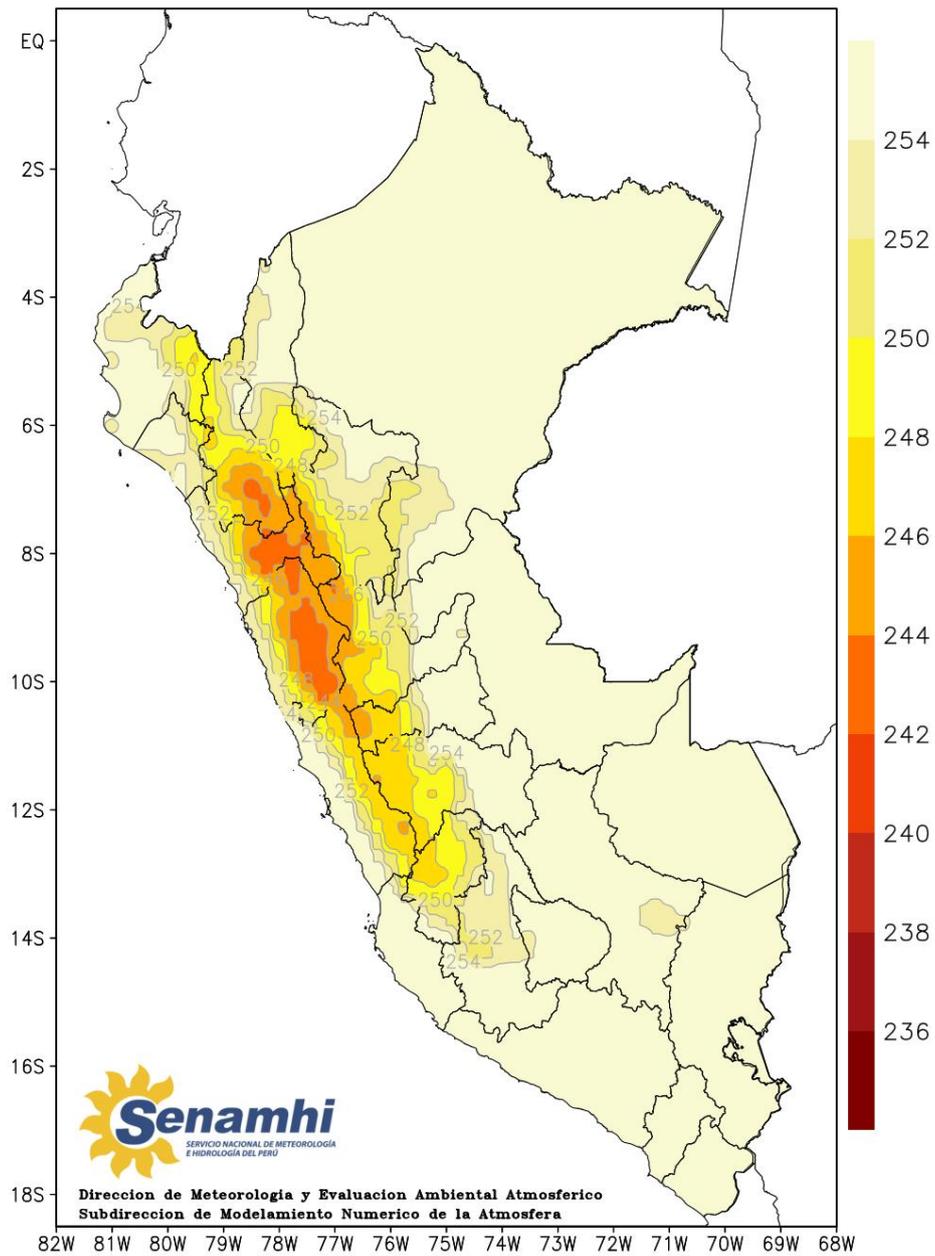


Nota. La figura muestra el pronóstico de radiación ultravioleta sin nubosidad no considera el efecto de atenuación por nubes y contaminación atmosférica.

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=san-martin&p=radiacion-uv-numerico>

Figura 4:

Ozono total en la atmósfera para el mediodía solar.



Nota: La figura muestra que tanta cantidad de nubes hay en cada departamento se requieren conocer ya que las nubes reducen el nivel de radiación ultravioleta.

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=san-martin&p=radiacion-uv-numerico>

2.2.3 Geometría solar

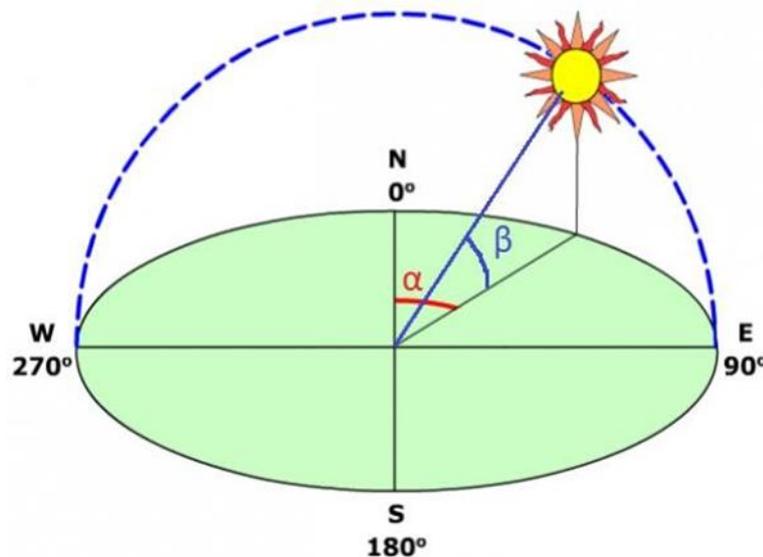
La geometría solar nos ayuda a estimar cantidades de energía a producir. Es necesario conocer las ecuaciones que nos permite calcular el ángulo de incidencia. (Jutglar Banyeras, 2004).

Lo podemos clasificar mediante las coordenadas solares:

- Azimut (α), ángulo medido en el plano horizontal formado por el sol y la dirección sur (hemisferio norte).
- Elevación (β), ángulo medido en el plano vertical formado por los rayos del sol con respecto a la horizontal.

Figura 5:

Coordenadas solares



Nota: La figura muestra la geometría solar nos ayuda a calcular el ángulo de incidencia y se muestra el ángulo azimut y el ángulo de elevación.

Fuente: <https://www.helioesfera.com/coordenadas-y-carta-solar/>

2.2.4.1 Componentes de un sistema fotovoltaico

Es la composición contigua de células solares conectados en serie y ensamblados con marco de metal anticorrosivo y con protección de vidrio templado con bajo contenido de plomo para mantener la transmisividad de la energía solar (Fernandes Salgado, 2010).

2.2.5 Seguidores solares

Los seguidores solares son dispositivos mecánicos aprobados para orientar los paneles solares de tal forma que estas se mantengan lo más perpendiculares a los rayos solares durante el día siguiendo al sol en el oriente hasta la alborada en la puesta (Labouret y Viloz, 2008).

2.2.5.1 Seguidor de un eje

El seguidor permite al panel moverse de este a oeste, siguiendo la trayectoria del sol desde la salida hasta la puesta de sol. Estos sistemas presentan un menor coste, mayor simplicidad y la posibilidad de su adaptación a cubiertas, pero realizan un seguimiento solar menos preciso captando menos energía. (Sotysolar,2018).

2.2.5.2 Seguidor de dos ejes

El seguidor permite al panel moverse en dos orientaciones. Además, cuenta con un sistema de seguimiento solar que son más exactos que de un eje por ello nos genera un mayor rendimiento sin embargo es de mayor coste (Sotysolar, 2018).

2.2.6 Arduino

Vargas y Castillo, (2015). Refiere que es un proyecto de código abierto, lo cual lo hace económica y accesible, cuenta con varios hardware para comercializar y a muy bajo precio. Sus productos constan de un sistema microcontrolador el cual es programable desde cualquier computador mediante un cable USB, los programas son guardados en su memoria dando independencia de la

computadora, esta tiene una forma de tarjeta y puede ser ejecutada acompañada de otros componentes como sensores o botones ya que cuenta con un conjunto de entradas y salidas que la convierten en un excelente y económico controlador. (p.26).

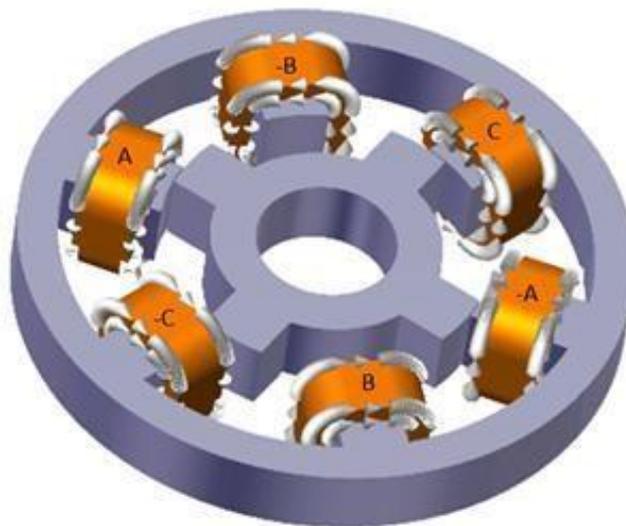
2.2.7 Sistema de potencia

2.2.7.1 Motores paso a paso

El funcionamiento es similar a un motor convencional debido al cambio de la energía eléctrica a mecánica por medio de un fenómeno electromagnético, pero a diferencia de los motores convencionales no posee escobillas y puede dividir una rotación completa (Elprocus, 2019).

Figura 7:

Interior motor paso a paso



Nota. En la figura se muestra un motor paso a paso este dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamiento.

Fuente:<https://www.elprocus.com/stepper-motor-types-advantages-applications/>

CAPITULO III
VARIABLES

3.1 Operacionalización de la variable

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
SEGUIDOR SOLAR	Dispositivo mecánico capaz de orientar los paneles solares de forma que éstos permanezcan aproximadamente perpendiculares a los rayos solares, siguiendo al sol desde el este en la alborada hasta el oeste en la puesta.	Se implementa para maximizar la producción de electricidad en los paneles fotovoltaicos, con los elementos que compone o piezas sólidas realiza un movimiento controlado por un sistema eléctrico así realiza una determinada fuerza.	mapa solar	niveles de radiación solar
			orientación	posición, dirección
			dispositivo mecánico eléctrico	generar fuerza

CAPITULO IV METODOLOGÍA.

4.1 Descripción de la metodología

El tipo de investigación en el presente trabajo de investigación es de tipo tecnológica o aplicada, puesto que se aplica los conocimientos técnicos porque se enfocó en proponer el diseño del seguidor solar, este tipo de estudio tiene como finalidad diseñar un seguidor para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda, para ello se establece una investigación de tipo descriptiva, dado que se describe el diseño de un seguidor solar motivo por el que se analizará el mapa solar.

Dado que el objetivo de estudio es describir el diseño de un seguidor solar para mayor captación de los rayos solares y no desperdiciar la energía limpia a si darle un mayor aprovechamiento se utiliza un diseño cuantitativo no experimental.

4.2 Implementación de la investigación

4.2.1 Características del mapa solar

Para hacer el diseño de un seguidor solar se analizará las características del mapa solar del Perú.

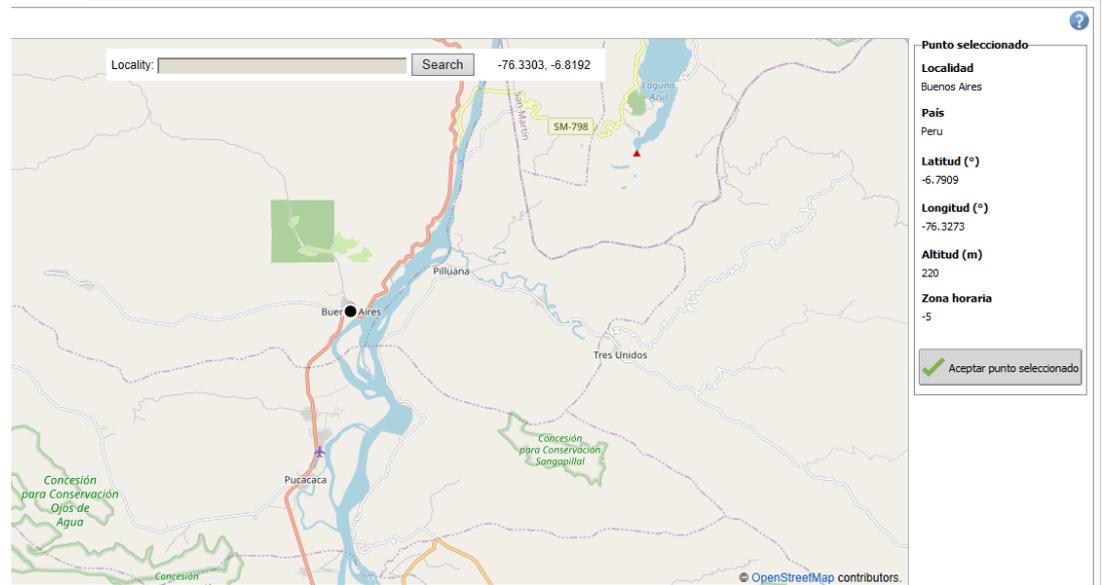
4.2.1.1 Análisis del recurso solar

El lugar de la investigación es en el caserío de buenos Aires provincia San Martín con el programa PVsyst encontramos todas las características del lugar de estudio.

- a) Latitud
- b) Longitud

Figura 8:

Ubicación de Buenos Aires provincia San Martín.



Nota. En la figura se muestra la longitud, latitud, altura del caserío Buenos aires provincia San Martín obtenido de la base de datos de meteonorm con el software PVsyst 7.2.

Según manifiesta labouret y villoz, (2008): Que, gracias a las estaciones meteorológicas, se dispone de muchos datos estadísticos. Estos datos de radiación solar son adquiridos del programa PVsyst en la base de importación de datos meteonorm.

El informe de irradiación anual se muestra en la siguiente tabla 1. donde se puede observar que la radiación teniendo un mayor nivel de potencia en el mes de julio con un valor de 66.33W y con un valor mínimo en el mes de noviembre con un valor de 41.33 W.

Tabla 1:

Instrumento de recolección de datos de irradiación global

Meses	Potencia W/día	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez linke [-]	Humedad relativa %
Enero					
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Setiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					

Nota. El informe de irradiación anual se muestra en la siguiente tabla donde se puede observar que la radiación teniendo un mayor nivel de potencia en el mes de julio con un valor de 66.33W y con un valor mínimo en el mes de noviembre con un valor de 41.33 W.

Según refiere Norma DGE, (2015) para la determinación HSP se tendrá como primer dato la irradiación solar con menor nivel en el mes de noviembre figura 11.

Labouret y Viloz, (2008). Manifiesta que para la determinación de HSP se aplicara la siguiente ecuación:

$$Esol=Ne*Pp..... (1)$$

Donde:

Esol: energía solar

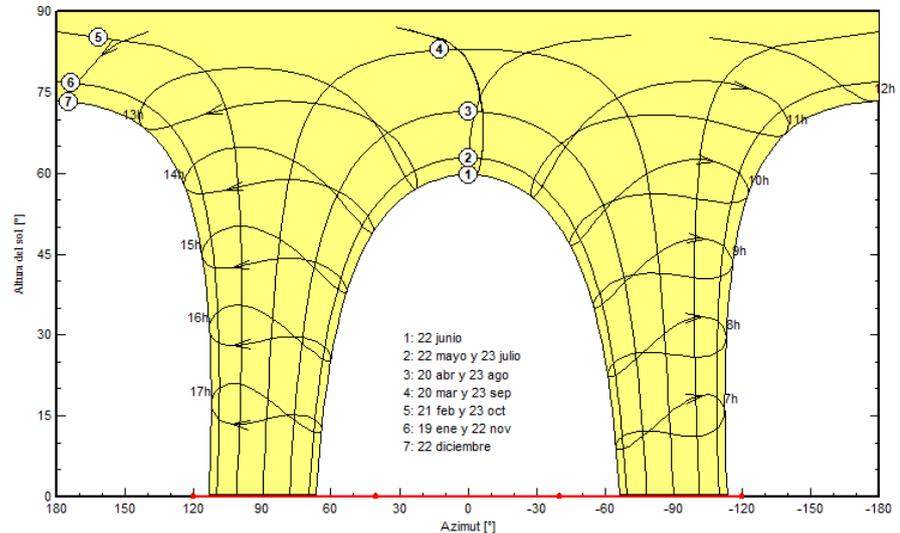
Ne: número de horas equivalente

Pp: Potencia de la radiación instantánea (1000w/m².día).

4.2.1.2 Análisis de la orientación

Figura 9:

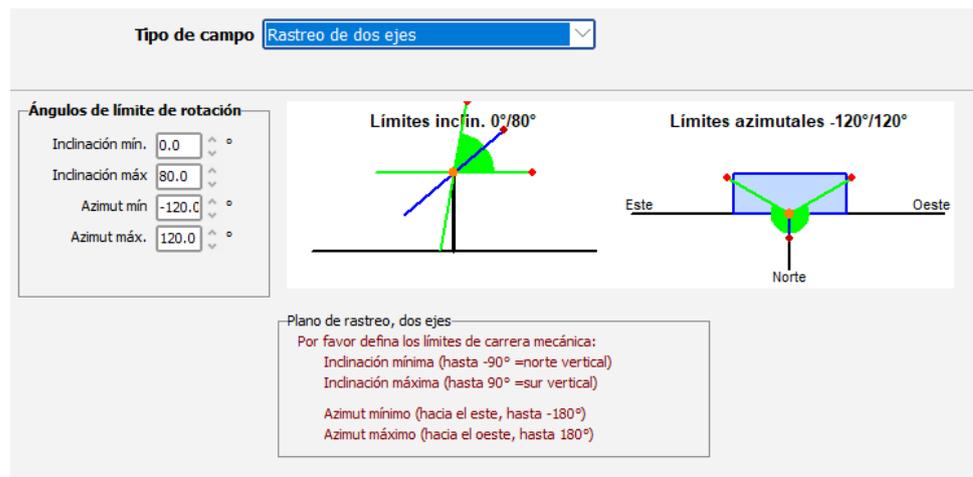
Recorrido del sol en la zona de investigación.



Nota. En la figura muestra el recorrido del sol durante todo el año se aprecia el recorrido del sol según los ángulos del azimut durante los diferentes meses.

Figura 10:

Ángulo de límite de rotación con el rastreo de dos ejes.



Nota. En la figura se muestra la simulación del ángulo de rotación de dos ejes ejecutado con el software PVsyst 7.2.

4.2.2 Diseño de la parte fija y móvil.

4.2.2.1 Diseño del seguidor solar

Con el fin de realizar el dimensionamiento geométrico del seguidor solar de doble eje se considera el arreglo que utiliza (Prado y Arpi, 2022)

4.2.2.2 Diseño del soporte del panel solar

Se propuso utilizar un panel solar de 400W ya que son de mayor potencia en generación de energía eléctrica y por ser de tamaño grande nos ayuda a poder tener un buen aprovechamiento de radiaciones solares para este diseño se considera un peso de 22kg estos datos sacados de la tabla 2.

Tabla 2:

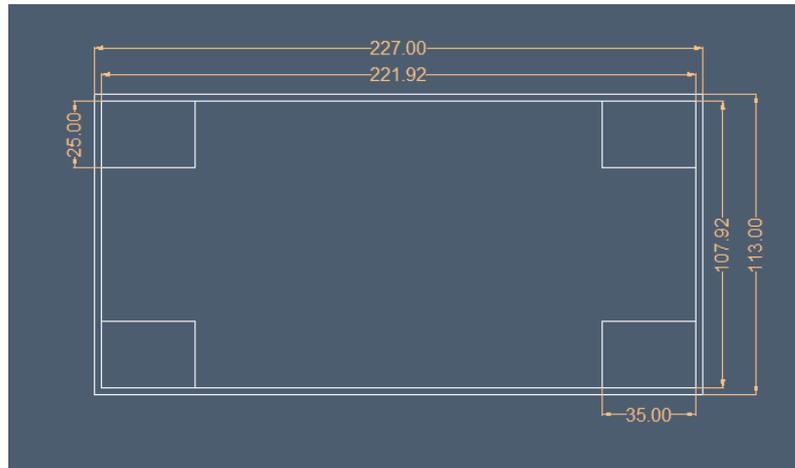
Propuestas de paneles solares.

Fabricante	Modelo	Eficiencia del panel	Potencia del panel (W)	Medidas (cm)	Peso (Kg)
SunPower	MAX3-400	22.60%	400W	169 *104.6	19
SunPower	MAX3-390	22.10%	390W	169 *104.6	19
Futura	FU360M Zebra	21.28%	350W	168.5*100.4	19.5
Eco green energy	EGE-375M	19.30%	375W	195.6 *99.2	22

En la siguiente tabla se observa la propuesta de distintos modelos, fabricantes, medidas y pesos de paneles solares que podemos encontrar con un rango de capacidad de potencia de 350W a 400W. Se escogió estos modelos por que se adaptan a las medidas del seguir solar con medidas propuestas por los fabricantes que van desde 99.2cm a 169cm.

Figura 11:

Diseño del soporte



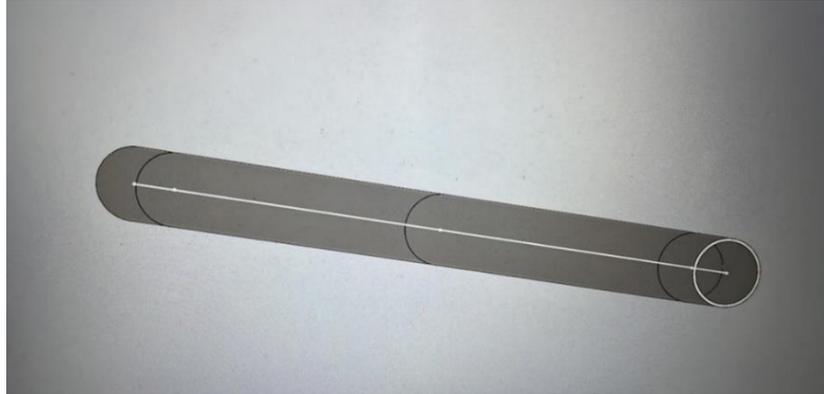
Nota. En la siguiente figura se puede observar el diseño del soporte de los paneles fotovoltaicos donde se puede observar el diseño con tubo estructurales ASTM A500, cuatro planchas de aceros al carbono que nos permite fortalecer los ángulos de la estructura y nos da libertad para establecer cualquier otro panel de potencia alta, diferente marca cuyas dimensiones son diferentes la estructura se adapta en tales casos.

Por consiguiente, se efectúa un análisis de deformación máxima también llamado teoría de Von Mises, es un criterio de resistencia estática a lo cual se encuentra sometido el soporte del panel solar para el diseño si considera un peso de 22 Kg, el cual se encuentra bajo una carga de 53.95N en cada uno de los perfiles de la estructura.

4.2.2.3 Diseño del eje

Figura 12:

Diseño del eje de apoyo



Nota. Como se observa en la figura 12 se muestra el eje del soporte del seguidor solar desarrollado con el programa SolidWorks.

4.2.2.4 Diseño del mecanismo de transmisión de potencia

Figura 13:

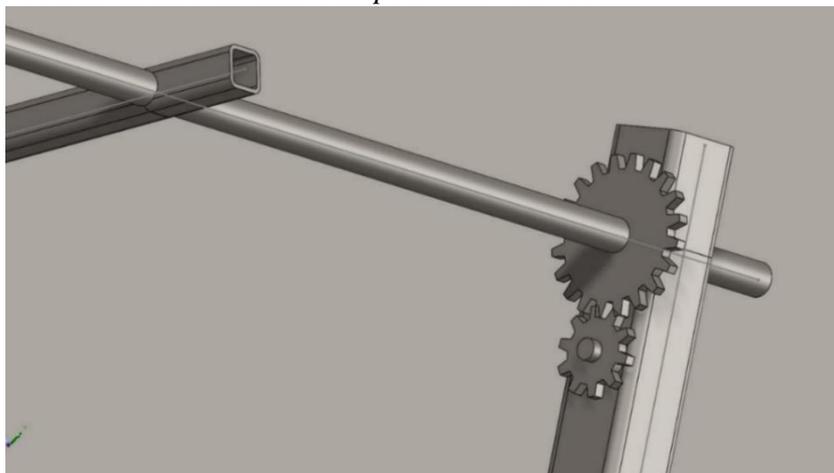
Mecanismo de transmisión de potencia Norte-Sur.



Nota. Como se observa en la figura 13 se muestra el sistema de transmisión de potencia desarrollado a través de engranaje que ejecuta la orientación norte-sur.

Figura 14:

Mecanismo de transmisión de potencia Este-Oeste.

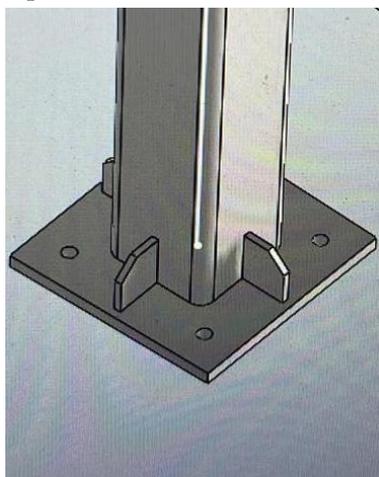


Nota: Como se observa en la figura 14 se muestra el sistema de transmisión de potencia desarrollado a través de engranaje que ejecuta la orientación Este-Oeste desarrollado con el software SolidWorks.

4.2.2.5 Soporte de la estructura

Figura 15:

Soporte de la estructura.

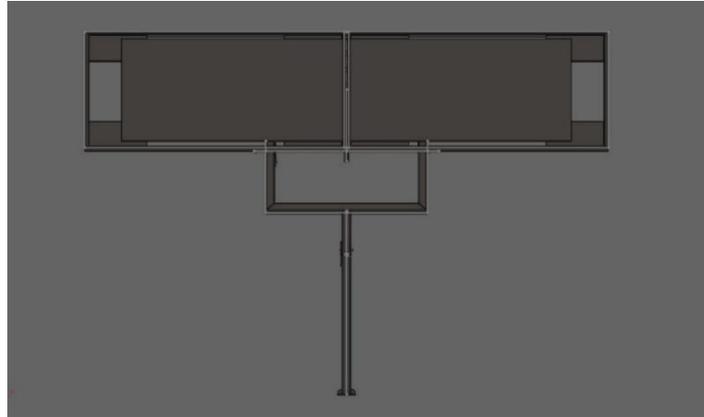


Nota. Como se observa en la figura 15 se muestra el soporte de todo el sistema del seguidor solar con cuatros ángulos de reforzamiento para una buena estabilidad desarrollado con el software SolidWorks.

4.2.2.6 Modelamiento 3D

Figura 16:

Diseño del seguidor solar vista frontal



Nota: Se observa en la figura el modelamiento del seguidor solar de dos ejes en 3D con una vista frontal de la estructura mecánica donde podemos observar las partes mecánicas y el sistema de transmisión de potencia que ejecutará la inclinación este-oeste y norte-sur.

Figura 17:

Diseño del seguidor solar vista lateral



Nota: Modelamiento del seguidor solar de dos ejes en 3D con una vista lateral de la estructura mecánica donde podemos observar las partes mecánicas y el sistema de transmisión de potencia que ejecutará la inclinación Este-Oeste.

Para conocer la energía que se necesita para poder desplazar la estructura se utiliza el principio de trabajo según menciona Serway, R (2014). El trabajo y energía para mover la estructura esta dado por la siguiente fórmula:

$$W_m = \tau (\Delta\theta) \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

τ : Es el desplazamiento angular.

$\Delta\theta$: Representa torque del motor.

4.2.2.7 Selección del motor

Con los cálculos obtenidos de la energía para girar el soporte se seleccionamos el motor tabla 3.

Tabla 3:

Características del motor reductor DC sin escobillas.

Tipo de motor	Características	
Motor reductor DC sin escobillas	rango de velocidad	0,4-50 rpm
	Par máximo	35 Nm
	tensión	24 V CC
	modelo	serie FBB T3
	costo	S/ 150.00

Nota: Elaboración propia.

Figura 18:

Motor reductor DC sin escobillas.



Nota. En la figura se muestra el motor reductor de la marca Mellor Electric que realizará la fuerza para orientar el panel solar.

4.2.2.8 Sensor de luminosidad

Figura 19:

Sensor de luminosidad.

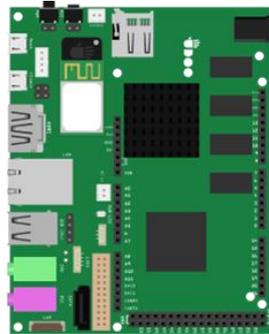


Nota: En la figura se observa el sensor de luminosidad se encuentra con un rango de medición de 0 a 65000 lux, de la empresa SERVERSCHECK con una respuesta rápida y por lo que cumple con las características deseadas obtenidos del catálogo SERVERSCHECK.

4.2.2.9 Microcontrolador

Figura 20:

Microcontrolador Udoo



Nota. En la figura se observa un microcontrolador Udoo es una computadora de placa única que puede ejecutar el sistema operativo Android o Linux y también cuenta con un microcontrolador integrado compatible con Arduino.

4.2.3 El nivel de tensión

Según especificaciones del kit solar empleado en el diseño del seguidor solar entrega una tensión de 12V DC. Los cuales requieren una batería para almacenar los 12V y un inversor para transformar los 12V DC A 220V AC.

Tabla 4:

Instrumento de recolección de datos de potencia

Mes	Potencia W
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	
Julio	
Agosto	
Setiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

Pudiendo utilizar el sistema para cargas en DC, para determinar los niveles de potencia se determinan de acuerdo a la siguiente tabla de instrumento de recolección de datos de potencia obtenido de programa PVsyst 7.2. Como muestra la tabla 4.

4.3 Resultados

4.3.1 Características del mapa solar

Realizado el análisis de las características del mapa solar se desarrolla la tabla 6 donde se muestra los parámetros encontrados para el caserío buenos aires provincia san Martín.

Tabla 5:

Parámetros geográficos

Buenos Aires provincia San Martín				
Localidad	País	Longitud (°)	Latitud (°)	Altura (m)
Buenos Aires	Perú	-76.3273	-6.7906	220

En la Tabla 5 se muestra los parámetros geográficos del lugar de estudio obtenidas con el programa PVsyst 7.4.

Tabla 6:

Resultados de las características geográficas

Meses	Potencia W/día	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez linke [-]	Humedad relativa %
Enero	45.33	28	1.6	3.304	73.3
Febrero	43	27.6	1.3	3.292	76.1
Marzo	53.33	27.2	1.09	3.18	77.9
Abril	56.66	26.6	0.89	3.132	79.8
Mayo	65.33	27.2	0.89	3.039	77.3
Junio	65.33	26.5	0.8	3.033	78.1
Julio	66.33	26.6	0.79	3.072	75.6
Agosto	55.66	27.4	1	3.725	72.7
Setiembre	47.66	27.2	1.11	4.323	75.1
Octubre	44.33	27.9	1.28	3.545	73.6
Noviembre	41.33	27.9	1.49	3.524	74.7
Diciembre	43.33	28	1.71	3.346	73.7

En la siguiente Tabla 6 se muestra los valores de la irradiación, temperatura, velocidad del viento, turbidez y la humedad.

4.3.2 Diseño de la parte fija y móvil

Para conocer la fuerza que se requiere para poder mover la estructura se utiliza el principio de trabajo según menciona Serway, R (2014). El principio de trabajo y energía el cual nos permite conocer la variación del movimiento de un

cuerpo y de esa manera conocer el trabajo necesario para mover la estructura el trabajo del motor esta dado por la siguiente fórmula:

$$W_m = \tau (\Delta\theta) \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

τ : Es el desplazamiento angular.

$\Delta\theta$: Representa torque del motor.

Conocemos que el desplazamiento máximo de la estructura será 60° desde su posición inicial. Por lo cual dicho valor le pasamos a radianes mediante conversión de unidades.

$$\Delta\theta = \pi/180^\circ (60^\circ) = \pi/3 \text{ rad}$$

Remplazando los datos en ecuación principal tenemos:

$$W_m = \tau * \pi/3 \text{ rad}$$

Calculando la velocidad angular:

$$\omega = \theta / t \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

θ : Representa la posición inicial

t : Es el tiempo

Remplazando los datos en ecuación tenemos:

$$\omega = \frac{\pi/3 \text{ rad}}{10\text{s}}$$

$$\omega = 0.104 \text{ rad/s}$$

También calculamos r es la distancia que se obtiene del centroide desde su posición inicial a su posición final, mediante el software inventor con las leyes trigonométricas obteniendo así:

$$r = 0.470 \text{ m} (1 - \text{seno } 60^\circ)$$

$$r = 0.012 \text{ m}$$

calculando la velocidad lineal:

$$v = \omega \cdot r$$

$$v = 0.104 \text{ rad/s} \cdot 0.012 \text{ m}$$

$$v = 0.001248 \text{ m/s}$$

El momento de inercia que nos da el software y la masa total de la estructura metálica y panel solar es:

$$I = 32.140 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$m = 34 \text{ kg}$$

Con estos datos calculamos la energía cinética final.

$$T_2 = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$T_2 = \frac{1}{2} (34 \text{ kg}) (0.001248 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2} (32.140 \text{ kg} \cdot \text{m}^2) (0.104 \text{ rad/s})^2$$

$$T_2 = 0.1738 \text{ J}$$

Realizado los cálculos de realiza el remplazo de los datos en la ecuación obteniendo como resultado el torque requerido para mover la estructura es 19.91 N.m.

$$T_1 + (W_m - W_p) = T_2 \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

T_1 : Energía cinética inicial

T_2 : Energía cinética final

W_m : Trabajo ejercido por el motor

w_p : Trabajo ejercido por el peso

$$0 + \left(\frac{\pi}{3} \tau - 34(9.81) (0.062) \right) = 0.1738 \text{ J}$$

$$\tau = 19.91 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Tabla 7:

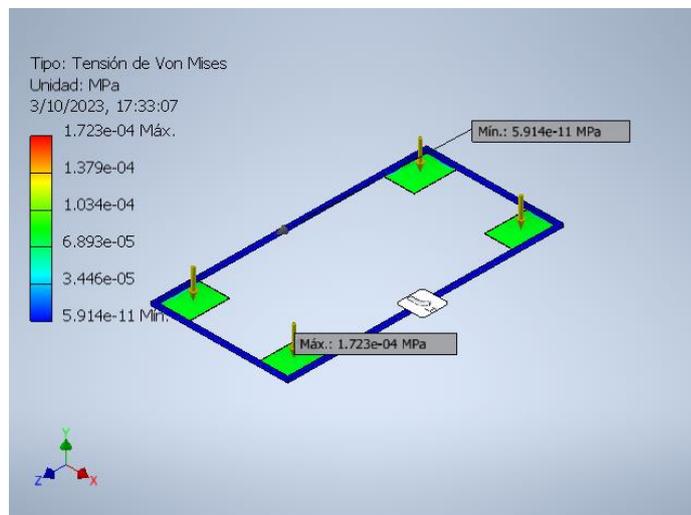
Resultados de la fiabilidad de estructura en la simulación

	Esfuerzo máximo (Mapa)	Deformación máxima (mm)	Torque (N.m)
Simulación con el programa	0.000172317	0.00	19.91
Características según catálogo	270	2	35

En la siguiente tabla se observa que el esfuerzo máximo de la estructura de la parte fija se encuentra sometida a 0.000172317 MPa el cual es menor 270 MPa de acuerdo a lo que establece la norma ASTM A500, por tanto, la estructura diseñada responde a los indicadores de fiabilidad obtenido con el software SolidWorks.

Figura 21:

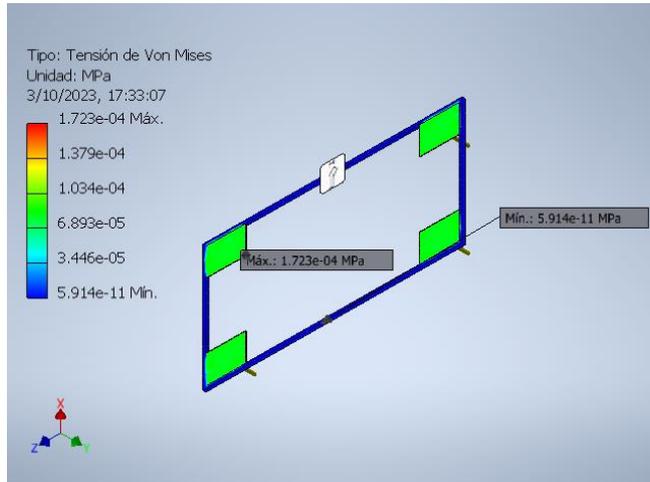
Análisis de tensión de Von Mises vista superior



Nota: En la siguiente figura se observa el diseño del soporte de la estructura que lleva cuatro planchas de acero al carbono es simulado aplicando el peso del panel solar distribuido en los cuatro ángulos de soporte.

Figura 22:

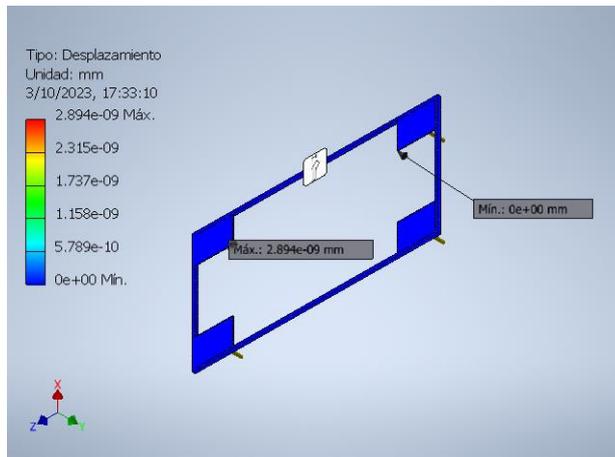
Análisis de tensión de Von Mises vista inferior.



Nota. En la siguiente figura se observa la deformación de la estructura de la parte fija se determinó una deformación máxima de 0.00000000289435 mm determinando que el espesor de 2mm del diseño de la estructura es suficiente para el peso aplicado.

Figura 23:

Análisis del desplazamiento del soporte vista inferior.



Nota. En la siguiente figura se muestra el desplazamiento máximo de la estructura de la parte fija con el simulador SolidWorks nos da un resultado de 0.00000000289435 mm.

4.3.3 Niveles de tensión y potencia del seguidor solar

El nivel de tensión en el proyecto está determinado en función a la cantidad de paneles solares para el caso se está determinando un panel cuyo nivel de tensión es de 12V, lo cual alimentará cargas de 12V.

Tabla 8:

Resultados de la potencia

Mes	Potencia W día
Enero	45.33
Febrero	43
Marzo	53.33
Abril	56.66
Mayo	65.33
Junio	65.33
Julio	66.33
Agosto	55.66
Setiembre	47.66
Octubre	44.33
Noviembre	41.33
Diciembre	43.33

En la siguiente tabla se muestra los niveles de potencia por meses para alimentar las cargas, lo que se ha determinado según el programa PVsyst.

Tabla 9:*Resultados de la potencia entregada*

Mes	Potencia Wdía	cargas	tención de la carga	cantidad	total	exceso
Enero	45.33	lámpara LED	20w	2	44W	1.33
		cargador de celular	2w	2		
Febrero	43	lámpara LED	20w	2	42W	1
		cargador de celular	2w	1		
Marzo	53.33	lámpara LED	20w	2	46W	7.33
		cargador de celular	2w	3		
Abril	56.66	lámpara LED	20w	2	48W	8.66
		cargador de celular	2w	3		
Mayo	56.33	lámpara LED	20w	2	48W	8.33
		cargador de celular	2w	4		
Junio	65.33	lámpara LED	20w	3	64W	1.33
		cargador de celular	2w	2		
Julio	66.33	lámpara LED	20w	3	64W	2.33
		cargador de celular	2w	2		
Agosto	55.66	lámpara LED	20w	2	46W	9.66
		cargador de celular	2w	3		
Setiembre	47.66	lámpara LED	20w	2	46W	1.66
		cargador de celular	2w	3		
Octubre	44.33	lámpara LED	20w	2	44W	0.33
		cargador de celular	2w	2		
Noviembre	41.33	lámpara LED	20w	2	40W	1.33
		cargador de celular	2w	0		
Diciembre	43.33	lámpara LED	20w	2	42W	1.33
		cargador de celular	2w	1		

En la Tabla 9 se muestra las potencias simuladas con el programa PVsyst. Además se muestra que las cargas podría alimentar como dos lámparas led de 20W y cuatro cargadores de celular de 2W como máximo, dejando un exceso de energía de 9.66 W.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de haber descrito los resultados de la investigación con respecto al análisis del mapa solar, al diseño de la parte fija y móvil del seguidor solar y el nivel de tensión y potencia, se validan con los resultados obtenidos en los antecedentes.

Los resultados con respecto al análisis del mapa solar guarda relación con lo que fundamenta Arpi, S. y Prado, B. (2022), quienes señala que para un correcto dimensionamiento es importante conocer las características geográficas del lugar de investigación como se muestra en la tabla 5.

Respecta al diseño de la parte fija y móvil del seguidor solar los resultados concuerdan con lo que menciona Daza, L. y Pérez, J. (2020), quienes evidencian que la simulación nos permite conocer si el diseño cumple con las condiciones de esfuerzo y deformación, asegurando que el sistema no esté sometido a pandeo, dando garantía al panel solar tal, como se muestra en la tabla 7.

Para lo referente al resultado del nivel de tensión y potencia la investigación tiene similitud con lo que menciona Daza, L. y Pérez, J. (2020), quienes evidencian que el seguimiento solar puede generar mayor energía que un sistema en posición fija, obteniendo potencias significativas como se muestra en la tabla 8.

VI. CONCLUSIONES

1. Después del análisis del mapa solar, se determinó los parámetros del nivel de incidencia solar los cuales están especificados en la Tabla 9 resaltando mayor nivel de potencia disponible. En el mes de mayo con un valor de 65.33 W y julio con un valor de 66.33 W, lo cual nos lleva a concluir que durante esos meses podrá alimentar la mayor cantidad de cargas y en el mes de noviembre alimentando también con 41.33 W siendo esta la menor cantidad de potencia de energía, como muestra la Tabla 9.
2. Se determino los elementos de la parte fija y móvil, de la parte fija son perfiles estructurales de 1" *1" *2mm, estructurados con un tubo cuadrado 1 ½" *1 ½*2mm, un eje de 1", una plancha de acero al carbono, pernos tipo alíen M5*40 y kit solar de 12V. Los elementos de la parte móvil son engranaje, sensor de luz chumacera de 1" y dos motores reductores DC sin escobillas de 35N.m lo cual es mayor a 19.91N.m requerido por la estructura. Donde se concluye que el diseño cumple con las características requeridas ya que con los resultados obtenidos en la simulación de los puntos críticos presenta un esfuerzo máximo de 0.000172317 MPa el cual se encuentra sometida a la estructura. Pudiendo soporta hasta 270 MPa los cuales están especificados en el anexo 3.
3. Se determinó para este sistema un panel cuyo nivel de tensión es de 12V, lo cual alimentará cargas de este mismo voltaje pudiendo evidenciar que este sistema podrá suplir la demanda energética como muestra la Tabla 9 de 41.33W hasta 66.33W de potencia por día durante 24 horas, abasteciendo lámparas LED y cargas de celulares.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Vidal Castañeda, J. (2022). *Diseño de seguidor solar por medio de sensor de radiacion para incrementar la produccion de energía eléctrica en modulos*, Tesis de Titulo de Ingeniero Electricista, Universidad Nacional del Centro, Perú.
- Daza Carrillo, L., & Pérez Aselas, J. (2017). *Comparacion de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante seguimiento solar* (Tesis de Titulo de Ingeniero Quimico del Gas Natural) .Universidad Nacional del Centro ,Perú.
- Mamani Huamani, J. (2020). *Diseño Y construccion de un sistema automático de seguimiento solar basado en visión artificial aplicado a sistemas fotovoltaicos* (Tesis de Titulo de Ingeniero Electrónico) .Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,Perú.
- Bueno, J. & Santo,L.(2022). *Inplementacion de un sistema fotovoltaico con seguimiento solar para optimizacion de cosecha energetica en la ciudad de guayaquil durante el ciclo escolar 2021-2022*,Tesis de Titulo de Ingeniero Mecatronico, Universidad Politecnica Saleciana Celesiana,Ecuador.
- Vargas, R. & Castillo,L. (2017). *Arduino una herramienta accesible para el aprendizaje de programación*.(4 ed., Vol. 4). Pearson
- Cayllahua, L. (2019). *Diseño Y construccion de un sistema de seguimiento solar para sistemas fotovoltaicos,basado en procesamiento de imagenes* (Tesis para obter el grad academico de Maestro en Ciencias :con Mension en Fisica) .Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,Perú.
- Labouret, C., & Viloz, J. (2008). *Energías alternas:Propuesta de investigación. (Vol. 1, pág. 11)*.
- Negron LLacuachaqui, F. (2020). *Comparacion de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante seguimiento solar* (Tesis de Titulo de Ingeniero Quimico del Gas Natural) .Universidad Nacional del Centro ,Perú.
- Budynas, R. (2011). *Diseño en ingenieria mecvanica* (9 .^a e d). Editores S.A
- Arpi, S. & Prado,B.(2022). *Diseño de un seguidor solar de doble eje para un sistema de energía fotovoltaica en el centro de salud de la comunidad de Yaapi, Ecuador*,Tesis de Titulo de Ingeniero Mecatronico, Universidad Politecnica Selesiana Sede Cuenca,Ecuador.
- Aparicio, M.(2008). *Radiacion solar y su aprovechamiento energetico*, 92-98. Marcombo.
- Castro, M., Carpio, J., Guirado, R., & Colmenar, A. (2008). *Energia Solar Fotovoltaica* (2 .^a e d). Progenza.

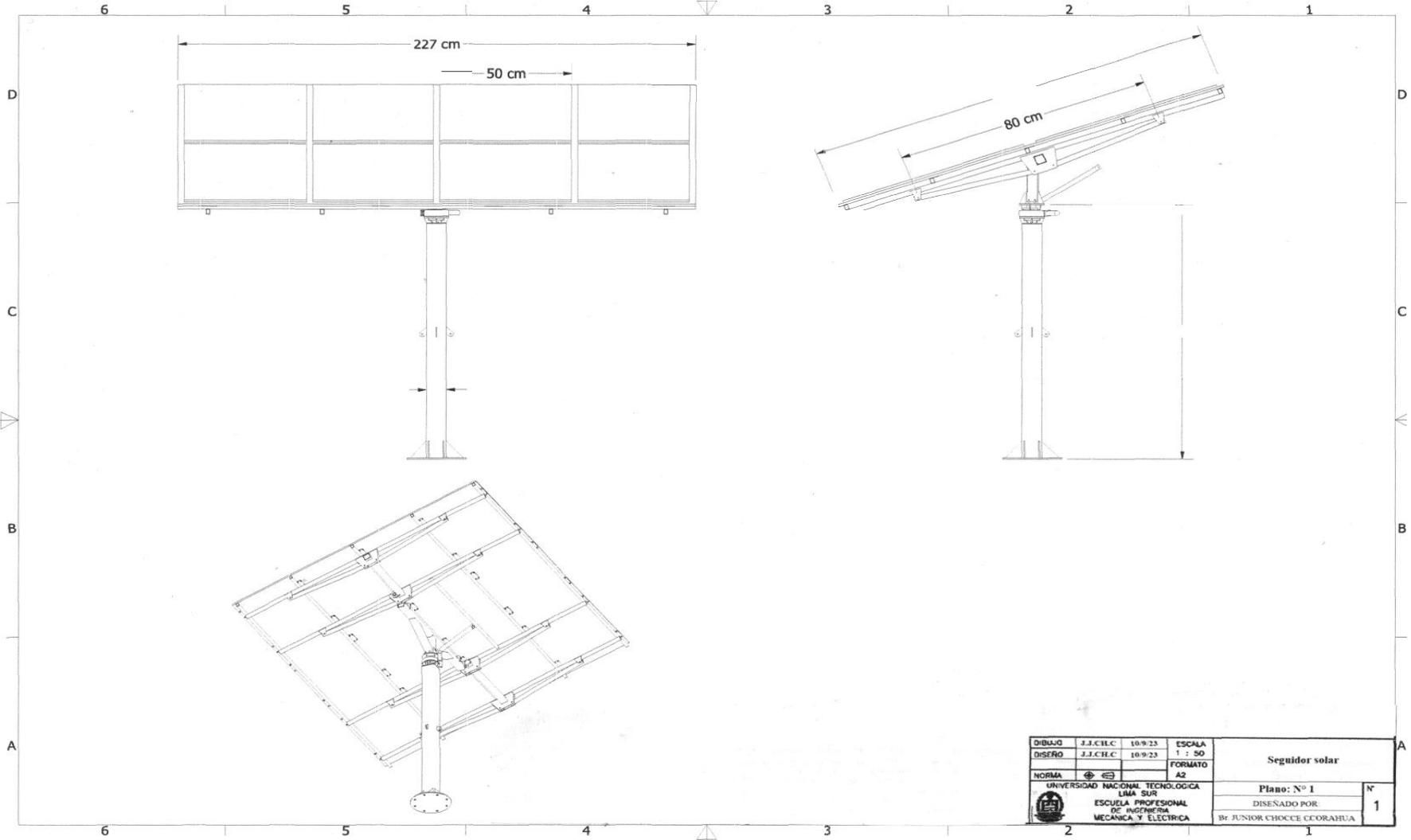
- Estrada Gasca, C., & Islas Samperio, J. (2010). *Energías alternativas: Propuesta de investigación y desarrollo tecnológico para México*. México.
- Aparicio, M. (2008). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*, 92-98. Marcombo.
- Serway, R. (2014). *Física para ciencias e ingeniería*. (9.ª ed.).
- Fernández Salgado, J. M. (2010). *Compendio de Energía Solar*. (2.ª ed.) Mundi Prensa.
- Fernández, C., & Batista, P. (2008). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). Editores, S.A.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

DISEÑO DEL SEGUIDOR SOLAR PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA A LA CARGA DE UNA VIVIENDA EN EL CASERÍO BUENOS AIRES PROVINCIA SAN MARTÍN			
PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	DIMENSIONES
<p>Problema General: ¿Cómo será el diseño del seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín?</p>	<p>Objetivo General: Diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín.</p>		
<p>Problema específico 1: ¿Cómo será el análisis de las características del mapa solar para diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín?</p>	<p>Objetivo Específico 1: Analizar las características del mapa solar para diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San</p>		
<p>Problema específico 2: ¿Cuál será los elementos de la parte fija de captación para diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín?</p>	<p>Objetivo Específico 2: Determinar los elementos de la parte fija y móvil de captación para diseñar el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín</p>	seguidor solar	dispositivo mecánico
<p>Problema específico 3: ¿Qué nivel de tensión y potencia entregara el seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en el caserío Buenos Aires provincia San Martín?</p>	<p>Objetivo Específico 3: Determinar el valor de tensión y potencia del diseño del seguidor solar para suministrar energía eléctrica a la carga de una vivienda en Buenos Aires provincia San Martín</p>		

Anexo 2. Plano del seguidor solar



DIBUJO	J.J.C.H.C.	10/9/23	ESCALA		Seguidor solar
DISEÑO	J.J.C.H.C.	10/9/23	1 : 50		
NORMA			FORMATO	A2	
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA SUR					Plano: N° 1
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA					DISEÑADO POR
					BY JUNIOR CHOCCE CCORAHUA
					N°
					1

Anexo 3. Ficha técnica tubo ASTM A500

Tubo ASTM A500 LAC y GALV

PARA ESTRUCTURAS

DE NOMINACIÓN:

TNM RED ND A500, TNM RED OD A500, TNM CUA A500, TNM REC A500.
TGM RED OD A500, TGM RED ND A500, TGM CUA A500, TGM REC A500.

DESCRIPCIÓN:

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente o con superficie galvanizada, utilizando el sistema de soldadura de resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

USOS:

Diversas estructuras livianas y pesadas, correderías, tijerales, postes, etc.

NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:

Las propiedades mecánicas, dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500 - Grados A y B según lo solicitado.

PRESENTACIÓN:

- Longitud:
 - Redondos: 6.40 m y 6 m.
 - Cuadrados y rectangulares: 6 m.
 - Otras longitudes a pedido.
- Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)							
		1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	3.3	4.0	
REDONDO NOMINAL	1/4"	13.70	0.53	0.58	0.65				
	3/8"	17.10	0.68	0.75	0.84				
	1/2"	21.30	0.87	0.95	1.08	1.16	1.35		
	3/4"	26.70	1.11	1.22	1.38	1.49	1.75		
	1"	33.40	1.40	1.55	1.76	1.91	2.25		
	1 1/4"	42.20	1.79	1.98	2.26	2.45	2.90		
	1 1/2"	48.30	2.06	2.28	2.61	2.82	3.35	3.66	4.37
	2"	60.30	2.60	2.88	3.29	3.56	4.34	4.64	5.56
	2 1/2"	73.00		3.50		4.35	5.18	5.67	6.81
	3"	88.90		4.29		5.33	6.36	6.97	8.38
4"	114.30		5.54		6.90	8.34	9.04	10.88	

■ Negro y Galvanizado.
(*) Dimensiones y Tolerancias.

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)								
		1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	
CUADRADO L.E.	-	25x25	1.06		1.46					
	-	30x30	1.30		1.70					
	-	40x40	1.78		2.24			3.32		
	-	50x50	2.25		3.12	3.87	4.32			
	-	2"	50.8		3.12	3.87	4.32			
	-	75x75			4.50	5.56	6.81			
-	100x100			6.17	7.68	9.17	12.13	13.99	16.98	

■ Negro y Galvanizado.

SISTEMA INGLÉS:

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)								
		1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0
CUADRADO L.E.	1"	-		1.36	1.90	1.70	1.84	2.17		
	1 1/4"	-		1.71	1.90	2.16	2.34	2.77		
	1 1/2"	-		2.07	2.29	2.62	2.84	3.37		
	2"	-		2.79	3.09	3.54	3.83	4.56	5.99	
	3"	-			4.69	5.37	5.83	6.96	9.18	
RECT. L.E.	4"	-			6.28		7.82	9.35	12.37	13.86
	1" x 2"	-		210	2.32					
	2" x 3"	-		354	3.92		4.87	5.81		
	2" x 4"	-			4.71		5.85	6.98	9.21	10.31
	2" x 6"	-			6.34		7.89	9.43	12.48	13.98
4" x 10"	-								34.60	

■ Negro y Galvanizado.

SISTEMA MÉTRICO:

DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)											
	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0
REDONDO NOMINAL	25 mm	1.12	1.33	1.47		1.81						
	30 mm		1.62	1.79								
	38 mm		2.07	2.29		2.83	3.36					
	40 mm		2.18	2.41		2.99	3.55					
	50 mm		2.75	3.04		3.77	4.49		6.57	8.53		
	75 mm			4.61		5.73	6.84	9.03	10.10	13.24		
	80 mm			4.93		6.13	7.31	9.65	10.81			
	100 mm			6.18		7.70	9.20	12.17	13.63	17.95		
	125 mm					11.95		17.16	22.66			
	150 mm					13.91		20.70	27.37	36.10	44.64	
200 mm					18.62		27.76	36.79	48.66	60.34		
250 mm							34.83	46.21	61.22	76.04		
300 mm									73.79	91.74	109.49	
400 mm										123.14	147.18	

■ Negro y Galvanizado.

Activar Windows
Ve a Configuración para activar W

QCQA01-F219/05/JUL 20



Tubo ASTM A500 LAC y GALV PARA ESTRUCTURAS

DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESESORES (mm)												
	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0	
RECTÁNGULO	20 x 40	1.35		1.70									
	25 x 50	1.65	2.04	2.26									
	40 x 50		2.46	2.73									
	40 x 60	2.26	2.75	3.03		3.60	4.25						
	40 x 80	2.71		3.66		4.39	5.19						
	50 x 70			3.67		4.56	5.43						
	50 x 75					5.42							
	50 x 100		4.16	4.50		5.56	6.60	8.59	10.10	13.24			
	50 x 150			6.17		7.68	9.17	11.73	13.63	17.95			
	150 x 100					9.66	11.55	15.31	17.16	22.66			
	200 x 100						13.91	18.45	20.70	27.37	36.10	44.64	
	200 x 150						16.26	21.59	24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 100								24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 150								27.76	36.79	48.66	60.34	
	300 x 200									46.21	61.22	76.04	90.65
	400 x 200											91.74	108.49
	500 x 300												123.34

■ Negro y Galvanizado.

MATERIA PRIMA:

Acero laminado en caliente calidad estructural.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES

(Referidas a los valores nominales):

Espesor : + / - 10%

Longitud : +127 / -64

Sección:

1.- Redondo:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg)	TOLERANCIA DIMENSIONAL + / - (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.5 %
Mayores 2"	0.75 %

2.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores 2 1/2" incl.	0.020
2 1/2" a 3 1/2" incl.	0.025
3 1/2" a 4 incl.	0.030

3.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores a 63.5 incl.	0.51
63.5 a 88.9 incl.	0.64
88.9 a 139.7 incl.	0.76
Mayores a 139.7	0.01 veces el largo de la dimensión plana

PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM A500/A500M GRADOS A y B)

SECCIÓN	NORMA TÉCNICA		GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	ELONGACIÓN MÍNIMO
	DEL TUBO	DEL ACERO				
REDONDO	ASTM A 500/A500M	ASTM A 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25
CUADRADO	ASTM A 500/A500M	ASTM A 500 GRADO A	A	270	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25
RECTÁNGULO	ASTM A 500/A500M	ASTM A 500 GRADO A	B	269	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25

(≈) Dimensiones y Tolerancias.

Activar Win
Ve a Configura

QCQA01-F219/05/JUL 20

Nota. Se adjunta características técnicas tubo ASTM A500.

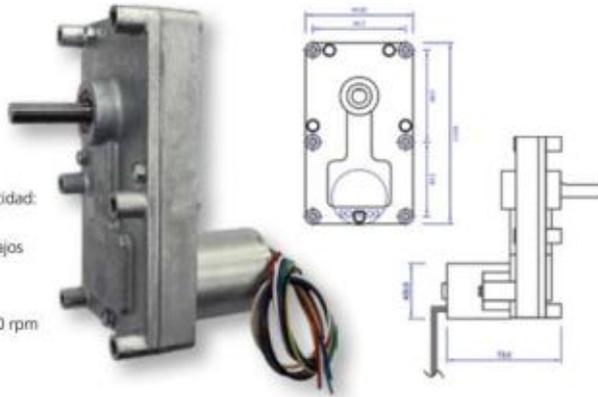
Anexo 4. Ficha técnica motor reductor DC sin escobilla.

23/9/23, 10:41



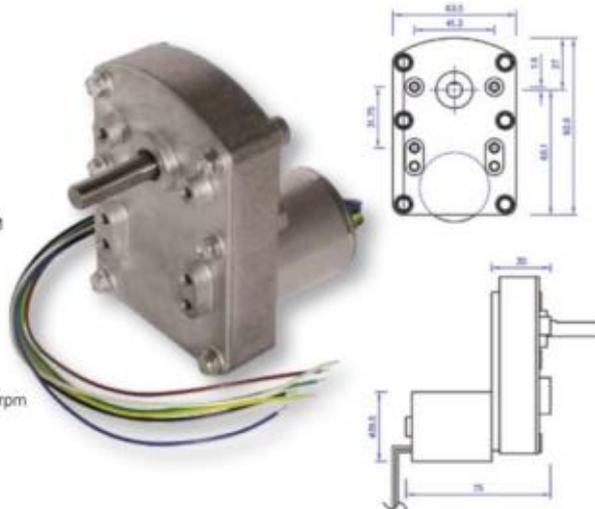
Serie FBB T3 motor-reductor DC sin escobillas

- Tensión nominal 24VDC
- Bidireccional
- Control de velocidad por PWM
- Resolución de señal de velocidad: seis pulsos por revolución
- Niveles excepcionalmente bajos de ruido
- Larga vida
- Rango de velocidad: 0,4 - 50 rpm
- Par máximo: 35 Nm



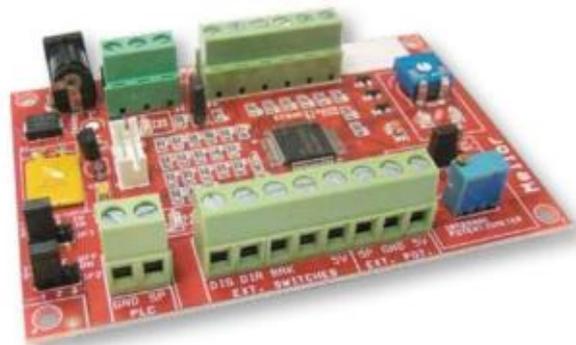
Serie UBB T6 motor-reductor DC sin escobillas

- Tensión nominal 24VDC
- Bidireccional
- Control de velocidad por PWM
- Resolución de la señal de velocidad: seis pulsos por revolución
- Niveles excepcionalmente bajos de ruido
- Larga vida
- Rango de velocidad: 20 - 400 rpm
- Par máximo: 8Nm



Unidad de Control para motor Brushless DC

- Salida monofásica
- Cambio de dirección
- Sistema con freno
- Transductor tipo Hall
- Limite velocidad ajustable
- Accionamiento directo/frecuencia
- Gran eficiencia
- Fusible reseteable incorporado
- Posibilidad de montaje en base rail



Anexo 5. Código de control

```
clear all
clc
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
COM='COM5'; % Port Arduino

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Comunicacion MATLAB %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

delete(instrfind({'Port'},{COM}));
serialPort=serial(COM,'BaudRate',9600);
fopen(serialPort); % open port
pause(2); % delay 3 seconds
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

servaluelx=0;
servaluey=0;
servalue=0;

% %s=serial('COM3','BAUD',9600);
% %fopen(s);
posx=0;
posy=0;
camara=webcam('USB2.0');

fdx=64/2;
fdy=48/2;

Z=80;

L1=55; %%distancia en mm, 55mm
fc = [ 830.324149062624310 ; 826.939629764713350 ]; %%calibracion de la camara
cc = [ 392.873984280643980 ; 227.666441014462860 ];
anteriorcx=320;
anteriorcy=240;
angulo2=0;
tf=10;
ts=0.1;
t=0:ts:tf;

Q=length(t);
%while 1
for k=1:Q
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
I=snapshot(camara);

%figure, imshow(I);
I2=rgb2gray(I);

%level=graythresh(I2);
bw=im2bw(I2,0.98); %para luz
%bw=im2bw(I2,level); %para blanco y negro
%figure, imshow(bw);
```

```

    %disp(level)
    [N, M]=size(bw);

    for i=1:N
        for j=1:10
            bw(i,j)=1;
        end
    end

    %%bw=not(bw); %para blanco y negro
    bw=imopen(bw, strel('disk',15)); %%antes en lugar de 50 era 9 para blanco y negro
    figure(1), imshow(I);

    M00=0;
    M10=0;
    M01=0;

    M20=0;
    M02=0;
    M11=0;

    for i=1:N
        for j=1:M
            M00=M00+bw(i,j);
            M10=M10+j*bw(i,j);
            M01=M01+i*bw(i,j);
            M11=M11+j*i*bw(i,j);
            M20=M20+j^2*bw(i,j);
            M02=M02+i^2*bw(i,j);

        end
    end

    if M00 == 0
        cx=anteriorcx;
        cy=anteriorcy;
    else
        % if angulo2 >= 5
        % cx = 640 - M10/M00;
        % cy=M01/M00;
        % else
        cx=M10/M00;
        cy=M01/M00;
        % end
    end

    hxe=320-cx;
    hye=240-cy;
    hxe2(k)=320-cx;
    hye2(k)=240-cy;
    eu(k)= sqrt((hxe*hxe)+(hye*hye));

    aa=((cc(1)-round(cx/10))^2)+((fc(1))^2);

```

```

ba=-2*(cc(1)-round(cx/10))*(cc(1)-fdx);
ca=((cc(1)-fdx)^2)-((fc(1))^2);
cosx1=(-ba+(abs((ba^2)-4*aa*ca))^0.5)/(2*aa);
posx1=acos(cosx1)*180/pi;

ab=((cc(2)-round(cy/10))^2)+((fc(2))^2);
bb=-2*(cc(2)-round(cy/10))*(cc(2)-fdy);
cb=((cc(2)-fdy)^2)-((fc(2))^2);
cosy1=(-bb+(abs((bb^2)-4*ab*cb))^0.5)/(2*ab);
posy1=acos(cosy1)*180/pi;

if (cx/10)<=fdx
    posx1=-1*posx1;
else
    posx1=1*posx1;
end
if (cy/10)<=fdy
    posy1=1*posy1;
else
    posy1=-1*posy1;
end

servaluex=servaluex+posx1;
servaluey=servaluey+posy1;

trama=[num2str(servaluey) ',' num2str(servaluex)]; % String data

fprintf(serialPort,'%s\n',trama,'sync'); % send data (String)

hold on;
plot(cx,cy,'ms')

text(10,45,'Cx en pixeles ','Color','cyan')
text('position',[95,45],'string',round(10*posx1),'Color','cyan')
text(10,60,'CY en pixeles ','Color','cyan')
text('position',[95,60],'string',round(10*posy1),'Color','cyan')
hold off;

    anteriorcx=cx;
    anteriorcy=cy;
end

figure(2)
plot(t,hxe2,'r','LineWidth',2), grid on, xlabel('Tiempo (s)'); ylabel('Error hx
pixeles'); % Label axis
figure(3)
plot(t,hye2,'b','LineWidth',2), grid on, xlabel('Tiempo (s)'); ylabel('Error hy
pixeles');
figure(4)
plot(t,eu,'black','LineWidth',2), grid on, xlabel('Tiempo (s)'); ylabel('Error
euclidean');

```

Anexo 6. Informe de análisis de estructura.

Informe de análisis de tensión		
Archivo analizado:	SEGUIDOR SOLAR	
Versión de Autodesk SolidWorks:		
Fecha de creación:	2023	
Autor del estudio:	JUNIOR CHOCCE CCORAHUA	
Objetivo general y configuración:		
Objetivo del diseño	Punto único	
Tipo de estudio	Análisis estático	
Fecha de la última modificación	3/10/2023, 17:19	
Estado de modelo		
Propiedades físicas		
Material	Acero, carbono	
Densidad	7.85 g/cm ³	
Masa	42.6474 kg	
Área	1380560 mm ²	
Volumen	5432790 mm ³	
Centro de gravedad	x=0 mm	
	y=10.427 mm	
	z=0 mm	
Material(es)		
Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	77.5194 GPa
Nombre(s) de pieza	SEGUIDOR SOLAR	

Anexo 7. Costo de sistema de seguidor solar

Elementos	Cantidad	Costo unitario	costo
pernos tipo Alén M5*40	12	S/0.50	S/6.00
perfil estructural tubo cuadrado 1"*1"*2mm	1	S/34.90	S/34.90
perfil estructural tubo cuadrado 1 1/2"*1 1/2"*2m	1	S/44.90	S/44.90
eje de 1"	1	S/15.00	S/15.00
plancha de acero al carbono	1	S/20.00	S/20.00
chumacera 1"	2	S/20.00	S/40.00
kit de engranaje de transmisión	2	S/52.80	S/105.60
motor reductor	2	S/150.00	S/300.00
sensor de luz	2	S/120.00	S/240.00
microcontrolador UDOO	1	S/90.00	S/90.00
kit solar 12V	1	S/4,707.46	S/4,707.46
otros	1	S/300.00	S/300.00
TOTAL			S/5,903.86

Anexo 8. Glosario de términos

Alimentador: Circuito de distribución en media tensión.

Celda fotovoltaica: Es aquella en forma de oblea y fabricada de sílice, la cual recibe los rayos del sol los convierte directamente en energía eléctrica.

Corriente: Cantidad de carga eléctrica que fluye en un conductor.

Conductor: Cuerpo generalmente de naturaleza metálica que permite el paso de carga eléctrica.

Días: Se entenderá como día hábil.

Energía mecánica: Capacidad de cuerpo dado para producir esfuerzo físico.

Energía solar: Es la liberada en el sol por la reacción termonucleares que allí ocurren y viaja a la tierra en la forma de ondas electromagnéticas

Generación: Es una de las actividades del sistema eléctrico que consiste en producción de potencia y energía eléctrica.

Voltio: Se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conducto cuando una corriente de un amperaje utiliza un vatio de potencia.

Servicio eléctrico: Es la actividad prestación ejercida por e estado destinado a satisfacer la necesidad de suministro de energía eléctrica.

Transformador: Dispositivo que utilizando la inducción electromagnética convierte una corriente alterna de un determinado voltaje a otro.

Nodo: Es la base o subestación de internet banda ancha de la red dorsal nacional de fibra óptica.

Eficiencia energética: El uso eficiente de la energía, a veces simplemente llamada, eficiencia energética o ahorro energético.

Consumo de energía: Potencia eléctrica utilizada por toda o por una parte de una instalación durante un periodo determinado de tiempo.

Azimut: Es el ángulo que forma la proyección horizontal de la línea que une el centro del sol con el meridiano de lugar (dirección Norte -Sur) con origen en el sur.

KV: Kilo Voltio

Potencia eléctrica: Tasa de producción, Trasmisión o utilización de energía eléctrica, generalmente expresada en vatios.