



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE
EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 1 kW**

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Electromecánica

Autores:

Caisatoa Condor Cristian Danilo

Condor Villamarin Darwin Marcelo

Tutor:

Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Cristian Danilo Caisatoa Condor y Darwin Marcelo Condor Villamarin declaramos ser autores de la presente Propuesta Tecnológica: “**DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 1 kW**”, siendo el Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún M.Sc. tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto 2022

.....
Cristian Danilo Caisatoa Condor

C.C. 172445741-9

.....
Darwin Marcelo Condor Villamarin

C.C. 1725517815



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 1 kW”, de Cristian Danilo Caisatoa Condor y Darwin Marcelo Condor Villamarín, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto, 2022

El Tutor

Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún M.Sc.

C.I.: 050178243-7



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Caisatoa Condor Cristian Danilo y Condor Villamarin Darwin Marcelo con el título de Proyecto de titulación; "DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE EN UNA ESTACION FOTOVOLTAICA DE 1 kW", han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2022

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina M.Sc.
C.C: 050284769-2

Lector 2

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi M.Sc.
CC: 050259517-6

Lector 3

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena M.Sc.
CC: 050307290-2



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes; Caisatoa Condor Cristian Danilo y Condor Villamarin Darwin Marcelo, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico "DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 1 kW" y realizaron la entrega del módulo para laboratorio de energías renovables cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, agosto, 2022

DIRECTOR DE LA CARRERA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina M.Sc.

C.I.: 050284769-2



Agradecimiento

Principalmente quiero agradecer a Dios por darme la vida, a mi familia quienes me han protegido y estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis estudios agradecerles de todo corazón por siempre confiar en mí.

Gracias a todos mis amigos que depositaron su confianza en mí y me apoyaron para poder conseguir este anhelado logro apoyándome en todo momento de este largo camino.

Agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y poder estudiar la carrera de Ingeniería Electromecánica en la cual he aprendido varias cosas que me servirán para mi vida profesional.

Cristian



Agradecimiento

En primera instancia quiero agradecer a Dios por darme el don de la vida y una familia con la que he contado siempre en cada etapa de mi vida, estando conmigo en mis mejores y peores momentos, dándome su apoyo y una razón más seguir adelante.

A mis amigos los cuales fueron un gran apoyo durante toda esta etapa de preparación con los que hemos podido conseguir este anhelado logro.

Agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de estudiar en la carrera Ingeniería Electromecánica brindándome con cada año sus conocimientos que me servirán en mi vida profesional.

Darwin



Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico principalmente a mi padre Luis Caisatoa y a mi madre Patricia Condor por darme fuerzas, apoyo incondicional y económico cuando más lo necesite, dándome una razón para seguir creciendo cada día.

A mis hermanos Naila y Elian Caisatoa por brindarme su cariño y apoyo incondicional.

Dedico en memoria de mis abuelitos quienes siempre me aconsejaron para seguir con mis estudios, a mis familiares más allegados que siempre me apoyaron para conseguir este objetivo.

Cristian



Dedicatoria

El presente trabajo de titulación va dedicado principalmente a mi padre Marcelino Condor y a mi madre Regina Villamarin que siempre han creído en mi persona y me han dado una razón para esforzarme día a día.

A mis abuelitos José Eloy Villamarin y María Piedad Velásquez quienes fueron mi principal fuente de inspiración durante toda esta etapa de crecimiento tanto personal como profesional, brindándome sus consejos y valores que llevare grabados en mi corazón por el resto de mis días, demostrándome que con esfuerzo y trabajo honesto se puede lograr lo que sea.

Darwin



ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xix
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xxii
1. INFORMACIÓN GENERAL	23
2. INTRODUCCIÓN.....	24
2.1. PROBLEMA	25
2.1.1. Situación problemática.....	25
2.1.2. Diagrama Ishikawa.....	26
2.1.3. Formulación del problema:	26
2.2. OBJETIVOS Y CAMPO DE ACCIÓN.....	26
2.2.1. Objeto de estudio:.....	26
2.2.2. Campo de acción:	26
2.3. BENEFICIARIOS	26
2.3.1. Beneficiarios Directos	26
2.3.2. Beneficiarios Indirectos.....	27
2.4. JUSTIFICACIÓN	27
2.5. HIPÓTESIS	27
2.6. OBJETIVOS.....	28



2.6.1.	Objetivo General.....	28
2.6.2.	Objetivos Específicos	28
2.7.	SISTEMAS DE TAREAS	28
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	29
3.1.	ANTECEDENTES	29
3.2.	ORIGEN DE LOS SEGUIDORES SOLARES	30
3.3.	SEGUIDORES SOLARES.....	30
3.3.1.	Función de los Seguidores Solares	30
3.3.2.	Modelos de Seguidores Solares.....	30
3.3.3.	Seguidor Solar de un Eje	31
3.3.4.	Seguidor Solar Mono Poste	33
3.3.5.	Seguidor Solar de dos Ejes	34
3.3.6.	Seguidor Solar Activo	35
3.3.7.	Seguidor Solar Pasivo	35
3.3.8.	Tipos de Seguimiento Solar	36
3.3.9.	Seguidores Solares Disponibles en la Industria	36
3.3.10.	Elementos que Conforman un Sistema de Seguidor Fotovoltaico	38
3.3.11.	Selección de la Estructura de Seguimiento Solar	38
3.4.	CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS.....	38
3.4.1.	Estructuras Hipostáticas	39
3.4.2.	Estructura Isostática	39
3.4.3.	Estructura Hiperestática	40
3.4.4.	Grados de libertad	41
3.5.	PANEL SOLAR	41
3.6.	TRAYECTORIA ORIENTADA AL SOL	42
3.6.1.	Posicionamiento Terrestre	43
3.6.2.	Movimientos de la Tierra	43
3.6.3.	Zona Geoastronómica de la Tierra	44
3.6.4.	Coordenadas Celestes.....	45
3.6.5.	Solsticio de Verano	45
3.6.6.	Solsticio de Invierno.....	46
3.6.7.	Equinoccio Primavera – Otoño	46
3.6.8.	Equinoccio Otoño – Primavera	47



3.6.9.	Tablas de Valores de Posición de la Tierra	47
3.6.10.	Factores que Intervienen en un Sistema Fotovoltaico.....	49
3.6.11.	Diseño Estructural	50
3.6.12.	Factor de seguridad	51
3.6.13.	Cargas.....	51
3.6.14.	Grados de libertad	51
3.7.	PIEZAS MÓVILES	51
3.8.	ESTRUCTURAS DE SOPORTE.....	51
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	52
4.1.	METODOLOGÍA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION	52
4.2.	TIPOS DE INVESTIGACIÓN	52
4.3.	MÉTODOS.....	52
4.3.1.	Métodos deductivos.....	53
4.3.2.	Método analítico.....	53
4.3.3.	Método analítico-sintético.....	53
4.4.	DECLARACIONES DE VARIABLES	53
4.4.1.	Operaciones de las variables	53
4.4.2.	Métodos, Técnicas e Instrumentos	54
4.5.	ANÁLISIS DE POSICIÓN	55
4.5.1.	Grados de Libertad del Mecanismo.....	57
4.5.2.	Cálculo de Fuerzas Aplicadas en el Eje	57
4.5.3.	Diseño del Eje por Fluencia	57
4.5.4.	Fuerzas en el Eje por la Carga del Viento.....	57
4.5.5.	Separación Óptima Entre Paneles	58
4.5.6.	Cálculo de Distancia Óptima Entre Paneles.....	58
4.5.7.	Análisis de la Altitud Solar del Ecuador	59
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
5.1.	GRADOS DE LIBERTAD.....	59
5.2.	FUERZAS APLICADAS EN EL EJE.....	59
5.3.	PESO DE LA ESTRUCTURA.....	59
5.4.	FUERZA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.....	60
5.4.1.	Momento para mover la estructura.....	61



5.4.2.	Reacciones en los apoyos del eje	61
5.5.	Diagrama de cuerpo libre	61
5.5.1.	Cálculos de las fuerzas en el plano XY.....	61
5.5.2.	Cálculo de las fuerzas en el plano XZ.....	62
5.5.3.	Fuerzas cortantes en los planos YZ y XZ.....	63
5.5.4.	Fuerza Resultante en los Planos	63
5.5.5.	Momentos Flectores en los planos YX.....	64
5.5.6.	Momento Flector Resultante en los dos Planos.....	64
5.5.7.	Diámetro Ideal para el Eje.....	65
5.5.8.	Cálculo de Altura para los Obstáculos	65
5.5.9.	Cálculo de la Distancia Optima Entre Paneles	66
5.5.10.	Grados de Libertad del Mecanismo.....	66
5.6.	DISEÑO PRELIMINAR DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.....	67
5.6.1.	Diseño mecánico de un eje.....	67
5.6.2.	Selección de Materiales.....	68
5.6.3.	Cuerpos Finos.....	68
5.6.4.	Tensión de Von Mises.....	69
5.6.5.	Desplazamiento	70
5.6.6.	Rotación.....	70
5.6.7.	Factor de seguridad	71
5.6.8.	Deformación equivalente	71
5.6.9.	Simulación solsticio de verano.....	72
5.6.10.	Simulación equinoccio de otoño/otoño	72
5.6.11.	Solsticio de Invierno.....	73
5.6.12.	Equinoccio de Primavera / Verano.....	73
5.6.13.	Análisis de la Altitud Solar del Ecuador	74
5.7.	CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES DESMONTABLES	75
5.8.	CONSTRUCCIÓN DE SOPORTES EN EJE MÓVIL.....	75
5.9.	CONSTRUCCIÓN DE ÁNGULOS MÓVILES VERTICALES AJUSTABLES.....	76
5.10.	CONSTRUCCIÓN DE SUJETADORES LATERALES.....	77
5.11.	CONSTRUCCIÓN DE BRAZO ACTUADOR	77
5.12.	CONSTRUCCIÓN EJE MÓVIL ACOPLABLE	78
5.13.	MONTAJE DE RODAMIENTOS	78



5.14.	POSICIONAMIENTO Y UBICACIÓN	79
5.15.	ENSAMBLAJE DE PIEZAS ESTRUCTURALES	79
5.16.	FINALIZACIÓN Y COLOCACIÓN DE PANELES SOLARES	80
5.17.	MÁXIMO GRADO DE MOVIMIENTO	80
5.18.	GASTOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	81
5.18.1.	Gastos necesarios para construcción del mecanismo	81
5.18.2.	Gastos para la sujeción del mecanismo	82
5.18.3.	Gatos para la elaboración	82
5.18.4.	Gastos para el tratamiento de la estructura.....	82
5.18.5.	Gasto en Rodamientos.....	83
5.18.6.	Gastos Mano de Obra	83
5.18.7.	Cálculo de VAN y TIR.....	83
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
6.1.	CONCLUSIONES.....	84
6.2.	RECOMENDACIONES	85
7.	BIBLIOGRAFÍA	86
8.	ANEXOS.....	90



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Actividades por objetivos.....	28
Tabla 3.1. Rendimiento solar y capacidad de giro	31
Tabla 3.2. Seguidores disponibles en el mercado.....	37
Tabla 3.3. Datos de solsticio de verano	47
Tabla 3.4. Datos equinoccio de primavera	48
Tabla 3.5. Datos solsticio de invierno	48
Tabla 3.6. Datos solsticio de invierno	49
Tabla 4.1. Variable Independiente.....	53
Tabla 4.2. Variable Dependiente	54
Tabla 4.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos	54
Tabla 4.4. Selección de material.....	68
Tabla 5.1. Gasto de la construcción.....	81
Tabla 5.2. Gastos para la sujeción	82
Tabla.5.3. Gastos de la elaboración.....	82
Tabla 5.4. Gastos tratamiento estructural	82
Tabla 5.5. Gastos de rodamientos.....	83
Tabla 5.6. Gastos de mano de obra.....	83



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Características de seguidor solar de un eje	32
Figura 3.2. Ejemplo seguidor solar de un eje	32
Figura 3.3. Estado de posicionamiento de tres etapas	33
Figura 3.4. Características de seguidor solar mono poste	33
Figura 3.5. Relación de ángulo de inclinación y potencia incidente	34
Figura 3.6. Diseño de estructura mono poste	34
Figura 3.7. Seguidor solar de dos ejes	35
Figura 3.8. Estructura seguidora solar activo	35
Figura 3.9. Seguidor solar pasivo	36
Figura 3.10. Estructuras hipostáticas	39
Figura 3.11. Estructura isostática	40
Figura 3.12. Ejemplo viga Isostática	40
Figura 3.13. Estructura hiperestática	41
Figura 3.14. Panel solar	41
Figura 3.15. Dimensiones de panel solar.....	42
Figura 3.16. Movimiento de la tierra alrededor del sol	44
Figura 3.17. Zona geoastronómica de la tierra	44
Figura 3.18. Coordenadas celestes	45
Figura 3.19. Solsticio de verano	46
Figura 3.20. Solsticio de invierno.....	46
Figura 3.21. Equinoccios otoño y primavera.....	47
Figura 3.22. Etapas de proceso de diseño estructural.....	50
Figura 4.1. Metodología y pasos para construcción del mecanismo	55
Figura 4.2. Ubicación Universidad Técnica de Cotopaxi.....	56
Figura 4.3. Posicionamiento de paneles en la terraza del bloque B	56



Figura 5.1. Diagrama de cuerpo libre del eje principal	61
Figura 5.2. Cortantes en los planos del eje secundario.....	63
Figura 5.3. Cortantes resultantes de los 2 planos	63
Figura 5.4. Momento cortante en los dos planos.....	64
Figura 5.5. Momento lector resultante de los planos.....	64
Figura 5.6. Diámetro ideal para el eje	65
Figura 5.7. Inclinación de paneles solares.....	65
Figura 5.8. Diseño conceptual de estructura de un eje.....	67
Figura 5.9. Mecanismo de giro de un eje	68
Figura 5.10. Cuerpos finos de la estructura.....	69
Figura 5.11. Fuerzas que actúan sobre el eje.....	69
Figura 5.12. Análisis de desplazamiento.....	70
Figura 5.13. Análisis de rotación.....	70
Figura 5.14. Coeficiente de seguridad.....	71
Figura 5.15. Deformación de la estructura	71
Figura 5.16. Análisis de sombras en solsticio de verano en software Sun Path.....	72
Figura 5.17. Análisis de sombras equinoccio de otoño / otoño en software Sun Path.....	72
Figura 5.18. Análisis de sombras solsticio de invierno en software Sun Path.....	73
Figura 5.19. Análisis de sombras equinoccio de primavera vernal en software Sun Path.....	73
Figura 5.20. Calendario solar del Ecuador – Latacunga	74
Figura 5.21. Bases desmontables.....	75
Figura 5.22. Eje móvil y soportes.....	76
Figura 5.23. Ángulos verticales ajustables	76
Figura 5.24. Sujetadores laterales.....	77
Figura 5.25. Brazo unión – actuador	77
Figura 5.26. Unión eje móvil acoplable	78



Figura 5.27. Montaje de rodamiento	78
Figura 5.28. Posicionamiento mediante el uso de brújula.....	79
Figura 5.29. Ensamblaje estructural	79
Figura 5.30. Ensamble final de piezas y paneles solares.....	80
Figura 5.31. Máximo ángulo de giro	80
Figura 5.32. Máximo ángulo de giro	81



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (4.1).....	57
Ecuación (4.2).....	57
Ecuación (4.3).....	57
Ecuación (4.4).....	58
Ecuación (4.5).....	58
Ecuación (4.6).....	58
Ecuación (4.7).....	58
Ecuación (4.8).....	59



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 1 kW

AUTORES

Caisatoa Condor Cristian Danilo

Condor Villamarin Darwin Marcelo

RESUMEN

El presente proyecto está enfocado en el diseño estructural y construcción de un seguidor solar de un eje el cual permitirá brindar una mejor captación de radiación solar hacia los paneles fotovoltaicos para la generación de energía estimada de 1kW, mismo que se encuentra implementado en la terraza del bloque B de la Universidad técnica de Cotopaxi, como datos iniciales se consideraron algunos aspectos como: la ubicación geográfica del proyecto, tamaño y peso de los paneles solares, cuya información sirvió para seleccionar el tipo de estructura a ser diseñada. El análisis estructural consta de cálculos físicos que contribuyeron a la selección y dimensionamiento de los materiales con los que se construyó la estructura, misma que está fabricada con tubo cuadrado galvanizado de 4in x 0,12in de espesor para sus cuatro soportes principales, los cuales son los principales encargados de soportar el peso del eje y los paneles solares como también los sujetadores de las mismas, para el eje se utilizó tubo galvanizado de 2in de diámetro por 0,12in de espesor el cual se lo selecciono mediante catálogo por su rigidez y capacidad de carga, para el movimiento del eje se implementó chumaceras mismas que se encuentran colocadas en la parte superior de los soportes principales, la estructura está diseñada para albergar 8 paneles solares en una fila los cuales pueden ser de diferentes dimensiones no mayores a 1.65 m de alto y 0.99 m de ancho, ya que el tipo de estructura es de tipo acoplable; mediante simulación se obtuvo que el coeficiente máximo de seguridad de la estructura es de 15 lo que indica que la estructura esta sobredimensionada soportando así una mayor capacidad de carga.

Palabras clave: Fotovoltaico, Diseño, Estructura, Simulación.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE: STRUCTURAL DESIGN FOR SINGLE-AXIS SOLAR TRACKER IN A 1 kW
PHOTOVOLTAIC STATION**

AUTHORS:

Caisatoa Condor Cristian Danilo

Condor Villamarin Darwin Marcelo

ABSTRACT

This project is focused on the structural design and construction of a single-axis solar tracker which will provide a better collection of solar radiation to the photovoltaic panels for the estimated power generation of 1kW, which is implemented on the terrace of Block B of the Technical University of Cotopaxi, as initial data were considered some aspects such as: the geographical location of the project, size and weight of the solar panels, whose information was used to select the type of structure to be designed. The structural analysis consists of physical calculations that contributed to the selection and sizing of the materials with which the structure was built, which is made of galvanized square tube 4in x 0.12in thick for its four main supports, which are the main responsible for supporting the weight of the shaft and the solar panels as well as the fasteners of the same, For the shaft was used galvanized pipe 2in diameter by 0.12in thick which was selected by catalog for its rigidity and load capacity, for the movement of the shaft was implemented bearings which are placed at the top of the main supports, the structure is designed to accommodate 8 solar panels in a row which can be of different dimensions not greater than 1.65 m high and 0.99 m wide, since the type of structure is coupling type; through simulation it was obtained that the maximum safety coefficient of the structure is 15, which indicates that the structure is oversized, thus supporting a greater load capacity.

Keyword: Photovoltaic, Design, Structure, Simulation.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **"DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 1 kW."** presentado por: **Caisatoa Condor Cristian Danilo y Condor Villamarín Darwin Marcelo**, estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, septiembre del 2022

Acentuamente,

Mg. Marco Beltrán



CENTRO
DE IDIOMAS

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CE: 0502666514

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE EN UNA ESTACION FOTOVOLTAICA DE 1 kW

Fecha de inicio:

Abril 2022

Fecha de finalización:

Agosto 2022

Lugar de ejecución:

Región: Zona 3

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Lugar: Universidad técnica de Cotopaxi

Laboratorio de Energías renovables de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Facultad que auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Energías Renovables

Equipo de Trabajo:

Tutor

Nombres: Segundo Ángel

Apellidos: Cevallos Betún

Cédula de Identidad: 050178243-7

Email: segundo.cevallos@utc.edu.ec

Ponente 1

Nombres: Cristian Danilo

Apellidos: Caisatoa Condor

Cedula de identidad: 172445741-9

Email: cristian.caisatoa7419@utc.edu.ec

Ponente 2

Nombres: Darwin Marcelo

Apellidos: Condor Villamarin

Cedula de identidad: 172551781-5

Email: darwin.condor7815@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Como referencia a la norma CINE – UNESCO las áreas de conocimiento del proyecto se detallan continuación:

Campo amplio

07 Ingeniería, industrial y construcción

Campos específicos

071 Ingeniería y profesiones afines

Campo detallado

0715 Mecánica y profesiones afines a la metalistería

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

Sub línea de investigación de la Carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

2. INTRODUCCIÓN

Actualmente existen un gran número de nuevos sistemas tecnológicos especializados en el sector de las energías renovables en todo el mundo que se especializan en la implantación y mejora de instrumentos mecánicos inteligentes capaces de generar energía aprovechando las fuentes naturales que proporciona la propia naturaleza, debido al fuerte crecimiento poblacional, empresarial y urbano, cada vez son más las personas que ven estos medios tecnológicos como una oportunidad en la que pueden tener a su disposición tales dispositivos que son autosostenibles y buenos para el medio ambiente además de tener un impacto económico considerable ya que los costes del uso de la electricidad se reducirían favorablemente. Ecuador, debido a su posición en el globo cuenta con las condiciones necesarias para la implementación de tecnología de desarrollo sostenible a través del uso de la radiación solar a través de sistemas fotovoltaicos para luego transformarlos en energía eléctrica, debido a que el sol tiende a cambiar su posición a medida que pasa el año, esto tiene un efecto

en las condiciones ambientales ya que puede alterar las condiciones atmosféricas y la altitud del lugar donde se recibe la concentración de radiación.

2.1.PROBLEMA

2.1.1. Situación problemática

En la actualidad, las mayores centrales fotovoltaicas del mundo basadas en la luz solar se encuentran en Estados Unidos, China, India y Francia. La utilización de la energía solar es sin duda uno de los puntos de apoyo en la lucha contra el cambio ambiental y los impactos que la sobreutilización de productos petrolíferos tiene en el clima de todo el planeta, estas plantas podrían ser la forma de luchar contra esto, la innovación de la energía solar cambia la energía del sol en energía utilizando paneles fotovoltaicos o espejos que guían la radiación del sol, esta energía puede ser utilizada para crear energía o ser guardada en baterías, los investigadores de todo el planeta han buscado trabajar en la productividad de las células solares transformadoras.

En numerosas naciones la utilización de estos aparatos es normal, últimamente se han hecho más famosos tanto como método para salvaguardar el planeta así como una opción de ahorro en los hogares y lugares de trabajo, a pesar de que por el momento no todos los individuos pueden asegurarse son una opción sobre todo en situaciones donde el acceso a la energía es extremadamente difícil, debido al hecho de que el sol no llega de manera similar a todas las áreas del planeta sin embargo nuestra nación es especial ya que tenemos luz todo el año, por otra parte los costos de establecimiento son altos por lo que aún no se puede masificar, hoy en día solo el 0,2% de la población ecuatoriana se acerca a la energía orientada al sol, unos 5000 clientes entre hogares, empresas y organizaciones.

Para ello surge la oportunidad de ejecutar una estructura de posicionamiento global basado en el seguimiento del sol mediante un seguidor de un eje que maneja un sistema mecánico móvil que conforma un marco fotovoltaico para una estación solar de 1 kW.

2.1.2. Diagrama Ishikawa



2.1.3. Formulación del problema:

Ausencia de una estructura de seguimiento solar capaz de orientar la posición de paneles fotovoltaicos en dirección al sol.

2.2.OBJETIVOS Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de estudio:

Mecanismo estructural para seguidor solar de un eje.

2.2.2. Campo de acción:

La estructura de seguimiento solar mediante el uso de paneles fotovoltaicos se encuentra en el campo de Ciencia Tecnológicas donde sus principales áreas de aplicación son: Ingeniería y Tecnologías Eléctricas / Tecnología Energética.

2.3. BENEFICIARIOS

2.3.1. Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos de este proyecto son los siguientes usuarios:

- Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Docentes Universitarios.
- Estudiantes

2.3.2. Beneficiarios Indirectos

Investigadores a nivel nacional e internacional

- Estudiantes externos de diferentes instituciones educativas
- Público en general

2.4. JUSTIFICACIÓN

Ecuador tiene un gran potencial para producir energía fotovoltaica por su ubicación geográfica que lo convierte en un país privilegiado en recurso solar, sin embargo, el ángulo de incidencia solar sobre captadores fotovoltaicos suele variar acorde a las estaciones del año además del ciclo diario del día y la noche.

Los paneles fotovoltaicos son los encargados en realizar la captación de la radiación solar directa e indirecta para transformar en corriente eléctrica, cuando la radiación solar incide de manera perpendicular sobre la superficie de los paneles fotovoltaicos el potencial de generación es máximo, lo cual solo se consigue con sistemas móviles de seguimiento solar, es decir que a lo largo del día los paneles y los rayos solares se encuentran de forma perpendicular, para lograr el objetivo se han creado los sistemas de posicionamiento solar de un eje los cuales tienen como prioridad simular el comportamiento de los girasoles, aprovechando de mejor manera el recurso natural.

Al conseguir un mejor índice de eficiencia energética mediante el uso de un seguidor solar de un eje, se brinda al sistema una mejor capacidad de generación lo cual se traduce en una mayor rentabilidad del sistema, contribuyendo notablemente en la recuperación del capital invertido, ya que este tipo de sistemas de generación suelen requerir de fuertes sumas de dinero para su construcción.

2.5. HIPÓTESIS

La construcción de una estructura mecánica para el seguimiento solar de un eje permitirá orientar los paneles fotovoltaicos con dirección al sol.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

Implementar un sistema mecánico de seguimiento solar mediante el diseño y construcción de una estructura para orientar los paneles solares.

2.6.2. Objetivos Específicos

- Investigar los tipos de diseño mecánico estructural para el movimiento de un seguidor fotovoltaico.
- Diseñar la estructura mecánica del seguidor fotovoltaico implementando un sistema móvil de un eje.
- Construir y seleccionar los materiales adecuados para la elaboración de mecanismo.
- Evaluar el sistema mecánico mediante un análisis estructural de fuerzas y cargas.

2.7. SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 2.1. Actividades por objetivos

Objetivo	Actividades	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Investigar los tipos de diseño mecánico estructural para el movimiento de un seguidor fotovoltaico.	Recopilación de información de diversas fuentes bibliográficas sobre diseño estructural Recopilación de información de diversas fuentes bibliográficas sobre el seguimiento y posicionamiento solar.	Selección del modelo estructural basado en un sistema móvil de un eje.	Artículos científicos, Tesis, Libros.
Diseñar la estructura mecánica del seguidor fotovoltaico implementando un sistema móvil de un eje.	Diseño estructural mediante un programa de modelado 3D. Análisis estructurales. Análisis de movimiento.	Selección del material de construcción. Selección de mecanismo de rodamientos.	PC, software de diseño mecánico. Catálogos de materiales.

Construir y seleccionar los materiales adecuados para la elaboración de mecanismo.	Cotización y adquisición de la materia prima para elaboración del sistema mecánico	Construcción estructural de seguidor fotovoltaico, y selección de sitio ideal para una mayor eficiencia.	Simulaciones, perdidas por sombra mediante modelamiento de entornos (Sketchup)
Evaluar el sistema mecánico mediante un análisis estructural de fuerzas y cargas.	Identificar y analizar el tipo de cargas presentes en la estructura mecánica. Identificar y analizar el tipo de fuerzas presentes en el mecanismo móvil.	Comprobación de los criterios de desempeño mecánico - estructural.	Análisis de resultados.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

La energía proporciona infinidad de servicios esenciales para el desarrollo y mejora de la condición humana. Sin embargo, existen fuertes preocupaciones sobre los impactos ambientales que se generan por el uso de la energía convencional. Por este motivo, se ha optado por buscar nuevas alternativas para la producción de energía mediante fuentes renovables, las cuales han adquirido mayor importancia en los últimos años [1].

Los sistemas que usan energía solar deben recolectar una gran cantidad de energía recibida en un lugar determinado, esta condición requiere que la superficie de recolección esté siempre perpendicular a los rayos del sol, y, por lo tanto, la recolección óptima solo se puede lograr si esa superficie debe estar equipada con el sol. Usando un colector de rastreo, la energía total capturada en un día despejado puede ser un 35 % mayor que el mismo colector estacionario [2].

Las dos direcciones más habituales de un sistema que sigue la trayectoria del sol para que la potencia de la radiación solar incida sobre una zona determinada o apunte al máximo, los seguidores de un eje tienden a seguir al sol en el eje este-oeste y el de dos ejes que garantizan una mayor recepción de luz solar directa. Un sistema de doble eje es ideal para aprovechar al

máximo la luz solar en todo momento, este sistema de seguimiento utiliza tanto rayos directos como difusos [3].

Según estudios anteriores realizados en México los sistemas fotovoltaicos estacionarios generan una mayor cantidad de energía eléctrica en las primeras horas de cada día (antes de las 10:30 horas) que un sistema fotovoltaico de seguimiento solar. Esto se debe a que, al anochecer, el panel fotovoltaico con seguimiento solar finalmente gira hacia el oeste [4].

Determinando el pico de eficiencia alcanzado por los dos sistemas fotovoltaicos a las 13:15 horas, en donde este alcanzó un valor de eficiencia de 96,67 % en el sistema con seguidores solares y de 83,98 % en el sistema estacionario. Por otro lado, la mayor diferencia de eficiencia obtenida entre los dos sistemas fotovoltaicos fue a las 3:30 am [5].

3.2. ORIGEN DE LOS SEGUIDORES SOLARES

A partir de los principales marcos de posicionamiento global basados en el sol que se utilizaron en los círculos de satélites falsos a mediados de la década de 1980, los marcos de posicionamiento global orientados al sol han crecido, en particular los relacionados con la disposición de pivote plano. Al principio sus impedimentos eran muy evidentes, los problemas con las piezas, los motores, los diseños móviles, el cableado, los dispositivos de seguridad, los reguladores de hardware y los dispositivos de control eran algunos de los problemas más conocidos, lo que hacía que su establecimiento fuera más costoso debido a su alta apuesta y al coste de establecimiento que el de un establecimiento fijo súper duradero [6].

3.3. SEGUIDORES SOLARES

La razón de un seguidor solar es ayudar a los cargadores basados en la luz solar a situarse con respecto al sol en cualquier momento del día, ya que, dependiendo del diseño y del tipo de edificio, se elegirá el mejor marco para el establecimiento. Estos marcos pueden ajustarse y coordinarse con otros establecimientos orientados al sol para ampliar su eficacia [7].

3.3.1. Función de los Seguidores Solares

Los seguidores solares son dispositivos mecánicos cuya función principal es la de posicionar los paneles solares de manera que alcancen siempre la máxima perpendicularidad, siguiendo al sol de este a oeste [8].

3.3.2. Modelos de Seguidores Solares

Dependiendo del tipo de planta de luz solar que se introduzca, fluctuará en los puntos de vista que se muestran en la tabla 3.1.

Azimutal: Para un seguidor de cubo solitario con inclinación este-oeste montado en un poste solitario, donde los cargadores de luz solar se mueven con menos de 180° de revolución.

Polar: También se utiliza en un cubo similar cuando el establecimiento está en un ámbito similar al sitio del establecimiento y apuntando hacia el sur con un punto de giro de menos de 180°.

Horizontal: Seguidor monopivotante orientado al sol con un marco de tablero este-oeste en el que se montan los cargadores alimentados por el sol.

Monoposte: Compuesto por dos ejes, el monopivote está enfocado y tiene un giro de 360°.

Carrusel: Formado por dos ejes y unos soportes a lo largo de una superficie redonda, tiene un punto de giro de 360° [9].

Tabla 3.1. Rendimiento solar y capacidad de giro

MODELOS DE SEGUIDORES	AUMENTO DEL RENDIMIENTO	CAPACIDAD DE GIRO
POLAR	De 10 a 20 %	Menos de 180°
AZIMUTAL	Hasta el 25 %	Menos de 180°
HORIZONTAL	De 10 a 20 %	Menos de 180°
MONOPOSTE	De 30 a 45 %	Total, de 360°
CARROUSEL	De 30 a 45%	Total, de 360°

3.3.3. Seguidor Solar de un Eje

En 2008, como se muestra en la figura 3.1. se presenta una propuesta de modelo basado en la luz solar realizada por Rizk y Chayco, que muestra el plano de las placas en tres etapas de trabajo, un diseño en el que las placas giran alrededor de un cubo que puede ser plano, vertical o inclinado. Este tipo de componente tiene una complejidad insignificante y es más conservador que otros tipos de marcos utilizados, la desventaja de este tipo de rastreador es que no puede seguir completamente el sol, ya que puede seguir el acimut o la inclinación del sol, pero a la vez no ambos [10].

Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • Siguen el movimiento del sol en uno de los ángulos
Tipos	<ul style="list-style-type: none"> • Seguidores de eje X (este - oeste) • Seguidores de eje Y (norte - sur) • Seguidores de eje Z (cenital - nadir) • Seguidores de eje polar (eje de rotacion de la tierra)
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño estructural mucho mas sencillo de contruir e implementar, ideal para lugares con espacio limitado

Figura 3.1. Características de seguidor solar de un eje



Figura 3.2. Ejemplo seguidor solar de un eje [11]

En el modelo propuesto, su objetivo expositivo se centra en la revisión y examen de los punteros energéticos, realizado con tres estados de situación en varios momentos:

- Condición A: Capta la radiación solar, mostrando la mitad de los cargadores alimentados por el sol en actividad.
- Condición B: Radiación perpendicular en la que todos los cargadores están trabajando con la mayor productividad.

- Condición C: Captura la radiación basada en el sol hacia los tableros por el lado inverso al primero, con la mitad de los cargadores alimentados por el sol trabajando.

En el modelo introducido, la competencia del tablero fue probada en tres fases, como se muestra en la figura 3.3. debido a la ejecución de una tarea con un sistema que puede trabajar en la captación de la radiación orientada al sol [12].

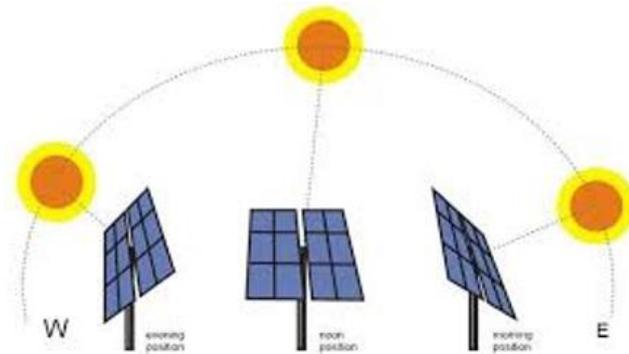


Figura 3.3. Estado de posicionamiento de tres etapas [12]

3.3.4. Seguidor Solar Mono Poste

Este modelo fue introducido en 2012 por Heriberto Guardado y Eulises Rivera, con el objetivo principal de planificar y construir un modelo de seguidor biaxial basado en la luz solar, considerando un examen subyacente pasado, relacionado con la determinación de materiales y actuadores para este emprendimiento, introduciendo su modelo computacional considerando la proporción de potencia del lugar donde se planteará el diseño [9].

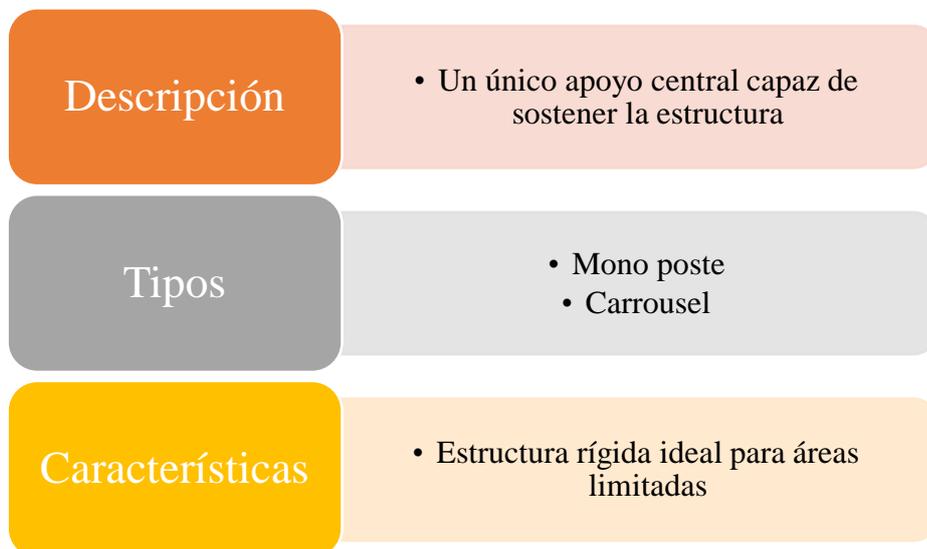


Figura 3.4. Características de seguidor solar mono poste

En la figura 3.5. cabe señalar que Rivera y Guardado desarrollaron su diseño en función de la relación entre la inclinación de los paneles solares y el coeficiente de potencia generadas por los rayos de inciden sobre ellas.

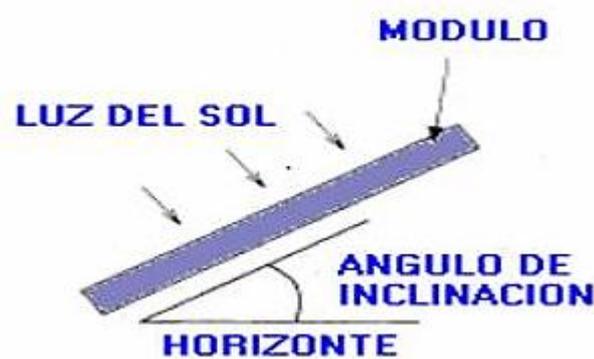


Figura 3.5. Relación de ángulo de inclinación y potencia incidente [13]

Con este análisis de relaciones, determinaron el peso que debía soportar la estructura cuando se construyó, así como el tipo de accionamiento que necesitarían. Aquí es donde se fabrica el seguidor solar monoposte como se muestra en la figura 3.6. donde se puede ver el diseño estructural de dicho seguidor solar [13].



Figura 3.6. Diseño de estructura mono poste [14]

3.3.5. Seguidor Solar de dos Ejes

El rastreador basado en el doble eje para captar la energía del sol fue presentado por primera vez en 2014 y fue planificado por Martínez y Hernández, como se muestra en la figura 3.7. siendo posteriormente el modelo subyacente total más sobrepasado en cuanto a niveles de oportunidad y selección de materiales, se utiliza con mayor frecuencia para las direcciones

acimutales para desarrollar aún más la ejecución de la caja explicativa como para una superficie inclinada decente [15].

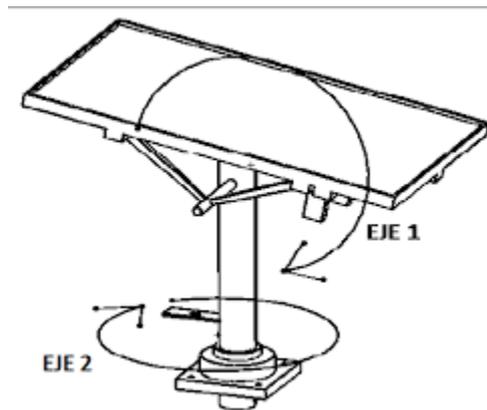


Figura 3.7. Seguidor solar de dos ejes [15]

3.3.6. Seguidor Solar Activo

Se monitorean mediante la utilización de un controlador para lograr determinar la posición del sol como se observa en la figura 3.8. con el propósito de direccionar los motores y que estos muevan al seguidor [16].



Figura 3.8. Estructura seguidora solar activo [17]

3.3.7. Seguidor Solar Pasivo

Estos tipos de seguidores solares dependen principalmente del calor del sol para guiar y mover el seguidor, lo que significa que se mueven de acuerdo con el desequilibrio entre los dos puntos en cada extremo del seguidor solar [17].

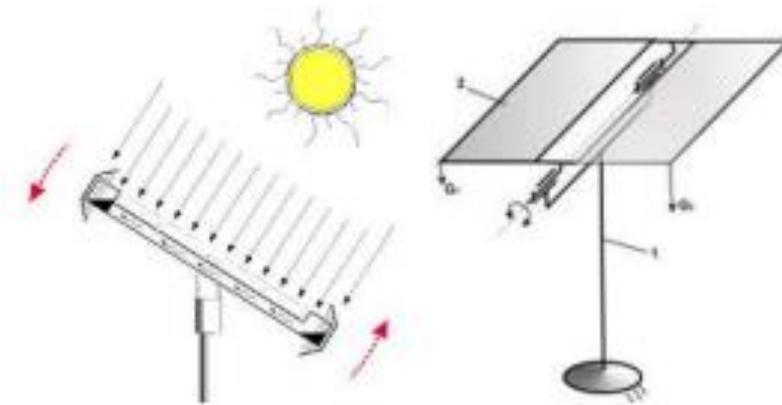


Figura 3.9. Seguidor solar pasivo [17]

3.3.8. Tipos de Seguimiento Solar

El seguimiento solar se puede realizar por tres métodos que se mencionan a continuación:

- **Seguimiento por Reloj Solar**

Este tipo de monitoreo incluye una unidad de tiempo de 24 horas, por lo que puede realizar un seguimiento más efectivo durante 12 horas, lo que significa que cambia de posición de acuerdo con el movimiento del tiempo en el reloj [18].

- **Seguimiento por Sensor de Luz**

Este tipo de monitoreo se basa principalmente en la cantidad de luz que ingresa al sensor, el cual cambia el valor de la resistencia para que cambie de posición durante el día hasta encontrar un ángulo de incidencia perpendicular a la superficie [18].

- **Seguimiento Mediante Coordenadas Calculadas**

Este seguimiento se realiza examinando previamente el círculo solar y realizando estimaciones de la dirección cósmica sin radiación solar ni obstrucción de nubes, ya que el cálculo garantiza que se mueve según la información predefinida, obteniendo así una dirección establecida [18].

3.3.9. Seguidores Solares Disponibles en la Industria

Actualmente existen en el mercado varios marcos de control con observación basada en la luz solar, como se muestra en la tabla 3.2. Todos muestran una pauta de actividad similar, mostrando similitudes en el plan y el plan mecánico del marco de dirección (tornillos de

potencia, marcos accionados por presión, tornillos sin fin, actuador entre otros), así como en el tipo de diseño utilizado (carcasa cilíndrica) [19].

Tabla 3.2. Seguidores disponibles en el mercado

TIPO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
<p>WATTSUN</p> 	<p>El AZ-225 Capacidad para más de 8 módulos por seguidor. Diseño robusto Sistema de engranajes de tracción inteligente. Ofrece ganancia de energía de más del 33% con respecto a los sistemas de inclinación fija.</p>	<p>Potencia: 4 kW Movimiento: 2 ejes (azimut), (elevación) 5° a 75° Engranajes: de tracción inteligente y actuadores lineales. Precio: \$ 6,250 USD</p>
<p>ALIBABA</p> 	<p>Seguidor solar de doble eje Precio más rentable. Alta precisión de seguimiento menor de 0,25 ° Bajo consumo de energía del sistema, Consumo de potencia menor que 0.02w diarios. Incremento de energía entre el 30 y 35 % [19].</p>	<p>Ejes de Seguimiento: 2 Horizontal: 0° a 270° Elevación: 0° a 120°. Potencia admitida: 4KW Tecnología de Seguimiento: cronometrado Precio: \$1,850 USD</p>
<p>LORENTZ ETATRACK ACTIVE 600</p> 	<p>Aumentos de rendimiento de hasta un 40 % de los módulos fotovoltaicos. Siguen al sol durante el día, Aumento del tiempo con mayores niveles de potencia útil entregada [19].</p>	<p>Ejes de Seguimiento: 1 eje único. Potencia admitida en Seguidor: Hasta 2.9 kW Segundo eje de regulación manual paso a paso: 0 - 45 ° Seguimiento de ángulo de Este - Oeste: 90 ° Tecnología de Seguimiento: Programación astronómica Precio: \$10,746 USD</p>
<p>BIO 1</p> 	<p>Seguidor solar de 2 ejes. Fácil de programar y cambiar los parámetros. Fácil manejo e instalación. Control del viento mediante un anemómetro [19].</p>	<p>Ejes de Seguimiento: 2 EJES: Horizontal y Vertical Potencia: Hasta 1.56 kW Altura: 3m Tecnología de Seguimiento: Programación astronómica Precio: \$ 11,730 USD.</p>

<p>Single-Axis horizontal</p> 	<p>Apto para todo tipo de modulo Mayor flexibilidad en el terreno Mayor fiabilidad y control Seguimiento automático [19].</p>	<p>Ejes de Seguimiento: 1 EJES: Horizontal Potencia: 2 kW A 7 kW Altura: 3m Tecnología de Seguimiento: +45°, - 45° Precio: \$ 800 USD</p>
--	--	--

3.3.10. Elementos que Conforman un Sistema de Seguidor Fotovoltaico

- Elementos que componen un sistema de seguimiento fotovoltaico
- El módulo fotovoltaico es el encargado de obtener la energía orientada al sol y convertirla en energía.
- El regulador de carga o el controlador de carga alimentado por el sol está situado entre las placas y la batería y es responsable de controlar la tensión y el ritmo de carga de la batería.
- Las baterías se encargan de almacenar la energía suministrada por los cargadores solares, cargándola y liberándola constantemente.
- El inversor es responsable de cambiar la corriente continua (DC) a corriente alterna (AC) para la correcta actividad de los dispositivos domésticos actuales (TV, microondas, secadoras, lavadoras de ropa, etc.).
- Los marcos de posicionamiento global basados en el sol son los instrumentos responsables del uso más extremo de la energía solar, pueden ser mecánicos o a presión dependiendo de la disposición del marco [20].

3.3.11. Selección de la Estructura de Seguimiento Solar

La elección del tipo de estructura es básica en los marcos de posicionamiento global alimentados por el sol, ya que cada uno está pensado para la inclinación y el lugar geográfico en el que se va a introducir. Dado que existen dos tipos de estructuras de seguimiento basadas en el sol, es básico considerar qué configuración es la más productiva para introducirla, ya que se utilizan para el examen de la posición o del área, ya que esto explotará la captura de radiación de los cargadores alimentados por el sol [20].

3.4. CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS

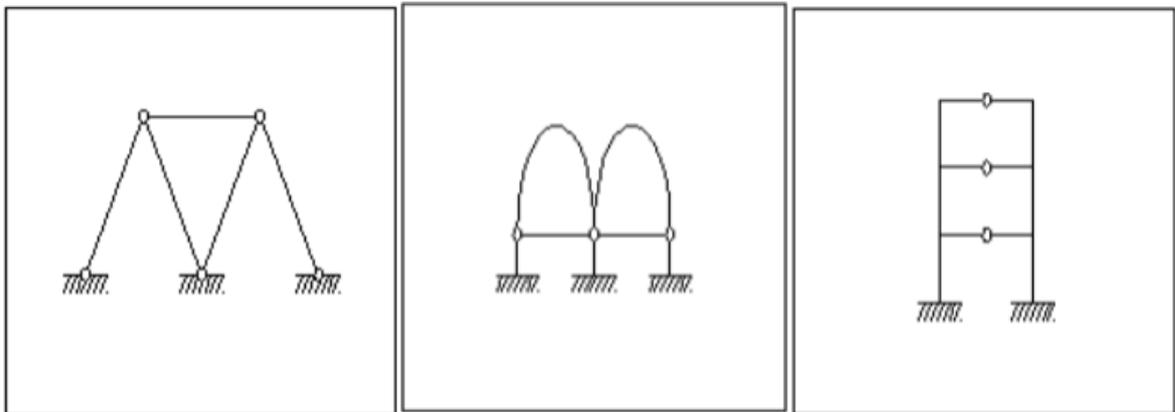
La estructura se percibe como la disposición de los componentes asociados de manera que los niveles de oportunidad son nulos o menores dependiendo de su agrupación, por lo que se percibe que no aborda ningún tipo de cambio o desarrollo y se denominan inflexibles o

adaptables en cuanto a sus focos de ayuda, por lo que ambos se utilizan principalmente para ayudar a las cargas estáticas a través de una ayuda.

El plano del seguidor solar se fundamenta en un diseño apto para soportar su propio peso, por lo que existen componentes para ayudar a estos recolectores orientados al sol a conseguir una situación precisa en cuanto al sol [21].

3.4.1. Estructuras Hipostáticas

Un diseño se considera hipostático cuando la vulnerabilidad estática es nula, por ejemplo, la cantidad de condiciones ajustadas es excesiva como se muestra en la figura 3.8. ya que supera las cuestiones estáticas, lo que provoca diseños temblorosos ya que no son impermeables a las mejoras del movimiento exterior [21].



Figra 3.10. Estructuras hipostáticas [22]

3.4.2. Estructura Isostática

Este tipo de plan es un diseño que puede romperse utilizando normas estáticas, por ejemplo, la expulsión de cualquiera de sus asociaciones puede provocar la ruptura de la construcción, también llamado un diseño estáticamente determinado en alusión a la forma en que sus reacciones pueden ser determinadas utilizando condiciones estáticas.

Esto implica que la cantidad de incógnitas ecuaciones en los planos (x, y, z) es cero, y la cantidad de sus ecuaciones en los planos (x, y, z) es además cero, como se muestra en la figura 3.9 [23].

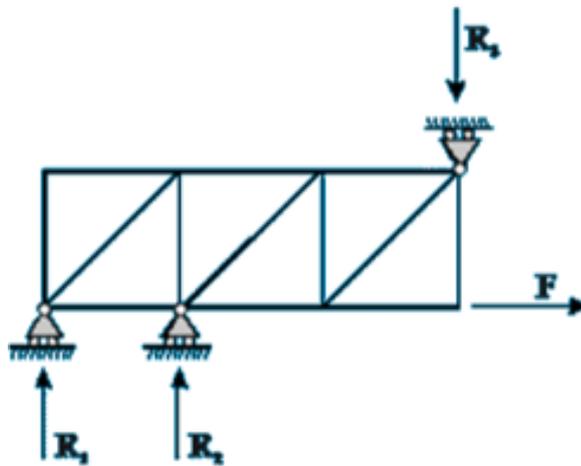


Figura 3.11. Estructura isostática [22]

De hecho, podemos decir que la estructura de tipo isostático tiene un número similar de incógnitas y ecuaciones, por lo que tiende a resolverse mediante un arreglo directo de condiciones directas u otras referidas a estrategias clave como la expansión, la deducción, el reemplazo, la norma de Crammer entre otras [23].

Los radios isostáticos son un pilar para el cual la cantidad de incógnitas en todos los soportes es equivalente a la cantidad de ecuaciones de equilibrio, como se muestra en la figura 3.10.



Figura 3.12. Ejemplo viga Isostática [23]

3.4.3. Estructura Hiperestática

La estructura hiperestática, como se encuentra en la figura 3.11. se caracteriza por ser una estructura de equilibrio, lo que subraya que la cantidad de ecuaciones descubiertas por la estática no es adecuada para conocer las fuerzas y las reacciones externas que tiene.

Una construcción es vista como innatamente hiperestática cuando las condiciones estáticas son adecuadas para decidir sus potencias internas, igualmente se considera increíblemente hiperestática cuando las condiciones no son adecuadas para decidir las respuestas que existen del diseño con el suelo [23].

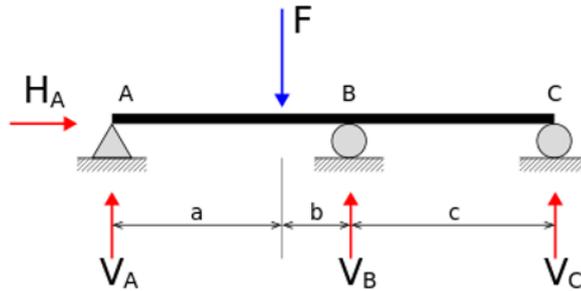


Figura 3.13. Estructura hiperestática [23]

3.4.4. Grados de libertad

Los grados de libertad son la cantidad de movimiento en los que puede ocurrir un movimiento libre en función de la cantidad de conexiones en las que se encuentra [24].

3.5. PANEL SOLAR

Los cargadores o placas solares como se muestra en la figura 3.12. son los módulos que se encargan de captar la energía de la radiación solar para su uso, ya que es responsable de transformar la energía obtenida en potencia, y las células solares son las encargadas de realizar este ciclo, ya que estructuran un cargador solar y una pequeña célula de silicio o arseniuros de galio [25].



Figura 3.14. Panel solar

Teniendo en cuenta lo anterior en lo que respecta a los cargadores alimentados por la luz solar, la información del fabricante y el tipo de cargador basado en la luz solar que se llevará a cabo en el diseño debe ser considerado, ya que las acciones no son algo similar en relación con los distintos fabricantes y los materiales también pueden influir en la creación de energía que tiene un mayor gasto en contraste con las células orientadas al sol de bajo plan de gastos, en la figura 3.10. muestra los detalles dados por el productor con respecto a las proporciones de las placas que hacen [25].

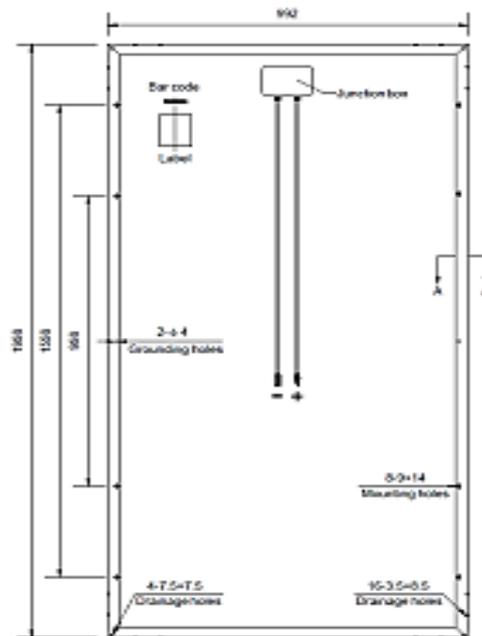


Figura 3.15. Dimensiones de panel solar

Otro punto muy importante es la información técnica del panel solar ya que nos brinda información muy útil sobre la producción de energía, así como las propiedades mecánicas, características de temperatura y aislamiento del empaque del panel.

3.6. TRAYECTORIA ORIENTADA AL SOL

La posición del Sol o de su órbita con respecto a una determinada latitud en el espacio y el tiempo es la distancia entre cualquier punto y el ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por ese punto [26].

- **Angulo de Inclinación**

El punto de inclinación respecto al sol se establece totalmente por muchas variables, entre ellas: cuestiones de radiación en el área de los cargadores alimentados por la luz solar, cielos

brillantes, sombras de artículos incorporados como estructuras, montañas, entre otros, así como el componente de albedo, que está conectado con las superficies inteligentes del sitio de establecimiento [26].

- **Altura Solar**

La altitud solar se basa en lo alto que está el sol pegado al suelo y dependiendo de la hora, el día y el año tendremos más o menos luz dependiendo de ello [26].

- **Angulo de Azimut**

Para decidir el azimut geográfico del Sol, las diferentes técnicas retratadas en las secciones pasadas eran las estrategias convencionales en una época oscura. La justificación para no utilizar la estrategia no convencional es que se debe conocer la hora sideral y esto es concebible a la luz del hecho de que se conoce el punto de ascenso recto, que es el punto horario entre el meridiano celeste del punto Aries y la línea celeste Z [25].

3.6.1. Posicionamiento Terrestre

- **Longitud**

La longitud es la distancia entre un punto cualquiera y el meridiano de Greenwich, estimada a lo largo de una línea igual que pasa por ese punto [26].

- **Latitud**

Se denomina alcance a la distancia en grados, minutos y segundos, que partiendo de la línea del ecuador (0°), se puede encontrar al norte y al sur [26].

3.6.2. Movimientos de la Tierra

En la tierra se conocen dos movimientos principales a los que está expuesta la tierra y son los siguientes:

- **Rotación**

Este desarrollo se produce sobre el propio eje de la Tierra, esto demuestra que la Tierra está pivotando alrededor de su eje por lo que girará en dirección oeste-este en un curso contrario a las agujas del reloj en una temporada determinada de 24 horas (como un reloj de 56 minutos) [27].

- **Traslación**

Este desarrollo se produce alrededor del Sol, creado por el campo gravitatorio producido por el propio Sol, este desarrollo se termina en unos 365 días, 5 horas y 57 minutos, comparable a 365,2422 días, es el tiempo terrestre.

Nuestro planeta sigue una dirección curva, por lo que la Tierra, en general, se acercará o alejará del Sol en determinadas estaciones, dando lugar a las estaciones que definitivamente conocemos.

La figura 3.14. muestra las distintas distancias de la Tierra en varias estaciones y cómo esto influye en la cantidad de luz que recibe durante la interacción.

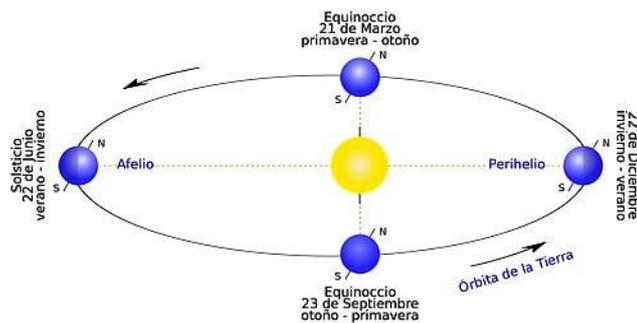


Figura 3.16. Movimiento de la tierra alrededor del sol [28]

3.6.3. Zona Geo astronómica de la Tierra

La zona geo astronómica o zona latitudinal alude a toda área que compone la capa exterior de la Tierra, contingente a su alcance, como se muestra en la figura 3.15. que muestra ocasiones y peculiaridades físicas y orgánicas en todos los locales galácticos de la tierra [27].

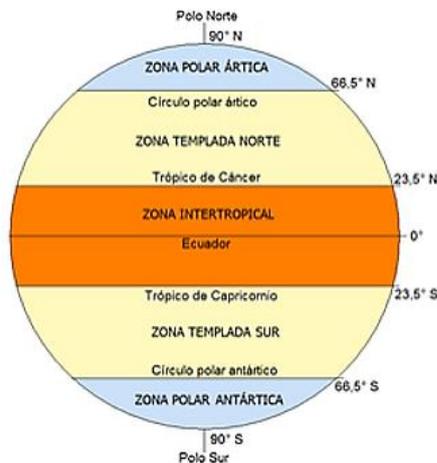


Figura 3.17. Zona geo astronómica de la tierra [29]

Dado que el Ecuador está situado en la latitud 0, es decir, está situado en el ecuador de la tierra, la radiación solar obtenida es mucho mayor que en el norte y el sur, ya que la tierra tiene un punto de tendencia por lo que la radiación orientada al sol es un similar en el tiempo, permitiendo altas convergencias de la radiación basada en el sol en el distrito tropical.

3.6.4. Coordenadas Celestes

Los lugares singulares del arco celeste o mitad del globo serán el punto más alto o pico más notable (el nadir sería el punto contrario) y el plano de la línea del horizonte con las rúbricas clave (Norte, Sur, Este y Oeste).

Las coordenadas celestes permiten encontrar cualquier punto en el lado del ecuador, fijándose esencialmente en su elevación h sobre el plano de la línea del horizonte y su desplazamiento azimutal Z o azimutal relativo al este o al oeste frente al sur.

La figura 3.16. muestra los focos extraordinarios en la mitad celeste del globo correspondiente al plano junto a sus lugares principales [30].

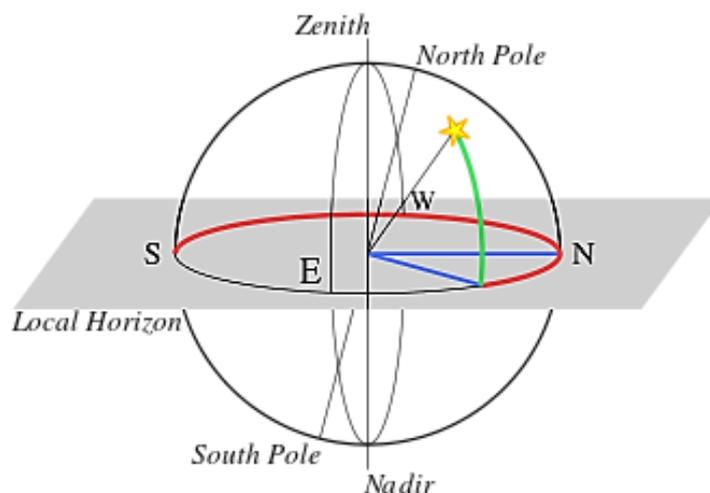


Figura 3.18. Coordenadas celestes [30]

3.6.5. Solsticio de Verano

El evento astronómico que marca el comienzo del verano se llama solsticio de verano y ocurre cuando la Tierra está en perihelio, lo que significa que está más cerca del Sol.

La figura 3.17. indica la posición del sol en relación con la tierra, indicando la máxima radiación solar sobre la superficie terrestre [30].

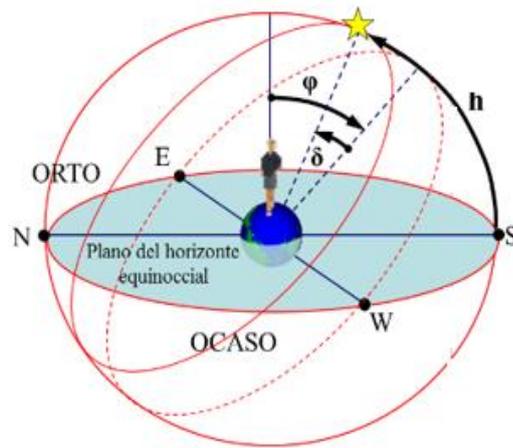


Figura 3.19. Solsticio de verano [30]

3.6.6. Solsticio de Invierno

A diferencia del solsticio de verano, es diferente en que en ciertas épocas del año la Tierra se aleja más del Sol, lo que hace que la superficie de la Tierra atraiga menos luz solar, lo que crea inviernos. La figura 3.11. indica la posición del sol en relación con la tierra, indicando la máxima radiación solar que llega a la superficie terrestre. [30]

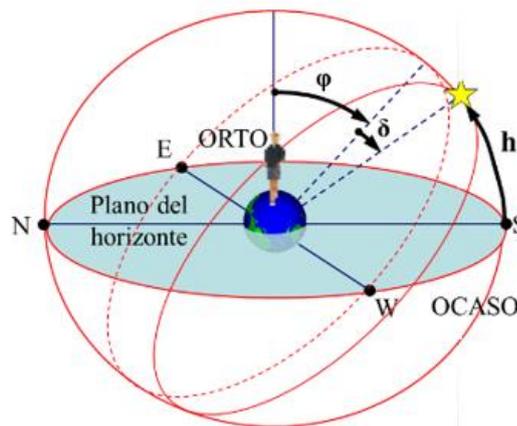


Figura 3.20. Solsticio de invierno [30]

3.6.7. Equinoccio Primavera – Otoño

El equinoccio vernal cae el 21 de marzo y se conoce con ese nombre porque la luz del sol cae directamente sobre el ecuador, por lo que el día y la noche son aproximadamente iguales en todas partes de la tierra [30].

3.6.8. Equinoccio Otoño – Primavera

El equinoccio de otoño es un evento astronómico que ocurre el 23 de septiembre en el hemisferio norte y el 20 de marzo en el hemisferio sur, dando así paso al comienzo del otoño y haciendo que la duración del día y la noche sea casi la misma. Figura 3.19. Esto se refiere a los días del equinoccio, cuando el sol brilla con su luz perpendicular a la línea ecuatorial.

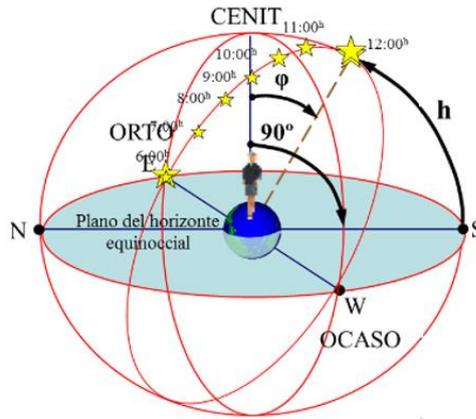


Figura 3.21. Equinoccios otoño y primavera [30]

3.6.9. Tablas de Valores de Posición de la Tierra

En la tabla 3.3. se muestran los datos obtenidos en el mes del 21 de diciembre del 2022 en donde encontramos las horas desde las 7:00 am hasta las 19:00 pm mostrándonos los datos de la altitud y los ángulos acimutales durante el solsticio de verano en donde existe más radiación solar.

Tabla 3.3. Datos de solsticio de verano

HORAS	Solsticio de verano	
	21 de diciembre 2022	
	Acimut	Altitud
7:00	113,73°	11,36°
8:00	115,54°	24,96°
9:00	119,6°	38,27°
10:00	127,57°	50,81°
11:00	143,40°	61,46°
12:00	172,63°	67,29°
13:00	-153,72°	64,70°
14:00	-132,81°	55,55°
15:00	-122,26°	43,58°
16:00	-116,88°	30,51°
17:00	-114,26°	16,99°
18:00	-113,42°	3,42°
19:00	-114,05°	-10,51°

En la tabla 3.4. Se muestran los datos obtenidos en el mes del 21 de septiembre del 2022 en donde se identifican las horas desde las 7:00 am hasta las 19:00 pm mostrándonos los datos de la altitud y los ángulos acimutales durante el solsticio de verano en donde existe igual duración de las horas del día y la noche.

Tabla 3.4. Datos equinoccio de primavera

HORAS	Equinoccio de primavera	
	21 de septiembre 2022	
	Acimut	Altitud
7:00	89,07°	13,20°
8:00	88,71°	28,16°
9:00	88,18°	43,14°
10:00	87,19°	58,12°
11:00	84,56°	73,08°
12:00	48,80°	87,54°
13:00	-83,02°	76,76°
14:00	-86,80°	61,81°
15:00	-88,00°	46,84°
16:00	-88,60°	31,86°
17:00	-88,99°	16,89°
18:00	-89,27°	2,13°
19:00	-89,49°	-13,13°

En la tabla 3.5. Se muestran los datos obtenidos en el mes del 21 de junio del 2022 en donde se identifican las horas desde las 7:00 am hasta las 19:00 pm mostrándonos los datos de la altitud y los ángulos acimutales durante el solsticio de verano en donde existe igual duración de las horas del día y la noche.

Tabla 3.5. Datos solsticio de invierno

HORAS	Solsticio de invierno	
	21 de junio 2022	
	Acimut	Altitud
7:00	63,06°	9,72°
8:00	63,91°	23,27°
9:00	59,57°	36,49°
10:00	51,44°	48,90°
11:00	36,091°	59,39°
12:00	9,02°	65,33°
13:00	-22,85°	63,44°
14:00	-44,29°	54,98°
15:00	-55,571°	43,40°
16:00	-61,89°	30,55°
17:00	-65,10°	17,13°
18:00	-66,46°	3,60°
19:00	-66,33°	-10,34°

En la tabla 3.6. Se muestran los datos obtenidos en el mes del 21 de marzo del 2022 en donde se identifican las horas desde las 7:00 am hasta las 19:00 pm mostrándonos los datos de la altitud y los ángulos acimutales durante el solsticio de verano en donde existe igual duración de las horas del día y la noche.

Tabla 3.6. Datos solsticio de invierno

HORAS	Equinoccio de otoño	
	21 de marzo 2022	
	Acimut	Altitud
7:00	89,61°	9,56°
8:00	89,32°	24,50°
9:00	88,94°	39,48°
10:00	88,31°	54,47°
11:00	86,88°	69,45°
12:00	78,23°	84,36°
13:00	-83,10°	80,46°
14:00	-87,42°	65,51°
15:00	-88,51°	50,52°
16:00	-89,06°	35,54°
17:00	-89,40°	20,56°
18:00	-89,67°	5,67°
19:00	-89,91°	-9,44°

3.6.10. Factores que Intervienen en un Sistema Fotovoltaico

- **Perdidas por Sombras**

Para calcular las pérdidas producidas por sombras estas se dan en función de la inclinación y del ángulo acimutal de los módulos fotovoltaicos, estas se pueden determinar dibujando sobre la carta solar del desplazamiento el perfil de los diferentes obstáculos que afectan a los paneles [31].

- **Separación Óptima Entre Paneles**

Estudio del efecto que tienen las sombras sobre la generación de energía eléctrica fotovoltaica se la consigue con la siguiente fórmula [32].

- **Condiciones climáticas**

Las condiciones climáticas proveen de mejor manera los estándares adecuados en las diferentes áreas de aplicación de instrumentos fotovoltaicos y hace referencia al estado de las condiciones de la atmósfera que influyen sobre una determinada zona [33].

- **Posicionamiento del sol**

La Tierra representa un movimiento de traslación alrededor del Sol que sigue una dirección en forma de elipse, con una excentricidad del 3%. La línea inexistente que se dirige al círculo

representado se conoce como eclíptica. Este círculo caracteriza el plano de la eclíptica. En su movimiento de traslación, el eje de giro de la Tierra forma generalmente un punto similar de $23,45^\circ$ con el opuesto al plano de la elíptica [34].

3.6.11. Diseño Estructural

El plan de la construcción se hará por el rumbo y punto de tendencia determinado para el generador fotovoltaico, considerando la simplicidad de ensamblaje y desmontaje, y el requerimiento de sustitución de posibles componentes teniendo en cuenta los pasos retratados a continuación:

- **Estructuración**

Incorpora el significado de la forma o tipo primario incluyendo el material a utilizar, cumpliendo posteriormente todos los estados de bienestar y utilidad de la obra y cumpliendo el gasto base [35].

- **Análisis Estructural**

Incorpora la visualización de la construcción y el cálculo de las deformidades y potencias interiores de sus componentes [35].

- **Dimensionamiento**

También llamado plan de los componentes requiere pensar en el tipo de presión (carga axial, arqueado, corte, tensión) y en la forma de comportamiento del componente bajo dicha presión, lo que influye claramente en el material a utilizar y en el grado de seguridad que es sensato adoptar. La figura 3.20. muestra los movimientos a seguir para el plan y la organización del seguidor basado en la luz solar hasta alcanzar el resultado final ideal [35].

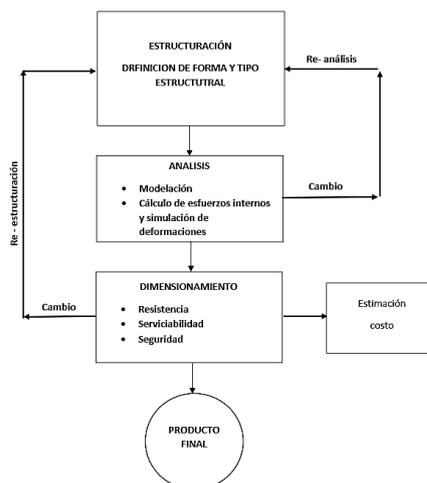


Figura 3.22. Etapas de proceso de diseño estructural [35]

3.6.12. Factor de seguridad

Entendemos por seguridad el evitar que la estructura o el elemento sobrepase un estado limite hasta el cual se considera que el comportamiento de la estructura es estable. Tal estado limite es el de falla o colapso de un elemento o de la estructura completa. [36]

Para el cálculo del factor de seguridad podemos hallarlo con la siguiente formula:

3.6.13. Cargas

- Cargas vivas

Son aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud, son causadas cuando una estructura se ocupa, se usa y se mantiene [37].

- Cargas Ambientales

Son causadas por el medio ambiente en el cual se localiza una estructura en particular, las cargas ambientales son causadas por la lluvia, la nieve, el viento, los cambios de temperatura y los sismos [37].

3.6.14. Grados de libertad

El grado de libertad representa el número de direcciones en las que puede ocurrir u movimiento independiente dependiendo el número de estabones que en este se encuentren [24].

3.7. PIEZAS MÓVILES

Esta será posteriormente estudiada comparando los resultados y derivando una serie de conclusiones interesantes conociendo de manera aproximada el esfuerzo normal para una relación de esbeltez efectiva, y su radio de giro mínimo [38].

3.8. ESTRUCTURAS DE SOPORTE

La estructura portante de los módulos deberá resistir, con los módulos instalados, las cargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código de la Edificación (CTE), será de protección en superficie contra los efectos de los agentes ambientales, si la estructura está galvanizada, se aceptará la tornillería galvanizada, excepto la tornillería de sujeción de los módulos, que será de acero inoxidable [39].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.METODOLOGÍA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

Es fundamental comprender que la metodología es un instrumento excepcionalmente útil, ya que es responsable de dirigir el ciclo de organización registrado de la configuración general de la estructura que se va a construir. Por lo tanto, permite a los creadores establecer una solicitud y una forma de pensar con respecto al tipo de innovación que se utilizará, decidiendo las partes, los aspectos, las recreaciones, los indicadores de ejecución, las recreaciones, los dispositivos, accesorios, el aseguramiento de las partes, el efecto monetario y ambiental, entre otros, para finalmente establecer los activos importantes coordinados con el plan real de la construcción y su prueba de actividad y ejecución relacionada, para finalmente abordar los cambios esenciales de acuerdo con el logro del objetivo ideal.

Cuando el principio no está totalmente grabado en piedra, seguimos eligiendo la técnica a la luz de los sistemas gráficos, ilustrativos y de campo.

4.2.TIPOS DE INVESTIGACIÓN

- **Investigación Descriptiva**

Esta investigación muestra la radiación coordinada en varias estaciones del año en la Universidad Técnica de Cotopaxi, utilizando la investigación basada en el sol para distinguir la dirección del sol en el tiempo, conociendo posteriormente los puntos de acimut e incidencia del sol, entonces, en ese momento, seleccionaremos los materiales para la disposición de diseño estructural.

- **Investigación Explicativa**

Requiere la investigación explicativa ya que aplicaremos la utilización de métodos analíticos que nos llevaran a un estudio deductivo e inductivo acerca del diseño de estructuras y el porqué de su aplicación en el área de posicionamiento.

- **Investigación de Campo**

La investigación de campo se utiliza principalmente para un estudio más profundo logrando una recopilación de datos más precisa mediante un programa de simulación de trayectoria solar y generación de sombras logrando un grado de observación del sitio de implementación.

4.3.MÉTODOS

Para la aplicación e implementación del mecanismo de seguidor fotovoltaico planteado se desarrollaron métodos de paso a paso conforme avanza la generación del diseño estructural de,

seguidor solar de un eje partiendo desde un previo estudio, así como factores y variables que interfieran en el correcto funcionamiento del mecanismo.

4.3.1. Métodos deductivos

Este método nos permite tomar conclusiones generales en el momento de indagar varias fuentes bibliográficas para así lograr explicaciones particulares al momento de diseñar la estructura obteniendo ideas mucho más claras y concisas.

4.3.2. Método analítico

Con este método descomponemos en varias partes un tema preciso a estudiar separándolas así en varios subtemas con el cual lo estudiaremos por separado con mucha más profundidad logrando mejores resultados al observarlos individualmente.

4.3.3. Método analítico-sintético

Este método lo utilizamos para estudiar por separado los hechos que acontece la parte de diseño obteniendo un análisis para después enlazarlas y estudiarlas de manera conjunta como es el caso del ensamble de elementos diseñados.

4.4. DECLARACIONES DE VARIABLES

- **Variable Independiente**

Sistema de seguimiento solar

- **Variable Dependiente**

Diseño y construcción de seguidor solar

4.4.1. Operaciones de las variables

Tabla 4.1. Variable Independiente

Variable Independiente	ítem	Indicador	Unidades	Instrumentos
Diseño y construcción de un sistema de seguimiento solar	Estructura	Cargas	N/m^2	Autodesk Inventor
		Tensiones		
		Deformaciones	mm	

Tabla 4.2. Variable Dependiente

Variable Dependiente	ítem	Indicador	Unidades	Instrumentos
Orientación y posicionamiento de paneles fotovoltaicos	Acimut Latitud Longitud	Ángulos	Grados	Fichas de observación

4.4.2. Métodos, Técnicas e Instrumentos

Tabla 4.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos

Métodos	Técnicas	Instrumentos
Deductivo	Modelado y simulación	Planos y diseño en Inventor
Analítico	Observación e indagación	Experimentos de estructuras
Analítico - sintético	Descomponer elementos y estudiarlos por separado	Catálogos de materiales

La metodología implementada para el diseño estructural de un seguidor solar de un eje se basa fundamentalmente en el diseño estructural y mecánico capaz de lograr los ángulos de libertad necesarios para el correcto funcionamiento del mecanismo para un mejor posicionamiento de acuerdo con la trayectoria del sol durante todo el año.

La figura 4.1: muestra a detalle el proceso a seguir para la culminación del diseño estructural, empezando principalmente desde el análisis del posicionamiento del seguidor solar de un eje, seguido del diseño del mecanismo y sus diferentes cálculos que validen su efectividad hasta llegar a las pruebas mecánicas para la observación de su comportamiento estructural al momento de colocar cargas en el eje en la vida real.



Figura 4.1. Metodología y pasos para construcción del mecanismo

4.5. ANÁLISIS DE POSICIÓN

El presente proyecto se encuentra localizado en el bloque B de las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicada geográficamente en Ecuador, ciudad de Latacunga misma que se localiza con las siguientes coordenadas: Latitud 0.917342° S; longitud 78.633058° O.

En la figura 4.2. se observa la Universidad Técnica de Cotopaxi y su posicionamiento respectivo a los ejes cardinales la cual para determinar la orientación como la inclinación de los paneles solares utilizaremos datos recogidos de un software de simulación de la trayectoria solar durante todo el año teniendo en cuenta las fechas de solsticios como los equinoccios ya que son las fechas más importantes a tener en cuenta para una correcta interpretación del comportamiento del sol y así determinar la temporada en que se recibe menor luz solar y así adaptarlos para una mayor eficiencia de recepción de radiación solar.

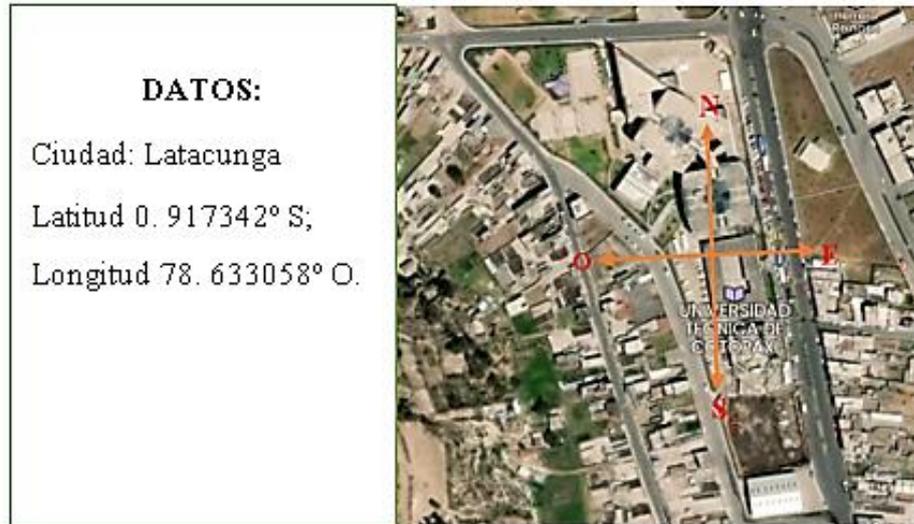


Figura 4.2. Ubicación Universidad Técnica de Cotopaxi

Como se aprecia en la figura 4.3. se procederá a simular mediante datos recopilados del área de trabajo medida, así como también datos de altitud y ángulo azimutal del sol durante un año entero en donde se tomará en cuenta los datos recogidos para tener un promedio general del ángulo necesario y posición de donde se colocará la estación fotovoltaica para determinar en una escala real detalla la mejor ubicación de instalación de estas para una mejor recepción de radiación solar.

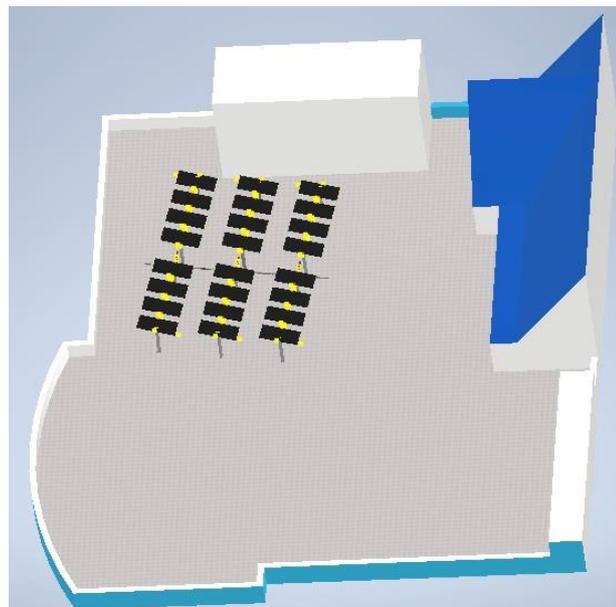


Figura 4.3. Posicionamiento de paneles en la terraza del bloque B

4.5.1. Grados de Libertad del Mecanismo

Para realizar el diagrama de movimiento del sistema fotovoltaico de un eje se realiza posteriormente mediante el análisis de los eslabones y juntas que lo componen y mediante esto se aplicara la fórmula para determinar los grados de libertad que esta posea.

$$M = 3 * (L - 1) - 2(J1 - J2) \quad (4.1)$$

Donde:

M= Grados de libertad

L= Número de eslabones

J1= Número de juntas

J2= Número de semijuntas

4.5.2. Cálculo de Fuerzas Aplicadas en el Eje

Para el cálculo de las fuerzas estáticas que soporta el eje se utilización la ecuación

$$F = m * g \quad (4.2)$$

En donde:

F = Fuerza

m= masa

g = gravedad

4.5.3. Diseño del Eje por Fluencia

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + T^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (4.3)$$

Donde:

M = Momento flector máximo

T = Torque cortante máximo

4.5.4. Fuerzas en el Eje por la Carga del Viento

La fuerza de empuje necesaria se determina de acuerdo con la geometría y la forma de la carga. En el caso de estudio el proyecto está previsto para mover 24 paneles solares, las

dimensiones de los paneles solares son 999 mm x 1650 mm en donde la estructura podrán abarcar 4 paneles solares de 150W cada uno. Los vientos en la ubicación donde se instala la estructura oscilan entre 7,71 y 1,02 m/s, según *Windfinder* un servicio de monitoreo satelital. Además, se sabe que el peso de cada panel es de 12 kg. Mediante estos datos se calcula la fuerza que debe vencer la estructura para moverse con facilidad.

Fuerza del viento:

$$F = AP \quad (4.4)$$

En donde:

F = Fuerza del viento

A = Área de la superficie de contacto con el viento proyección.

P = Presión del viento

La presión se calcula con la formula:

$$P = 1.22v^2 \quad (4.5)$$

P = Presión del viento.

v = Velocidad máxima del viento.

4.5.5. Separación Óptima Entre Paneles

Para la separación óptima entre paneles se utiliza la ecuación (4.3)

$$h = A * \sin\theta \quad (4.6)$$

En donde:

h = altura

A = Área del panel solar

θ = Angulo de inclinación

4.5.6. Cálculo de Distancia Óptima Entre Paneles

Para hallar el CGR entre paneles se utiliza la ecuación (4.3)

$$GCR = \frac{h_p * b_p}{A_p (\cos \theta) + b_p * d} = 0,47 \quad (4.7)$$

4.5.7. Análisis de la Altitud Solar del Ecuador

Para el análisis de la altitud solar implementamos la siguiente formula:

$$\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{h}{d} = \tan^{-1}\beta \quad (4.8)$$

En donde:

$\sin\beta$ = Altura.

$\cos\beta$ = Distancia entre paneles.

$\tan^{-1}\beta$ = Ángulo de altura solar.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1.GRADOS DE LIBERTAD

Para este cálculo utilizamos la ecuación (4.1) la cual nos permitirá saber el grado de libertad de nuestro mecanismo.

$$M = 3 * (L - 1) - 2(J1 - J2)$$

$$M = 3 * (2 - 1) - 2(1 - 0)$$

$$M = 3 - 2$$

$$M = 1$$

5.2.FUERZAS APLICADAS EN EL EJE

Para calcular las fuerzas que actuaran sobre el eje utilizamos la ecuación (4.2). para calcular el peso que genera un panel individualmente.

$$F = m * g$$

$$F = 12\text{Kg} * 9,810 \text{ m/s}^2$$

$$F = 117,72 \text{ N}$$

5.3.PESO DE LA ESTRUCTURA

La estructura será diseñada para que cada fila de la estructura abarque 8 paneles, la fila está compuesta por 2 ejes colineales que soportan 4 paneles cada uno, el análisis se realiza en cada eje individual de 4 paneles. La masa de cada panel es de 12 kg, los accesorios para sostener un panel tienen una masa de 5 kg, por lo tanto, se determina la masa por cada panel contando la estructura.

$$m_{\text{ensamble_panel}} = 12 \text{ kg} + 5 \text{ kg} = 17 \text{ kg}$$

Multiplicando por cuatro porque van alojados 4 paneles.

$$m_{\text{ensamble_eje}} = 17 \text{ kg} * 4 = 68 \text{ kg}$$

Se determina el peso muerto que debe la fuerza para mover la estructura.

$$F_{\text{peso}} = 68 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{\text{peso}} = 667,08 \text{ N}$$

5.4.FUERZA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO

La fuerza que ejerce el viento sobre la estructura se determina conociendo la velocidad del viento en el lugar de la instalación, Los vientos en la ubicación donde se instala la estructura oscilan entre 7.71 y 1.02 m/s, según *Windfinder* un servicio de monitoreo satelital. Primero se determina la presión del viento en el lugar.

$$P = 1,22v^2$$

$$P = 1,22(7,71)^2 = 72,52 \text{ Pa}$$

Luego se determina la fuerza ejercida sobre cada panel solar conociendo sus dimensiones: Largo = 1650 mm, ancho = 990 mm. También es necesario conocer el ángulo máximo e los que estarán expuestos a la dirección horizontal del viento. En las cartas solares recomienda una exposición horizontal de 10°.

$$F = AP \text{ sen}(10^\circ)$$

$$F = 1,65 * 0,99 * 72,52 * \text{sen}10^\circ = 20,57 \text{ N}$$

A esta fuerza se debe multiplicar por cuatro ya que estarán dispuestos 4 paneles por eje.

$$F_{\text{viento}} = 20,57 * 4 = 82,28 \text{ N}$$

Se determina la fuerza total en el eje

$$F_{\text{eje}} = F_{\text{viento}} + F_{\text{peso}}$$

$$F_{\text{eje}} = 82,28 + 667,08 = 749,36 \text{ N}$$

5.4.1. Momento para mover la estructura

El momento para girar los paneles se determina con la fuerza en el eje y la longitud del brazo que tiene 750 mm.

$$M_{eje} = F_{eje} * L_{brazo}$$

$$M_{eje} = 749,36 \text{ N} * 0.75 \text{ m} = 562.02$$

5.4.2. Reacciones en los apoyos del eje

La potencia del motor se transmitirá por el punto A con un torque

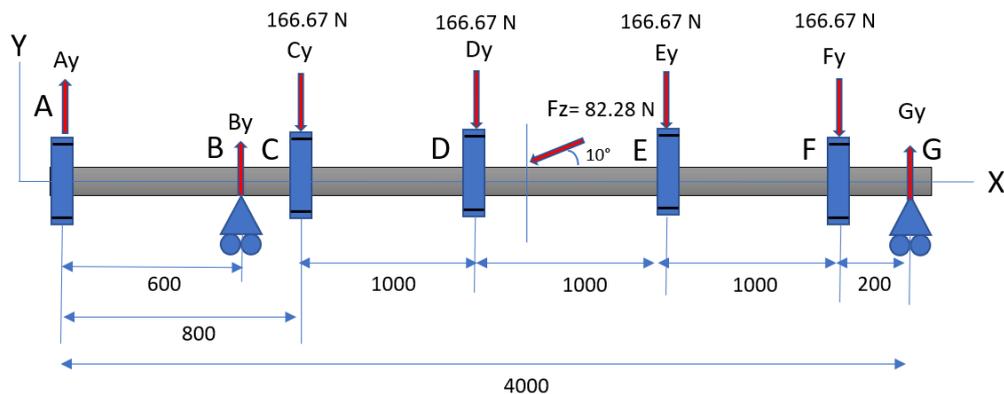
$$T_A = 562,02 \text{ N.m.}$$

El torque se divide en 4 partes para los paneles correspondientes.

$$T_i = \frac{562.02 \text{ Nm}}{4} = 140,505 \text{ N}$$

Se determinan las reacciones en los apoyos conociendo la fuerza de la estructura y la fuerza que ejerce el viento (F_z) y el peso de la estructura que equivale a 667,08 N.

5.5. Diagrama de cuerpo libre



F_z = Fuerza del viento en los paneles

Figura 5.1. Diagrama de cuerpo libre del eje principal

5.5.1. Cálculos de las fuerzas en el plano XY.

$$\sum MB = 0$$

$$-F_{AY} * 0,5 - F_{CY} * 0,2 - F_{DY} * 1,2 - F_{EY} * 2,2 - F_{FY} * 3,2 + F_{GY} * 3,4 - F_Z * \text{sen}(10^\circ) * 1,4 = 0$$

$$= \frac{-FGY}{-FAY * 0,5 - FCY * 0,2 - FDY * 1,2 - FEY * 2,2 - FFY * 3,2 - FZ * \text{sen}(10^\circ) * 1,4}$$

$$= \frac{FGY}{-0 * 0,5 - 166,67 * 0,2 - 166,67 * 1,2 - 166,6 * 2,2 - 166,67 * 3,2 - 82,28 * \text{sen}(10) * 1,4}$$

$$FGY = 399,17 \text{ N}$$

$$\sum FY = 0$$

$$-FAY + FBY - FCY - FDY - FEY - FFY + FGY - FZ\text{sen}(10^\circ) = 0$$

$$-FAY - FCY - FDY - FEY - FFY + FGY - FZ\text{sen}(10^\circ) = -FBY$$

$$-0 - 166,67 - 166,67 - 166,67 - 166,67 + 399,17 - 82,28\text{sen}(10^\circ) = -FBY$$

$$FBY = 281,79 \text{ N}$$

5.5.2. Cálculo de las fuerzas en el plano XZ

$$\sum MB = 0$$

$$-FZ\text{cos}(10) * 1,4 + FGZ * 3,4 = 0$$

$$FGZ = \frac{FZ\text{cos}(10) * 1,4}{3,4}$$

$$FGZ = \frac{82,28 * \text{cos}(10) * 1,4}{3,4} = 33,36 \text{ N}$$

$$\sum FZ = 0$$

$$FBZ - FZ\text{sen}(10^\circ) + FGZ = 0$$

$$FBZ = -33,46 + 88,28 * \text{cos}(10^\circ) = 53,47 \text{ N}$$

5.5.3. Fuerzas cortantes en los planos YZ y XZ

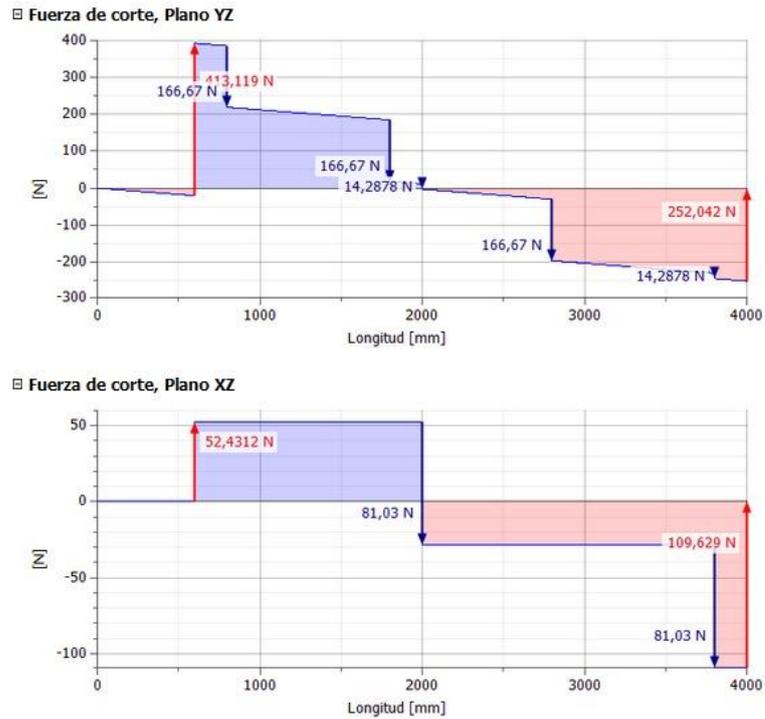


Figura 5.2. Cortantes en los planos del eje secundario

5.5.4. Fuerza Resultante en los Planos



Figura 5.3. Cortantes resultantes de los 2 planos

En la condición de equilibrio se observa que el valor de mayor dimensión que podría causar fallas en el eje es el de 416.433N de acuerdo con los resultados se procede a dibujar el diagrama de momentos flectores que permitirán aplicar un método de diseño en base al máximo valor que se localice a lo largo del eje.

5.5.5. Momentos Flectores en los planos YX

A partir de los diagramas cortantes se procede a construir un esquema de momentos para cada punto donde se localizan las fuerzas de reacción en la figura 5.4. se muestra el grafico de los momentos flectores para cada plano y en la figura 5.5. se aprecia el resultado de los dos planos para así finalmente determinar la ubicación crítica donde el eje tendrá mayor carga a flexión.

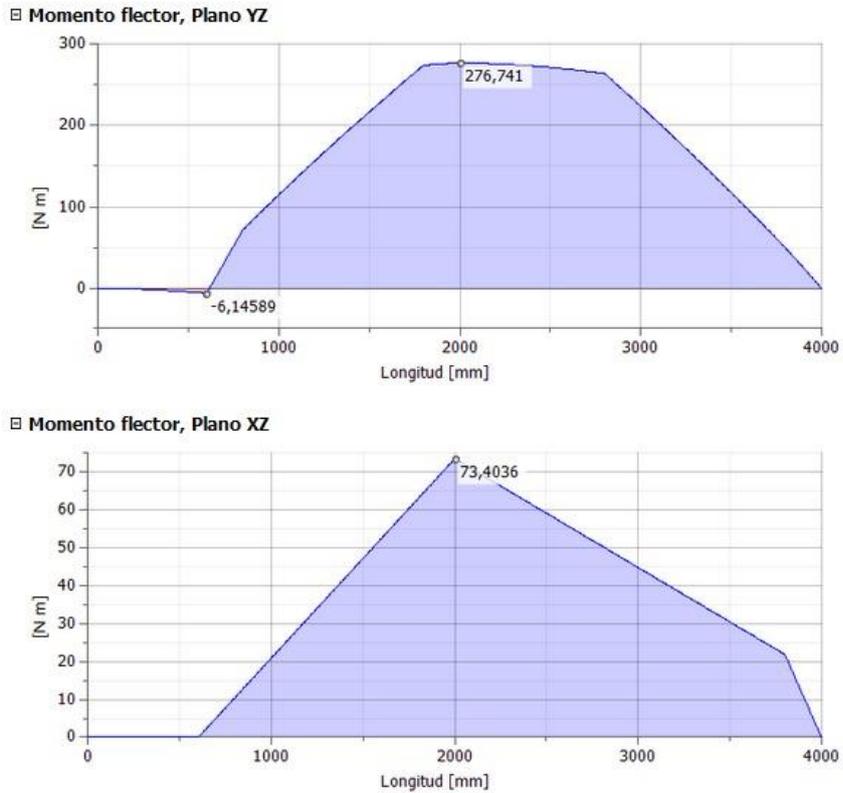


Figura 5.4. Momento cortante en los dos planos

5.5.6. Momento Flector Resultante en los dos Planos

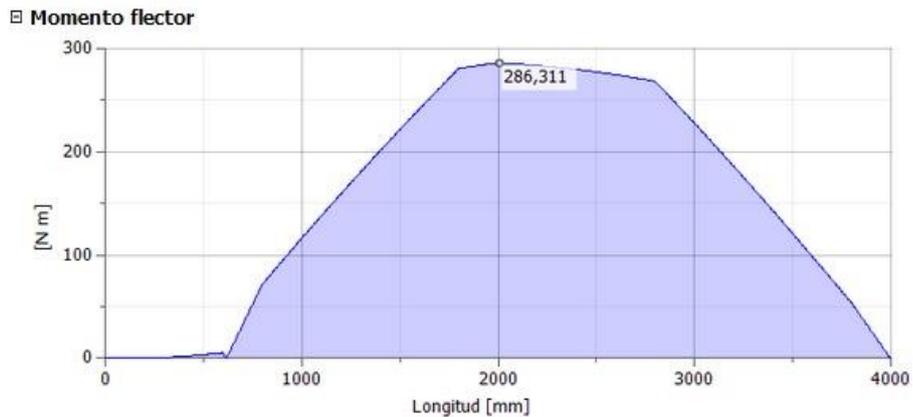


Figura 5.5. Momento lector resultante de los planos

5.5.7. Diámetro Ideal para el Eje

En la figura 5.6. se observa el resultado de la gráfica el cual nos indica que el diámetro ideal al que debería estar implementado el eje es de 45.454 mm de diámetro por lo concluimos que el eje que colocamos esta sobredimensionado, es decir soporta un peso mucho mayor al estimado en un principio.



Figura 5.6. Diámetro ideal para el eje

5.5.8. Cálculo de Altura para los Obstáculos

Para el diseño de nuestra estructura tenemos que instalar 8 paneles en dos estructuras, disponiendo 4 paneles en cada una de ellas. Necesitamos saber la distancia mínima que hay que dejar entre las estructuras para evitar pérdidas de producción por el sombreado, ocupando el mínimo espacio posible.

Datos:

Medidas panel: (1650×990) mm

Lugar de instalación: Latacunga (U.T.C.) (latitud = -0.918510922°).

Inclinación soporte módulo: 10° (dato obtenido del promedio de tablas de posiciones de la tierra para favorecer la captación de energía durante todo el año).

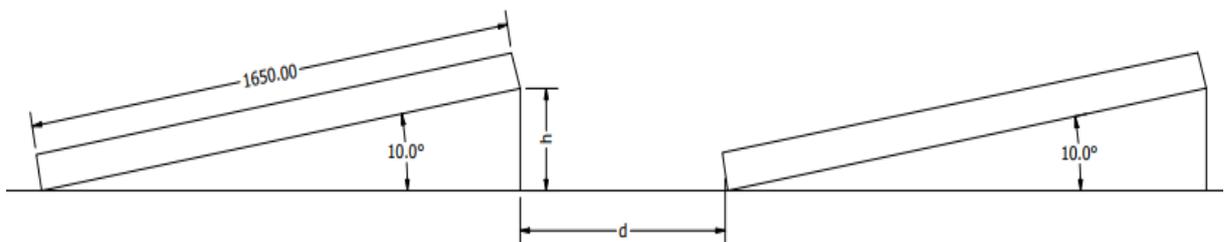


Figura 5.7. Inclinación de paneles solares

Lo primero que se deberá hacer es calcular la altura del obstáculo mediante la siguiente ecuación:

$$h = A * \sin\theta$$

$$h = 1,65m * \sin(10^\circ)$$

$$h = 0,28 m.$$

5.5.9. Cálculo de la Distancia Optima Entre Paneles

Teniendo en cuenta la latitud del lugar se procederá a utilizar las siguientes fórmulas para hallar la distancia que deberá tener entre paneles para evitar pérdidas por sombras entre filas.

$$GCR = \frac{1,65 m (0,99 m)}{A_p (\cos \theta) + b_p * d} = 0,47$$

$$GCR = \frac{0,6335}{0,6335 (\cos 10^\circ) + 0,99 d} = 0,47$$

$$0,6335 = 0,47 \{0,6335 (\cos 10^\circ) + 0,99 m * d\}$$

$$0,6335 = 0,3 (\cos 10^\circ) + 0,4653 m * d\}$$

$$0,6335 = 0,30 + 0,4653 * d$$

$$d = \frac{0,3335}{0,4653}$$

$$d = 0,71 m.$$

Por lo tanto, se necesitará una separación mínima entre paneles de 0,71 m.

5.5.10. Grados de Libertad del Mecanismo

Para realizar el diagrama de movimiento del sistema fotovoltaico de un eje se realiza posteriormente mediante el análisis de los eslabones y juntas que lo componen y mediante esto se aplicara la fórmula para determinar los grados de libertad que esta posea.

$$M = 3 * (L - 1) - 2(J1 - J2)$$

$$M = 3 * (2 - 1) - 2(1 - 0)$$

$$M = 3 - 2$$

$$M = 1$$

5.6.DISEÑO PRELIMINAR DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

En esta parte del diseño se busca encontrar las dimensiones teniendo en cuenta las dimensiones de los paneles solares, así como también la selección de los materiales por medio de análisis mecánicos teniendo en cuenta los esfuerzos y cargas que se implementaran en las diferentes partes de la estructura. Para empezar con el diseño primero se implementa la simulación en un programa de diseño y modelado para tener una referencia lo más próxima a lo que en realidad se va a construir en la vida real, una vez definidos los ángulos en que el mecanismo se comprobará que el mecanismo cumpla con las especificaciones necesarias para su correcto comportamiento. En la figura 5.8. se muestran el diseño preliminar y los componentes que conforman la estructura móvil de un eje simulados en un software me modelado en 3D, así como la correspondiente distribución de todos sus elementos ya ensamblados.

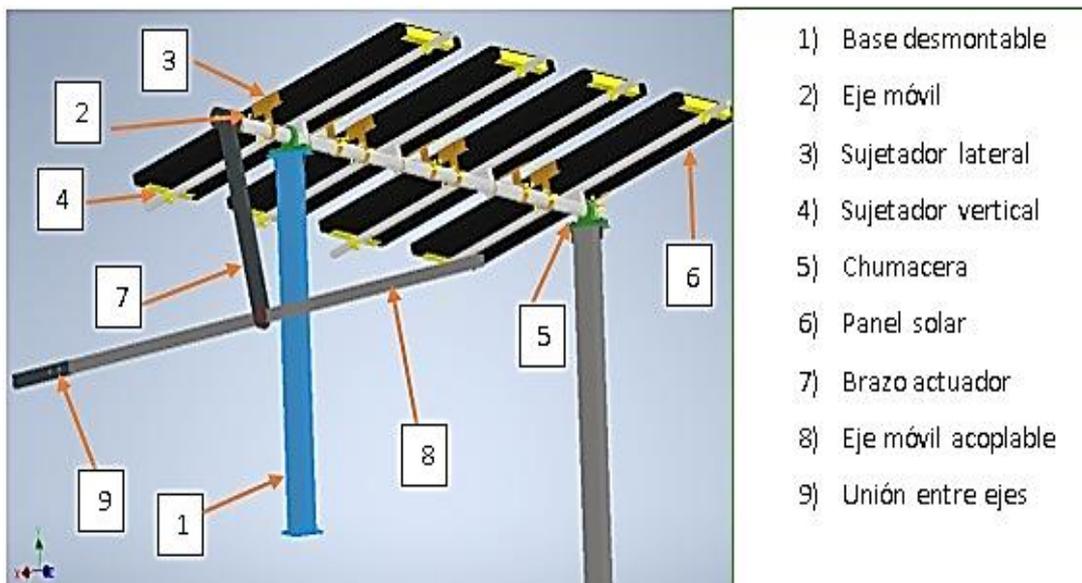


Figura 5.8. Diseño conceptual de estructura de un eje

5.6.1. Diseño mecánico de un eje

Mediante el uso del software Inventor como se puede apreciar en la figura 5.9. se diseña un mecanismo móvil mediante el uso de chumaceras para unir el eje con las columnas rígidas para su correcto posicionamiento, muestra el mecanismo para la realización del movimiento en el eje móvil que se encuentra adaptada a las bases fijas.



Figura 5.9. Mecanismo de giro de un eje

5.6.2. Selección de Materiales

Un aspecto muy importante para la selección de los materiales para la construcción del mecanismo es tener en cuenta principalmente su disponibilidad en los mercados locales, su calidad y su adaptación a elementos móviles mecánicos como son la compatibilidad con las chumaceras. Teniendo en cuenta lo antes mencionado se procederá a seleccionar el tubo dependiendo el catálogo existente en nuestra región, otro aspecto es seleccionar es la elección del tubo teniendo en cuenta el punto medio del catálogo que nos ofrece el fabricante como se muestra en la tabla.

Tabla 4.4. Selección de material

Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas		
				Eje x-x = y-y		
B	e	A	P	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
	3,00	11,41	8,96	177,08	35,42	3,94
	4,00	14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
	5,00	18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80

5.6.3. Cuerpos Finos

En la figura 5.10. se aprecia las fuerzas que actúan en la estructura y se procederá a buscar los cuerpos finos que nos serán de mucha utilidad al momento de proceder a realizar la simulación ya que el simulador estará interpretando que la estructura no está conformada de objetos sólidos, sino que lo interpretaría como material hueco como son las tuberías.

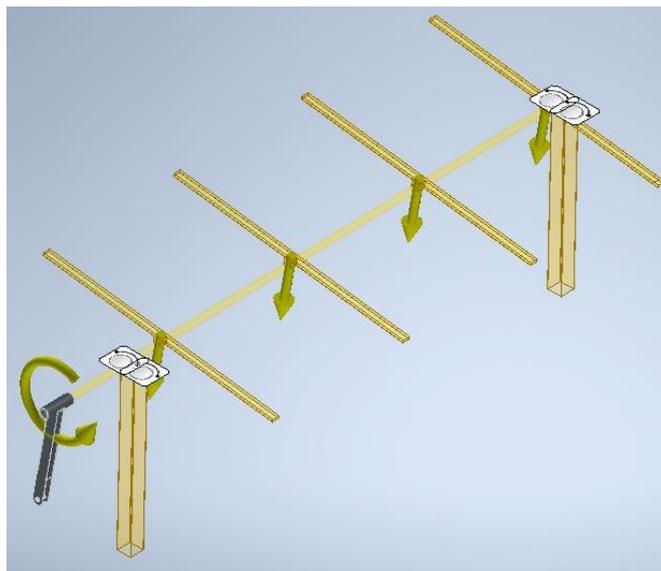


Figura 5.10. Cuerpos finos de la estructura

5.6.4. Tensión de Von Mises

En la figura 5.11. se visualiza la reacción de la estructura al estar sometidas a cargas estáticas y la tensión máxima y mínima que esta soporta, para lo cual colocamos las cargas en el eje base que en este caso será de 117.72 N y colocando las restricciones respectivas para su correcta interpretación se procederá a simular para hallar en primera instancia la tensión de Von Mises el cual nos indicara las teorías de fallo como un indicador de que el diseño es bueno para materiales dúctiles.

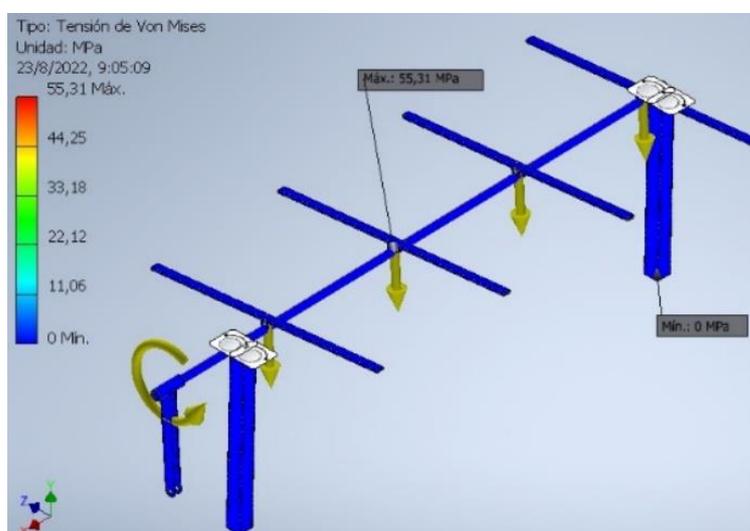


Figura 5.11. Fuerzas que actúan sobre el eje

5.6.5. Desplazamiento

En la Figura 5.12. podemos verificar los valores de desplazamiento que se generan en la estructura, visualizando así mediante un espectro de colores las zonas en las que se a tendrá más desplazamiento, como se observa en la figura el simulador nos da valores máximos y mínimos en la cual nos hace contar que el desplazamiento es mínimo y la estructura soporta sin problema las cargas colocadas sobre el eje.

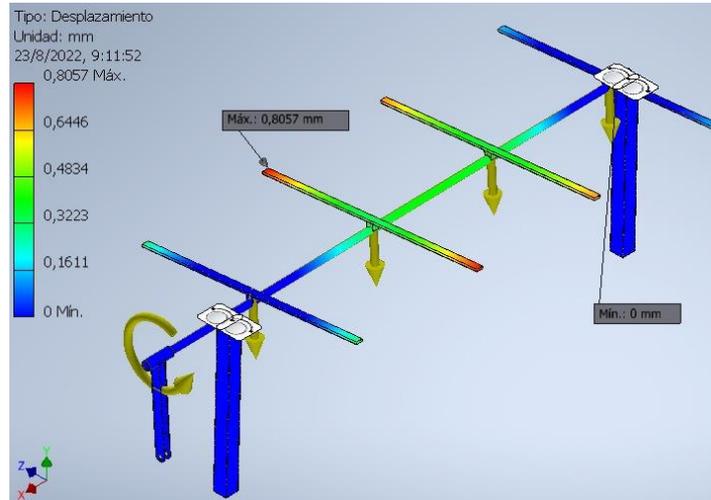


Figura 5.12. Análisis de desplazamiento

5.6.6. Rotación

En la Figura 5.13. se detalla el análisis de rotación que tendrá las bases de los paneles solares que en este caso será el máximo de 0.03404 deg que proviene del inglés (Degree) que significa grado y hace referencia a los grados sexagesimales.

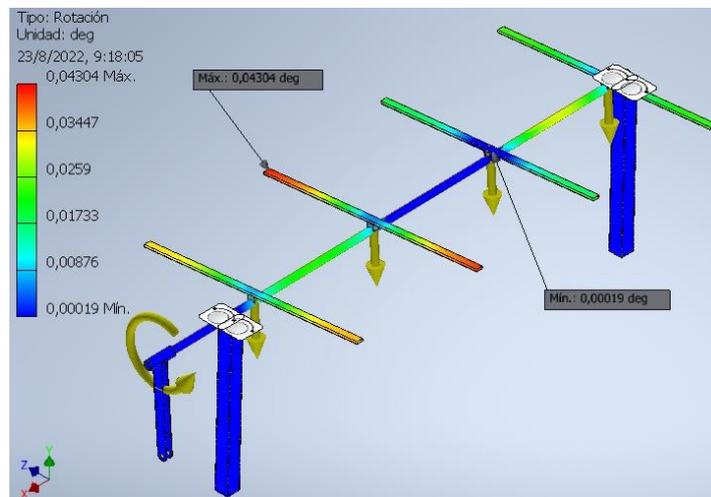


Figura 5.13. Análisis de rotación

5.6.7. Factor de seguridad

En la Figura 5.14. se muestra el coeficiente de seguridad que tiene la estructura, un coeficiente de seguridad de 1 nos indica que el material es esencialmente elástico, la mayoría de diseñadores procuran obtener un coeficiente de seguridad de 2 y 4 según las cargas colocadas, en este caso tenemos un coeficiente de seguridad mínima de 3,34 ul y una máxima de 15 ul por lo que la estructura nos indica que la estructura soportara 5 veces las cargas aplicadas mostrándonos que existe un sobredimensionamiento en el diseño.

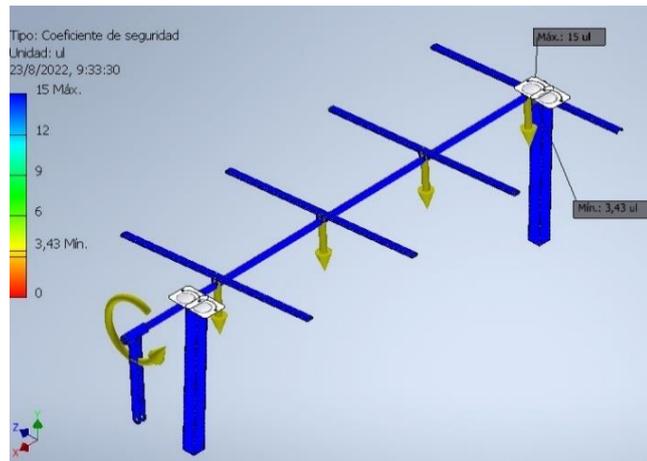


Figura 5.14. Coeficiente de seguridad

5.6.8. Deformación equivalente

En la Figura 5.15. observamos la deformación equivalente se muestra cuanto cambia la estructura al momento de estar sometidas a cargas en este caso estáticas fijas lo que nos da como resultado una deformación máxima de 3.36 mm lo que está en los rangos adecuados para que la estructura soporte sin dificultad el peso aplicado.

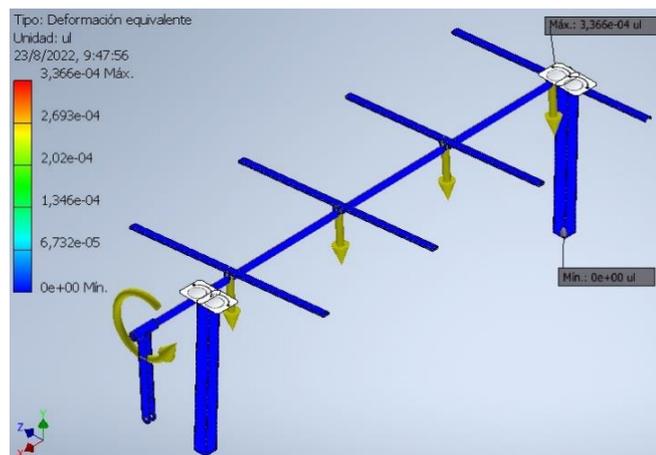


Figura 5.15. Deformación de la estructura

5.6.9. Simulación solsticio de verano

En la figura 5.16. el simulador nos indica los datos como son el ángulo de acimut y el ángulo de la altura solar, teniendo en cuenta la trayectoria durante el solsticio de verano.

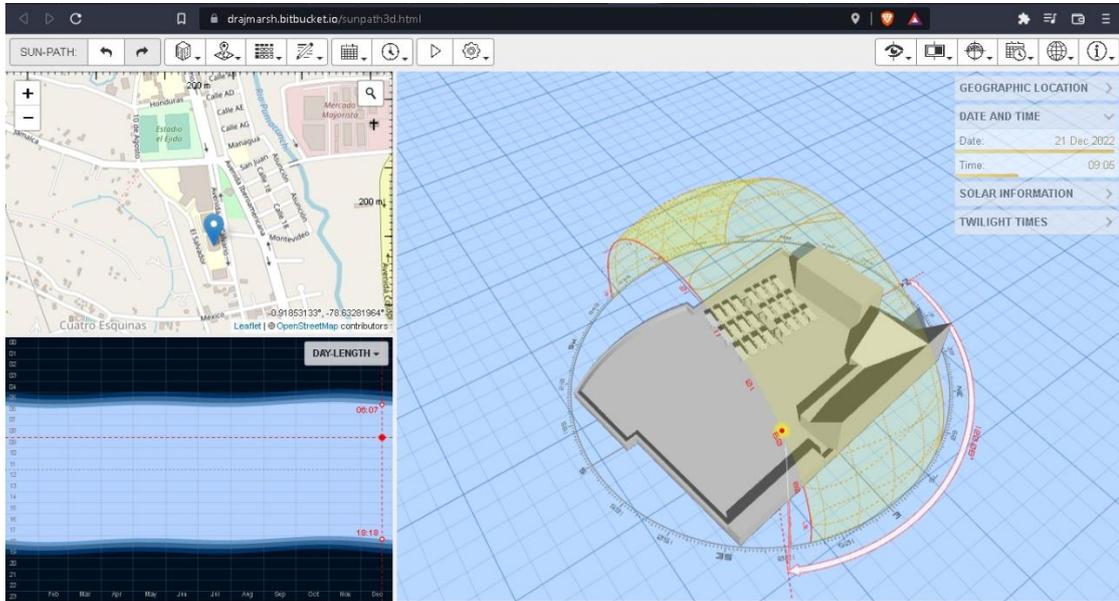


Figura 5.16. Análisis de sombras en solsticio de verano en software Sun Path

5.6.10. Simulación equinoccio de otoño/otoño

La Figura 5.17. muestra el comportamiento y cambio de posición del sol en la fecha del equinoccio de otoño / otoño en la fecha del 20 de marzo del 2022 en la ciudad de Latacunga.

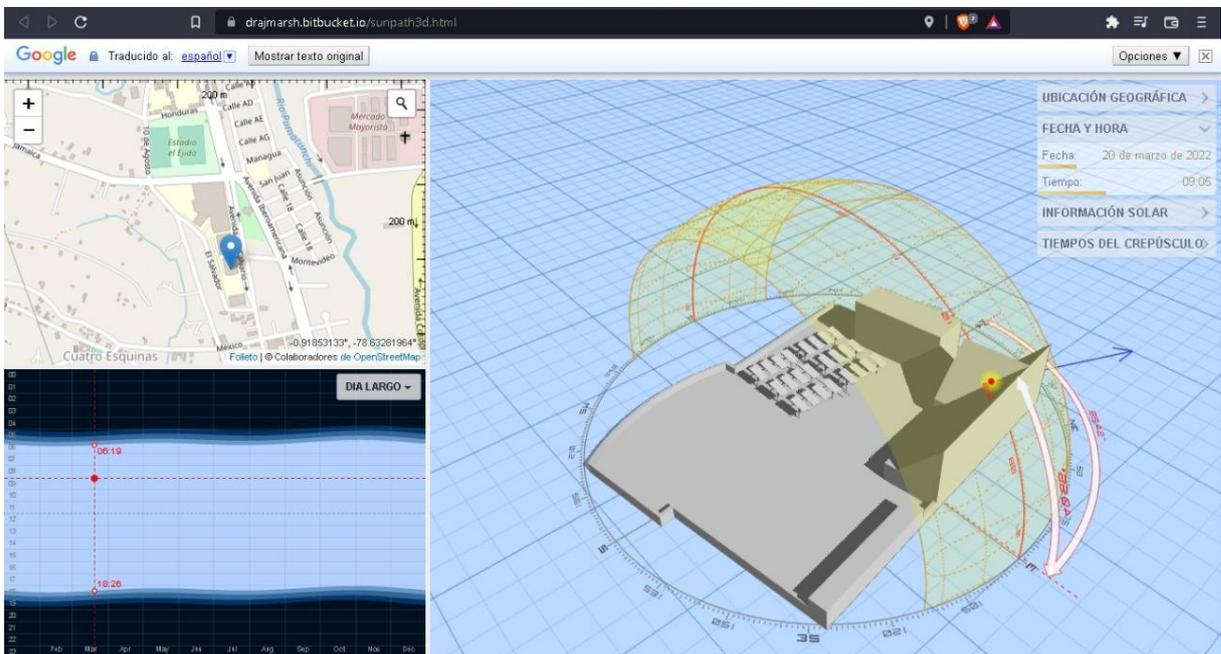


Figura 5.17. Análisis de sombras equinoccio de otoño / otoño en software Sun Path

5.6.11. Solsticio de Invierno

La Figura 5.18. muestra el cambio de posición del sol durante el solsticio de invierno, así como también el comportamiento de las sombras durante el mes del 21 de junio del 2022.

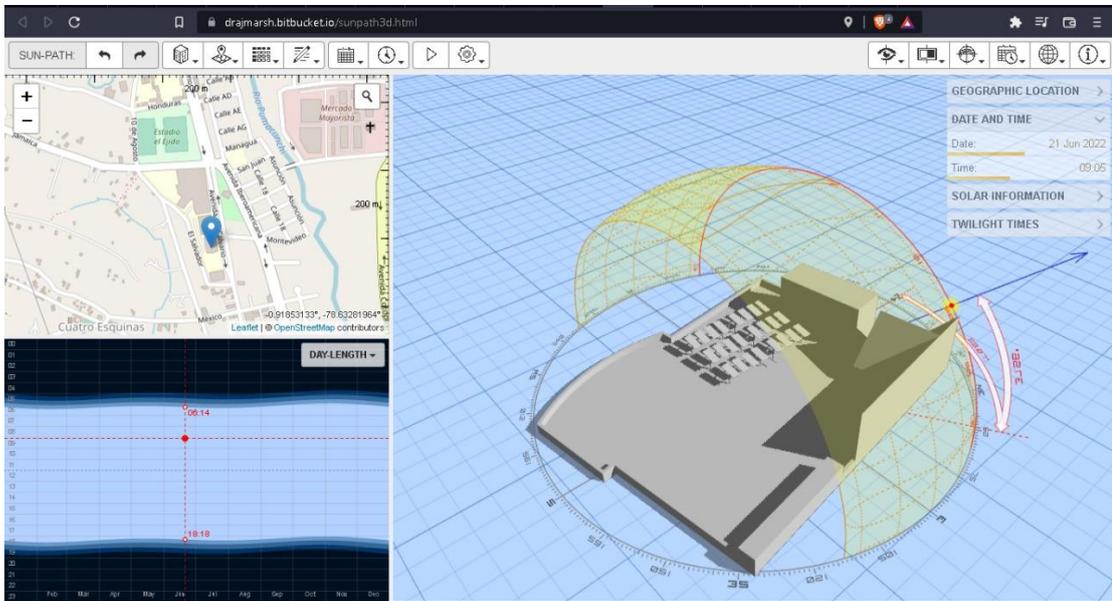


Figura 5.18. Análisis de sombras solsticio de invierno en software Sun Path

5.6.12. Equinoccio de Primavera / Verano

La figura 5.19. muestra la posición del sol durante el equinoccio inercial, y el comportamiento de las sombras durante el mes del 23 de septiembre del 2022.

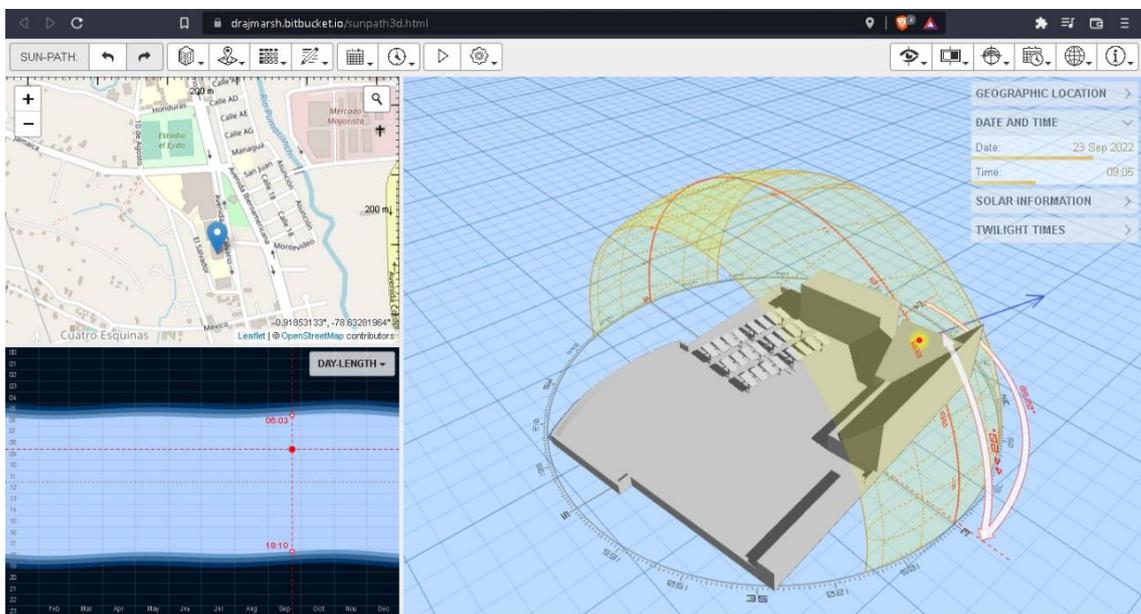


Figura 5.19. Análisis de sombras equinoccio de primavera vernal en software Sun Path

5.6.13. Análisis de la Altitud Solar del Ecuador

Para el análisis de la altitud solar implementamos la siguiente formula:

$$\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{h}{d} = \tan^{-1}\beta$$
$$\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{0,28\text{ m}}{0,71\text{ m}} = \tan^{-1}\beta$$
$$\tan^{-1}\beta = \frac{0,28\text{ m}}{0,71\text{ m}}$$
$$\tan^{-1}\beta = 21,52^\circ.$$

Una vez determinado el ángulo para la altura solar determina que el resultado es correcto ya que al estar en latitud 0° en el solsticio de verano es la época hay más luz en todo el año.

Se colocan líneas a la altura aproximada de los 21, 52° calculados y así de determinaran las horas en las que se encuentran las líneas son aquellas en las que los paneles se están dando sombra.

Como se puede observar en la figura 5.20. las horas en las que los paneles se llegan a dar sombra uno al otro en el peor mes del año como es el equinoccio de invierno, tanto cuando el sol sale como cuando se pone están comprendidas entre 7:53 am, hasta las 16:55 pm aproximadamente.

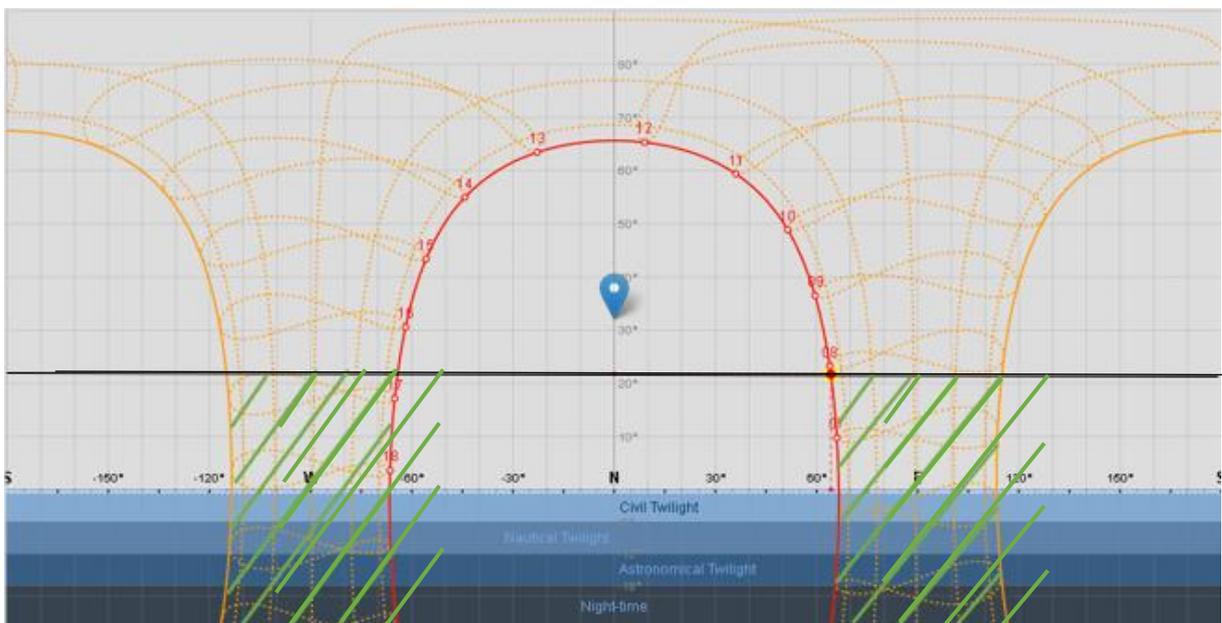


Figura 5.20. Calendario solar del Ecuador – Latacunga

5.7. CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES DESMONTABLES

Para el proceso de corte y construcción de las bases que sostendrán el eje móvil se utilizó un tubo cuadrado de 4 in de base ,4 in de altura y 3 mm de espesor, con una atura comprendida de 1.320 m el cual se sometió a pruebas de simulación para evaluar su comportamiento frente a las cargas a las que iban a ser sometidas.

Pasa su elaboración se procedió a utilizar el proceso de corte, taladrado de las piezas y soldadura por arco eléctrico con electrodo para acero galvanizado AGA ya que es un electrodo que resistirá a la intemperie y brindará una mejor unión entre piezas.

La forma las bases se debe a que es un modelo más sencillo y eficiente al momento instalarlas gracias a que se lo puede colocar en áreas con poco espacio y puede acoplarse a cualquier ángulo de giro sin la necesidad de ocupar mucho espacio, debido a su rigidez estas bases son más robustas debido a su grosor, soportando mayores fuerzas a las que estarán expuestas en la intemperie. Otra razón es que estarán sujetas a bases empernadas las cuales los hacen mucho más rígidas y seguras con la facilidad de poder ser desinstaladas en cualquier momento de manera fácil y seguras, en la figura 5.21. se muestra el diseño de los soportes.



Figura 5.21. Bases desmontables

5.8.CONSTRUCCIÓN DE SOPORTES EN EJE MÓVIL

Para la elaboración del eje de soporte se utilizó un tubo redondo de acero galvanizado de 5 cm de diámetro y 3 milímetros de grosor, también se utilizó tubo rectangular de acero negro de 2,5 x 4 x 3 el cual fue seleccionado del catálogo de materiales de DIPAC para ser utilizados como base de los paneles solares ajustando su búsqueda en materiales semejantes a los solicitados en

el software de simulación utilizado anteriormente como se visualiza en la figura 5.22: mostrada a continuación.



Figura 5.22. Eje móvil y soportes

5.9.CONSTRUCCIÓN DE ÁNGULOS MÓVILES VERTICALES AJUSTABLES

Los ángulos móviles verticales fueron una buena opción al momento de instalar paneles solares de distintos tamaños ya que este se ajustará a la medida deseada hasta 1.65 m de alto y 0.99 m de ancho con el cual se generará una mayor cantidad de voltaje y mejor eficiencia para recibir una mayor cantidad de radiación solar como se muestra den la figura 5.23. visualizando así de mejor manera la forma a la cual se acoplarán los paneles.



Figura 5.23. Ángulos verticales ajustables

5.10. CONSTRUCCIÓN DE SUJETADORES LATERALES

El concepto de sujetadores hace referencia a un instrumento mecanismo el cual se encargará de sujetar o ajustar cierto elemento para reducir el movimiento involuntario por factores que afecten a cierto cuerpo, en el caso de la sujeción de los paneles solares se desarrolló una estructura que sea ajustable a los lados como se muestra en la figura 5.24. la cual se encargará se ajustar el panel al eje para evitar movimientos provocados por el viento, logrando un mayor grado de seguridad en lo que es la sujeción de los paneles solares.



Figura 5.24. Sujetadores laterales

5.11. CONSTRUCCIÓN DE BRAZO ACTUADOR

La construcción de un brazo actuador fue principalmente con la idea de trasladar el movimiento lineal que generará un motor conectado a un tornillo sin fin uniendo dos o más estructuras de una fila como se observa en la figura 5.25. para aprovechar dicho movimiento lineal y trasladarla a los ejes móviles para obtener ciertos ángulos de inclinación dependiendo la configuración a la que se encuentre el actuador.



Figura 5.25. Brazo unión – actuador

5.12. CONSTRUCCIÓN EJE MÓVIL ACOPLABLE

La función de un eje móvil acoplable es la de unir columnas en las cuales esta se acoplará a otra estructura del mismo género para aprovechar el movimiento producido por un actuador y así traspasar dicha fuerza a otra fila de paneles solares como se muestra en la figura 5.26. la cual muestra su acoplamiento al brazo actuador.

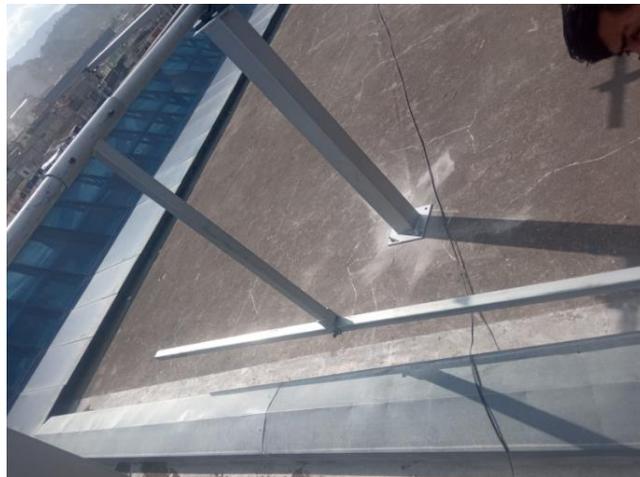


Figura 5.26. Unión eje móvil acoplable

5.13. MONTAJE DE RODAMIENTOS

La función de un rodamiento es generar un movimiento rotacional respecto a un eje de rotación como muestra la figura 5.27. la cual se monta sobre una base estable y a este se le acopla un eje de rotación que en este caso será el eje móvil de los paneles solares.



Figura 5.27. Montaje de rodamiento

5.14. POSICIONAMIENTO Y UBICACIÓN

El posicionamiento fue un paso muy importante debido a que según la orientación a la se la estructura será colocada beneficiará o perjudicará a la captación de la radiación producida por el sol y para esto se necesitó la utilización de adquisición de datos astronómicos y utilización de un sistema de posicionamiento con respecto a los puntos cardinales como se observa en la figura 5.28. en la cual se procedió a localizar el norte mediante el uso de una brújula para mejorar la precisión con respecto a la ubicación y así tener una mejor referencia para la instalación de las bases de la estructura.

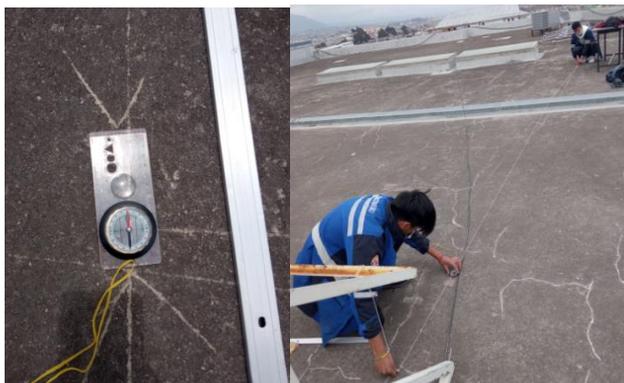


Figura 5.28. Posicionamiento mediante el uso de brújula

5.15. ENSAMBLAJE DE PIEZAS ESTRUCTURALES

El proceso de ensamblaje consistió en la unión de piezas previamente diseñadas como las vistas anteriormente para crear una estructura con bases fijas como soportes y un mecanismo de rotación como es el caso del eje móvil giratorio en donde se acoplaran los paneles solares, también comprende los ángulos ajustables y agarraderas encargadas de brindar una mayor sujeción a los paneles, entre otras cosas se encuentra también la unión de las filas estructurales mediante el brazo actuador para generar un solo movimiento en ambas estructuras como se muestra en la figura 5.29. la cual muestra de mejor manera este ensamble de piezas.



Figura 5.29. Ensamblaje estructural

5.16. FINALIZACIÓN Y COLOCACIÓN DE PANELES SOLARES

Este proceso fue el último debido a que se procedió a colocar los paneles solares con sus respectivos sujetadores tanto verticales como horizontales para sujetar y asegurar los paneles solares como se muestra en la Figura 5.30. dando por culminado el proceso de ensamblaje estructural y viendo los resultados al momento de instalar todos los paneles sobre el eje móvil, así como también el eje móvil acoplable.



Figura 5.30. Ensamble final de piezas y paneles solares

5.17. MÁXIMO GRADO DE MOVIMIENTO

Una vez finalizado el proceso de posicionamiento y ensamblado de la estructura se observó el máximo grado de movimiento que tendrá el actuador en el instante en que ha este se le aplique una fuerza perpendicular al brazo actuador dando como resultado un ángulo máximo de apertura de 60° en sentido este – oeste.

Se comprobó esta medida con el uso de un graduador el cual permitió visualizar esta medida de manera mucho más concreta y confiable.



Figura 5.31. Maximo angulo de giro



Figura 5.32. Máximo ángulo de giro

Como se observó en la figura 5.32. la estructura tiene un máximo grado de movimiento de 60° en el que los paneles solares captaran la radiación solar de manera perpendicular, el grado mínimo de movimiento estará dado mediante cálculos realizados anteriormente en cual estará 10° aproximadamente.

5.18. GASTOS DE IMPLEMENTACIÓN

5.18.1. Gastos necesarios para construcción del mecanismo

Tabla 5.1. Gasto de la construcción

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tubo cuadrado galvanizado 100x100x3MM	1	97	97
Tubo ISO II H.G. 1 1/2	2	37,94	75,88
Tubo rectangular 50x25x2	2	19,82	39,64
Ángulo 1 1/2 x 1/8 (40/3MM)	1	26,11	26,11
Placa 20x20x6MM	8	4,91	39,28
Platina de acero 40x3MM	2	8	16
TOTAL			293,91

5.18.2. Gastos para la sujeción del mecanismo

Tabla 5.2. Gastos para la sujeción

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Pernos de expansión 1/2x3.5 pulgadas	16	0,85	13,6
Pernos 1/2x2 pulgadas	8	0,40	3,2
Pernos 1/4x2 pulgadas	32	0,15	4,8
Pernos de 3/8x3 pulgadas	2	0,21	0,42
Pernos de 1/2x1.5 pulgadas	16	0,39	6,24
TOTAL			28,26

5.18.3. Gatos para la elaboración

Tabla.5.3. Gastos de la elaboración

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Disco de corte SIEA 7 fino	2	2,75	5,50
Disco de desbaste SIEA 7P	2	3,15	6,30
Broca de acero de 1/2	1	5,85	5,85
Broca de acero de 1/4	1	2,15	2,15
Broca de concreto 1/2	1	1,95	1,95
Libra de electrodos	5	2,10	10,50
TOTAL			32,25

5.18.4. Gastos para el tratamiento de la estructura

Tabla 5.4. Gastos tratamiento estructural

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Un Frasco de antioxidante	1	5,75	5,75
Litro de thinner	2	1,75	3,50
Pintura anticorrosiva	2	5,25	10,50
Lija de agua N° 500	3	0,30	0,90
TOTAL			20,45

5.18.5. Gasto en Rodamientos

Tabla 5.5. Gastos de rodamientos

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Chumaceras	4	23	92
TOTAL			92

5.18.6. Gastos Mano de Obra

Tabla 5.6. Gastos de mano de obra

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mano de Obra	2	80	160
TOTAL			160

El gasto total que se ha requerido para la implementación del mecanismo fue de \$ 646,87

5.18.7. Cálculo de VAN y TIR

Tabla 5.7. Cálculo de Van y TIR

AÑOS	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$626,87					
Capital de Trabajo						
Gastos Legales						
INGRESOS		\$1.440,00	\$1.440,00	\$1.440,00	\$1.440,00	\$1.440,00
Costos Mantenimiento		\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00
Costos operacionales		\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$500,00
Depreciación		\$146,00	\$146,00	\$146,00	\$146,00	\$146,00
UTILIDAD OPERACIONAL		\$694,00	\$694,00	\$694,00	\$694,00	\$694,00
Intereses						
Otros Gastos		\$90,00	\$90,00	\$90,00	\$90,00	\$90,00
UTILIDAD ANTES DE OBLIGACIONES		\$604,00	\$604,00	\$604,00	\$604,00	\$604,00
Participación Trabajadores						
Impuesto a la Renta		\$72,48	\$72,48	\$72,48	\$72,48	\$72,48
FLUJO DESPUÉS DE OBLIGACIONES		\$531,52	\$531,52	\$531,52	\$531,52	\$531,52
Pago de Capital Prestado						
FLUJO NETO	-\$626,87	\$531,52	\$531,52	\$531,52	\$531,52	\$531,52

VAN	\$1.388,01
TIR	80%

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- La indagación hecha en varias fuentes de investigación bibliográfica permitieron analizar de mejor manera el tipo de estructura a implementar en el proceso de diseño como fue la de un seguidor solar de un eje horizontal, analizando su forma estructural y el tipo de material al que comúnmente son construidos por las empresas encargadas de su fabricación como es el acero inoxidable debido a que son estructuras que estarán expuestas a factores climáticos externos y son ideales para estas condiciones.
- En el proceso de diseño se utilizó programas de modelado en 3D el cual cuenta con bibliotecas de materiales que existen en el mercado mediante el cual nos facilitó la selección de materiales de construcción como es el tubo de acero galvanizado de 50mm diámetro y 3mm de espesor el cual fue seleccionado e implementado como eje principal de la estructura móvil, también nos permitió implementar columnas que sirvieron como base de apoyo para el eje con tubo de catalogo con código AISC -4x4x3/16-47.244 con unidades de medida en pulgadas ,así como la selección de rodamientos como fue la chumacera SKF_SY2. TF con diámetro interno de 50,8mm que se utilizó el en proceso de ensamble de piezas ya que se adaptaba al diámetro del tubo seleccionado.
- La etapa de simulación y ensamble de piezas fue de gran importancia debido a que se pudieron corregir errores como son el dimensionamiento de las piezas construidas ya que no coincidían con las dimensiones de los materiales existentes en biblioteca virtual del programa utilizado, ajustándonos así a la elaboración de las diferentes piezas que conforman la estructura en base a datos de materiales y componentes ya existentes en el mercado.
- Previo al proceso de construcción se procedió a evaluar la estructura mediante programas que nos permitan simular diferentes variables que pueden existir en torno a la estructura diseñada como fueron el peso estructural que soportaran las columnas y así poder hallar datos importantes mediante simulaciones como son tensiones existentes en la estructura, desplazamiento en el eje, deformaciones al colocar cargas estáticas a lo largo del eje, así como datos climáticos que afectaran a la estabilidad de la estructura como es la velocidad del viento el cual oscilaba entre 7,41 y 1,02 m/s el cual fue determinado mediante un servicio de monitoreo satelital permitiéndonos así calcular la fuerza que ejercerá el viento a la estructura y así poder hallar momentos y reacciones a la cual esta estará sometida.

- En el proceso de construcción se procedió a seleccionar los materiales mediante especificaciones mecánicas que nos determinaba el programa y revisión de catálogos existentes en nuestra área de aplicación como fue el tubo cuadrado de acero galvanizado de 10 cm por 3 mm de espesor y el tipo de soldadura que en este caso se utilizó electrodo E 60 x 11 para la unión y ensamble de piezas como fue el caso del eje móvil cuya estructura contaba de largueros hechos con tubo rectangular 4 cm x 2.5 cm x 3 mm los cuales fueron utilizados como bases de apoyo para los paneles solares cuyas medidas son $h=1.65\text{m}$, $b= 99\text{ cm}$ y un espesor de 3.5 mm, así como la creación de piezas de sujeción para el panel hechas con ángulos de 4 x 4 cm.
- La instalación estructural se la realizó utilizando técnicas de orientación como fue el uso de aplicaciones de posicionamiento para determinar la altitud y latitud geográfica como también métodos tradicionales como son el uso de brújulas físicas para localizar el norte y trazar líneas de referencia en donde se colocaran las estructuras y así poder realizar pruebas como son el comportamiento de la estructura una vez colocadas las cargas que en este caso serían los paneles solares, comprobando así que la estructura funciona adecuadamente dándonos resultados satisfactorios al finalizar su instalación.

6.2.RECOMENDACIONES

- Para un correcto ciclo de dirección de los cargadores alimentados por la luz solar es importante obtener información que apruebe su credibilidad, utilizando programas de reproducción, así como la lectura de los gráficos basados en el sol son de extraordinaria ayuda en este curso de uso independientemente de la posición geológica donde se encuentre.
- Hay que tener en cuenta el desarrollo de la tierra en cuanto al sol, ya que dependiendo de la estación en la que se encuentre, éste fluctuará de forma positiva en cuanto a las naciones situadas en la zona central, o de forma menos útil en cuanto a las naciones situadas cerca de los ejes, ya que hay momentos con menos radiación solar, lo que no es valioso en ese marco de establecimientos.
- Para el proceso de construcción y ensamble se recomienda la utilización del electrodo adecuado para cada material ya que así se asegurará de mejor manera la estructura ensamblada sin miedo a que sucedan rupturas por exceso de cargas que se vayan a colocar.

- Para la colocación de los cargadores solares en un lugar separado es importante entender qué tipos de marcos existen, ya que no todos los marcos se sugieren dependiendo de donde se necesita ponerlos, ya que el punto es obtener la más elevada eficiencia energética concebible del sol.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. H. M. y. O. J. Escobar, Diseño e implementación de un , : Scientia et, 2010.
- [2] N. L. Machado Toranzo, *Seguidor Solar, optimizando el aprovechamiento de la energía solar*, Orlando: Energía energetica, 2015.
- [3] R. Arreola Gómez, A. Quevedo Nolasco, M. Castro Propoca, A. Bravo Vinaja y D. Reyes Muñoz, *Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar para un panel fotovoltaico. Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8), 1715-1727, México, 2015.
- [4] J. A. Pelayo López, A. Luna Soto, F. Bernabe Ramos y B. Guzmán Flores, «Comparativa de la eficiencia entre un sistema fotovoltaico con seguimiento solar y un sistema fotovoltaico fijo,» *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, vol. 7, n° 13, p. 25, 2018.
- [5] N. Diéguez, V. Álvarez Sánchez y R. Pérez Rodríguez, «Diseño paramétrico asistido por computadora de un seguidor solar fotovoltaico a un eje polar.,» *Ciencias Holguín*, vol. 2, n° 21, pp. 1-12, 2015.
- [6] M. G. Satué, F. Castaño , M. G. Ortega y F. R. Rubio, «Satué, M. G., Castaño, F., Ortega, M. G., & Rubio, F. R. Comparison of control strategies for HCPV sun tracking.,» *European Journal of Control*, n° 62, pp. 165-170., 2021.
- [7] J. M. Alba Perdigonés, *Diseño de sensor de potencia para seguidores solares.*, España, 2018.
- [8] N. C. AIMACAÑA ALOMOTO y B. E. BLANDON MATAMBA, *“IMPLEMENTACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE PARA UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 100 W EN EL CEAA - ESPOCH*, Riobamba, 2018.

- [9] F. G. Avila Larrea, *diseño y construcción para una estructura metálica para un seguidor solar de dos ejes para ser implementado en el campus Miguel de Cervantes de la UISEK Ecuador*, Quito, 2020.
- [10] A. ESCOBAR MEJIA, M. HOLGUÍN LONDOÑO y J. C. OSORIO R., «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR PARA LA OPTIMIZACIÓN DE UN,» *Scientia Et Technica*, vol. 16, n° 44, pp. 245-250, 2010,.
- [11] M. Judy, «Made in China,» [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_esolarfirst/product_Horizontal-Single-Axis-Solar-Tracker-Flat-Single-Axis-Tracking_esheruiou.html.
- [12] «LBA INDUSTRIAL,» [En línea]. Available: <http://www.lbaindustrial.com.mx/seguidor-solar/>.
- [13] antusol, «antusol.webcindario.com,» [En línea]. Available: <https://antusol.webcindario.com/instalacion.html>.
- [14] Q. E. SOLUTIONS, «QKSOL ENERGY SOLUTIONS,» [En línea]. Available: <https://qksol.com/deger/seguidores-solares-de-2-ejes-deger/>.
- [15] A. R. Marisanty, S. Barra, C. Nicasio, S. Bonafé, C. Herrán y L. Abadía, «Diseño, construcción y ajuste de un prototipo de simulador de la trayectoria solar.,» *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 11, 2007.
- [16] Y. Chioa Carrasco, D. M. Condori Sulca, E. Quelcca Roa, E. Y. Aguilar Lope, A. G. Mamani Mamani y A. W. Belizario Pacompia , *SEGUIDOR SOLAR*, PUNO, 2019.
- [17] E. Campero Angeles, I. Ventura Cruz, K. Galindo Martínez y G. Yáñez López, «Implementación de equipo de ruta solar didáctico para optimizar la captación solar fotovoltaica,» *Ingeniantes*, vol. 1, n° 2, 2.
- [18] E. Lacasa Ferrer, *Diseño y fabricación de un seguidor solar de un eje. Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad de Zaragoza.*, Zaragoza, 2012.

- [19] SOLTEC, «SOLTEC.COM,» [En línea]. Available: <https://soltec.com/es/single-axis-solar-tracker/#section-sf7-single-axis-tracker>.
- [20] S. V. Arpi Puga y B. G. Prado Bermeo, *Diseño de un seguidor solar de doble eje para un sistema de energía fotovoltaica en el centro de salud de la comunidad de Yaapi (Bachelor's thesis)*., Macas, 2022.
- [21] A. Kassimali, A. A. Galàn A y F. H. Mellado J, *Análisis estructural.*, 2015.
- [22] A. E. Díasz, «sites,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/es5predimensionamiento/assignments/principiosbasicosparadisenodevigas?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>.
- [23] E. Barrios Fragoso, *Estudio dinámico de puentes de ferrocarril isostáticos y de luces cortas.*, Madrid, 2017.
- [24] G. A. Nieto Vera y D. A. Ramos Morocho, *IMPLEMENTACION DE UN MODULO PARA EL ANALISIS DE LA TRAYECTORIA SOLAR EN PANELES FOTOVOLTAICOS*, Guayaquil, 2021.
- [25] E. Turrillas Solabre y J. Aginaga García, *Estudio comparativo de la eficiencia en seguidores solares*, Pamplona, 2014.
- [26] R. Díaz Santos, M. Castro Fernández, A. Santos Fuentefría y M. Vilaragut Llanes, «Análisis de la influencia del ángulo de inclinación en la generación de una central fotovoltaica.,» *Ingeniería Energética*, vol. 39, nº 3, pp. 146-156, 2018.
- [27] A. Escobar, «Desde abajo, por la izquierda y con la Tierra,» *El país*, vol. 17, 2016.
- [28] Astromia, «Astrimia.com,» [En línea]. Available: <https://www.astromia.com/tierraluna/movtierra.htm>.
- [29] w. 2, «wiki 2,» [En línea]. Available: https://wiki2.org/es/Zona_geoastron%C3%B3mica.
- [30] G. D. Escobar, *Guia astronómica*, Colombia, 2017.

- [31] M. Vazquez, P. Izquierdo, M. Pse y T. Prado, «Lost of solar radiation by shades in the planes, Galicia; Perdidas de radiacion solar por sombras en los planos,» de *Congreso Ibérico y Latinoamericano de Energía Solar*, España, 2008.
- [32] M. Silva, *Modelado y estudio del impacto de sombras sobre paneles solares fotovoltaicos*, Argentina, 2020.
- [33] M. V. ROMO NORIEGA, *LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS*, Quito, 2015.
- [34] N. R. Flores Rivera y M. Á. Domínguez Ramírez, *Medición de la eficiencia energética de los paneles*, Mexico.
- [35] R. Riddell. C y P. Hidalgo. O., *Diseño estructural*, Santiago : Ediciones, 2018.
- [36] M. Mesa Lavista y J. H. Chavez Gómez, «Evaluación del factor de seguridad en taludes de terraplenes carreteros altos ante carga sísmica. (103), 1-17.,» *Ingeniería Sísmica*, n° 103, pp. 1-17, 2020.
- [37] J. C. McCorman y S. F. Csernak, *Diseño de estructuras de acero*, México: Alfaomega, 2012.
- [38] M. Martínez Mora, *Diseño y cálculo de la estructura metálica de una nave industrial*, Valencia, 2019.
- [39] R. Arreola Gómez, *Diseño Estructural - Para sistemas Fotovoltaicos*, Montecillo, 2014.

8. ANEXOS

ANEXO I

Informe URKUND



Document Information

Analyzed document	antiplagio tesis condor -caisatoa.docx (D143447710)
Submitted	8/31/2022 7:02:00 PM
Submitted by	
Submitter email	cristian.caisatoa7419@utc.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	segundo.cevallos.2.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://1library.co/document/y62le2gz-diseno-construccion-seguidor-aumentar-rendimiento-energetico-paneles-fotovoltaicos.html Fetched: 1/17/2022 3:55:05 PM	 5
SA	TESIS SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE_ (1).docx Document TESIS SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE_ (1).docx (D40973461)	 1
SA	submission.pdf Document submission.pdf (D74999177)	 1
SA	borrador Almeida García Carlos y García Rueda José.doc Document borrador Almeida García Carlos y García Rueda José.doc (D20126542)	 1
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS EDISON CHICAIZA - PATRICIO GERMAN.docx Document TESIS EDISON CHICAIZA - PATRICIO GERMAN.docx (D143407459) Submitted by: luis.navarrete7284@utc.edu.ec Receiver: byron.corrales.utc@analysis.orkund.com	 2
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis_Trasplantadora_Final_30_08_2022.docx Document Tesis_Trasplantadora_Final_30_08_2022.docx (D143408292) Submitted by: luigi.freire@utc.edu.ec Receiver: luigi.freire.utc@analysis.orkund.com	 4
SA	Tesis Colimba Francisco.docx Document Tesis Colimba Francisco.docx (D115308079)	 1

ANEXO II

Cortes de piezas



ANEXO III

Colocación de eje



ANEXO IV

Pintada de componentes



ANEXO V

Instalación de estructura



ANEXO VI

Pruebas de estructura móvil



ANEXO VII

Vista lateral de la estructura



ANEXO VII

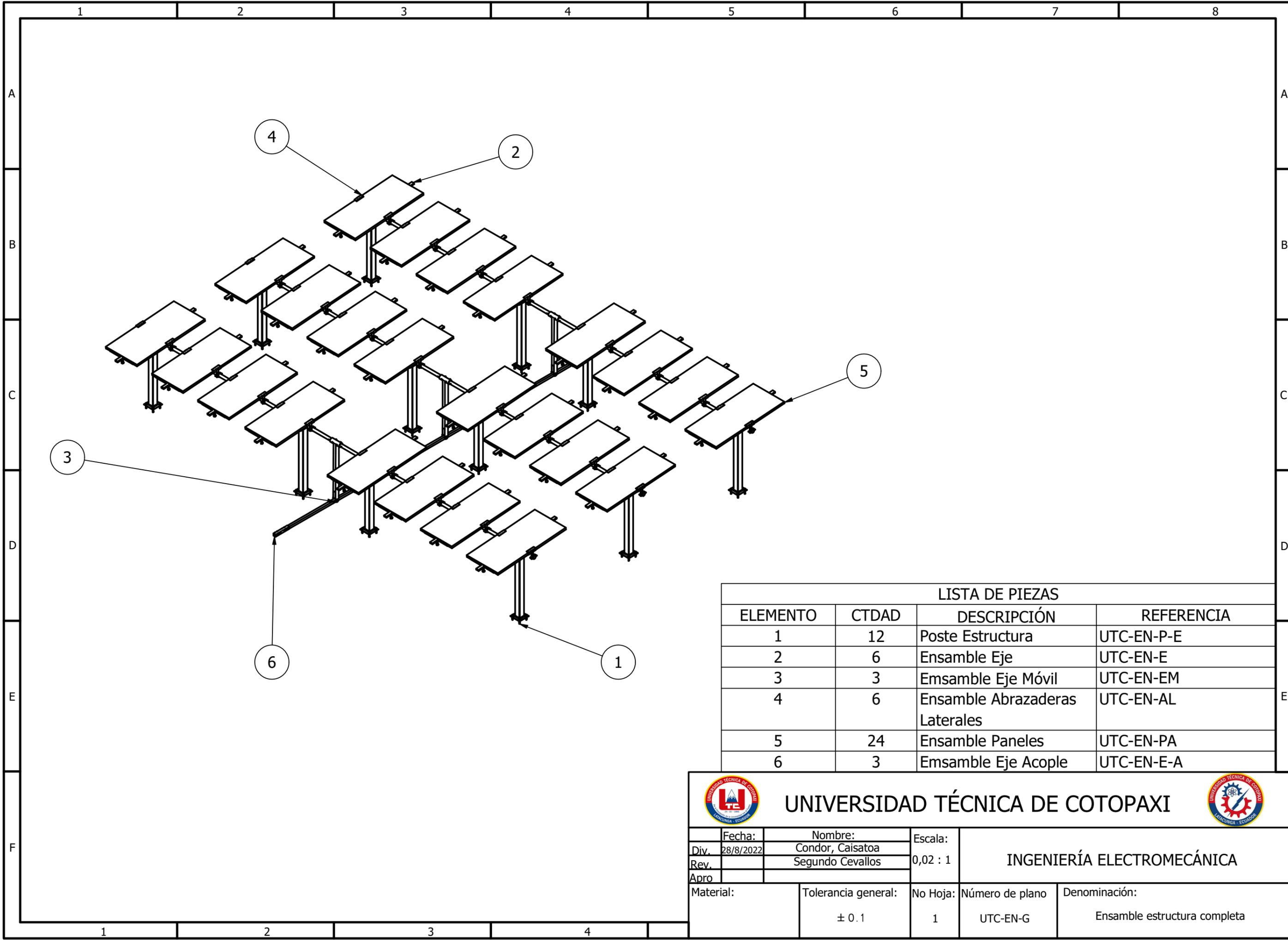
Vista inferior de la estructura



ANEXO IX

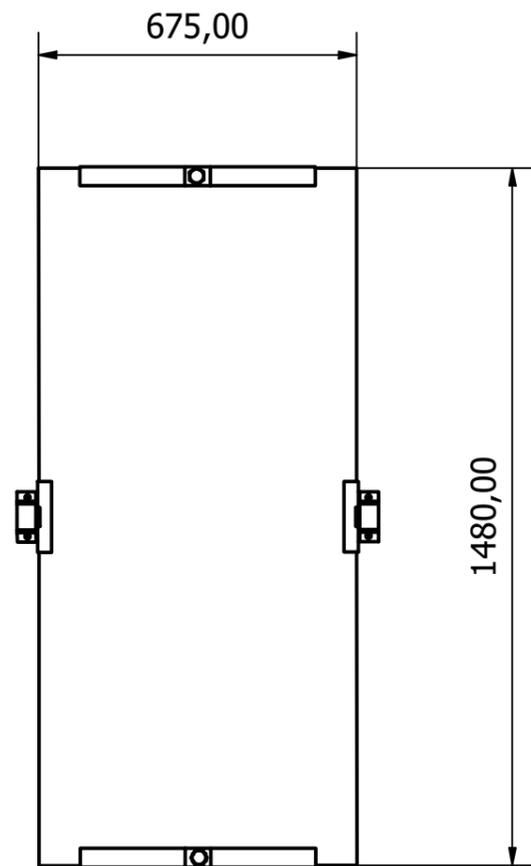
Vista superior de la estructura



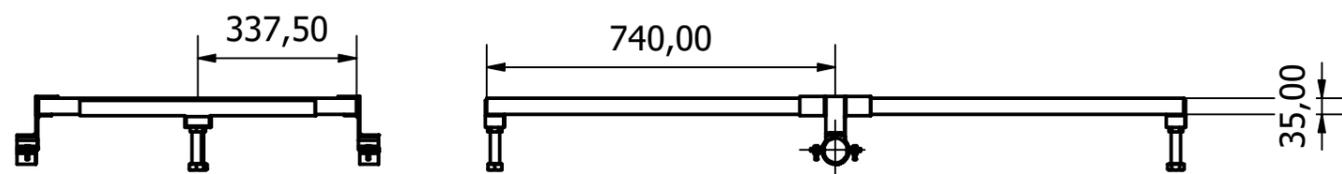
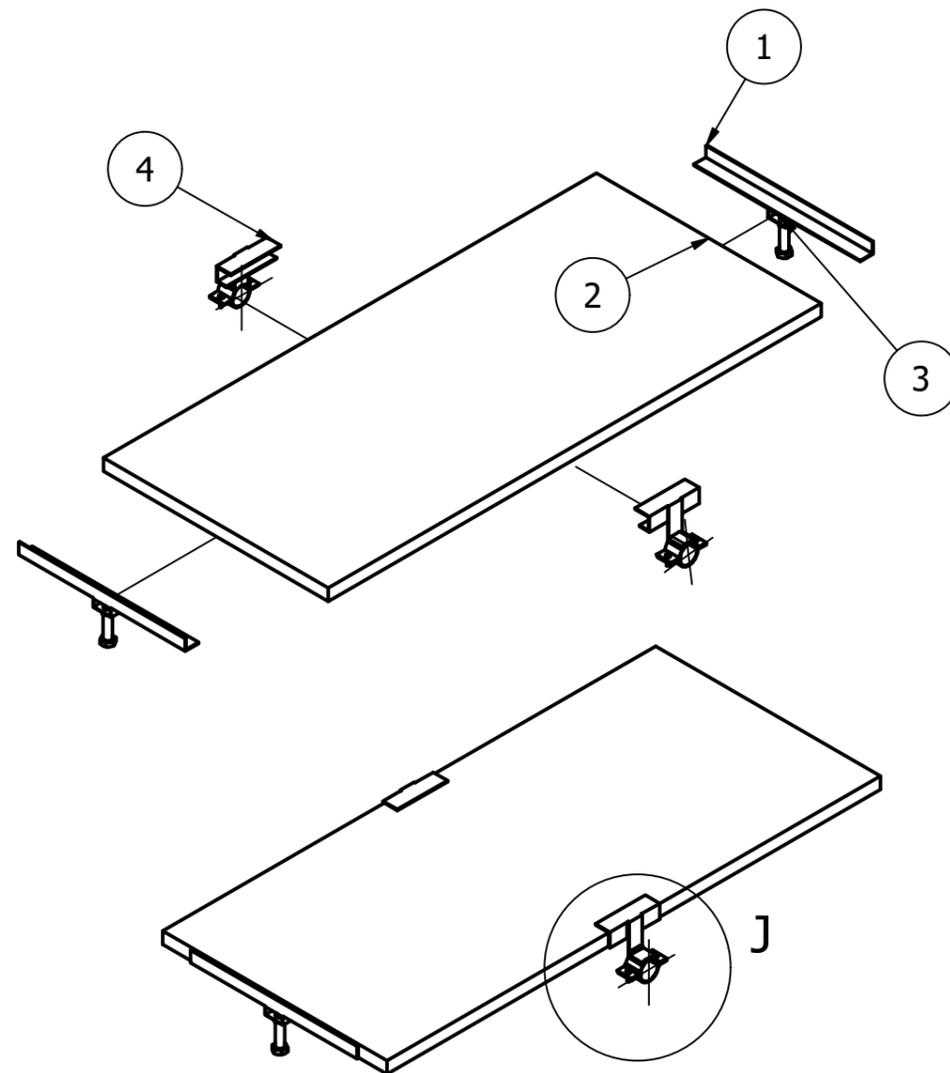
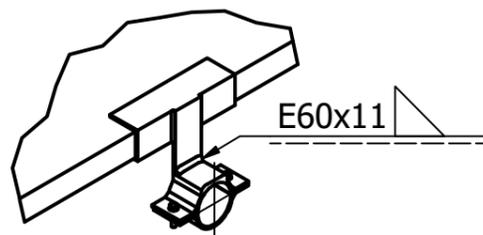


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	12	Poste Estructura	UTC-EN-P-E
2	6	Ensamble Eje	UTC-EN-E
3	3	Emsamble Eje Móvil	UTC-EN-EM
4	6	Ensamble Abrazaderas Laterales	UTC-EN-AL
5	24	Ensamble Paneles	UTC-EN-PA
6	3	Emsamble Eje Acople	UTC-EN-E-A

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 				
Fecha: 28/8/2022 Div. Condor, Caisatoa Rev. Segundo Cevallos Apro.	Nombre: Escala: 0,02 : 1	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Material:	Tolerancia general: ± 0.1	No Hoja: 1	Número de plano: UTC-EN-G	Denominación: Ensamble estructura completa



J (0,13 : 1)



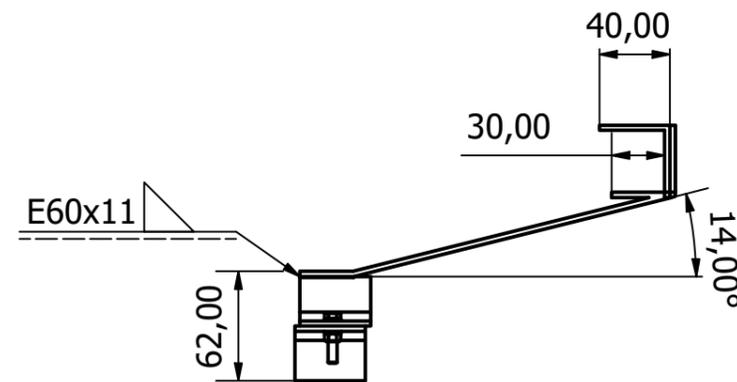
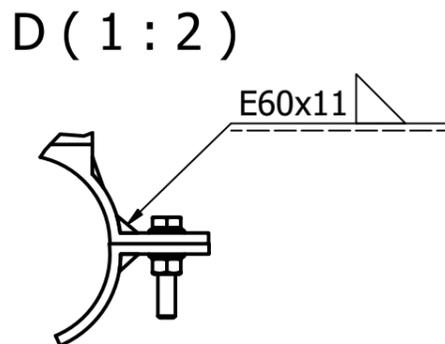
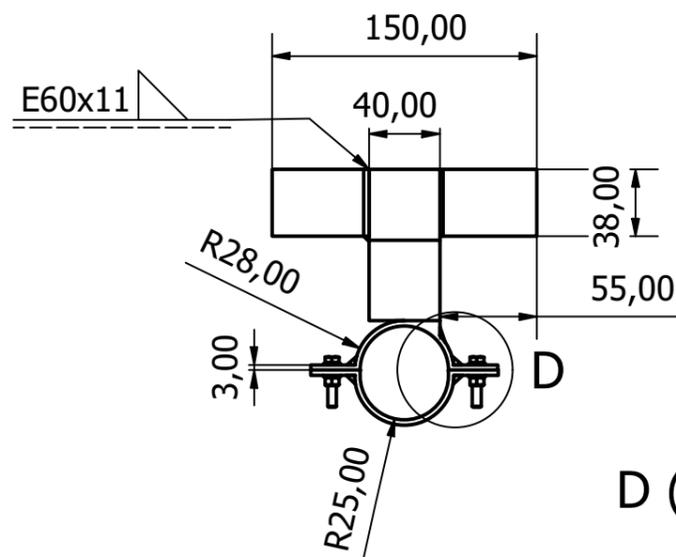
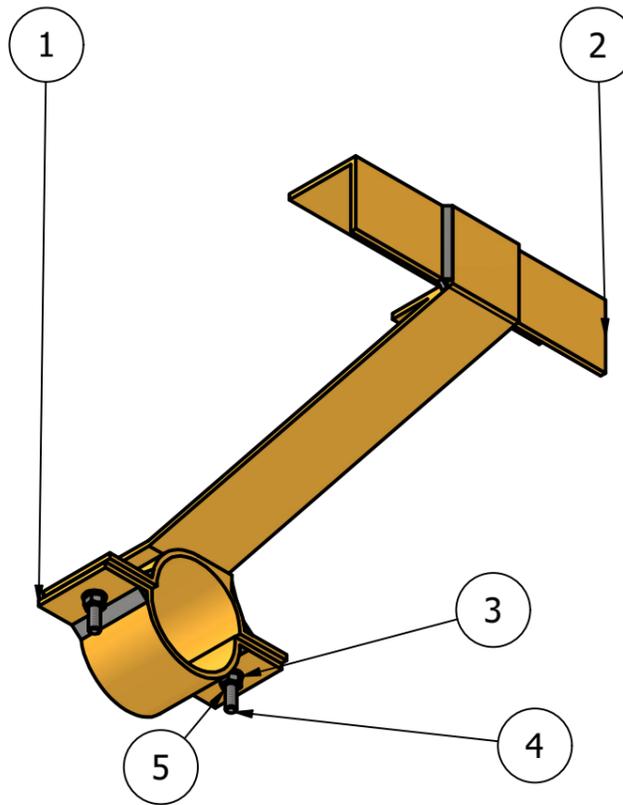
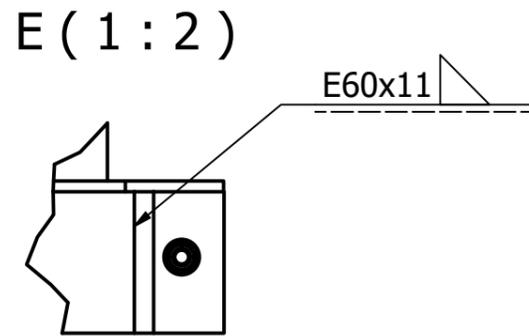
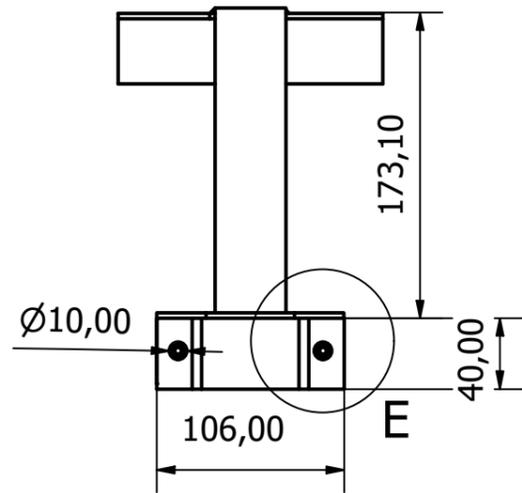
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Descripción	Referencia
1	2	angulo ajustable	UTC-EN-A
2	1	panel pequeño	UTC-EN-PA
3	2	BS EN ISO 4017 - M20 x 80	Tornillos de cabeza hexagonal - Productos de clases A y B
4	2	Ensamblaje Abrazaderas	UTC-EN-A



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoa			
Rev.	Segundo Cevallos			
Apr.		1 : 15		
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
Varios	± 0.1	2	UTC-EN-PA	ENSAMBLE PANELES



LISTA DE PIEZAS

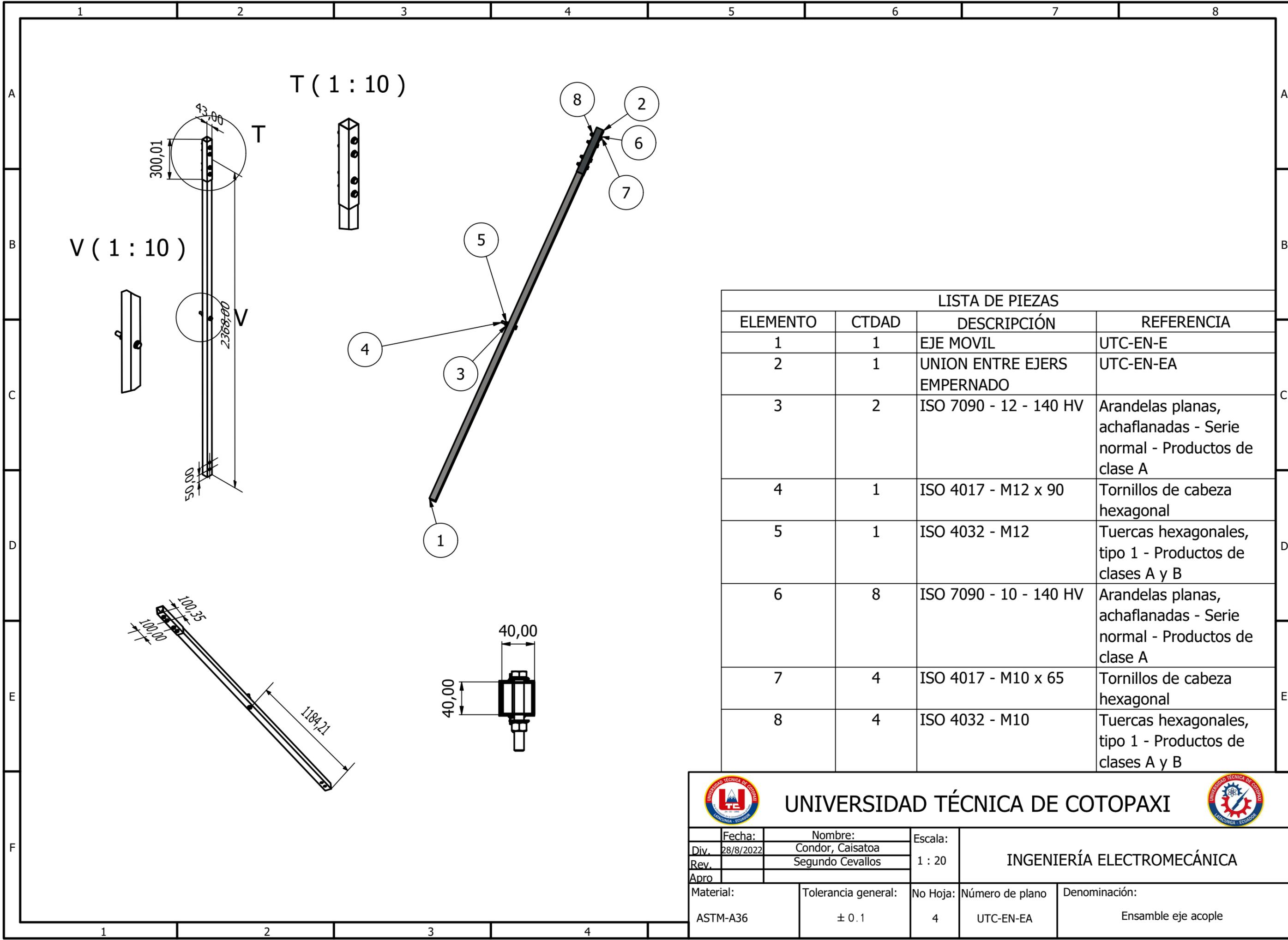
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	1	AGARRADERA EJE MOBIL PARTE DE ABAJO	UTC-EN-APB
2	1	AGARRADERA EXTREMOS	UTC-EN-A
3	4	ISO 7090 - 5 - 140 HV	Arandelas planas, achaflanadas - Serie normal - Productos de clase A
4	2	ISO 4017 - M5 x 25	Tornillos de cabeza hexagonal
5	2	ISO 4032 - M5	Tuercas hexagonales, tipo 1 - Productos de clases A y B



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoa	1 : 4		
Rev.	Segundo Cevallos			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano:	Denominación:
ASTM-A36	± 0.1	3	UTC-EN-AL	Ensamble Abrazadela Lateral



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	1	EJE MOVIL	UTC-EN-E
2	1	UNION ENTRE EJERS EMPERNADO	UTC-EN-EA
3	2	ISO 7090 - 12 - 140 HV	Arandelas planas, achaflanadas - Serie normal - Productos de clase A
4	1	ISO 4017 - M12 x 90	Tornillos de cabeza hexagonal
5	1	ISO 4032 - M12	Tuercas hexagonales, tipo 1 - Productos de clases A y B
6	8	ISO 7090 - 10 - 140 HV	Arandelas planas, achaflanadas - Serie normal - Productos de clase A
7	4	ISO 4017 - M10 x 65	Tornillos de cabeza hexagonal
8	4	ISO 4032 - M10	Tuercas hexagonales, tipo 1 - Productos de clases A y B



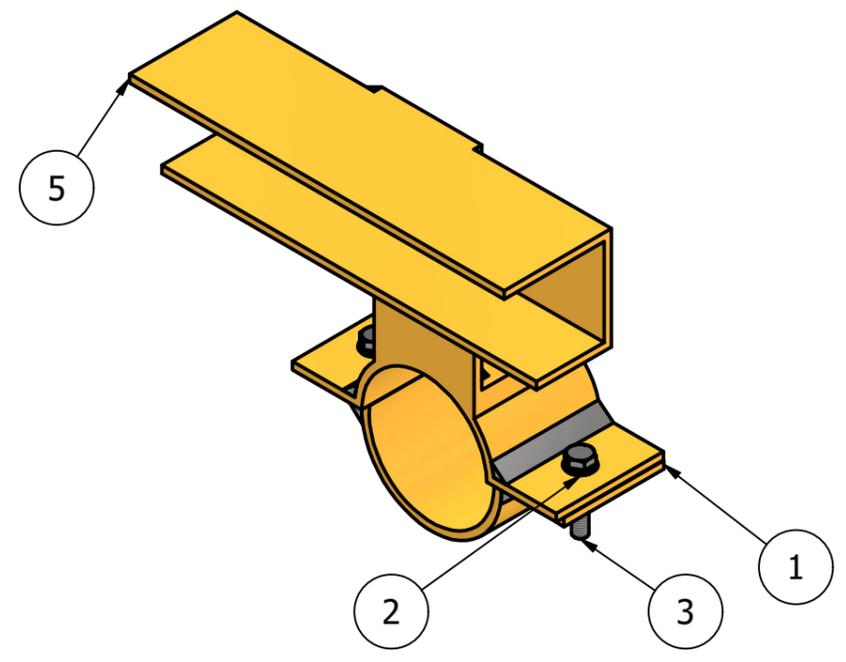
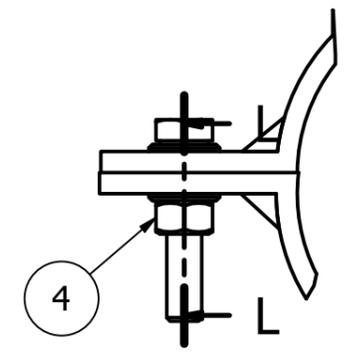
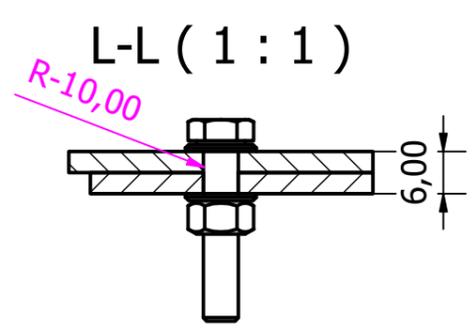
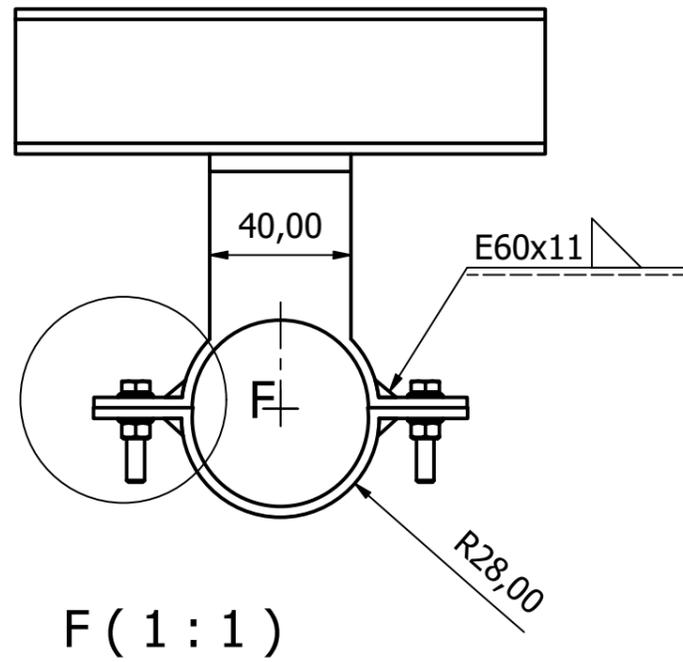
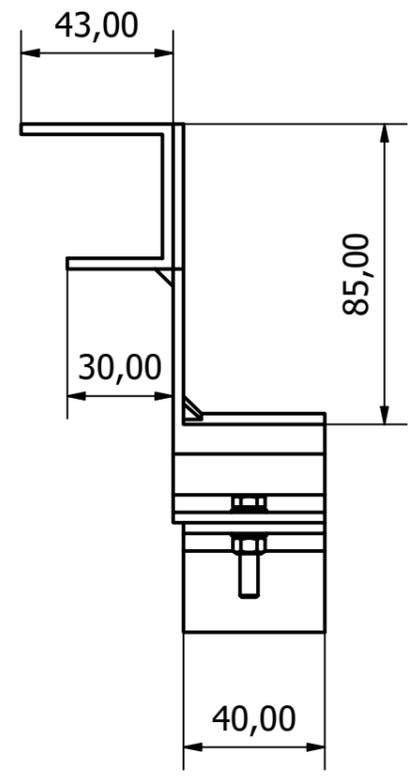
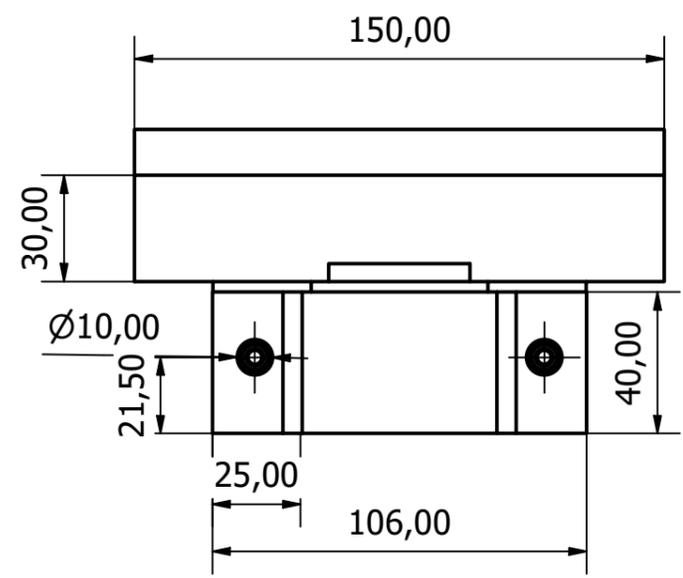
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoa	1 : 20		
Rev.	Segundo Cevallos			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano:	Denominación:
ASTM-A36	± 0.1	4	UTC-EN-EA	Ensamble eje acople

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	AGARRADERA EJE MOBIL PARTE DE ABAJO	UTC-EN-APB
2	4	ISO 7090 - 5 - 140 HV	Arandelas planas, achaflanadas - Serie normal - Productos de clase A
3	2	ISO 4017 - M5 x 25	Tornillos de cabeza hexagonal
4	2	ISO 4032 - M5	Tuercas hexagonales, tipo 1 - Productos de clases A y B
5	1	AGARRADERA EJE MOVIL	UTC-EN-G

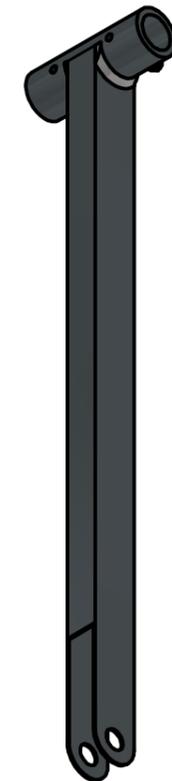
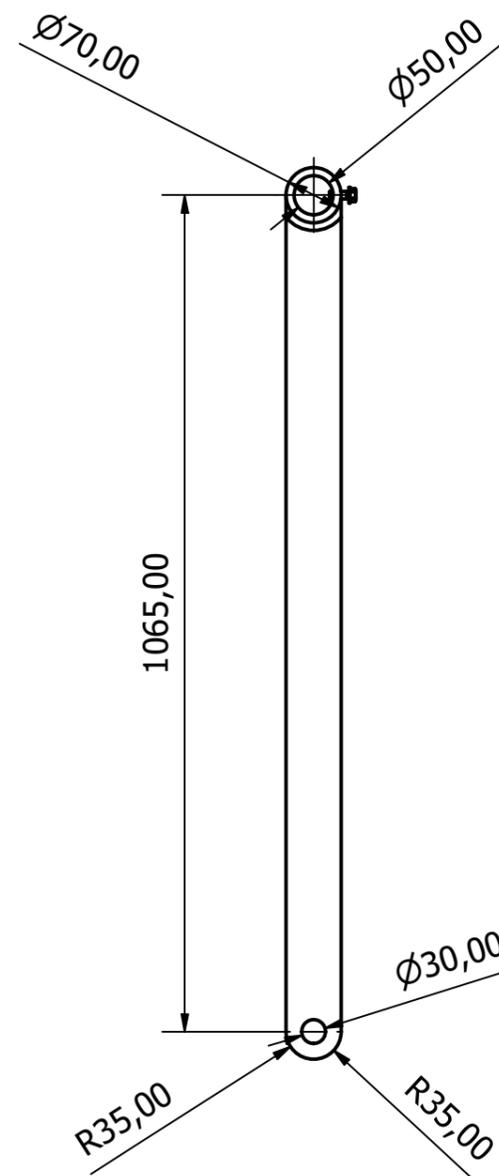
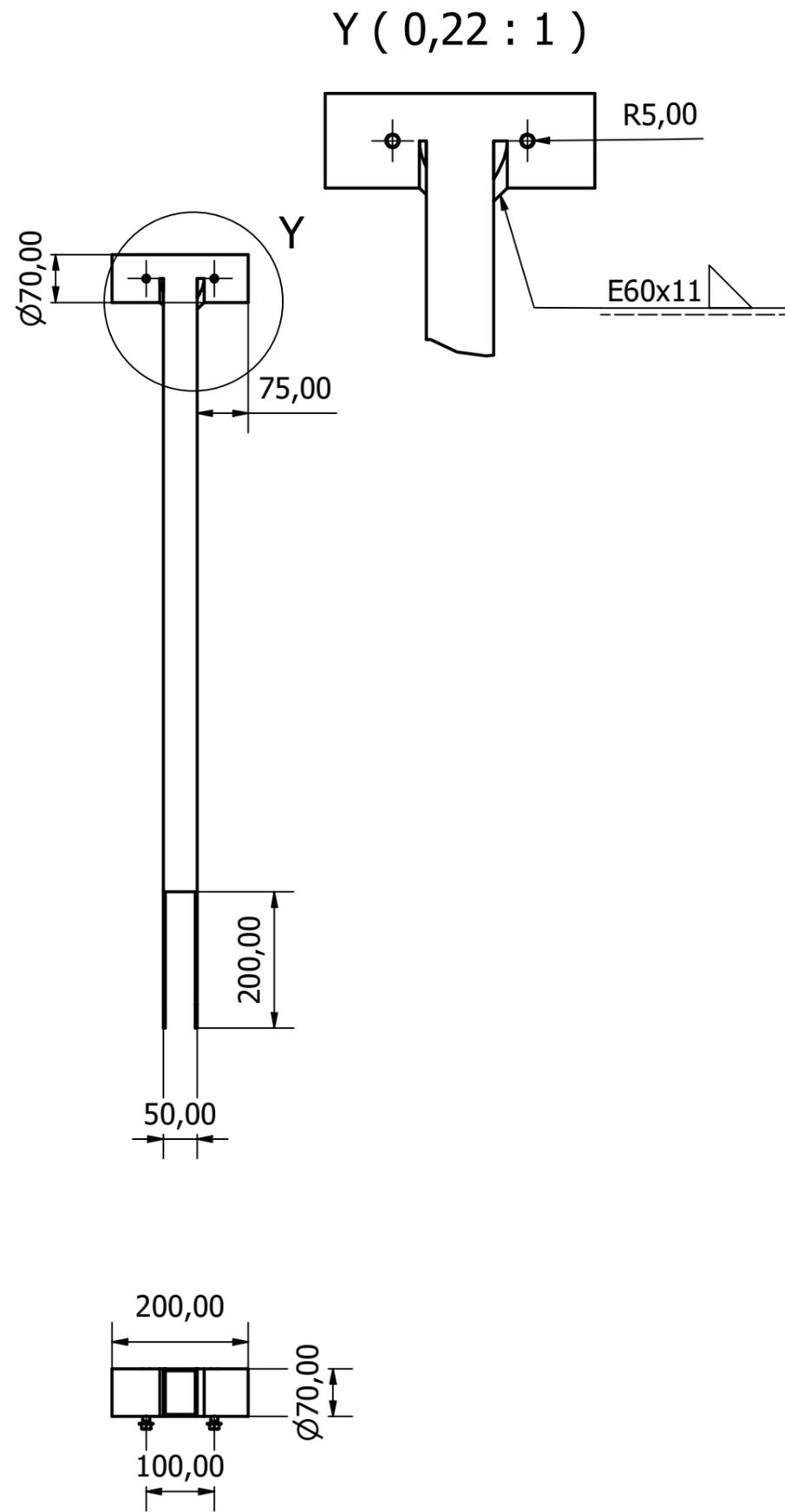


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



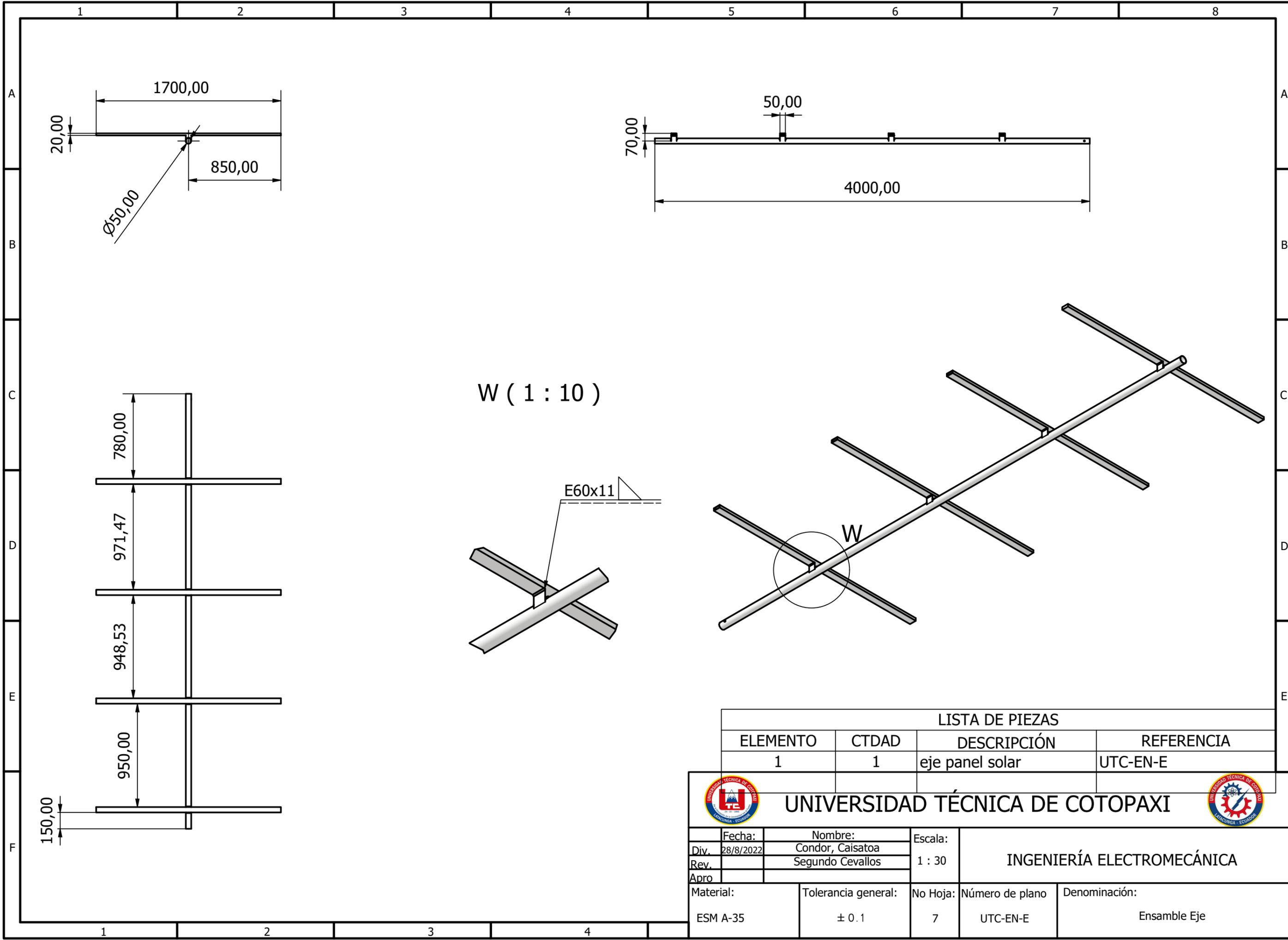
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoo	1 : 2		
Rev.	Segundo Cevallos			
Apro		No Hoja:	Número de plano	Denominación:
Material:	Tolerancia general:	5	UTC-EN-A	Ensamble Abrazadera
ASTM-A36	± 0.1			

1 2 3 4



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	BRAZO	Brazo acoplable
2	2	AS 1427 - M10 x 25	Tornillos métricos para maquinaria ISO

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoa	1 : 9		
Rev.	Segundo Cevallos			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano:	Denominación:
ESM-A36	± 0.1	6	UTC-EN-EM	Ensamble eje móvil



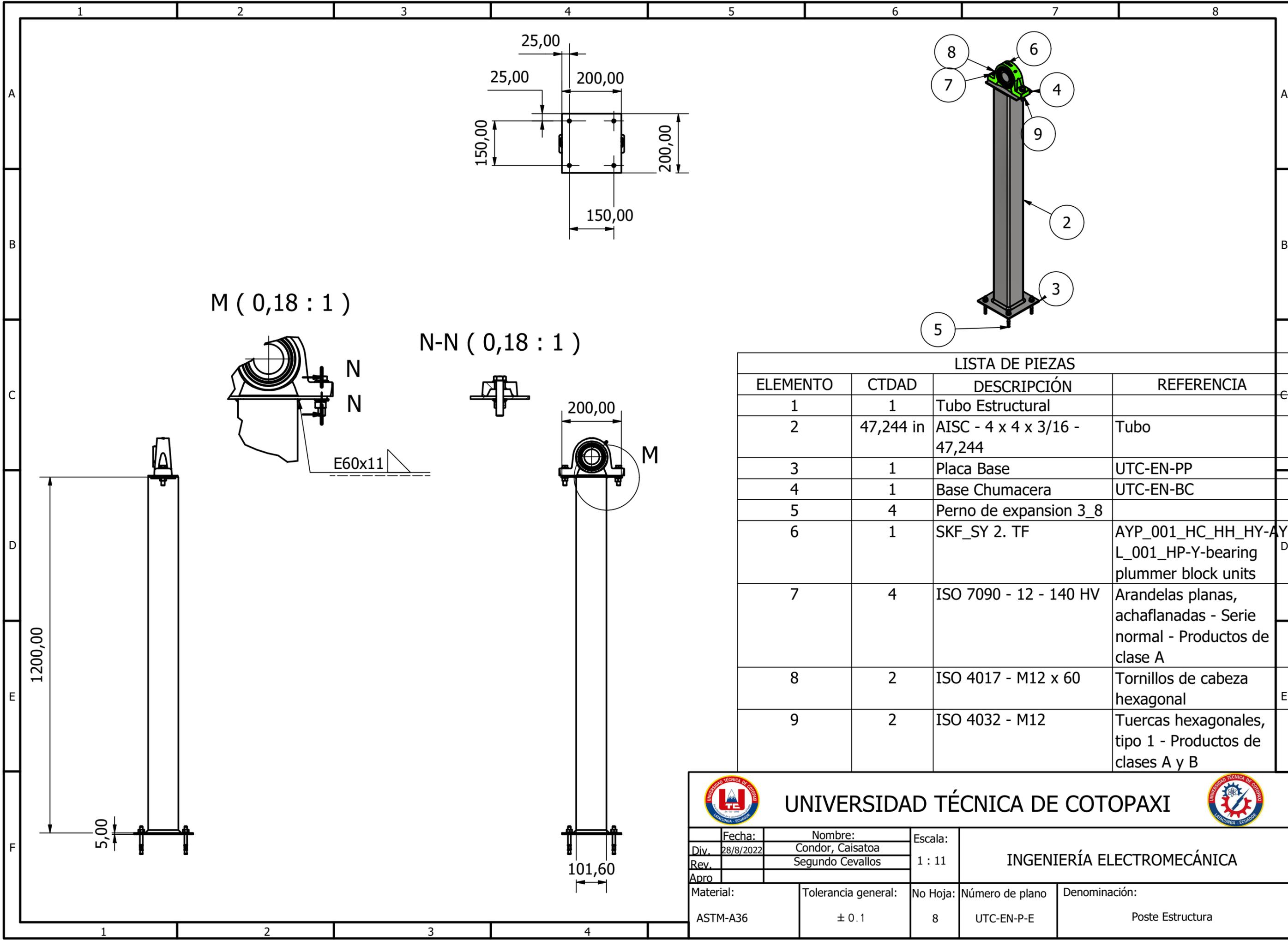
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	1	eje panel solar	UTC-EN-E



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

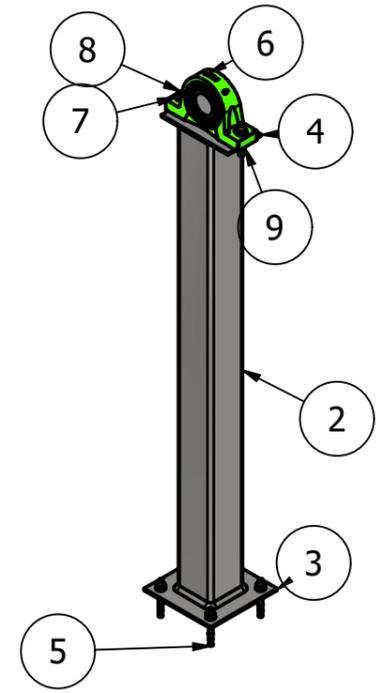
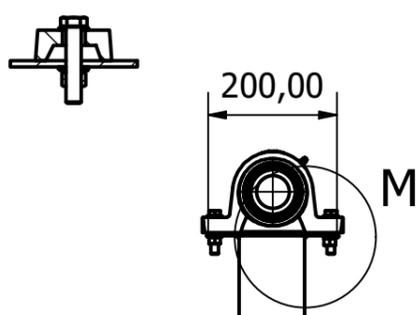
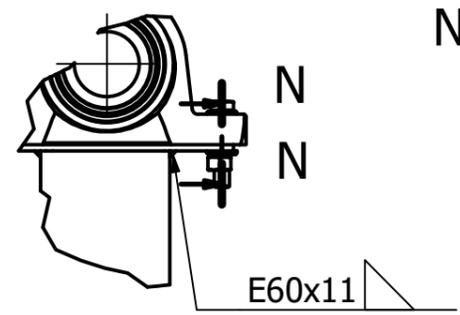


Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoa			
Rev.	Segundo Cevallos			
Apr.		1 : 30		
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano:	Denominación:
ESM A-35	± 0.1	7	UTC-EN-E	Ensamble Eje



M (0,18 : 1)

N-N (0,18 : 1)



LISTA DE PIEZAS

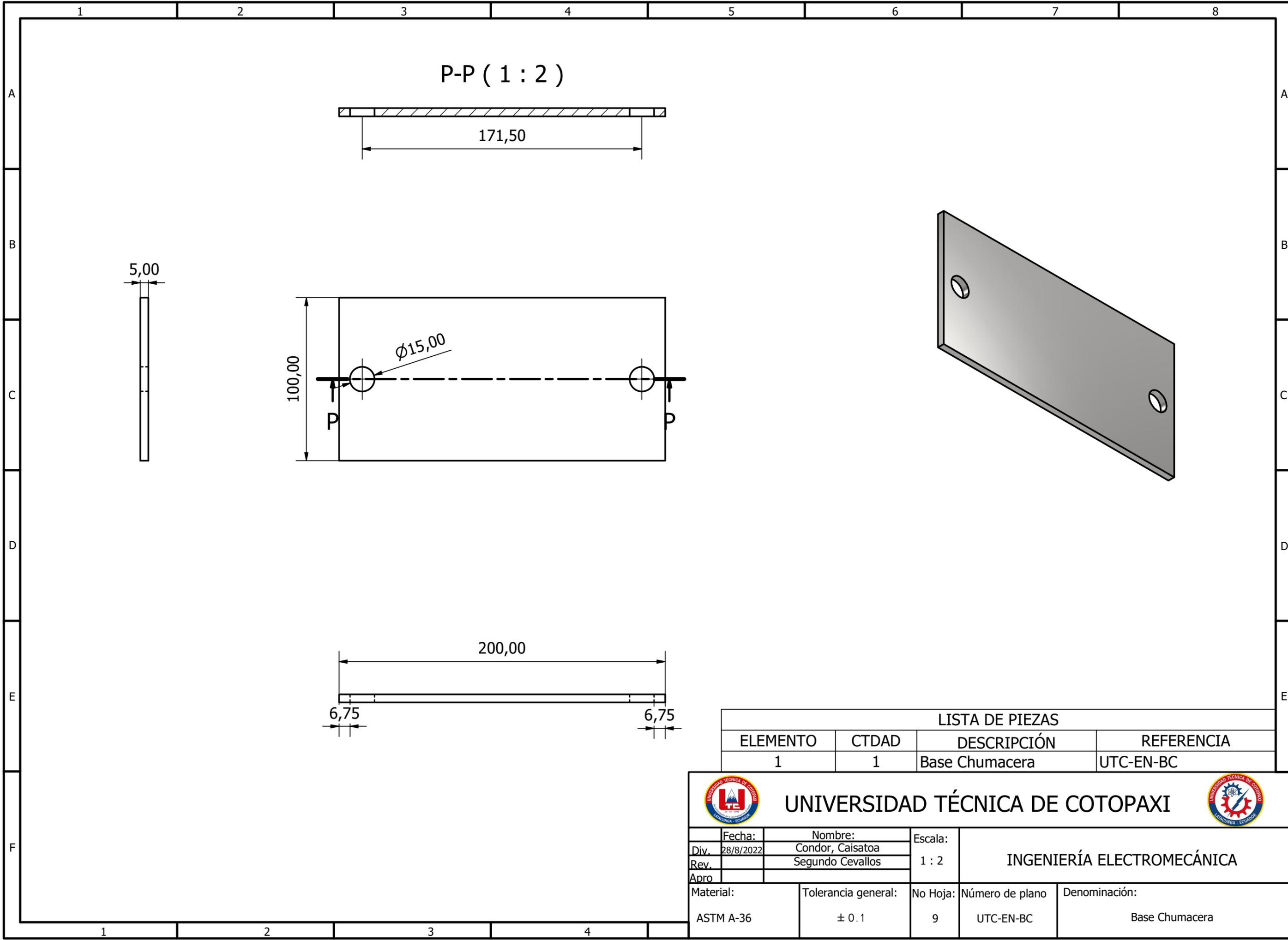
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	1	Tubo Estructural	
2	47,244 in	AISC - 4 x 4 x 3/16 - 47,244	Tubo
3	1	Placa Base	UTC-EN-PP
4	1	Base Chumacera	UTC-EN-BC
5	4	Perno de expansion 3_8	
6	1	SKF_SY 2. TF	AYP_001_HC_HH_HY-AY L_001_HP-Y-bearing plummer block units
7	4	ISO 7090 - 12 - 140 HV	Arandelas planas, achaflanadas - Serie normal - Productos de clase A
8	2	ISO 4017 - M12 x 60	Tornillos de cabeza hexagonal
9	2	ISO 4032 - M12	Tuercas hexagonales, tipo 1 - Productos de clases A y B



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoo	1 : 11		
Rev.	Segundo Cevallos			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM-A36	± 0.1	8	UTC-EN-P-E	Poste Estructura



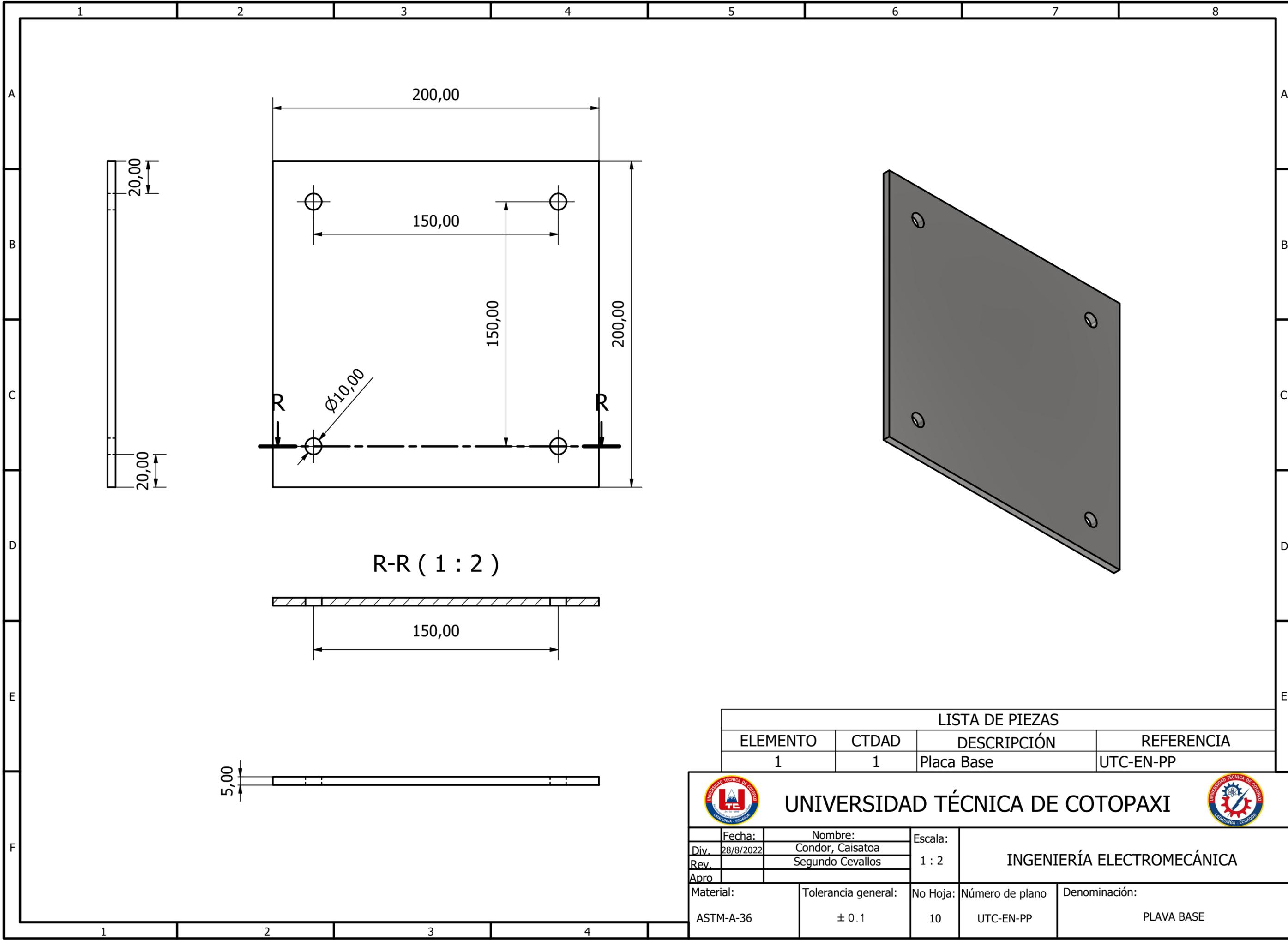
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	1	Base Chumacera	UTC-EN-BC



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoa			
Rev.	Segundo Cevallos			
Apro		1 : 2	No Hoja:	Número de plano
Material:	Tolerancia general:	9	UTC-EN-BC	Denominación:
ASTM A-36	± 0.1			Base Chumacera



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	1	Placa Base	UTC-EN-PP

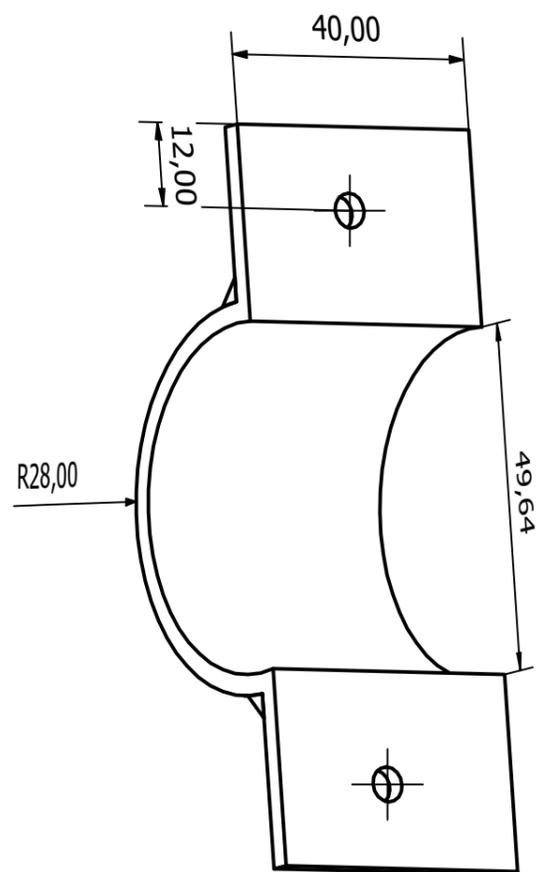
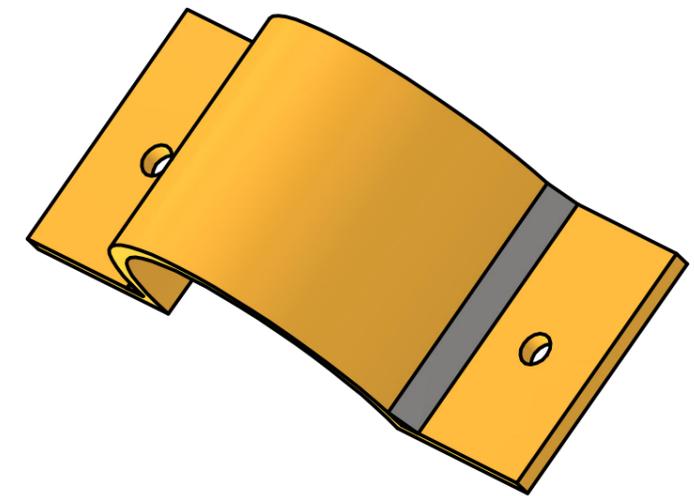
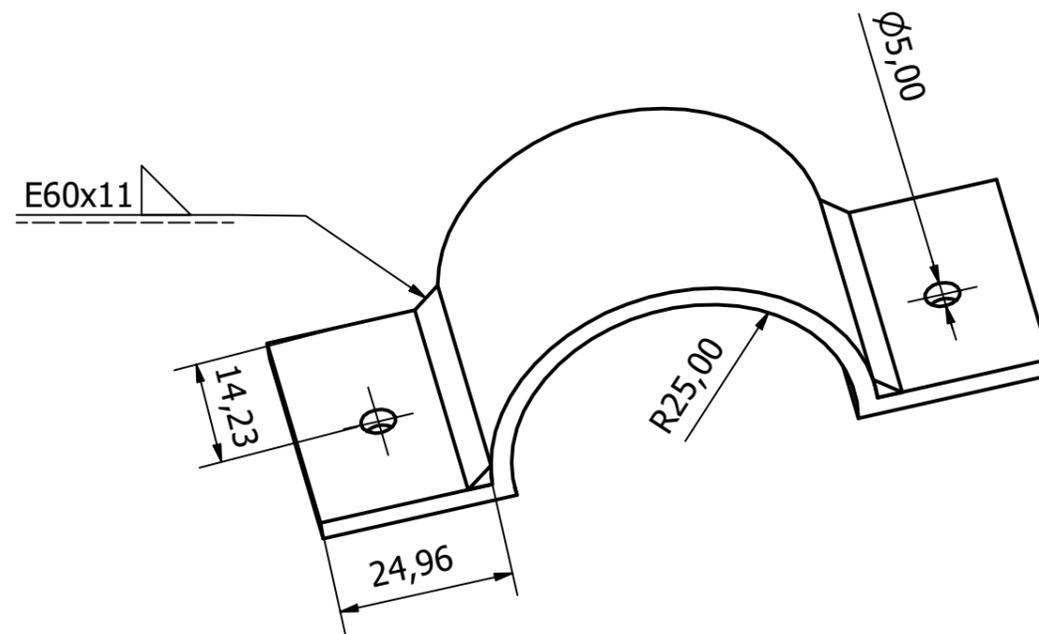
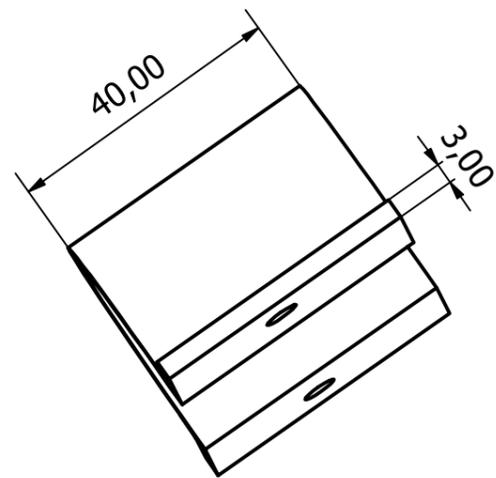


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoo	1 : 2		
Rev.	Segundo Cevallos			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM-A-36	± 0.1	10	UTC-EN-PP	PLAVA BASE



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	1	AGARRADERA EJE MOBIL PARTE DE ABAJO	UTC-EN-APB



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Div. 28/8/2022	Condor, Caisatoa	1 : 1		
Rev.	Segundo Cevallos			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM-A-36	± 0.1	11	UTC-EN-APB	Agarradera eje móvil parte de abjo