REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica

Reingeniería del sistema de bombeo de agua por energía fotovoltaica al Estadio Municipal Distrital de Yarabamba – 2023

Tesis presentada por los Bachilleres:

Alcázar Vásquez, Mauricio Benito

ORCID: 0009-0009-6516-2370

Navio Martinez, Bryan Manuel

ORCID: 0009-0008-5561-3177

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Asesor (a):

Dr. Valencia Salas, Mario José

ORCID: 0009-0009-3797-0020

Arequipa – Perú
2024

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 06 de Marzo del 2024

Dictamen: 014478-C-EPIMMEM-2024

Visto el borrador del expediente 014478, presentado por:

2011220041 - ALCÁZAR VÁSQUEZ MAURICIO BENITO

Titulado:

REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA AL ESTADIO MUNICIPAL DISTRITAL DE YARABAMBA - 2023

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO MECANICO

30857994 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR

29685318 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR

29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS
DICTAMINADOR

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 06 de Marzo del 2024

Dictamen: 009793-C-EPIMMEM-2024

Visto el borrador del expediente 009793, presentado por:

2017247021 - NAVIO MARTINEZ BRYAN MANUEL

Titulado:

REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA AL ESTADIO MUNICIPAL DISTRITAL DE YARABAMBA - 2023

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO MECANICO

30857994 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR



29685318 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR



29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS
DICTAMINADOR



Reingeniería del sistema de bombeo de agua por energía fotovoltaica al Estadio Municipal Distrital de Yarabamba – 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	22%	6%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	1%
4	andina.pe Fuente de Internet	1%
5	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
6	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1%
7	elcomercio.pe Fuente de Internet	<1%
8	profonanpe.org.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mis padres, cuyo constante apoyo y sacrificio han sido la fuerza detrás de este logro. A mi madre que con su amor, paciencia y sacrificio han sido la base de cada logro que he alcanzado. Su constante apoyo me ha dado la confianza para superar desafíos y perseguir mis sueños. Esta tesis es un testimonio de su dedicación y amor incondicional.

A mi querida tía Remy, por ser una inspiración de tenacidad y por las palabras de aliento

A mi estimado primo Alejandro, por el aliento en cada proyecto que emprendo y el estímulo que siempre me brinda.

Y a mi leal compañera, cuya presencia llena de alegría ha sido mi compañía en las largas jornadas de estudio.

Cada uno de ustedes ha sido un pilar fundamental en este camino hacia la culminación de mi tesis. Esta dedicación no es solo mía, sino también un tributo a la confianza y amor que han depositado en mí. Con gratitud infinita.

Alcázar Vásquez, Mauricio Benito

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

A Dios, porque a pesar de todas las dificultades, nunca me abandonó y me dio las fuerzas para seguir adelante.

A mis padres José Navío y Erika Martínez, por ser la bendición más grande que Dios y la vida me otorgó.

A mi hermano Leonel, por ser mi motorcito y seguir adelante, espero inculcar en ti inspiración para alcanzar tus metas

A mis segundos padres Javier y Teresa a quienes amo infinitamente; Fermín y Fidelia quienes también están en mi corazón.

A mis mamás Jennifer y Josselyn, que estuvieron desde siempre en mi vida, saben cuánto las amo.

A mi tío Luis por su amistad y confianza, lo llevaré siempre en mi corazón.

Navío Martínez, Bryan Manuel

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene por finalidad proponer el diseño de un sistema de energía mediante paneles fotovoltaicos, en el estadio municipal de Yarabamba, provincia de Arequipa. Este distrito es una zona rural donde muchas comunidades tienen acceso limitado a la red eléctrica. Por lo tanto, el propósito de estudiar este problema es impulsar el desarrollo de sistemas alternativos de bombeo de agua mediante el uso de energías renovables y contar con un costo de operación bajo para el riego de cultivos, contribuyendo principalmente al cuidado medioambiental. Previamente al desarrollo del proyecto se establecen definiciones relacionada a la energía solar, sistemas de captación, sistemas de bombeo, evaluando las condiciones climáticas del lugar al igual que la ubicación geográfica de tal, luego se describe el proyecto, las cuales junto a otros aspectos técnicos se detallan en la presente tesis y además la importancia de este proyecto.

Palabras clave: Paneles fotovoltaicos, Red eléctrica, Energías renovables, Medioambiental, Energía solar, Sistema de bombeo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The purpose of the following work is to propose the design of an energy system using photovoltaic panels, in the municipal stadium of Yarabamba, province of Arequipa. This district is a rural area where many communities have limited access to the electricity grid. Therefore, the purpose of studying this problem is to promote the development of alternative water pumping systems through the use of renewable energy and have a low operating cost for crop irrigation, contributing mainly to environmental care. Prior to the development of the project, definitions related to solar energy, collection systems, pumping systems are established, evaluating the climatic conditions of the place as well as the geographical location of such, then the project is described, which together with other technical aspects are detailed in this thesis and also the importance of this project.

Keywords: Photovoltaic panels, Electric grid, Renewable energies, Environmental, Solar energy, Pumping system

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE

DEDICATORIA

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. INTRODUCCIÓN 3

1.2. Objetivos 4

1.2.1. Objetivo general 4

1.2.2. Objetivos específicos 4

1.3. ANTECEDENTES 4

1.3.1. Internacional 4

1.3.2. Nacional 8

1.3.3. Regional 10

1.4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 15

1.5. JUSTIFICACIÓN 15

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.5.1. Justificación ambiental 15

1.6. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA 16

1.6.1. Justificación Social 16

1.7. LIMITACIONES 16

1.8. NORMAS 16

1.9. DATOS METEOROLÓGICOS 17

CAPITULO II 19

2. MARCO TEORICO 19

2.1. INTRODUCCIÓN 19

2.1.1. El sol como fuente de Energía 19

2.1.2. La radiación solar 19

2.1.3. Radiación y temperatura en otras partes del mundo 20

2.2. ORIENTACIÓN Y ÁNGULO DE INCLINACIÓN EN LOS PANELES FOTOVOLTAICOS 28

2.2.1. Orientación de los paneles fotovoltaicos 28

2.2.2. Inclinación de los paneles fotovoltaicos 28

2.3. EL PANEL SOLAR 29

2.4. EL PANEL FOTOVOLTAICO Y SU FUNCIONAMIENTO 29

2.5. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 30

2.5.1. Marco metálico de aluminio 30

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.2. Cubierta exterior 30

2.5.3. Encapsulante 31

2.6. CONEXIÓN ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 31

2.7. DIODO DE BLOQUEO Y BY-PASS 31

2.8. CÉLULAS 32

2.8.1. Silicio monocristalino 32

2.8.2. Silicio policristalino 32

2.9. CONEXIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS 33

2.9.1. Conexión en serie 33

2.9.2. Conexión en paralelo 34

2.9.3. Conexión en serie y paralelo 35

2.10. INVERSOR 35

2.10.1. Parámetros fundamentales de un inversor fotovoltaico 36

2.11. TIPOS DE CONEXIÓN 36

2.11.1. Inversores Aislados 36

2.11.2. Inversores de red 37

2.12. VARIADOR PARA APLICACIONES DE BOMBEO SOLAR 38

2.13. MANTENIMIENTO 38

2.13.1. Tipo de mantenimiento 39

2.13.2. Costo del mantenimiento 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.13.3. Tiempo de mantenimiento 41

2.13.4. Rayaduras en los paneles 41

CAPÍTULO III 43

3. DISEÑO DEL PROYECTO 43

3.1. INTRODUCCION 43

3.2. VISTA ISOMÉTRICA DEL ESTADIO MUNICIPAL DE YARABAMBA 44

3.3. VELOCIDAD DEL VIENTO EN YARABAMBA – AREQUIPA 45

3.4. ÍNDICE DE CAÍDA DE RAYOS EN YARABAMBA – AREQUIPA 46

3.5. ÁNGULO DE INCLINACIÓN 47

3.6. ESTUDIO DE SOMBRAS DEL ESPACIO MUESTRAL 48

3.7. CÁLCULO DE PÉRDIDAS PARA LA SELECCIÓN DE BOMBAS 50

3.7.1. Cálculo de pérdidas para el sistema de bombeo de llenado de tanque 50

3.8. CANTIDAD DE PANELES FOTOVOLTAICOS 53

3.8.1. Cantidad de paneles fotovoltaicos para el sistema de bombeo del llenado de tanque 53

3.8.2. Cantidad de paneles fotovoltaicos para el sistema de bombeo de riego por aspersión 58

3.8.3. Selección del módulo fotovoltaicos 63

3.9. SELECCIÓN DEL VARIADOR 63

3.9.1. Variador para el sistema de bombeo para el llenado del tanque 63

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.9.2. Variador para el sistema de bombeo para el riego por aspersión 64

3.10. SELECCIÓN DE CONDUCTORES 65

3.10.1. Cálculo de calibre de cables 65

3.11. SIMULACIÓN 68

3.12. PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS 71

3.13. PRESENTACIÓN FINAL DEL PROYECTO 75

3.13.1. Estudio de sombra de la presentación final 75

4. CAPÍTULO IV 78

4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO 78

CONCLUSIONES 87

RECOMENDACIONES 89

REFERENCIAS 90

ANEXOS 94

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ubicación del estadio de Yarabamba. 15

Tabla 1.2 Datos de radiación y temperatura en Yarabamba - Arequipa 18

Tabla 2.1 Datos de radiación y temperatura en Atacama - Chile 21

Tabla 2.2 Datos de radiación y temperatura en Buenos Aires - Argentina 21

Tabla 2.3 Datos de radiación y temperatura en Medellín - Colombia 22

Tabla 2.4 Datos de radiación y temperatura en México D.F. - México 23

Tabla 2.5 Datos de radiación y temperatura en Washington D.C. - Estados Unidos 23

Tabla 2.6 Datos de radiación y temperatura en Madrid - España 24

Tabla 2.7 Datos de radiación y temperatura en Zúrich - Suiza 25

Tabla 2.8 Datos de radiación y temperatura en Zhongwei - China 25

Tabla 2.9 Datos de radiación y temperatura en Sudáfrica 26

Tabla 2.10 Datos de radiación y temperatura en Egipto 27

Tabla 2.11 Datos de radiación promedio anual 27

Tabla 2.12 Parámetros fundamentales del inversor 36

Tabla 3.1 Coeficientes de pérdidas en los accesorios 51

Tabla 3.2 Datos de ubicación y caudal que se va suministrar 53

Tabla 3.3 Horas pico de sol y volumen de agua que se bombea anualmente 53

Tabla 3.4 Datos de hora sol promedio, temperaturas y volumen de bombeo al día 54

Tabla 3.5 Datos de ficha técnica del módulo fotovoltaico 55

Tabla 3.6 Nuevos datos de voltaje, corriente y potencia de los paneles fotovoltaicos usando los coeficientes de perdida de ficha técnica 57

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3.7 Datos de ubicación y caudal que se va suministrar..... 58

Tabla 3.8 Horas pico de sol y volumen de agua que se bombea anualmente 58

Tabla 3.9 Datos de hora sol promedio, temperaturas y volumen de bombeo al día 58

Tabla 3.10 Datos de ficha técnica del módulo fotovoltaico..... 60

Tabla 3.11 Nuevos datos de voltaje, corriente y potencia de los paneles fotovoltaicos usando los coeficientes de perdida de ficha técnica..... 62

Tabla 3.12 Determinación del coeficiente ambienta C1 72

Tabla 3.13 Determinación del coeficiente estructural C2..... 72

Tabla 3.14 Determinación del coeficiente del contenido de estructura C3 72

Tabla 3.15 Determinación del coeficiente de contenido de estructura C4..... 72

Tabla 3.16 Determinación del coeficiente de consecuencias de la caída de un rayo C5 73

Tabla 3.17 Nivel de protección para pararrayo según eficiencia calculada..... 74

Tabla 3.18 Radio de esfera de protección ficticia..... 74

Tabla 3.19 Mantenimiento de los sistemas de protección contra rayos..... 74

Tabla 4.1 Cotización de la estructura para soportar los paneles realizado en el software S10.... 78

Tabla 4.2 Análisis económico eléctrico. 79

Tabla 4.3 Análisis económico de la estructura de los módulos fotovoltaicos. 79

Tabla 4.4 Análisis económico de paneles solares, bombas y variador de frecuencia..... 79

Tabla 4.5 Análisis económico del sistema de protección contra descargas eléctricas..... 80

Tabla 4.6 Análisis económico de accesorios agregados. 80

Tabla 4.7 Análisis económico de la instalación del sistema de riego utilizando paneles fotovoltaicos..... 81

Tabla 4.8 Costo total del proyecto. 82

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 4.9 Ahorro anual 84

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tengger desert solar Park. 5

Figura 1.2 Ali Sami Yen Spor, Turquía. 6

Figura 1.3 Estadio Mineirao en Belo Horizonte, Brasil. 8

Figura 1.4 Paneles fotovoltaicos en el Datem del Marañón. 9

Figura 1.5 Subestación de transformación de Jesús, distrito de Paucarpata, Arequipa. 10

Figura 1.6 Distribución de paneles fotovoltaicos Jinko de 550W. 11

Figura 1.7 Paneles fotovoltaicos Jinko de 550W. 12

Figura 1.8 Tablero de distribución. 12

Figura 1.9 Inversor Growatt instalado. 13

Figura 1.10 Ubicación del estadio de Yarabamba. 15

Figura 1.11 Mapa de ubicación de Yarabamba – Arequipa. 17

Figura 2.1 Sistemas de conversión de la energía solar. 19

Figura 2.2 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Atacama – Chile. 20

Figura 2.3 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Buenos Aires – Argentina. 21

Figura 2.4 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Medellín – Colombia. 22

Figura 2.5 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en México D.F. – México. 22

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 2.6 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Washington D.C. - Estados Unidos..... 23

Figura 2.7 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Madrid – España. 24

Figura 2.8 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Zúrich – Suiza... 24

Figura 2.9 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Zhongwei – China. 25

Figura 2.10 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Sudáfrica. 26

Figura 2.11 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Egipto. 26

Figura 2.12 Referencia de la orientación de los paneles solares. 28

Figura 2.13 Panel fotovoltaico. 29

Figura 2.14 Estructura y composición de los módulos fotovoltaicos. 30

Figura 2.15 Estructura y composición de los módulos fotovoltaicos. 30

Figura 2.16 Conector solar MC4. 31

Figura 2.17 Panel fotovoltaico monocristalino. 32

Figura 2.18 Panel fotovoltaico policristalino. 33

Figura 2.19 Conexión de módulos en serie..... 34

Figura 2.20 Conexión de módulos en paralelo. 34

Figura 2.21 Conexión de módulos mixto..... 35

Figura 2.22 Inversores fotovoltaicos. 35

Figura 2.23 Conexión de tipo aislado. 37

Figura 2.24 Inversores de red. 37

Figura 2.25 Variador para bombeo solar. 38

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 2.26 Modulo fotovoltaico cubierto de polvo. 39

Figura 2.27 Capa de polvo a las celdas. 40

Figura 2.28 Módulos fotovoltaicos con las celdas limpias después del mantenimiento. 40

Figura 2.29 Rayadura en la celda de un panel fotovoltaico. 41

Figura 2.30 Rayadura en la celda de un panel fotovoltaico. 42

Figura 3.1 Vista isométrica del estadio municipal de Yarabamba. 44

Figura 3.2 Vista isométrica del estadio municipal de Yarabamba. 45

Figura 3.3 Vista isométrica del estadio municipal de Yarabamba. 45

Figura 3.4 Mapa eólico de Sudamérica 46

Figura 3.5 Mapa eólico en Yarabamba – Arequipa 46

Figura 3.6 Mapa ceráunico del Perú 47

Figura 3.7 Mapa ceráunico en el distrito de Yarabamba – Arequipa 47

Figura 3.8 Angulo de inclinación obtenido en Nastec 48

Figura 3.9 Simulación del estudio de sombra. 49

Figura 3.10 Simulación del estudio de sombra. 49

Figura 3.11 Simulación del estudio de sombra. 50

Figura 3.12 Selección de la bomba usando catálogo Pedrollo 52

Figura 3.13 Selección de la bomba usando catálogo Pedrollo 53

Figura 3.14 Ficha técnica del panel fotovoltaico Jinko Solar de 470 Wp 63

Figura 3.15 Ficha técnica del variador para su selección 64

Figura 3.16 Ficha técnica del variador para su selección 65

Figura 3.17 Simulación de Von Mises de la estructura. 69

Figura 3.18 Simulación del desplazamiento de la estructura. 70

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 3.19 Simulación del factor de seguridad. 71

Figura 3.20 Estudio de sombra final. 75

Figura 3.21 Estudio de sombra del estadio. 76

Figura 3.22 Estudio de sombra del estadio. 76

Figura 3.23 Estudio de sombra del estadio. 77

Figura 4.1 Diagrama de Gantt para la instalación del sistema de riego mediante paneles fotovoltaicos 82

Figura 4.2 Diagrama de Gantt para la instalación del sistema de riego mediante paneles fotovoltaicos 83

Figura 4.3 Gráfico de ahorro anual 85

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

Actualmente el estadio municipal Yarabamba en la ciudad de Arequipa, tiene la necesidad de tener un flujo eléctrico constante para el sistema de regadío. Ante esto la energía fotovoltaica surge como una solución, la cual asegura un constante flujo eléctrico para el sistema de regadío, de bajo costo de mantenimiento y un bajo impacto Ambiental; pero a la vez teniendo un gran impacto social, ya que estaría a la vanguardia de una tecnología limpia para producir energía eléctrica.

El panel fotovoltaico es el encargado de convertir la energía del sol en energía eléctrica. La energía procedente de los paneles fotovoltaicos se envía como corriente continua, que a través de un variador se convierte en corriente para luego sea usado en los equipos que se necesitan usar.

El principio detrás de estos paneles es simple pero revolucionario. Cuando la luz solar incide sobre las células fotovoltaicas que componen los paneles, los fotones de luz excitan los electrones presentes en el material semiconductor, liberando una corriente eléctrica. Esta electricidad generada es en corriente continua (CC), que luego se convierte en corriente alterna (CA) a través de un variador en el estadio de Yarabamba, esta tecnología podría ofrecer una oportunidad para reducir la dependencia de fuentes de energía.

Los paneles fotovoltaicos presentan una amplia gama de ventajas. En primer lugar, son una fuente de energía renovable, lo que significa que no se agotan con el uso, a diferencia de los combustibles fósiles. Además, al producir electricidad sin emisiones de gases de efecto invernadero ni contaminantes, contribuyen significativamente a la lucha contra el cambio climático y la mejora de la calidad del aire.

Otra ventaja importante es la posibilidad de generar energía de manera descentralizada. Esto permite que incluso áreas remotas o rurales sin acceso a redes eléctricas tradicionales puedan aprovechar la energía solar para satisfacer sus necesidades energéticas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Para el diseño se realizarán los cálculos mediante datos necesarios como la posición del sol, ubicación, y parámetros que afecten en el comportamiento de los paneles fotovoltaicos.

A pesar de las ventajas evidentes, la adopción generalizada de paneles fotovoltaicos en el sector agrícola enfrenta desafíos significativos. Entre ellos se encuentran las barreras económicas y financieras, la falta de conocimiento y conciencia sobre la tecnología.

En el presente trabajo se busca realizar un diseño eficaz, para lo cual se realizará un análisis de cada componente comparando con los disponibles en el mercado actual, tomando en cuenta su eficiencia y duración del componente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua es una necesidad para sobrevivir, lo necesitamos para beber y usos domésticos, se requiere para el riego, construcción y producción de energía a gran escala, (Mansur Aliyu, 2018) y es necesario para que un país en cualquier parte del mundo pueda desarrollarse, es por ello que la calidad de vida en cualquier lugar dependerá de los recursos hídricos que se encuentren en este.

Ciertamente, hay gran cantidad de recursos hídricos en el mundo que no está a menudo disponible en ciertos lugares, por lo cual, este recurso no es sencillo de encontrar (Mansur Aliyu, 2018). Es por ello, que se plantea varias alternativas de solución para acceder a este recurso tan importante desde su fuente hasta el punto donde hay demanda.

Yarabamba es una zona rural en la provincia de Arequipa, Perú, donde muchas comunidades tienen acceso limitado a la red eléctrica. Por lo tanto, es común que estas comunidades dependan del agua potable para el consumo humano y para el riego de los cultivos. Dado que la agricultura es uno de los sectores que presenta mayor vulnerabilidad, cuando hay cambios en las condiciones ambientales (Tingem, 2009).

Dada la necesidad de fuentes de energía eléctrica limpias y renovables, es por lo que los sistemas solares fotovoltaicos cumplen una gran importancia en la provisión de energía eléctrica. En algunos distritos y zonas rurales de Arequipa, la energía eléctrica es limitada, ya que la construcción y mantenimiento de los sistemas de redes de distribución es en algunos casos es costoso. En algunas zonas rurales la necesidad de energía eléctrica es baja o existe una baja densidad de población en donde los usuarios están dispersos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los sistemas de generadores fotovoltaicos resultan ser una gran alternativa para la población rural, así pudiendo suministrar energía al bombeo de agua, facilitando el consumo de agua humano y animal, para el riego, mejorando el desarrollo de la población rural.

Con la finalidad de mejorar el desarrollo de la población de Yarabamba, donde existe problemas con el abastecimiento de energía eléctrica, se propone un sistema de abastecimiento con energía solar fotovoltaica para el estadio municipal de Yarabamba.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Reingeniería del sistema de bombeo de agua por energía fotovoltaica al estadio municipal distrital de Yarabamba.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar estado situacional del bombeo de agua, reconocimiento y metrado del lugar.
- Rediseño del sistema de bombeo por luz solar.
- Diseño estructural para los paneles solares.
- Tasar el costo de reingeniería del bombeo solar.

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1. Internacional

"La gran muralla china del sol, la planta solar más grande del mundo que cubre más de 1200 km2 el Tengger desert solar Park" Zhongwei-China

Según (Wang Z., 2017), el parque solar se extiende por un área de aproximadamente 43 kilómetros cuadrados y cuenta con una capacidad total instalada de 1.547 megavatios

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

(MW). La planta consta de varios millones de paneles solares fotovoltaicos, que convierten la luz solar en electricidad, tal como se muestra en la figura 1.1.

Además, el parque también cuenta con una instalación de almacenamiento de baterías, que permite almacenar la energía generada durante el día para su uso en momentos de baja producción solar. Según (Chen X., 2020), el parque solar Tengger Desert tiene una capacidad de almacenamiento de energía de 202.8 megavatios-hora (MWh).

Según (Wang Z., 2017), el parque solar Tengger Desert es una importante fuente de energía renovable para China, que ha establecido una meta de generar el 20% de su energía a partir de fuentes renovables para el año 2025. Además, la planta ha ayudado a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que la generación de energía a partir de paneles solares no produce emisiones de gases de efecto invernadero.

En cuanto a su impacto económico, se ha señalado que el parque ha creado empleos en la región y ha ayudado a impulsar la economía local, (Chen X., 2020). En resumen, el Tengger Desert Solar Park es una importante fuente de energía renovable en China y uno de los mayores parques solares del mundo. Además, ha ayudado a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y ha tenido un impacto positivo en la economía local.



Figura 1.1 Tengger desert solar Park.
Fuente: (xataca, 2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

"Ali Sami Yen Spor, el stadio con más de 10 mil paneles solares" Estambul-Turquía, (Comercio, 2022).

El estadio del Galatasaray, consta de 10 404 paneles fotovoltaicos con la capacidad de 4.2 MW de energía, para lo cual, el estadio podrá producir 4.650 MWh al año.

El trabajo se logró junto con las empresas GoodWe y Enerjisa Enerji, que dará el mantenimiento para 10 años, con lo que también se evitará la emisión de aproximadamente 3.250 toneladas de CO2 al año, el estadio se puede visualizar en la figura 1.2.



Figura 1.2 Ali Sami Yen Spor, Turquía.
Fuente: (Comercio, 2022)

"Instalación de sistema de bombeo fotovoltaico para riego en terreno cultivable" Universidad de Lérida, Lleida-España, (Lamana Villegas, 2018).

El objetivo de la investigación es diseñar un sistema de bombeo con paneles solares para mejorar el riego por goteo.

Para dicha investigación se determinó la influencia de la selección del panel solar en el riego por goteo, encontrar la influencia de la selección de la bomba para el riego y determinar la viabilidad económica de costos y presupuestos del sistema.

Las conclusiones a las que se llegó después de dicha investigación fueron:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Se logró el estudio del emplazamiento y dimensiones de la parcela, todo siguiendo la información de la "Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica, Sandia National Laboratories, Southwest Technology Development Institute (NMSU/SWTDI)"
- Se obtuvo la altura hidráulica, necesidades y la radiación solar disponible media mensual para diferentes ángulos de inclinación.
- Se hizo el dimensionado en el mes de julio, puesto que en ese mes había mayor demanda hidráulica con un ángulo de inclinación de 10º respecto a la horizontal.
- Se obtuvo analíticamente el consumo energético de la bomba y su punto de funcionamiento.
- Se eligió el módulo fotovoltaico adecuado para satisfacer la demanda y así obtener la cantidad total de módulos y disposición.
- Se seleccionó el regulador para soportar la máxima corriente, tensión y potencia de entrada y salida para controlar el funcionamiento óptimo de la bomba sumergible.

"El Mundial de Fútbol FIFA 2018 es un evento de interés internacional. Una buena ocasión para repasar el desarrollo de la energía solar en los estadios del mundo, con datos actualizados." Argentina, (Ton van der & Szabolcs, 2018).

Latinoamérica es una región con condiciones increíbles para la energía solar, el Estadio Nacional Mané Garrincha con 9600 paneles cosecha una potencia de 2500 kWp. El estadio Mineirao que alcanza una capacidad de 1420 kWp, tal como se muestra en la figura 1.3.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

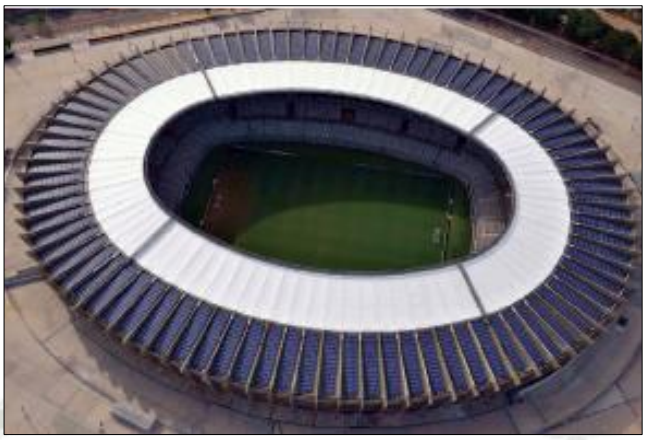


Figura 1.3 Estadio Mineirao en Belo Horizonte, Brasil.
Fuente: (Ton van der & Szabolcs, 2018)

1.3.2. Nacional

"240 paneles con energía fotovoltaica son instalados en plena Amazonía peruana" El Amazonas-Perú, (Profonante, 2021).

Estos paneles se instalaron para proveer de energía a dos plantas de hielo y así impulsar el bionegocio de venta de pescado fresco en el Datem del Marañón, tal como se ve en la figura 1.4.

La dificultad que presentaba la zona era mantener la cadena de frío para que el pescado se conserve, para ello el hielo lo traían de Yurimaguas, lo cual no era lo más funcional ya que aumentaba el costo de producción. De esta situación se implementaron dos plantas de hielo que funcionan con energía solar provista por 240 paneles fotovoltaicos en un área de 1000 metros cuadrados para la instalación de la planta; estas plantas ya empezaron a entrar en operaciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Figura 1.4 Paneles fotovoltaicos en el Datem del Marañón.
Fuente: (Profonante, 2021)

(Vargas Córdoba & Rojas Tarrillo, 2019) "Diseño de un sistema de bombeo de agua con paneles solares para mejorar el riego por goteo del cultivo de cacao en el fundo La Esperanza, Lamas, San Martin, 2019" Universidad César Vallejo, Tarapoto-Perú.

El objetivo de este proyecto es el dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua solar fotovoltaico directo para el riego por goteo en un terreno dedicado al cultivo.

Para dicha investigación se realizó un estudio previo de la localización, dimensiones del terreno, consumos hidráulicos durante un año y clima de la zona para conocer la radiación solar; todo ello para satisfacer la demanda hidráulica.

Las conclusiones a las que se llegó después de dicha investigación fueron:

- Se logró mejorar la eficiencia al 95% mediante la implementación del sistema de bombeo con paneles solares.
- Se determinó que una buena selección del panel fotovoltaico, influye en la eficiencia del riego por goteo.
- Se incrementó la eficiencia del riego por goteo al hacer una correcta selección de la bomba para dicha función.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Se determinó el costo de inversión y la viabilidad del sistema de riego por goteo.

1.3.3. Regional

"Sociedad Eléctrica del Sur Oeste instala 114 paneles fotovoltaicos en la subestación de transformación de Jesús" Arequipa-Perú, (Andina, 2021).

Seal hizo la instalación de 114 paneles fotovoltaicos para el funcionamiento de la subestación de transformación del sector de Jesús en el distrito de Paucarpata, Arequipa, con la contribución al uso de las energías renovables.

Este es el segundo proyecto solar a cargo de la Seal dado que el primero se ubica en el Parque Industrial de Arequipa. Esta subestación genera 46.47 kW con lo cual se logra su autosostenibilidad.

La demanda de energía del sitio es de 10kW por lo que el excedente se sumará al sistema de interconectado nacional.

Los paneles se instalaron sobre 390 metros cuadrados, un área superior a la del Parque Industrial, con paneles de 405W, los paneles se pueden observar en la figura 1.5.



Figura 1.5 Subestación de transformación de Jesús, distrito de Paucarpata, Arequipa.
Fuente: (Andina, 2021)

"Instalación de paneles fotovoltaicos de 550W con conectado a red, para el restaurante El mirador de Chilina en el distrito de Cayma 2023", Arequipa-Perú.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El objetivo del proyecto fue instalar 48 paneles fotovoltaicos con conectado a red, para disminuir el consumo eléctrico del restaurante y reducir costos de producción.

Para dicho trabajo se tuvo que implementar la estructura de soporte de los paneles, instalar los paneles, cableado, hacer la conexión eléctrica, instalación del inversor para el conectado a red, prueba y entrega de proyecto, los cuales concluyeron como se puede observar en la figura 1.6.

Las conclusiones a las que se llegó después de la instalación:

- Se logró realizar toda la entrega de proyecto para el restaurante, logrando el objetivo principal de ahorro en costos energético reduciendo el costo en la tarifa de luz mensual.



Figura 1.6 Distribución de paneles fotovoltaicos Jinko de 550W.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 1.7 se puede observar las 2 hileras de paneles fotovoltaicos que se instalaron para el ahorro energético para el restaurante antes mencionado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 1.7 Paneles fotovoltaicos Jinko de 550W.
Fuente: Elaboración propia

Para el conectado a la red, se realizó el conectado del tablero de distribución con medidor bifacial con el conectado a red de los paneles al inversor, tal como se puede observar en la figura 1.8.



Figura 1.8 Tablero de distribución.
Fuente: Elaboración propia

Para la conversión de corriente continua a corriente que recibe de los paneles fotovoltaicos, a corriente alterna, se hizo la instalación de un inversor de marca Growatt, tal como se aprecia en la figura 1.9.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

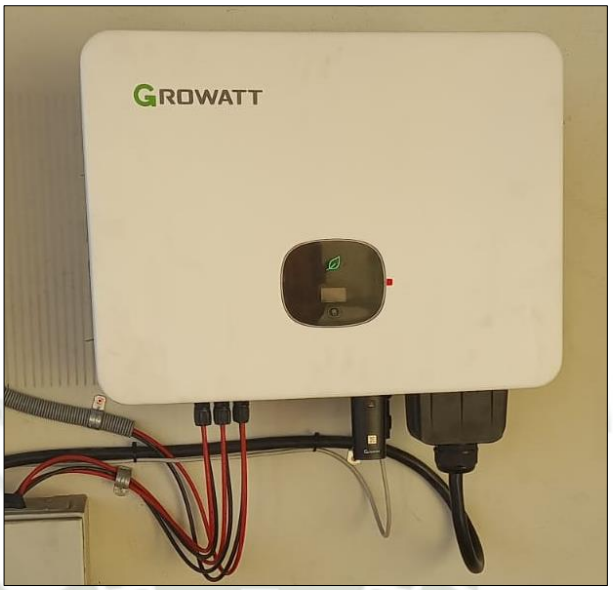


Figura 1.9 Inversor Growatt instalado.
Fuente: Elaboración propia

"Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico en la compañía de bomberos de Yanahuara-Arequipa" Universidad Católica de Santa María, Arequipa-Perú, (Helfer Lazo, 2021).

El objetivo de la investigación es implementar un sistema de energía fotovoltaico para la alimentación de los principales equipos de comunicación de emergencia en la compañía de los bomberos.

Para dicha investigación se determinó la temperatura promedio de trabajo de las celdas fotovoltaicas, determinar las condiciones críticas para el funcionamiento del sistema, realizar la simulación del sistema fotovoltaico mediante un software, rediseñar el sistema eléctrico y determinar el costo de inversión TIR y VAN.

Las conclusiones a las que se llegó después de dicha investigación fueron:

- Se diseñó e implementó el sistema de energía fotovoltaico hibrido en la compañía de bomberos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Se determinó que el clima más crítico en la ciudad de Arequipa son los climas nublados.
- Se incrementó la confiabilidad del suministro de energía eléctrica.
- Se determinó el costo de inversión TIR y VAN.

"Electrificación parcial del colegio Max Uhle por medio de un sistema fotovoltaico conectado a red" Universidad Católica de Santa María, Arequipa-Perú, (Fernandez Barreda, 2019).

El objetivo de la investigación es demostrar que es viable la implementación de un sistema solar conectado a red en el colegio ya mencionado.

Para realizar dicha investigación se realizó la toma de datos de radiación solar, consumos energéticos del colegio, determinar el área para la ubicación de los paneles, selección de equipos, evaluar costos y establecer un tiempo de retorno de inversión.

Las conclusiones a las que se llegó después de dicha investigación fueron:

- La instalación de estos equipos es viable, pero realizando cambios en la infraestructura del colegio.
- La radiación era óptima para la implementación de un sistema fotovoltaico.
- La instalación de un sistema de un sistema fotovoltaico conectado a red si presenta un retorno de inversión en un corto periodo de tiempo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Figura 1.10 Ubicación del estadio de Yarabamba.
Fuente: Google Earth Pro

La ubicación del estadio de Yarabamba en términos de latitud y longitud se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Ubicación del estadio de Yarabamba.

Latitud	Longitud
16°32'44.01"S	71°28'41.29"O

Fuente: Google Earth Pro

1.5. JUSTIFICACIÓN

1.5.1. Justificación ambiental

Al reemplazar la fuente de energía eléctrica para el sistema de bombas del estadio municipal de Yarabamba por un sistema de energía mediante paneles fotovoltaicos, se reducirá el uso de energía eléctrica provista por la “Sociedad Eléctrica del Sur Oeste – SEAL” reduciendo las emisiones de CO2 y otros gases que contribuyen al efecto invernadero.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.6. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Con el sistema propuesto de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, se aprovechará la energía solar, dejando de utilizar en las bombas de agua la red energía eléctrica que se utiliza en la actualidad.

1.6.1. Justificación Social

El estado peruano promueve el uso de energías renovables en el cual se incluye estrategias, programas y proyectos, para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente (Según el Artículo 11° de DLEG-1002-2008).

Con la presente tesis se tiene como finalidad despertar el interés de la sociedad y entidades del estado y privadas el uso de la energía solar para la generación de energía eléctrica para el uso humano, ganadero y agrícola

1.7. LIMITACIONES

Con respecto a la información obtenida de la irradiación solar se ha limitado a usar los datos obtenidos de páginas de datos de información con reconocimiento nacional e internacional y de páginas que estén acreditadas o avaladas por entidades oficiales como por ejemplo la NASA.

1.8. NORMAS

- Norma Técnica E.090 – Estructuras metálicas.
- Planchas estructurales según norma ASTM A36.
- Tuberías según norma ASTM A53 GRADO B.
- Soldadura conforme a norma AWS D1.1.
- Norma Técnica Peruana (NTP) ISO 9001, que establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Norma Internacional IEC 61215, se establece para la correcta instalación y operación de los paneles fotovoltaicos.
- Norma Internacional IEC 61730, se establece para garantizar la seguridad de los módulos fotovoltaicos.

1.9. DATOS METEOROLÓGICOS

La radiación solar es la energía que emite el sol el cual se propaga a través del espacio mediante ondas electromagnéticas, se mide en superficie horizontal y en vatios por metro cuadrado (W/m2).

Estos datos se pueden obtener por medio de softwares y páginas convalidadas por la NASA, en esta ocasión usaremos la información de la página Nastec, la cual se desarrolla en el ámbito de accesorios y kits solares, Nastec nos ofrece un mapa de ubicación para el estudio de radiación y de temperatura, el cual se puede observar en la figura 1.11.



Figura 1.11 Mapa de ubicación de Yarabamba – Arequipa.
Fuente: (Nastec, 2022)

Tal como se detalla en la tabla 1.2, Nasctec nos brinda datos de radiación y temperatura en Yarabamba durante los 12 meses del año, datos que utilizaremos más adelante para el cálculo de nuestro sistema fotovoltaicos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 1.2 Datos de radiación y temperatura en Yarabamba - Arequipa

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación solar directa (Kwh/m^2/día)	6.59	6.00	6.14	5.95	5.64	5.35	5.44	5.74	6.18	6.49	6.89	7.14	6.13
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	16.57	16.67	17.16	17.31	17.53	17.06	16.81	17.59	18.04	18.65	18.26	17.43	17.42
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	10.37	10.59	10.59	10.25	8.21	6.83	6.14	7.23	8.14	9.05	9.29	9.98	8.89
Temperatura media diaria (ºC)	13.47	13.63	13.88	13.78	12.87	11.95	11.48	12.41	13.09	13.85	13.75	13.71	13.16

Fuente: (Nastec, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. INTRODUCCIÓN

2.1.1. El sol como fuente de Energía

Es la energía radiante procedente del sol y que llega a la superficie de la Tierra (Infrarrojo, ultravioleta y luz visible), (Colmenar Santos & Castro Gil, 2009),

El sol es una estrella formada por diversos elementos en estado gaseoso, con un diámetro de 1,4 millones de km, si bien no toda la energía que emite el sol llega a la tierra, la energía solar presenta dos características importantes, la dispersión por su densidad que en condiciones favorables alcanza difícilmente 1kW/m2 y por otro lado la intermitencia, que es lo necesario para las instalaciones captadoras de energía (Jarabo Friedrich, Perez Domingues, Elortegui Escartin, Fernandez Gonzales, & Macias Hernandez , 1988). Los sistemas de conversión de la energía solar, se pueden observar en la figura 2.1.

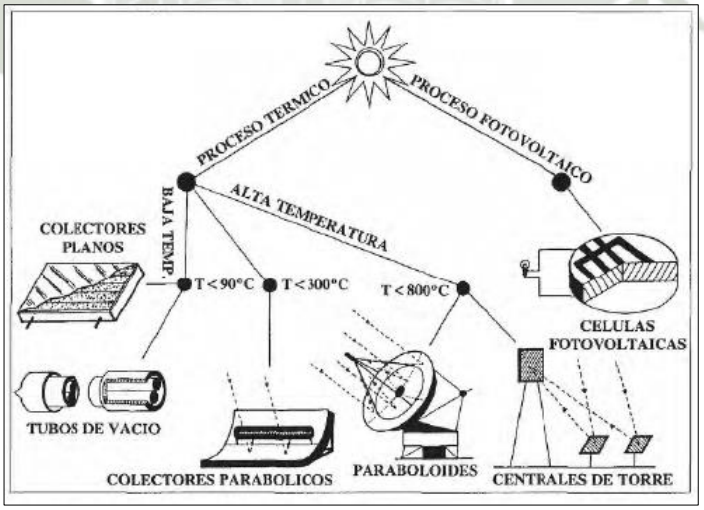


Figura 2.1 Sistemas de conversión de la energía solar.
Fuente: (Jarabo Friedrich, Perez Domingues, Elortegui Escartin, Fernandez Gonzales, & Macias Hernandez , 1988)

2.1.2. La radiación solar

La energía solar incidente en una superficie se manifiesta de la siguiente manera:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Radiación directa: Proviene directamente del sol y llega a la atmosfera sin sufrir dispersiones en la trayectoria.
- Radiación Difusa: Aquella recibida de la atmosfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol, esta energía puede suponer un 15% de la radiación solar en días soleados.
- Radiación reflejada: Es la parte de la radiación solar incidente reflejada desde la superficie de la tierra debido al efecto albedo, un cuerpo blanco ideal tiene un coeficiente del 100% y un cuerpo negro ideal del 0%.

2.1.3. Radiación y temperatura en otras partes del mundo

A continuación, presentamos el mapa de ubicación de diferentes países a nivel mundial, y sus datos de radiación y temperatura anual que nos brinda el software Nastec, los cuales serán mostrados y explicados en las figuras y tablas que se mostrarán más adelante.

2.1.3.1. Chile



Figura 2.2 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Atacama – Chile.
Fuente: (Nastec, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 2.1 Datos de radiación y temperatura en Atacama - Chile

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	7.49	7.36	7.26	7.21	6.43	6.24	6.37	7.12	7.74	7.84	7.96	7.79	7.23
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	19.01	18.40	18.04	15.98	13.10	11.50	10.81	12.64	13.74	16.12	17.37	18.73	15.45
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	5.86	5.58	4.99	2.35	-0.29	-1.46	-1.89	-1.03	-0.44	0.90	2.26	4.33	1.76
Temperatura media diaria (ºC)	12.44	11.99	11.52	9.17	6.41	5.02	4.46	5.81	6.65	8.51	9.82	11.53	8.61

Fuente: (Nastec, 2022)

2.1.3.2. Argentina



Figura 2.3 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Buenos Aires – Argentina.
Fuente: (Nastec, 2022)

Tabla 2.2 Datos de radiación y temperatura en Buenos Aires - Argentina

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	6.18	5.82	5.32	4.54	3.95	3.38	3.70	4.31	5.20	5.34	5.92	6.12	4.98
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	30.86	28.84	27.10	22.29	18.19	15.26	14.06	17.58	19.81	23.75	26.57	29.83	22.85
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	18.49	17.88	16.62	12.92	10.08	7.54	6.22	7.89	8.50	11.75	14.02	16.88	12.40
Temperatura media diaria (ºC)	24.67	23.36	21.86	17.61	14.14	11.40	10.14	12.74	14.16	17.75	20.30	23.35	17.62

Fuente: (Nastec, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.3.3. Colombia



Figura 2.4 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Medellín – Colombia.
Fuente: (Nastec, 2022)

Tabla 2.3 Datos de radiación y temperatura en Medellín - Colombia

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	4.56	4.61	4.60	4.28	4.44	4.63	4.97	4.90	4.57	4.39	4.33	4.27	4.55
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	24.52	25.47	25.03	24.53	24.58	24.95	25.66	26.05	24.81	23.46	23.06	23.84	24.66
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	18.56	18.89	19.10	19.45	19.34	19.04	18.75	18.86	18.70	18.67	18.71	18.72	18.90
Temperatura media diaria (ºC)	21.54	22.18	22.07	21.99	21.96	21.99	22.21	22.46	21.76	21.07	20.89	21.28	21.78

Fuente: (Nastec, 2022)

2.1.3.4. México



Figura 2.5 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en México D.F. – México.
Fuente: (Nastec, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 2.4 Datos de radiación y temperatura en México D.F. - México

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	5.69	6.21	6.48	6.01	5.71	5.63	5.63	5.27	4.96	5.35	5.65	5.50	5.67
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	17.78	19.85	22.84	24.73	24.93	23.39	22.95	23.22	21.81	20.28	19.09	17.63	21.54
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	7.67	8.80	10.88	13.42	14.82	15.02	13.85	13.89	14.07	12.26	10.20	8.25	11.93
Temperatura media diaria (ºC)	12.76	14.33	16.86	19.08	19.88	19.20	18.40	18.56	17.95	16.27	14.65	12.94	16.74

Fuente: (Nastec, 2022)

2.1.3.5. Estados Unidos



Figura 2.6 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Washington D.C. - Estados Unidos.
Fuente: (Nastec, 2022)

Tabla 2.5 Datos de radiación y temperatura en Washington D.C. - Estados Unidos

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	3.12	3.71	4.33	4.71	4.89	4.94	4.98	4.81	4.71	4.52	3.41	2.87	4.25
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	2.88	4.83	9.88	16.92	23.11	28.26	30.28	29.19	25.29	18.82	12.04	5.38	17.24
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	-4.10	-2.61	1.22	6.77	12.17	17.37	19.97	19.25	15.44	8.86	3.75	-1.51	8.05
Temperatura media diaria (ºC)	-0.61	1.11	5.55	11.85	17.64	22.82	25.13	24.22	20.36	13.84	7.90	1.94	12.64

Fuente: (Nastec, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.3.6. España



Figura 2.7 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Madrid – España.
Fuente: (Nastec, 2022)

Tabla 2.6 Datos de radiación y temperatura en Madrid - España

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	3.44	4.18	5.26	5.24	5.45	6.13	6.38	6.24	5.59	4.23	3.35	2.97	4.87
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	5.98	8.50	13.16	15.48	20.25	25.93	29.23	28.63	23.73	17.23	10.70	7.05	17.16
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	-0.54	0.20	2.93	5.52	10.80	16.82	19.81	18.75	14.53	9.47	3.98	0.81	8.59
Temperatura media diaria (ºC)	2.72	4.35	8.05	10.50	15.53	21.38	24.52	23.69	19.13	13.35	7.34	3.93	12.87

Fuente: (Nastec, 2022)

2.1.3.7. Suiza



Figura 2.8 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Zúrich – Suiza.
Fuente: (Nastec, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 2.7 Datos de radiación y temperatura en Zúrich - Suiza

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	2.37	3.26	3.95	4.36	4.79	4.87	4.99	4.75	3.96	2.88	2.14	1.79	3.68
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	-1.38	0.34	4.98	9.32	15.19	18.32	20.96	21.15	16.02	10.76	3.19	-0.44	9.87
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	-8.87	-7.67	-3.05	0.88	5.77	8.27	10.49	10.91	6.67	3.16	-2.74	-6.73	1.42
Temperatura media diaria (ºC)	-5.12	-3.66	0.97	5.10	10.48	13.30	15.73	16.03	11.35	6.98	0.22	-3.59	5.65

Fuente: (Nastec, 2022)

2.1.3.8. China



Figura 2.9 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Zhongwei – China.

Fuente: (Nastec, 2022)

Tabla 2.8 Datos de radiación y temperatura en Zhongwei - China

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	5.39	5.79	5.90	6.12	5.92	5.61	5.38	5.25	5.02	4.94	5.01	4.93	5.44
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	-5.24	0.36	8.29	16.58	22.71	26.87	28.28	26.07	21.14	13.49	5.12	-3.01	13.39
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	-15.2	-10.4	-3.35	3.24	10.12	15.83	18.75	17.09	11.91	3.50	-3.70	-11.4	3.03
Temperatura media diaria (ºC)	-10.2	-5.02	2.47	9.91	16.42	21.35	23..52	21.58	16.52	8.50	0.71	-7.22	8.21

Fuente: (Nastec, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.3.9. Sudáfrica



Figura 2.10 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Sudáfrica.
Fuente: (Nastec, 2022)

Tabla 2.9 Datos de radiación y temperatura en Sudáfrica

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	7.00	6.69	6.28	5.94	5.54	5.32	5.62	6.42	6.57	6.74	6.83	7.05	6.33
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	28.97	28.32	26.08	22.65	18.85	14.75	14.79	17.95	21.63	24.13	26.45	27.91	22.71
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	15.57	17.05	15.15	11.57	7.11	2.73	2.25	4.65	8.09	11.66	14.10	16.20	10.68
Temperatura media diaria (ºC)	23.27	22.69	20.62	17.11	12.98	8.74	8.52	11.30	14.86	17.90	20.27	22.06	16.69

Fuente: (Nastec, 2022)

2.1.3.10. Egipto



Figura 2.11 Mapa de ubicación para el estudio de radiación y temperaturas en Egipto.
Fuente: (Nastec, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 2.10 Datos de radiación y temperatura en Egipto

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de radiación (Kwh/m^2/día)	4.55	5.73	6.66	6.85	6.81	7.14	7.03	7.15	6.95	6.17	4.72	4.06	6.15
Temperatura ambiente máxima diaria (ºC)	19.25	20.30	24.12	19.73	33.44	35.19	35.95	35.57	34.01	29.93	25.20	20.77	28.62
Temperatura ambiente diaria mínima (ºC)	8.15	8.39	11.68	16.17	20.11	22.55	24.38	24.42	22.55	18.96	14.14	9.80	16.78
Temperatura media diaria (ºC)	13.70	14.335	17.90	22.95	26.78	28.87	30.17	30.00	28.28	24.45	19.67	15.29	22.70

Fuente: (Nastec, 2022)

Luego de sacar los datos de diferentes países a nivel mundial, se procede a realizar una comparación de valores del promedio anual de radiación, llegando a la conclusión, que la ciudad de Arequipa presenta un alto índice de ración promedio anual, lo adecuado para aprovechar al máximo la energía solar, estos datos se muestran en la tabla 2.11.

Tabla 2.11 Datos de radiación promedio anual

	Promedio anual de radiación (Kwh/m^2/día)
Arequipa	6.13
Chile	7.23
Argentina	4.98
Colombia	4.55
México	5.67
Estados Unidos	4.25
España	4.87
Suiza	3.68
China	5.44
Sudáfrica	6.33
Egipto	6.15

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2. ORIENTACIÓN Y ÁNGULO DE INCLINACIÓN EN LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

2.2.1. Orientación de los paneles fotovoltaicos

La orientación del módulo hace referencia al ángulo que se refiere a la posición de los paneles solares con respecto a la línea ecuatorial, (Novum solar, 2020).

Los módulos deben apuntar hacia el ecuador:

- Si nos encontramos en el hemisferio norte, por encima de la línea del ecuador, los paneles deben ser colocados con orientación hacia el sur.
- Si nos encontramos ubicado en el hemisferio sur, por debajo de la línea del ecuador, los paneles deben ser colocados con orientación hacia el norte.

En conclusión, para obtener mayor generación de energía es recomendable que los módulos apunten hacia el Ecuador, (Novum solar, 2020). La referencia de la orientacion de los paneles solares respecto al hemisferio en que el usuario se encuentra, lo podemos observar en la figura 2.12.

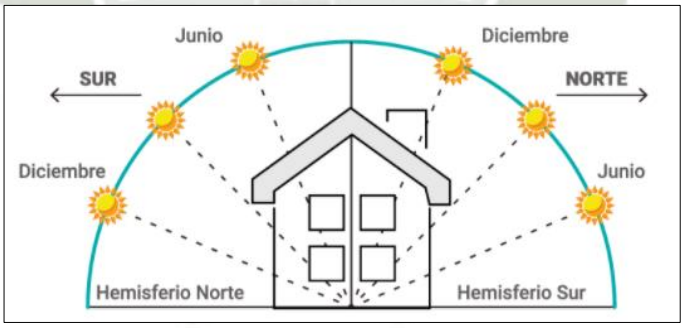


Figura 2.12 Referencia de la orientación de los paneles solares.
Fuente: (Novum solar, 2020)

2.2.2. Inclinación de los paneles fotovoltaicos

El ángulo de inclinación nos permitirá aprovechar al máximo la energía solar, (Novum solar, 2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La variación de radiación solar sobre la tierra varía en función a la latitud y longitud de donde nos encontremos, quiere decir que no obtendremos los mismos valores de radiación si varían dichos parámetros, para ello el ángulo de nuestros módulos dependerán directamente de la latitud en la que nos encontremos, (Novum solar, 2020).

2.3. EL PANEL SOLAR

El panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad, (Autosolar Energy Solution SLU, 2022).

2.4. EL PANEL FOTOVOLTAICO Y SU FUNCIONAMIENTO

Es un colector solar que genera electricidad a partir de la radiación del sol que incide sobre las células fotovoltaicas ubicadas en el panel tal como se aprecia en la figura 2.13. Se genera la electricidad debido al efecto fotovoltaico que provocan los fotones, por la energía solar, generando capas positivas y negativas en los dos semiconductores, lo que genera un campo eléctrico lo cual producirá corriente eléctrica, (Autosolar Energy Solution SLU, 2022).

Los materiales más utilizados para la fabricación de dichas células son:

- Arseniuro de galio (GaAs)
- Silicio (Si)



Figura 2.13 Panel fotovoltaico.
Fuente: (EcoInventos Green technology, 2023)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

La estructura de los módulos fotovoltaicos se clasificará en la figura 2.14 y figura 2.15 para luego ser explicados componente por componente.

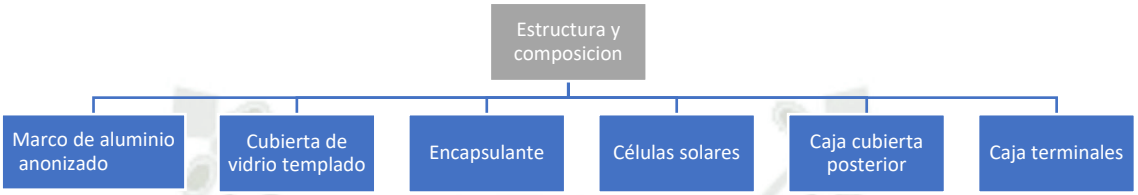


Figura 2.14 Estructura y composición de los módulos fotovoltaicos.
Fuente: Elaboración propia

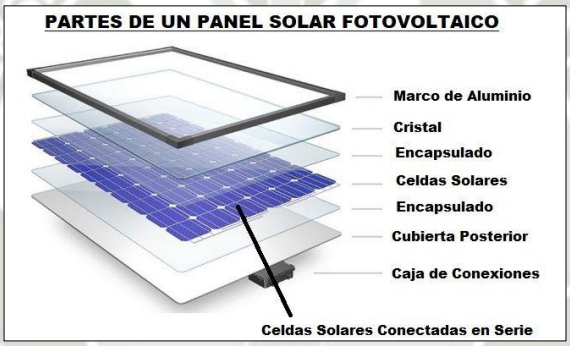


Figura 2.15 Estructura y composición de los módulos fotovoltaicos.
Fuente: (ResearchGate, 2023)

2.5.1. Marco metálico de aluminio

Está hecho de aluminio anonizado, para proporciona la rigidez y resistencia mecánica sin aumentar el peso del panel, proporciona un sistema de fijación, mejora el aislamiento del módulo, facilita el mano de tal y permite fijar el módulo sobre la estructura de soporte (Planas, 2020).

2.5.2. Cubierta exterior

De vidrio para que facilite al máximo la transmisión de la radiación solar. Debe tener alta transmisividad y bajo contenido de hierro para facilitar la entrada de la luz con la mínima

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

reflexión, de tal forma, proteger las células fotovoltaicas frente a impactos que puedan darse (Planas, 2020).

2.5.3. Encapsulante

El llamado Etilen Vinilo Acetato, Acetato de etilen vinilo o silicona, que se acopla al ensamblaje del módulo para amortiguar las vibraciones e impactos que puedan producirse. Debe permitir la transmisión de la luz de tal forma debe tener un índice de refracción similar al del vidrio protector (EcoInventos Green technology, 2023).

2.5.3.1. Índice de refracción para paneles fotovoltaicos

El índice de refracción del silicio (n=3,6) y el vidrio (n=1,5)

2.6. CONEXIÓN ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Los módulos vienen provistos ya de los cables de conexión como se muestra en la figura 2.16, llamados también conector MC4 (EcoInventos Green technology, 2023).



Figura 2.16 Conector solar MC4.
Fuente: (Viasolar, 2017)

2.7. DIODO DE BLOQUEO Y BY-PASS

Son componentes electrónicos que sólo permiten el flujo de la electricidad en un solo sentido, tipo interruptor que abre o cierra la circuitería. Lo cual permite cortocircuitar la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

célula o módulo en serie para que el conjunto no se vea afectado (EcoInventos Green technology, 2023).

2.8. CÉLULAS

Las células de silicio son las más utilizadas y más comunes, por cierto. Según su estructura se clasifican de la siguiente forma

2.8.1. Silicio monocristalino

Aquellos constituidos por un solo cristal como se observa en la figura 2.17, quiere decir, a partir de un único lingote de silicio que luego se corta en finas láminas o también llamadas obleas, por lo tanto, la pureza es óptima y mejora su eficiencia (Azor Partners SL., 2023).



Figura 2.17 Panel fotovoltaico monocristalino.
Fuente: (Ecoticias, 2019)

2.8.2. Silicio policristalino

Aquellos constituidos por varios cristales, generalmente estos paneles tienen un color no uniforme, tal como se aprecia en la figura 2.18, se produce al fundirse muchos cristales de silicio dentro de un crisol y luego cortarlas en finas láminas (Azor Partners SL., 2023).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 2.18 Panel fotovoltaico policristalino.
Fuente: (Ecoticias, 2019)

2.9. CONEXIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

2.9.1. Conexión en serie

Se realiza en paneles cuyas potencias están entre 200 y 260W, de 60 células e instalaciones de 24 o 48V; se conectan entre sí tal como se aprecia en la figura 2.19, la intensidad se mantiene y los voltajes se suman (Solar, 2023).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

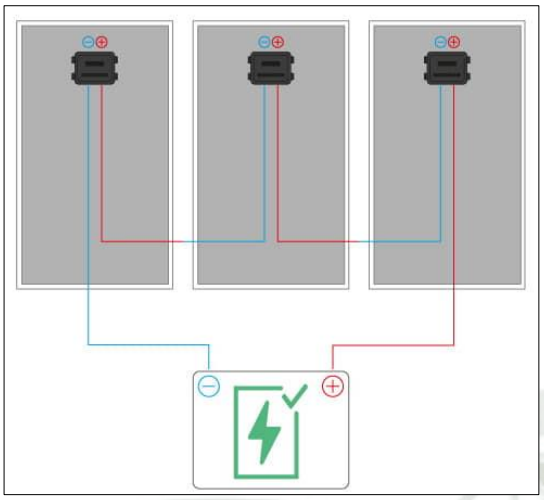


Figura 2.19 Conexión de módulos en serie.
Fuente: (AutoSolar, 2022)

2.9.2. Conexión en paralelo

Se realiza conectando todos los polos positivos y todos los negativos como en la figura 2.20. Así se mantiene el voltaje mientras que las intensidades se suman (Solar, 2023).

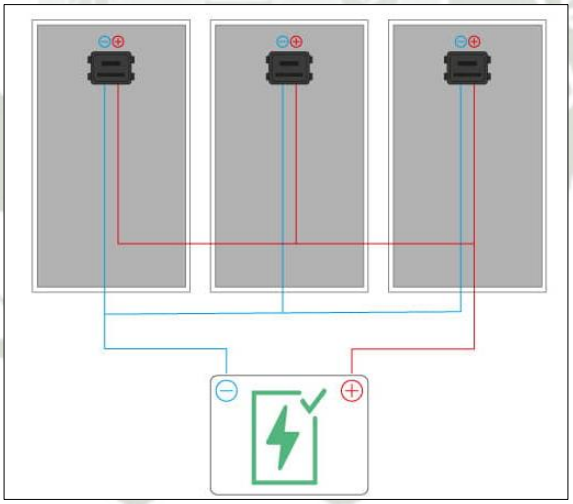


Figura 2.20 Conexión de módulos en paralelo.
Fuente: (AutoSolar, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.9.3. Conexión en serie y paralelo

Se utiliza en instalaciones donde se conecten 5 o más placas solares y potencia superior a 200W como en la figura 2.21, esto permite obtener un voltaje no tan alto y multiplicar el amperaje de la instalación (Solar, 2023).

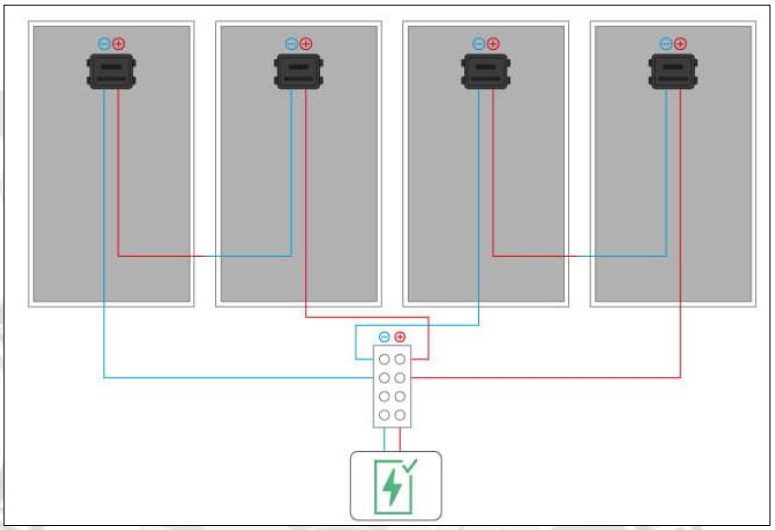


Figura 2.21 Conexión de módulos mixto.
Fuente: (AutoSolar, 2022)

2.10. INVERSOR

El inversor, como el que se muestra en la figura 2.22, es el elemento central de un kit solar, ya que convierte la energía de corriente continua a corriente alterna, la fuente de energía puede ser desde fotovoltaica, baterías o la combinación de ambas, (AutoSolar, 2022).



Figura 2.22 Inversores fotovoltaicos.
Fuente: (AutoSolar, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.10.1. Parámetros fundamentales de un inversor fotovoltaico

Tabla 2.12 Parámetros fundamentales del inversor

Parámetros	Descripción
Tensión nominal	Aquella que se utiliza en los terminales de entrada
Potencia nominal	Potencia total capaz de suministrar el inversor de manera continua
Capacidad de sobrecarga	Capacidad del inversor para ofrecer una potencia mayor a la nominal
Forma de onda	La señal alterna que se encuentra en los terminales de salida, se caracteriza por su forma de onda.
Eficiencia	Valor que denota la relación entre las potencias presentes a la salida y entrada del inversor. La eficiencia de los inversores es carga plena, entre 90 y 94%.

Fuente: (AutoSolar, 2022)

2.11. TIPOS DE CONEXIÓN

2.11.1. Inversores Aislados

Para viviendas sin suministro eléctrico como en la figura 2.23, donde la energía suministrada por el kit solar o grupo electrógeno, (AutoSolar, 2022).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

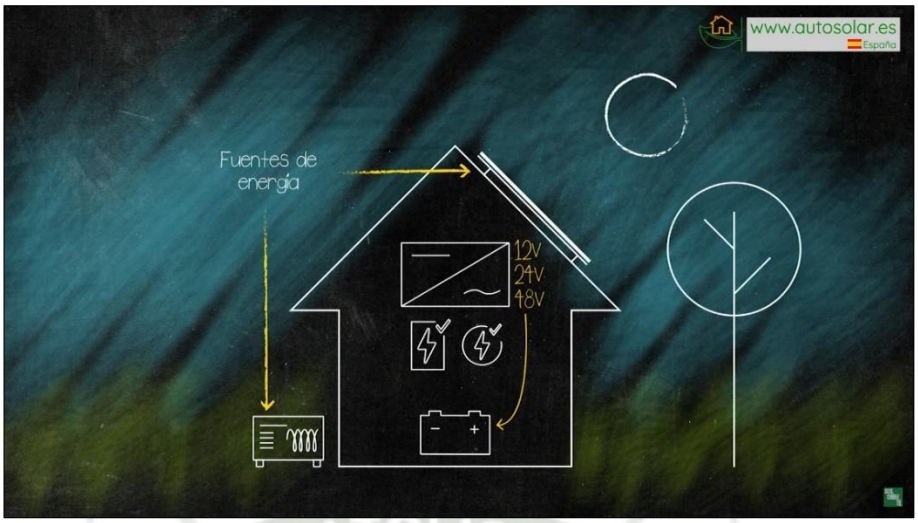


Figura 2.23 Conexión de tipo aislado.
Fuente: (AutoSolar, 2022)

2.11.2. Inversores de red

Para viviendas conectadas a la red eléctrica tal como la figura 2.24 y deseen instalar un sistema fotovoltaico, la energía para consumos son la primera prioridad y lo que no se puede abastecer se alimenta desde la red, (AutoSolar, 2022).

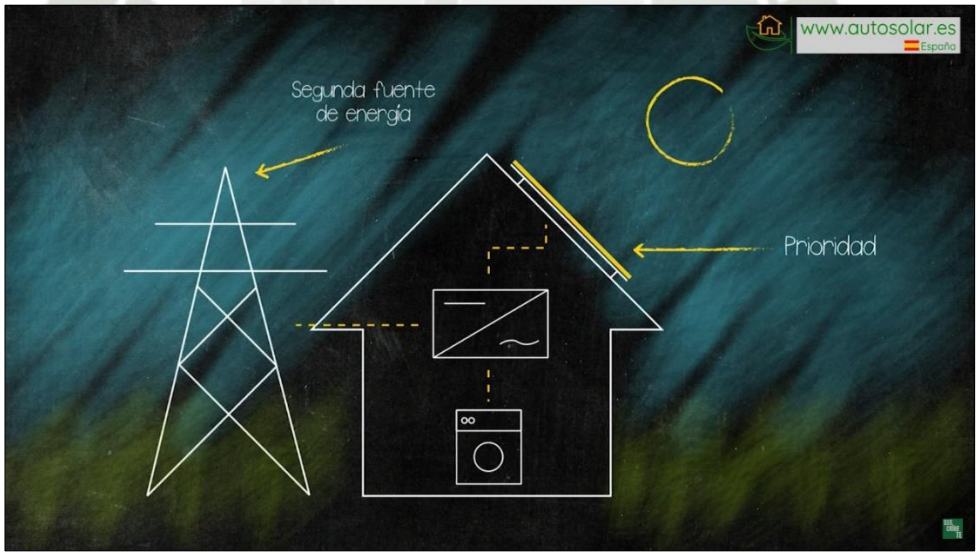


Figura 2.24 Inversores de red.
Fuente: (AutoSolar, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.12. VARIADOR PARA APLICACIONES DE BOMBEO SOLAR

Dispositivo que convierte el voltaje DC de los paneles fotovoltaicos en voltaje AC para accionar cualquier bomba con motor asíncrono trifásico, la velocidad de la bomba se adapta en todo momento a la radiación solar, se observan en la figura 2.25, maximizando la cantidad de agua que se bombea y funcionando también en condiciones de baja radiación, (Nastec, 2022).



Figura 2.25 Variador para bombeo solar.

Fuente: (Nastec, 2022)

2.13. MANTENIMIENTO

El mantenimiento de los paneles es esencial para mejorar su producción de energía, por otro lado, para que su vida útil sea mayor, el mantenimiento adecuado de un módulo no expondrá algunas celdas fotovoltaicas a trabajar de más y así evitar un deterioro más rápido con el paso del tiempo, (SolarPark, 2017).

Es por ello que los paneles se deben de limpiar de manera periódica y así sacar el máximo rendimiento a las células fotovoltaicas y así evitar que algunas partes del panel trabajen de más.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.13.1. Tipo de mantenimiento

El proceso de limpieza es sencillo, tal como se aprecia en la figura 2.26, un módulo fotovoltaico cubierto de polvo antes de realizar su mantenimiento respectivo para ello seguiremos los siguientes y sencillos pasos:

- Lavar los módulos con agua, podemos emplear un poco de jabón.
- Eliminar los residuos que, dependiendo a la zona, en el caso de Yarabamba, el smog, hojas, polvo, suciedad de aves. Para lo cual solo necesitamos de una esponja o un trapo, ya que, al usar solo agua, no se elimina por completo la suciedad.
- Un dato importante, es no usar productos corrosivos, como lejía ya que puede dañar el módulo.



Figura 2.26 Modulo fotovoltaico cubierto de polvo.
Fuente: Elaboración propia

La capa de polvo como se observa en la figura 2.27, es un gran problema para los paneles fotovoltaicos y la polución dependerá de la zona en la cual nos encontremos, mientras se haga un mantenimiento correcto, el sistema seguirá funcionando de manera eficiente, un panel después de su mantenimiento debería quedar tal y como se observa en la figura 2.28.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

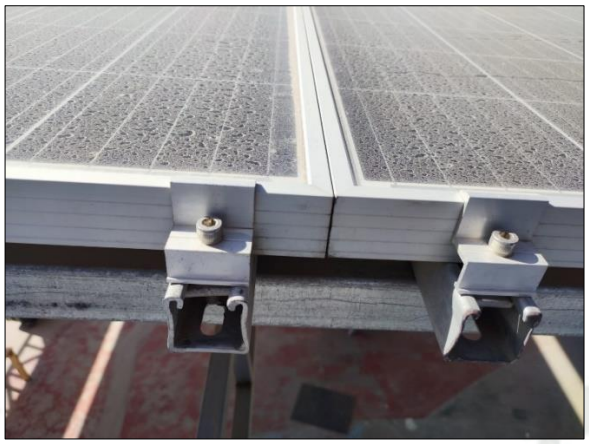


Figura 2.27 Capa de polvo a las celdas.
Fuente: Elaboración propia



Figura 2.28 Módulos fotovoltaicos con las celdas limpias después del mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia

2.13.2. Costo del mantenimiento

El mantenimiento de los paneles es muy económico, ya que sólo necesitaremos invertir en productos de limpieza cono jabón y uso de agua.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.13.3. Tiempo de mantenimiento

Dependiendo de la zona en la cual estemos y cuanta contaminación presente el lugar, pero se puede recomendar en Yarabamba, mínimo 1 vez al mes realizar su pequeña limpieza a los módulos.

2.13.4. Rayaduras en los paneles

Los paneles deben ser manipulados con cuidado, ya que puede presentar rayaduras tal como se muestra en la figura 2.29 que son muy notorias y puede malograr las celdas y eso afecta el rendimiento de tal. Cuando apoyamos los paneles, no deben entrar en contacto con su capa de aluminio, ya que estos provocan dichas rayaduras, también se observa en la figura 2.30.



Figura 2.29 Rayadura en la celda de un panel fotovoltaico.
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 2.30 Rayadura en la celda de un panel fotovoltaico.
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. INTRODUCCION

Se realizará la reingeniería del sistema de bombeo de agua por energía fotovoltaica al estadio municipal distrital de Yarabamba, dado que dicho estadio tiene ya un sistema de riego y llenado de tanque mediante el uso de bombas en un cuarto de máquinas, que extraen agua de dos pozos que se encuentra cerca, pero dicho estadio no cuenta con energía eléctrica, para lo cual se traen otros dispositivos para realizar dicha función lo cual trae consigo gastos extras y deja fuera de operación las bombas con las que ya se cuentan. Para solucionar dicha problemática se propone y seguir una serie de pasos para el desarrollo de dicho proyecto, las cuales se mencionan a continuación

Se realizó un metrado adecuado del estadio para así obtener una vista isométrica que se realizó en el software Autodesk Inventor para así tener una mejor visión y manejo del espacio en el cual se realzará a cabo el proyecto, realizar un estudio de sombras en un software de seguimiento solar 3D Sun path y saber con exactitud el mejor lugar donde se colocarán los paneles fotovoltaicos donde se aprovechará su mayor eficiencia y punto de operación, conocer también el entorno en el cual se trabaja, sacando datos como la velocidad del viento y el índice de caída de rayos en Yarabamba, para un cálculo de un sistema de protección contra descargas eléctricas, el sistema de bombeo ya está diseñado, quiere decir que ya consta con tuberías, válvulas, accesorios y demás accesorios; sólo se requiere el cambio de una bomba centrifuga por otra que cumpla su punto de operación adecuadamente, seguido de ello se calculan la cantidad y selección de paneles que necesitaremos para el funcionamiento correcto del sistema teniendo en cuenta el ángulo de inclinación de los

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

paneles, selección el variador de frecuencia, conexión eléctrica del sistema, proponer una idea de estructura para el soporte de los paneles fotovoltaicos con su simulación adecuada para finalmente hacer un estudio de sombra final de la estructura junto con los paneles puestos en el isométrico del estadio antes realizado y tener una perspectiva final de como quedaría el proyecto una vez construido, finalmente con ello lograr reducir el impacto ambiental de emisión de CO2 y promover el uso de energías renovables.

3.2. VISTA ISOMÉTRICA DEL ESTADIO MUNICIPAL DE YARABAMBA

Luego de metrar el estadio de Yarabamba, se realizó una vista isométrica el cual se diseñó en el software Autodesk Inventor, tales vistas se presentan a continuación en la figura 3.1, 3.2 y 3.3.

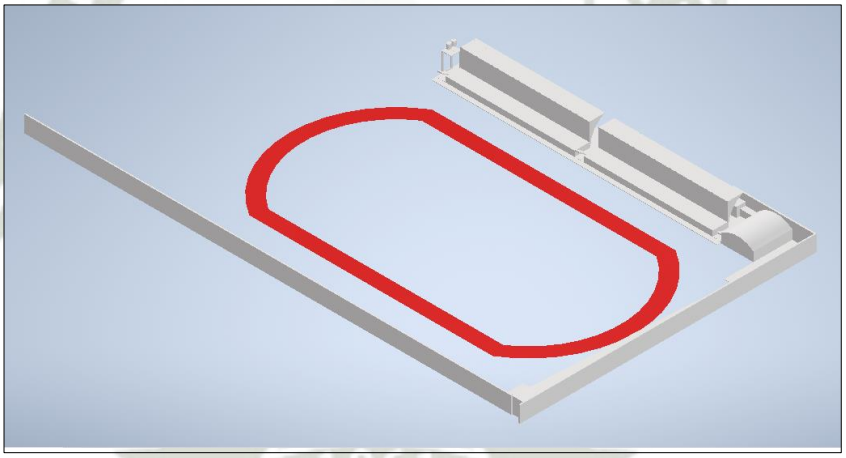


Figura 3.1 Vista isométrica del estadio municipal de Yarabamba.
Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

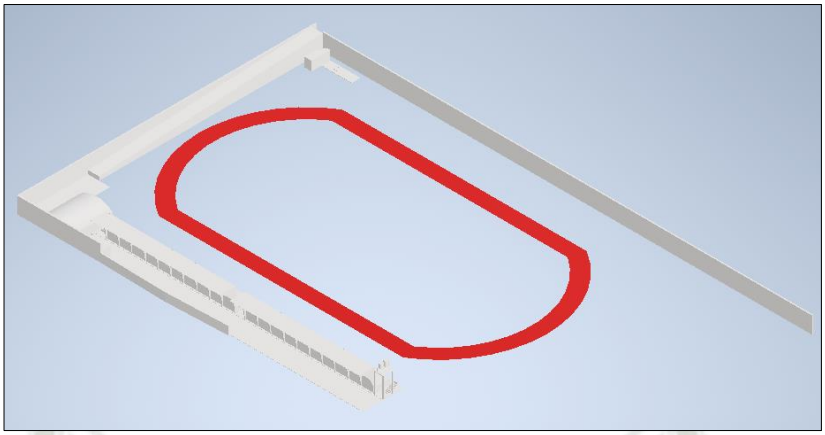


Figura 3.2 Vista isométrica del estadio municipal de Yarabamba.

Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor

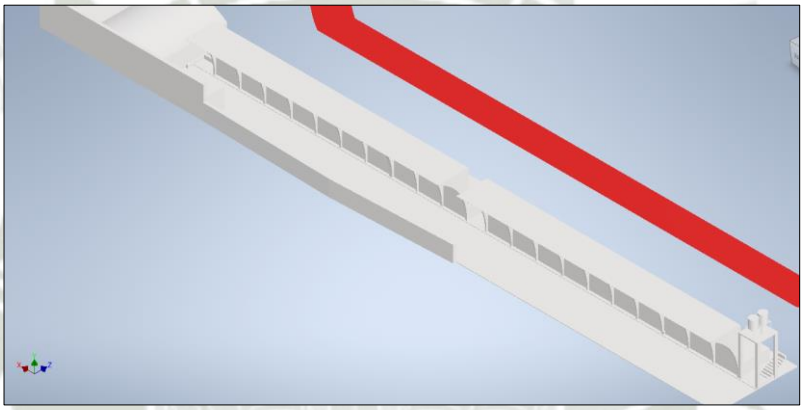


Figura 3.3 Vista isométrica del estadio municipal de Yarabamba.

Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor

3.3. VELOCIDAD DEL VIENTO EN YARABAMBA – AREQUIPA

La velocidad del viento será un valor importante en nuestros cálculos, ya que nuestra estructura deberá soportar como mínimo la velocidad que se presenta en las peores condiciones en el distrito de Yarabamba, tales datos se obtuvieron del mapa eólico mostrados a continuación en la figura 3.4 y 3.5.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

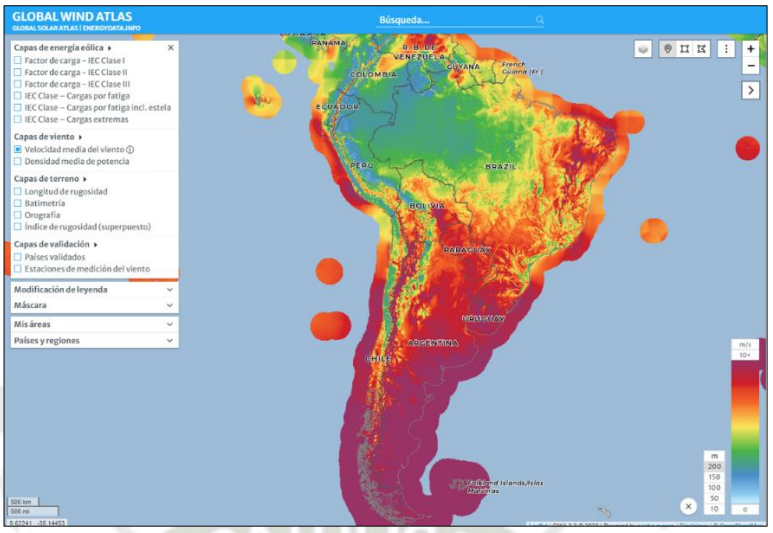


Figura 3.4 Mapa eólico de Sudamérica
Fuente: https://globalwindatlas.info/es

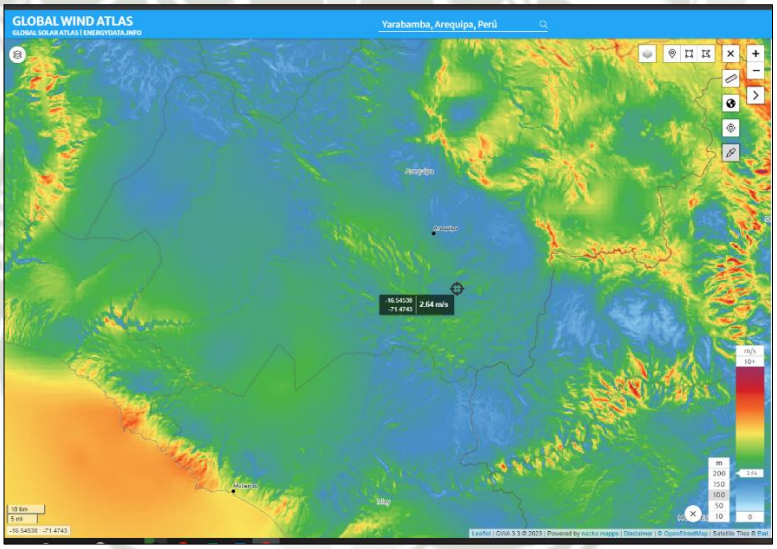


Figura 3.5 Mapa eólico en Yarabamba – Arequipa
Fuente: https://globalwindatlas.info/es

3.4. ÍNDICE DE CAÍDA DE RAYOS EN YARABAMBA – AREQUIPA

El mapa ceráunico del Perú, mostrado en la figura 3.6, que nos expresa el número total de rayos por km2/año, nos ayudará para un futuro cálculo de sistema de protección frente a descargas eléctricas, ya que influye tanto el espacio donde nos encontramos y la cantidad de paneles al ser una cantidad significativa, puede atraer rayos en la localidad de Yarabamba, el cual se muestra en la figura 3. 7.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

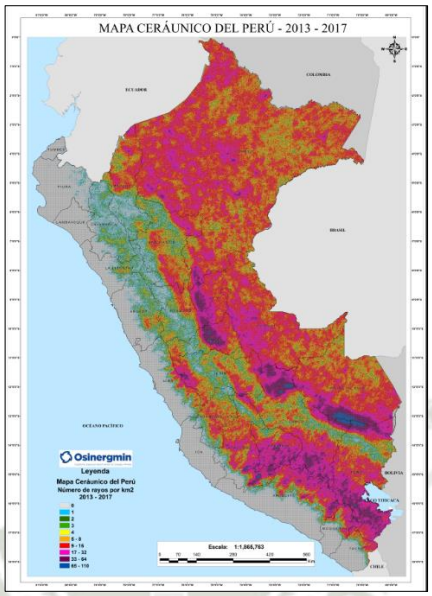


Figura 3.6 Mapa ceráunico del Perú
Fuente: https://gisem.osinergmin.gob.pe/Descargas_Atmosfericas/



Figura 3.7 Mapa ceráunico en el distrito de Yarabamba – Arequipa
Fuente: https://gisem.osinergmin.gob.pe/Descargas_Atmosfericas/

3.5. ÁNGULO DE INCLINACIÓN

Como ya bien sabemos, el ángulo de inclinación es uno de los factores que influyen en la instalación de los paneles fotovoltaicos, dependiendo del lugar, la inclinación está condicionada por la latitud de la zona geográfica y siguiendo la dirección del sol, teniendo en cuenta que a lo largo del año la trayectoria cambia, es por ello que, para nuestros cálculos, usaremos un ángulo de inclinación de 16º y la dirección del sol de este a oeste.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estos datos también se pueden obtener más específicamente de páginas que estén certificados por la Nasa, en este caso, usaremos los datos de la página Nastec, tal como se muestra en la figura 3.8.



Figura 3.8 Angulo de inclinación obtenido en Nastec
Fuente: (Nastec, 2022)

3.6. ESTUDIO DE SOMBRAS DEL ESPACIO MUESTRAL

Para nuestro estudio de sombras, se realizó un metrado del estadio, tener la mejor disposición de donde pueden ir ubicado los paneles fotovoltaicos y su estructura y para así realizar una vista isométrica del lugar realizado en el software Autodesk Inventor.

Una vez se tuvo el isométrico del estadio, se procedió a exportarlo al software 3D Sun-Path donde se realizó un estudio de sombras tomando en cuenta 3 meses del año, en 3 horarios diferentes y estos fueron los resultados.

En la figura 3.9, se realizó la simulación del estudio de sombra diario del 25 de mayo del 2023 aproximadamente al medio día.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

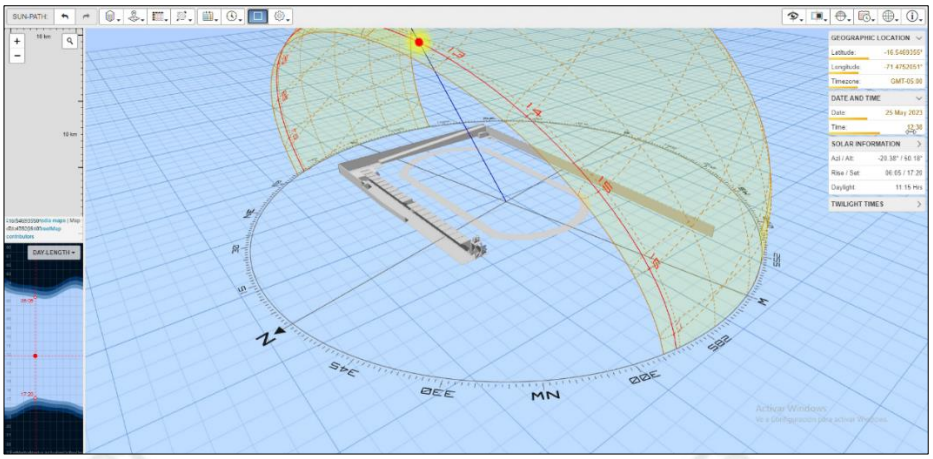


Figura 3.9 Simulación del estudio de sombra.
Fuente: Elaboración propia en 3D Sun Path

En la figura 3.10, se realizó la simulación del estudio de sombra diario del 10 de septiembre del 2023 aproximadamente a las 8 de la mañana.

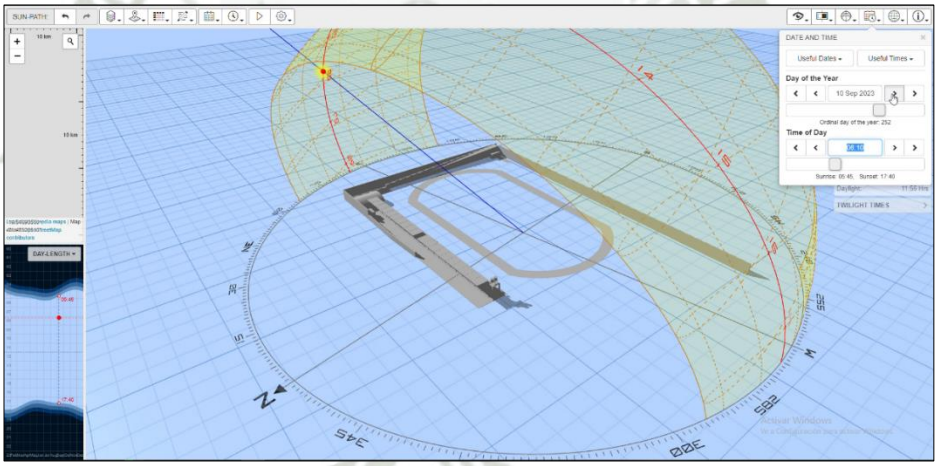


Figura 3.10 Simulación del estudio de sombra.
Fuente: Elaboración propia en 3D Sun Path

En la figura 3.11, se realizó la simulación del estudio de sombra diario del 22 de mayo del 2023 aproximadamente al medio día.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

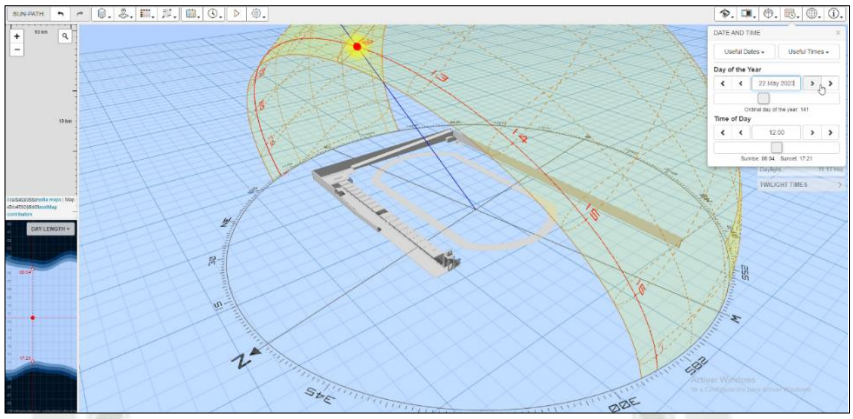


Figura 3.11 Simulación del estudio de sombra.
Fuente: Elaboración propia en 3D Sun Path

3.7. CÁLCULO DE PÉRDIDAS PARA LA SELECCIÓN DE BOMBAS

3.7.1. Cálculo de pérdidas para el sistema de bombeo de llenado de tanque

Calculo de longitud equivalente y pérdida de carga con Ec. de Hazen Williams

$$\Delta h = 10.675 \left(\frac{Q}{c}\right)^{1.85} * \frac{L}{\emptyset^{4.87}}$$

Δh: Pérdidas de carga (m)

Q: Caudal $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

C: Coeficiente de rugosidad

L: Longitud total equivalente de tubería (m)

Ø: Diametro de tubería (m)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3.1 Coeficientes de pérdidas en los accesorios

	Diámetro nominal, in								
	Roscado				Acoplado				
	½	1	2	4	1	2	4	8	20
Válvulas (abiertas):									
Globo	14	8,2	6,9	5,7	13	8,5	6,0	5,8	5,5
Compuerta	0,30	0,24	0,16	0,11	0,80	0,35	0,16	0,07	0,03
De retención	5,1	2,9	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
De ángulo	9,0	4,7	2,0	1,0	4,5	2,4	2,0	2,0	2,0
Codos:									
45° normal	0,39	0,32	0,30	0,29					
45° suave					0,21	0,20	0,19	0,16	0,14
90° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,50	0,39	0,30	0,26	0,21
90° suave	1,0	0,72	0,41	0,23	0,40	0,30	0,19	0,15	0,10
180° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,41	0,35	0,30	0,25	0,20
180° suave					0,40	0,30	0,21	0,15	0,10
«Tes»:									
Flujo directo	0,90	0,90	0,90	0,90	0,24	0,19	0,14	0,10	0,07
Flujo lateral	2,4	1,8	1,4	1,1	1,0	0,80	0,64	0,58	0,41

Fuente: (White, 2004)

Se cuenta con 3 codos de 90º los cuales presentan una longitud equivalente de 1.7m

$$3 * 1.7 = 5.1\text{m}$$

Se cuenta con 3 codos de 45º los cuales presentan una longitud equivalente de 0.8m

$$3 * 0.8 = 5.4\text{m}$$

Se cuenta con una salida el cual presenta una longitud equivalente de 1.5m

$$1 * 1.5 = 1.5\text{m}$$

$$220 + 5.1 + 2.4 + 1.5 = 229\text{m}$$

Reemplazando en la fórmula

Q: $0.003 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$

C: 150

L: 229 (m)

Ø: 0.05 (m)

$$\Delta h = 10.675 \left(\frac{0.003}{150}\right)^{1.85} * \frac{229}{0.05^{4.87}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\Delta h = 10.743 \text{ m}$$

$$\text{Altura al tanque} = 9 \text{ m}$$

$$\text{Perfil de elevación del estadio} = 7\text{m}$$

$$\text{Altura total} = 10.743 + 9 + 7 = 27\text{m}$$

3.7.1.1. Selección de la bomba

Trabajando con el catálogo de bombas de la marca Pedrollo, se llegó a la siguiente selección de bomba, en su curva de la bomba tal como se muestra en la figura 3.13, una Electrobomba centrífuga HF 70B de medios caudales, modelo con potencia en la figura 3.14.

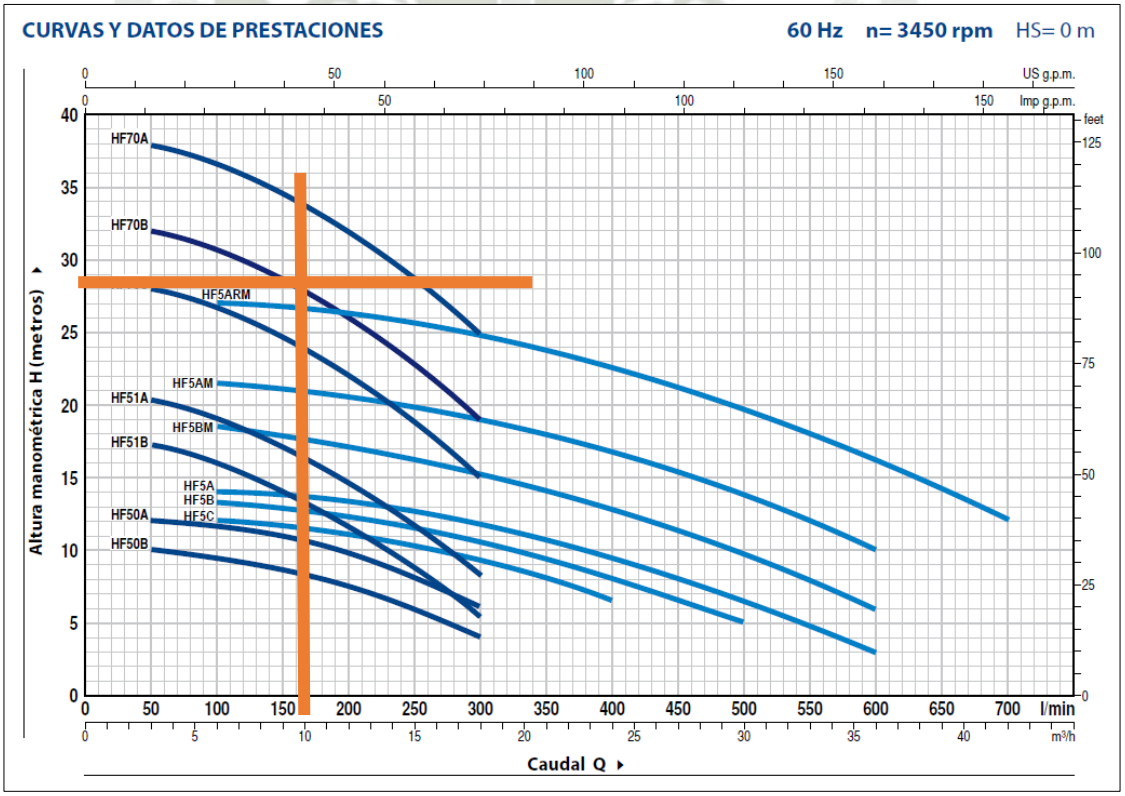


Figura 3.12 Selección de la bomba usando catálogo Pedrollo
Fuente: (Pedrollo, 2018)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MODELO		POTENCIA (P2)			Q m³/h	0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲	l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700
HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50	IE2		10	10	9.5	8.5	7.5	6	4					
HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75			12	12	11.5	11	9.6	8	6					
HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85	IE2		18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4					
HFm 51A	HF 51A	0.75	1			21.2	20.2	19	17	14.5	11.6	8.4					
HFm 70C	[illegible]	1.1	1.5	IE2		29	28	26.5	24.5	22	18.5	15					
HFm 70B	HF 70B	1.5	2			33	32	30.5	28.5	26	22.5	19					
HFm 70A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	IE3	H metros	39	38	36.5	34.5	32	28.5	25					
HFm 5C	HF 5C	0.55	0.75			12.5	–	12	11.7	11	10.2	9.2	8	6.5			
HFm 5B	HF 5B	0.75	1	IE2		13.7	–	13.2	13	12.5	11.6	10.5	9.2	8	5		
HFm 5A	HF 5A	1.1	1.5			14.5	–	13.8	13.5	13.2	12.6	11.8	10.5	9.2	6.5	3	
HFm 5BM	HF 5BM	1.1	1.5	IE2		19	–	18.5	18	17	16	15.2	14	12.8	9.7	6	
HFm 5AM	HF 5AM	1.5	2			22	–	21.5	21	20.5	19.8	19	18	16.8	13.8	10	
HFm 5ARM	HF 5ARM	2.2	3	IE3		27	–	27	26.8	26.4	25.6	24.8	23.8	22.5	19.8	16.2	12

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30)

Figura 3.13 Selección de la bomba usando catálogo Pedrollo

Fuente: (Pedrollo, 2018)

3.8. CANTIDAD DE PANELES FOTOVOLTAICOS

3.8.1. Cantidad de paneles fotovoltaicos para el sistema de bombeo del llenado de tanque

Tabla 3.2 Datos de ubicación y caudal que se va suministrar

Elevación (m.s.n.m.)	2567
Altura (m)	20
Caudal (m3/hr)	10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3 Horas pico de sol y volumen de agua que se bombea anualmente

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Hora pico de sol (hr)	5.73	5.43	5.55	6.04	6.45	6.33	6.45	6.54	6.78	6.71	7.11	6.76
Volumen Bombeado de agua al dia (m3/hr)	57.3	57.3	55.5	60.4	64.5	63.3	64.5	65.4	67.8	67.1	71.1	67.6

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3.4 Datos de hora sol promedio, temperaturas y volumen de bombeo al día

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MIN	MAX
Hora sol promedio (hr/dia)	5.73	5.43	5.55	6.04	6.45	6.33	6.45	6.54	6.78	6.71	7.11	6.76	5.43	7.11
Temp máxima (ºC)	14.19	14.31	14.7	14.33	14.02	13.22	12.96	14.12	14.93	15.99	16.02	15.23	12.96	16.02
Temperatura mínima (ºC)	7.05	6.87	6.67	5.85	2.92	1.23	0.57	1.83	3.34	4.95	5.85	6.83	0.57	7.05
Volumen Bombeado de agua al dia (m3/hr)	57.3	57.3	55.5	60.4	64.5	63.3	64.5	65.4	67.8	67.1	71.1	67.6	54.3	71.1

Fuente: Elaboración propia

Datos iniciales de la bomba

Potencia del motor = 2 hp = 1491.4 W = 1.5 kW

Amperaje del motor = 4.3 Amp

Multiplicar el amperaje por el factor de seguridad que tiene como valor 1.3 (Nastec)

Amperaje del motor = $4.3 * 1.3 = 5.59$ Amp

La eficiencia del motor sacar de la tabla de eficiencias o placa de motor

η = Eficiencia del motor = 0.855

Voltaje del motor = 380 V

Fases del motor = 3

Tmin menor a 25 ºC = 6 ºC

Tmin maxima a 25 ºC = 17 ºC

Tadd = Temperatura de instalación = 25 ºC por ubicarse a nivel del suelo

factor de pérdida por altura (factor de derrateo de altura) = 0.84

Tener en cuenta

Pérdidas en eficiencia (Nastec) = 0.95

Disminución de producción luego de 25 años de paneles (Nastec) = 0.807

Voltaje de entrada mínimo = 560 V

Voltaje de entrada máximo = 850 V

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\frac{\text{Potencia del motor}}{\eta} = \frac{1.5\ \text{kW}}{0.855} = 1.75\ \text{kW} = 2\ \text{hp}$$

Usar el 15% más del dato obtenido de la potencia del motor (Nastec)

$$1.15 * 1.75\ \text{kW}$$

$$\text{Wp} = \text{Máxima Potencia} = 2\ \text{kW}$$

Tabla 3.5 Datos de ficha técnica del módulo fotovoltaico

STC Power	470	W
Open Circuit Voltage(Voc)	52.1	V
Short Circuit Current(Isc)	11.68	Amp
Maximum power voltage(Vmp)	43.32	V
Maximum power current(Imp)	10.85	Amp
COEFICIENTES DE TEMPERATURA		
TkVoc	-0.3	%/ºC
TkPmp	-0.4	%/ºC
TkVmp	-	%/ºC

Fuente: Jinko Solar

Donde:

Voc: Voltaje en circuito abierto (V)

Isc: Corriente de cortocircuito (Amp)

Vmp: Tensión máxima de alimentación (V)

Imp: Corriente de potencia máxima (Amp)

TkVoc: Coeficiente de temperatura del voltaje en circuito abierto (%/ºC)

TkPmp: Coeficiente de temperatura de máxima potencia (%/ºC)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TkVmp: Coeficiente de temperatura de tensión máxima de alimentación (%/ºC)

Module Voc max (Voc – Tmin): Voltaje en circuito abierto máximo del módulo a la temperatura mínima (V)

Module Vmp min (Vmp – Tmax): Tensión máxima de alimentación del módulo a la máxima temperatura (V)

Module Pmp min (Pmp – Tmax): Mínima potencia del módulo a la temperatura máxima (W)

Cantidad de paneles

La tensión nominal de cada hilera fotovoltaica (Vmp) debe ser al menos igual a la tension nominal del motor multiplicado por 1.4 (Nastec)

$$380 * 1.4 = 532\ \text{V}$$

$$\#\text{paneles} * \text{Vmp} \geq 532\ \text{V}$$

$$\#\text{paneles} = \frac{532\ \text{V}}{43.32\ \text{V}}$$

$$\#\text{paneles} = 12\ \text{paneles}$$

$$\#\text{paneles} * \text{Voc} \leq 532\ \text{V}$$

$$\#\text{paneles} = \frac{532\ \text{V}}{52.1\ \text{V}}$$

$$\#\text{paneles} = 10\ \text{paneles}$$

Usando los coeficientes de termperatura para un calculo mas exacto y real

$$\text{Module Voc max (Voc} - \text{Tmin)} = \text{Voc} * (1 + (\text{Tmin} - \text{Tstc}) * \left(\frac{\text{Tkvoc}}{100}\right))$$

$$\text{Module Voc max (Voc} - \text{Tmin)} = 52.1 * (1 + (6 - 25) * \left(\frac{-0.3}{100}\right))$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\text{Module Voc max (Voc} - \text{Tmin)} = 55.07\ \text{V}$$

$$\text{Module Vmp min (Vmp} - \text{Tmax)} = \text{Vmp} * (1 + (\text{Tadd} + \text{Tmax} - \text{Tmin}) * \left(\frac{\text{Tkpmp}}{100}\right))$$

$$\text{Module Vmp min (Vmp} - \text{Tmax)} = 43.32 * (1 + (25 + 17 - 6) * \left(\frac{-0.4}{100}\right))$$

$$\text{Module Vmp min (Vmp} - \text{Tmax)} = 37.08\ \text{V}$$

$$\text{Module Pmp min (Pmp} - \text{Tmax))}$$

$$= (\text{Vmp} * \text{Imp}) * (1 + (\text{Tadd} + \text{Tmax} - \text{Tmin}) * \left(\frac{\text{Tkpmp}}{100}\right))$$

$$\text{Module Pmp min (Pmp} - \text{Tmax)} = (43.32 * 10.85) * (1 + (25 + 17 - 6) * \left(\frac{-0.4}{100}\right))$$

$$\text{Module Pmp min (Pmp} - \text{Tmax)} = 438.06\ \text{W}$$

Tabla 3.6 Nuevos datos de voltaje, corriente y potencia de los paneles fotovoltaicos usando los coeficientes de perdida de ficha técnica

Module Voc max (Voc-Tmin)	Max PV Module Voltage (Max Open-Circuit Voltage (Voc-Tmin))	55.07	V
Module Vmp min (Vmp-Tmax)	Min PV Module Voltage (Min Power max Voltage (Vmp-Tmax))	37.08	V
Module Pmp min (Pmp-Tmax)	Min Wattage 1 - PV Module (Pmp-Tmax)	438.06	W

Fuente: Elaboración propia

$$\#paneles\ en\ serie = \frac{560\ V}{37.08\ V}$$

$$\#paneles\ en\ serie = 15\ paneles$$

$$\#paneles\ en\ serie = \frac{850\ V}{55.07\ V}$$

$$\#paneles\ en\ serie = 16\ paneles$$

$$\#strings = \frac{15}{16}$$

$$\#strings = 0.938 = 1$$

$$\#paneles\ en\ serie = \frac{2.27\ Kwp}{438.06\ Wp}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\#paneles\ en\ serie = 5.19 = 6$$

$$\#strings = \frac{6}{16}$$

$$\#strings = 0.375 = 1$$

Entonces, al ser 1 string (línea de paneles), 16 paneles en total.

3.8.2. Cantidad de paneles fotovoltaicos para el sistema de bombeo de riego por aspersión

Tabla 3.7 Datos de ubicación y caudal que se va suministrar

Elevación (m.s.n.m.)	2567
Altura (m)	10
Caudal (m3/hr)	7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Horas pico de sol y volumen de agua que se bombea anualmente

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Hora pico de sol (hr)	6.1	5.7	5.8	6.17	6.39	6.31	6.34	6.53	6.87	6.9	7.22	6.45
Volumen Bombeado de agua al dia (m3/hr)	42.7	39.9	40.6	43.19	44.73	44.17	44.38	45.71	48.09	48.3	50.54	49.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Datos de hora sol promedio, temperaturas y volumen de bombeo al día

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MIN	MAX
Hora sol promedio (hr/dia)	6.1	5.7	5.8	6.17	6.39	6.31	6.34	6.53	6.87	6.9	7.22	6.45	5.7	7.22
Temp máxima (ºC)	14.19	14.31	14.7	14.33	14.02	13.22	12.96	14.12	14.93	15.99	16.02	15.23	12.96	16.02
Temperatura mínima (ºC)	7.05	6.87	6.67	5.85	2.92	1.23	0.57	1.83	3.34	4.95	5.85	6.83	0.57	7.05
Volumen Bombeado de agua al dia (m3/hr)	42.7	39.9	40.6	43.19	44.73	44.17	44.38	45.71	48.09	48.3	50.54	49.35	39.9	50.54

Fuente: Elaboración propia

Datos iniciales de la bomba

Potencia del motor = 10 hp = 7.5 kW

Amperaje del motor = 15.1 Amp

Multiplicar el amperaje por el factor de seguridad que tiene como valor 1.3 (Nastec)

Amperaje del motor = $1.3 * 15.1 = 19.63$ Amp

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La eficiencia del motor sacar de la tabla de eficiencias o de la placa del motor

$$\eta = \text{Eficiencia} = 0.881$$

$$\text{Voltaje del motor} = 380\ \text{V}$$

$$\text{Fases del motor} = 3$$

$$\text{Tmin menor a } 25\ ºC = 6\ ºC$$

$$\text{Tmin maxima a } 25\ ºC = 17\ ºC$$

$$\text{Tadd} = \text{Temperatura de instalación} = 25\ ºC \text{ por ubicarse a nivel del suelo}$$

$$\text{factor de pérdida por altura (Factor de derrateo)} = 0.84$$

Tener en cuenta

$$\text{Pérdidas en eficiencia (Nastec)} = 0.95$$

$$\text{Disminución de producción luego de 25 años (Nastec)} = 0.807$$

$$\text{Voltaje de entrada mínimo} = 560\ \text{V}$$

$$\text{Voltaje de entrada máximo} = 850\ \text{V}$$

$$\frac{\text{Potencia del motor}}{\eta} = \frac{7.5\ \text{kW}}{0.881} = 8.5\ \text{kW} = 11.35\ \text{hp}$$

Usar el 15% más del dato obtenido de la potencia del motor (Nastec)

$$1.15 * 8.5\ \text{kW}$$

$$\text{Wp} = \text{Máxima Potencia} = 9.7\ \text{Kw}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3.10 Datos de ficha técnica del módulo fotovoltaico

STC Power	470	W
Open Circuit Voltage(Voc)	52.1	V
Short Circuit Current(Isc)	11.68	A
Maximum power voltage(Vmp)	43.32	V
Maximum powet current(Imp)	10.85	A
COEFICIENTES DE TEMPERATURA		
TkVoc	-0.3	%/ºC
TkPmp	-0.4	%/ºC
TkVmp	-	%/ºC

Fuente: Jinko Solar

Donde:

Voc: Voltaje en circuito abierto (V)

Isc: Corriente de cortocircuito (Amp)

Vmp: Tensión máxima de alimentación (V)

Imp: Corriente de potencia máxima (Amp)

TkVoc: Coeficiente de temperatura del voltaje en circuito abierto (%/ºC)

TkPmp: Coeficiente de temperatura de máxima potencia (%/ºC)

TkVmp: Coeficiente de temperatura de tensión máxima de alimentación (%/ºC)

Module Voc max (Voc – Tmin): Voltaje en circuito abierto máximo del módulo a la temperatura mínima (V)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Module Vmp min (Vmp – Tmax): Tensión máxima de alimentación del módulo a la máxima temperatura (V)

Module Pmp min (Pmp – Tmax): Mínima potencia del módulo a la temperatura máxima (W)

Cantidad de paneles

La tensión nominal de cada hilera fotovoltaica (Vmp) debe ser al menos igual a la tension nominal del motor multiplicado por 1.4 (Nastec)

$$380 * 1.4 = 532\ \text{V}$$

$$\#\text{paneles} * \text{Vmp} \geq 532\ \text{V}$$

$$\#\text{paneles} = \frac{532\ \text{V}}{43.32\ \text{V}}$$

$$\#\text{paneles} = 12\ \text{paneles}$$

$$\#\text{paneles} * \text{Voc} \leq 532\ \text{V}$$

$$\#\text{paneles} = \frac{532\ \text{V}}{52.1\ \text{V}}$$

$$\#\text{paneles} = 10\ \text{paneles}$$

Usando los coeficientes de termperatura para un calculo mas exacto y real

$$\text{Module Voc max (Voc} - \text{Tmin)} = \text{Voc} * (1 + (\text{Tmin} - \text{Tstc}) * \left(\frac{\text{Tkvoc}}{100}\right))$$

$$\text{Module Voc max (Voc} - \text{Tmin)} = 52.1 * (1 + (6 - 25) * \left(\frac{-0.3}{100}\right))$$

$$\text{Module Voc max (Voc} - \text{Tmin)} = 55.07\ \text{V}$$

$$\text{Module Vmp min (Vmp} - \text{Tmax)} = \text{Vmp} * (1 + (\text{Tadd} + \text{Tmax} - \text{Tmin}) * \left(\frac{\text{Tkpmp}}{100}\right))$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\text{Module Vmp min (Vmp} - \text{Tmax)} = 43.32 * (1 + (25 + 17 - 6) * \left(\frac{-0.4}{100}\right))$$

$$\text{Module Vmp min (Vmp} - \text{Tmax)} = 37.08 \text{ V}$$

$$\text{Module Pmp min (Pmp} - \text{Tmax))}$$

$$= (\text{Vmp} * \text{Imp}) * (1 + (\text{Tadd} + \text{Tmax} - \text{Tmin}) * \left(\frac{\text{Tkpmp}}{100}\right))$$

$$\text{Module Pmp min } (-\text{Tmax})) = (43.32 * 10.85) * (1 + (25 + 17 - 6) * \left(\frac{-0.4}{100}\right))$$

$$\text{Module Pmp min (Pmp} - \text{Tmax)) } = 438.06 \text{ Watts}$$

Tabla 3.11 Nuevos datos de voltaje, corriente y potencia de los paneles fotovoltaicos usando los coeficientes de perdida de ficha técnica

Module Voc max (Voc-Tmin)	Max PV Module Voltage (Max Open-Circuit Voltage (Voc-Tmin))	55.07	V
Module Vmp min (Vmp-Tmax)	Min PV Module Voltage (Min Power max Voltage (Vmp-Tmax))	37.08	V
Module Pmp min (Pmp-Tmax)	Min Wattage 1 - PV Module (Pmp-Tmax)	438.06	W

Fuente: Elaboración propia

$$\#paneles\ en\ serie = \frac{560\ V}{438.06V}$$

$$\#paneles\ en\ serie = 15\ paneles$$

$$\#paneles\ en\ serie = \frac{850\ V}{55.07\ V}$$

$$\#paneles\ en\ serie = 16\ paneles$$

$$\#strings = \frac{15}{16}$$

$$\#strings = 0.938 = 1$$

$$\#paneles\ en\ serie = \frac{9.78\ Kw}{438.06\ Wp}$$

$$\#paneles\ en\ serie = 22$$

$$\#strings = \frac{22}{16}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\#strings = 1.375 = 2$$

Entonces, al ser 2 strings (línea de paneles) 32 paneles por bomba, al ser 2 bombas, 64 paneles en total.

3.8.3. Selección del módulo fotovoltaicos

Para nuestro cálculo se eligió la marca Jinko de 470 Wp de potencia en condiciones de trabajo estándar, la ficha técnica del panel seleccionado se muestra en la figura 3.15.

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM450N-7RL3 JKM450N-7RL3-V		JKM455N-7RL3 JKM455N-7RL3-V		JKM460N-7RL3 JKM460N-7RL3-V		JKM465N-7RL3 JKM465N-7RL3-V		JKM470N-7RL3 JKM470N-7RL3-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	450Wp	336Wp	455Wp	339Wp	460Wp	343Wp	465Wp	347Wp	470Wp	350Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.90V	39.29V	43.01V	39.40V	43.12V	39.51V	43.22V	39.67V	43.32V	39.78V
Maximum Power Current (Imp)	10.49A	8.54A	10.58A	8.61A	10.67A	8.68A	10.76A	8.74A	10.85A	8.81A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.50V	48.61V	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.90V	48.99V	52.10V	49.18V
Short-circuit Current (Isc)	11.32A	9.14A	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.36A	11.68A	9.43A
Module Efficiency STC (%)	20.04%		20.26%		20.49%		20.71%		20.93%	
Operating Temperature(℃)	-40℃~+85℃									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.34%/℃									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/℃									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/℃									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2℃									

*STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

Figura 3.14 Ficha técnica del panel fotovoltaico Jinko Solar de 470 Wp
Fuente: Jinko Solar

3.9. SELECCIÓN DEL VARIADOR

3.9.1. Variador para el sistema de bombeo para el llenado del tanque

Para la seleccion del variador teniendo en cuenta la potencia del motor y el voltaje según ficha técnica de Vasco solar para seleccionar el primer variador

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Vasco según potencia del motor = 409

Para la seleccion del variador teniendo en cuenta el amperaje del motor y el voltaje según ficha técnica de Vasco solar para seleccionar el primer variador

Vasco según potencia del motor = 409

Seleccionamos el Vasco mayor

Variador = 409

Especificaciones técnicas

Modelo	Vin VDC	Vin, P1 nom* VDC	Max Vout VAC	Max I out A	Potencia motor P2** VAC	kW	Peso Kg	Talla
VASCO Solar 212	160 - 650	> 320	3 x 230	12	3 x 230	2,2	8,2	2
VASCO Solar 409	320 - 850	> 560	3 x 400	9	3 x 400	3	8,3	2
VASCO Solar 412	320 - 850	> 560	3 x 400	12	3 x 400	4	8,5	2
VASCO Solar 415	320 - 850	> 560	3 x 400	15	3 x 400	5,5	8,5	2
VASCO Solar 418	320 - 850	> 560	3 x 400	18	3 x 400	7,5	8,5	2
VASCO Solar 425	320 - 850	> 560	3 x 400	25	3 x 400	11	8,5	2
VASCO Solar 430	320 - 850	> 560	3 x 400	30	3 x 400	15	8,7	2
VASCO Solar 438	320 - 850	> 560	3 x 400	38	3 x 400	18,5	28	3
VASCO Solar 448	320 - 850	> 560	3 x 400	48	3 x 400	22	28	3
VASCO Solar 465	320 - 850	> 560	3 x 400	65	3 x 400	30	28	3
VASCO Solar 485	320 - 850	> 560	3 x 400	85	3 x 400	37	28	3
VASCO Solar 4100	320 - 850	> 560	3 x 400	100	3 x 400	45	87	4
VASCO Solar 4118	320 - 850	> 560	3 x 400	118	3 x 400	55	87	4
VASCO Solar 4158	320 - 850	> 560	3 x 400	158	3 x 400	75	87	4
VASCO Solar 4198	320 - 850	> 560	3 x 400	198	3 x 400	93	87	4
VASCO Solar 4228	320 - 850	> 560	3 x 400	228	3 x 400	110	87	4
VASCO Solar 4268	320 - 850	> 560	3 x 400	268	3 x 400	132	87	4

*Voltaje de entrada necesaria para obtener el 100% de la potencia nominal del motor.
**Potencia típica del motor. Se recomienda referirse a la corriente nominal del motor para seleccionar el modelo VASCO Solar.

490 mm

Figura 3.15 Ficha técnica del variador para su selección
Fuente: (Nastec, 2022)

3.9.2. Variador para el sistema de bombeo para el riego por aspersión

Para la seleccion del variador teniendo en cuenta la potencia del motor y el voltaje según ficha técnica de Vasco solar para seleccionar el primer variador

Vasco según potencia del motor = 418

Para la seleccion del variador teniendo en cuenta el amperaje del motor y el voltaje según ficha técnica de Vasco solar para seleccionar el primer variador

Vasco según potencia del motor = 425

Seleccionamos el Vasco mayor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Variador = 425

Especificaciones técnicas

Modelo	Vin VDC	Vin, P1 nom* VDC	Max Vout VAC	Max I out A	Potencia motor P2** VAC	kW	Peso Kg	Talla
VASCO Solar 212	160 - 650	> 320	3 x 230	12	3 x 230	2,2	8,2	2
VASCO Solar 409	320 - 850	> 560	3 x 400	9	3 x 400	3	8,3	2
VASCO Solar 412	320 - 850	> 560	3 x 400	12	3 x 400	4	8,5	2
VASCO Solar 415	320 - 850	> 560	3 x 400	15	3 x 400	5,5	8,5	2
VASCO Solar 418	320 - 850	> 560	3 x 400	18	3 x 400	7,5	8,5	2
VASCO Solar 425	320 - 850	> 560	3 x 400	25	3 x 400	11	8,5	2
VASCO Solar 430	320 - 850	> 560	3 x 400	30	3 x 400	15	8,7	2
VASCO Solar 438	320 - 850	> 560	3 x 400	38	3 x 400	18,5	28	3
VASCO Solar 448	320 - 850	> 560	3 x 400	48	3 x 400	22	28	3
VASCO Solar 465	320 - 850	> 560	3 x 400	65	3 x 400	30	28	3
VASCO Solar 485	320 - 850	> 560	3 x 400	85	3 x 400	37	28	3
VASCO Solar 4100	320 - 850	> 560	3 x 400	100	3 x 400	45	87	4
VASCO Solar 4118	320 - 850	> 560	3 x 400	118	3 x 400	55	87	4
VASCO Solar 4158	320 - 850	> 560	3 x 400	158	3 x 400	75	87	4
VASCO Solar 4198	320 - 850	> 560	3 x 400	198	3 x 400	93	87	4
VASCO Solar 4228	320 - 850	> 560	3 x 400	228	3 x 400	110	87	4
VASCO Solar 4268	320 - 850	> 560	3 x 400	268	3 x 400	132	87	4

*Voltaje de entrada necesaria para obtener el 100% de la potencia nominal del motor.
**Potencia típica del motor. Se recomienda referirse a la corriente nominal del motor para seleccionar el modelo VASCO Solar.

490 mm

Figura 3.16 Ficha técnica del variador para su selección
Fuente: Nastec

3.10. SELECCIÓN DE CONDUCTORES

3.10.1. Cálculo de calibre de cables

Circuito 1 del panel al variador

Donde:

Paneles: Cantidad de módulos fotovoltaicos

Pmax = Máxima potencia (W)

V = Voltaje del circuito (V)

L = Longitud de cableado (m)

ΔV = Caída de tensión (V)

Inominal = Corriente nominal (Amp)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Idiseño = Corriente de diseño (Amp)

MD = Máxima demanda (V – Amp)

cosØ = Factor de potencia

Reemplazando:

Paneles = 16

Pmax = 470 W = 470 W ∗ 16 = 7520 W

Voc = 52.1 V = 52.1 V ∗ 16 = 833.6 V

L = 120 m

Caída de tension = 0.03 ∗ 833.6 V = 25.008 V

$$\text{Inominal} = \frac{\text{MD}}{\text{V}} = \frac{7520\ \text{V} - \text{Amp}}{833.6\ \text{V}} = 9.02\ \text{Amp}$$

$$\text{Idiseño} = \text{Inominal} * 1.25 = 9.02\ \text{Amp} * 1.25 = 11.28\ \text{Amp}$$

$$\Delta\text{V} = \frac{2 * \text{Idiseño} * \text{L} * \frac{1}{56}}{\text{Area}}$$

$$\Delta\text{V} = \frac{2 * 11.28\ \text{Amp} * 120\ \text{m} * \frac{1}{56}}{10\ \text{m}^2}$$

$$\Delta\text{V} = 4.83\ \text{V}$$

Con un calibre de 10 mm^2 cumple

Circuito del variador a la bomba

Pmax = 1491.4 W

V = 400 V

L = 5 m

Caída de tension = 0.05 ∗ 400 = 20 V

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$\cos\emptyset = 0.8$

$$\text{Inominal} = \frac{\text{MD}}{\sqrt{3} * \text{V} * \cos\emptyset} = \frac{1491.4\ \text{V} - \text{Amp}}{\sqrt{3} * 400\ \text{V} * 0.8} = 2.69\ \text{Amp}$$

$$\text{Idiseño} = \text{Inominal} * 1.25 = 2.69\ \text{Amp} * 1.25 = 3.36\ \text{Amp}$$

$$\Delta\text{V} = \frac{\sqrt{3} * \frac{1}{56} * \text{Idiseño} * \text{L}}{\text{Area}}$$

$$\Delta\text{V} = \frac{\sqrt{3} * \frac{1}{56} * 3.36\ \text{Amp} * 5\ \text{m}}{4\ \text{m}^2}$$

$$\Delta\text{V} = 0.13\ \text{V}$$

Con un calibre de $4\ \text{mm}^2$ cumple

Circuito 2 del panel al variador

$\text{Paneles} = 32$

$\text{Pmax} = 470\ \text{Wp} = 470 * 32 = 15040\ \text{W}$

$\text{Voc} = 52.1\ \text{V} = 52.1 * 32 = 1667.2\ \text{V}$

$\text{L} = 120\ \text{m}$

$\Delta\text{V} = 0.03 * 1667.2\ \text{V} = 50.016\ \text{V}$

$$\text{Inominal} = \frac{\text{MD}}{\text{V}} = \frac{15040\ \text{V} - \text{Amp}}{1667.2\ \text{V}} = 9.02\ \text{A}$$

$$\text{Idiseño} = \text{Inominal} * 1.25 = 9.02\ \text{Amp} * 1.25 = 11.28\ \text{Amp}$$

$$\Delta\text{V} = \frac{2 * \text{Idiseño} * \text{L} * \frac{1}{56}}{\text{Area}}$$

$$\Delta\text{V} = \frac{2 * 11.28\ \text{Amp} * 120\ \text{m} * \frac{1}{56}}{10\ \text{m}^2}$$

$$\Delta\text{V} = 4.83\ \text{V}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Con un calibre de 10 mm^2 cumple

Circuito del variador a la bomba

$Pmax = 5592.8\ W$

$V = 400\ V$

$L = 5\ m$

$\Delta V = 0.05 * 400 = 20\ V$

$cos\emptyset = 0.8$

$$Inominal = \frac{MD}{\sqrt{3} * V * cos\emptyset} = \frac{5592.8\ V - Amp}{\sqrt{3} * 400\ V * 0.8} = 10.09\ Amp$$

$$Idiseño = Inominal * 1.25 = 10.09\ Amp * 1.25 = 12.61\ Amp$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * \frac{1}{56} * Idiseño * L}{Area}$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * \frac{1}{56} * 12.61\ Amp * 5\ m}{4\ m^2}$$

$$\Delta V = 0.49\ V$$

Con un calibre de 4 mm^2 cumple

3.11. SIMULACIÓN

En las siguientes figuras se muestra las simulaciones en Autodesk Inventor de Von Mises, desplazamiento y factor de seguridad, respectivamente, de la estructura que soportará los paneles solares, tal simulación se muestra en la figura 3.18.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

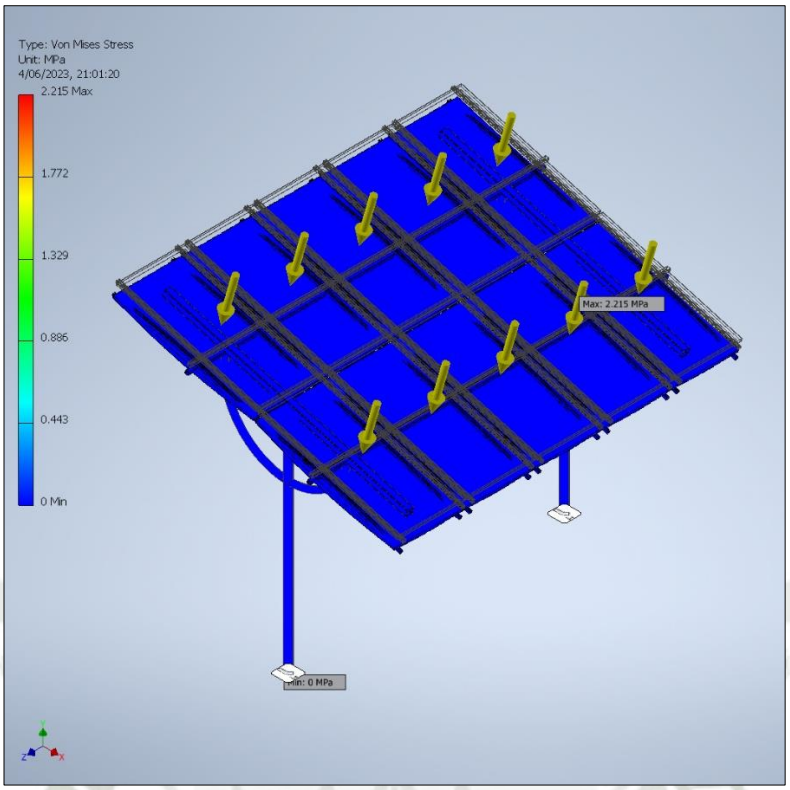


Figura 3.17 Simulación de Von Mises de la estructura.
Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor

En la figura 3.19 se muestra las simulaciones en Autodesk Inventor del desplazamiento de la estructura para los paneles fotovoltaicos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

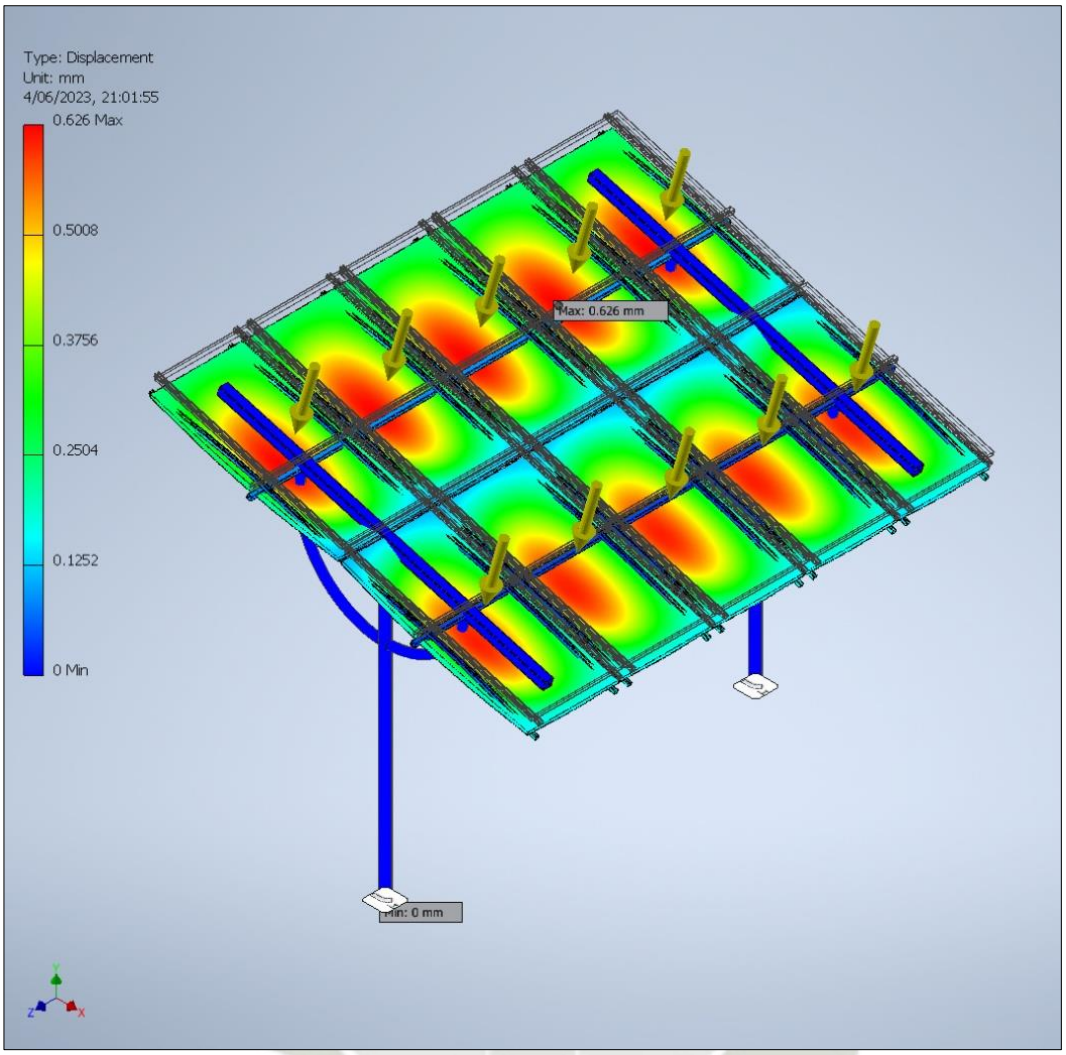


Figura 3.18 Simulación del desplazamiento de la estructura.
Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor

En la figura 3.20 se muestra las simulaciones en Autodesk Inventor del factor de seguridad de la estructura para los paneles fotovoltaicos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

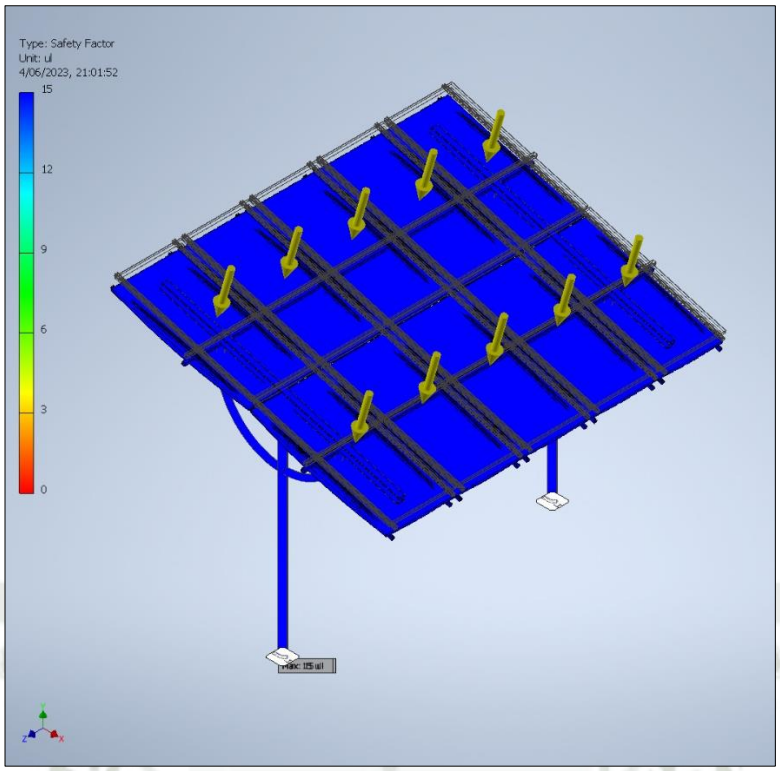


Figura 3.19 Simulación del factor de seguridad.
Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor

3.12. PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS

DENSIDAD DE IMPACTOS DEL RAYO SOBRE EL TERRENO (Ng)

Este dato lo sacamos del mapa ceráunico mostrado anteriormente en la figura 3.16

$$Ng = 4$$

FRECUENCIA ESPERADA DE IMPACTOS DIRECTOS DE RAYO (Nd)

$$Ae = 600\ m^2$$

$$C1 = 0.25$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3.12 Determinación del coeficiente ambienta C1

Localización relativa de estructuras	C1
Estructura localizada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de la misma altura o más alto	0.25
Estructuras rodeadas por estructuras bajas	0.5
Estructuras aisladas: no hay otras estructuras en una distancia menor de 3H	1
Estructura aislada en la cumbre de una colina o promontorio	2

Fuente: Norma NFC17-102

$$N_d = Ng * Ae * C1 * 10^{-6}$$

$$N_d = 4 * 600 * 0.25 * 10^{-6}$$

$$N_d = 0.006$$

CALCULO DE FRECUENCIA TOLAREABLE DE RAYOS (Nc)

Tabla 3.13 Determinación del coeficiente estructural C2

C2, Coeficiente estructural			
Techo Estructura	Metal	Común	Inflamable
Metal	0.5	1	2
Común	1	1	2.5
Inflamable	2	2.5	3

Fuente: Norma NFC17-102

Tabla 3.14 Determinación del coeficiente del contenido de estructura C3

C3, Contenido de estructura	
Sin valor y no inflamable	0.5
Valor común o normalmente inflamable	1
Alto valor o particularmente inflamable	2
Valor excepcional, irremplazable o altamente inflamable, explosivo	3

Fuente: Norma NFC17-102

Tabla 3.15 Determinación del coeficiente de contenido de estructura C4

C4, Ocupación de estructura de estructura	
Desocupada	0.5
Normalmente ocupada	1
Evacuación dificultosa o riesgo de pánico	3

Fuente: Norma NFC17-102

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3.16 Determinación del coeficiente de consecuencias de la caída de un rayo C5

C5, Consecuencias de la caída de un rayo	
Continuidad de servicio no requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	1
Continuidad de servicio requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	5
Consecuencias en el ambiente	10

Fuente: Norma NFC17-102

$$C2 = 0.5$$

$$C3 = 2$$

$$C4 = 3$$

$$C5 = 10$$

$$C = C2 * C3 * C4 * C5$$

$$C = 0.5 * 2 * 3 * 10$$

$$C = 30$$

$$Nc = \frac{3 * 10^{-3}}{C}$$

$$Nc = \frac{3 * 10^{-3}}{30}$$

$$Nc = 0.001$$

DETERMINACION DE NIVEL DE PROTECCION (E)

$$E = 1 - \frac{Nc}{Nd}$$

$$E = 1 - \frac{0.001}{0.0066}$$

$$E = 84.85\ \%$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3.17 Nivel de protección para pararrayo según eficiencia calculada

E Eficiencia calculada	Nivel de protección correspondiente	I (kAmp) Corriente de cresta máxima	D (m) Distancia de cebado
E > 0.98	Nivel I + medidas complementarias	-	-
0.95 < E ≤ 0.98	Nivel I	2.8	20
0.80 < E ≤ 0.95	Nivel II	9.5	45
0 < E ≤ 0.80	Nivel III	14.7	60

Fuente: Norma NFC17-102-UNE-201186

RADIO DE PROTECCION (Rp)

Tabla 3.18 Radio de esfera de protección ficticia

Nivel de protección	Radio esférica ficticia (r)
I	20 m
II	30 m
III	45 m
IV	60 m

Fuente: Norma NFC17-102

$$\text{Avance de cebado } (\Delta) = 15 \text{ m}$$

$$\text{Radio esfera ficticia (r)} = 30 \text{ m}$$

$$\text{h} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Rp} = \sqrt{(2 * \text{r} * \text{h}) - (\text{h}^2) + (\Delta * (2 * \text{r} + \Delta)}$$

$$\text{Rp} = \sqrt{(2 * 30 * 10) - (10^2) + (15 * (2 * 30 + 15)}$$

$$\text{Rp} = 40.31\text{m}$$

Tabla 3.19 Mantenimiento de los sistemas de protección contra rayos

Nivel de protección	Verificación visual (años)	Verificación completa (años)	Verificación completa de los sistemas críticos (años)
I y II	1	2	1
III y IV	2	4	1

Fuente: Norma NFC17-102

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.13. PRESENTACIÓN FINAL DEL PROYECTO

3.13.1. Estudio de sombra de la presentación final

Se realizó el estudio de sombra del estadio con la estructura y paneles considerado en el mes de junio aproximadamente a las 10 a.m. el cual se aprecia en la figura 3.29.

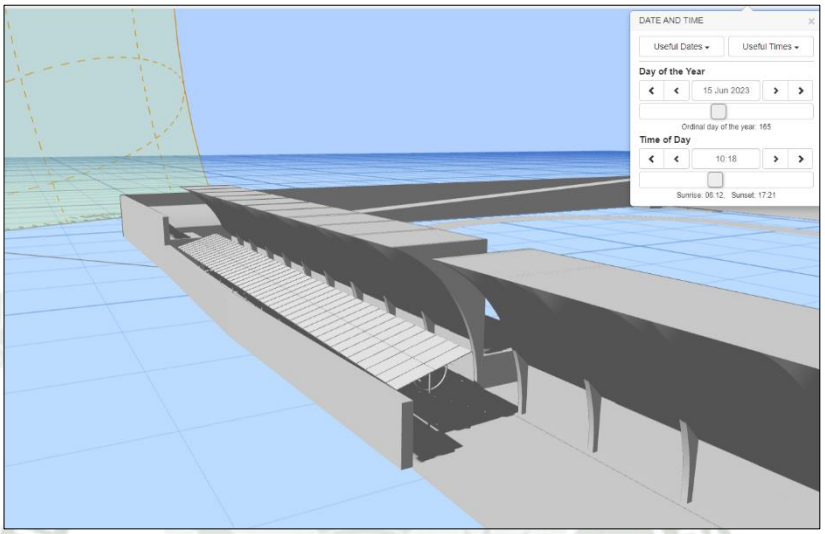


Figura 3.20 Estudio de sombra final.
Fuente: Elaboración propia en 3D Sun Path

En la figura 3.30 se aprecia el estudio de sombra del estadio con la estructura y paneles considerado en el mes de julio aproximadamente a las 10 a.m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

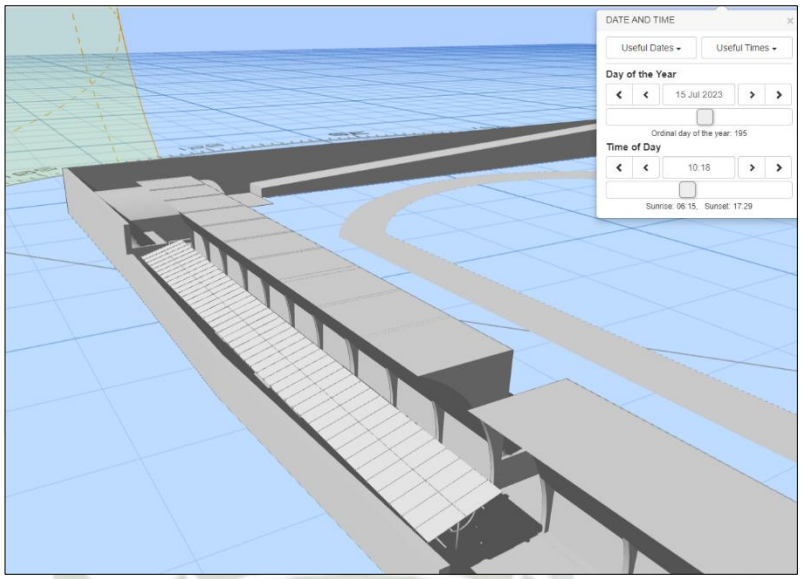


Figura 3.21 Estudio de sombra del estadio.
Fuente: Elaboración propia en 3D Sun Path

En la figura 3.31 se aprecia el estudio de sombra del estadio con la estructura y paneles considerado en el mes de septiembre aproximadamente a las 8 a.m.

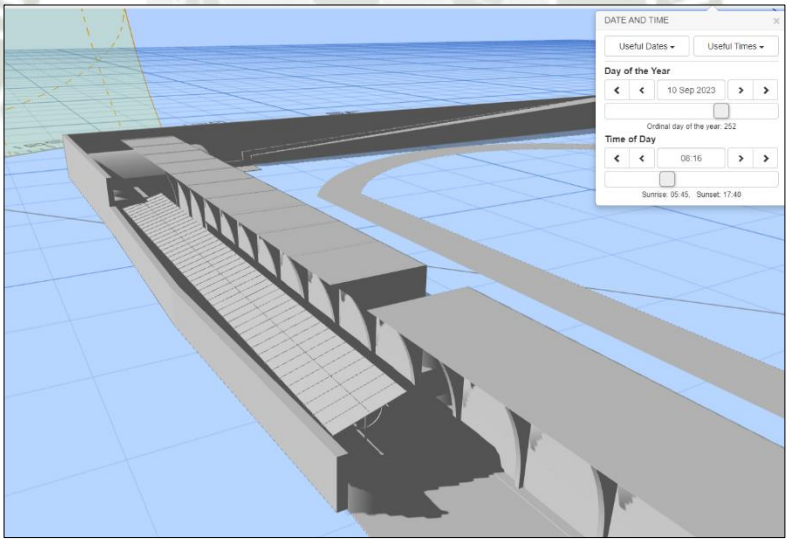


Figura 3.22 Estudio de sombra del estadio.
Fuente: Elaboración propia en 3D Sun Path

En la figura 3.32 se aprecia el estudio de sombra del estadio con la estructura y paneles considerado en el mes de septiembre aproximadamente a las 8 a.m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

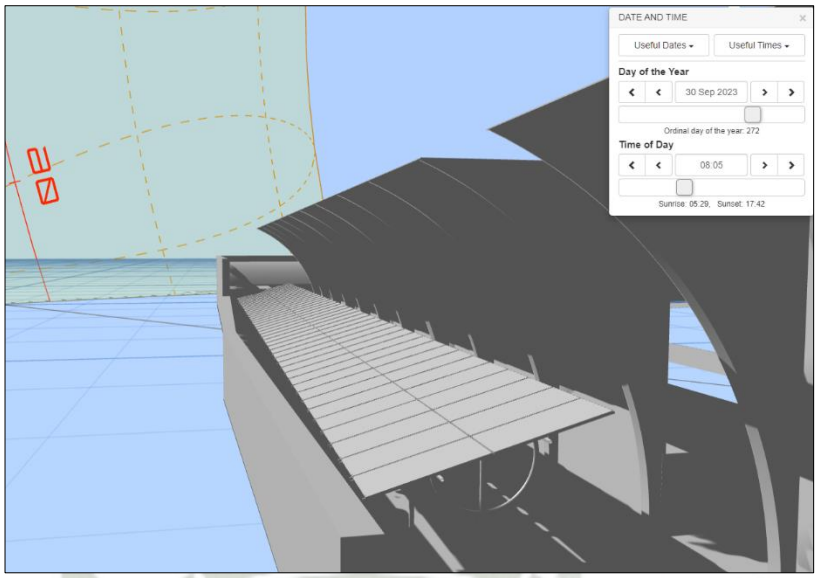


Figura 3.23 Estudio de sombra del estadio.
Fuente: Elaboración propia en 3D Sun Path

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV

4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico de la fabricación de la estructura que soportará los paneles solares, que incluye fabricación, traslado e instalación, se muestra en la tabla 4.1; el monto es de S/. 241,680.31.

Tabla 4.1 Cotización de la estructura para soportar los paneles realizado en el software S10.

Presupuesto

Presupuesto	1304002	ESTRUCUTURA PANELES	
Subpresupuesto	001	ESTRUCUTURA PANELES	
Cliente	NAVIO MARTINEZ, BRYAN MANUEL		Costo al 26/08/2023
Lugar	AREQUIPA - AREQUIPA - YARABAMBA		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	**FABRICACION DE ESTRUCURA**				**15,588.87**
01.01	**INSUMOS**				**6,749.07**
01.01.01	Plancha de Acero A36 2" X 2"	und	1.00	200.00	200.00
01.01.02	CHS 4" X 3 mm	m	42.00	39.00	1,638.00
01.01.03	CHS 3" X 3 mm	m	37.20	29.50	1,097.40
01.01.04	SHS 4"x 4" x 3 mm	m	45.60	41.17	1,877.35
01.01.05	SHS 2"x 2" x 3 mm	m	96.00	20.17	1,936.32
01.02	**MONTAJE PARA LA ESTRUCTURA**				**8,839.80**
01.02.01	Anclaje KB-TZ2 5/8" x 7"	und	48.00	57.60	2,764.80
01.02.02	Riel strut 3000mm de 41"x 41"	und	135.00	45.00	6,075.00
02	**INSTALACION DE ESTRUCTURA**				**226,091.44**
02.01	**SOLDADO Y PINTADO**				**44,221.93**
02.01.01	SOLDADURA NORMAL	kg	70.25	117.00	8,219.25
02.01.02	PINTADO DE ESTRUCTURA	kg	253.54	142.00	36,002.68
02.02	**TRANSPORTE**				**60,638.51**
02.02.01	CARGA Y DESCARGA DEL TRANSPORTE	kg	534.26	68.50	36,596.81
02.02.02	TRANSPORTE DE ESTRUCTURA	kg	534.26	45.00	24,041.70
02.03	**ARMADO**				**121,231.00**
02.03.01	ARMADO DE ESTRUCTURA	kg	294.25	412.00	121,231.00
	Costo Directo				**241,680.31**

SON : DOSCIENTOS CUARENTIUN MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y 31/100 NUEVOS SOLES

Fuente: Elaboración propia en S10.

El análisis económico de los insumos que se utilizarán en la instalación eléctrica se muestra en la tabla 4.2; el cual tiene un valor de S/. 2,807.85.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4.2 Análisis económico eléctrico.

PARTE ELÉCTRICA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)		PRECIO TOTAL(S/.)	
Cable H07Z1-K 4mm2, 450/750V, azul	1	S/	258.42	S/	258.42
Cable H07Z1-K 10mm2, 450/750V, azul	2	S/	657.26	S/	1,314.52
Conectores MC4	24	S/	20.00	S/	480.00
Conduit flexible 3/4" rollo x30.5mts	7	S/	95.73	S/	670.11
Abrazadera de 3/4" con orejas de 2mm	30	S/	1.00	S/	30.00
Cinta aislante 3M	5	S/	6.90	S/	34.50
Cintillo 250x3.6mm negro	1	S/	9.90	S/	9.90
Cintillo 250x3.6mm blanco	1	S/	10.40	S/	10.40
Total				**S/**	**2,807.85**

Fuente: Elaboración propia.

El análisis económico de los insumos como abrazaderas en la instalación de los paneles solares tiene un valor de S/. 7,631.10; tal como se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Análisis económico de la estructura de los módulos fotovoltaicos.

ESTRUCTURA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)		PRECIO TOTAL(S/.)	
Abrazadera final	180	S/	16.52	S/	2,973.60
Abrazadera intermedia	90	S/	20.65	S/	1,858.50
Estructura L feet falcat	180	S/	15.55	S/	2,799.00
Total				**S/**	**7,631.10**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4 Análisis económico de paneles solares, bombas y variador de frecuencia.

PANELES - BOMBAS - VARIADOR					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)		PRECIO TOTAL(S/.)	
Panel Solar JA SOLAR 455W 24V Monocristalino PERC	80	S/	773.21	S/	61,856.80
ELECTROBOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL PEDROLLO HF 70B DE 2.0 HP. Ø 11/2" x 11/2" 3X (220-380) VAC~60 HZ.	2	S/	2,864.27	S/	5,728.54
VARIADOR DE FRECUENCIA VASCO 409 3~380-440V. 9 AMP.	1	S/	9,131.66	S/	9,131.66
INVERSOR VARIADOR DE FRECUENCIA SOLAR NASTEC MOD. VS425 11 Kw. 320-850Vdc 3~380Vac. 25 A	2	S/	14,411.75	S/	28,823.50
Total				**S/**	**105,540.50**

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El análisis económico de los paneles solares, bombas centrifugas y el variador de frecuencia tiene un valor de S/. 105,540.50; tal como se muestra en la tabla 4.4.

El análisis económico del sistema de protección contra descargas eléctricas (pararrayos), tiene un monto de S/. 2,443.20; tal como se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Análisis económico del sistema de protección contra descargas eléctricas.

SISTEMA DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ELECTRICAS			
DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)	PRECIO TOTAL(S/.)
Ionizante no radioactivo MVZ1.2-BOLA (JUVASAC)	1	S/ 1,920.00	S/ 1,920.00
Tramo de torres arriostrada T-15m de altura (Cenergia)	1	S/ 211.20	S/ 211.20
Base triangular para Torre T-15m de altura (Cenergía)	1	S/ 108.00	S/ 108.00
Soporte de captor Mod 2 1.5M tipo bandera (Cenergía)	1	S/ 114.00	S/ 114.00
Anclaje lateral T-15	1	S/ 90.00	S/ 90.00
Total			**S/ 2,443.20**

Fuente: Elaboración propia.

El análisis económico de los agregados, son accesorios en el cual no influye directamente en el proyecto, pero se puede considerar si es necesario el caso, se muestra precios de los accesorios de forma individual, tal como se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Análisis económico de accesorios agregados.

AGREGADOS			
DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)	PRECIO TOTAL(S/.)
Tanque de agua rotoplas de 2500L	1	S/ 1,477.33	S/ 1,477.33
Base metálica para tanque de rotoplas 2500L	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
Tubería de agua de 1/2" de diámetro (10m)	1	S/ 70.00	S/ 70.00
Codo 90º 1/2" simple presión	5	S/ 2.00	S/ 10.00
Cinta teflón	5	S/ 4.00	S/ 20.00
Caño de jardín 1/2"	1	S/ 50.00	S/ 50.00
Valvula check swing neoprene de 1/2"	1	S/ 70.00	S/ 70.00
Sellador para tuberías 120 gms 54-H Permatex	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Automático de nivel luise modelo GL90 cable de neopreno	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Andamio Móvil de Aluminio – Zifa 623	1	S/ 8,500.00	S/ 8,500.00
Total			**S/ 12,857.33**

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4.7 Análisis económico de la instalación del sistema de riego utilizando paneles fotovoltaicos.

INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD CON IGV POR DÍA (S/.)	PRECIO TOTAL POR DÍA (S/.)	DIAS DE TRABAJO	PRECIO TOTAL DE LA INSTALACION (S/.)
Personal	6	S/ 120.00	S/ 720.00	17	S/ 12,240.00
Supervisor y Supervisor de Seguridad	2	S/ 200.00	S/ 400.00	17	S/ 6,800.00
Zapatos de seguridad	8	S/ 100.00	S/ 800.00	-	S/ 800.00
Guantes de seguridad	8	S/ 30.00	S/ 240.00	-	S/ 240.00
Lentes de seguridad	8	S/ 25.00	S/ 200.00	-	S/ 200.00
Tapón auditivo	8	S/ 3.00	S/ 24.00	-	S/ 24.00
Casco de seguridad	8	S/ 56.00	S/ 448.00	-	S/ 448.00
Chaleco de trabajo	8	S/ 60.00	S/ 480.00	-	S/ 480.00
Botiquín de primeros auxilios	1	S/ 20.00	S/ 20.00	-	S/ 20.00
SCTR	8	S/ 330.00	S/ 2,640.00	-	S/ 2,640.00
Lampas	2	S/ 80.00	S/ 160.00	-	S/ 160.00
Picos	2	S/ 80.00	S/ 160.00	-	S/ 160.00
Cintas de demarcación (200m)	3	S/ 53.00	S/ 159.00	-	S/ 159.00
Conos de seguridad	10	S/ 40.00	S/ 400.00	-	S/ 400.00
Andamio	1	S/ 100.00	S/ 100.00	10	S/ 1,000.00
Arneses de seguridad certificado	4	S/ 350.00	S/ 1,400.00	-	S/ 1,400.00
Bloque retractil *	4	S/ 160.00	S/ 640.00	-	S/ 640.00
Herramientas de trabajo *	1	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00	-	S/ 1,000.00
Transporte de camión	1	S/ 150.00	S/ 150.00	1	S/ 150.00
Transporte de personal por persona	1	S/ 35.00	S/ 35.00	17	S/ 595.00
Alimentación	8	S/ 20.00	S/ 160.00	17	S/ 2,720.00
Personal de seguridad nocturna	1	S/ 100.00	S/ 100.00	17	S/ 1,700.00
					S/ 33,976.00
Costo por servicio prestado					S/ 10,192.80
Costo total de instalación					**S/ 44,168.80**

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis económico de la instalación de los paneles fotovoltaicos se está considerando personal, EPP (equipo de protección personal), entre otros; en la tabla 4.7 se muestra lo mencionado con un monto total de instalación de S/. 44,168.80. Adicionalmente se muestra el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

costo total del proyecto en el cual se considera todos los análisis económicos antes mencionados, donde el costo total del proyecto es de S/. 417,129.09.

El costo total del proyecto sería de S/.175,448.78, como se muestra en la tabla 4.8; siendo la suma de todos los análisis económicos obtenidos anteriormente.

Tabla 4.8 Costo total del proyecto.

DESCRIPCION	PRECIO TOTAL(S/.)
Parte eléctrica	S/. 2,807.85
Estructura de módulos fotovoltaicos	S/. 7,631.10
Paneles - bombas - variador	S/. 105,540.50
Sistema de protección contra descargas eléctricas	S/. 2,443.20
Instalación del sistema de riego mediante paneles fotovoltaicos	S/. 44,168.80
Agregados	S/. 12,857.33
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	**S/. 175,448.78**

Fuente: Elaboración propia.

ACTIVIDAD	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Trazado y peroración de puntos de anclaje				
Armado y montaje de columnas				
Instalación de listones y riel strut				
Pintado				

Figura 4.1 Diagrama de Gantt para la instalación del sistema de riego mediante paneles fotovoltaicos

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el diagrama de Grantt para la construcción, instalación del sistema de paneles fotovoltaicos, en la cual se considera el trazado, armado y montaje de la estructura, la instalación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de los paneles fotovoltaicos y pintado de la estructura; se está considerando un plazo total de 4 semanas, como se muestra en la figura 4.1.

Para la instalación del sistema de los paneles fotovoltaicos se realizó el diagrama de Gantt en la cual se considera el transporte, instalación de paneles fotovoltaicos, cableado, instalación del sistema eléctrico y bombas centrifugas, orden y limpieza y pruebas finales, para lo cual se está considerando un total de 17 días, tal como se muestra en la figura 4.2.

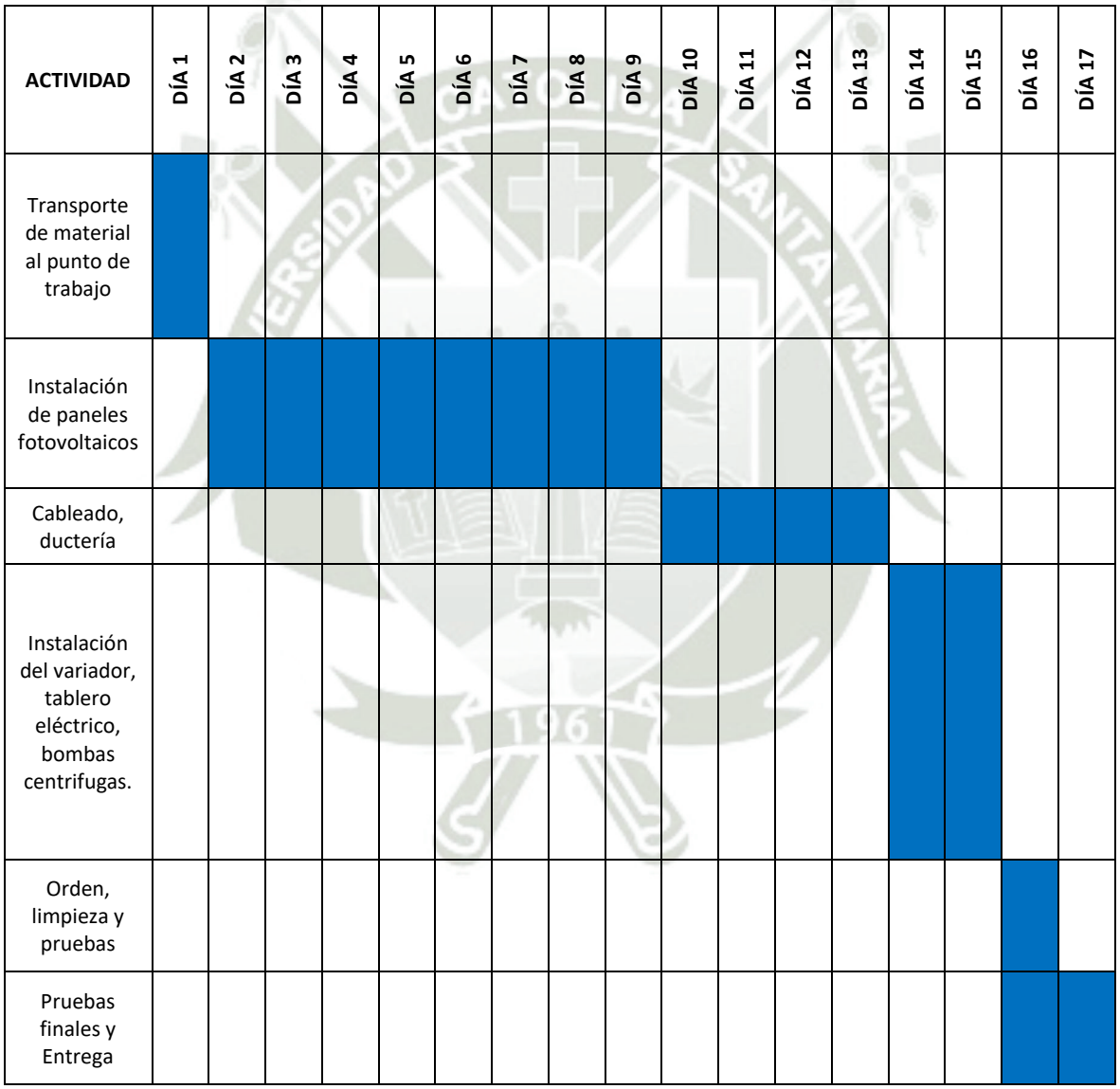


Figura 4.2 Diagrama de Gantt para la instalación del sistema de riego mediante paneles fotovoltaicos

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el retorno de inversión se calculó que este sea en 6 años, para luego obtener una rentabilidad a partir de año 7, estos datos dependen del clima, del costo de energía eléctrica, las cuales pueden influir ligeramente en los datos obtenidos, se puede visualizar el ahorro durante cada año en la tabla 4.8 y la figura 4.3.

Tabla 4.9 Ahorro anual

Año	Ahorro/Utilidad	Retorno
Año 1	S/ 20,308.92	-S/ 155,139.86
Año 2	S/ 22,542.90	-S/ 132,596.95
Año 3	S/ 25,022.62	-S/ 107,574.33
Año 4	S/ 27,775.11	-S/ 79,799.21
Año 5	S/ 30,830.38	-S/ 48,968.84
Año 6	S/ 34,221.72	-S/ 14,747.12
Año 7	S/ 37,986.11	S/ 23,238.98
Año 8	S/ 42,164.58	S/ 65,403.56
Año 9	S/ 46,802.68	S/ 112,206.24
Año 10	S/ 51,950.98	S/ 164,157.22

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

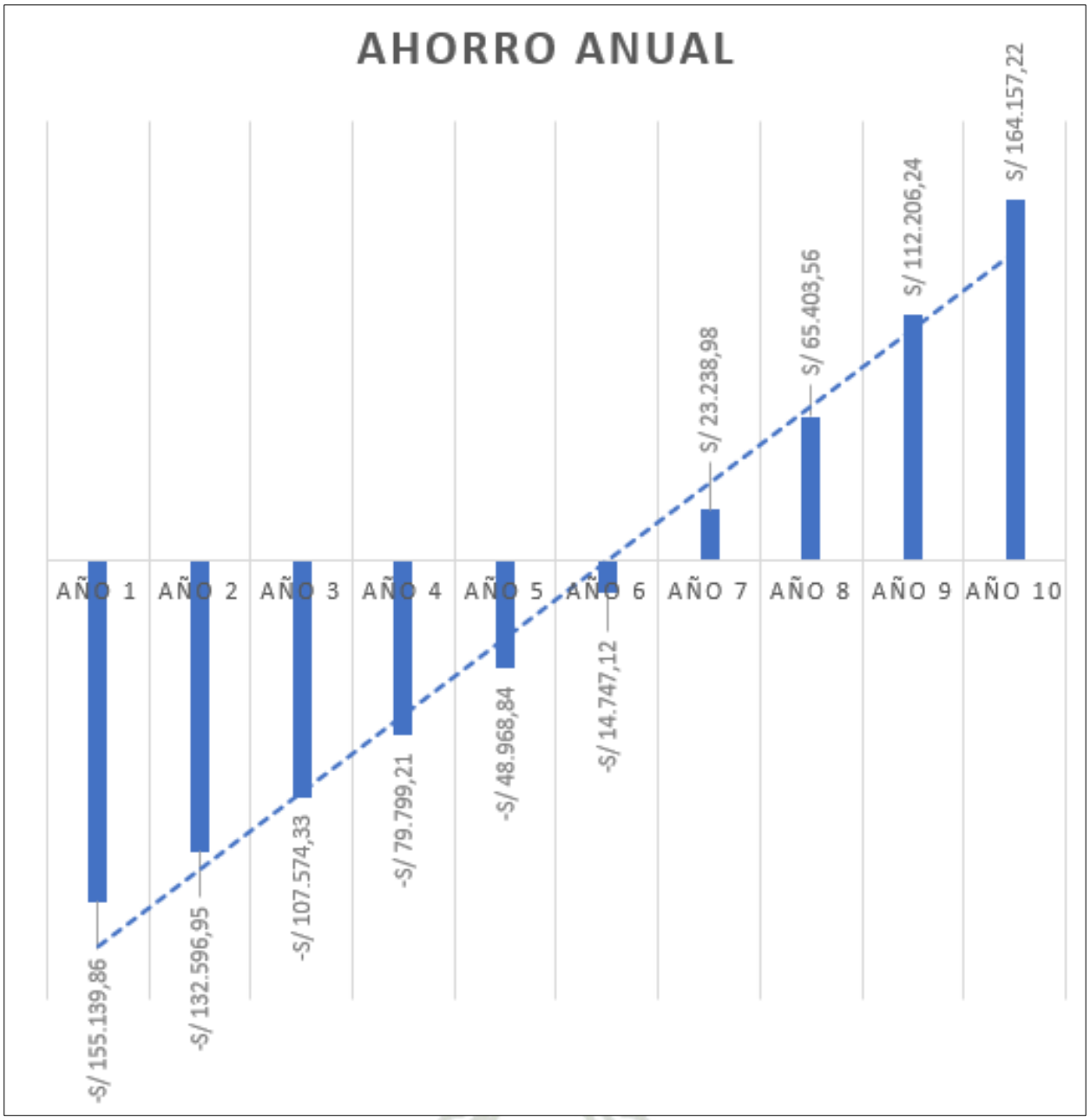


Figura 4.3 Gráfico de ahorro anual
Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del valor actual neto (VAN), se utilizará la siguiente fórmula

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{N} \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

I_0 = Inversión inicial.

C_n = Beneficio generado en cada periodo.

N = Número total de Periodos

n = Año de los beneficios en cada periodo.

r = Tasa de descuento

Si:

- VAN = 0: Proyecto indiferente en términos de rentabilidad.
- VAN > 0: Proyecto rentable y viable.
- VAN < 0: Proyecto no viable.

$$VAN = -175448.78 + \frac{20308.92}{(1+0.1)^1} + \frac{22542.90}{(1+0.1)^2} + \frac{25022.62}{(1+0.1)^3} + \frac{27775.11}{(1+0.1)^4} + \frac{30830.38}{(1+0.1)^5}$$

$$+ \frac{34221.72}{(1+0.1)^6} + \frac{37986.11}{(1+0.1)^7} + \frac{42164.58}{(1+0.1)^8} + \frac{46802.68}{(1+0.1)^9} + \frac{51950.98}{(1+0.1)^{10}}$$

$$VAN = 16916.75$$

$$TIR = 12\%$$

Se puede ver que VAN es mayor a cero y el TIR es mayor al 10%, por lo cual el proyecto es viable.

Para hallar el TIR (tasa interna de retorno) se utilizó el software Excel con los datos obtenidos en la tabla 4.9, para tener un cálculo más preciso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

- En esta tesis se realizó la reingeniería del sistema de bombeo de agua por energía fotovoltaica al estadio municipal de Yarabamba siguiendo una serie de pasos para un correcto calculo y selección de paneles, bombas, variadores y demás accesorios de suma importancia.
- Se analizó el estado situacional del sistema de bombeo de agua del estadio municipal de Yarabamba, para conocer qué es lo que afecta al correcto funcionamiento del mencionado sistema, el cual consiste de 4 bombas de 7.5 kW de marca USR co, en el que se succiona agua de un pozo, al que no se realiza un adecuado mantenimiento y limpieza, el cual impide el correcto flujo de agua hacia las bombas; dándose así una nueva selección de bombas y recomendar que se realice un correcto mantenimiento al pozo del cual se extrae el agua, reconocimiento del espacio muestral para saber dónde colocar los paneles de manera adecuada para su funcionamiento y metrado del lugar para así saber las distancias para el cableado y conexión de todo el sistema que se va a instalar.
- En el estadio se rediseñó el sistema de bombeo por luz solar para el riego y llenado de un tanque, calculándose el uso de 80 paneles fotovoltaicos en total de 470Wp cada uno, contando con 2 variadores para el sistema de riego de la cancha y 1 variador para el llenado de tanque.
- Para los paneles solares se diseñó la estructura que los soportará basándonos en las normas técnicas peruanas E.90 sobre el modelamiento y diseño estructural y a su vez se usó el software Autodesk Inventor para su adecuado modelamiento, simulación y finalmente presentar sus planos de diseño.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Se tasó el costo de reingeniería del bombeo solar de todo lo necesitado para la realización de dicho proyecto, cuyo costo es de S/. 175,448.78 nuevos soles, tomando los precios de, compra de paneles, variadores, herramientas de trabajo, sistemas de protección contra descargas eléctricas y mano de obra, sin contar con la construcción de la estructura ya que depende mucho del cliente, de la ubicación y forma de la estructura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

- Para conservar la eficiencia y durabilidad de las bombas centrifugas, se tiene que realizar un adecuado mantenimiento del pozo de agua, realizando limpieza de residuos sólidos, impurezas y otros que puedan afectar el desempeño de la bomba centrifuga.
- Para el mantenimiento de las bombas centrifugas se debe establecer un programa de mantenimiento preventivo que incluya tareas periódicas de revisión, limpieza, lubricación y reemplazo de componentes según las recomendaciones del fabricante.
- Para una mejor utilización de energía eléctrica otorgada por el sistema de paneles fotovoltaicos, se podría cambiar las bombas de aspersión de la marca Pedrollo ya que estas consumen menos energía y genera una mayor o igual potencia.
- Para el regadío de áreas verdes, se puede instalar un tanque de almacenamiento de agua junto al tanque actual, acoplando tuberías hasta el punto que se requiera.
- Para mantener una eficiencia constante del sistema fotovoltaico, se recomienda hacer una adecuada limpieza de los paneles solares continuamente no mayor a dos meses, y evitar que este acumule impurezas o smog.
- Para la limpieza de los paneles fotovoltaicos se sugiere hacer la compra de un andamio móvil de 5m de altura, ya que cuenta con todas las medidas de seguridad para el operador y su fácil movilidad para realizar la limpieza de dichos paneles.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS

- Andina. (martes de marzo de 2021). Andina Perú. (E. Perú, Editor) Recuperado el 2023, de https://andina.pe/agencia/noticia-seal-proyecto-generacion-electrica-energia-solar-entra-operacion-arequipa-838186.aspx
- AutoSolar. (2022). Obtenido de https://autosolar.pe/aspectos-tecnicos/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar-fotovoltaico
- Autosolar Energy Solution SLU. (2022). AutoSolar. Obtenido de https://autosolar.es/energia-solar/que-es-un-panel-solar
- Azor Partners SL. (miercoles de junio de 2023). Ecoticias.com. Obtenido de https://www.ecoticias.com/
- Chen X., C. Z. (2020). The impact of Tengger Desert solar park on local economy and environment. Journal of Cleaner Production, 118-785. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118785
- Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. (2009). Centrales de energías renovables: Generacion eléctrica con energías renovables. Madrir, España: Pearson Education.
- Comercio, G. E. (Ed.). (viernes de septiembre de 2022). El Comercio. Recuperado el 2023, de https://elcomercio.pe/tecnologia/ecologia/energia-solar-ali-sami-yen-spor-el-estadio-con-mas-de-10-mil-paneles-solares-y-que-figura-en-record-guinness-energia-renovable-noticia/
- Dirven , B. B., Pérez, R., Cáceres, R. J., Tito, A. T., Gómez , R. K., & Ticona, A. (2018). El desarrollo rural establecido en las áreas Vulnerables. Lima: Colección Racso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- EcoInventos Green technology. (2023). EcoInventos. Obtenido de https://ecoinventos.com/
- Ecoticias. (martes de agosto de 2019). Obtenido de https://www.ecoticias.com/energias-renovables/196137_quieres-instalar-placas-fotovoltaicas-todo-panel-solar-monocristalino-policristalino
- Fernandez Barreda, R. J. (2019). Electrificación Parcial del Colegio Max Uhle por Medio de un Sistema Fotovoltaico Conectado a Red. Tesis, Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Obtenido de https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8998
- Helfer Lazo, A. M. (2021). Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico en la compañia de bombero de Yanahuara - Arequipa. Tesis, Universidad Católica de Santa Maria, Arequipa. Obtenido de https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11321
- Jarabo Friedrich, F., Perez Domingues, C., Elortegui Escartin, N., Fernandez Gonzales, J., & Macias Hernandez , J. J. (1988). El libro de las energías renovables. España.
- Lamana Villegas, M. (2018). Instalacion de sistema de bombeo fotovoltaico para riego en terreno cultivable. Lleida: Universidad de Lérida.
- Mansur Aliyu, G. H. (2018, May). A review of solar-powered water pumping systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 87, 61-76. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.010.
- Nastec. (2022). Obtenido de https://nastec.eu/es/productos-de-energia-solar/vasco-solar/el-inversor-para-aplicaciones-de-bombeo-solar/

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Novum solar. (1 de septiembre de 2020). Obtenido de https://novumsolar.com/inclinacion-y-orientacion-de-paneles-solares-en-el-peru/?gclid=Cj0KCQjwk96lBhDHARIsAEKO4xagvKU4mv8cfks8rrdonUSTuayL4cZPdoyjYj94Op9GnMFYrWxYSxIaAvYJEALw_wcB
- Pedrollo. (2018). Catálogo general 60Hz. Verona.
- Planas, O. (23 de enero de 2020). Energía solar. Obtenido de https://solar-energia.net/blog
- Profonante, N. (viernes de Febrero de 2021). Noticias Profonanpe. Obtenido de https://profonanpe.org.pe/240-paneles-con-energia-fotovoltaica-son-instalados-en-plena-amazonia-peruana/
- ResearchGate. (2023). Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-10-Estructura-de-los-componentes-que-forman-un-modulo-fotovoltaico_fig1_350142106
- Solar, D. (2023). Damia Solar. Obtenido de https://www.damiasolar.com/
- SolarPark. (2017). Obtenido de https://solarplak.es/energia/que-tipo-de-mantenimiento-requiere-un-panel-solar/#:~:text=Lo%20primero%20que%20debemos%20hacer,que%20aclararlos%20con%20agua%20limpia.
- Tingem, M. R. (2009). Agronomy for Sustainable Development. Adaptation assessments for crop production in response to climate change in Cameroon, 29, 247-256. doi:https://doi.org/10.1051/agro:2008053.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Ton van der, L., & Szabolcs, M. (julio de 2018). Editores. (S.L.R., Editor, & Solarplaza, Productor) Recuperado el 2023, de https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/333/solar_plaza_estadios
- Tovar, G. L. (1986). El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos. Bogotá: Cengage.
- Vargas Córdoba, A., & Rojas Tarrillo, E. (2019). Diseño de un sistema de bombeo de agua con paneles solares para mejorar el riego por goteo del cultivo de cacao en el fundo La Esperanza, Lamas, San Martín, 2019. Universidad César Vallejo, Tarapoto.
- Viasolar. (2017). Obtenido de https://www.viasolar.es/varios/cableado/conectores-mc4-para-placas-solares/
- Wang Z., L. J. (2017). Solar energy in China: Policies and development. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68, 444-452. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.130
- White, F. M. (2004). Mecánica de fluidos (Quinta ed.).
- xataca. (domingo de febrero de 2019). Obtenido de https://www.xataka.com/energia/gran-muralla-china-sol-planta-solar-grande-mundo-cubre-1-200-km2-esta-ubicada-desierto-tengger

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 1

BOMBA CDLF-12

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

现代泵业
XIANDAI PUMP



60HZ *Vertical Multistage Pump*

浙江现代泵业有限公司
ZHEJIANG XIANDAI PUMP CO.,LTD

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

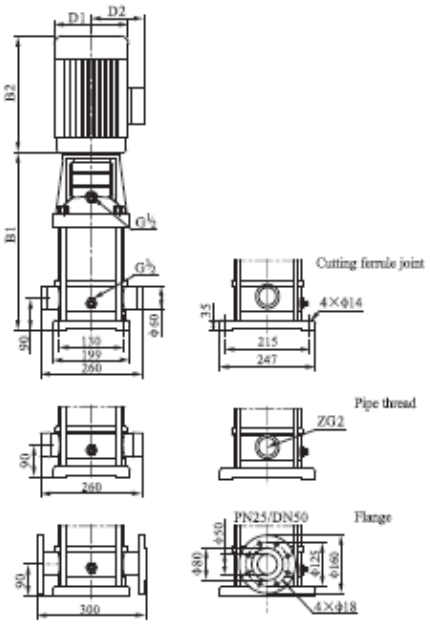
CDLF12

现代泵业 XIANDAI PUMP

Performance table

Model	Driving motor (kW)	Driving motor (hp)	Q (m^3/h)	7	9	11	12	13	15	17	19
CDLF12-10	1.1	1.5	H (m)	17	16	15	14.5	14	12.5	11	8.5
CDLF12-20	2.2	3		35	34	32.5	32	30.5	27	24.5	20.5
CDLF12-30	4	5.5		52.5	51.5	50	48	46	41.5	37.5	31
CDLF12-40	5.5	7.5		70	68	65.5	64	61.5	55	49.5	41
CDLF12-50	5.5	7.5		88	86	82	80	77	70	62	51
CDLF12-60	7.5	10		107	103	99	96	92	84	75	61
CDLF12-70	7.5	10		124	121	116	112	107	97	88	71
CDLF12-80	11	15		141	137	132	128	122	111	101	82
CDLF12-100	11	15		178	173	166	161	153	140	128	104
CDLF12-120	15	20		213	208	199	193	185	169	154	125
CDLF12-140	15	20		249	242	233	225	216	198	180	145

Installation sketch



Size and weight

Model	Size (mm) B1	B2	B1+B2	D1	D2	Weight (kg)
CDLF12-10	357	245	602	170	142	32
CDLF12-20	367	290	657	190	155	41
CDLF12-30	407	335	742	230	188	56
CDLF12-40	457	430	887	260	208	69
CDLF12-50	487	430	917	260	208	71
CDLF12-60	517	430	947	260	208	77
CDLF12-70	547	430	977	260	208	78
CDLF12-80	665	490	1155	330	255	147
CDLF12-100	725	490	1215	330	255	151
CDLF12-120	785	490	1275	330	255	164
CDLF12-140	845	490	1335	330	255	167

The overall dimensions of the single-phase motor and explosion-proof motor are a little different. Pls contact us for details.

XIANDAI PUMP CO., LTD. 21

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 2

ELECTROBOMBA

MARCA PEDROLLO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

HF

Electrobombas centrífugas

Medios caudales

Agua limpia
Utilizo agrícola
Utilizo industrial



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **700 l/min** (42 m^3/h)
- Altura manométrica hasta **39 m**

LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba:
  - **6 bar** para HF 5-50-51
  - **10 bar** para HF 5M-70
- Funcionamiento continuo **S1**

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3

CE

CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV
ISO 9001: CALIDAD
ISO 14001: AMBIENTE

UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para utilizarse en el sector civil y agrícola. Sus elevados rendimientos y la posibilidad de un funcionamiento continuo permiten el utilizo de estas electrobombas para la irrigación por gravedad, por asperción, para el bombeo del agua de lagos, ríos, pozos y para muchas otras aplicaciones industriales caracterizadas por la necesidad de tener caudales considerables con alturas medio bajas.
La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

EJECUCION BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para HF 5M-70

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

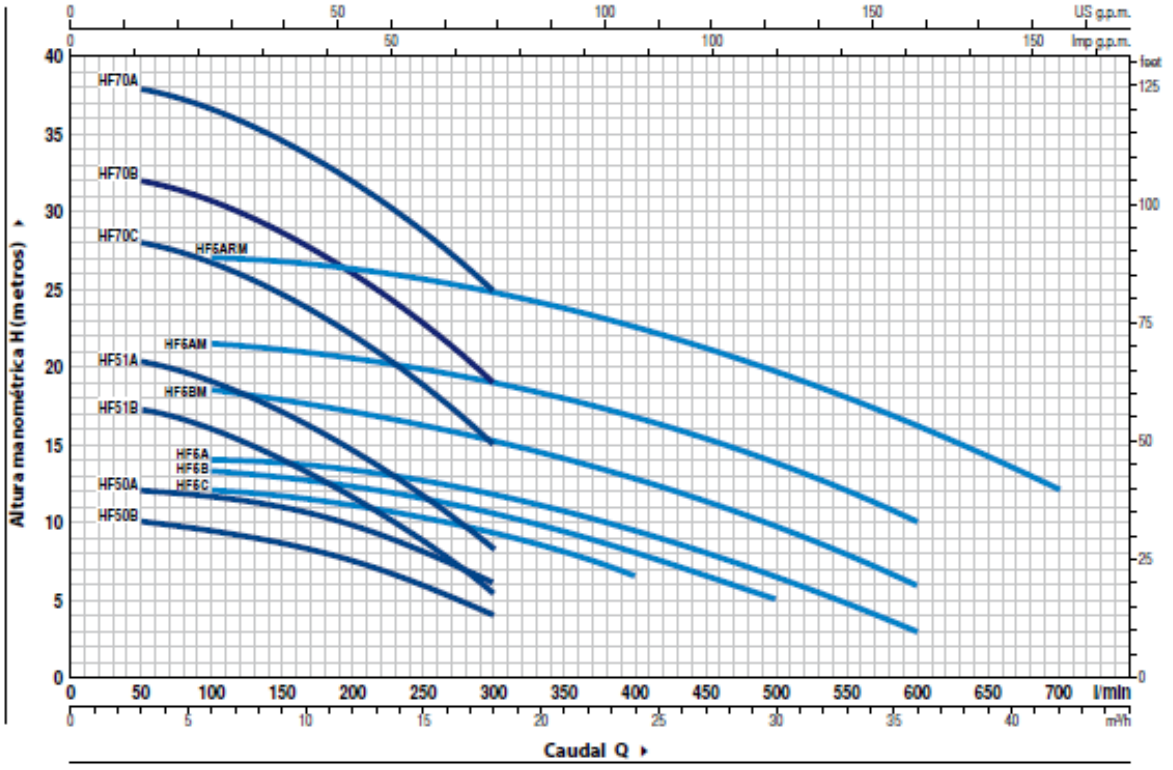
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm HS= 0 m



MODELO		POTENCIA (P2)			Q m³/h	0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲	l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700
HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50	IE2		10	10	9.5	8.5	7.5	6	4					
HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75			12	12	11.5	11	9.6	8	6					
HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85	IE2		18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4					
HFm 51A	HF 51A	0.75	1			21.2	20.2	19	17	14.5	11.6	8.4					
HFm 70C	HF 70C	1.1	1.5	IE2		29	28	26.5	24.5	22	18.5	15					
HFm 70B	HF 70B	1.5	2	IE3		33	32	30.5	28.5	26	22.5	19					
HFm 70A	HF 70A	2.2	3		H metros	39	38	36.5	34.5	32	28.5	25					
HFm 5C	HF 5C	0.55	0.75	IE2		12.5	–	12	11.7	11	10.2	9.2	8	6.5			
HFm 5B	HF 5B	0.75	1			13.7	–	13.2	13	12.5	11.6	10.5	9.2	8	5		
HFm 5A	HF 5A	1.1	1.5			14.5	–	13.8	13.5	13.2	12.6	11.8	10.5	9.2	6.5	3	
HFm 5BM	HF 5BM	1.1	1.5	IE2		19	–	18.5	18	17	16	15.2	14	12.8	9.7	6	
HFm 5AM	HF 5AM	1.5	2	IE3		22	–	21.5	21	20.5	19.8	19	18	16.8	13.8	10	
HFm 5ARM	HF 5ARM	2.2	3			27	–	27	26.8	26.4	25.6	24.8	23.8	22.5	19.8	16.2	12

Q = Caudal **H** = Altura manométrica total **HS** = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

HF

POS.	COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS
1	CUERPO BOMBA	Hierro fundido con bocas roscadas ISO 228/1
2	TAPA	Acero inoxidable AISI 304 (en hierro para HF 5M-70)
3	RODETE	Latón
4	EJE MOTOR	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104

5 SELLO MECANICO

Electrobomba	*Sello*	*Eje*		*Materiales*	
Modelo	*Modelo*	*Diámetro*	*Anillo fijo*	*Anillo móvil*	*Elastómero*
HF 50	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR
HF 5-51	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR
HF 5M-70	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR

6 RODAMIENTOS

Electrobomba	*Modelo*
HF 50	6201 ZZ / 6201 ZZ
HF 5-51	6203 ZZ / 6203 ZZ
HF 5M-70	6204 ZZ / 6204 ZZ

7 CONDENSADOR

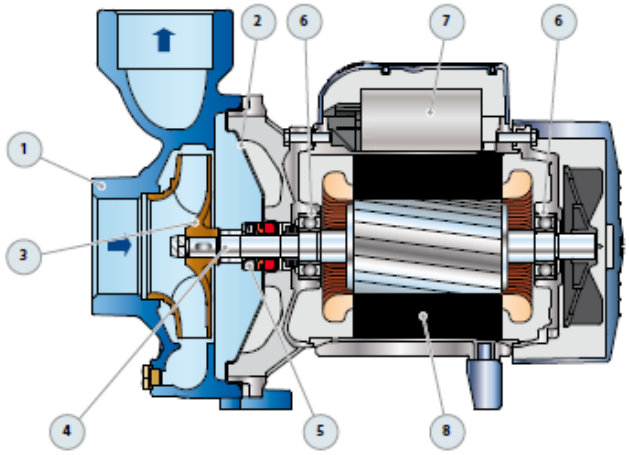
Electrobomba	*Capacidad*	
Monofásica	*(220 V)*	*(110 V o 127 V)*
HFm 50B	10 µF - 450 VL	25 µF - 250 VL
HFm 50A	14 µF - 450 VL	25 µF - 250 VL
HFm 51B	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL
HFm 51A	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL
HFm 70C	25 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL
HFm 70B	45 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL
HFm 70A	50 µF - 450 VL	–
HFm 5C	16 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL
HFm 5B	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL
HFm 5A	25 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL
HFm 5BM	25 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL
HFm 5AM	45 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL
HFm 5ARM	50 µF - 450 VL	–

8 MOTOR ELECTRICO

HFm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.
HF: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.

➡ **Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P_2=1.1 kW y en clase IE3 desde P_2=1.5 kW (IEC 60034-30)**

– Aislamiento: clase F
– Protección: IP X4

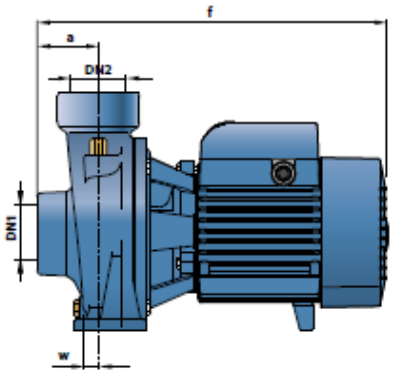


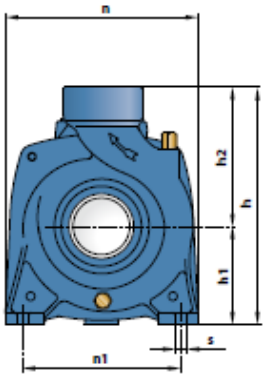
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DIMENSIONES Y PESOS





MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm									kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s	1–	3–
HFm 50B	HF 50B	1½"	1½"	42	265	200	82	118	166	135	-3	10	8.3	7.8
HFm 50A	HF 50A												9.2	8.5
HFm 51B	HF 51B			45	300	225	92	133	190	160	4		12.9	11.9
HFm 51A	HF 51A												13.0	12.0
HFm 70C	HF 70C			48.5	373	269	114	155	216	171	12	12	19.0	18.6
HFm 70B	HF 70B												21.8	20.5
HFm 70A	HF 70A				403/373								24.4	21.9
HFm 5C	HF 5C	2"	2"	43	316	238	97	141	192	160	-68	10	14.5	13.3
HFm 5B	HF 5B												14.5	13.3
HFm 5A	HF 5A												15.3	14.9
HFm 5BM	HF 5BM			59	386	260	110	150	208		12.5	11	20.1	19.2
HFm 5AM	HF 5AM												21.5	20.8
HFm 5ARM	HF 5ARM												22.3	21.5

CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSION		
Monofásica	220 V	110 V	127 V
HFm 50B	2.5 A	5.0 A	4.7 A
HFm 50A	3.9 A	7.8 A	7.3 A
HFm 51B	4.6 A	9.2 A	8.5 A
HFm 51A	5.7 A	11.4 A	10.6 A
HFm 70C	8.0 A	16.0 A	14.9 A
HFm 70B	9.0 A	18.0 A	16.5 A
HFm 70A	14.5 A	–	–
HFm 5C	4.2 A	8.4 A	7.8 A
HFm 5B	5.2 A	10.4 A	9.7 A
HFm 5A	6.5 A	13.0 A	12.0 A
HFm 5BM	7.4 A	14.8 A	13.8 A
HFm 5AM	10.2 A	20.5 A	18.0 A
HFm 5ARM	13.0 A	–	–

MODELO	TENSION			
Trifásica	220 V	380 V	220 V	440 V
HF 50B	1.9 A	1.1 A	2.5 A	1.5 A
HF 50A	3.3 A	1.9 A	3.5 A	2.0 A
HF 51B	4.2 A	2.4 A	3.1 A	1.8 A
HF 51A	4.4 A	2.6 A	4.2 A	2.3 A
HF 70C	5.7 A	3.3 A	4.5 A	2.6 A
HF 70B	7.4 A	4.3 A	6.6 A	3.7 A
HF 70A	10.2 A	5.9 A	9.0 A	5.0 A
HF 5C	3.6 A	2.1 A	3.8 A	2.2 A
HF 5B	4.0 A	2.3 A	3.1 A	1.8 A
HF 5A	5.7 A	3.3 A	4.5 A	2.6 A
HF 5BM	5.9 A	3.4 A	4.8 A	2.8 A
HF 5AM	7.4 A	4.3 A	6.4 A	4.0 A
HF 5ARM	10.0 A	5.8 A	9.0 A	5.0 A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 3

PANELES SOLARES

JINKO SOLAR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

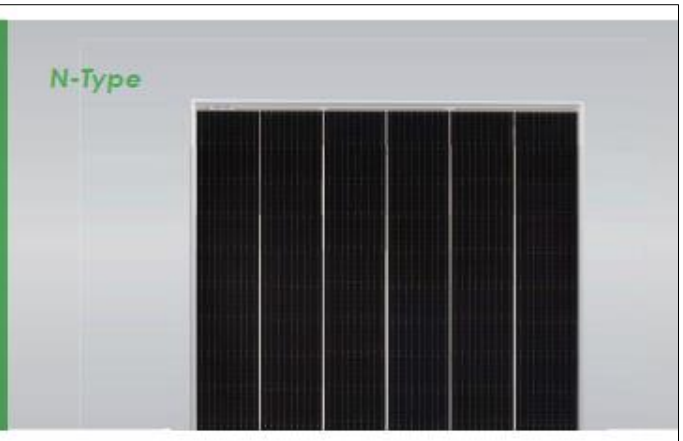
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tiger Mono-facial

450-470 Watt

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%





KEY FEATURES

TR technology + Half Cell
TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 20.93%)

Low Light Induced Degradation
The N-type cell shows extremely low light induced degradation (LID) performance when comparing with the P-type cell.

9BB instead of 5BB
9BB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.

Higher lifetime Power Yield
1% first year degradation,
0.4% linear degradation

Best Warranty
15 year product warranty,
30 year linear power warranty

Better low-light performance
Excellent performance in low-light environments (e.g. early morning, dusk, and cloud, etc.)

PV CYCLE

CE

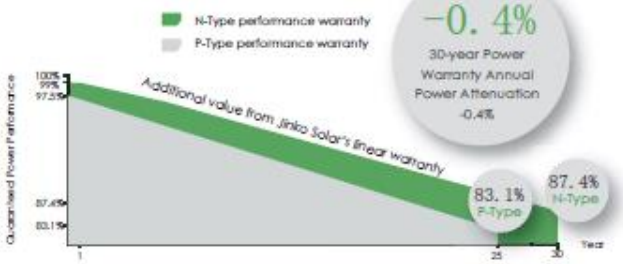
POSITIVE QUALITY

CLEAN ENERGY COUNCIL MEMBER

- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730 certified product

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

15 Year Product Warranty 30 Year Linear Power Warranty
0.4% Annual Degradation Over 30 Years

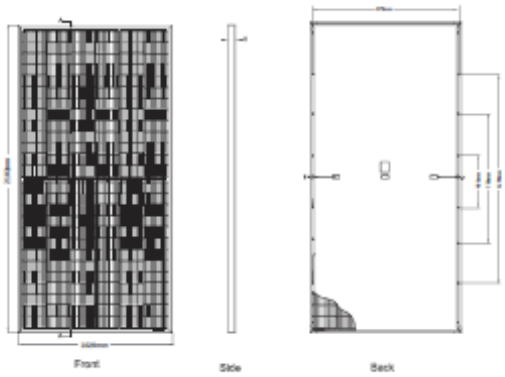


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

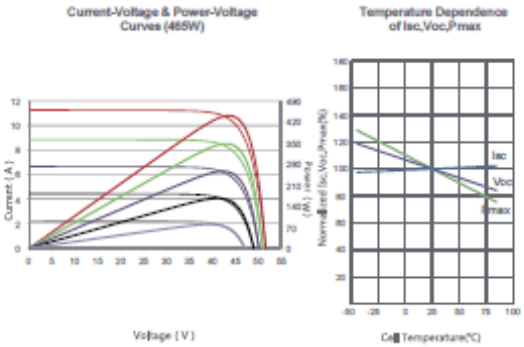
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

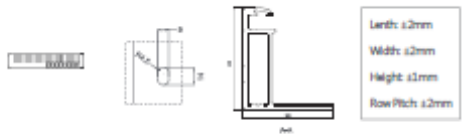
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence





Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

27pcs/pallets, 54pcs/stack, 540pcs/ 40'HQ Container

Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No.of cells	156 (2×78)
Dimensions	2182×1029×40mm (85.91×40.51×1.57 inch)
Weight	26.1 kg (57.54 lbs)
Front Glass	3.2mm,Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM450N-7RL3 JKM450N-7RL3-V		JKM455N-7RL3 JKM455N-7RL3-V		JKM460N-7RL3 JKM460N-7RL3-V		JKM465N-7RL3 JKM465N-7RL3-V		JKM470N-7RL3 JKM470N-7RL3-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	450Wp	336Wp	455Wp	339Wp	460Wp	343Wp	465Wp	347Wp	470Wp	350Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.90V	39.29V	43.01V	39.40V	43.12V	39.51V	43.22V	39.67V	43.32V	39.78V
Maximum Power Current (Imp)	10.49A	8.54A	10.58A	8.61A	10.67A	8.68A	10.76A	8.74A	10.85A	8.81A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.50V	48.61V	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.90V	48.99V	52.10V	49.18V
Short-circuit Current (Isc)	11.32A	9.14A	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.36A	11.68A	9.43A
Module Efficiency STC (%)	20.04%		20.26%		20.49%		20.71%		20.93%	
Operating Temperature(℃)	-40℃~+85℃									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.34%/℃									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/℃									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/℃									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2℃									

*STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. TR JKM450-470N-7RL3-(V)-A1-EN

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 4

RESULTADOS BONNETT

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6. RESULTADO FINAL

Cliente	RENOVA.SERVICIOS ELECTRICOS Y RENOVABLES E.I.R.L.		
Contacto	BRAYN NAVIO		
Zona	YARABAMBA, AREQUIPA	2500	msnm
Equipos:			
Motor:	HF 70 B -2 HP (1.5 Kw)/220-380 VAC ~6		PEDROLLO
Bomba -hidráulica	PEDROLLO HF 70B DE 2.0 HP. Ø 11/2" :		PEDROLLO
Panel:	470	Wp	JINKO 470
inversor Variador frecuencia Solar	VS212-12 A /3X220 VAC/3 HP	Nastec	

Arreglo fotovoltaico:			Cálculo de campo solar			Selección final
N° paralelos	x	N° paneles en serie (string)	N°paneles totales	kWp		
1	x	8	8	3.76	min	☑
1	x	9	9	4.23		☐
1	x	10	10	4.7	ideal	☐
1	x	11	11	5.17		☐
1	x	12	12	5.64	óptimo	☐
1	x	12	12	5.64		☐

6. RESULTADO FINAL

Cliente	RENOVA.SERVICIOS ELECTRICOS Y RENOVABLES E.I.R.L.		
Contacto	BRAYN NAVIO		
Zona	YARABAMBA, AREQUIPA	2500	msnm
Equipos:			
Motor:	10 HP (7.5 Kw)/220-380 VAC ~60 HZ		PEDROLLO
Bomba -hidráulica	10 HP		0
Panel:	470	Wp	JINKO 470
inversor Variador frecuencia Solar	VS425 - 25 A /3X400 VAC / 15HP	Nastec	

Arreglo fotovoltaico:			Cálculo de campo solar			Selección final
N° paralelos	x	N° paneles en serie (string)	N°paneles totales	kWp		
2	x	13	26	12.22	min	☑
2	x	14	28	13.16		☐
2	x	15	30	14.1	ideal	☐
2	x	15	30	14.1		☐
2	x	16	32	15.04	óptimo	☐
2	x	16	32	15.04		☐

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 5

PANELES SOLARES

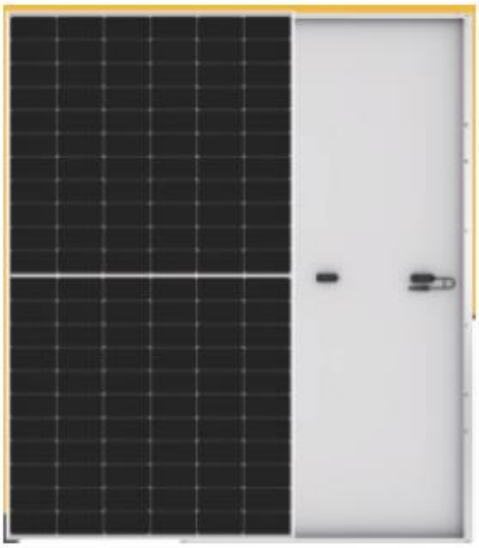
INTIPOWER

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

intipower



JM525~550H72

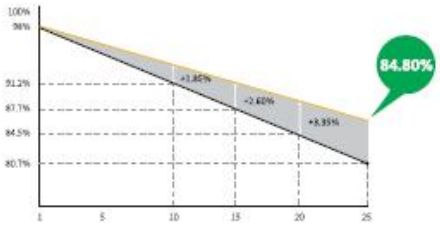
Alta Eficiencia

Desarrollo de bajo impacto
Celda trasera y emisor pasivo

12 años de garantía para materiales y procesamiento
25 años de garantía para linea de salida de potencia adicional

Certificaciones completas de sistemas y productos

+4.10%



IEC 61215, IEC 61730, ISO
ISO 9001:2008:Sistema de Gestión de Calidad ISO
ISO 14001:2004:Sistema de gestión ambiental ISO
OHSAS 18001:2007 Seguridad y Salud en el Trabajo

CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO

ALTA EFICIENCIA & BAJA ATENUACIÓN
Degradación <2%, usando una parte de oblea estándar de la línea de ensamblaje y tecnología de celda de medio corte

BUEN RENDIMIENTO DE GENERACION DE ENERGÍA EN SOMBRA
Diseño único de conexión en paralelo mayor rendimiento energético en caso de sombra

FUERTE RESISTENCIA A LOS PUNTOS CALIENTES
La potencia del panel solar de media celda aumenta y la temperatura del punto caliente se reduce debido a la menor corriente de trabajo

ADAPTABLE A AMBIENTES DE ALTA TEMPERATURA Y RADIACIÓN
Mayor rendimiento energético en condiciones de alta irradiación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Datos electricos

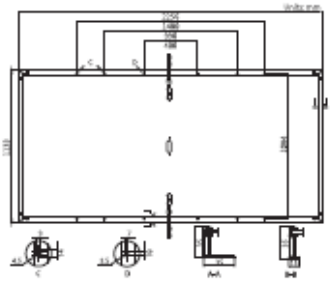
	JM550H72	
Condiciones de prueba	STD	NOCHE
Poder Máximo PMAX(WP)	550,0	411,1
Tolerancia al poder PMAX(%)	0~3	0~3
Tensión de alimentación máxima VMP(V)	41,95	38,97
Corriente de potencia máximaIMPP(A)	13,12	10,56
Circuito de de voltaje abierto VOC(V)	49,80	46,82
Corriente de cortocircuitoISC(A)	13,98	11,31
Eficiencia del módulo ηm(%)	21,50	

intipower

Datos Mecánicos

Celdas solares	Monocristalino
Orientación	144 celdas (6*24)
Dimension	2279*1134*35mm
Peso	27.2kg
Vidrio	Vidrio templado súper blanco anti reflejo
Cuadro	Aleación de aluminio anodizado
Caja	IP68 MC4 compatible
Cables	4.0mm²;N 300mm/P 300mm (La longitud del cable se puede personalizar)
Conector	Original MC4 Plus

Mapa de productos



Método de envío

	20GP	40HQ
Cantidad de cajas	31	31
Numero de cajas	5	20
Total	155	620

Calificaciones de temperatura

Coeficiente de temperatura de PMAX	-0.350%/°C
Coeficiente de temperatura de VOC	-0.270%/°C
Coeficiente de temperatura de ISC	+0.048%/°C

Propiedades mecánicas

Carga mecánica frontal (antinieve, viento)	5400pa
Carga mecánica trasera (resistencia al viento)	2400pa
Prueba de granizo	Granizo de 25 mm a una velocidad de 23 m/s

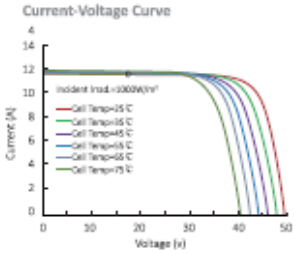
Máximos ratings

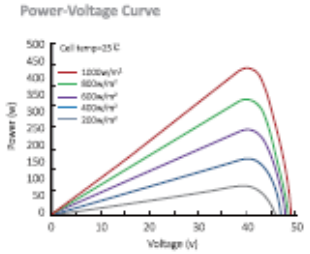
Tensión máxima del sistema	1500V DC
Valores nominales de fusibles	20A

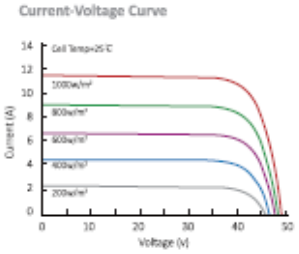
Parámetros de calidad

12 años de garantía de mano de obra del producto
25 años de garantía de potencia lineal

Curva IV







Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 6

PANELES SOLARES

JA SOLAR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

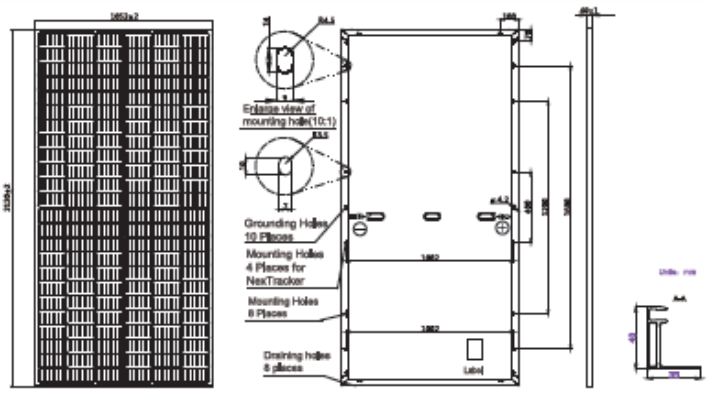
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

JA SOLAR

JAM72S20 440-465/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	25.0kg±3%
Dimensions	2120±2mm×1052±2mm×40±1mm
Cable Cross Section Size	4mm² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144 (6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	27pcs/pallet 594pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	440	445	450	455	460	465
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.40	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	40.90	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.28	11.32	11.36	11.41	11.45	11.49
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.76	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96
Module Efficiency [%]	19.7	20.0	20.2	20.4	20.6	20.8
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α_Isc)	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β_Voc)	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ_Pmp)	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	333	336	340	344	348	352
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.40	46.65	46.90	47.15	47.38	47.61
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.70	38.95	39.19	39.44	39.68	39.90
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.16	9.20	9.25	9.29	9.33	9.38
Max Power Current(Imp) [A]	8.60	8.64	8.68	8.72	8.76	8.81
NOCT	Irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1.5G					

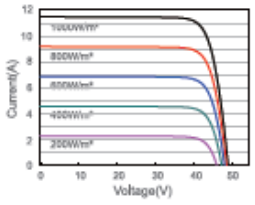
*For NexTracker installations ,Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.

OPERATING CONDITIONS

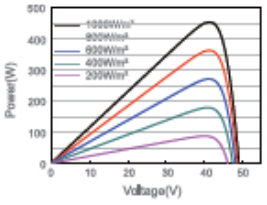
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40℃~+85℃
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front*	5400Pa
Maximum Static Load,Back*	2400Pa
NOCT	45±2℃
Safety Class	Class Ⅱ
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

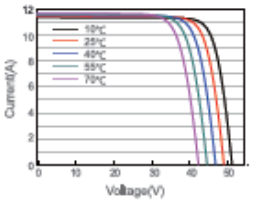
Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Premium Cells, Premium Modules Version No. : Global_EN_20200402A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 7

VARIADOR

MARCA VASCO SOLAR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

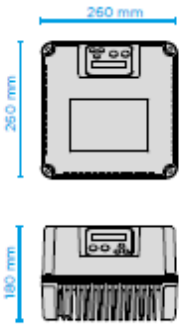
Especificaciones técnicas

Modelo	Vin DC VDC	Vin AC * VAC	Vin, P1 nom** VDC	Max Vout VAC	Max I out A	Potencia motor P2*** VAC	kW	Talla
VS212	160 - 650	3x190-520	> 320	3 x 250	12	3 x 230	2,2	2
VS409	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	9	3 x 400	3	2
VS412	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	12	3 x 400	4	2
VS415	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	15	3 x 400	5,5	2
VS418	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	18	3 x 400	7,5	2
VS425	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	25	3 x 400	11	2
VS430	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	30	3 x 400	15	2
VS438	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	38	3 x 400	18,5	3
VS448	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	48	3 x 400	22	3
VS465	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	65	3 x 400	30	3
VS485	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	85	3 x 400	37	3
VS4100	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	100	3 x 400	45	3
VS4118	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	118	3 x 400	55	3
VS4158	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	158	3 x 400	75	4
VS4198	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	198	3 x 400	93	4
VS4228	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	228	3 x 400	110	4
VS4268	320 - 850	3x190-520	> 560	3 x 460	268	3 x 400	132	4

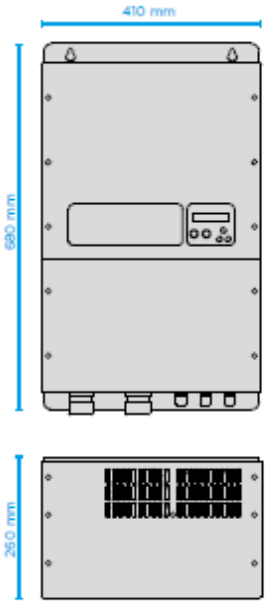
* Potencia de AC disponible solo para los modelos MP (MultiPower).
**Voltaje de entrada necesaria para obtener el 100% de la potencia nominal del motor.
***Potencia típica del motor. Se recomienda referirse a la corriente nominal del motor para seleccionar el modelo.

Características generales

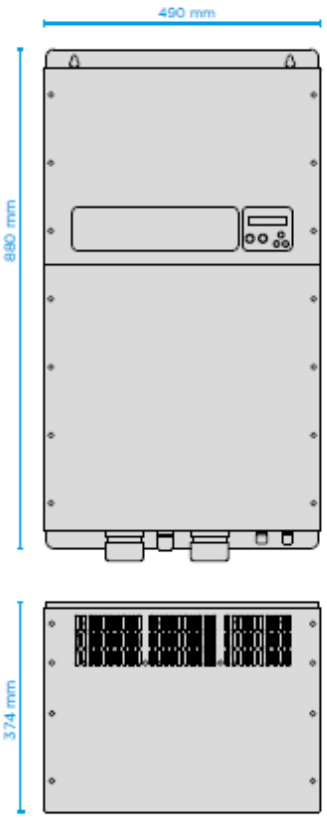
- Temperatura ambiente nominal: da -10 a 50 °C
- Temperatura de funcionamiento: da -10 a 60 °C
- Altitud máxima a plena carga: 1000 m.
- Grado de protección:
  IP66 (NEMA 4X) (Talla 2), IP54 (NEMA 12) (Talla 3, 4).
- Salidas digitales configurables N.A o N.C:
  1. Señal de funcionamiento del motor.
  2. Señal de alarma.
- Entradas analógicas (10 o 15 VDC):
  1. 4-20 mA
  2. 4-20 mA
  3. 4-20 mA o 0-10 VDC
  4. 4-20 mA o 0-10 VDC
- 4 entradas digitales configurables N.A. o N.C., para arrancar y parar el motor.
- MODBUS RTU RS485
  Bluetooth® SMART (4.0)



Talla 2



Talla 3



Talla 4

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 8

TUBO CUADRADO

DE ACERO ASTM A500

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TUBO CUADRADO DE ACERO ASTM A500



El tubo cuadrado de acero estructural laminado al caliente (LAC), presenta una soldadura interna con el sistema ERW. Son ampliamente utilizados en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, etc.

Especificaciones: ASTM A500, AISI A500

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.
Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas		
	Límite de Fluencia (Mpa) mín.	269
	Resistencia a la Tracción (Mpa) mín.	310
	Elongación Probeta 8"	25.0% mínimo

Tolerancias	
Espesor	+/- 10%
Longitud	+127 / -64

Dimensiones		Espesor	Peso Teórico	
mm	pulg	mm	Kg/m	Kg
20 x 20	3/4" x 3/4"	0.9	0.49	2.96
		1.5	0.86	5.14
		2	1.04	6.24
25 x 25	1" x 1"	1.5	1.06	6.37
		2	1.46	8.76
		2.5	1.67	10.02
		3.0	1.93	11.58
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1.2	1.04	6.24
		1.5	1.30	7.80
		1.8	1.68	10.08
		2	1.86	11.16
		2.5	2.17	13.02
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	1.5	1.77	10.62
		1.8	2.03	12.18
		2	2.24	13.46
		2.5	2.99	17.94
		3	3.54	21.24
		4.5	4.52	27.12
50 x 50	2" x 2"	1.2	1.87	11.24
		1.5	2.25	13.50
		1.8	2.70	16.20
		2	3.12	18.73
		2.5	3.87	23.23
		3	4.49	26.94
		4	6.57	39.41
		4.5	6.02	36.12
		6	8.54	51.21
60 x 60	2 1/2" x 2 1/2"	2	3.56	21.36
		2.5	4.39	26.34
		3	5.19	31.14
		4	7.14	42.86
		4.5	7.43	44.58
75 x 75	3" x 3"	1.5	3.41	20.43
		2	4.50	27.00
		2.5	5.56	33.36
		3	6.81	40.86
		4	8.59	51.54
		4.5	9.55	57.30
		6	13.11	78.66
100 x 100	4" x 4"	2	6.17	36.99
		2.5	7.68	46.05
		3	9.20	55.21
		4	12.17	73.03
		4.5	13.59	81.56
		6	16.98	101.88
		9.5	25.70	154.20
125 x 125	5" x 5"	3	11.31	67.86
		4	14.87	89.22
		4.5	17.17	103.02
		4.7 (3/16")	17.81	106.86
		6	21.69	130.14
		6.35(1/4")	23.24	139.44
150 x 150	6" x 6"	3	13.67	82.02
		4	18.01	108.06
		4.5	20.80	124.80
		6	27.39	164.32
200 x 200	8" x 8"	3	18.63	111.76
		4	24.29	145.74
		4.5	27.77	166.64
		4.7	29.21	175.26
		6.0	35.82	214.92
		8	48.68	292.10
		9	52.34	314.04
		9.5	56.08	336.48
250 x 250	10" x 10"	4.7 (3/16")	36.86	221.14
		6	45.24	271.44
300 x 300	12" x 12"	6	54.66	327.96
		8	73.82	442.90

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 9

PLANCHAS DE ACERO

ASTM A36

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Planchas de Acero ASTM A36



PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Se mide en espesor x ancho x largo

Propiedades Mecánicas	
Límite de Fluencia (kg/mm2)	24 min.
Resistencia a la Tracción (kg/mm2)	41 min
Alargamiento (%) en 50 mm	18 min.

NORMA TÉCNICA	GRADO B				
	C	Mn	P	S	Si
A36	0.25	0.8-1.2 máx	0.040 máx	0.050 máx	0.40 máx

Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg/ plancha
1.5	1/16"	1200	4	2400	8	33.91
2.0	5/64"	1200	4	2400	8	44.05
2.5	3/32"	1200	4	2400	8	55.55
2.9	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
3.0	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
		1500	5	3000	10	109.2
4.4	3/16"	1200	4	2400	8	99.48
4.5	3/16"	1200	4	2400	8	100.50
		1500	5	3000	10	164.5
5.9	1/4"	1200	4	2400	8	133.39
6.0	1/4"	1200	4	2400	8	134.81
		1500	5	3000	10	212.00
		1500	5	6000	20	423.90
7.9	5/16"	1200	4	2400	8	178.34
8.0	5/16"	1200	4	2400	8	180.60
		1500	5	6000	20	565.20
		2400	8	6000	20	904.32
8.9	3/8	1200	4	2400	8	201.00
9.0	3/8"	1200	4	2400	8	203.26
		1500	5	3000	10	318.00
		1500	5	6000	20	635.85
		2400	8	6000	20	10173.36
11.9	1/2"	1200	4	2400	8	278
12.0	1/2"	1200	4	2400	8	279.90
		1500	5	3000	10	424.00
		1500	5	6000	20	847.80
		2400	8	6000	20	1356.48
		3000	10	6000	20	1695.60
16	5/8"	1200	4	2400	8	363.74
		1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1808.64
		3000	10	6000	20	2260.80
19	3/4"	1200	4	2400	8	433.60
		1500	5	3000	10	671.175
		1500	5	6000	20	1342.35
		2400	8	6000	20	2147.76
		3000	10	6000	20	2684.70
25	1"	1500	5	6000	20	1766.25
		2400	8	6000	20	2826.00
		3000	10	6000	20	3532.50
32	1 1/4"	1500	5	6000	20	2260.80
		2400	8	6000	20	3617.28
		3000	10	6000	20	4521.60
38	1 1/2"	1500	5	6000	20	2684.70
		2400	8	6000	20	4295.52
		3000	10	6000	20	5369.40
50	2"	1500	5	6000	20	3532.50
		2400	8	6000	20	5652.00
		3000	10	6000	20	7065.00

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 10

TUBO LAC

ASTM A500

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tubo LAC ASTM A500



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

NORMAS TÉCNICAS

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

USOS

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

PRESENTACIÓN

1. Longitud:
   - Redondos: 6.40 m y 6 m.
   - Cuadrados y rectangulares: 6 m.
   - Otras longitudes a pedido.

2. Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Sección	Norma técnica		Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación mínimo
	Del tubo	Del acero				
Redondo	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTM A 1011 CS TIPO B		-	¤ 290	¤ 25
Cuadrado	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	A	269	310	25
	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 1011 CS TIPO B		-	¤ 290	¤ 25
Rectángulo	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	B	269	310	25
	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 1011 CS TIPO B		-	¤ 290	¤ 25

(¤) Dimensiones y Tolerancias.

DESIGNACIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m

Designación Nominal		Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm) 1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	3.3	4.0	4.5	6.0
REDONDO NOMINAL	1/4"	13.70		0.53	0.58	0.65						
	3/8"	17.10		0.68	0.75	0.84						
	1/2"	21.30		0.87	0.95	1.08	1.16	1.35				
	3/4"	26.70		1.11	1.22	1.38	1.49	1.75				
	1"	33.40		1.40	1.55	1.76	1.91	2.25				
	1 1/4"	42.20		1.79	1.98	2.26	2.45	2.90				
	1 1/2"	48.30		2.06	2.28	2.61	2.82	3.35	3.66	4.37		
	2"	60.30		2.60	2.88	3.29	3.56	4.24	4.64	5.56		
	¤ 2 1/2"	73.00			3.50		4.35	5.18	5.67	6.81		
	3"	88.90			4.29		5.33	6.36	6.97	8.38		
	4"	114.30			5.54		6.90	8.24	9.04	10.88		
CUADRADO L.E.	-	25 x 25	1.06		1.46							
	-	30 x 30	1,30		1.70							
	-	40 x 40	1.78		2.24			3.32				
	-	50 x 50	2.25		3.12		3.87	4.32				
	2"	50,8			3.12		3.87	4.32				
	-	75 x 75			4.50		5.56	6.81				
	-	100 x 100			6.17		7.68	9.17		12.13	13.59	16.98

(¤) Dimensiones y Tolerancias.

SISTEMA INGLÉS

Designación Nominal		Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm) 1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0
CUADRADO L.E.	1"	-	1.36	1.50	1.70	1.84	2.17			
	1 1/4"	-	1.71	1.90	2.16	2.34	2.77			
	1 1/2"	-	2.07	2.29	2.62	2.84	3.37			
	2"	-	2.79	3.09	3.54	3.83	4.56	5.99		
	3"	-		4.69	5.37	5.83	6.96	9.18		
	4"	-		6.28		7.82	9.35	12.37	13.86	
RECT. L.E.	1" x 2"	-	2.10	2.32						
	2" x 3"	-	3.54	3.92		4.87	5.81			
	2" x 4"	-		4.71		5.85	6.98	9.21	10.31	
	2" x 6"	-		6.34		7.89	9.43	12.48	13.98	
	4" x 10"	-								34.60

SISTEMA MÉTRICO

	Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm) 1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0
CUADRADO L.E.	25	1.12	1.33	1.47	1.81							
	30		1.62	1.79								
	38		2.07	2.29	2.83	3.36						
	40		2.18	2.41	2.99	3.55						
	50		2.75	3.04	3.77	4.49		6.57	8.53			
	75			4.61	5.73	6.84	9.03	10.10	13.24			
	80			4.93	6.13	7.31	9.65	10.81				
	100			6.18	7.70	9.20	12.17	13.63	17.95			
	125					11.55		17.16	22.66			
	150					13.91		20.70	27.37	36.10	44.64	
	200					18.62		27.76	36.79	48.66	60.34	
	250							34.83	46.21	61.22	76.04	
	300									73.79	91.74	109.49
	400										123.14	147.18
RECTÁNGULO L.E.	20 x 40	1.35		1.70								
	25 x 50	1.65	2.04	2.26								
	40 x 50		2.46	2.73								
	40 x 60	2.26	2.75	3.03	3.60	4.25						
	40 x 80	2.71		3.66	4.39	5.19						
	50 x 70			3.67	4.56	5.43						
	50 x 75					5.42						
	50 x 100		4.16	4.50	5.56	6.60	8.59	10.10	13.24			
	50 x 150			6.17	7.68	9.17	11.73	13.63	17.95			
	150 x 100				9.66	11.55	15.31	17.16	22.66			
	200 x 100					13.91	18.45	20.70	27.37	36.10	44.54	
	200 x 150					16.26	21.59	24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 100							24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 150							27.76	36.79	48.66	60.34	
	300 x 200								46.21	61.22	76.04	90.65
	400 x 200										91.74	109.49
	500 x 300										123.14	147.18

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 11

PARA RAYOS

PDC THOR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

para-rayos
Desde 1976
Ingeniería en protección eléctrica

Mail: info@syzcominsa.pe | Web: syzcominsa.pe

PDC THOR



PRESENTACIÓN

PDC THOR es un pararrayos ionizante no radioactivo. Cumple con los estándares de calidad del fabricante.

PDC THOR trabaja bajo el principio de cebado. Se utiliza como el elemento que induce al trazador ascendente que captura al trazador descendente desde las nubes en la formación del rayo y conduce a este hacia el sistema de puesta a tierra, se recomienda una puesta a tierra independiente de baja resistencia (<10 Ohm).

PDC THOR está conformado por un cuerpo cónico esferoide, dieléctricamente separado del asta central o punta del pararrayos, mediante un núcleo de alta impedancia.

IDENTIFICACIÓN

Nombre comercial: **Pararrayos PDC THOR**
Tipo: **PDC**
Norma: **Referenciado en la norma NFC 17102 - UNE 21186**

NOTA: Fabricación nacional incluye certificado de pruebas emitido por la UNI (2001).

CARACTERÍSTICAS

DIMENSIONES	
Peso Bruto	2.9 Kg
Peso Neto	2.1 kg
Altura (h)	0.42 m
Diámetro (d)	0.30 m

EMPRESA	CERTIFICACIÓN	N° DE CERTIFICADO	RESULTADOS
UNI	TÉCNICA	Laboratorio de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)	Determinó el funcionamiento del pararrayos como PDC.

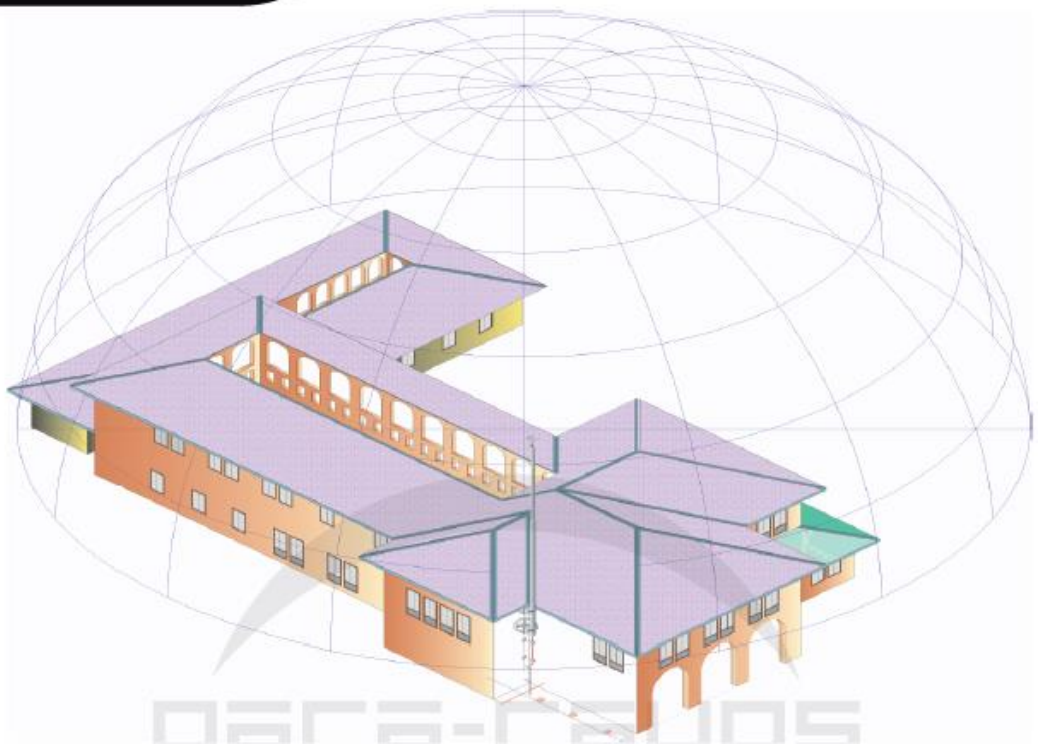
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

para-rayos
Desde 1976
Ingeniería en protección eléctrica

Mail: info@syzcominsa.pe | Web: syzcominsa.pe



RADIO DE PROTECCION

RADIO DE PROTECCION DEL PDC THOR				
Altura (m)	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV
2	31	35	39	43
5	79	86	97	107
8	79	87	98	108
10	79	88	99	109
15	80	89	101	111
20	80	89	102	113
30	79	90	104	116
45	76	89	105	119
60	69	85	104	120

SyZ Cominsa SRL | Dirección: Jirón Huantar # 272 - Lima - Lima | Código Postal: LIMA 05 | Tel: (0051) 743-9595

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 12

PERNOS DE ANCLAJE

MARCA HILTI

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Allowable stress design information

The load tables in this section were developed for use in NQA projects utilizing allowable stress anchorage design when appropriate per their design basis. The load values were developed based on testing per ACI 355.2 and ASTM E488. Additional information, including complete details on this product, data development, product specifications, general suitability, installation, and corrosion, will be included in the North American Product Technical Guide: Volume 2: Anchor Fastening Technical Guide, Edition 21 (PTG 21).

Table 1 - Setting information

Setting information	Symbol	Units	Nominal anchor diameter (in)														
			1/4	3/8			1/2				5/8			3/4			1	
Nominal bit diameter	d_o	in.	1/4	3/8			1/2				5/8			3/4			1	
Effective min. embedment	h_{ef}	in.	1-1/2	1-1/2	2	2-1/2	1-1/2 [1]	2	2-1/2	3-1/4	2-3/4	3-1/4	4	3-1/4	3-3/4	4-3/4	4	5-3/4
		(mm)	(38)	(38)	(51)	(64)	(38)	(51)	(64)	(83)	(70)	(83)	(102)	(83)	(95)	(121)	(102)	(146)
Nominal embedment	h_{nom}	in.	1-3/4	1-7/8	2-1/2	3	2 [1]	2-1/2	3	3-3/4	3-1/4	3-3/4	4-1/2	4	4-1/2	5-1/2	4-5/8	6-3/8
		(mm)	(44)	(48)	(64)	(76)	(51)	(64)	(76)	(95)	(83)	(95)	(114)	(102)	(114)	(140)	(117)	(162)
Min. hole depth	h_o	in.	2	2	2-3/4	3-1/4	2-1/4 [1]	2-3/4	3-1/4	4-1/4	3-3/4	4-1/4	4-3/4	4-1/4	4-3/4	5-3/4	5	6-3/4
		(mm)	(51)	(51)	(70)	(83)	(57)	(70)	(83)	(108)	(95)	(108)	(121)	(108)	(121)	(146)	(127)	(171)
Installation torque carbon steel[1]	T_{inst}	ft-lb	4	30			50				40			110			185	
		(Nm)	(5)	(41)			(68)				(54)			(149)			(251)	
Installation torque stainless steel[1]	T_{inst}	ft-lb	6	30			40				60			125			185	
		(Nm)	(8)	(41)			(54)				(81)			(169)			(251)	
Fixture hole diameter	d_h	in.	5/16	7/16			9/16				11/16			13/16			1-1/8	
		(mm)	(7.9)	(11.1)			(14.3)				(17.5)			(20.6)			(28.6)	

[1] Design information for h_{ef} = 1-1/2 is only applicable to carbon steel (CS) KB-TZ2 bolts.

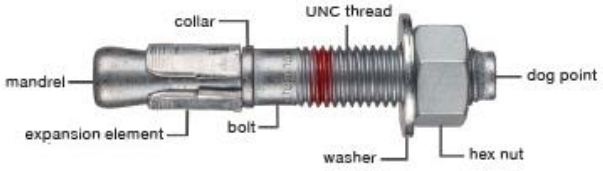


Figure 1 — Hilti carbon steel KWIK BOLT TZ (KB-TZ2)

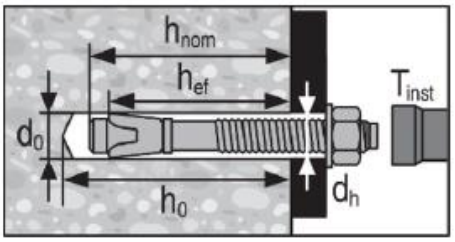


Figure 2 — Hilti KB-TZ2 installed

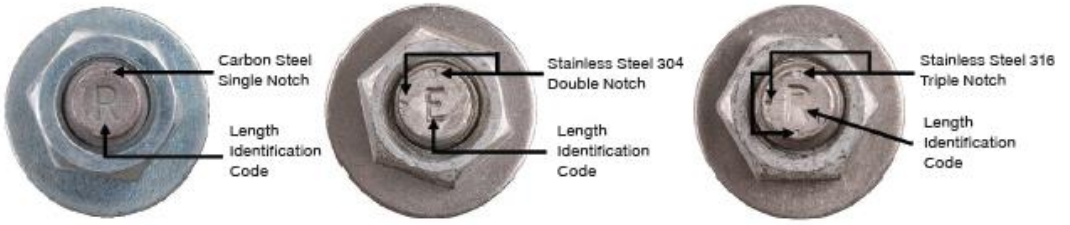


Figure 3 — Bolt head with length identification code and KB-TZ2 head notch embossment

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

KB-TZ2 Portfolio

Table 24 - Hilti KB-TZ2 carbon steel product portfolio

Description	Length (in)	Length ident. letter	Thread length (in)	Nominal embed. 1 (in)	Min. fixture thickness 1 (in)	Max. fixture thickness 1 (in)	Nominal embed. 2 (in)	Min. fixture thickness 2 (in)	Max. fixture thickness 2 (in)	Nominal embed. 3 (in)	Min. fixture thickness 3 (in)	Max. fixture thickness 3 (in)	Nominal embed. 4 (in)	Min. fixture thickness 4 (in)	Max. fixture thickness 4 (in)	Qty.
KB-TZ2 1/4x2-1/8	2-1/8	B	7/8	1-3/4	0	1/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
KB-TZ2 1/4x2-1/2	2-1/2	C	1 1/4	1-3/4	0	1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
KB-TZ2 1/4x3-1/4	3-1/4	D	2	1-3/4	0	1-1/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
KB-TZ2 1/4x4-1/2	4-1/2	G	3	1-3/4	1/8	2-1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
KB-TZ2 3/8x2-1/2	2-1/2	C	1	1-7/8	0	1/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
KB-TZ2 3/8x3	3	D	1 1/2	1-7/8	0	3/4	2-1/2	0	1/4	-	-	-	-	-	-	50
KB-TZ2 3/8x3-1/2	3-1/2	Ω	2	1-7/8	0	1-1/4	2-1/2	0	3/4	3	0	1/4	-	-	-	50
KB-TZ2 3/8x3-3/4	3-3/4	E	2 1/4	1-7/8	0	1-1/2	2-1/2	0	1	3	0	1/2	-	-	-	50
KB-TZ2 3/8x5	5	H	3 1/2	1-7/8	0	2-3/4	2-1/2	0	2-1/4	3	0	1-3/4	-	-	-	50
KB-TZ2 3/8x7	7	L	4 7/8	1-7/8	1/2	4-3/4	2-1/2	0	4-1/4	3	0	3-3/4	-	-	-	50
KB-TZ2 1/2x3	3	D	1 1/8	2	1/4	1/2	2-1/2	0	0	-	-	-	-	-	-	20
KB-TZ2 1/2x3-3/4	3-3/4	E	1 5/8	2	1/2	1-1/4	2-1/2	0	3/4	3	0	1/4	-	-	-	20
KB-TZ2 1/2x4-1/2	4-1/2	G	2 3/8	2	1/2	2	2-1/2	0	1-1/2	3	0	1	3-3/4	0	1/4	20
KB-TZ2 1/2x5-1/2	5-1/2	I	3 3/8	2	1/2	3	2-1/2	0	2-1/2	3	0	2	3-3/4	0	1-1/4	20
KB-TZ2 1/2x7	7	L	4 3/4	2	5/8	4-1/2	2-1/2	1/8	4	3	0	3-1/2	3-3/4	0	2-3/4	20
KB-TZ2 1/2x8-1/2	8-1/2	O	4 7/8	2	2	6	2-1/2	1-1/2	5-1/2	3	1	5	3-3/4	1/4	4-1/4	20
KB-TZ2 1/2x10	10	R	4 7/8	2	3-1/2	7-1/2	2-1/2	3	7	3	2-1/2	6-1/2	3-3/4	1-3/4	5-3/4	20
KB-TZ2 5/8x4-1/4	4-1/4	F	2 1/4	3-1/4	0	3/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
KB-TZ2 5/8x4-3/4	4-3/4	G	2 3/4	3-1/4	0	7/8	3-3/4	0	3/8	-	-	-	-	-	-	15
KB-TZ2 5/8x5-1/2	5-1/2	I	3 1/2	3-1/4	0	1-5/8	3-3/4	0	1-1/8	4-1/2	0	3/8	-	-	-	15
KB-TZ2 5/8x6	6	J	4	3-1/4	0	2-1/8	3-3/4	0	1-5/8	4-1/2	0	7/8	-	-	-	15
KB-TZ2 5/8x7	7	L	4 7/8	3-1/4	0	3-1/8	3-3/4	0	2-5/8	4-1/2	0	1-7/8	-	-	-	15
KB-TZ2 5/8x8-1/2	8-1/2	O	6 1/2	3-1/4	0	4-5/8	3-3/4	0	4-1/8	4-1/2	0	3-3/8	-	-	-	15
KB-TZ2 5/8x10	10	R	7 1/8	3-1/4	1/8	6-1/8	3-3/4	0	5-5/8	4-1/2	0	4-7/8	-	-	-	15
KB-TZ2 3/4x4-3/4	4-3/4	G	2 1/2	4	0	1/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
KB-TZ2 3/4x5-1/2	5-1/2	I	3 1/4	4	0	7/8	4-1/2	0	3/8	-	-	-	-	-	-	10
KB-TZ2 3/4x6-1/4	6-1/4	J	3 1/4	4	0	1-5/8	4-1/2	0	1-1/8	5-1/2	0	1/8	-	-	-	10
KB-TZ2 3/4x7	7	L	4	4	0	2-3/8	4-1/2	0	1-7/8	5-1/2	0	7/8	-	-	-	10
KB-TZ2 3/4x8	8	N	5	4	0	3-3/8	4-1/2	0	2-7/8	5-1/2	0	1-7/8	-	-	-	10
KB-TZ2 3/4x9	9	P	6	4	0	4-3/8	4-1/2	0	3-7/8	5-1/2	0	2-7/8	-	-	-	10
KB-TZ2 3/4x10	10	R	7	4	0	5-3/8	4-1/2	0	4-7/8	5-1/2	0	3-7/8	-	-	-	10

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 13

TORRE LAYHER

ANDAMIO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Layher®

Siempre más. El sistema de andamios.

TORRE LAYHER ZIFA / ZIFA 2P
INSTRUCCIONES DE MONTAJE Y USO



Edición 05.2017

Sistema de montaje 2P
y requisitos mínimos
según DIN EN 1004.
Plataforma móvil de trabajo
según DIN EN 1004:2005-03.
Plataforma de trabajo
0,75 x 1,8 m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Modelos de torre
Diseño: Requisitos mínimos según DIN EN 1004
620 – 625




620


621


622


623


624


625

Modelo de torre	620	621	622	623	624	625
Altura de trabajo [m.]	2,86	3,61	4,11	4,26	5,76	7,26
Altura de la torre [m.]	1,83	2,83	3,33	3,48	4,98	6,48
Altura de plataforma [m.]	0,86	1,61	2,11	2,26	3,76	5,26
Peso [kg.] (sin lastre)	41,1	57,2	85,3	113,0	140,2	199,5
Lastre (en unidades)						
Interior (uso en espacios cerrados)						
Central	I4 r4*	I6 r6	I8 r8	0	I2 r2	I4 r4
Lateral	X	X	X	0	L2 R4	L0 R8
Lateral apoyado	I4 r0*	I6 r0	I8 r0	0	L4 R0	L8 R0
Exterior (uso a la intemperie)						
Central	I4 r4*	I6 r6	I8 r8	0	I2 r2	I4 r4
Lateral	X	X	X	0	L0 R4	L0 R10
Lateral apoyado	I4 r0*	I6 r0	I8 r0	0	L4 R0	L8 R0

* Los lastres sólo son necesarios si se utiliza el marco para acceder por el exterior de la torre.

X = no se puede / no está permitido. 0 = no necesita lastre. Especificado con lastres de10 kg cada uno.
Para el lastrado use los lastres Layher ref. 1249.000, de 10 kg. de peso por unidad. Estos lastes se fijan rápidamente y con seguridad mediante grapas con discos de apriete.
No utilice lastres de materiales líquidos o granulados. El peso del lastre debe distribuirse uniformemente a todos los puntos de fijación del lastrado (ver páginas 22 y 23).

Ejemplo: I2, r2 → Se deben colocar 2 lastres de 10 kg. en lado izquierdo del marco y 2 lastres de 10 kg. en el lado derecho.
L6, R16 → Se deben colocar 6 lastres de 10 kg. en lado izquierdo del marco y 16 lastres de 10 kg en el lado derecho.

r y R en el caso del montaje lateral en el lado mirando hacia afuera; l y L se refieren al lado que mira la torre (ver sección 9, lastres, páginas 22 y 23).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

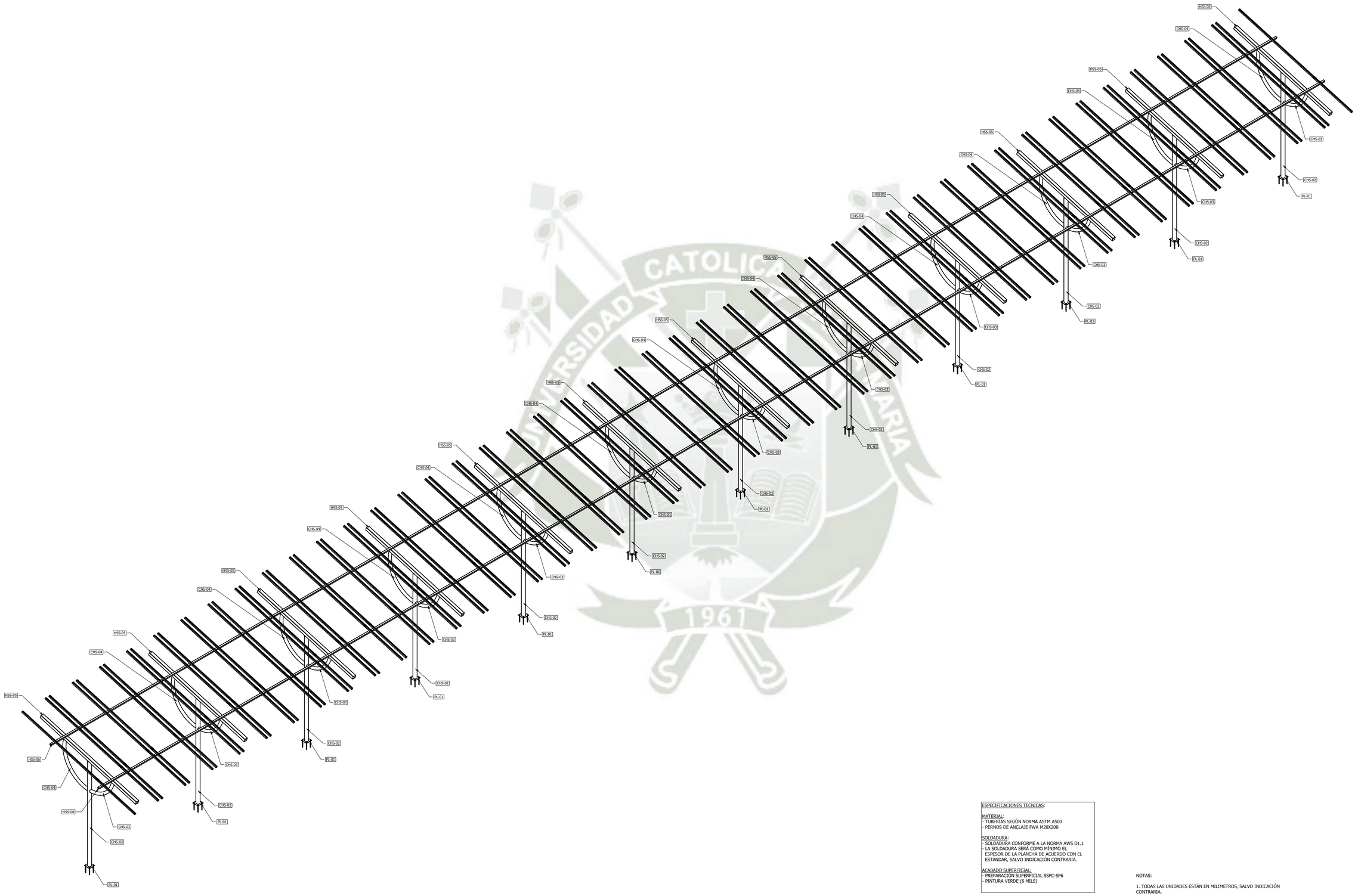
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 14

PLANOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



ESPECIFICACIONES TECNICAS:

MATERIAL:
- TUBERÍAS SEGÚN NORMA ASTM A500
- PERNOS DE ANCLAJE FWA M20X200

SOLDADURA:
- SOLDADURA CONFORME A LA NORMA AWS D1.1
- LA SOLDADURA SERÁ COMO MÍNIMO EL ESPESOR DE LA PLANCHA DE ACUERDO CON EL ESTÁNDAR, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.

ACABADO SUPERFICIAL:
- PREPARACIÓN SUPERFICIAL SSPC-SP6
- PINTURA VERDE (6 MILS)

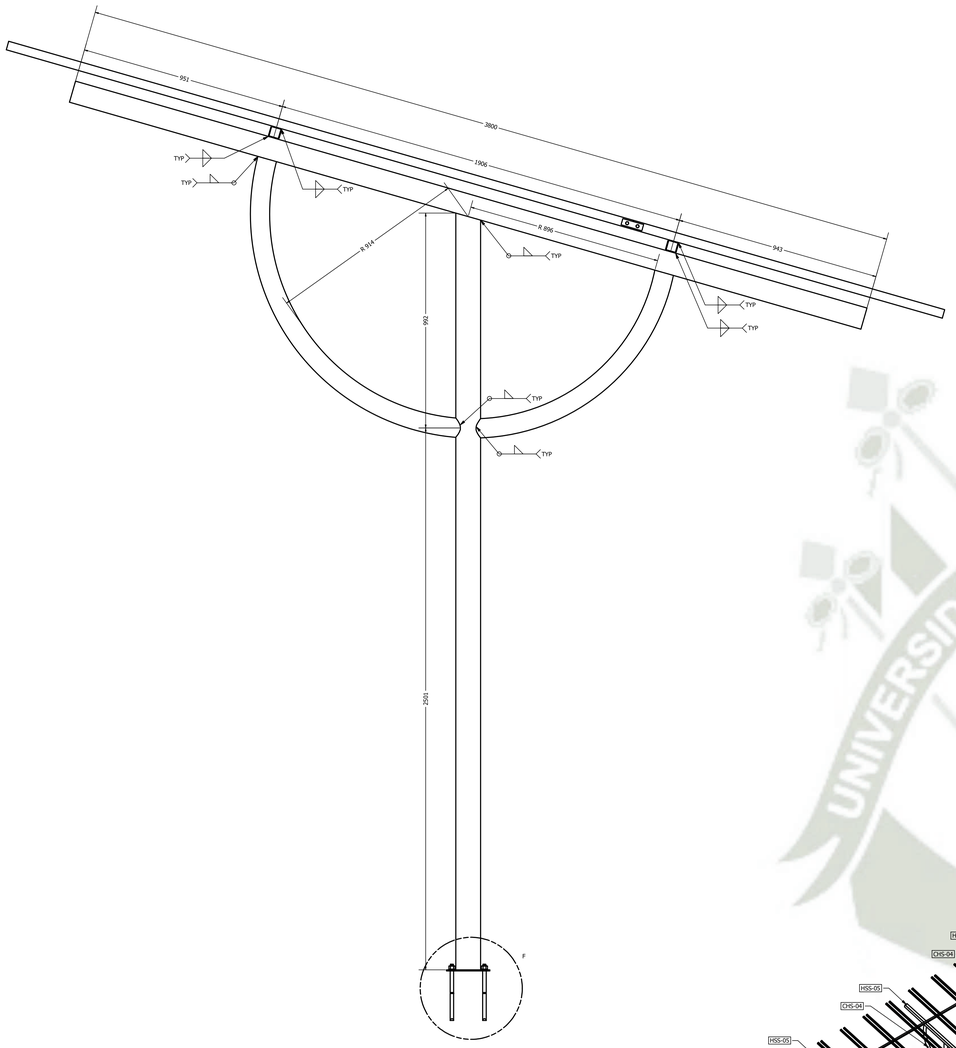
NOTAS:

1. TODAS LAS UNIDADES ESTÁN EN MILIMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.

SOPORTE PANELES FOTOVOLTAICOS

Nº	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)
1	PL-01	HSS 1200 mm X 2400 mmx 5mm	1	100.5	100.5
2	CHS-02	CHS 4" X 3 mm	12	8.24	98.88
3	CHS-03	CHS 3" X 3 mm	12	6.36	76.32
4	CHS-04	CHS 3" X 3 mm	12	6.36	76.32
5	HSS-05	SHS 4"x 4" x 3 mm	12	9.20	110.4
6	HSS-06	SHS 2"x 2" x 3 mm	16	4.49	71.84
7		Anclaje KB-TZ2 5/8" x 7"	48	-	-
8		Riel strut 3000mm de 41"x 41" (*)	45	-	-
9		Riel strut 3000mm de 41"x 41"	90	-	-
					534.26

Nº de Piezas:	Denominación	Norma	Material	Marca	Dimensiones en mm
	Nombre:	Fecha:	Universidad Católica de Santa María		
Elaboró:	Alcázar Vásquez/Navío Martínez	21/01/2024	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica		
Revisó:	Valencia Salas Mario	21/01/2024			
Escala:	ESTRUCTURA SOPORTE DE PANELES FOTOVOLTAICOS				Pág: 1
					Págs: 2

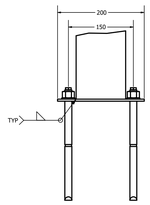




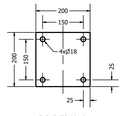
VISTA FRONTAL
ESCALA 1/8



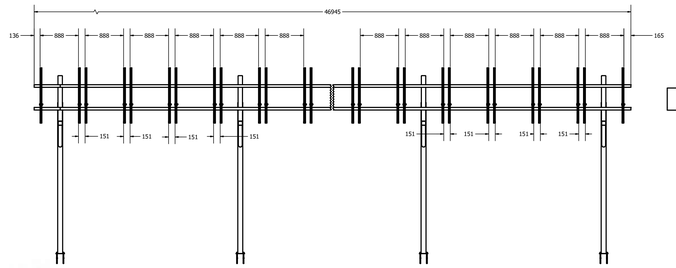
VISTA LATERAL
ESCALA 1/8



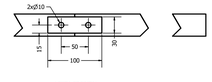
DETALLE F
ESCALA 1 / 5



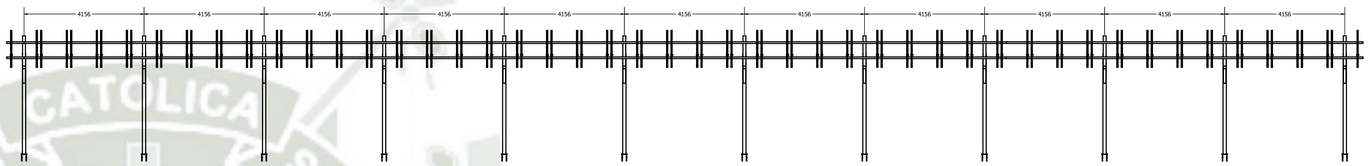
ELEMENTO / PL-01
MATERIAL: A36 HSS 2" X 2"
CANT. 12 UNID



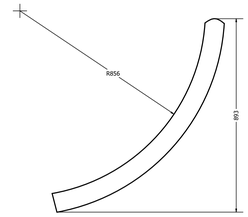
VISTA FRONTAL
ESCALA 1/75



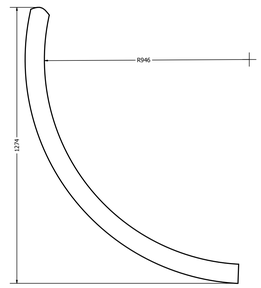
VISTA FRONTAL
ESCALA 1/4



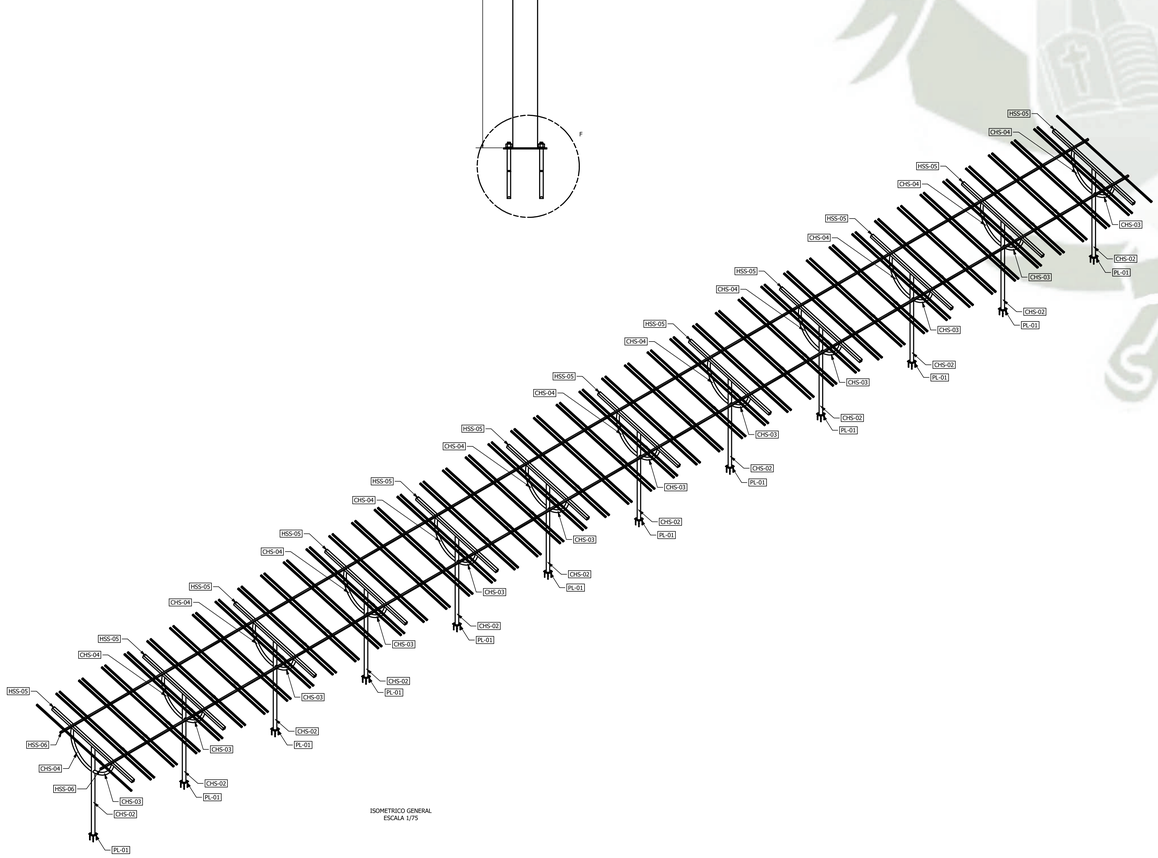
VISTA FRONTAL
ESCALA 1/75



ELEMENTO / CHS-03
MATERIAL: ASTM A500 CHS 3" X 3
CANT. 12 UNID



ELEMENTO / CHS-04
MATERIAL: ASTM A500 CHS 3" X 3
CANT. 12 UNID

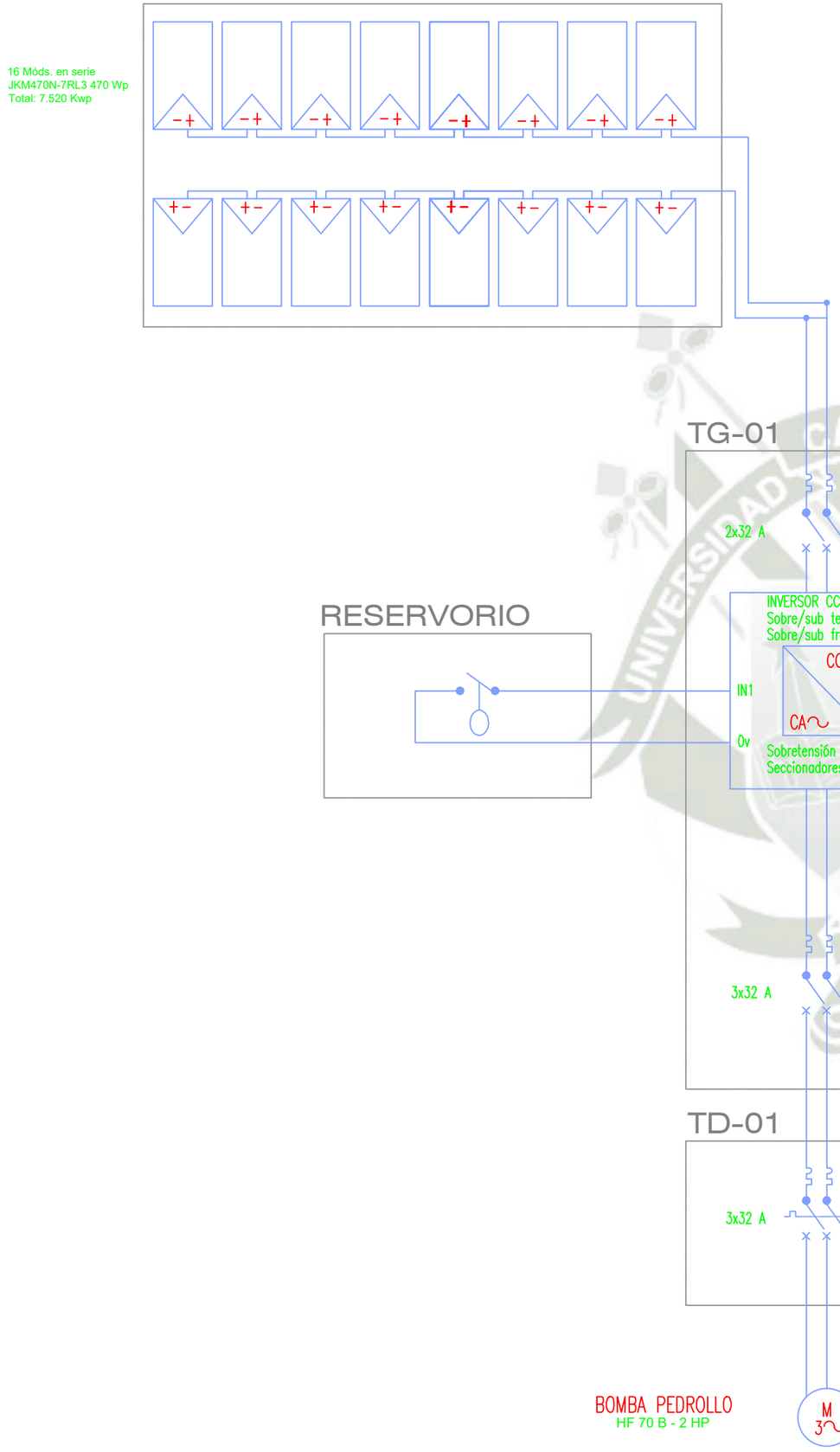


ISOMETRICO GENERAL
ESCALA 1/75

NOTAS:

1. TODAS LAS UNIDADES ESTÁN EN MILIMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.

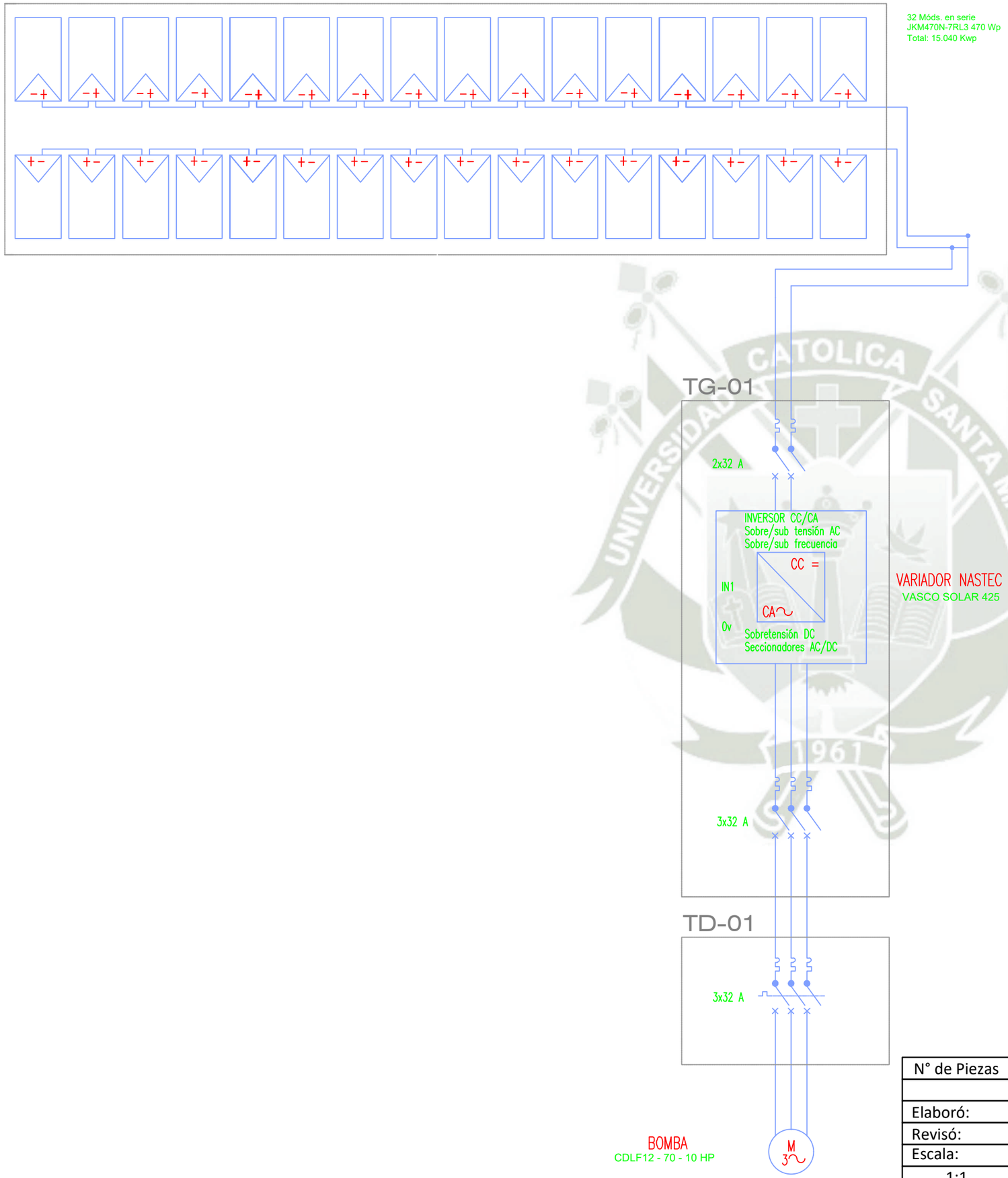
Nº de Piezas:	Denominación	Norma	Material	Marca	Dimensiones en mm
	Nombre:	Fecha:	Universidad Católica de Santa María		
Elaboró:	Alcázar Vásquez/Navío Martínez	21/01/2024	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica		
Revisó:	Valencia Salas Mario	21/01/2024			
Escala:	ESTRUCTURA SOPORTE DE PANELES FOTOVOLTAICOS				Pág: 2
					Págs: 2



LEYENDA

ITEM	DESCRIPCIÓN
	PANEL FOTOVOLTAICO JINKO SOLAR 470Wp
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
CC = CA	INVERSOR CC/CA
M 3	MOTOR DE LA BOMBA TRIFÁSICA PEDROLLO HF 70 B - 2 HP
	BOYA ELECTRICA NA NC

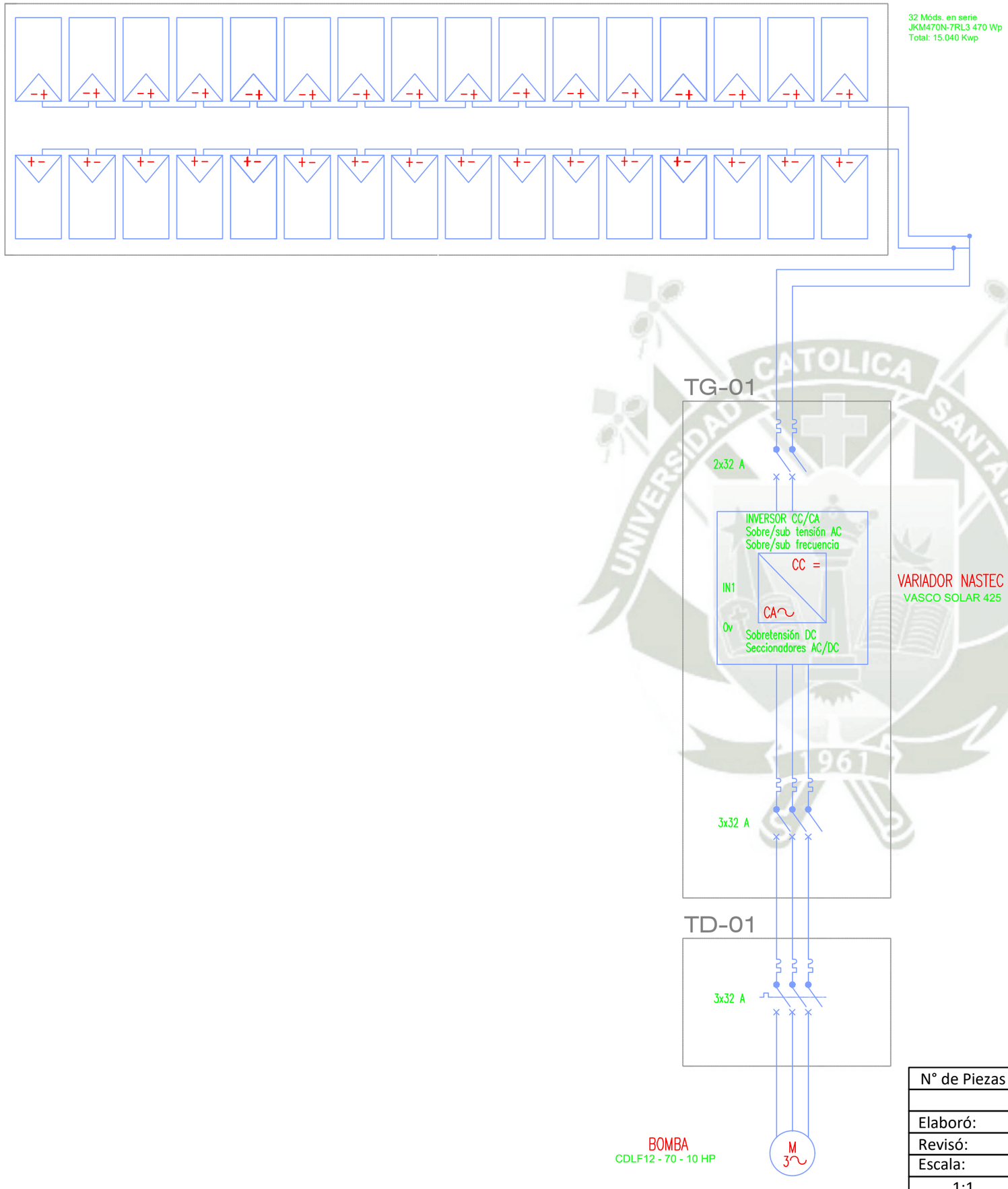
N° de Piezas	Denominación	Norma	Material	Marca	Dimensiones
	Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María		
Elaboró:	Alcázar Vásquez/Navío Martínez	21/01/2024	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica		
Revisó:	Mario Valencia Salas	21/01/2024			
Escala: 1:1	Diagrama de conexionado sistema de bombeo				Pág: 1 / Págs: 3



LEYENDA

ITEM	DESCRIPCIÓN
	PANEL FOTOVOLTAICO JINKO SOLAR 470Wp
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
CC = CA	INVERSOR CC/CA
M 3~	MOTOR DE LA BOMBA TRIFÁSICA cdlf12 - 70 - 10hp

N° de Piezas	Denominación	Norma	Material	Marca	Dimensiones
	Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María		
Elaboró:	Alcázar Vásquez/Navío Martínez	21/01/2024	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica		
Revisó:	Mario Valencia Salas	21/01/2024			
Escala: 1:1	Diagrama de conexionado sistema de aspersión		Pág: 2 / Págs: 3		



LEYENDA

ITEM	DESCRIPCIÓN
	PANEL FOTOVOLTAICO JINKO SOLAR 470Wp
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
CC = CA	INVERSOR CC/CA
M 3	MOTOR DE LA BOMBA TRIFÁSICA cdlf12 - 70 - 10hp

N° de Piezas	Denominación	Norma	Material	Marca	Dimensiones
	Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María		
Elaboró:	Alcázar Vásquez/Navío Martínez	21/01/2024	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica		
Revisó:	Mario Valencia Salas	21/01/2024			
Escala: 1:1	Diagrama de conexionado sistema de aspersión			Pág: 3	Págs: 3