



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Diseño de un sistema híbrido eólico-solar para suministrar
con energía eléctrica al sistema de bombeo de agua en la
i.e. “10087 nuestra Sra. virgen del Carmen” en el caserío
Totoras**

AUTOR:

Bach. Wilmer Reyes Barrios

ASESOR:

Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

LAMBAYEQUE -2024



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Diseño de un sistema híbrido eólico-solar para suministrar
con energía eléctrica al sistema de bombeo de agua en la
i.e. “10087 nuestra Sra. virgen del Carmen” en el caserío
Totoras**

Presentado Por:

Bach. Wilmer Reyes Barrios

Aprobado por el jurado examinador

PRESIDENTE: Dr. Ing. Amado Aguinaga Paz

SECRETARIO: Ing. Héctor Antonio Oliden Nuñez

MIEMBRO : Ing. Néstor Daniel Puyen Mateo

ASESOR : M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

LAMBAYEQUE – PERÚ

Setiembre del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TITULO

Diseño de un sistema híbrido eólico-solar para suministrar con energía eléctrica al sistema de bombeo de agua en la i.e. “10087 nuestra Sra. virgen del Carmen” en el caserío Totoras

CONTENIDO

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

CAPITULO II: MARCO TEORICO

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACION

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

PRESIDENTE

SECRETARIO

MIEMBRO

ASESOR

AUTOR

Lambayeque-Perú

Setiembre del 2024

DEDICATORIA

A, Paula, madre abnegada que es mi mayor aliciente en este sendero de la vida, por sus palabras y consejos que son mi música favorita a mis oídos.

AGRADECIMIENTO

Mostrar siempre una gratitud inconmensurable a la divina providencia por, darnos la vida y mostrarnos las luces cuando lo requerimos.

Agradecer grandemente a mis progenitores, quienes confiaron en mí y cumplieron su deber con hidalguía.

Finalmente, a todos los excelsos maestros que compartieron su vida fecunda a lo largo de mi formación y muy especial reconocimiento al prolijo Mag. Ing. Jony Villalobos Cabrera por su buen talante y aplomo en guiarme para desarrollar el presente trabajo.

Bach: Wilmer Reyes Barrios





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Wilmer Reyes Barrios
Título del ejercicio: Tesis de Pregrado
Título de la entrega: DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO-SOLAR PARA SUMI...
Nombre del archivo: INFORME_FINAL.pdf
Tamaño del archivo: 9.4M
Total páginas: 137
Total de palabras: 32,947
Total de caracteres: 136,038
Fecha de entrega: 19-feb.-2023 09:17p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2018281472

**UNIVERSIDAD NACIONAL**
“PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
TESIS
Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
**DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO-SOLAR
PARA SUMINISTRAR CON ENERGÍA ELECTRICA
AL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN LA I.E.
“10087 NUESTRA SRA VIRGEN DEL CARMEN” EN
EL CASERIO TOTORAS**
AUTOR:
Bach. WILMER REYES BARRIOS
ASESOR:
Msc. Ing. JONY VILLALOBOS CARRERA
LAMBAYEQUE - 2022

DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO-SOLAR PARA SUMINISTRAR CON ENERGÍA ELECTRICA AL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN LA I.E. "10087 NUESTRA SRA VIRGEN DEL CARMEN" EN EL CASERIO TOTORAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

2% 

INDICE DE SIMILITUD

1%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Infile

Trabajo del estudiante

<1%

2

autosolar.pe

Fuente de Internet

<1%

3

www.victronenergy.no

Fuente de Internet

<1%

4

www.internationaljournalofspecialeducation.com

Fuente de Internet

<1%

5

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

Submitted to Consorcio CIXUG

Trabajo del estudiante

<1%

7

repository.ju.edu.et

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to University of Cape Town

Trabajo del estudiante

<1%

9

Submitted to Mondragon Unibertsitatea

Trabajo del estudiante

<1%

10

www.leoch.com

Fuente de Internet

<1%

11

Submitted to Queen Mary and Westfield College

Trabajo del estudiante

<1%

ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**, usuario revisor del documento titulado: **“Diseño de un sistema híbrido eólico-solar para suministrar con energía eléctrica al sistema de bombeo de agua en la i.e. “10087 nuestra Sra Virgen del Carmen” en el Caserio totoras”**

Cuyo autor es, **Reyes Barrios Wilmer**, identificado con documento de identidad N° **75866673**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **2%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 14 de octubre del 2024



.....
M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
DNI: 16699530
ASESOR



.....
Wilmer Reyes Barrios
DNI:75866673
AUTOR

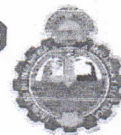
Se adjunta:

* Resumen del Reporte automático de similitudes

* Recibo Digital



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACION N°051-2024-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 12:30 p.m. del día jueves 05 de setiembre 2024. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°197-2024-D-FIME, de fecha 03 de setiembre 2024, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis ordinaria, conformado por los siguientes catedráticos:

Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ
ING. NÉSTOR DANIEL PUYEN MATEO
M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA

PRESIDENTE
SECRETARIO
MIEMBRO
ASESOR

Se recibió la Tesis ordinaria titulada:

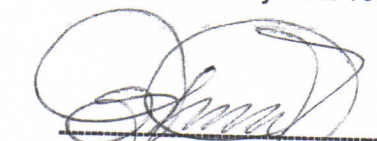
"DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO - SOLAR PARA SUMINISTRAR CON ENERGÍA ELECTRICA AL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN LA I.E "10087 NUESTRA SRA VIRGEN DEL CARMEN", EN EL CASERIO TOTORAS"

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **REYES BARRIOS WILMER**

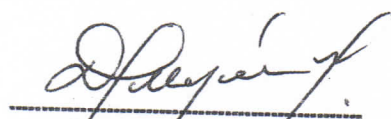
Finalizada la sustentación de la Tesis ordinaria, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (15) en la escala vigesimal, mención Regular.


Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

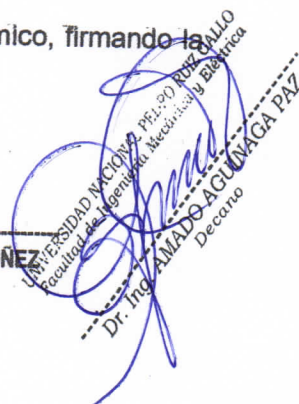
Siendo las 1:00 pm del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ
PRESIDENTE


ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ
SECRETARIO


ING. NÉSTOR DANIEL PUYEN MATEO
MIEMBRO


M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
ASESOR


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ
Decano

RESUMEN

El trabajo de investigación que se expone, lleva como objetivo general el, Diseñar un sistema híbrido eólico- solar para suministrar con energía eléctrica al sistema de bombeo en la Institución Educativa. 10087 “Nuestra Sra. Virgen del Carmen, en el caserío Totoras, Distrito Incahuasi, Provincia de Ferreñafe, Departamento Lambayeque. Que demanda una energía de 2 kW/diario. Se trata de un estudio no experimental descriptivo, en el que se ha empleado la técnica de análisis documental, observación directa y recopilación de información. La variable en estudio es el suministro de energía eléctrica al sistema de bombeo en la I.E. mencionada, la población y la muestra lo constituye el sistema de bombeo de agua de la mencionada institución. Los instrumentos empleados son, fichas de análisis documental, diario de campo, ficha de recolección de información, y la estadística descriptiva. los resultados obtenidos son, que el diseño del sistema híbrido basado con un aerogenerador de 600 W y 2 paneles solares de ERA de 340 WP, si abastece la demanda de energía eléctrica y es viable.

Palabras claves: **Hibridación, Energía, Demanda, Electrobomba, Solar y Eólica.**

ABSTRACT

. The research work presented has as its general objective: Design a hybrid wind-solar system to supply electrical energy to the pumping system in the Educational Institution. 10087 “Our Lady Virgen del Carmen, in the Totoras hamlet, Incahuasi District, Ferreñafe Province, Lambayeque Department. Which demands an energy of 2 kWh/day. This is a descriptive non-experimental study, in which the technique of documentary analysis, direct observation and information collection has been used. The variable under study is the supply of electrical energy to the pumping system in the I.E. mentioned, the population and the sample constitute the water pumping system of the aforementioned institution. The instruments used are documentary analysis sheets, field diary, information collection sheet, and descriptive statistics. The results obtained are that the design of the hybrid system based on a 600 W wind turbine and 2, 340 WP ERA solar panels does supply the demand for electrical energy and is viable.

Keywords: hybridization, energy, demand, electric pump, solar and wind.

INDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INDICE	viii
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	3
1.1. Realidad Problemática.....	3
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Delimitación de la investigación.	3
1.3.1. Delimitación Espacial	3
1.4. Justificación e importancia de la tesis	5
1.4.1. Justificación Ambiental.....	5
1.4.2. Justificación Técnica.....	5
1.4.3. Justificación Económica.....	5
1.4.4. Justificación Social.....	5
1.4.5. Justificación Científica.....	6
1.5. Limitaciones de la tesis.	6
1.6. Objetivo de la tesis.	6
1.6.1. Objetivo General.....	6
1.6.2. Objetivos Específicos	6
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	7
2.1. Antecedentes del estudio.....	7
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado	10
2.2.1. Definición De Términos Referentes Al Tema Investigado.....	10
2.3. Energía solar.....	12
2.3.1. Energía Solar Fotovoltaica.....	12
2.3.2. Principio De Funcionamiento De Un Sistema Solar Fotovoltaico.....	13
2.3.3. Radiación e Instrumentos De Medición.....	14
2.3.4. La Irradiancia	15

2.3.5.	Cálculo De La Irradiancia	15
2.3.6.	Hora Solar Pico (HSP) Y Hora Solar Pico Corregida.....	15
2.3.7.	Sistema Fotovoltaico Sobre Suelo o Edificaciones.....	16
2.3.8.	Componentes De Un Sistema Solar Fotovoltaico	17
2.3.9.	Tipos De Sistemas Solar Fotovoltaico.	21
2.3.10.	Dimensionado De Un SFA.....	22
2.4.	Energía Eólica	22
2.4.1.	Viento.....	22
2.4.2.	Características Del Viento a Tener En Cuenta.....	22
2.4.3.	Velocidad Del Viento.....	22
2.4.4.	Dirección Del Viento.	23
2.4.5.	Densidad Del Viento.....	23
2.4.6.	Tratamiento Estadístico Del Viento.....	23
2.4.7.	Turbinas Eólicas.....	24
2.4.8.	Principios De Operación De Las Maquinas Eólicas.	26
2.4.9.	Clasificación De Los Aerogeneradores.....	27
2.4.10.	Generación De Electricidad Empleando Sistema Eólico.	29
2.4.11.	Generadores Eólicos Aislados.....	30
2.4.12.	Diagrama De Flujo De Potencias Eólicas.	30
2.5.	Sistemas de bombeo de agua mediante sistemas híbridos.....	32
2.5.1.	Bombas.....	32
2.5.2.	Tipos De Electrobombas	32
2.5.3.	Tipo De Bomba Por Tipo De Fuente	35
2.5.4.	Sistema De Bombeo	35
2.6.	estudio de la demanda de agua potable.	37
2.6.1.	Dotación De Agua.....	37
2.6.2.	Consumo Medio Diario.	37
2.6.3.	Caudal Máximo Diario	38
2.6.4.	Caudal De Bombeo	38
2.6.5.	Carga Dinámica Total En Bombeo Vertical.	38
2.6.6.	Potencia De La Bomba.....	39
2.6.7.	Cálculo De Consumo De Energía.	39
2.7.	Hibridación.....	39

2.7.1.	Elementos Fundamentales De Una Instalación Híbrida.....	40
2.7.2.	Clasificación De Instalaciones Híbridas	40
2.7.3.	Ventaja y Desventaja De Los Sistemas Híbridos.	41
2.7.4.	Desarrollo Histórico Y Contexto Actual De Los Sistemas Híbridos.	41
2.7.5.	Tipos De Hibridación	42
2.7.6.	Hibridación Solar - Eólica.	42
2.8.	Dimensionado del sistema híbrido	44
2.8.1.	Cálculo De Los Generadores.....	44
2.8.2.	Cálculo De Los Reguladores.....	46
2.8.3.	Cálculo Del Sistema De Almacenamiento (baterías)	46
2.8.4.	Cálculos Del Inversor	48
CAPITULO III. MARCO METODOLOGICO.....		49
3.1.	tipo y diseño de investigación	49
3.2.	nivel o tipo de investigación.	49
3.3.	población y muestra.....	49
3.4.	formulaciones de hipótesis	49
3.5.	operacionalización de variables.....	50
3.6.	modalidades y técnicas de investigación.	52
3.7.	descripción de los instrumentos empleados.	52
CAPITULO IV. PROPUESTA DE INVESTIGACION.		54
CAPITULO V. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS		56
5.1.	sistema de bombeo y demanda de agua.....	56
5.1.1.	Dotación	56
5.1.2.	Población	57
5.1.3.	Consumos Y Caudales	60
5.2.	Capacidad de la cisterna y tanque elevado	63
5.3.	potencia de la bomba.	64
5.4.	energía demandada.	64
5.5.	evaluación estadística de los recursos eólicos y solares	65
5.5.1.	Energía Solar Disponible.	65
5.5.2.	Energía Eólica Disponible.....	66
5.6.	Energía generada por el sistema híbrido	82
5.7.	Selección de los componentes del sistema híbrido.....	82

5.8.	Cálculos de cimentación del mástil y retenciones	88
5.8.1.	Cimentación De Mástil.....	88
5.9.	Dimensionamiento de conductores eléctricos y elementos de protección.	91
5.10.	evaluación económica del proyecto.....	94
5.10.1.	Presupuesto Referencial Para El Sistema Hibrido Eólico-Solar.	94
5.10.2.	Gasto Mensual y Anual En Combustible En El Sistema De Bombeo Convencional.....	96
5.10.3.	El Valor Actual Neto (VAN) Y La Tasa Interna De Retorno (TIR).....	96
CONCLUSIONES		98
REFERENCIAS Bibliográficas		99
REFERENCIAS LINKOGRAFICAS.....		101
ANEXOS		102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Operacionalización de Variables</i>	50
Tabla 2	<i>Caudal diario.</i>	60
Tabla 3	<i>Caudal Máximo Diario</i>	60
Tabla 4	<i>Caudal de Bombeo.</i>	60
Tabla 5	<i>Carga Dinámica Total.</i>	63
Tabla 6	<i>Potencia de la Bomba</i>	64
Tabla 7	<i>Energía Diaria Demandada Por la Electrobomba</i>	64
Tabla 8	<i>Valores para hacer el cuadro de frecuencias.</i>	76
Tabla 9	<i>Distribución de Frecuencias.</i>	77
Tabla 10	<i>Valores de Tendencia Central.</i>	77
Tabla 11	<i>Datos Para Calculo de los Parámetros de Weibull</i>	80
Tabla 12	<i>Densidad del aire en la localidad en estudio.</i>	81
Tabla 13	<i>Densidad de potencia eólica y eléctrica disponible en la localidad en estudio (Totoras)</i> 81	
Tabla 14	<i>Densidad de energía diaria, mensual y anual en el generador eólico.</i>	82
Tabla 15	<i>Energía generada por el aerogenerador.</i>	83
Tabla 16	<i>Modelo de inversor seleccionado.</i>	88
Tabla 17	<i>datos eléctricos de conductores FOTOVOLT N2X1.</i>	93
Tabla 18	<i>Costo del suministro de materiales para el sistema hibrido eólico-solar.</i>	94

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Vista Satelital de la localidad de Totoras, donde se ubica la Institución Educativa 10087 Nuestra Sra. Virgen del Carmen.</i>	4
figura 2	<i>Coordenadas del lugar de investigación.</i>	4
Figura 3	<i>Energía solar fotovoltaica</i>	13
figura 4	<i>Principio de funcionamiento del sistema solar fotovoltaico.</i>	13
figura 5	<i>Tipo de radiación.</i>	14
figura 6	<i>Sistema fotovoltaico sobre edificio y sobre suelo.</i>	16
figura 7	<i>Estructura de una célula solar.</i>	17
figura 8	<i>Paneles Solares.</i>	18
figura 9	<i>Regulador de carga solar.</i>	19
figura 10	<i>Baterías Solares.</i>	20
figura 11	<i>Inversor fotovoltaico</i>	20
figura 12	<i>Sistema solar fotovoltaico conectado a red.</i>	21
figura 13	<i>Elementos Principales de un aerogenerador de eje horizontal.</i>	25
figura 14	<i>Principio de operación de una turbina eólica.</i>	27
figura 15	<i>Aerogenerador de eje horizontal.</i>	28
figura 16	<i>Aerogenerador de eje vertical.</i>	29
figura 17	<i>Esquema típico de un sistema eólico aislado.</i>	30
figura 18	<i>Diagrama de flujo de potencia.</i>	32
figura 19	<i>Bomba Periférica.</i>	33
figura 20	<i>Bomba centrífuga.</i>	34
figura 21	<i>Bombas sumergible.</i>	34
Figura 22	<i>Fuente de alimentación y tipo de bomba.</i>	35
figura 23	<i>Esquema de sistema de bombeo.</i>	36
figura 24	<i>Instalación de componentes en un bombeo solar.</i>	37
figura 25	<i>Hibridación más común.</i>	42
figura 26	<i>Hibridación eolio solar.</i>	43
figura 27	<i>Instalación híbrida.</i>	43
figura 28	<i>Dotación de agua.</i>	56
figura 29	<i>Constancia de la Cantidad de personal docente en la Institución Educativa 10087, Nuestra Sra Virgen Del Carmen.</i>	58
figura 30	<i>Constancia de la cantidad de estudiantes nivel, Primario y Secundario en la Institución educativa 10087, Nuestra Sra Virgen Del Carmen</i>	59
figura 31	<i>Plano de sistema de bombeo de agua potable.</i>	61
figura 32	<i>Irradiación solar diaria en la localidad de Totoras.</i>	65
figura 33	<i>Irradiación solar a nivel del Distrito de Incahuasi</i>	66
figura 34	<i>Velocidad media anual a 10 m en las diferentes regiones del Perú.</i>	67
figura 35	<i>Velocidad media anual a 10 m en la localidad de, Totoras.</i>	68
Figura 36	<i>Velocidad y dirección de viento mensual en el área del Distrito de Incahuasi.</i>	69
figura 37	<i>Rosa Viento Localidad de Totoras.</i>	76
figura 38	<i>Histograma de frecuencia relativa para el año tipo.</i>	78

figura 39	<i>Curva de frecuencia de la velocidad horaria del viento a 10 m.</i>	78
figura 40	<i>Curva de la frecuencia relativa acumulada "menor que" para las velocidades horarias del año tipo.</i>	79
figura 41	<i>Curva de la frecuencia relativa acumulada "mayor que" para las velocidades horarias del año tipo.</i>	79
figura 42	<i>Aerogenerador seleccionado:S-600.</i>	83
Figura 43	<i>Datos tecnicos del aerogenerador propuesto, S-600.</i>	84
figura 44	<i>Regulador seleccionado.</i>	86

INTRODUCCION

La falta de suministro eléctrico en zonas alejadas, en zonas rurales en el Perú, aún sigue siendo un problema que no se ha solucionado al cien por ciento, este problema es más notorio cuanto más alejado es la población beneficiaria, y el presente trabajo se ocupa justamente de ello, en dar una solución al problema mencionado, específicamente la realidad problemática es , la falta de suministro eléctrico en la localidad de, Totoras, del Distrito de Incahuasi, que accione a los equipos de bombeo en la institución educativa 10087, “Nuestra Sra Virgen del Carmen”, con claro objetivo de Diseñar un sistema híbrido eólico- solar para dotar con energía eléctrica a la mencionada institución.

El trabajo realizado tiene como propósito mostrar de manera sencilla y entendible la forma de aprovechar los recursos naturales, el sol y el viento en conjunto como un solo equipo, híbridos, en generar electricidad.

la tipología de instigación es, no experimental, descriptiva. Pues los datos que se recopiló no se manipulo deliberadamente, ni tuvo que ser llevado a un laboratorio se tuvo en cuenta tal como se encontró.

El impacto que generara la ejecución de este trabajo es grande, tanto en la población en si como a nivel de investigación, en el primer caso la realización de la propuesta dotara de agua suficiente y diaria a la población estudiantil mejorando la calidad de vida y en el segundo caso la tesis sirve de guía para otras investigaciones con similar condición de aplicación.

La tesis se ha estructura con la siguiente distribución de capítulos a saber, **capítulo i: *problema de la investigación***, donde se expone la realidad problemática observada y al cual debemos dar solución. **capítulo ii: *marco teórico***, parte fundamental en el cual se detalla conceptos, definiciones y formulas a emplear. **capítulo iii: *marco metodológico***, en este capítulo se expone la metodología empleada en la recolección y análisis de los todos los datos, demográficos y climatológicos, **capítulo iv: *propuesta de investigación***, se explica el sistema

adoptado con fin de dar solución al problema presentado, ***capítulo v: análisis e interpretación de resultados***, en esta parte del capítulo tiene lugar todo lo referente a cálculos y selección de componentes del sistema híbrido.

CAPITULO I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

El centro educativo 10087 “nuestra Sra. virgen del Carmen” de la localidad de, Totoras, Distrito: Incahuasi, Provincia: Ferreñafe, Departamento: Lambayeque, debe tener disponible y de manera diaria el suministro de agua potable de calidad, en todos sus ambientes. Desafortunadamente no se aprecia eso, porque la localidad donde se ubica dicha Institución Educativa no cuenta con suministro eléctrico, con sistema convencional ni otras formas para, accionar los equipos de bombeo de agua, y hacer posible el empuje del agua hacia el tanque elevado.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿será posible suministrar energía eléctrica mediante un sistema híbrido eólico -solar, al equipo de bombeo de agua en la I.E. 10087 Nuestra Sra. Virgen del Carmen” en el caserío Totoras?

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1. Delimitación Espacial

El siguiente trabajo se gesta en los ambientes de la Institución Educativa N°10087 “Nuestra Sra. Virgen del Carmen” de la localidad de Totoras, Distrito: Incahuasi, Provincia: Ferreñafe, Departamento: Lambayeque.

Figura 1

Vista Satelital de la localidad de Totoras, donde se ubica la Institución Educativa 10087 Nuestra Sra. Virgen del Carmen.



Fuente: adquisición propia.

figura 2

Coordenadas del lugar de investigación.

Descripción	Total
DEPARTAMENTO	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	FERREÑAFE
DISTRITO	INCAHUASI
CENTRO POBLADO	TOTORAS
CODIGO DE UBIGEO Y CENTRO POBLADO	1402030007
LONGITUD	-79.377578333
LATITUD	-6.11629333299993

Fuente: (INEI,2022)

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA TESIS

El presente proyecto de tesis busca, mediante la aplicación de teorías, conceptos de generación eléctrica con sistemas híbrido eólico-solar dar solución al problema existente, la falta de suministro eléctrico.

El trabajo se justifica grandemente, pues abarca un tema de investigación novedoso y reciente, que debemos profundizar a un más.

Cobra significativa importancia pues pone en evidencia una de las tantas aplicaciones de la energía limpia con el efecto positivo directo en la población estudiantil.

1.4.1. Justificación Ambiental.

Es evidentemente claro la, justificación ambiental que se atribuye, pues la ejecución del trabajo mencionado líneas arriba, permitirá la dotación de energía eléctrica sin causar un daño profundo a nuestro hábitat natural y propiciando el desarrollo sostenible.

1.4.2. Justificación Técnica.

El sistema híbrido eólico-solar de generación eléctrica, será un respaldo en suministrar energía eléctrica al sistema de bombeo de agua potable, en la I.E. mencionada. Generando mayor confiabilidad, y una operación sin interrupción de los equipos de bombeo.

1.4.3. Justificación Económica

Económicamente, el proyecto se justifica pues con su implementación se logra entregar energía eléctrica de forma autónoma a las máquinas de bombeo, disminuyendo los costos por kWh, de consumo que se debe pagar a la empresa concesionaria.

1.4.4. Justificación Social.

socialmente la ejecución de la idea propuesta ayudará a mejorar considerablemente el nivel de vida de la población estudiantil, pues con el sistema, se contará con agua potable de manera suficiente y diaria.

1.4.5. Justificación Científica.

En el mundo del conocimiento científico veo justificación, por tanto, que es un trabajo hecho de la elucubración de un apasionado por el conocimiento, trabajo realizado con minuciosa investigación bibliográfica y linkografía, y expuesta de manera sencilla un aporte al mundo del saber.

1.5. LIMITACIONES DE LA TESIS.

El trabajo de investigación se vio limitado por la ubicación geográfica del lugar de estudio, no se cuenta con datos meteorológicos exactos del lugar, solo a nivel distrital. Los cuales ha sido empleados en los cálculos.

1.6. OBJETIVO DE LA TESIS.

1.6.1. Objetivo General.

Diseñar un sistema híbrido eólico- solar para suministrar con energía eléctrica al sistema de bombeo en la Institución Educativa “Nuestra Sra. Virgen del Carmen, en el caserío Totoras.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar el potencial eólico solar en la localidad de Totoras.
- b) Determinar la máxima demanda y energía que requiere el sistema de bombeo.
- c) Calcular e identificar los componentes del sistema híbrido.
- d) Realizar la evaluación económica del proyecto.

CAPITULO II. MARCOTEORICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.

Durante la búsqueda de precedentes con respecto a la investigación, se concluye con la existencia de infinidad de trabajos, tanto nacionales como internacionales

A NIVEL INTERNACIONAL.

COLOMBIA

El trabajo de titulación realizado por, (Ochoa Bustamante & Alvares Hincapie, 2018).

“sistema híbrido de bombeo para comunidades remotas”. Con el claro objetivo de, Diseñar un sistema de bombeo híbrido totalmente dependiente de recursos naturales renovables para brindar agua a comunidades remotas del país, indica que. El bombeo de agua mediante energía solar y energía eólica (sistema híbrido) es una opción interesante para el riego y el abastecimiento de agua potable en vista del aumento de los costos del diésel y la ausencia de energía eléctrica de los operadores de red. (pág. 9)

MEXICO

En la tesis realizada por, (Martinez Farias, 2020) Titulada. **“diseño de sistema de bombeo a base de energía solar para suministro de agua”** el objetivo se enfoca en, diseñar un sistema de bombeo a base de energía solar mediante la aplicación de la teoría fundamental conociendo los conceptos principales y el funcionamiento del equipo de bombeo desarrollando un modelo experimental, para ello el autor afirma que El sistema de bombeo de agua a base de energía solar es aquel que por medio del uso de paneles fotovoltaicos captan la radiación del sol, generando electricidad para alimentar una bomba y esta pueda suministrar un flujo de agua. Estos son aplicados principalmente en las zonas rurales donde el acceso al agua es complicado, el suministro de agua no existe y las personas lo requieren para su uso personal. (pág. 18)

MADRID

En el trabajo de fin de grado de (Bas Gonzales, 2020) “**Análisis técnico- económico de un sistema de bombeo hibrido fotovoltaico aislado**” cuyo objetivo es realizar un análisis técnico y económico sobre la viabilidad de varios proyectos de sistemas híbridos fotovoltaico, expone el empleo de dos softwares el Pvsyst y el HOMER, para el correcto dimensionado del sistema hibrido, y su posterior balance para seleccionar el sistema optimo en las condiciones de la localidad.

En el trabajo se expone como una localidad presentaba altos grados de desnutrición debido a la falta de agua potable y agua para riego. Al cual se mejorará las condiciones empleando un sistema hibrido de generación eléctrica.

A NIVEL NACIONAL.

HUANCAYO

En el trabajo de investigación de (Quispe Acevedo, 2021) Titulado “diseño del sistema híbrido para lograr autoabastecer de energía eléctrica a las instalaciones de la granja experimental agropecuaria de yauris” cuyo objetivo es diseñar un sistema híbrido eólico – fotovoltaico para cubrir la demanda de la granja agropecuaria de Yauris de la Universidad Nacional del Centro del Perú a cargo de la facultad de Zootecnia, expone la necesidad de emplear sistemas híbridos en zonas donde existan potencial energético suficiente.

LIMA

En la tesis de, (Hervias Segovia, 2018) Titulada “diseño de un sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica para suministrar agua potable a la población de Maynas - Perú.”. Concuerta con la ya, conocida problemática al emplear los combustibles fósiles, en el trabajo el autor indica que el Perú ha sido partícipe de subastas de energía, donde se ha desarrollado gran avance en proyectos de energía solar y eólica.

Seguidamente en el trabajo se da énfasis en el empleo de fuentes energéticas limpias, menos contaminantes es allí donde entra la aplicación, como es el de solar fotovoltaica.

HUANCAYO

En el trabajo de investigación de, Jamjachi Rojas Juan Jesus. 2021, titulada **“Diseño de un sistema eléctrico híbrido para una vivienda residencial”**, escribe: Los sistemas híbridos aportan beneficios operativos al sistema de generación de una sobre demanda de energía eléctrica y de gran beneficio por no ser contaminantes para el medio ambiente.

A NIVEL LOCAL.

LAMBAYEQUE-CAYALTI

En la tesis de (Cajusol Bances, 2019), titulada “dimensionamiento de un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua en el fundo san juan de Cayalti provincia de Chiclayo-Lambayeque”.

Trabajo de investigación, que se ha desarrollado teniendo como centro de investigación al fundo San Juan. Cuyo fin es Dimensionar un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua en el fundo San Juan en el distrito de Cayaltí provincia de Chiclayo.

En este trabajo se puede encontrar los métodos empleados, para la adquisición y procesamiento de datos, concluyendo que la ubicación geopolítica del Fundo es favorable para la implementación de un sistema híbrido.

LAMBAYEQUE -INCAHUASI.

En la tesis de (Chonto Vera, 2018), titulada “dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar agua en el caserío chillvaca en el distrito de Incahuasi-Ferreñafe - Lambayeque”.

El trabajo consultado, indica que el sistema de bombeo fotovoltaico es una aplicación de especial interés en sistemas aislados, en lugares donde el acceso a la energía eléctrica a través del sistema eléctrico convencional resulta antieconómico para la empresa concesionaria.

Para ello el autor recurre a varias fuentes con el fin de recabar los datos meteorológicos, para su posterior análisis.

Es un trabajo sencillo, de fácil comprensión, que da detalles de las estimaciones con respecto, al consumo energético, los aerogeneradores, sistemas fotovoltaicos y sus diferentes componentes

2.2. DESARROLLO DE LA TEMÁTICA CORRESPONDIENTE AL TEMA INVESTIGADO

2.2.1. Definición De Términos Referentes Al Tema Investigado

Energía.

Según, Endesa Fundación “La energía es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Es decir, el concepto de energía se define como la capacidad de hacer funcionar las cosas”¹

Energía primaria.

La energía primaria consiste de combustibles no convertidos u originales, Según Resourcefulnes, (s.f.) “Las fuentes de energía primaria son las que se encuentran en la naturaleza”²

Energía secundaria.

Según Resourcefulnes, (s.f.) “la energía secundaria proviene de transformar la energía primaria e incluye cosas como gasolina y combustibles líquidos, biocombustibles refinados, electricidad, hidrógeno y calor”³

Energía eléctrica.

Según Coluccio Leskow, (2021) “Es la energía que existe en presencia de partículas cargadas eléctricamente. El tipo de partículas más común es el electrón, que produce a su alrededor un

¹ <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/que-es-la-energia>

² <https://stem.guide/topic/fuentes-de-energia-primaria-y-secundaria/?lang=es>

³ <https://stem.guide/topic/fuentes-de-energia-primaria-y-secundaria/?lang=es>

potencial eléctrico. Cuando otros electrones se mueven a través de este potencial, adquieren energía eléctrica”⁴

Sol.

Según, NATIONAL GEOGRAPHIC, (2022) “el Sol es un poderoso centro de atención: su luz da vida, calor y mantiene unido el sistema solar. es una estrella enorme. Con un diámetro de 1,4 millones de kilómetros podría albergar a 109 planetas en su superficie”.⁵

Energía renovable.

“Las energías renovables son un tipo de energías derivadas de fuentes naturales que llegan a reponerse más rápido de lo que pueden consumirse. Las fuentes de energía renovable abundan y las encontramos en cualquier entorno” (Naciones Unidas, s.f.)

Energía solar fotovoltaica.

Según Spiegel & Cifuentes (s.f) “La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaico” (pág. 4)

Irradiancia.

Según, Portillo (s.f) “La irradiancia es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una determinada superficie”⁶

Viento.

Según Villarubia Lopez, (2012) “El viento es el aire en movimiento. A escala global se debe a las diferencias de temperatura que provoca la radiación solar sobre las distintas partes del globo terrestre. (pag.32)

⁴ <https://concepto.de/energia/>

⁵ <https://www.nationalgeographic.es/espacio/el-sol-0>

⁶ <https://www.meteorologiaenred.com/irradiancia.html>

Energía eólica

Según, Enel (s.f) “Es una fuente de energía renovable que se obtiene de la energía cinética del viento que mueve las palas de un aerogenerador el cual a su vez pone en funcionamiento una turbina que la convierte en energía eléctrica”⁷

Sistema híbrido

Según appa renovables, (2021) “Las instalaciones híbridas renovables, se entienden como aquellas instalaciones que combinan dos o más tecnologías de generación renovable y/o sistemas de almacenamiento” (pag,14)

Electrobombas

Según Tameco, Mecanica Industrial, (2018) “Una electrobomba es un dispositivo utilizado para producir el movimiento o desplazamiento de un fluido en contra de la presión a través de tuberías o mangueras.”⁸

2.3. ENERGÍA SOLAR

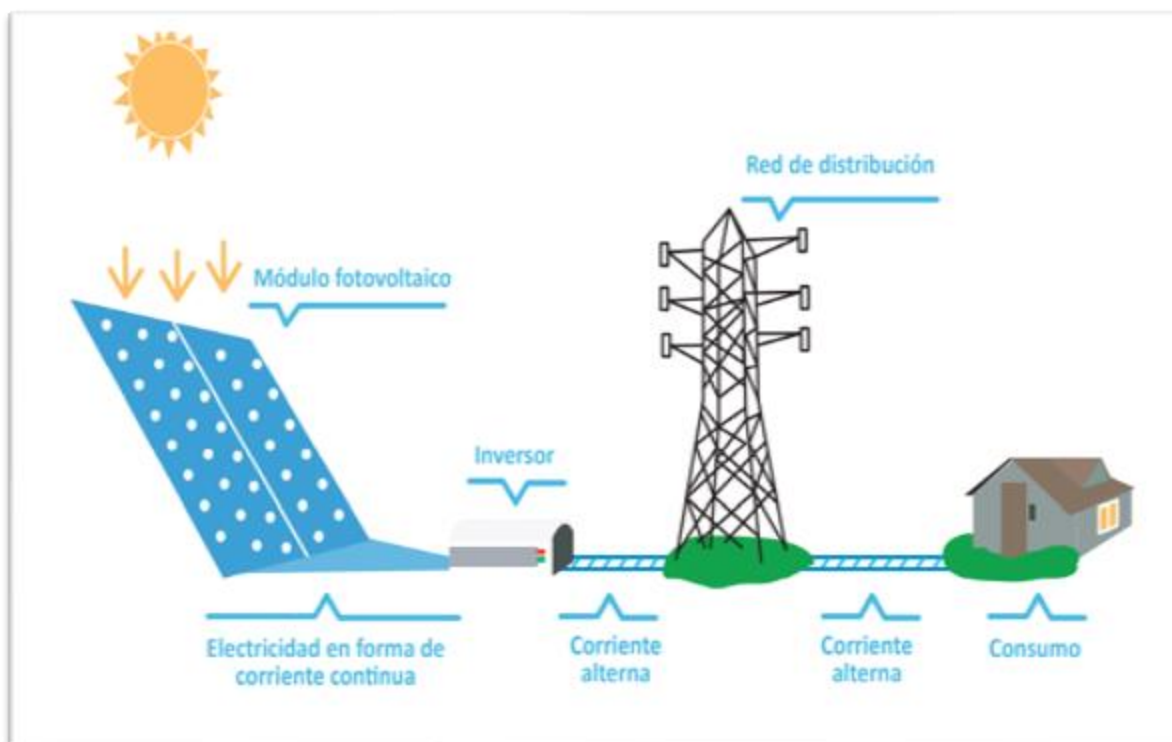
Es un tipo de energía renovable que se obtiene luego de la captación de radiaciones electromagnéticas provenientes del sol. Existen hasta dos formas de aprovechar esta energía abundante en la naturaleza, en forma de sistemas solar fotovoltaica y solar térmica, en lo que atañe a este trabajo se desarrollara la primera forma.

2.3.1. *Energía Solar Fotovoltaica.*

Consiste en la transformación de la radiación solar en energía eléctrica a partir de materiales semiconductores, como las células fotovoltaicas, que están fabricadas a partir del silicio, uno de los metaloides más abundantes en el mundo. Las partículas de la luz del Sol, llamadas fotones, impactan en una de las caras de la célula fotovoltaica produciendo una corriente eléctrica que se usa como fuente energética.

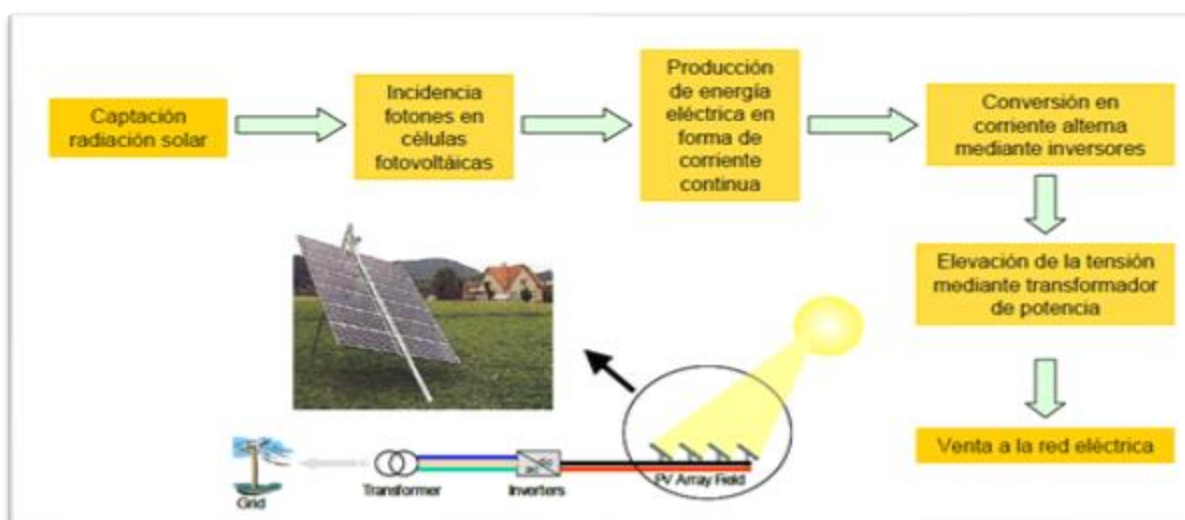
⁷ <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-eolica-y-como-funciona.html>

⁸ <https://tameco.es/que-es-una-electrobomba/>

Figura 3*Energía solar fotovoltaica*

Fuente: Adaptada de “Energías renovables experiencia y perspectiva en la ruta del Perú hacia la transición energética”. Fuente (osignermin).

2.3.2. Principio De Funcionamiento De Un Sistema Solar Fotovoltaico.

figura 4*Principio de funcionamiento del sistema solar fotovoltaico.*

Fuente: Tomada de Hibridación de parque eólico y fotovoltaico (Pag.26), Feria Cervantes, Rodriguez Castaño, Rojas Albengrin, & Moreno Estebane,s.f,DMPR HYBRID CONSULTING.

2.3.3. Radiación e Instrumentos De Medición

- Radiación directa.

Fracción de irradiancia, originada por la incidencia directa del sol. El dispositivo capaz de medir es el pirheliómetro.

- Radiación difusa

generado cuando la radiación solar que alcanza la superficie de la atmósfera de la Tierra se dispersa de su dirección original a causa de moléculas en la atmósfera. (Aros, Solar Technology, s.f.)

- Radiación del albedo

es aquella fracción de radiación procedente de la reflexión en el suelo. Habitualmente supone una contribución muy pequeña y en algunos casos puede ser despreciada (Perpiñan Lamigueiro, Energía Solar Fotovoltaica, 2012).

figura 5

Tipo de radiación.



Fuente: Tomada de Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia y HSP, por J.A. Alonso, s.f, SUNFIELDS EUROPE, (<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/radiacion-solar/>).

2.3.4. La Irradiancia

Es la potencia de la radiación solar, recibida en un instante determinado sobre una superficie de un metro cuadrado, se expresa en W/m²

2.3.5. Cálculo De La Irradiancia

para el cálculo de la irradiancia solar que finalmente incide en una superficie arbitraria localizada en corteza terrestre será útil distinguir tres contribuciones diferentes. Estas contribuciones, comúnmente denominadas componentes, son: radiación directa, radiación difusa y radiación del albedo (Perpiñan Lamigueiro, Energía Solar Fotovoltaica, 2012).

Parámetros que afectan la irradiación

- Efectos atmosféricos
- La orientación e inclinación de los paneles
- Presencia de superficies reflejantes
- La presencia de elementos causantes de sombra.

2.3.6. Hora Solar Pico (HSP) Y Hora Solar Pico Corregida.

Número de horas que necesitaría un panel funcionando a su máxima potencia de diseño para generar toda la energía que realmente genera al largo de todo el día. Siempre será un número menor que el de horas reales de luz (Ladron de Guevara)

O también como la energía por unidad de área que se recibiría si la irradiancia fuese constante de 1000 w/m², una HSP, equivale por lo tanto a 1kWh/m².

$$HSP_{corregida} = H \times K \times K' \times K'' \quad \text{Ecua (1)}$$

K= factor de corrección por inclinación (0.8-1.15)

K' =factor de corrección por efectos atmosféricos=1

K'' = factor de corrección por orientación. (norte- sur) =1

2.3.7. Sistema Fotovoltaico Sobre Suelo o Edificaciones.

Los sistemas de aprovechamiento de energía del sol, se puede instalar mediante dos formas, montados sobre suelo, o también sobre edificaciones existentes. Las primeras se emplea para potencias mayores, generalmente de 100 kW en adelante y, la segunda opción se emplea para producción de energía en pequeña cantidad normalmente potencias inferiores a 100 kW (Perpiñan Lamigueiro, Energía Solar Fotovoltaica, 2012).

figura 6

Sistema fotovoltaico sobre edificio y sobre suelo.



Tomado de REVISTAENERGIA.pe
(<https://revistaenergia.pe/lambayeque-innova-en-la-agricultura-y-promueve-uso-de-paneles-solares-en-riego-tecnificado/>)



Tomado de REVISTAENERGIA.pe
(<https://revistaenergia.pe/lambayeque-innova-en-la-agricultura-y-promueve-uso-de-paneles-solares-en-riego-tecnificado/>)

2.3.8. Componentes De Un Sistema Solar Fotovoltaico

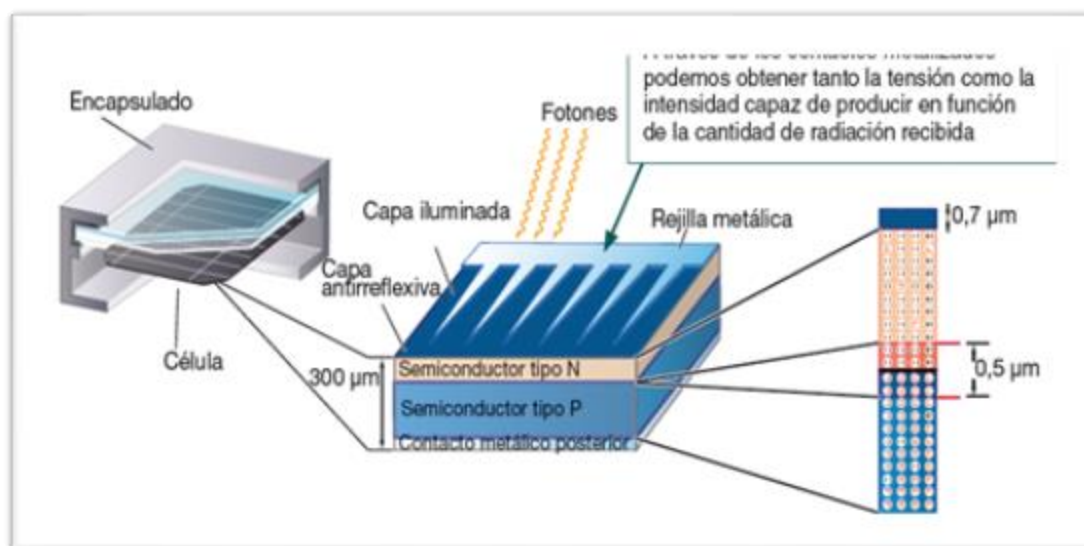
- **La célula solar**

Es la unidad principal de todo emplazamiento solar, es el elemento capaz de convertir directamente la radiación solar en energía eléctrica.

Estos elementos se comportan como un diodo, la parte expuesta al sol es la N, y la parte situada en la oscuridad es la P. Las terminales de conexión se hallan sobre cada una de estas partes.

figura 7

Estructura de una célula solar.



Fuente: Tomada de Estudio de las células y paneles de una instalación fotovoltaica (Pag.16), por S. Martin, 2019, Universidad de Valladolid.

- **Modulo Fotovoltaico**

Los paneles solares fotovoltaicos son un conjunto de células fotovoltaicas de iguales características, conectados en serie o en paralelo, que generan electricidad en corriente continua.

figura 8

Paneles Solares.



Fuente: Tomada de ¿Qué son los paneles solares cómo funcionan y cuál es su futuro?, Por BBVA (<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-los-paneles-solares-como-funcionan-y-cual-es-su-futuro/>)

- **Regulador**

Actúa cortando y regulando el paso de la energía entre los paneles y la batería, en función del estado de carga de la misma. Para que funcione correctamente hay que dimensionar bien su potencia y elegir el tipo adecuado para obtener el mejor rendimiento de nuestras placas.⁹

⁹ <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/cuales-son-los-componentes-de-una-instalacion-aislada>

figura 9

Regulador de carga solar.



Fuente: Tomada de controlador de carga MPPT, ecosolares Perú
(<https://ecosolares.pe/product/regulador-de-carga-solar-smartsolar-mppt-150-35-12-24-36-48v/>)

- **Baterías**

Es el elemento capaz de almacenar, la energía que, captada los paneles solares, para ser usando durante la noche o en el momento que exista menos producción.

Existen fabricaciones de diferentes materiales, pero las más empleadas son la de plomo ácido. Las baterías se agrupan para obtener la tensión de trabajo requerida por el inversor y su capacidad también debe estar en consonancia con la potencia del mismo y el uso que le vayamos a dar al sistema. También hay que asegurarse que el regulador de carga está preparado para trabajar al voltaje del banco de baterías para que todo funcione.¹⁰

¹⁰ <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/cuales-son-los-componentes-de-una-instalacion-aislada>

figura 10

Baterías Solares.



Fuente: Tomada de Baterías solares, ENERVER EFICIENCIA ENERGETICA, 2019, (<http://enerverperu.com/baterias>)

- **Inversor.**

son los encargados de convertir la corriente continua que se puede extraer de ellas a corriente alterna apta para el consumo normal de una vivienda.

El funcionamiento del inversor puede ocasionar la circulación de transitorios de corriente que el regulador no es capaz de gestionar correctamente. Por este motivo, es recomendable que el inversor esté conectado directamente a la batería, y no a la salida del regulador (Perpiñan Lamigueiro, Energía Solar Fotovoltaica, 2012).

figura 11

Inversor fotovoltaico



Fuente: el inversor siempre va conectado a la salida de las baterías y no al regulador de carga.

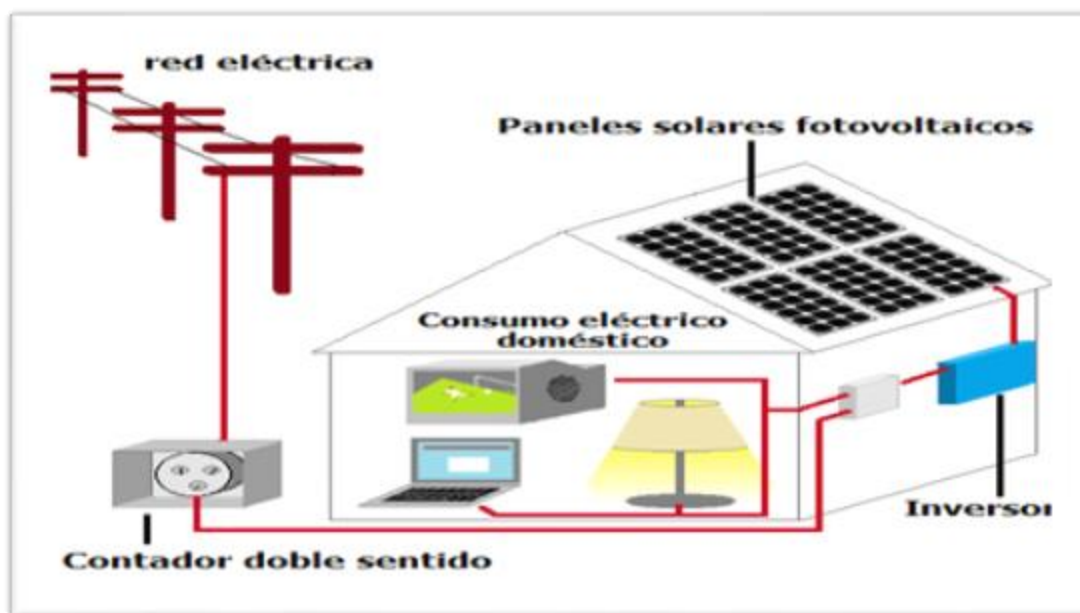
Tomada de (AREATECNOLOGIA, s.f.)

2.3.9. Tipos De Sistemas Solar Fotovoltaico.

- **Conectados a red (grid connected):** producen energía eléctrica para ser inyectada a la red convencional, como no satisfacen ninguna demanda de manera directa no necesitan un sistema de almacenamiento de energía ((Perpiñan Lamigueiro, Energía Solar Fotovoltaica Aplicaciones y Contexto Mundial)

figura 12

Sistema solar fotovoltaico conectado a red.



Fuente: no necesitan sistema de almacenamiento de energía. Tomada de, soluciones Led (<https://www.soluciones-led.com/inversor-en-red-y-sistema-solar/definitivo-bueno-de-verdad/>)

- **Autonomos (off-grid).** Están diseñadas para dotar de manera directa a una demanda energética, este tipo sistema siempre contará con un subsistema de almacenamiento de energía eléctrica.

2.3.10. Dimensionado De Un SFA

“El dimensionado de un SFA consiste, por tanto, en elegir los tamaños de generador y acumulador como una solución de compromiso entre mínima probabilidad de fallo y mínimo coste” (Perpiñán Lamigueiro, 2012, p.93).

También, Perpiñán (2020) indica que el dimensionado de un SFA, radica en escoger el generador y el acumulador apropiado que suministre la energía requerida por la carga, a partir de la radiación existente en la zona. indica que la radiación y el consumo son variables aleatorias, existe la probabilidad de que no siempre el generador proporcione la energía demandada. Intentar reducir esta probabilidad conlleva a aumentar indefinidamente el tamaño del generador y el acumulador. Por lo tanto, el diseñador debe buscar la mejor solución entre coste y fiabilidad.

2.4. ENERGÍA EÓLICA

2.4.1. Viento

La radiación solar genera diferencias de temperatura en la atmósfera, lo que da origen a las diferencias de presión y al movimiento del aire.¹¹

2.4.2. Características Del Viento a Tener En Cuenta

Las características del viento, a tener en cuenta en el lugar de la implementación de generador eólico son, la velocidad y dirección del viento predominantes, el perfil vertical o la densidad del aire. (Talayero Navales & Telmo Martinez, 2011)

2.4.3. Velocidad Del Viento.

La velocidad del viento mide la componente horizontal del desplazamiento del aire en un punto y en un instante determinados. Se mide mediante un anemómetro, y la unidad de medida es habitualmente metros por segundo (m/s). (Navarra. es, s.f.)

¹¹ <https://definicion.de/viento/>

2.4.4. *Dirección Del Viento.*

La dirección mide la componente horizontal de la velocidad del viento. En meteorología es importante tener en cuenta que la dirección nos indica de dónde viene el viento, no hacia dónde va. (Navarra. es, s.f.)

La velocidad y la dirección del viento se miden a 10 metros de altura sobre el nivel del suelo en la mayoría de las estaciones, y a 2 metros de altura en algunas de ellas.

2.4.5. *Densidad Del Viento.*

Villarubia (2012) indica que, Para calcular la densidad del viento en función de la temperatura y altitud sobre el nivel del mar se puede utilizar la expresión aproximada.

$$\rho = 1.225 \left(\frac{288}{t + 273} \right) e^{-\left(\frac{h}{8435} \right)} \quad \text{Ecu (2)}$$

ρ : densidad del aire (Kg/m³)

t: Temperatura en grados centígrados (C°)

h: Altura sobre el nivel del mar.

2.4.6. *Tratamiento Estadístico Del Viento.*

- Función de probabilidad de Weibull.

Según, Villarrubia López (2012). “El conocimiento de la ley de distribución de la velocidad del viento permite calcular su potencial energético y la energía anual que puede producir un aerogenerador” (pág. 66)

Debe tenerse en cuenta que el ajuste de Weibull debe aplicarse a un año “medio o tipo”. Su aplicación a datos de un solo año no tiene porque necesariamente dar una correlación satisfactoria, debido a la variabilidad y aleatoriedad del viento

$$p(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c} \right)^k}$$

Esta función de probabilidades contiene dos parámetros el c y el k.

C: parámetro de escala, con valor cercano a la media anual.

K: factor de forma.

V: velocidad del viento.

- Función de Rayleigh.

$$F(v) = 1 - e^{-\frac{\pi}{4} \left(\frac{v}{\langle v \rangle} \right)^2}$$

es un caso particular de la ley de Weibull, corresponde a un valor de $k=2$, es una función sencilla, pues contiene solo un parámetro.

En lugares donde se presentan buenas condiciones eólicas para su explotación, la ley de Rayleigh describe bastante bien la velocidad del viento, por lo que es muy utilizada en la predicción de la producción de energía de un aerogenerador (Villarubia Lopez, 2012).

- ✓ Se puede emplear para predicciones en lugar donde la velocidad media anual supere los valores de 4.5 m/s
- ✓ No se puede usar cuando la velocidad promedio anual se igual o menor que 3.5 m/s.

Con esta función, conociendo el valor promedio anual de la velocidad del viento, podemos predecir el tiempo anual para cualquier velocidad, que se presenta.

$$F' = 1 - F = e^{-\frac{\pi}{4} \left(\frac{v}{\langle v \rangle} \right)^2}$$

F' =frecuencia relativa acumulada o distribución acumulada complementaria (igual o mayor que)

V: valor de cualquier velocidad. (m/s)

(V): velocidad media anual. (m/s).

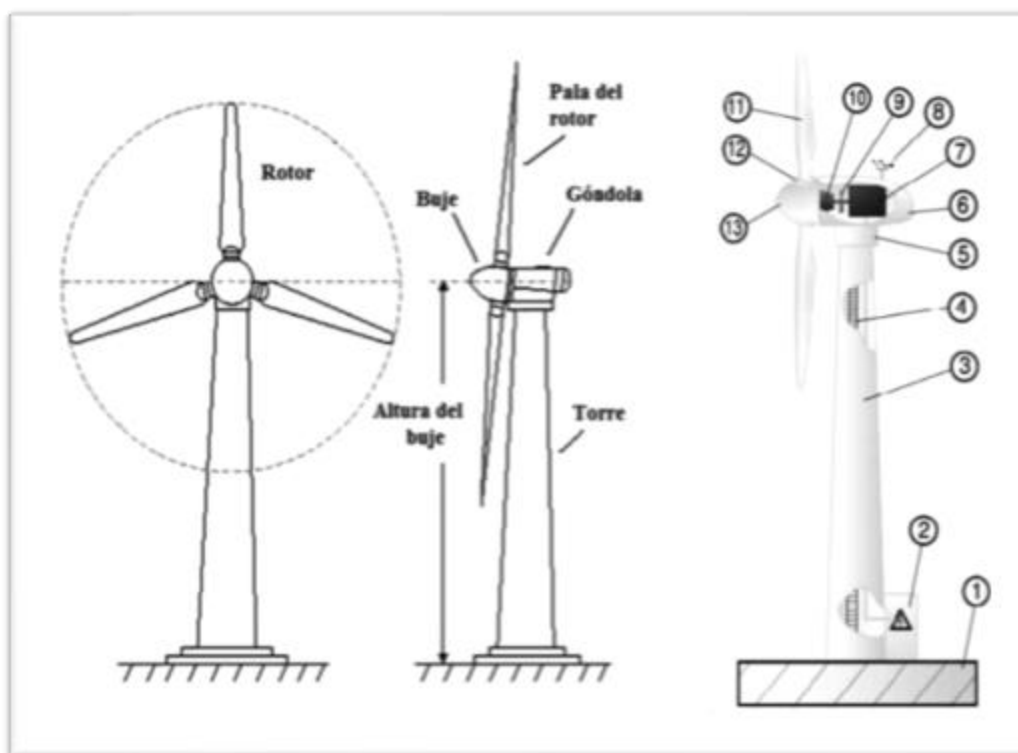
2.4.7. Turbinas Eólicas.

a). -partes de una turbina eólica

- **ROTOR:** Es el componente, que contiene a las palas y al buje. Las palas son unos de los elementos de mayor complejidad e importancia en su diseño, pues depende de sus formas aerodinámicas el rendimiento de la máquina eólica.
 - **GONDOLA:** Es la parte continuante después del rotor, contiene las cajas multiplicadoras de velocidad y al generador eléctrico.
 - **MASTIL:** Es el elemento de soporte, donde descansa todo el sistema aerodinámico, su altura influye mucho en la eficiencia de generación, pues a mayor altura mayor velocidad. Su forma es cilíndrica o troncocónica.
- (Mercado Correa & Henao, 2014)

figura 13

Elementos Principales de un aerogenerador de eje horizontal.



Fuente: Ingeniería de la energía Eólica (pag.151), por Villarubia Lopez, 2012,marcombo.

1.Base y cimientos

2. punto de conexión a la estación transformadora de baja a alta tensión

3. torre de sustentación
4. escalera interior para acceso a góndola
5. sistema de orientación del rotor hacia el viento.
6. góndola
7. Generador eléctrico (Asíncrono o síncrono)
8. Anemómetro y veleta
9. Freno para fijación del rotor
10. caja multiplicadora de velocidad (gear box)
11. pala o alabe del rotor
12. punto de inserción de la Pala en el buje.
13. Bujes o nariz del aerogenerador

2.4.8. Principios De Operación De Las Maquinas Eólicas.

Las maquinas eólicas, aerogeneradores, turbinas eólicas, todos sinónimos. Existen en el mercado en dos configuraciones, de eje vertical y eje horizontal. Empero el principio de captación de energía sigue siendo lo mismo para ambas.

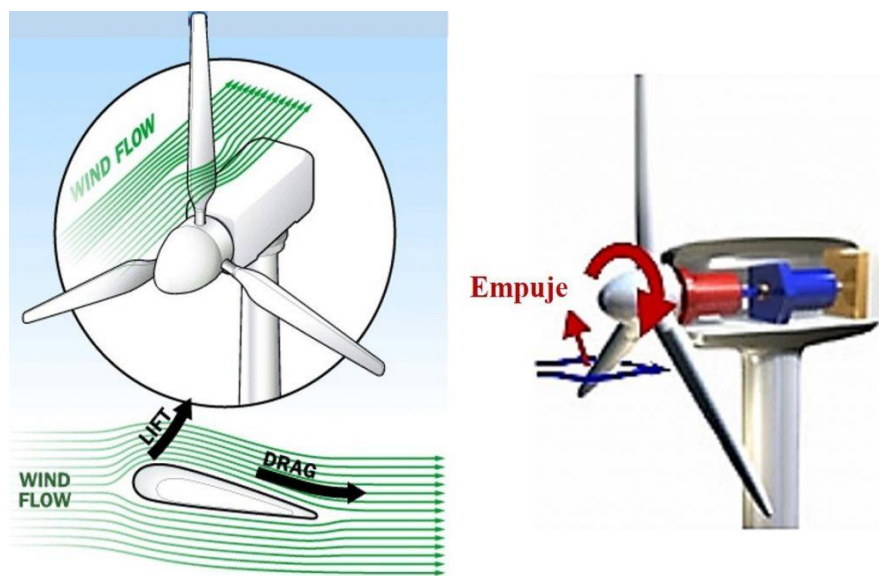
La corriente de viento incide sobre las palas, las cuales están diseñadas con un perfil aerodinámico, permitiendo crear una diferencia de presiones y por ende generando fuerzas, (fuerza de sustentación, fuerza de arrastre) causante del par motor, finalmente haciendo rotar el eje de la máquina. (Moragues & Rapallini, 2003).

La disponibilidad, definida como el porcentaje de tiempo que el generador está disponible durante un año para producir energía, excluyendo las paradas programadas por revisión y mantenimiento preventivo, alcanza valores próximos al 98%, lo que da una idea de la elevada fiabilidad y mantenibilidad alcanzada en esta tecnología (Villarubia Lopez, 2012).

En una turbina eólica en presencia de viento, entran en juego dos fuerzas aerodinámicas sobre las aspas del rotor: una denominada empuje, que es perpendicular a la dirección del flujo del viento y otra denominada arrastre, que es paralela a la dirección del flujo (Martil, 2018)

figura 14

Principio de operación de una turbina eólica.



Fuente: Tomada de, Las claves del funcionamiento de una turbina eólica, por I. Martil, 2018,(
<https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2018/06/01/las-claves-del-funcionamiento-de-una-turbina-eolica/>)

2.4.9. Clasificación De Los Aerogeneradores.¹²

Según Gonzales Leon, (2019) Normalmente existen tres tipos de máquinas eólicas capaces de aprovechar la energía del viento (pag.8)

Grandes aerogeneradores: cuya potencia supera los cientos de kW, los cuales se agrupan en parques eólicos en zonas donde las velocidades del viento son mayores de 4 m/s para que puedan comenzar a girar. Estos parques inyectan directamente a la red eléctrica y existen en tierra y también en el mar (Gonzales Leon, 2019, pág. 8)

¹² (Gonzales Leon, 2019)

Máquinas para el bombeo de agua: no se realiza conversión a energía eléctrica, sino que la energía mecánica es empleada de manera directa para impulsar agua.

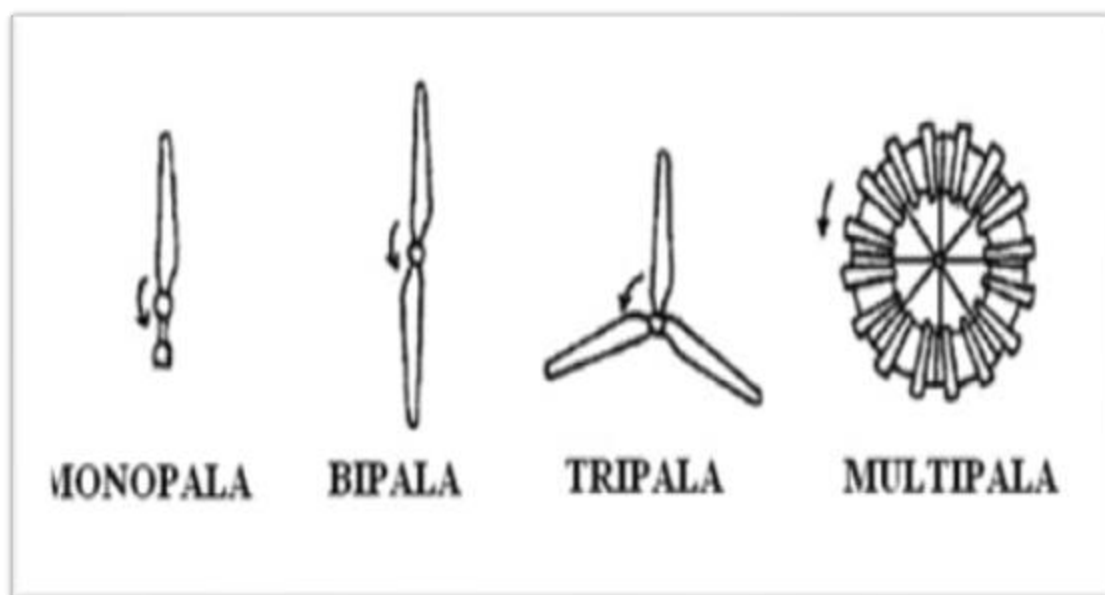
Pequeños aerogeneradores. Según Gonzales Leon, (2019) “Abastecen de energía eléctrica a viviendas, granjas o pequeños núcleos rurales alejados de la red de suministro eléctrico” (pág. 8)

No obstante, existen otras formas de clasificación.

Por el tipo de posición: Pueden ser de eje vertical, perpendicular al suelo o ser de eje horizontal, paralelo al suelo, los cuales son los más habituales y en ellos se ha centrado la mayor parte de los diseños en los últimos tiempos. (Gonzales Leon, 2019)

figura 15

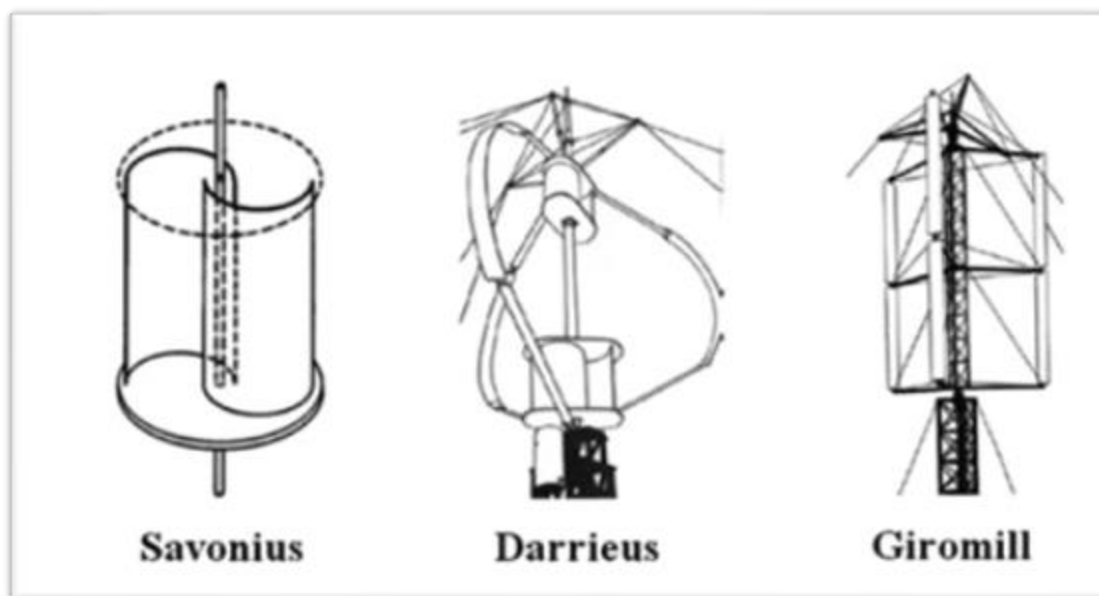
Aerogenerador de eje horizontal.



Fuente: Tomada de Ingeniería de la energía Eólica (pag.135), por Villarubia Lopez, 2012, marcombo.

figura 16

Aerogenerador de eje vertical.



Fuente: Tomada de Ingeniería de la energía Eólica (pag.137), por Villarubia Lopez, 2012,marcombo.

Por la posición del rotor con respecto al viento: Pueden ser a barlovento, de cara al viento o a sotavento, de espalda al viento.

Por el número de palas: Monopolos, bipalas, tripalas y más de tres palas se conocen como multipalas usados en primera instancia para la extracción de agua.

Por la manera de producir energía eléctrica: De forma directa a la red o de forma aislada.

Por el tipo de generador eléctrico: Asíncrono o síncrono (de imanes permanentes)

2.4.10. Generación De Electricidad Empleando Sistema Eólico.

Para producir energía eléctrica mediante la acción del viento, es necesario usar maquinas eólicas que no exijan al rotor un elevado par de arranque (Moragues & Rapallini, 2003).

Se emplean generadores eléctricos, estos pueden ser de corriente continua (dinamos) o de corriente altera, estos últimos a su vez se clasifican en dos formas. El generador síncrono o alternador, que se emplea más para emplazamientos de sistemas aislados y el, generador

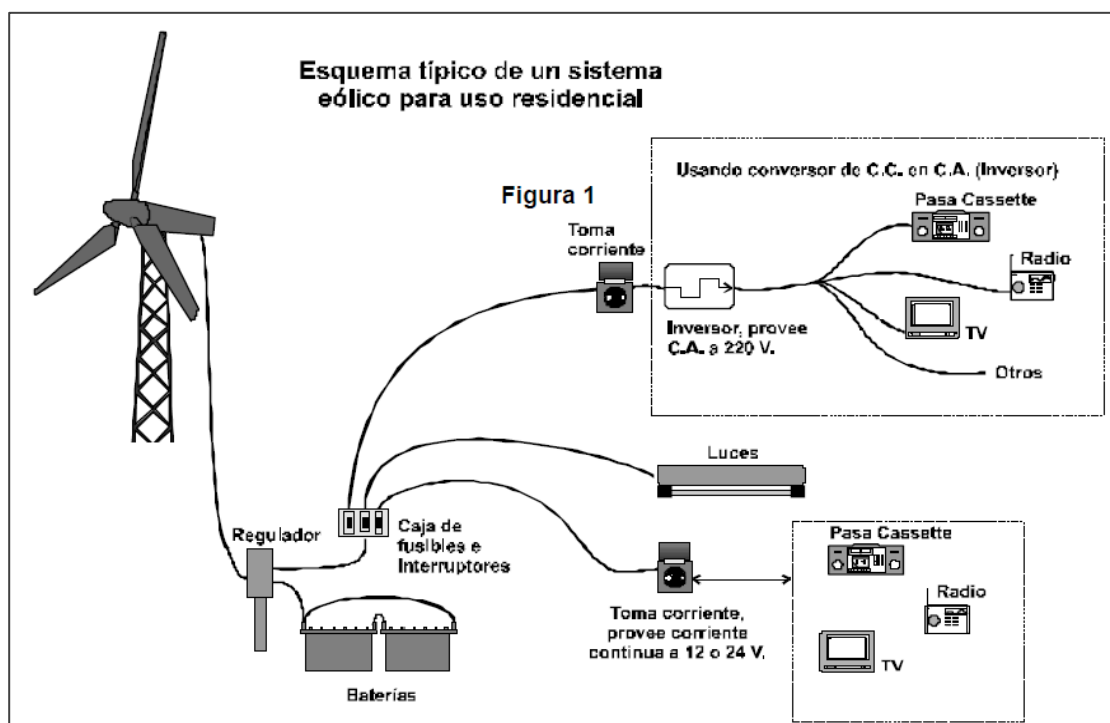
asíncrono o de inducción que se usa cuando la instalación inyecta o abastece de corriente a un sistema interconectado (Moragues & Rapallini, 2003).

2.4.11. Generadores Eólicos Aislados.

La producción de potencia en esta configuración va de 0.15 a 10 kW. En configuración de eje horizontales, casi siempre se emplean generadores síncronos de imán permanente y como medio de acumulación de emplea batería de plomo-ácidos (Moragues & Rapallini, 2003).

figura 17

Esquema típico de un sistema eólico aislado.



Fuente: Tomada de Energía eólica (pag.18), por Moragues & Rapallini, 2003.

2.4.12. Diagrama De Flujo De Potencias Eólicas.

2.4.12.1 Potencia Eólica Disponible.

$$P_d = \frac{1}{2} \rho v^3 A \text{ (KW)}$$

Ecua (3)

P_d = potencia disponible (kW)

ρ = Densidad del viento (kg/m^3)

V = velocidad del viento (m/s)

A = Área barrida por el giro de las palas (m^2).

2.4.12.2 Potencia En El Eje Del Rotor

$$P = C_p \times P_d \text{ (KW)} \quad \text{Ecua (4)}$$

C_p =coeficiente de potencia.

P_d = Potencia disponible.

2.4.12.3 Potencia De Accionamiento. Es la potencia usada para mover el alternador (**Villarubia Lopez, 2012**).

$$P_{acc} = n_c \times P \text{ (KW)} \quad \text{Ecua (5)}$$

n_c =rendimiento de la caja multiplicadora de velocidad. (0.97)

P = Potencia En el eje del rotor (kW).

2.4.12.4 Potencia Eléctrica. Potencia obtenida en los bornes del generador (**Villarubia Lopez, 2012**).

$$P_e = n_e \times P \text{ (KW)} \quad \text{Ecua (6)}$$

n_e =Rendimiento del alternador. (0.96)

P = Potencia de accionamiento (kW)

2.4.12.5 Potencia Enviada a La Red. Es la última potencia, la menor de todas y la verdadera producida, es la potencia resultante del generador afectado por el rendimiento del transformador elevador de tensión (**Villarubia Lopez, 2012**).

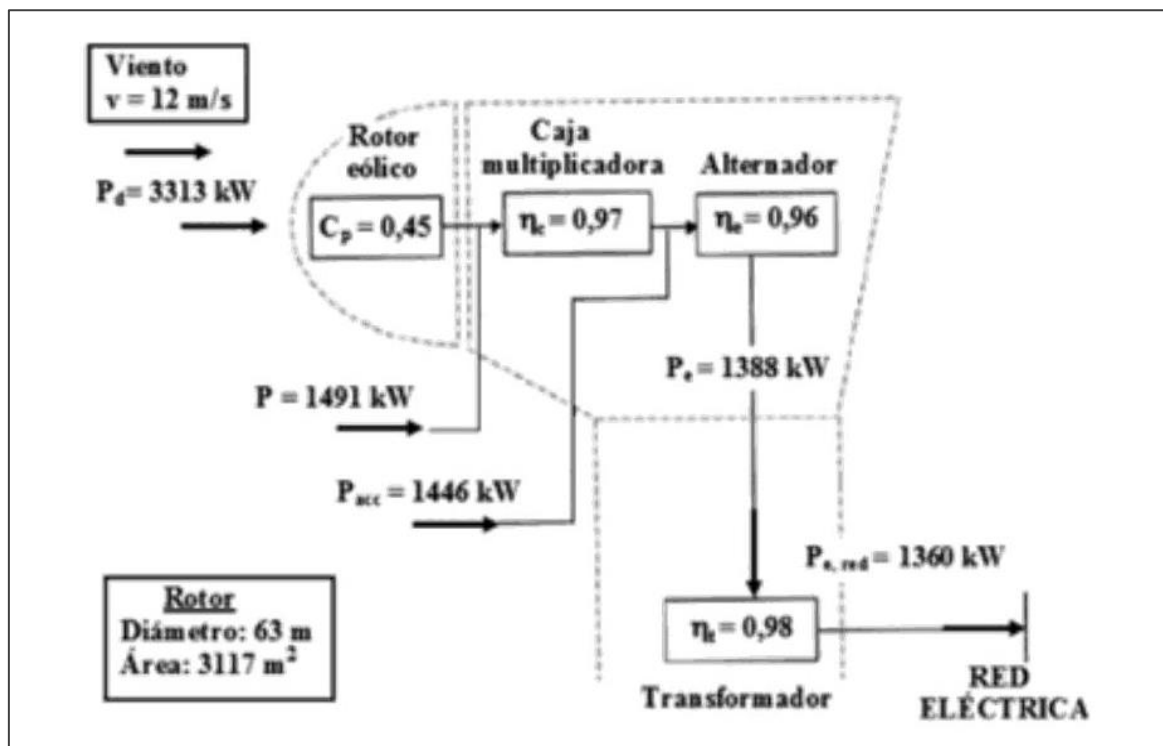
$$P_{en \text{ red}} = n_t \times P_e \quad \text{Ecua (7)}$$

n_t =Rendimiento del transformador elevador de tensión

P =potencia en los bornes del generador (kW).

figura 18

Diagrama de flujo de potencia.



Fuente: Tomada Ingeniería de la energía Eólica (pag.129), por Villarubia Lopez, 2012,marcombo.

2.5. SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA MEDIANTE SISTEMAS HÍBRIDOS.

2.5.1. Bombas.

Es un artefacto capaz de transmitir su energía mecánica, en energía de un líquido incompresible, logrando conducir o impulsar a niveles superiores, además el líquido consigue aumentar su presión, velocidad o altura (Isabelle Escomez, 2018).

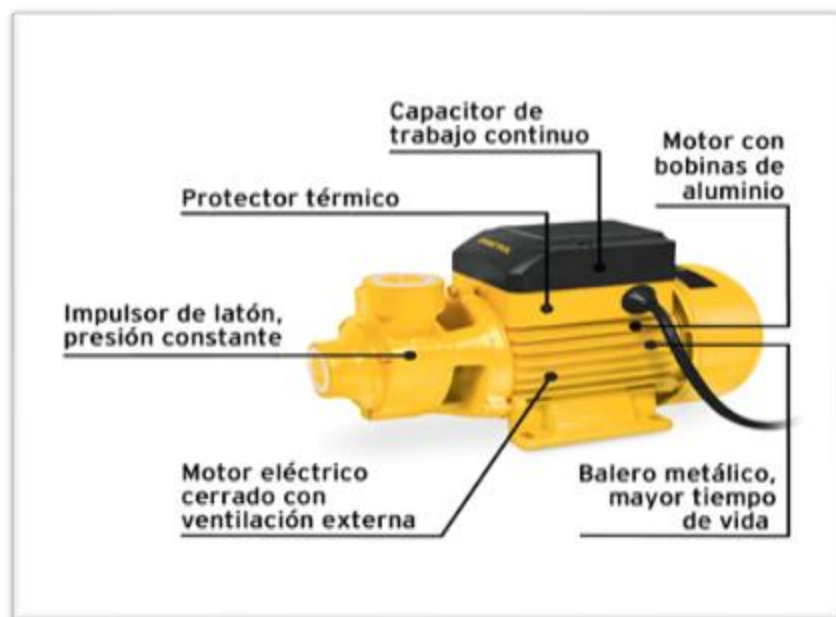
2.5.2. Tipos De Electrobombas

Electrobombas. Son artefactos capaces de impulsar líquido, para ello tiene que estar conectados a una fuente de alimentación eléctrica, con un nivel de tensión y corriente adecuadas. En este modelo encontramos las periféricas y centrifugas

Bombas Periféricas. Estas bombas se utilizan para usos domésticos, elevan el agua a más de 30 metros de altura, priorizan la presión en el agua y en tema de costos estas máquinas en comparación con las centrífugas cuestan casi la mitad del costo del segundo.

figura 19

Bomba Periférica.



Fuente: menos costoso que las centrífugas, prioriza la presión en el líquido. Tomada de TRUPER (<https://www.truper.com/bomba-electrica-periferica-para-agua-1-2-hp.html>)

Bombas Centrífugas. son un tipo de bomba hidráulica que transforma energía mecánica en energía cinética de presión a un fluido. Estas máquinas permiten desplazar a grandes distancias (SEGUAS, s.f.).

Priorizan el caudal

figura 20

Bomba centrífuga.



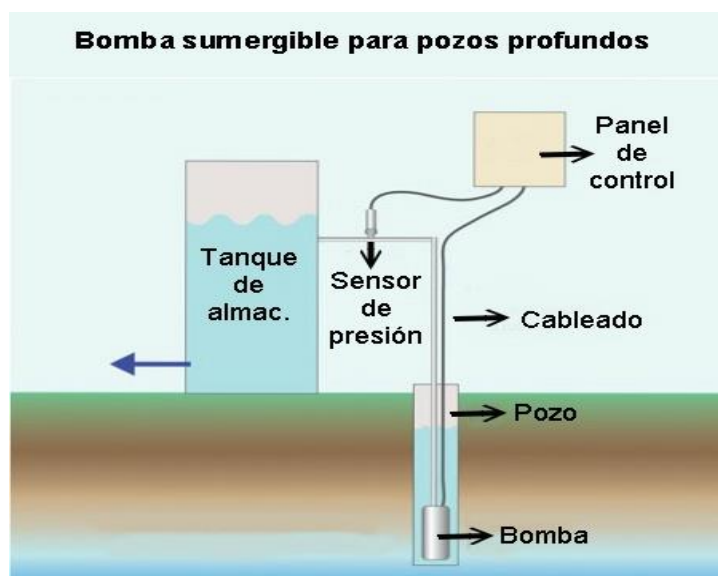
Fuente: Tomada de ARQHYS.COM

(https://www.arqhys.com/decoracion/partes_de_la_bomba_centrifuga.html)

Bombas sumergibles. Equipos diseñados para trabajar inmersos en el líquido a impulsar, están hechos con materiales resistentes a la corrosión, se emplean para grandes alturas manométricas.

figura 21

Bombas sumergible.



Fuente: para grandes profundidades de succión, tomada de: Máquinas y herramientas¹³

Motobombas. Su fuente de alimentación de estas máquinas son un motor, por ende, puede funcionar inclusive en espacio donde no existe energía eléctrica, por su capacidad puede dotar de agua a lugares remotos. (Auto Solar, 2021)

2.5.3. Tipo De Bomba Por Tipo De Fuente

Figura 22

Fuente de alimentación y tipo de bomba.

Tipo de fuente	Tipo de bomba recomendado
Pozo profundo	Bomba centrífuga vertical, sumergible (cilíndrica, angosta) Bomba axial vertical sumergible (cilíndrica, angosta) Bomba neumática o jet
Pozo excavado y cámara de bombeo	Bomba centrífuga vertical sumergible Bomba axial vertical sumergible Si $h_s < 4$ m (h_s = altura de succión) - Bomba centrífuga horizontal, no sumergible - Bomba centrífuga vertical, no sumergible
Cuerpo de agua superficial	Bomba centrífuga vertical, sumergible (cuerpo chato) Bomba centrífuga horizontal (sobre plataforma flotante o móvil) Bomba axial horizontal (sobre plataforma flotante o móvil)

Fuente: Adaptada de: abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de ingeniería sanitaria (pag.140), por Magne Ayllon, 2008.

2.5.4. Sistema De Bombeo

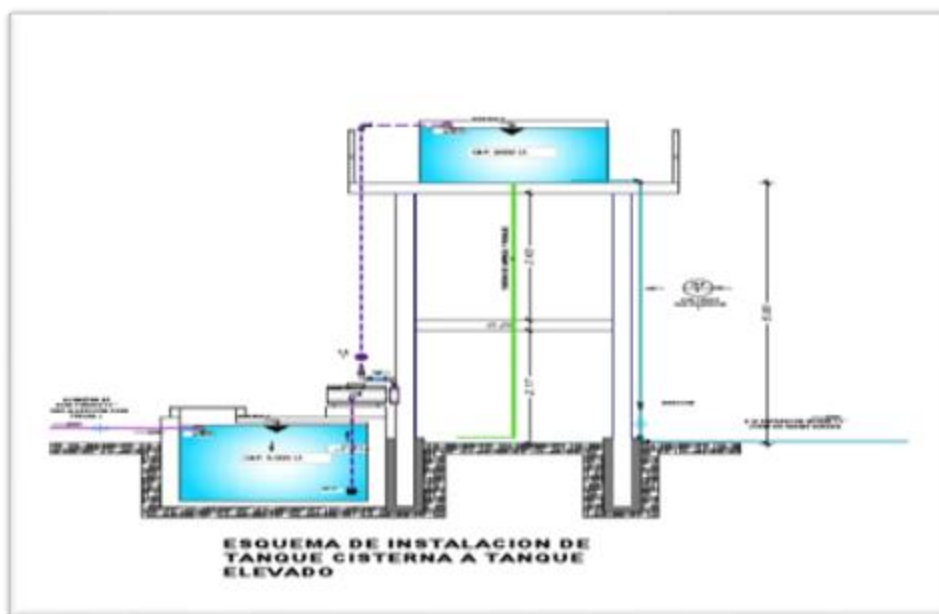
Es el aquel sistema que cuenta con diversas partes que hacen posible el recorrido mediante tuberías, así como también el acopio eventual de líquidos, permitiendo que las especificaciones de caudal y presión sean cumplidas en los procesos. El equilibrio hidráulico

¹³ <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/como-elegir-bomba-agua-para-pozos>

se da gracias al balance de energía donde se contabiliza o se tiene en cuenta a la energía potencial, cinética y pérdidas en energía (GEOHIDRAULICA)

figura 23

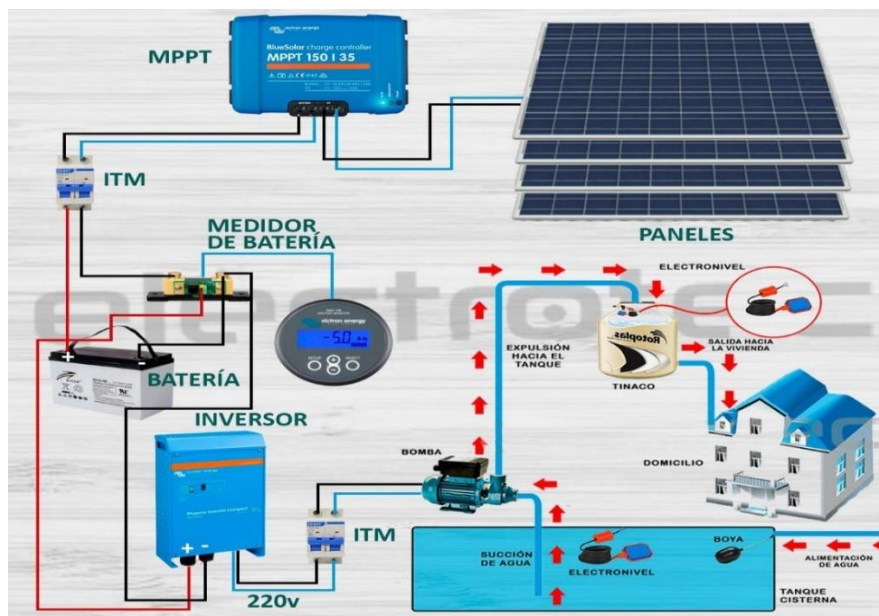
Esquema de sistema de bombeo.



Fuente: Adaptada de Esquema tanque elevado y cisterna,2016,
<https://es.scribd.com/document/323319250/Esquema-Tanque-Elevado-y-Cisterna#>

figura 24

Instalación de componentes en un bombeo solar.



Fuente: Adaptada de Esquema para el manejo de una BOMBA DE AGUA con PANELES SOLARES, ELECTROTEC, 2020, (<https://electrotec.pe/tienda/curso-de-paneles-solares-online?fbclid=IwAR1oBZVKuBDiF3HrPTbDhC5xR6Qk3EmuFihues0cKLMUjxYSjuLqfUpT6Tk>)

2.6. ESTUDIO DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE.

2.6.1. Dotación De Agua.

Según, (Cutzal Muz, 2007) “Es el volumen de agua que se le asigna a una persona para su consumo por unidad de tiempo. Usualmente, en el medio de dotación se determina en 150 l/hab/día” (pág., 12)

2.6.2. Consumo Medio Diario.

es el promedio de los consumos durante un año, expresado en (l/seg)

$$Q_m = \frac{\text{dotacion (percapita)} \times \text{poblacion futura}}{86400}$$

Ecua (8)

Dotación (l/hab/día)

Población futura o presente (número de personas)

2.6.3. Caudal Máximo Diario

Es el día de máximo consumo de una serie de registros obtenidos.

$$QDM = FDM \times Qmd \quad \text{Ecua (9)}$$

QDM = Caudal de día máximo o máximo diario.

FDM = Factor de día máximo (1.2 a 1.5)

Qmd = Caudal medio diario.

2.6.4. Caudal De Bombeo

Según (Cutzal Muz, 2007) “Cuando el sistema exige ser diseñado por bombeo, se requiere considerar un caudal de bombeo suficiente para abastecer el consumo máximo diario en un determinado período de bombeo” (pag.16)

Se debe tener en cuenta las horas de bombeo, que ascienden entre 8 a 12 horas.

$$Qb = \frac{Qc \times 24 \text{ hrs}}{HB} \quad \text{Ecua (10)}$$

Qb = Caudal de bombeo en l/seg

Qc = Caudal máximo diario en l/seg.

HB= Número de horas de bombeo al día.

2.6.5. Carga Dinámica Total En Bombeo Vertical.

Es simplemente la suma de la carga estática (la diferencia entre el nivel del agua en la succión y el nivel de la descarga) más la carga dinámica (debido al movimiento y las perdidas por fricción).

$$CDT = \frac{V^2}{2xg} + hf + hm + hi + ha \quad \text{Ecua (11)}$$

$$hf = \frac{1743.811 (l)(Q_b)^{1.85}}{C^{1.85} \varnothing^{4.87}} \quad \text{Ecua (12)}$$

Donde:

V: velocidad del agua en el tramo de impulsión. (m/s)

G: gravedad (m/s²)

L: longitud del tramo de impulsión en m.

Qb = Caudal de bombeo en l/seg

C=coeficiente de rugosidad del material, para PVC= 150.

Φ: diámetro interno de la tubería. (pulg)

Hf: pérdida por fricción (m).

Hm: pérdidas menores =2%Hf. (m)

Hi: diferencia de cotas (m).

Ha: altura de succión (m).

2.6.6. Potencia De La Bomba.

$$POT = \frac{CDT \times Qb}{76 \times e} \quad \text{Ecua (13)}$$

Potencia (HP)

Qb = Caudal de bombeo (l/seg)

CDT = Carga dinámica total

e = eficiencia de la bomba.

2.6.7. Cálculo De Consumo De Energía.

Se halla la potencia en HP, luego se pasa a kW y por último se multiplica por las horas de bombeo diario, luego al mes, para que el consumo quede en kW-h/mes.

2.7. HIBRIDACIÓN.

Es el apoyo de un sistema, con otra fuente de producción eléctrica auxiliar. (Villarubia Lopez, 2012)

En hibridación puedan darse combinaciones de cualquiera de las tecnologías de generación que utilice como energía primaria una energía renovable no fósil: Los sistemas de energía

híbrida son aquellos que generan electricidad a partir de dos o más fuentes, generalmente de origen renovable, compartiendo un mismo punto de conexión.

Para optar por un sistema híbrido, debemos analizar su complementariedad de cada uno de los sistemas.

2.7.1. Elementos Fundamentales De Una Instalación Híbrida.

- Uno o varios módulos de generación de energía a partir de fuentes de energía renovable, o un módulo de almacenamiento de energía (appa renovables, 2021).
- Un sistema inteligente de gestión para el control de la producción eléctrica, la operación conjunta de las plantas de generación, el balance de producción entre ellas y la prioridad de vertido de energía a la red en función de las señales de precio del mercado y la disponibilidad de los recursos renovables (appa renovables, 2021).
- Un mismo punto de acceso y vertido a la red, o varios si éstos actúan de manera dependiente y coordinada bajo el mismo sistema de gestión y control (appa renovables, 2021).

2.7.2. Clasificación De Instalaciones Híbridas

De forma general los sistemas híbridos se clasifican en dos formas. Según el tipo de conexión a la red y según el tipo de proyecto.

- Según el tipo de conexión a la red.

Conexión on- grid. Sistema de producción, que disponen de puntos de conexión para verter energía eléctrica a sistemas de transporte o distribución (appa renovables, 2021).

Conexión off- grid. Sistemas independientes, autónomas o aisladas son destinadas a mantener la autosuficiencia energética (appa renovables, 2021).

- Según el tipo de proyecto.

Proyecto brownfield. Híbrido a plantas ya existente y en operación (appa renovables, 2021)

Proyecto greenfiel. diseño, instalación y operación desde el inicio de nuevas plantas renovables que serán hibridadas (appa renovables, 2021).

- Clasificación por su potencia

Micro sistema hibrido: atiende demandas energéticas pequeñas e individuales con potencias menores a 1 kW (Gonzales Leon, 2019).

Sistema hibrido de pequeña potencia: es la más usual, con capacidad entre 1kw <= capacidad<100 kW. (Gonzales Leon, 2019)

Mediana potencia. 100 kW<= capacidad <1000 kW

gran potencia. Capacidad >1000 kW.

2.7.3. Ventaja y Desventaja De Los Sistemas Híbridos.

Según Randy Luis (2019) la ventaja de los sistemas híbridos estriba en tanto que permite el aprovechamiento conjunto y optimizado de los recursos locales disponibles, pudiendo garantizar altos niveles de calidad, confiabilidad y rendimiento, con reducción de costos en la instalación y operación del sistema. (pág. 4)

Sin embargo, también estos sistemas presentan falencias, pues es de conocimiento que su operación depende principalmente de las condiciones climatológicas y estos son impredecibles, por lo tanto, no se puede confiar en aplicaciones críticas.

2.7.4. Desarrollo Histórico Y Contexto Actual De Los Sistemas Híbridos.

Según Gonzales Leon (2019) “Numerosos sistemas híbridos han sido instalados en muchos países del mundo en las últimas tres décadas, fundamentalmente con la finalidad de abastecer de electricidad a comunidades aisladas de la red, a pequeños sistemas de bombeo y potabilización de agua, refrigeración entre otras aplicaciones” (pág. 21)

se sabe que la utilización de estos sistemas tuvo su inicio en la década de 1970, probablemente en la búsqueda de una solución frente a la crisis del petróleo de 1973.

A partir de la década 1990, la introducción de estos sistemas pasó también a tener como motivación la cuestión ambiental. En la misma década, la madurez de las tecnologías fotovoltaica y eólica, unido al buen funcionamiento de los dos sistemas híbridos fotovoltaico-diésel y eólico-diésel, abrirían el camino la combinación de los dos sistemas en uno solo, sistema eólico-fotovoltaico-diésel. Independiente a eso, surgen, en esta misma década, otras configuraciones de los sistemas híbridos, como: Fotovoltaico-eólico de Joanes, Estado de Pará, Brasil; microhídrico-diesel de Kun Pae, provincia de Chiang Mai, Tailandia; fotovoltaico-microhídrico de Taratak, Indonesia (Gonzales Leon, 2019, pág. 22).

2.7.5. Tipos De Hibridación

figura 25

Hibridación más común.



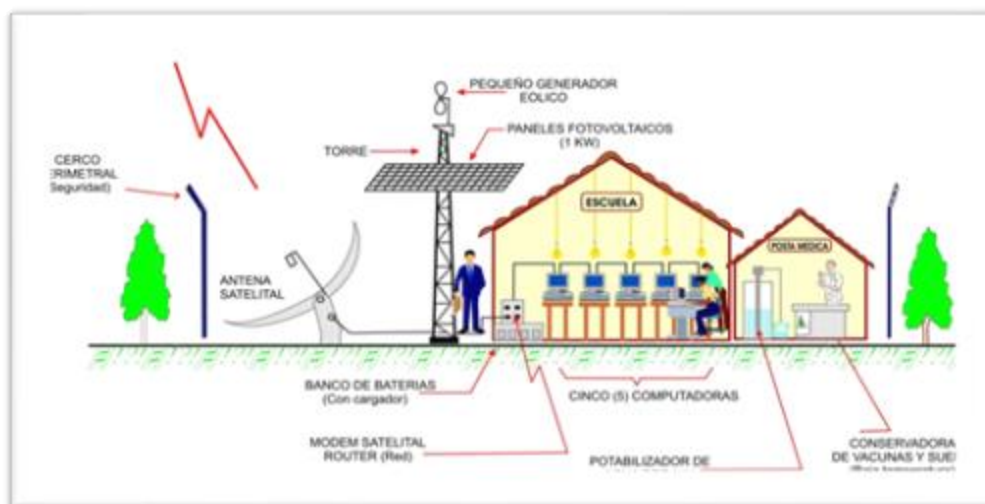
Fuente: Adaptada de Energía eléctrica por hibridación: cuando la unión de las renovables hace la fuerza, Iberdrola; (<https://www.iberdrola.com/innovacion/energia-hibrida>)

2.7.6. Hibridación Solar - Eólica.

Emplazamiento de dos tecnologías que se basan en recursos renovables no gestionables, sus perfiles de generación presentan una buena complementariedad tanto a escala horaria como a escala mensual (appa renovables, 2021).

figura 26

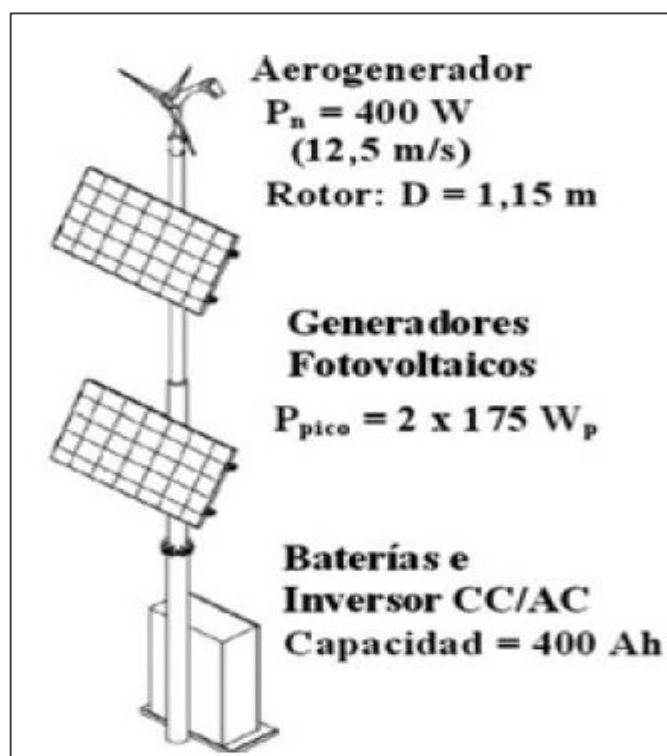
Hibridación eolio solar.



Fuente: Adaptada de Energías Renovables y sistemas híbridos de energía (pag.67), Por Luque Casanave,2010.

figura 27

Instalación híbrida.



Fuente: Equipo Leonard Tower (Western Co.), formado por un aerogenerador y dos paneles fotovoltaicos con baterías de acumulación e inversor CC/CA. Tomada de, Ingeniería de la Energía Eólica (pag.200), por Villarubia Lopez,2012.

2.8. DIMENSIONADO DEL SISTEMA HIBRIDO

2.8.1. Cálculo De Los Generadores.

Generador eólico.

Para el dimensionado y posterior selección de una unidad de aerogenerador, primeramente, se analiza los datos correspondientes a la velocidad en el lugar del emplazamiento, se usarán tablas de frecuencias, para con ello calcular la densidad de energía disponible anual y mensual en la localidad elegida.

Generador solar

Para seleccionar un modelo comercial y calcular el número de paneles es necesario conocer cuál es la energía necesaria diaria que se debe producir, las condiciones de radiación de cada mes, las condiciones de la instalación (Ladron de Guevara, pág. 48).

También, Ladron de Guevara (s.f) indica que es importante tener cuenta cual va ser la tensión de trabajo fijada del sistema. Lo habitual es de 12, 24, 48 dependerá mucho de la potencia total (pág. 48)

Potencia del generador

calcular de forma aproximada la potencia nominal del generador necesaria para bombear un caudal diario.

$$Pg = \frac{10 \times H_{TE} \times Qd}{Gd} \quad \text{Ecua (14)}$$

HTE= carga dinámica total (m)

Q_d =caudal de bombeo (m³/h)

G_d =es la irradiación global incidente en el plano del generador (kWh/m²)

Según, Perpiñan Lamigueiro (2012) la energía total, L_T , que debe entregar el SFA viene dada por la ecuación precedente y también indica que parte de la energía que produce el generador fotovoltaico no llegará a las cargas, pero debe ser tomada en cuenta en el cálculo como una pérdida más (pág. 109)

$$L_T = \frac{L_{dc}}{n_r} + \frac{L_{ac}}{n_{inv}} \quad \text{Ecu (15)}$$

L_T : energía total que debe entregar el generador fotovoltaico.

L_{dc} : energía debido a las cargas de corriente continua.

L_{ac} : energía debido a las cargas de corriente alterna.

n_r : rendimiento del regulador

n_{inv} : rendimiento del inversor

Finalmente, el valor absoluto de energía que debe producir el generador solar será, obtenida con la siguiente ecuación.

$$L = \frac{L_T}{n_{bat} \times n_c} \quad \text{Ecu (16)}$$

L_T : energía total que debe entregar el generador fotovoltaico.

n_{bat} : rendimiento de la batería.

n_c : rendimiento del inversor

Como valores orientativos pueden utilizarse $\eta_{inv} = 0,9$, $\eta_r = 0,95$, $\eta_{bat} = 0,85$ y $\eta_c = 0,98$ (Perpiñan Lamigueiro, Energía Solar Fotovoltaica, 2012)

Numero de paneles: para el cálculo de los paneles necesarios se emplea el valor de HSP del mes más desfavorable de todo el año, la energía necesaria y la potencia del panel.

Asociación en serie: con esta asociación se consigue sumar las tensiones máximas de cada módulo, es preciso indicar que el número de módulos asociados en serie depende mucho del nivel de tensión soportada por el regulador a la salida de los paneles

Asociación en paralelo: en esta configuración se consigue sumar las intensidades máximas de cada módulo (I_{mp}) y así se obtiene la intensidad máxima del campo solar.

Los reguladores también vienen diseñados para un valor de corriente máxima, y es necesario saber cuánto corriente soportara nuestro regulador y con ello empezar hacer el arreglo en paralelo.

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{E_p}{(P \times HSP)} \quad \text{Ecua (17)}$$

E_p : energía demandada (kW.h)

P : potencia pico de un módulo (kw)

HSP: hora solar pico (h)

2.8.2. Cálculo De Los Reguladores

para seleccionar el regulador se debe conocer la potencia máxima que entregara cada sistema, el nivel de tensión máximos y mínimos.

$$P = 1.1 \times N \times P_p (w) \quad \text{Ecua (18)}$$

N : número de paneles

P_p : potencia máxima de cada módulo. (W)

$$I_{max}(A) = \frac{\text{potencia total en modulos fotovoltaicos (w)}}{\text{voltaje del sistema (v)}} \quad \text{Ecua (19)}$$

2.8.3. Cálculo Del Sistema De Almacenamiento (baterías)

factor global de rendimiento

$$R = 1 - \left[(1 - k_b - k_c - k_v) k_a \frac{N}{Pd} \right] - k_b - k_c - k_v$$

N=3 días de autonomía (generalmente)

Pd= 50%

Ka =coeficiente de auto descarga: 0.005 para baterías estacionarias de pb

Kb= coeficiente de perdida por rendimiento en el acumulador: 0.05

Kc=Coeficiente de perdida en el convertidor: 0.1

Kv: Coeficiente por otras perdidas: 0.15

energía que debe disponer diariamente

$$E = Et/PR$$

Ecua (20)

Et: energía consumida

PR: factor global de rendimiento

Capacidad total

$$C_{total} = \frac{E_{elec} \times Nd}{P_d V_{cc}} (Amp - h)$$

Ecua (21)¹⁴

Vcc: Tensión de servicio del sistema

Pd: porcentaje de la profundidad de descarga.

Arreglo en paralelo

$$A_{ap} = \frac{\text{capacidad total (Ah)}}{\text{capacidad de bateria propuesto (Ah)}}$$

Ecua (22)

Arreglo en serie.

$$A_{as} = \frac{\text{voltaje del sistema (V)}}{\text{voltaje de la bateria (V)}}$$

Ecua (23)

¹⁴ Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada (Ladron de Guevara)

2.8.4. Cálculos Del Inversor

en el cálculo del inversor se debe tener en cuenta la tensión de trabajo del sistema, la entrada del inversor debe admitir esta tensión, también deberá estar dimensionado para soportar todas las potencias de todos los elementos de consumo. Por último, saber qué tipo de red se quiere a la salida del inversor, si es una red monofásica o trifásica (Ladron de Guevara, pág. 59).

$$Potencia\ de\ entrada\ al\ inversor = \frac{maxima\ demanda}{rendimiento\ del\ inversor} \quad Ecua\ (24)$$

CAPITULO III. MARCO METODOLOGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

la presente investigación, en donde se expone la forma como será analizada y estudiada el problema para dar solución, el trabajo se ha clasificado bajo la forma de: NO EXPERIMENTAL, DESCRIPTIVA.

- **NO EXPERIMENTAL**: las variables consideradas no se manipulan deliberadamente, para llegar a conclusiones, sino que los datos son observados tal y como se presentan en el contexto natural, para finalmente ser analizados.
- **DESCRIPTIVA**. se encarga de puntualizar las características de la población que está estudiando. Esta metodología se centra más en el “qué”, en lugar del “por qué” del sujeto de investigación. Es decir, “describe” el tema de investigación, sin cubrir “por qué” ocurre.¹⁵

3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El nivel de intervención en este trabajo es descriptivo, centrada en describir o recopilar información existente de un tema específico.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población y la muestra lo constituye el sistema de bombeo de la I.E “10087 Nuestra Sra. Virgen del Carmen” en el caserío Totoras.

3.4. FORMULACIONES DE HIPÓTESIS

El diseño de un sistema híbrido eólico-solar, sí suministrará con energía eléctrica al sistema de bombeo de agua en la institución educativa “10087 nuestra Sra. virgen del Carmen” en el caserío Totoras.

¹⁵ <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-descriptiva/>

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Las variables quedan definidas a continuación y el cuadro de operacionalización se detalla en la tabla 1.

X: Variable Independiente

Sistema Híbrido eólico -solar

Y: Variable dependiente

Suministro de energía eléctrica en el sistema de bombeo de agua.

Tabla 1

Operacionalización de Variables

TIPO	DEFINICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	INDICADORES
Variable independiente Sistema Híbrido eólico-solar.	Sistema híbrido eólico solar. Los sistemas de energía híbrida son aquellos que generan electricidad a partir de dos o más fuentes, generalmente de origen renovable, compartiendo un mismo punto de conexión.	DOCUMENTAL <ul style="list-style-type: none"> Análisis documental. Recopilar información. 	<ul style="list-style-type: none"> Ficha de recopilación de información 	<ul style="list-style-type: none"> Velocidad del viento (m/s). Irradiación solar (kWh/m²/día). Potencia pico de paneles. (w) Potencia pico del aerogenerador. (w)
Variable dependiente Suministro de Energía eléctrica en el Sistema de bombeo de agua	La energía eléctrica es aquella que se genera cuando existe una diferencia de potencial entre dos puntos, Esto hace posible que se establezca una corriente eléctrica entre los puntos al ponerlos en contacto a través de un conductor eléctrico	DOCUMENTAL <ul style="list-style-type: none"> Análisis documental. DE CAMPO <ul style="list-style-type: none"> Observación directa. 	<ul style="list-style-type: none"> Ficha de observación directa. 	<ul style="list-style-type: none"> la cantidad de energía eléctrica que consume. (kW.h) La potencia que se requiere. (W) Tensión de alimentación. (V) Intensidad. (A)

Fuente: elaboración propia

3.6. MODALIDADES Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.

Para el presente proyecto se emplearán las siguientes técnicas.

Análisis Documental

Observación Directa en Campo.

Recopilación de información

Observación directa en campo.

Para llevar a cabo, la presente investigación se realizó trabajos en las mismas instalaciones de la I.E. verificando la cantidad de estudiantes y personal docente, así mismo las áreas verdes existentes.

En el trabajo de campo se inspecciono el espacio donde se realizar el montaje de la tecnología híbrida.

Análisis Documental.

Para procesar, estudiar, analizar los datos y esclarecer términos y conceptos referentes a la tecnología a emplear se recurrió, a libros, trabajos de investigaciones y monografías, etc.

3.7. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS EMPLEADOS.

Fichas de análisis documental: “Esta ficha trata sobre documentos, e incluye información como las ideas principales y el lugar de archivo. Este tipo de fichas puede realizarse en papel, así como también en una computadora”.¹⁶

Diario de campo: según la página web, QUESTION PRO “El diario de campo es una herramienta de investigación que contiene todos los datos recogidos sobre el terreno en una investigación de campo, en ella se anotan, observaciones y pensamientos de forma ordenada”¹⁷

¹⁶ <https://organosdepalencia.com/biblioteca/articulo/read/12234-como-es-una-ficha-documental>

¹⁷ <https://www.questionpro.com/blog/es/diario-de-campo/>

Cámara fotográfica: es una herramienta que nos ayudara, en capturar imágenes reales y guardarlas para su posterior análisis.

Ficha de Recopilación de Información: Se conocen como fichas a los instrumentos en los cuales plasmamos por escrito información importante que hemos encontrado en nuestros procesos de búsqueda de información y que deseamos tener al alcance de nuestras manos en cualquier momento.

CAPITULO IV. PROPUESTA DE INVESTIGACION.

Conociendo La realidad problemática de la Institución Educativa N° 10087 “Nuestra Sra. Virgen del Carmen”.

La solución propuesta, es la de diseñar un sistema híbrido eólico-solar para suministrar con energía eléctrica al sistema de bombeo de agua en la Institución Educativa. “10087 nuestra Sra. Virgen del Carmen”.

Para llevar a cabo dicho estudio, se ha realizado las siguientes actividades.

- se inspecciono el punto donde se instalará el sistema híbrido eólico solar.
- se solicitó el dato correspondiente al número de alumnos y personal administrativo para con ello determinar la demanda de agua potable, que será un dato de suma importancia en determinar la potencia del equipo de bombeo y finalmente la energía diaria demandada.
- Se ha considerado valores de la velocidad del viento en la localidad, a 10 m del suelo, data que se ha extraído de la paginas web con acceso a la NASA.
- se ha realizado mediciones de velocidad de viento a 4 m de altura.
- Se solicito y se obtuvo los datos de velocidad de viento y radiación solar a nivel del Distrito de Incahuasi, en SENAMHI.Chiclayo.
- Se ha considerado también la irradiación solar de diferentes fuentes.

Con todos los datos de la condición climática se propone el emplazamiento de los siguientes elementos.

Generador eólico: que sea capaz de arrancar con la velocidad predominante y que sea comercial en el país.

Generador solar: de potencia suficiente, de marca reconocida y comercial en país cuyo número de módulos se calculará en función de la demanda de energía.

Controladores de carga: con capacidad para soportar la intensidad de cortocircuito del generador y con la suficiente potencia.

Banco de baterías: comercial y de marca reconocida, su capacidad de cálculos en función de los días de autonomía y la energía demandada.

Inversor: elemento importante, necesario para entregar la CD en CA. A tensión requerida y a 60 Hz.

Principio de operación del sistema híbrido.

el sistema operara de la siguiente forma, el viento accionara el pequeño aerogenerador, y la irradiación solar será aprovechada por los paneles solares, trabajaran conjuntamente. Durante la noche el generador eólico seguirá cargando a la batería, cada uno contará con su respectivo controlador de carga, pasando el controlador los dos sistemas se unirán mediante conexión en paralelo antes de la entrada a los bornes de la batería, después de la batería se conectará al inversor y finalmente al tablero de control y protección de la bomba.

CAPITULO V. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

La presente tesis desarrolla el diseño de un sistema híbrido solar fotovoltaico - eólico, donde la demanda de energía eléctrica tiene una gran relevancia, ya que el dimensionamiento y configuración de los equipos tiene directa relación con el consumo. Por lo que es necesario conocer la energía que va a ser demandada y su distribución en el tiempo.

5.1. SISTEMA DE BOMBEO Y DEMANDA DE AGUA.

5.1.1. Dotación

La dotación de agua que se usara en los cálculos en el presente trabajo, deriva del dispositivo legal “Reglamento Nacional de Edificaciones”. Y se muestra a continuación los valores a considerar.

Se ha observado también que, el abastecimiento de agua hacia la cisterna en la institución educativa, proviene de la red pública de forma continua, siendo controlado el ingreso o no del agua mediante un sistema de boyas.

figura 28

Dotación de agua.

f) La dotación de agua para locales educacionales y residencias estudiantiles, según la siguiente tabla.

Tipo de local educacional	Dotación diaria
Alumnado y personal no residente.	50 L por persona.
Alumnado y personal residente.	200 L por persona.

Las dotaciones de agua para riego de áreas verdes, piscinas y otros fines se calcularán adicionalmente, de acuerdo con lo estipulado en esta Norma para cada caso.

Fuente: Adaptada del Reglamento Nacional de edificaciones.

5.1.2. Población

- Número de alumnos en el año de estudio (2022)

Según información brindada por el director de la institución educativa.

Nivel primario :105

Nivel secundario :150

- Numero de personal docente y administrativo

Nivel primario: 07

Nivel Secundario: 07

- Personal de Mantenimiento.

Personas: 01

Población total: 270 personas

figura 29

Constancia de la Cantidad de personal docente en la Institución Educativa 10087, Nuestra Sra Virgen Del Carmen.


IE. N° 10087 "NUESTRA SEÑORA VIRGEN DEL CARMEN"
TOTORAS- INCAHUASI- FERREÑAFE
C.M.P. 0345652 C.R.A. 1187532 C.I.E. 282580



"Año del fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

EL DIRECTOR DE LA I.E. N° 10087 "NUESTRA SEÑORA VIRGEN DEL CARMEN"

HACE CONSTAR

La cantidad de docentes de nivel Primaria y Secundaria.

PRIMARIA

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	CANTIDAD
01	DE LA CRUZ CARLOS BENITO	DIRECTOR	01
02	GARCIA-SANCHEZ ROMULO SANTIAGO	PROFESOR	01
03	ROQUE DE LA CRUZ JESUS MANUEL	PROFESOR	01
04	RODRIGUEZ DE LA CRUZ FERNANDO	PROFESOR	01
05	SANCHEZ DE LA CRUZ JOSE MARTIN	PROFESOR	01
06	DE LA CRUZ CARLOS AMELIA NERI	PROFESORA	01
07	CARLOS CAJO JUAN JOSE	PROFESOR	01
		TOTAL	07

SECUNDARIA

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	CANTIDAD
01	CASANOVA JURUPE ARMANDO	PROFESOR	01
02	GIL BURGA IVONN JAQUELINE	PROFESORA	01
03	CASTRO CHANAME CINTHIA KATHERINE	PROFESORA	01
04	TERRONES RODRIGUEZ CATALINA	PROFESORA	01
05	BERNILLA MENDOZA LEONARDO	PROFESOR	01
06	REYES CESPEDES CARLOS	PROFESOR	01
07	MENDOZA REGALADO LUIS EDGARDO	PROFESOR	01
		TOTAL	07

PERSONAL DE MANTENIMIENTO

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	CANTIDAD
01	QUISPE PURIHUAMAN GLADYS BEATRIZ	PERSONAL DE LIMPIEZA	01
		TOTAL	01



Fuente: Expedida por el director de la Institución educativa 10087, Nuestra Sra Virgen Del Carmen.

figura 30

Constancia de la cantidad de estudiantes nivel, Primario y Secundario en la Institución educativa 10087, Nuestra Sra Virgen Del Carmen

IE. N° 10087 "NUESTRA SEÑORA VIRGEN DEL CARMEN"
TOTORAS- INCAHUASI- FERREÑAFE
C.M.P: 0345652 CMS: 1197532 CLE: 282580

Ministerio de Educación

CANTIDAD DE ESTUDIANTES

NIVELES	CANTIDAD	TOTAL
PRIMARIA	105	105
SECUNDARIA	150	150

Se le extiende dicho documento a la parte interesada, para los fines que crea conveniente.

Totoras, 21 de octubre del 2022

BENITO DE LA CRUZ CARLOS
DIRECTOR

Fuente: Expedida por el director de la Institución educativa 10087, Nuestra Sra Virgen Del Carmen

5.1.3. Consumos Y Caudales

- **Caudal medio diario.**

Empleando la Ecu (8)

$$Q_m = (270 \times 150 \text{ Lt/per}) / 86400$$

Se sumará los litros empleados en regar áreas verdes.

Tabla 2

Caudal diario.

		CAUDAL DIARIO (L/S)
NUMERO DE ALUMNOS, PROFESORES Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO. (personas)	270	0,49
DOTACION (L/PERSONA)	150	
AREA VERDE		
AREA (m2)	120	0,021
LITROS	5	
NUMERO DE DIAS	3	

Fuente: elaboración propia

- **Caudal máximo diario**

Empleando la Ecu (9) y con la ayuda del software Excel.

Tabla 3

Caudal Máximo Diario

Factor de día Máximo	1,500
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,735

Fuente: elaboración propia

- **Caudal de bombeo**

Empleando la Ecu (10) obtenemos.

Tabla 4

Caudal de Bombeo.

Número de horas de bombeo	4
Caudal de bombeo (L/seg)	2,94

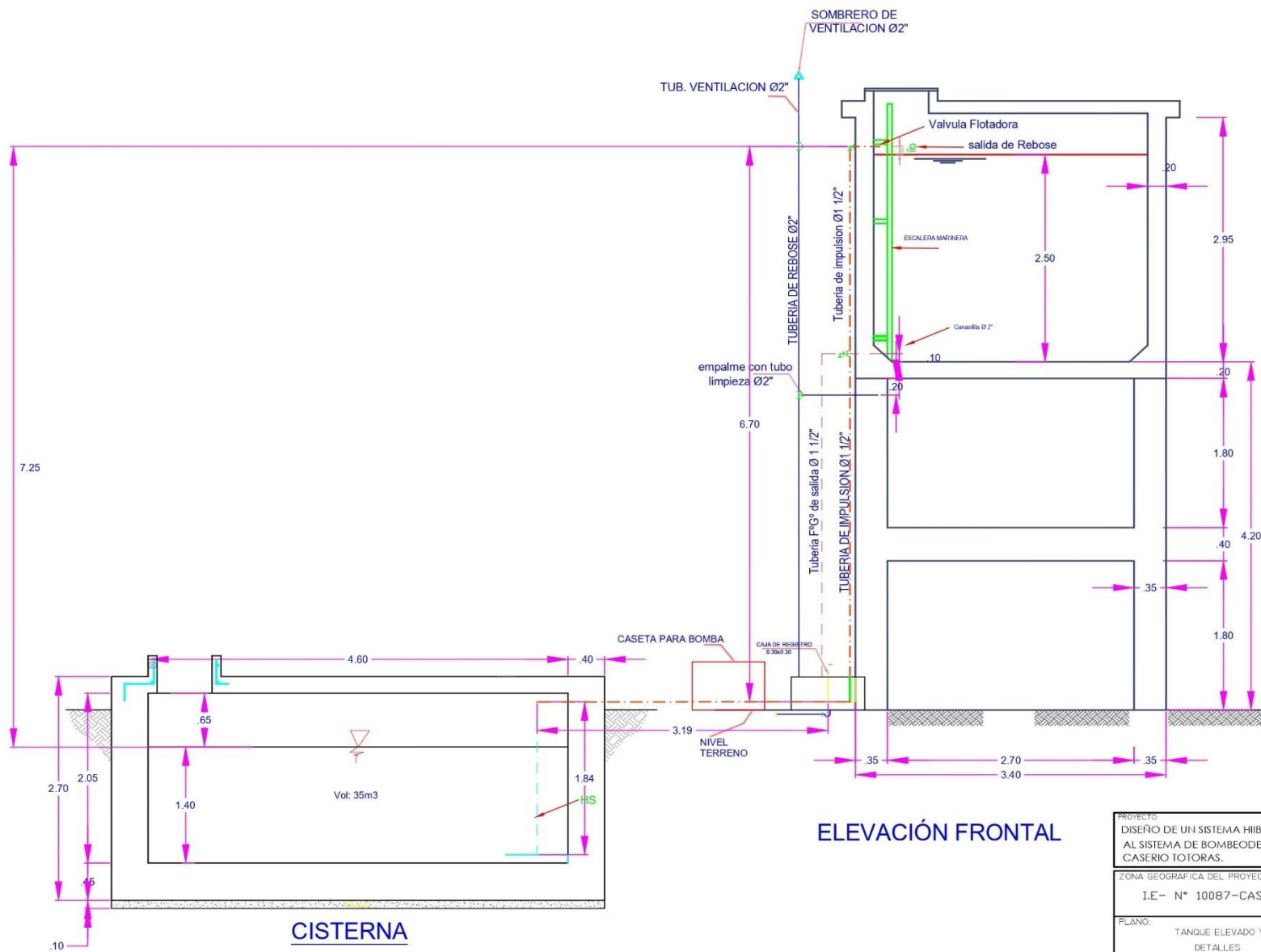
Fuente: elaboración propia

- **Carga dinámica total.**

Resistencia al movimiento del fluido bombeado, dado en metros. para calcular, se hace el empleo las medidas dadas en la figura, de donde sacamos la distancias y longitudes.

figura 31

Plano de sistema de bombeo de agua potable.



PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO SOLAR PARA SUMINISTRAR CON ENERGIA ELECTRICA AL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN LA I.E. 10087 "NUESTRA SRA Virgen DEL CARMEN" EN EL CASERIO TOTORAS.			
ZONA GEOGRAFICA DEL PROYECTO: I.E- N° 10087-CASERIO TOTORAS		RESPONSABLES: BACH. WILMER REYES BARRIOS	UBICACIÓN: CASERIO TOTORAS DIST. ICAHAUASI PROV. FERREÑAFE REGIÓN: LAMBAYEQUE
PLANO: TANQUE ELEVADO Y CISTERNA DETALLES	ESCALA: 1/100 W.G.C. 84	FECHA: DIBUJO CAD:	COTACIÓN: PL-02

Fuente: Elaboración propia

Empleando la Ecu (11) y las medidas dadas en el plano de la figura 31, obtenemos el siguiente valor.

Tabla 5

Carga Dinámica Total.

Perdidas por fricción (hf) en (m)	0,140
Perdidas Menores (hm)	0,003
Diferencia de cotas (hi) en (m)	7,250
Altura de Succión (ha) en (m)	1,840
pérdida de carga por velocidad en la descarga(hfv) en (m)	0,032
<i>Carga Dinámica Total (CDT) en (m)</i>	<i>9,264</i>

Fuente: elaboración propia

5.2. CAPACIDAD DE LA CISTERNA Y TANQUE ELEVADO

Para calcular la capacidad de los sistemas de almacenamiento de agua, tomamos como referencia el, Reglamento Nacional de Edificaciones en la sección I.S-0.10 (Instalaciones Sanitarias para edificaciones), en el numeral 2.4 (Almacenamiento y Regulación), literal e. indica que, la capacidad de la cisterna no debe ser menor a $\frac{3}{4}$ de la dotación diaria y el tanque elevado no menor a $\frac{1}{3}$ de dicho volumen.

Capacidad de la cisterna

$$Cc = \frac{3}{4} \times \text{Dotación diaria}$$

Dotación diaria es igual a caudal medio diario (Qm) = 0,49 L/s

$$\text{Dotación} = 0,49 \frac{\text{L}}{\text{seg}} * \frac{86400 \text{ seg}}{1 \text{ dia}} = 42336 \text{ L/dia}$$

$$Cc = \frac{3}{4} * 42,336 \text{ L}$$

$$C_c = 31,752 \text{ L}$$

Se construirá una cisterna con capacidad de 35 m³, con longitudes mostradas en la figura 31.

Capacidad del tanque elevado

$$C_t = 1/3 \times \text{Dotación diaria}$$

$$C_t = \frac{1}{3} * 42336 \text{ L}$$

$$C_t = 14.11 \text{ L}$$

$$C_t = 14.11 \text{ m}^3$$

se propone un tanque elevado con capacidad de 18 m³, con medidas mostradas la figura 31.

5.3. POTENCIA DE LA BOMBA.

Tabla 6

Potencia de la Bomba

POTENCIA DE LA BOMBA			
PARAMETROS		HP	kW
CDT (m)	9,264	0,597	0,445
QB (L/s)	2,94		
e	0,6		

Fuente: elaboración propia

Se empleará una bomba de potencia 0,5 kw o los mismo de 500 Watts.

5.4. ENERGÍA DEMANDADA.

Tabla 7

Energía Diaria Demandada Por la Electrobomba

	POTENCIA EN (KW)	HORAS DE TRABAJO DIARIO (h)	ENERGIA DIARIA (KW-h)
LUNES	0,5	4	2
MARTES	0,5	4	2
MIERCOLES	0,5	4	2
JUEVES	0,5	4	2
VIERNES	0,5	4	2
SABADO	0,5	2	1
DOMINGO	0,5	2	1

Fuente: elaboración propia

Como se observa la energía demanda será de 2 kWh/ diario

5.5. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS RECURSOS EÓLICOS Y SOLARES

5.5.1. Energía Solar Disponible.

figura 32

Irradiación solar diaria en la localidad de Totoras.

Geographical Site
Hacienda Totoras
Perú

Situation
Latitude
Longitude
Altitude
Time zone
-6.12 °S
-79.38 °W
3092 m
UTC-5

Monthly Meteo Values

Source
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100%

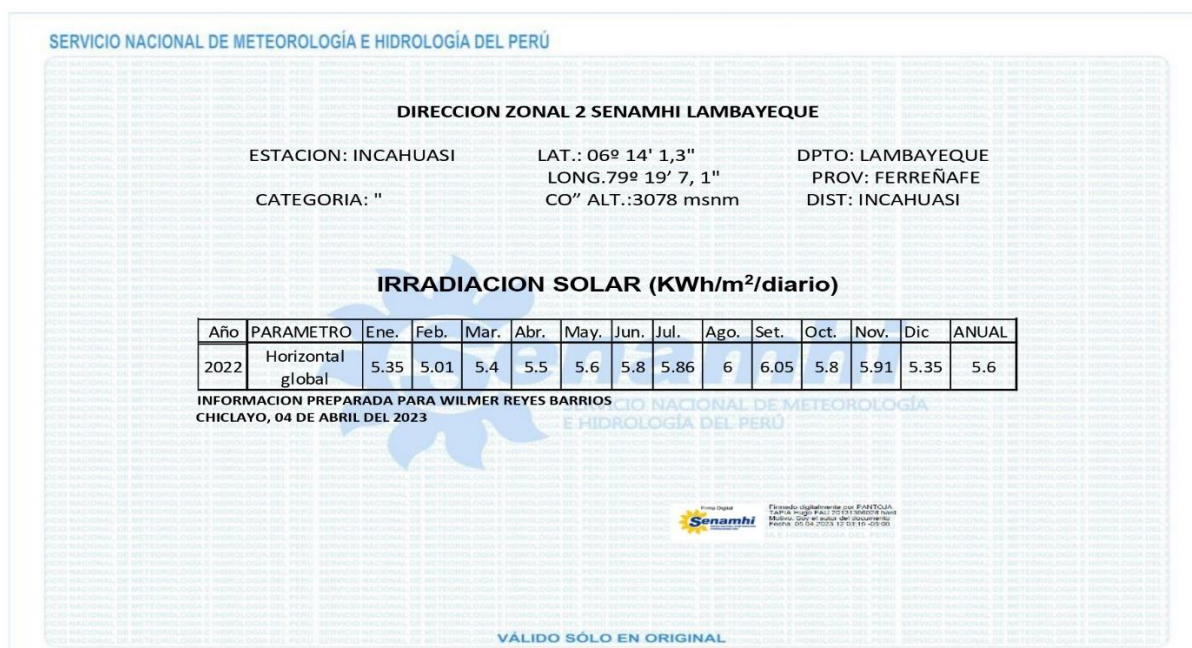
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
Horizontal global	5.37	5.01	5.42	5.69	5.64	5.80	5.86	6.04	6.06	5.88	5.92	5.38	5.68	kWh/m²/day
Horizontal diffuse	2.68	2.61	2.30	2.48	2.09	1.71	1.83	2.01	2.26	2.06	2.41	2.50	2.24	kWh/m²/day
Extraterrestrial	10.66	10.75	10.53	9.86	9.06	8.59	8.74	9.41	10.17	10.60	10.65	10.57	9.96	kWh/m²/day
Clearness Index	0.503	0.466	0.515	0.577	0.622	0.676	0.670	0.642	0.596	0.555	0.556	0.509	0.570	ratio
Ambient Temper.	12.7	12.5	12.4	12.4	12.4	11.8	11.6	12.1	12.3	12.6	12.6	12.9	12.4	°C
Wind Velocity	5.0	4.6	4.6	4.5	5.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.6	4.8	m/s

Fuente (software PVsyst¹⁸)

De la tabla anterior se observa que el mes más desfavorable es febrero con una irradiación de 5.01 kWh/m²/día.

¹⁸https://www-pvsyst-com.translate.google/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=sc

figura 33

Irradiación solar a nivel del Distrito de Incahuasi

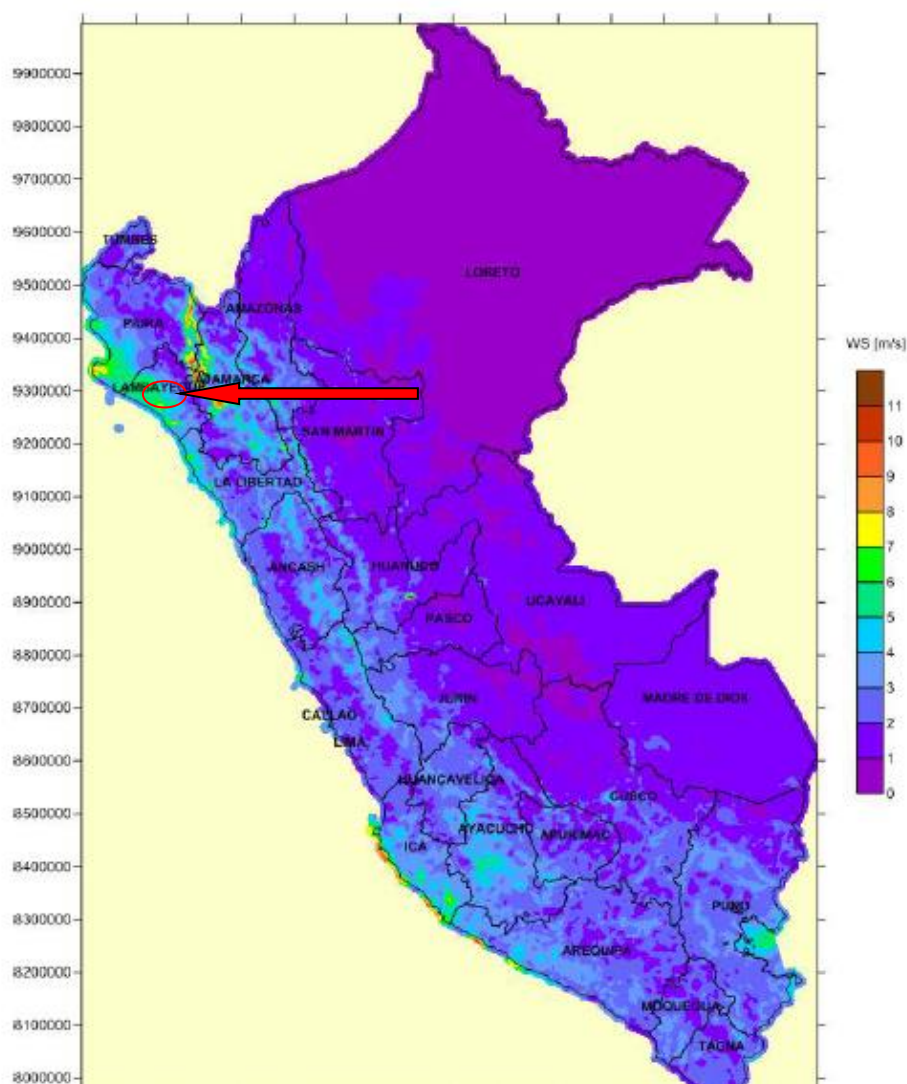
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú, zonal Lambayeque.

5.5.2. Energía Eólica Disponible.**A) Según Atlas Eólico del Perú.**

En la imagen se observa que, en el departamento, Lambayeque las velocidades medias anuales del viento a 10 m del suelo que se presentan están en el rango de 5 a 7 m/s y en la localidad de investigación se observa que oscila entre 2 y 3 m/s.

figura 34

Velocidad media anual a 10 m en las diferentes regiones del Perú.



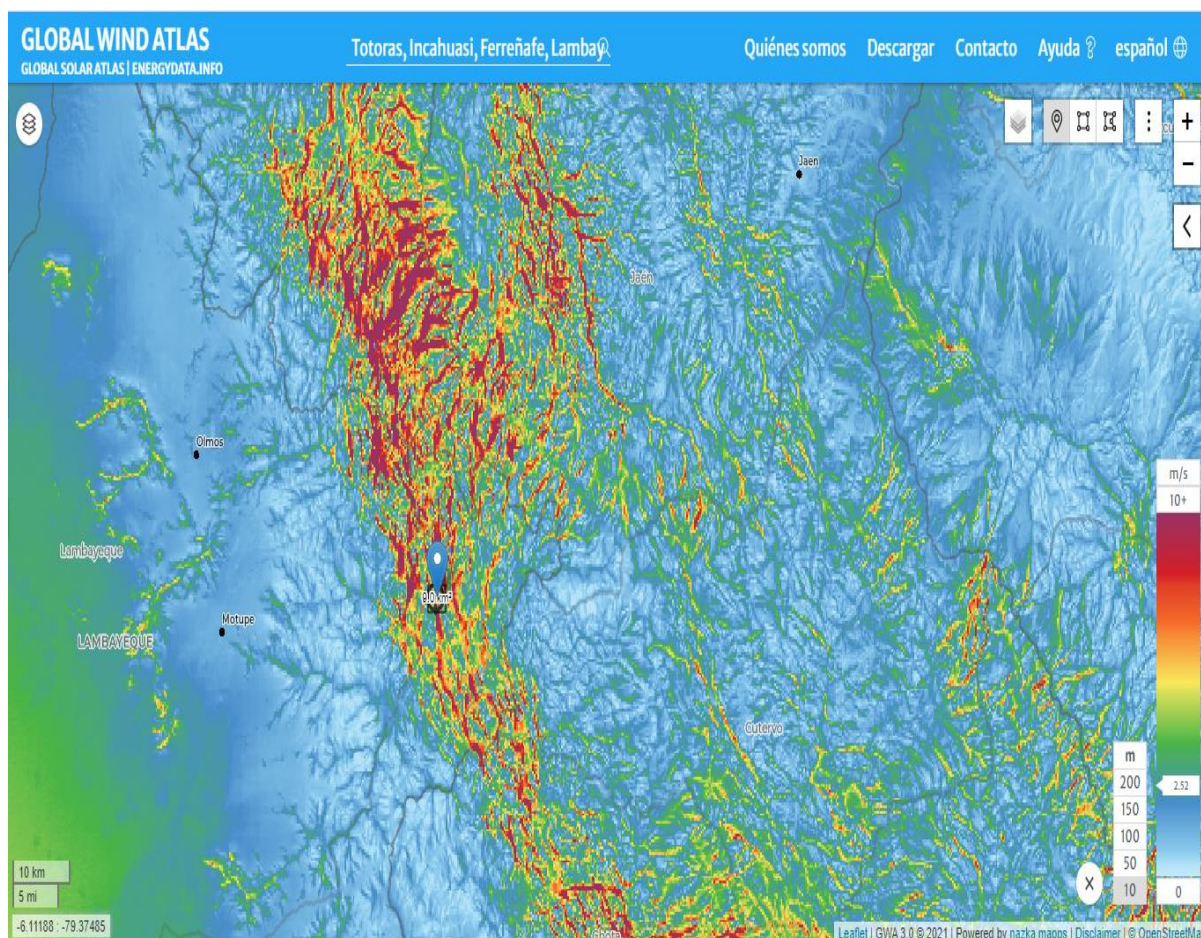
Fuente: Adaptada de: Atlas Eólico del Perú (pag.117), Por Ministerio de Energía y Minas, 2016.

B) Según Atlas Mundial del viento

Otra página que se ha empleado como medio de recopilación de datos respecto a la velocidad del viento en la localidad de investigación ha sido el, GLOBAL WIND ATLAS. Cuya imagen se observa en adelante, en ello se puede apreciar que la velocidad media anual a 10 m del suelo en la localidad de, Totoras es 2.52 m/s.

figura 35

Velocidad media anual a 10 m en la localidad de, Totoras.



Fuente: Tomada de (GLOBAL WIND ATLAS¹⁹)

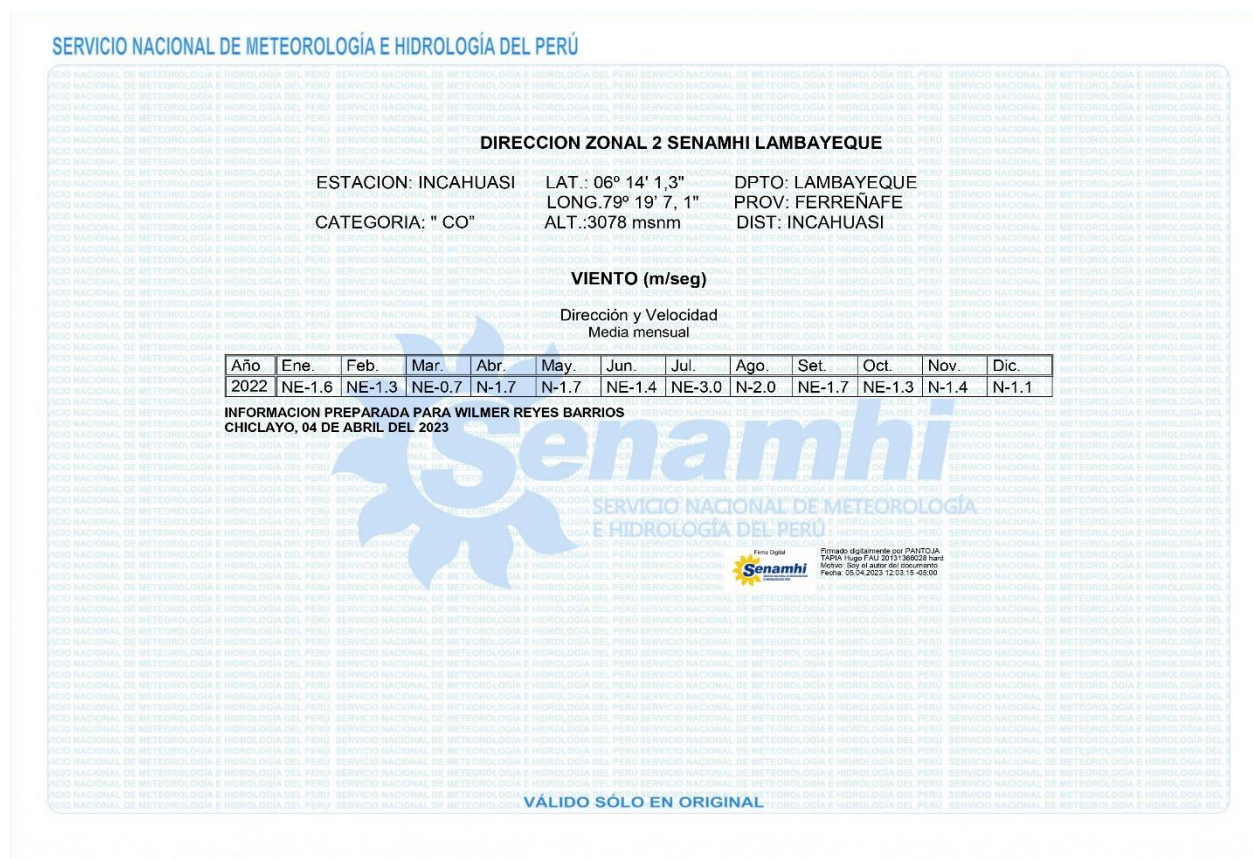
C) Según Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Dirección Zonal 2 SENAMHI LAMBAYEQUE.

También se ha recopilado datos correspondientes a la velocidad del viento, del SENAMHI Lambayeque, en el área del Distrito Incahuasi, en la imagen siguiente se observa la velocidad promedio mensual.

¹⁹ <https://globalwindatlas.info/es/>

Figura 36

Velocidad y dirección de viento mensual en el área del Distrito de Incahuasi.



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú, zonal Lambayeque.

D) Según Mediciones Realizadas.

También se realizado mediciones de la velocidad del viento, forma horaria. en la localidad de Totoras. Para ello se empleado un anemómetro de cazoleta.

ALTURA DE MEDICION		4	m				
FECHA	HORA (h)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCION	FECHA	HORA (h)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCION
01/06/2024	00:00:00	1.83	99	01/06/2024	01:00:00	1.85	100
01/06/2024	02:00:00	1.87	119	01/06/2024	03:00:00	1.88	120
01/06/2024	04:00:00	1.82	129	01/06/2024	05:00:00	1.96	130
01/06/2024	06:00:00	2.00	178	01/06/2024	07:00:00	1.80	179
01/06/2024	08:00:00	1.80	260	01/06/2024	09:00:00	1.85	261
01/06/2024	10:00:00	1.85	93	01/06/2024	11:00:00	1.90	94
01/06/2024	12:00:00	1.84	111	01/06/2024	13:00:00	1.80	112
01/06/2024	14:00:00	1.83	161	01/06/2024	15:00:00	1.90	162
01/06/2024	16:00:00	1.82	258	01/06/2024	17:00:00	1.70	259
01/06/2024	18:00:00	1.81	248	01/06/2024	19:00:00	1.90	249
01/06/2024	20:00:00	1.80	200	01/06/2024	21:00:00	1.89	201
01/06/2024	22:00:00	1.85	142	01/06/2024	23:00:00	2.00	143
02/06/2024	00:00:00	2.05	159	02/06/2024	01:00:00	2.55	160
02/06/2024	02:00:00	2	237	02/06/2024	03:00:00	2.5	238
02/06/2024	04:00:00	2.6	262	02/06/2024	05:00:00	3.1	263
02/06/2024	06:00:00	2.7	234	02/06/2024	07:00:00	3.2	235
02/06/2024	08:00:00	2.5	204	02/06/2024	09:00:00	3	205
02/06/2024	10:00:00	2.3	224	02/06/2024	11:00:00	2.8	225
02/06/2024	12:00:00	2.2	232	02/06/2024	13:00:00	2.7	233
02/06/2024	14:00:00	2.5	241	02/06/2024	15:00:00	3	242
02/06/2024	16:00:00	2.8	272	02/06/2024	17:00:00	3.3	273
02/06/2024	18:00:00	2.7	241	02/06/2024	19:00:00	3.2	242
02/06/2024	20:00:00	2.8	240	02/06/2024	21:00:00	3.3	241
02/06/2024	22:00:00	2.9	254	02/06/2024	23:00:00	3.4	255
03/06/2024	00:00:00	2.45	256	03/06/2024	01:00:00	2.95	257
03/06/2024	02:00:00	3.52	178	03/06/2024	03:00:00	4.02	179
03/06/2024	04:00:00	2.64	146	03/06/2024	05:00:00	3.14	147
03/06/2024	06:00:00	4.41	63	03/06/2024	07:00:00	4.91	64
03/06/2024	08:00:00	3.37	96	03/06/2024	09:00:00	3.87	97
03/06/2024	10:00:00	1.5	141	03/06/2024	11:00:00	2	142
03/06/2024	12:00:00	2.24	171	03/06/2024	13:00:00	2.74	172
03/06/2024	14:00:00	2.84	230	03/06/2024	15:00:00	3.34	231
03/06/2024	16:00:00	2.23	273	03/06/2024	17:00:00	2.73	274
03/06/2024	18:00:00	1.92	155	03/06/2024	19:00:00	2.42	156
03/06/2024	20:00:00	3.85	70	03/06/2024	21:00:00	4.35	71
03/06/2024	22:00:00	5.61	74	03/06/2024	23:00:00	6.11	75
04/06/2024	00:00:00	5.03	74	04/06/2024	01:00:00	5.53	75
04/06/2024	02:00:00	3.57	106	04/06/2024	03:00:00	4.07	107
04/06/2024	04:00:00	2.97	134	04/06/2024	05:00:00	3.47	135
04/06/2024	06:00:00	2.41	141	04/06/2024	07:00:00	2.91	142
04/06/2024	08:00:00	3.16	204	04/06/2024	09:00:00	3.66	205
04/06/2024	10:00:00	4.45	229	04/06/2024	11:00:00	4.95	230
04/06/2024	12:00:00	5.45	249	04/06/2024	13:00:00	5.95	250
04/06/2024	14:00:00	5.81	255	04/06/2024	15:00:00	6.31	256
04/06/2024	16:00:00	5.62	247	04/06/2024	17:00:00	6.12	248
04/06/2024	18:00:00	2.84	189	04/06/2024	19:00:00	3.34	190
04/06/2024	20:00:00	4.12	221	04/06/2024	21:00:00	4.62	222
04/06/2024	22:00:00	4.62	272	04/06/2024	23:00:00	5.12	273
05/06/2024	00:00:00	4.37	242	05/06/2024	01:00:00	4.87	243
05/06/2024	02:00:00	4.16	201	05/06/2024	03:00:00	4.66	202
05/06/2024	04:00:00	4.18	196	05/06/2024	05:00:00	4.68	197
05/06/2024	06:00:00	5.11	242	05/06/2024	07:00:00	5.61	243
05/06/2024	08:00:00	4.69	255	05/06/2024	09:00:00	5.19	256
05/06/2024	10:00:00	4.13	236	05/06/2024	11:00:00	4.63	237
05/06/2024	12:00:00	3.93	245	05/06/2024	13:00:00	4.43	246
05/06/2024	14:00:00	4.73	257	05/06/2024	15:00:00	5.23	258
05/06/2024	16:00:00	4.34	262	05/06/2024	17:00:00	4.84	263
05/06/2024	18:00:00	4.59	247	05/06/2024	19:00:00	5.09	248
05/06/2024	20:00:00	4.03	208	05/06/2024	21:00:00	4.53	209
05/06/2024	22:00:00	4.11	251	05/06/2024	23:00:00	4.61	252
06/06/2024	00:00:00	2.09	231	06/06/2024	01:00:00	2.59	232
06/06/2024	02:00:00	3.61	177	06/06/2024	03:00:00	4.11	178
06/06/2024	04:00:00	5.38	121	06/06/2024	05:00:00	5.88	122
06/06/2024	06:00:00	3.23	146	06/06/2024	07:00:00	3.73	147
06/06/2024	08:00:00	1.79	267	06/06/2024	09:00:00	2.29	268
06/06/2024	10:00:00	2.18	191	06/06/2024	11:00:00	2.68	192
06/06/2024	12:00:00	2.57	156	06/06/2024	13:00:00	3.07	157
06/06/2024	14:00:00	2.62	164	06/06/2024	15:00:00	3.12	165
06/06/2024	16:00:00	2.76	151	06/06/2024	17:00:00	3.26	152
06/06/2024	18:00:00	2.98	155	06/06/2024	19:00:00	3.48	156
06/06/2024	20:00:00	3	137	06/06/2024	21:00:00	3.5	138
06/06/2024	22:00:00	2.3	167	06/06/2024	23:00:00	2.8	168
07/06/2024	00:00:00	1.95	279	07/06/2024	01:00:00	2.45	280
07/06/2024	02:00:00	4.27	251	07/06/2024	03:00:00	4.77	252
07/06/2024	04:00:00	4.62	250	07/06/2024	05:00:00	5.12	251
07/06/2024	06:00:00	3.48	253	07/06/2024	07:00:00	3.98	254
07/06/2024	08:00:00	2.19	195	07/06/2024	09:00:00	2.69	196
07/06/2024	10:00:00	1.84	199	07/06/2024	11:00:00	2.34	200
07/06/2024	12:00:00	2.84	188	07/06/2024	13:00:00	3.34	189
07/06/2024	14:00:00	2.48	185	07/06/2024	15:00:00	2.98	186
07/06/2024	16:00:00	2.03	236	07/06/2024	17:00:00	2.53	237
07/06/2024	18:00:00	2.4	177	07/06/2024	19:00:00	2.9	178
07/06/2024	20:00:00	2.47	170	07/06/2024	21:00:00	2.97	171
07/06/2024	22:00:00	2.9	174	07/06/2024	23:00:00	3.4	175
08/06/2024	00:00:00	3.09	195	08/06/2024	01:00:00	3.59	196
08/06/2024	02:00:00	2.28	230	08/06/2024	03:00:00	2.78	231
08/06/2024	04:00:00	1.96	161	08/06/2024	05:00:00	2.46	162
08/06/2024	06:00:00	2.58	143	08/06/2024	07:00:00	3.08	144
08/06/2024	08:00:00	2.27	171	08/06/2024	09:00:00	2.77	172
08/06/2024	10:00:00	3.34	252	08/06/2024	11:00:00	3.84	253

08/06/2024	12:00:00	3.09	104	08/06/2024	13:00:00	3.59	105
08/06/2024	14:00:00	4.3	110	08/06/2024	15:00:00	4.8	111
08/06/2024	16:00:00	4.24	125	08/06/2024	17:00:00	4.74	126
08/06/2024	18:00:00	3.36	97	08/06/2024	19:00:00	3.86	98
08/06/2024	20:00:00	4.13	88	08/06/2024	21:00:00	4.63	89
08/06/2024	22:00:00	3.32	88	08/06/2024	23:00:00	3.82	89
09/06/2024	00:00:00	2.82	133	09/06/2024	01:00:00	3.32	134
09/06/2024	02:00:00	4	179	09/06/2024	03:00:00	4.5	180
09/06/2024	04:00:00	3.41	206	09/06/2024	05:00:00	3.91	207
09/06/2024	06:00:00	2.51	199	09/06/2024	07:00:00	3.01	200
09/06/2024	08:00:00	2.56	132	09/06/2024	09:00:00	3.06	133
09/06/2024	10:00:00	4.39	69	09/06/2024	11:00:00	4.89	70
09/06/2024	12:00:00	4.14	122	09/06/2024	13:00:00	4.64	123
09/06/2024	14:00:00	4.66	101	09/06/2024	15:00:00	5.16	102
09/06/2024	16:00:00	4.49	79	09/06/2024	17:00:00	4.99	80
09/06/2024	18:00:00	3.61	83	09/06/2024	19:00:00	4.11	84
09/06/2024	20:00:00	3.4	129	09/06/2024	21:00:00	3.9	130
09/06/2024	22:00:00	2.43	155	09/06/2024	23:00:00	2.93	156
10/06/2024	00:00:00	3.62	173	10/06/2024	01:00:00	4.12	174
10/06/2024	02:00:00	4.79	265	10/06/2024	03:00:00	5.29	266
10/06/2024	04:00:00	1.07	204	10/06/2024	05:00:00	1.57	205
10/06/2024	06:00:00	3.76	75	10/06/2024	07:00:00	4.26	76
10/06/2024	08:00:00	5.05	71	10/06/2024	09:00:00	5.55	72
10/06/2024	10:00:00	5.16	133	10/06/2024	11:00:00	5.66	134
10/06/2024	12:00:00	3.02	184	10/06/2024	13:00:00	3.52	185
10/06/2024	14:00:00	2.55	140	10/06/2024	15:00:00	3.05	141
10/06/2024	16:00:00	3.14	78	10/06/2024	17:00:00	3.64	79
10/06/2024	18:00:00	5.56	80	10/06/2024	19:00:00	6.06	81
10/06/2024	20:00:00	4.18	78	10/06/2024	21:00:00	4.68	79
10/06/2024	22:00:00	3.5	133	10/06/2024	23:00:00	4	134
11/06/2024	00:00:00	2.98	110	11/06/2024	01:00:00	3.48	111
11/06/2024	02:00:00	2.68	128	11/06/2024	03:00:00	3.18	129
11/06/2024	04:00:00	3.23	88	11/06/2024	05:00:00	3.73	89
11/06/2024	06:00:00	2.94	130	11/06/2024	07:00:00	3.44	131
11/06/2024	08:00:00	2.32	157	11/06/2024	09:00:00	2.82	158
11/06/2024	10:00:00	1.79	137	11/06/2024	11:00:00	2.29	138
11/06/2024	12:00:00	2.43	169	11/06/2024	13:00:00	2.93	170
11/06/2024	14:00:00	3.12	208	11/06/2024	15:00:00	3.62	209
11/06/2024	16:00:00	2.45	182	11/06/2024	17:00:00	2.95	183
11/06/2024	18:00:00	1.89	192	11/06/2024	19:00:00	2.39	193
11/06/2024	20:00:00	2.64	164	11/06/2024	21:00:00	3.14	165
11/06/2024	22:00:00	3.39	219	11/06/2024	23:00:00	3.89	220
12/06/2024	00:00:00	1.68	159	12/06/2024	01:00:00	2.18	160
12/06/2024	02:00:00	3.56	113	12/06/2024	03:00:00	4.06	114
12/06/2024	04:00:00	2.42	160	12/06/2024	05:00:00	2.92	161
12/06/2024	06:00:00	1.41	146	12/06/2024	07:00:00	1.91	147
12/06/2024	08:00:00	3.09	140	12/06/2024	09:00:00	3.59	141
12/06/2024	10:00:00	3.1	129	12/06/2024	11:00:00	3.6	130
12/06/2024	12:00:00	2.82	130	12/06/2024	13:00:00	3.32	131
12/06/2024	14:00:00	1.98	118	12/06/2024	15:00:00	2.48	119
12/06/2024	16:00:00	4.05	95	12/06/2024	17:00:00	4.55	96
12/06/2024	18:00:00	3.18	92	12/06/2024	19:00:00	3.68	93
12/06/2024	20:00:00	5.49	72	12/06/2024	21:00:00	5.99	73
12/06/2024	22:00:00	4.86	79	12/06/2024	23:00:00	5.36	80
13/06/2024	00:00:00	4.77	91	13/06/2024	01:00:00	5.27	92
13/06/2024	02:00:00	4.73	78	13/06/2024	03:00:00	5.23	79
13/06/2024	04:00:00	4.14	88	13/06/2024	05:00:00	4.64	89
13/06/2024	06:00:00	3.62	87	13/06/2024	07:00:00	4.12	88
13/06/2024	08:00:00	4.09	90	13/06/2024	09:00:00	4.59	91
13/06/2024	10:00:00	3.7	84	13/06/2024	11:00:00	4.2	85
13/06/2024	12:00:00	3.38	86	13/06/2024	13:00:00	3.88	87
13/06/2024	14:00:00	4.49	74	13/06/2024	15:00:00	4.99	75
13/06/2024	16:00:00	5.16	70	13/06/2024	17:00:00	5.66	71
13/06/2024	18:00:00	4.93	78	13/06/2024	19:00:00	5.43	79
13/06/2024	20:00:00	4.84	78	13/06/2024	21:00:00	5.34	79
13/06/2024	22:00:00	5.23	72	13/06/2024	23:00:00	5.73	73
14/06/2024	00:00:00	3.61	98	14/06/2024	01:00:00	4.11	99
14/06/2024	02:00:00	2.7	126	14/06/2024	03:00:00	3.2	127
14/06/2024	04:00:00	3.5	214	14/06/2024	05:00:00	4	215
14/06/2024	06:00:00	1.77	172	14/06/2024	07:00:00	2.27	173
14/06/2024	08:00:00	4.4	73	14/06/2024	09:00:00	4.9	74
14/06/2024	10:00:00	2.85	131	14/06/2024	11:00:00	3.35	132
14/06/2024	12:00:00	2.48	150	14/06/2024	13:00:00	2.98	151
14/06/2024	14:00:00	2.22	125	14/06/2024	15:00:00	2.72	126
14/06/2024	16:00:00	3.66	78	14/06/2024	17:00:00	4.16	79
14/06/2024	18:00:00	4.8	73	14/06/2024	19:00:00	5.3	74
14/06/2024	20:00:00	3.7	109	14/06/2024	21:00:00	4.2	110
14/06/2024	22:00:00	1.59	155	14/06/2024	23:00:00	2.09	156
15/06/2024	00:00:00	5.23	72	15/06/2024	01:00:00	5.73	73
15/06/2024	02:00:00	3.61	98	15/06/2024	03:00:00	4.11	99
15/06/2024	04:00:00	2.7	126	15/06/2024	05:00:00	3.2	127
15/06/2024	06:00:00	3.5	214	15/06/2024	07:00:00	4	215
15/06/2024	08:00:00	1.77	172	15/06/2024	09:00:00	2.27	173
15/06/2024	10:00:00	4.4	73	15/06/2024	11:00:00	4.9	74
15/06/2024	12:00:00	2.85	131	15/06/2024	13:00:00	3.35	132
15/06/2024	14:00:00	2.48	150	15/06/2024	15:00:00	2.98	151
15/06/2024	16:00:00	2.22	125	15/06/2024	17:00:00	2.72	126
15/06/2024	18:00:00	3.66	78	15/06/2024	19:00:00	4.16	79
15/06/2024	20:00:00	4.8	73	15/06/2024	21:00:00	5.3	74
15/06/2024	22:00:00	3.7	109	15/06/2024	23:00:00	4.2	110

Velocidad a 12 m, en la localidad de Totoras.

La velocidad a 12 m, de altura se calcula empleando la ecuación de dada por la ley de Hellman.

$$V_h = V_4 \left(\frac{h}{4} \right)^\alpha$$

V_4 : velocidad medida a 4 m. (m/s)

V_h : velocidad a la altura h. (m/s)

h : altura (m)

α : exponente de Hellman que varía con la rugosidad del terreno.

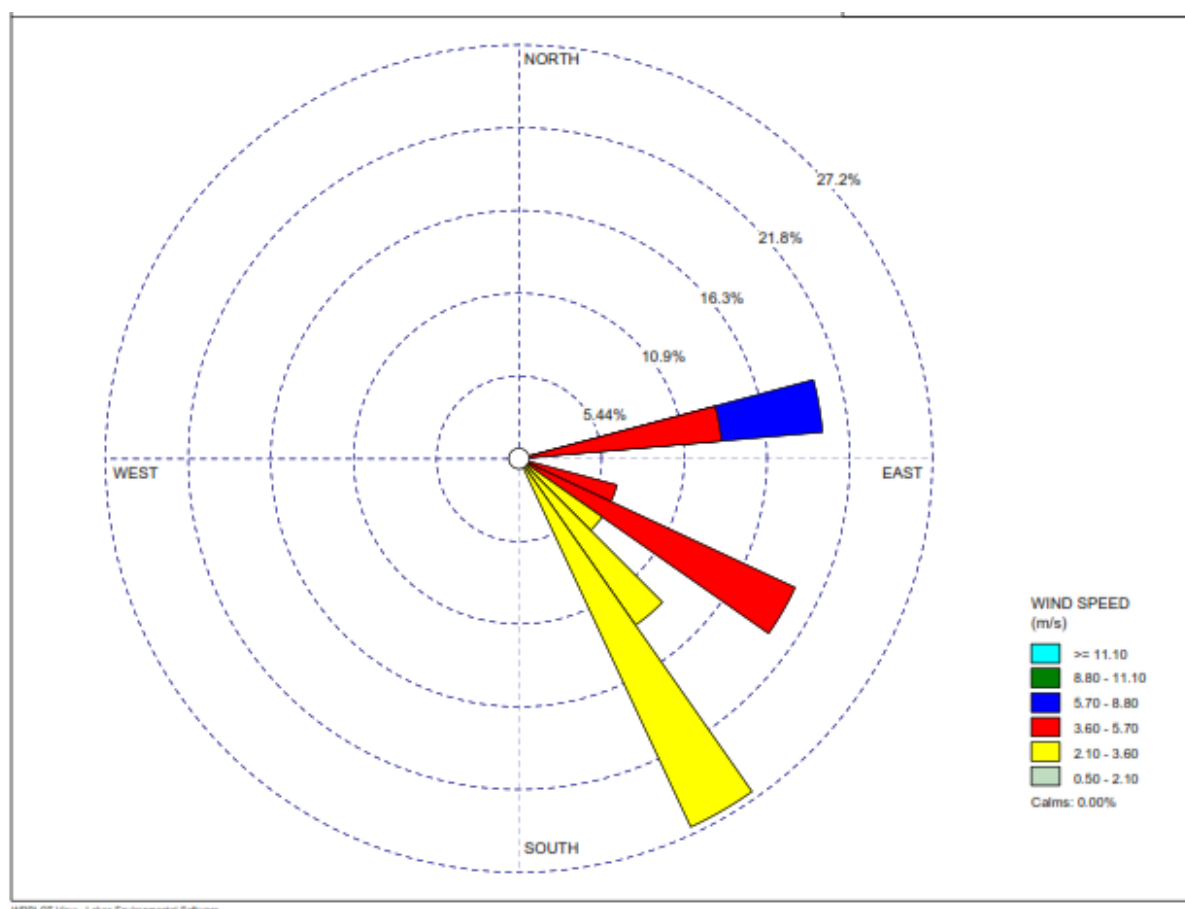
Tipo de Terreno	Valor del exponente de Hellmann
Lugares llanos con hielo o hierva	$\alpha = 0.08 \div 0.12$
Lugares llanos (mar, costa)	$\alpha = 0.14$
Terrenos poco accidentados	$\alpha = 0.13 \div 0.16$
Zonas turísticas	$\alpha = 0.2$
Terrenos accidentados o bosques	$\alpha = 0.02 \div 0.26$
Terrenos muy accidentados y ciudades	$\alpha = 0.25 \div 0.4$

Fuente: Fernández – Díez 1993

ALTURA DE MEDICION		VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)					VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)		
FECHA	HORA (h)	4m	12m	DIRECCION	FECHA	HORA (h)	4m	12m	DIRECCION
01/06/2024	00:00:00	1.83	2.44	99	01/06/2024	01:00:00	1.85	2.46	100
01/06/2024	02:00:00	1.87	2.49	119	01/06/2024	03:00:00	1.88	2.50	120
01/06/2024	04:00:00	1.82	2.42	129	01/06/2024	05:00:00	1.96	2.61	130
01/06/2024	06:00:00	2.00	2.66	178	01/06/2024	07:00:00	1.80	2.40	179
01/06/2024	08:00:00	1.80	2.4	260	01/06/2024	09:00:00	1.85	2.46	261
01/06/2024	10:00:00	1.85	2.47	93	01/06/2024	11:00:00	1.90	2.53	94
01/06/2024	12:00:00	1.84	2.45	111	01/06/2024	13:00:00	1.80	2.40	112
01/06/2024	14:00:00	1.83	2.44	161	01/06/2024	15:00:00	1.90	2.53	162
01/06/2024	16:00:00	1.82	2.43	258	01/06/2024	17:00:00	1.70	2.26	259
01/06/2024	18:00:00	1.81	2.41	248	01/06/2024	19:00:00	1.90	2.53	249
01/06/2024	20:00:00	1.80	2.4	200	01/06/2024	21:00:00	1.89	2.51	201
01/06/2024	22:00:00	1.85	2.46	142	01/06/2024	23:00:00	2.00	2.66	143
02/06/2024	00:00:00	2.05	2.73	159	02/06/2024	01:00:00	2.55	3.39	160
02/06/2024	02:00:00	2	2.66	237	02/06/2024	03:00:00	2.5	3.33	238
02/06/2024	04:00:00	2.6	3.46	262	02/06/2024	05:00:00	3.1	4.12	263
02/06/2024	06:00:00	2.7	3.59	234	02/06/2024	07:00:00	3.2	4.26	235
02/06/2024	08:00:00	2.5	3.33	204	02/06/2024	09:00:00	3	3.99	205
02/06/2024	10:00:00	2.3	3.06	224	02/06/2024	11:00:00	2.8	3.73	225
02/06/2024	12:00:00	2.2	2.93	232	02/06/2024	13:00:00	2.7	3.59	233
02/06/2024	14:00:00	2.5	3.33	241	02/06/2024	15:00:00	3	3.99	242
02/06/2024	16:00:00	2.8	3.73	272	02/06/2024	17:00:00	3.3	4.39	273
02/06/2024	18:00:00	2.7	3.59	241	02/06/2024	19:00:00	3.2	4.26	242
02/06/2024	20:00:00	2.8	3.73	240	02/06/2024	21:00:00	3.3	4.39	241
02/06/2024	22:00:00	2.9	3.86	254	02/06/2024	23:00:00	3.4	4.52	255
03/06/2024	00:00:00	2.45	3.26	256	03/06/2024	01:00:00	2.95	3.93	257
03/06/2024	02:00:00	3.52	4.68	178	03/06/2024	03:00:00	4.02	5.35	179
03/06/2024	04:00:00	2.64	3.51	146	03/06/2024	05:00:00	3.14	4.18	147
03/06/2024	06:00:00	4.41	5.87	63	03/06/2024	07:00:00	4.91	6.53	64
03/06/2024	08:00:00	3.37	4.48	96	03/06/2024	09:00:00	3.87	5.15	97
03/06/2024	10:00:00	1.5	2	141	03/06/2024	11:00:00	2	2.66	142
03/06/2024	12:00:00	2.24	2.98	171	03/06/2024	13:00:00	2.74	3.65	172
03/06/2024	14:00:00	2.84	3.78	230	03/06/2024	15:00:00	3.34	4.44	231
03/06/2024	16:00:00	2.23	2.97	273	03/06/2024	17:00:00	2.73	3.63	274
03/06/2024	18:00:00	1.92	2.55	155	03/06/2024	19:00:00	2.42	3.22	156
03/06/2024	20:00:00	3.85	5.12	70	03/06/2024	21:00:00	4.35	5.79	71
03/06/2024	22:00:00	5.61	7.46	74	03/06/2024	23:00:00	6.11	8.13	75
04/06/2024	00:00:00	5.03	6.69	74	04/06/2024	01:00:00	5.53	7.36	75
04/06/2024	02:00:00	3.57	4.75	106	04/06/2024	03:00:00	4.07	5.42	107
04/06/2024	04:00:00	2.97	3.95	134	04/06/2024	05:00:00	3.47	4.62	135
04/06/2024	06:00:00	2.41	3.21	141	04/06/2024	07:00:00	2.91	3.87	142
04/06/2024	08:00:00	3.16	4.2	204	04/06/2024	09:00:00	3.66	4.87	205
04/06/2024	10:00:00	4.45	5.92	229	04/06/2024	11:00:00	4.95	6.59	230
04/06/2024	12:00:00	5.45	7.25	249	04/06/2024	13:00:00	5.95	7.92	250
04/06/2024	14:00:00	5.81	7.73	255	04/06/2024	15:00:00	6.31	8.40	256
04/06/2024	16:00:00	5.62	7.48	247	04/06/2024	17:00:00	6.12	8.14	248
04/06/2024	18:00:00	2.84	3.78	189	04/06/2024	19:00:00	3.34	4.44	190
04/06/2024	20:00:00	4.12	5.48	221	04/06/2024	21:00:00	4.62	6.15	222
04/06/2024	22:00:00	4.62	6.15	272	04/06/2024	23:00:00	5.12	6.81	273
05/06/2024	00:00:00	4.37	5.81	242	05/06/2024	01:00:00	4.87	6.48	243
05/06/2024	02:00:00	4.16	5.54	201	05/06/2024	03:00:00	4.66	6.20	202
05/06/2024	04:00:00	4.18	5.56	196	05/06/2024	05:00:00	4.68	6.23	197
05/06/2024	06:00:00	5.11	6.8	242	05/06/2024	07:00:00	5.61	7.46	243
05/06/2024	08:00:00	4.69	6.24	255	05/06/2024	09:00:00	5.19	6.91	256
05/06/2024	10:00:00	4.13	5.5	236	05/06/2024	11:00:00	4.63	6.16	237
05/06/2024	12:00:00	3.93	5.23	245	05/06/2024	13:00:00	4.43	5.89	246
05/06/2024	14:00:00	4.73	6.29	257	05/06/2024	15:00:00	5.23	6.96	258
05/06/2024	16:00:00	4.34	5.77	262	05/06/2024	17:00:00	4.84	6.44	263
05/06/2024	18:00:00	4.59	6.11	247	05/06/2024	19:00:00	5.09	6.77	248
05/06/2024	20:00:00	4.03	5.36	208	05/06/2024	21:00:00	4.53	6.03	209
05/06/2024	22:00:00	4.11	5.47	251	05/06/2024	23:00:00	4.61	6.13	252

06/06/2024	00:00:00	2.09	2.78	231	06/06/2024	01:00:00	2.59	3.45	232
06/06/2024	02:00:00	3.61	4.8	177	06/06/2024	03:00:00	4.11	5.47	178
06/06/2024	04:00:00	5.38	7.16	121	06/06/2024	05:00:00	5.88	7.82	122
06/06/2024	06:00:00	3.23	4.3	146	06/06/2024	07:00:00	3.73	4.96	147
06/06/2024	08:00:00	1.79	2.38	267	06/06/2024	09:00:00	2.29	3.05	268
06/06/2024	10:00:00	2.18	2.9	191	06/06/2024	11:00:00	2.68	3.57	192
06/06/2024	12:00:00	2.57	3.42	156	06/06/2024	13:00:00	3.07	4.08	157
06/06/2024	14:00:00	2.62	3.49	164	06/06/2024	15:00:00	3.12	4.15	165
06/06/2024	16:00:00	2.76	3.67	151	06/06/2024	17:00:00	3.26	4.34	152
06/06/2024	18:00:00	2.98	3.97	155	06/06/2024	19:00:00	3.48	4.63	156
06/06/2024	20:00:00	3	3.99	137	06/06/2024	21:00:00	3.5	4.66	138
06/06/2024	22:00:00	2.3	3.06	167	06/06/2024	23:00:00	2.8	3.73	168
07/06/2024	00:00:00	1.95	2.59	279	07/06/2024	01:00:00	2.45	3.26	280
07/06/2024	02:00:00	4.27	5.68	251	07/06/2024	03:00:00	4.77	6.35	252
07/06/2024	04:00:00	4.62	6.15	250	07/06/2024	05:00:00	5.12	6.81	251
07/06/2024	06:00:00	3.48	4.63	253	07/06/2024	07:00:00	3.98	5.30	254
07/06/2024	08:00:00	2.19	2.91	195	07/06/2024	09:00:00	2.69	3.58	196
07/06/2024	10:00:00	1.84	2.45	199	07/06/2024	11:00:00	2.34	3.11	200
07/06/2024	12:00:00	2.84	3.78	188	07/06/2024	13:00:00	3.34	4.44	189
07/06/2024	14:00:00	2.48	3.3	185	07/06/2024	15:00:00	2.98	3.97	186
07/06/2024	16:00:00	2.03	2.7	236	07/06/2024	17:00:00	2.53	3.37	237
07/06/2024	18:00:00	2.4	3.19	177	07/06/2024	19:00:00	2.9	3.86	178
07/06/2024	20:00:00	2.47	3.29	170	07/06/2024	21:00:00	2.97	3.95	171
07/06/2024	22:00:00	2.9	3.86	174	07/06/2024	23:00:00	3.4	4.52	175
08/06/2024	00:00:00	3.09	4.11	195	08/06/2024	01:00:00	3.59	4.78	196
08/06/2024	02:00:00	2.28	3.03	230	08/06/2024	03:00:00	2.78	3.70	231
08/06/2024	04:00:00	1.96	2.61	161	08/06/2024	05:00:00	2.46	3.27	162
08/06/2024	06:00:00	2.58	3.43	143	08/06/2024	07:00:00	3.08	4.10	144
08/06/2024	08:00:00	2.27	3.02	171	08/06/2024	09:00:00	2.77	3.69	172
08/06/2024	10:00:00	3.34	4.44	252	08/06/2024	11:00:00	3.84	5.11	253
08/06/2024	12:00:00	3.09	4.11	104	08/06/2024	13:00:00	3.59	4.78	105
08/06/2024	14:00:00	4.3	5.72	110	08/06/2024	15:00:00	4.8	6.39	111
08/06/2024	16:00:00	4.24	5.64	125	08/06/2024	17:00:00	4.74	6.31	126
08/06/2024	18:00:00	3.36	4.47	97	08/06/2024	19:00:00	3.86	5.14	98
08/06/2024	20:00:00	4.13	5.5	88	08/06/2024	21:00:00	4.63	6.16	89
08/06/2024	22:00:00	3.32	4.42	88	08/06/2024	23:00:00	3.82	5.08	89
09/06/2024	00:00:00	2.82	3.75	133	09/06/2024	01:00:00	3.32	4.42	134
09/06/2024	02:00:00	4	5.32	179	09/06/2024	03:00:00	4.5	5.99	180
09/06/2024	04:00:00	3.41	4.54	206	09/06/2024	05:00:00	3.91	5.20	207
09/06/2024	06:00:00	2.51	3.34	199	09/06/2024	07:00:00	3.01	4.01	200
09/06/2024	08:00:00	2.56	3.41	132	09/06/2024	09:00:00	3.06	4.07	133
09/06/2024	10:00:00	4.39	5.84	69	09/06/2024	11:00:00	4.89	6.51	70
09/06/2024	12:00:00	4.14	5.51	122	09/06/2024	13:00:00	4.64	6.17	123
09/06/2024	14:00:00	4.66	6.2	101	09/06/2024	15:00:00	5.16	6.87	102
09/06/2024	16:00:00	4.49	5.97	79	09/06/2024	17:00:00	4.99	6.64	80
09/06/2024	18:00:00	3.61	4.8	83	09/06/2024	19:00:00	4.11	5.47	84
09/06/2024	20:00:00	3.4	4.52	129	09/06/2024	21:00:00	3.9	5.19	130
09/06/2024	22:00:00	2.43	3.23	155	09/06/2024	23:00:00	2.93	3.90	156
10/06/2024	00:00:00	3.62	4.82	173	10/06/2024	01:00:00	4.12	5.48	174
10/06/2024	02:00:00	4.79	6.37	265	10/06/2024	03:00:00	5.29	7.04	266
10/06/2024	04:00:00	1.07	1.42	204	10/06/2024	05:00:00	1.57	2.09	205
10/06/2024	06:00:00	3.76	5	75	10/06/2024	07:00:00	4.26	5.67	76
10/06/2024	08:00:00	5.05	6.72	71	10/06/2024	09:00:00	5.55	7.38	72
10/06/2024	10:00:00	5.16	6.87	133	10/06/2024	11:00:00	5.66	7.53	134
10/06/2024	12:00:00	3.02	4.02	184	10/06/2024	13:00:00	3.52	4.68	185
10/06/2024	14:00:00	2.55	3.39	140	10/06/2024	15:00:00	3.05	4.06	141
10/06/2024	16:00:00	3.14	4.18	78	10/06/2024	17:00:00	3.64	4.84	79
10/06/2024	18:00:00	5.56	7.4	80	10/06/2024	19:00:00	6.06	8.06	81
10/06/2024	20:00:00	4.18	5.56	78	10/06/2024	21:00:00	4.68	6.23	79
10/06/2024	22:00:00	3.5	4.66	133	10/06/2024	23:00:00	4	5.32	134

11/06/2024	00:00:00	2.98	3.97	110	11/06/2024	01:00:00	3.48	4.63	111
11/06/2024	02:00:00	2.68	3.57	128	11/06/2024	03:00:00	3.18	4.23	129
11/06/2024	04:00:00	3.23	4.3	88	11/06/2024	05:00:00	3.73	4.96	89
11/06/2024	06:00:00	2.94	3.91	130	11/06/2024	07:00:00	3.44	4.58	131
11/06/2024	08:00:00	2.32	3.09	157	11/06/2024	09:00:00	2.82	3.75	158
11/06/2024	10:00:00	1.79	2.38	137	11/06/2024	11:00:00	2.29	3.05	138
11/06/2024	12:00:00	2.43	3.23	169	11/06/2024	13:00:00	2.93	3.90	170
11/06/2024	14:00:00	3.12	4.15	208	11/06/2024	15:00:00	3.62	4.82	209
11/06/2024	16:00:00	2.45	3.26	182	11/06/2024	17:00:00	2.95	3.93	183
11/06/2024	18:00:00	1.89	2.51	192	11/06/2024	19:00:00	2.39	3.18	193
11/06/2024	20:00:00	2.64	3.51	164	11/06/2024	21:00:00	3.14	4.18	165
11/06/2024	22:00:00	3.39	4.51	219	11/06/2024	23:00:00	3.89	5.18	220
12/06/2024	00:00:00	1.68	2.24	159	12/06/2024	01:00:00	2.18	2.90	160
12/06/2024	02:00:00	3.56	4.74	113	12/06/2024	03:00:00	4.06	5.40	114
12/06/2024	04:00:00	2.42	3.22	160	12/06/2024	05:00:00	2.92	3.89	161
12/06/2024	06:00:00	1.41	1.88	146	12/06/2024	07:00:00	1.91	2.54	147
12/06/2024	08:00:00	3.09	4.11	140	12/06/2024	09:00:00	3.59	4.78	141
12/06/2024	10:00:00	3.1	4.12	129	12/06/2024	11:00:00	3.6	4.79	130
12/06/2024	12:00:00	2.82	3.75	130	12/06/2024	13:00:00	3.32	4.42	131
12/06/2024	14:00:00	1.98	2.63	118	12/06/2024	15:00:00	2.48	3.30	119
12/06/2024	16:00:00	4.05	5.39	95	12/06/2024	17:00:00	4.55	6.05	96
12/06/2024	18:00:00	3.18	4.23	92	12/06/2024	19:00:00	3.68	4.90	93
12/06/2024	20:00:00	5.49	7.31	72	12/06/2024	21:00:00	5.99	7.97	73
12/06/2024	22:00:00	4.86	6.47	79	12/06/2024	23:00:00	5.36	7.13	80
13/06/2024	00:00:00	4.77	6.35	91	13/06/2024	01:00:00	5.27	7.01	92
13/06/2024	02:00:00	4.73	6.29	78	13/06/2024	03:00:00	5.23	6.96	79
13/06/2024	04:00:00	4.14	5.51	88	13/06/2024	05:00:00	4.64	6.17	89
13/06/2024	06:00:00	3.62	4.82	87	13/06/2024	07:00:00	4.12	5.48	88
13/06/2024	08:00:00	4.09	5.44	90	13/06/2024	09:00:00	4.59	6.11	91
13/06/2024	10:00:00	3.7	4.92	84	13/06/2024	11:00:00	4.2	5.59	85
13/06/2024	12:00:00	3.38	4.5	86	13/06/2024	13:00:00	3.88	5.16	87
13/06/2024	14:00:00	4.49	5.97	74	13/06/2024	15:00:00	4.99	6.64	75
13/06/2024	16:00:00	5.16	6.87	70	13/06/2024	17:00:00	5.66	7.53	71
13/06/2024	18:00:00	4.93	6.56	78	13/06/2024	19:00:00	5.43	7.23	79
13/06/2024	20:00:00	4.84	6.44	78	13/06/2024	21:00:00	5.34	7.11	79
13/06/2024	22:00:00	5.23	6.96	72	13/06/2024	23:00:00	5.73	7.62	73
14/06/2024	00:00:00	3.61	4.8	98	14/06/2024	01:00:00	4.11	5.47	99
14/06/2024	02:00:00	2.7	3.59	126	14/06/2024	03:00:00	3.2	4.26	127
14/06/2024	04:00:00	3.5	4.66	214	14/06/2024	05:00:00	4	5.32	215
14/06/2024	06:00:00	1.77	2.36	172	14/06/2024	07:00:00	2.27	3.02	173
14/06/2024	08:00:00	4.4	5.85	73	14/06/2024	09:00:00	4.9	6.52	74
14/06/2024	10:00:00	2.85	3.79	131	14/06/2024	11:00:00	3.35	4.46	132
14/06/2024	12:00:00	2.48	3.3	150	14/06/2024	13:00:00	2.98	3.97	151
14/06/2024	14:00:00	2.22	2.95	125	14/06/2024	15:00:00	2.72	3.62	126
14/06/2024	16:00:00	3.66	4.87	78	14/06/2024	17:00:00	4.16	5.54	79
14/06/2024	18:00:00	4.8	6.39	73	14/06/2024	19:00:00	5.3	7.05	74
14/06/2024	20:00:00	3.7	4.92	109	14/06/2024	21:00:00	4.2	5.59	110
14/06/2024	22:00:00	1.59	2.12	155	14/06/2024	23:00:00	2.09	2.78	156
15/06/2024	00:00:00	5.23	6.96	72	15/06/2024	01:00:00	5.73	7.62	73
15/06/2024	02:00:00	3.61	4.8	98	15/06/2024	03:00:00	4.11	5.47	99
15/06/2024	04:00:00	2.7	3.59	126	15/06/2024	05:00:00	3.2	4.26	127
15/06/2024	06:00:00	3.5	4.66	214	15/06/2024	07:00:00	4	5.32	215
15/06/2024	08:00:00	1.77	2.36	172	15/06/2024	09:00:00	2.27	3.02	173
15/06/2024	10:00:00	4.4	5.85	73	15/06/2024	11:00:00	4.9	6.52	74
15/06/2024	12:00:00	2.85	3.79	131	15/06/2024	13:00:00	3.35	4.46	132
15/06/2024	14:00:00	2.48	3.3	150	15/06/2024	15:00:00	2.98	3.97	151
15/06/2024	16:00:00	2.22	2.95	125	15/06/2024	17:00:00	2.72	3.62	126
15/06/2024	18:00:00	3.66	4.87	78	15/06/2024	19:00:00	4.16	5.54	79
15/06/2024	20:00:00	4.8	6.39	73	15/06/2024	21:00:00	5.3	7.05	74
15/06/2024	22:00:00	3.7	4.92	109	15/06/2024	23:00:00	4.2	5.59	110

figura 37*Rosa Viento Localidad de Totoras.***E) Según página con acceso a la NASA.**

Los datos extraídos de la página de la NASA, corresponde a 5 años (2017-2021), además todos los valores de la velocidad corresponden a 10 m del suelo.

Tabla 8*Valores para hacer el cuadro de frecuencias.*

Velocidad Mínima (m/s)	1,242
Velocidad Máxima (M/S)	4,398
Numero de Intervalos	9
Numero de datos	365
Amplitud del Intervalo	0,351

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9*Distribución de Frecuencias.*

INTERVALO DE CLASES		CENTRO DE LA CLASE	FRECUENCIA DE LA CLASE	ni(Horas)	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA (menor o igual que)	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA (mayor que)
VELOC MIN (m/s)	VELOC MAX (m/s)	Vi (m/s)	n _i (DIAS)		fi=ni/N	Fi	1-Fi
1,242	1,593	1,418	1	24	0,003	0,003	0,997
1,593	1,944	1,769	43	1032	0,118	0,121	0,879
1,944	2,295	2,12	116	2784	0,318	0,439	0,561
2,295	2,646	2,471	88	2112	0,241	0,68	0,32
2,646	2,997	2,822	48	1152	0,132	0,812	0,188
2,997	3,348	3,173	26	624	0,071	0,883	0,117
3,348	3,699	3,524	15	360	0,041	0,924	0,076
3,699	4,05	3,875	18	432	0,049	0,973	0,027
4,05	4,401	4,226	8	192	0,022	0,995	0,005
4,401	4,752	4,577	2	48	0,005	1	0
TOTAL			365	8760	1		

fuente: elaboración propia

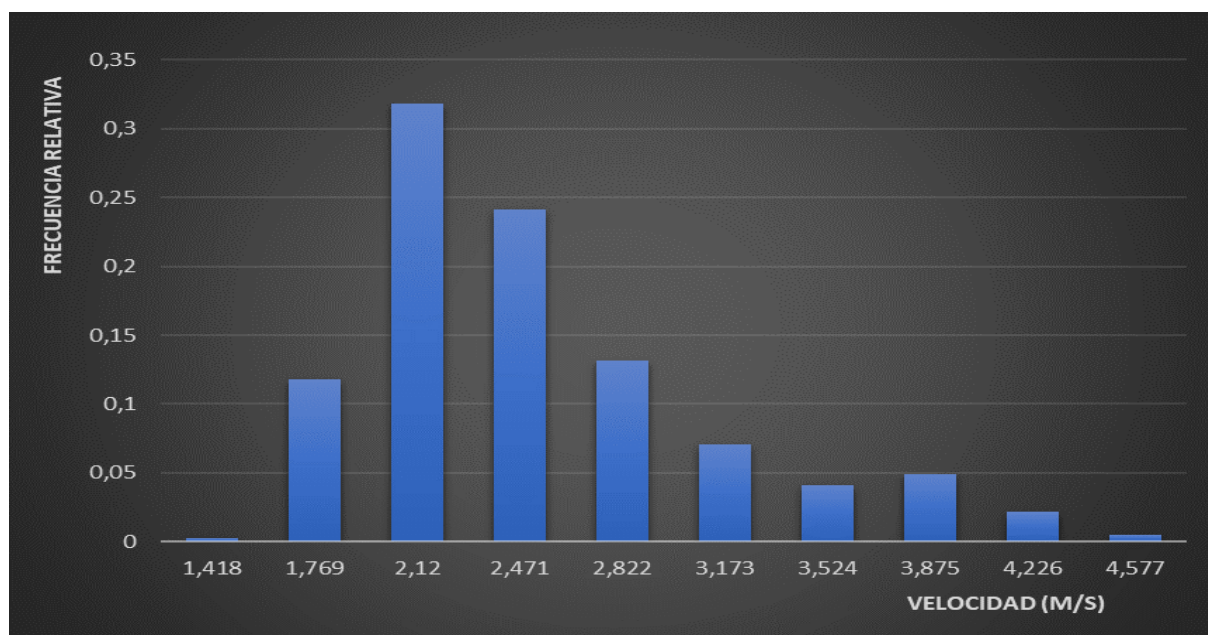
Tabla 10*Valores de Tendencia Central.*

Horas totales	8760
Velocidad Media Anual (m/s)	2,905
Mediana (m/s)	2,885
Posición	4380
Moda (m/s)	1,794

Fuente: Elaboración propia

figura 38

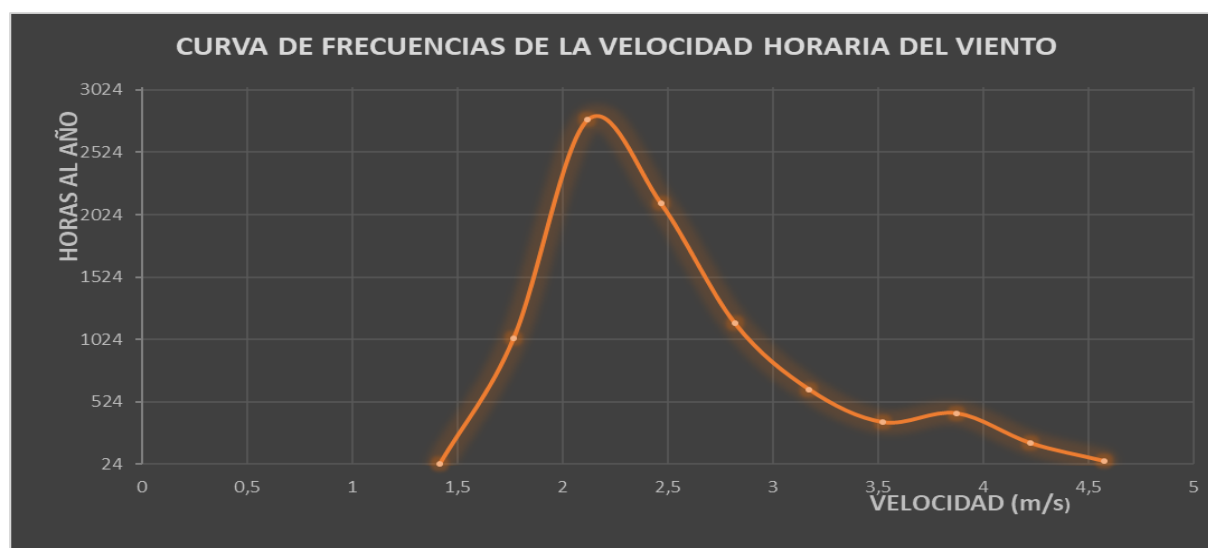
Histograma de frecuencia relativa para el año tipo.



fuelle: Elaboración Propia

figura 39

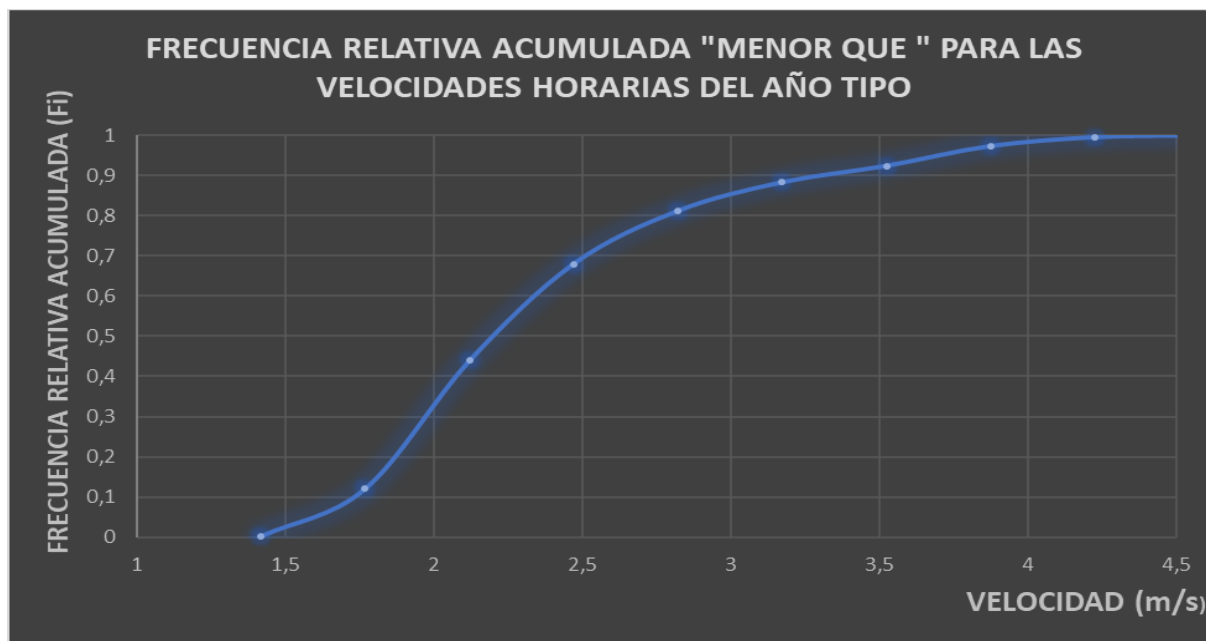
Curva de frecuencia de la velocidad horaria del viento a 10 m.



fuelle: Elaboración Propia

figura 40

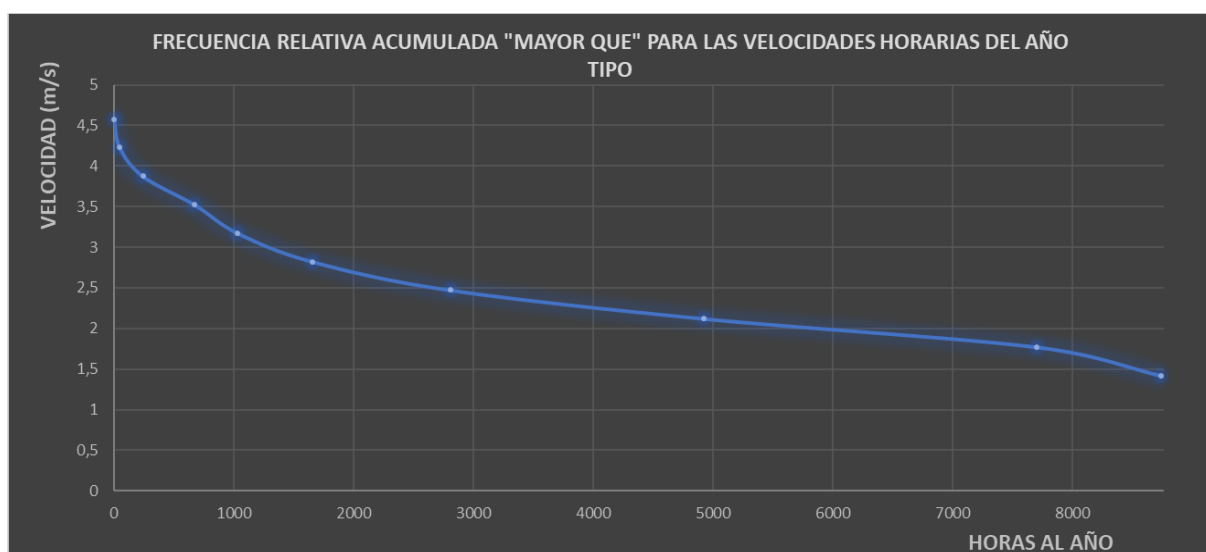
Curva de la frecuencia relativa acumulada "menor que" para las velocidades horarias del año tipo.



Fuente: Elaboración Propia

figura 41

Curva de la frecuencia relativa acumulada "mayor que" para las velocidades horarias del año tipo.



fuentes: Elaboración Propia

Tabla 11*Datos Para Calculo de los Parámetros de Weibull*

CENTRO DE LA CLASE	ni(Horas)	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA (menor o igual que)	yi	xi	fi*xi	fi*xi ²	fi*yi	fi*xi*yi
Vi (m/s)		fi=ni/N	Fi	yi=Ln(-Ln(1-Fi))	Ln(Vi)				
1,418	24	0,003	0,003	-5,808	0,349	0,001	0,0004	-0,0174	-0,0061
1,769	1032	0,118	0,121	-2,048	0,57	0,067	0,0383	-0,2417	-0,1378
2,12	2784	0,318	0,439	-0,548	0,751	0,239	0,1794	-0,1743	-0,1309
2,471	2112	0,241	0,68	0,131	0,905	0,218	0,1974	0,0316	0,0286
2,822	1152	0,132	0,812	0,514	1,037	0,137	0,1419	0,0678	0,0703
3,173	624	0,071	0,883	0,763	1,155	0,082	0,0947	0,0542	0,0626
3,524	360	0,041	0,924	0,947	1,26	0,052	0,0651	0,0388	0,0489
3,875	432	0,049	0,973	1,284	1,355	0,066	0,09	0,0629	0,0852
4,226	192	0,022	0,995	1,667	1,441	0,032	0,0457	0,0367	0,0529
4,577	48	0,005	1						
TOTAL	8760	1				0,894	0,8529	-0,1414	0,0737

fuelle: Elaboración Propia, tomando como referencia los cuadros expuestos en el libro:
Ingeniería de la Energía Eólica de Villarubia Lopez, 2012, (pag. 77)

$$A = \frac{\sum f_i x_i y_i - (\sum f_i x_i)(\sum f_i y_i)}{\sum f_i x_i^2 - (\sum f_i x_i)^2} \quad \text{Ecua (25)}$$

$$B = \sum f_i y_i - A \sum f_i x_i \quad \text{Ecua (26)}$$

A	B	K=A	C=e-(B/A)
3,729	-3,475	3,729	2,539

La ecuación de la recta de aproximación es $y=AX+B$, los parámetros de Weibull son

$K=3.729$

$C=2.539$ (m/s)

$$P(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c} \right)^k}$$

Tabla 12

Densidad del aire en la localidad en estudio.

Haciendo uso de la Ecu (2), se obtienen los siguientes valores.

Temperatura (C°)	12
Altura Sobre el nivel del mar (msnm)	3092
Densidad del Aire (Kg/m ³)	0,857

Fuente: elaboración propia

Tabla 13

Densidad de potencia eólica y eléctrica disponible en la localidad en estudio (Totoras)

INTERVALO DE CLASES		CENTRO DE LA CLASE	ni(Horas)	FRECUENCIA RELATIVA	DENSIDAD DE POTENCIA EOLICA DISPONIBLE (W/m ²)		DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA DISPONIBLE (W/m ²)	
VELOC MIN (m/s)	VELOC MAX (m/s)	Vi (m/s)		fi=ni/N	$Pd/A=1/2\rho V^3$	(Pd/A)* fi	$Pd/A=1/2\rho V^3 * Cp * nc * na$	$(1/2\rho V^3 * Cp * nc * na) * fi$
1,242	1,593	1,418	24	0,003	1,223	0,004	0,683	0,0020000
1,593	1,944	1,769	1032	0,118	2,375	0,28	1,327	0,1570000
1,944	2,295	2,12	2784	0,318	4,088	1,3	2,284	0,7260000
2,295	2,646	2,471	2112	0,241	6,473	1,56	3,617	0,8720000
2,646	2,997	2,822	1152	0,132	9,641	1,273	5,387	0,7110000
2,997	3,348	3,173	624	0,071	13,705	0,973	7,657	0,5440000
3,348	3,699	3,524	360	0,041	18,774	0,77	10,489	0,4300000
3,699	4,05	3,875	432	0,049	24,961	1,223	13,946	0,6830000
4,05	4,401	4,226	192	0,022	32,378	0,712	18,09	0,3980000
4,401	4,752	4,577	48	0,005	41,134	0,206	22,982	0,1150000
		TOTAL	8760	1	113,618	8,095	63,48	4,523

Fuente: Elaboración Propia, tomando como referencia los cuadros expuestos en el libro: Ingeniería de la Energía Eólica de Villarubia Lopez, 2012, (pag. 100)

Tabla 14

Densidad de energía diaria, mensual y anual en el generador eólico.

DENSIDAD MEDIA DE POTENCIA EOLICA DISPONIBLE (Pd) W/m2	4,523
DENSIDAD DE ENERGIA DISPONIBLE ANUAL (Ed/A) KWh/m2	39,621
DENSIDAD DE ENERGIA DISPONIBLE MENSUAL (Ed/A) KWh/m2	3,257
DENSIDAD DE ENERGIA DISPONIBLE DIARIO (Ed/A) KWh/m2	0,109
DENSIDAD DE ENERGIA DISPONIBLE SEMANAL (Ed/A) KWh/m2	0,76

Fuente: elaboración propia

5.6. ENERGÍA GENERADA POR EL SISTEMA HIBRIDO

La energía que debe generar el sistema hibrido vamos a considerar un 20 % más de la demandada. Por lo tanto.

Energía generada por el sistema hibrido = $1.2 \times$ energía demandada

Energía generada por el sistema hibrido = 1.2×2 kWh/diario

Energía generada por el sistema hibrido = 2.4 kWh/diario
--

5.7. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA HIBRIDO

Generador eólico: de acuerdo al análisis del potencial energético eólico de la localidad, y sabiendo la densidad de energía disponible diaria (kWh/m2/dia), se elegirá aerogeneradores de potencia mayores a 500 W, con diámetro del rotor mayores a 1.5 m. esto para cubrir solo el 10% de la energía demandada.

El aerogenerador solo dotará el 10% de energía que debe cubrir el sistema hibrido, la mayor parte de energía será cubierta por el generador fotovoltaico.

Tabla 15

Energía generada por el aerogenerador.

DIAMETRO DEL ROTOR (m)	AREA(m ²)	ENERGIA DIARIA DEMANDADA (KWh/diario)	DENSIDAD DE ENERGIA DISPONIBLE DIARIO (Ed/A) KWh/m ²	ENERGIA DIARIA DISPONIBLE POR EL AEROGENERADOR (Kwh/dia)	CONDICION
1,8	2,5	0,24	0,109	0,273	ELIGIR
1,9	2,8	0,24	0,109	0,305	ELIGIR
2	3,1	0,24	0,109	0,338	ELIGIR
2,5	4,9	0,24	0,109	0,534	ELIGIR
3	7,1	0,24	0,109	0,774	ELIGIR
3,5	9,6	0,24	0,109	1,046	ELIGIR
3,8	11,3	0,24	0,109	1,232	ELIGIR
4	12,6	0,24	0,109	1,373	ELIGIR

fuelle: elaboración propia

de la tabla anterior se puede observar que aerogeneradores con diámetro de 1.8 m en adelante si abastecen con el 10% de la energía demandada. Entonces se seleccionará un aerogenerador mínimamente de 1.8 m de diámetro, que arranque mínimamente con una velocidad de 2.5 m/s.

Para el presente proyecto se selecciona el aerogenerador S-600 de 600 W, con diámetro de rotor de 1.8 con velocidad nominal de 2.5 m/s.

figura 42

Aerogenerador seleccionado: S-600.



Fuente: (<https://listado.mercadolibre.com.pe/generador-eolico-1000w>)

Figura 43

Datos técnicos del aerogenerador propuesto, S-600.



Model : S-600



- 1 - Brazos (3 piezas)
- 2 - Eje (1 pieza)
- 3 - Generador (1 pieza)
- 4.-Controlador de carga con pantalla LCD 24V
- 5.-Controlador de carga digital hibrido (solar 300W)

CARACTERÍSTICAS	
Model	S-600
Potencia (W)	600
Voltage(V)	24
Velocidad del Viento	2.5m/s
Diametro del disco(m)	1.8m
Potencia Max(W)	700
Velocidad de nominal	2m/s
Seguridad de la velocidad del viento	45m/s
Altura min de torre	6 m
Peso	20 kilos
Material	Fibra de vidrio reforzada
Controlador de carga	40amp 24V



Fuente: (<https://listado.mercadolibre.com.pe/generador-eolico-1000w>)

Generador fotovoltaico: en el análisis de potencial solar se observó que el mes de menor irradiancia es febrero con valor de 5.01 kWh/m²/dia.

La energía que debe cubrir el sistema fotovoltaico será.

$$E_{sfv} = E_{sist} - E_{eolica}$$

$$E_{sfv} = 2.4 \text{ kWh/diario} - 0.72 \text{ kWh/diario.}$$

$$E_{sfv} = 1.68 \text{ kWh/diario}$$

Para mayor confiabilidad, el generador solar, se dimensionará con la idea de cubrir el 100% de la energía requerida.

Se propone el empleo de paneles solares: ERA SOLAR 340 W, 24 V.

Basado en la Ecua (17) y empleando el software Excel. Obtenemos los siguientes valores

ENERGIA QUE DEBE CUBRIR EL GENERADOR SOLAR(KWh/diario)	2,4
	IRRADIACION HORIZONTAL GLOBAL DIARIO (Kwh/m2/day)
ENERO	5,37
FEBRERO	5,01
MARZO	5,42
ABRIL	5,69
MAYO	5,64
JUNIO	5,8
JULIO	5,86
AGOSTO	6,04
SETIEMBRE	6,06
OCTUBRE	5,88
NOVIEMBRE	5,92
DICIEMBRE	5,38
MES DESFAVORABLE	5,01
HORAS SOLAR PICO (h)	5,01
HORAS SOLAR PICO CORREGIDA (h)	4,509
POTENCIA PICO DE UN MODULO (KW)	0,34
NUMERO DE PANELES	1,57

Por lo tanto

Se requerirá 2 módulos fotovoltaico: ERA SOLAR 340WP

La tensión del sistema en CD. Se tomará de 24 V.

$N_{\text{paneles-serie}} = \text{voltaje del sistema} / \text{voltaje nominal de cada modulo}$

$N_{\text{paneles-serie}} = 24 \text{ V} / 24\text{V}$

$N_{\text{paneles-serie}} = 1$

Nparalelo: conectando en paralelo conseguimos sumar las potencias de cada generador, por lo tanto, se usarán 2 paneles en paralelo, obteniendo una potencia de 680 W.

Reguladores.

Para seleccionar se emplean las Ecu (18) y Ecu (19).

Eólico:

$$I_{\max}=700 \text{ W}/24\text{V}$$

$$I_{\max}=29.1= 30 \text{ A}$$

Para el generador eólico se seleccionará un regulador con capacidad de corriente máxima 30 A y tensión máxima 24 V.

Solar:

$$\text{Tensión máxima}= V_{\text{mp}} \times N_{\text{serie}}$$

$$\text{Tensión máxima}= 46.4 \times 1$$

$$\text{Tensión máxima}= 46.4$$

$$\text{Corriente máxima}= 8.84 \times 2=17.68$$

$$\text{Potencia máxima}= V_{\text{mp}} \times N_{\text{serie}} \times I_{\max}$$

$$\text{Potencia máxima}=46.4 \text{ (V)} \times 1 \times 17.68 \text{ (A)}$$

$$\text{Potencia máxima} = 820 \text{ W}$$

Para el generador solar se propone el empleo de un regulador, VICTRON ENERGY con capacidad de corriente máxima 20 A y tensión máxima 100.V

figura 44

Regulador seleccionado.



Fuente: tomada de Reguladores solares, por Auto solar (<https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-smartsolar-mppt-100v-20a-victron>)

Baterías:

Usando la Ecua (21) obtenemos la capacidad total del sistema de almacenamiento.

$$C_{total} = E_{demandada} \times N_d / P_d \times V_{cc}$$

$$C_{total} = 2.4 \times 1000 \text{ wh} \times 3 / 0.6 \times 24$$

$$C_{total} = 500 \text{ Ah}$$

Proponemos usar batería de GEL TENSTE DE 12 V y 250 Ah

Batería en serie

Basado en la Ecua (23) obtenemos.

$$B_{serie} = V_{sistema} / V_{batería}$$

$$B_{serie} = 24 \text{ V} / 12 \text{ V}$$

$$B_{serie} = 2$$

$$B_{paralelo} = \text{Capacidad total (Ah)} / \text{Capacidad de bateria propuesta (Ah)}$$

$$B_{paralelo} = 500 \text{ Ah} / 250 \text{ Ah} = 2$$

Total 4 baterias de 250 Ah de 12 V

Inversor:

Tensión de entrada de 24 V

Demanda máxima a cubrir: 0.5 kW

Empleando la Ecua (24) obtenemos la potencia máxima de inversor. tomando como rendimiento un valor de 0.95.

Potencia de entrada = máxima demanda / rendimiento del inversor.

Potencia de entrada = 0.5 kW / 0.95

Potencia de entrada = 0.52 kw.

Por lo tanto, se recomienda el empleo de un inversor de la marca PHOENIX de 900 W con entrada para 24 V.

Tabla 16

Modelo de inversor seleccionado.

/ PHOENIX 180VA – 1200VA

PHOENIX	12/180 24/180	12/350 24/350 48/350	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200	VE-Direct 12/250 24/250 48/250	VE-Direct 12/375 24/375 48/375	VE-Direct 12/500 24/500 48/500	VE-Direct 12/800 24/800 48/800	VE-Direct 12/1200 24/1200 48/1200
Potencia VA	180	350	800	1200	250	375	500	800	1200
Potencia W	150	250	650	900	175	260	350	560	850
Potencia Pico w	350	700	1600	2400	400	700	900	1500	2200
Modo ECO	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Vi-Direct	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Protección	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 21	IP 21	IP 21	IP 21	IP 21
Conexión Bateria	Cable incluido	Cable incluido	Cable incluido	Cable incluido	Bornes de tornillo	Bornes de tornillo	Bornes de tornillo	Bornes de tornillo	Bornes de tornillo



Fuente: adaptada del catálogo de INTELLIGENIO

5.8. CÁLCULOS DE CIMENTACIÓN DEL MÁSTIL Y RETENCIONES

5.8.1. Cimentación De Mástil.

Capacidad portante del suelo.

$$Q_d = 0.87 \text{ kg/cm}^2$$

Presión del viento.

$$q = 0.000625 * V^2 * S \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

V: Velocidad de diseño del viento (m/s)

S: coeficiente que depende la altura. msnm

Coefficiente S_4	
ALTITUD	
(m)	S_4
0	1.00
500	0.94
1000	0.88
1500	0.83
2000	0.78
2500	0.73
3000	0.69

$$V = 5 \text{ m/s}$$

$$S=0.69$$

$$q = 0.0107 \text{ k N /m}^2$$

Área del rotor

$$A1 = \frac{\pi D^2}{4}$$

r : radio del rotor del aerogenerador. (m)

$$D = 1.9 \text{ m}$$

$$A1=2.83 \text{ m}^2$$

Área del poste

$$A2=d*L$$

d =diámetro del mástil

L = Longitud libre del mástil

$$d = 0.15 \text{ m}$$

$$L = 12 \text{ m}$$

$$A= 0.15*12$$

$$A2= 1.8 \text{ m}^2$$

Fuerza en la Punta

$$\mathbf{F1 = q \cdot A1}$$

$$F = (0.0107 \text{ k N /m}^2) \cdot (A=2.83 \text{ m}^2)$$

$$F1 = 30.5 \text{ N.}$$

$$\mathbf{F2 = q \cdot A2}$$

$$F = (0.0107 \text{ k N /m}^2) \cdot (A=1.8 \text{ m}^2)$$

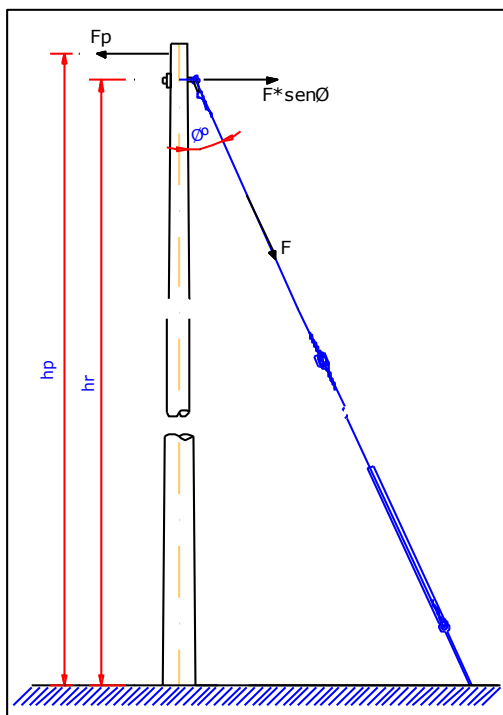
$$F2 = 19.26 \text{ N}$$

$$F_{\text{total}} = F1 + F2$$

$$F_{\text{total}} = 30.5 + 19.26$$

$$F_{\text{total}} = 49.76 \text{ N} = 50 \text{ N.}$$

$$F_{\text{total}} = 50 \text{ N (5.1 Kg)}$$

**Datos preliminares:**

Longitud de poste =	13.00 m
Altura de empotramiento =	1.00 m
Altura libre de poste =	12.00 m
h _p =	11.90 m
h _r =	9.00 m
F _p =	100 N
Ø =	37 °

Según el esquema adjunto se cumple:

$$F * \text{sen } \phi * h_r = F_p * h_p$$

Despejando:
$$F = \frac{F_p * h_p}{\text{sen } \phi * h_r}$$

$$F = 219.71 \text{ N}$$

Seleccionamos un cable de retención con las siguientes características:

Material	Acero galvanizado
Nº de hilos	7
Ø del conductor	5 mm
Carga de rotura	600 N
Factor de seguridad	2.73 > 2

Por la tanto F_p será:

$$F_p = \frac{(F / F.S) * \text{sen } \phi * h_r}{h_p}$$

$$F_p = 136.55 \text{ N}$$

5.9. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

• Tramo Generador – Controlador

Por capacidad de corriente

$$I_{\text{maxima del módulo fotovoltaico}} = 1,25 \times I_{\text{Cortocircuito del Panel}} \times N_{\text{Pmf}}$$

$$I_{\text{maxima del módulo fotovoltaico}} = 1,25 \times 8.84 \times 2$$

$$I_{\text{maxima del módulo fotovoltaico}} = 22.1 \text{ A}$$

Sección de 2.5 mm² en adelante, puede ser ya empleados. Si embargo analizaremos por caída de tensión.

Por caída de tension

$$S_{\text{CABLE}} = 2 \rho \times L \times I / \Delta V$$

ρ =resistividad del cobre 0.0172 $\Omega \cdot \text{mm}^2$.

$$\Delta V = 5\% \text{ de } 24 \text{ igual a } 1.2 \text{ V}$$

Longitud del tramo = 10 m

$$S_{\text{CABLE}} = 2 \times 0.0172 \times 10 \text{ m} \times 22.1 / 1.2$$

$$S_{\text{CABLE}} = 6.33 \text{ mm}^2.$$

Se empleará una sección de 8 mm² conductor TW.

Finalmente se debe emplear la sección de 8 mm².

- **Tramo Batería – Inversor**

$$I_{\text{max inver}} = 1,25 \times P_{\text{inversor}} / V_{\text{tension de trabajo}} \times n_{\text{inversor}}$$

$$I_{\text{max inver}} = 1,25 \times 900 / 24 \times 0,9$$

$$I_{\text{max inver}} = 52.08 \text{ A}$$

$$S_{\text{CABLE}} = 2 \rho \times L \times I / \Delta V$$

ρ =resistividad del cobre 0.0172 $\Omega \cdot \text{mm}^2$.

$$\Delta V = 5\% \text{ de } 24 \text{ igual a } 1.2 \text{ V}$$

Longitud del tramo = 3 m

$$S_{\text{CABLE}} = 2 \times 0.0172 \times 3 \times 52.08 / 1.2$$

$$S_{\text{CABLE}} = 4.47 \text{ mm}^2$$

Se empleará una sección de 6 mm² conductor TW.

- **Tramo Tablero de distribución-Electrobomba**

$$I = \frac{P (W)}{V * \cos \phi}$$

Salida del inversor monofásica.

$$I = 500 \text{ W} / 220 * 0.9$$

$$I = 2.52 \text{ A}$$

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 \times 2.52 = 3.15 \text{ A}$$

$$S_{\text{CABLE}} = 2 \rho \times L \times P / V \times \Delta V$$

ρ = resistividad del cobre $0.0172 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

ΔV = 5% de 220 igual a 11 V

Longitud del tramo = 5 m

Potencia de la bomba = 500 W.

$$S_{\text{CABLE}} = 2 \times 0.0172 \times 5 \times 500 / 220 \times 5\%$$

$$S_{\text{CABLE}} = 7,8 \text{ mm}^2.$$

Se empleará una sección de 8 mm² conductor TW.

Tabla 17

datos eléctricos de conductores FOTOVOLT N2X1.

FOTOVOLT N2X 1 kV; mm ² RC						
Contacto Venta Local ventas.peru@nexans.com						
DATOS ELÉCTRICOS						
Sección [mm ²]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Rigidez dieléctrica a [kV]	Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento [min.]	Capac. Corriente enterrado 20°C [A]	Capac. Corriente aire 30°C [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]
2.5	7.41	6.0	1	45	37	123.0
4	4.61	6.0	1	59	50	142.0
6	3.08	7.5	1	74	65	152.0

Fuente: Indeco

- Elementos de protección.**

Corriente de carga máxima $I_B = 3.15 \text{ A}$

Corriente nominal de protección I_N

Intensidad máxima admisible del conductor $I_Z = 61 \text{ A}$

$$I_B < I_N \leq I_Z$$

$$3.15 \text{ A} < I_N \leq 61 \text{ A}$$

Emplearemos interruptores con capacidad entre el intervalo anterior, para este proyecto usaremos.

Interruptor General de 20 A

Interruptor Diferencial 20 A y 30 mA

Contactor de 20 A

Relé con ajuste térmico entre 12-25 A

5.10. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

5.10.1. Presupuesto Referencial Para El Sistema Híbrido Eólico-Solar.

Tabla 18

Costo del suministro de materiales para el sistema híbrido eólico-solar.

PROYECTO	DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO-SOLAR PARA SUMINISTRAR CON ENERGÍA ELECTRICA AL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN LA I.E. "10087 NUESTRA SRA VIRGEN DEL CARMEN" EN EL CASERIO TOTORAS				
LOCALIDAD	TOTORAS				
DISTRITO	INCAHUASI				
PROVINCIA	FERREÑAFE				
DEPARTAMENTO	LAMBAYEQUE				
ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UND.	PRESUPUESTO		
			METRADO CANTIDAD	P.U. S/.	TOTAL S/.
A	SUMINISTRO DE MATERIALES	.	-		5,829.00
1.00	<u>GENERADORES ELECTRICOS</u>				-
1.01	generador eolico Modelo S-600, de 600 W, 24 V. incluye controlador	u	1.00	2,300.00	2,300.00
1.02	generador solar ERA de 340 W	u	2.00	550.00	1,100.00
	SUB-TOTAL 1 :		-		3,400.00
2.00	<u>SISTEMA DE REGULACION</u>				-
2.02	regular solar Victron Energy 20A,100V	u	1.00	150.00	150.00
	SUB-TOTAL 2 :		-		150.00
3.00	<u>SISTEMA DE ALMACENAMIENTO</u>				-
3.01	batería de GEL TENSTE DE 12 V y 250 Ah	u	4.00	300.00	1,200.00
	SUB-TOTAL 3 :		-		1,200.00
4.00	<u>SISTEMA DE CONVERSION E INVERSION</u>				-
4.01	inversor PHOENIX de 900 W, 24 V.	u	1.00	400.00	400.00
	SUB-TOTAL 4 :		-		400.00
5.00	<u>TABLERO DE CONTROL Y PROTECCION</u>				-
5.01	Tablero de control	m	1.00	100.00	100.00
5.02	Disyuntores	u	2.00	50.00	100.00
5.03	Contactor	u	1.00	69.00	69.00
5.04	Rele Termico	u	1.00	20.00	20.00
5.05	Selector	u	1.00	50.00	50.00
5.06	contacto NC (ESTOP)	u	1.00	20.00	20.00
5.07	contacto NA (PLAY)	u	1.00	20.00	20.00
	SUB-TOTAL 5 :		-		379.00
6.00	<u>FLETE TERRESTRE</u>				-
6.01	Flete terrestre	glb	1.00	300.00	300.00
	SUB-TOTAL 6:				300.00
	TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES				5,829.00

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO-SOLAR PARA SUMINISTRAR CON ENERGÍA ELECTRICA AL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN LA I.E. "10087 NUESTRA SRA VIRGEN DEL CARMEN" EN EL CASERIO TOTORAS

UBICACIÓN: TOTORAS / INCAHUASI / FERREÑAFE/LAMBAYEQUE

	Resumen General	SISTEMA HIBRIDO EOLICO-SOLAR	Total General
1.0	Suministro de Materiales	5,829.00	5,829.00
2.0	Montaje Electromecánico	2,500.00	2,500.00
3.0	Costo Directo	8,329.00	8,329.00
	I.G.V. (18% de Total general)	1,499.22	1,499.22
	COSTO TOTAL DE LA INVERSION DEL PROYECTO INCLUIDO I.G.V.		9,828.22

Fuente: Elaboración Propia

5.10.2. Gasto Mensual y Anual En Combustible En El Sistema De Bombeo Convencional.

- Si Se empleará como alternativa, para accionar la bomba, un generador disel. Este hará consumo de combustible y El gasto que se generará será el siguiente.
- El generador eléctrico funcionando aproximadamente 4 días por semana, dando un valor de 16 días mensuales.
- El año lectivo consta de 10 meses de trabajo.
- Según entrevista en la localidad de, Totoras. Un galón de combustible oscila entre 23-27 nuevos soles.

AÑO	GALONES/DIA	SOLES/GALON	SOLES/DIA	DIAS/MES	GASTO MENSUAL(SOLE S)	MESES/AÑO	GASTO/ANUAL
1	1	27	27	16	432	10	4320

Fuente: elaboración propia con datos tomados en campo

5.10.3. El Valor Actual Neto (VAN) Y La Tasa Interna De Retorno (TIR)

Para calcular dichos parámetros financieros, se realiza el flujo de caja del proyecto para un tiempo de vida útil de 20 años.

5.10.3.1 Componentes Del Flujo De Caja.

Ingresos: en este caso se toma como ingreso, el gasto que se deja de hacer por compra de combustible (gasolina), siendo un valor de 4320 soles al año.

Egresos: son los gastos al año que se realiza para hacer funcionar el sistema híbrido, en este caso se considera, Mantenimiento anual y flujo por incidentes no previstos, se toma un valor de 900 nuevos soles al año.

Tasa de interés (k): para evaluar económicamente el proyecto se toma un valor de 10%

INVERSION INICIAL		S/ 9,828.22	
TASA DE DESCUENTO (K)		10.00%	
AÑO	FLUJO DE INGRESOS	FLUJO DE EGRESO	FLUJO DE EFECTIVO NETO
0	0	S/ 9,828.22	-S/ 9,828.22
1	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
2	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
3	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
4	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
5	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
6	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
7	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
8	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
9	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
10	S/ 4,320.00	4000	S/ 320.00
11	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
12	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
13	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
14	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
15	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
16	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
17	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
18	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
19	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00
20	S/ 4,320.00	900	S/ 3,420.00

TIR	34%
VAN	S/ 18,092.98

K

10%

**RENTABLE
GANANCIA**

Fuente: Elaboración propia basado en datos tomado en campo.

La TIR =34% > 10% el proyecto es rentable

VAN= 18,092.98 soles que se ahorra el primer año al invertir en el proyecto.

CONCLUSIONES

- La irradiancia solar en la localidad de Totoras, Es de 5,01 kWh/m² en el mes más desfavorable y la velocidad del viento a 12 m de altura de la superficie terrestre, es como mínimo 1,42 m/s y máximo 7,73 m/s. Suficiente potencial, para abastecer la demanda energética.
- La máxima demanda es de 500 W de potencia de electrobomba, que trabajando 4 horas diarias, demanda de 2 kW.h/día de energía eléctrica.
- Luego del análisis, se ha propuesto el emplazamiento de los siguientes equipos:
Aerogenerador S-600, de 600W, 2 Paneles solares ERA 340 Wp, 1 regulador solar 100 V/20 A, 1 regulador eólico 24V/30 A, 4 baterías de 12 V, 250Ah y 1 inversor PHOENIX de 900 W con entrada para 24 V.
- El costo del emplazamiento del sistema asciende a un valor de 9828.22. soles, el VAN es de 18092.98 Soles y el TIR es del 34 % demostrando que la inversión es rentable).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) appa renovables. (2021). Hibridacion de la generacion renovable. *appa renovables*, 41.
- 2) Aros, *Solar Technology*. (s.f.). Obtenido de la radiacion solar: <http://www.aros-solar.com/es/plantas-fv>
- 3) Bas Gonzales, I. (2020). *Analisis tecnico-economico de un sistema de bombeo hibrido fotovoltaico aislado*. Madrid: UPM.
- 4) Cajusol Bances, S. R. (2019). *Dimensionamiento de un sistema hibrido eolico solar para el bombeo de agua en el fundo san juan de Cayalti Provincia de Chiclayo-Lambayeque*. Lambayeque.
- 5) Chonto Vera, L. J. (2018). *Dimensionamiento de un sistema bombeo Fotovoltaico para suministrar agua en el caserio Chillvaca en el Distrito de Incahuasi-Ferreñafe-Lambayeque*. Lambayeque.
- 6) Cutzal Muz, J. A. (2007). “*diseño del sistema de agua potable por bombeo para la colonia romec y diseño del instituto de san jose de chacaya, solola*”. Guatemala.
- 7) Gonzales Leon, R. L. (2019). *Propuesta de un Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico para el Hotel Santa Clara Libre* . Santa Clara.
- 8) Hervias Segovia, A. A. (2018). *Diseño de un sistema de bombo mediante energia solar fotovoltaica para suministrar agua potable a la poblacion de Maynas-Peru*. Callao: UNAC.
- 9) Ladron de Guevara, J. A. (s.f.). *Diseño y Calculo de una instalacion fotovoltaica aislada*.
- 10) Martil, I. (2018). Las claves del funcionamiento de una turbina eólica. *PUBLICO*, 10.
- 11) Martinez Farias, C. A. (2020). *diseño de sistema de bombeo a base de energia solar para suministro de agua*. VERACRUZ.

- 12) Mercado Correa, G. A., & Henao, Q. D. (2014). *Sistemas de bombeo de agua con energia alternativas*. Medellin.
- 13) Moragues, J., & Rapallini, A. (2003). *Energia Eolica*. Argentina.
- 14) Ochoa Bustamante, C. M., & Alvares Hincapie, F. (2018). *sistema hibrido de bombeo para comunidades remotas*. Guajira: Institucion Universitaria.
- 15) Perpiñan Lamigueiro, O. (2012). *Energia Solar Fotovoltaica*. España.
- 16) Perpiñan Lamigueiro, O. (s.f.). *Energía Solar Fotovoltaica Aplicaciones y Contexto Mundial*. Madrid.
- 17) Quispe Acevedo, L. H. (2021). *Diseño del sistema hibrido para lograr autoabastecer de energia electrica a las instalaciones de la granja experimental agropecuaria de Yauris*. Huancayo.
- 18) Talayero Navales, A. P., & Telmo Martinez, E. (2011). *energia renovables, energia eolica*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- 19) Villarubia Lopez, M. (2012). *Ingenieria de la energia eolica*. Mexico: Alfaomega.

REFERENCIAS LINKOGRAFICAS

- 1) AREATECNOLOGIA. (s.f.). *INVERSOR FOTOVOLTAICO*. Obtenido de *inversorfotovoltaico*: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/inversor-fotovoltaico.html>
- 2) *Auto Solar*. (27 de 10 de 2021). Obtenido de, *Tipos de bombas de agua*: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/tipos-bombas-de-agua>
- 3) GEOHIDRAULICA. (s.f.). *GEOHIDRAULICA*. Obtenido de, *Sistemas de Bombeo: Tipo y sus Funciones*: <https://geohidraulica.com/sistema-de-bombeo-tipos-y-sus-funciones/>
- 4) Isabelle Escomez, R. (01 de 2018). *curso oline web*. Obtenido de, *Clases de bombas de agua*: <https://cursosonlineweb.com/bombas-de-agua-2.html>
- 5) Naciones Unidas. (s.f.). *Naciones Unidas*. Obtenido de, *Que son las Energias Renovables*: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>
- 6) Navarra. es. (s.f.). *Navarra. es*. Obtenido de, *meteorologia y climatologia de Navarra*: <http://meteo.navarra.es/definiciones/viento.cfm>
- 7) SEGUAS. (s.f.). *SEGUAS*. Obtenido de, *Bombas centrifugas y su uso en instalaciones Hidraulicas*: <https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>

ANEXOS

ANEXO N° 01: VELOCIDAD DE VIENTO A 4 m.

ANEXO N° 02: PLANO DEL SISTEMA HIBRIDO.

ANEXO N° 03: DIAGRAMAS DE DETALLES DEL SISTEMA HIBRIDO

ANEXO N° 04: CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO.

ANEXO N° 05: BOLETA DE PAGO A SENHAMI POR DATOS METEOROLOGICOS

ANEXO N° 06: DATOS METEOROLOGICOS PV_{syst} 7.2.

ANEXO N° 07: FICHA TECNICA DEL PANEL SOLAR ERA 340 WP

ANEXO N° 08: FICHA TECNICA DEL REGULADOR VICTRON ENERGY

ANEXO N° 09: FICHA TECNICA DE LA BATERIA TENSTE 12 V, 250Ah.

ANEXO N° :10 FICHA TECNICA DEL INVERSOR POHENIX 900 W, 24V.

ANEXO N° :11 FICHA TECNICA ANEMOMETRO PCE-A420

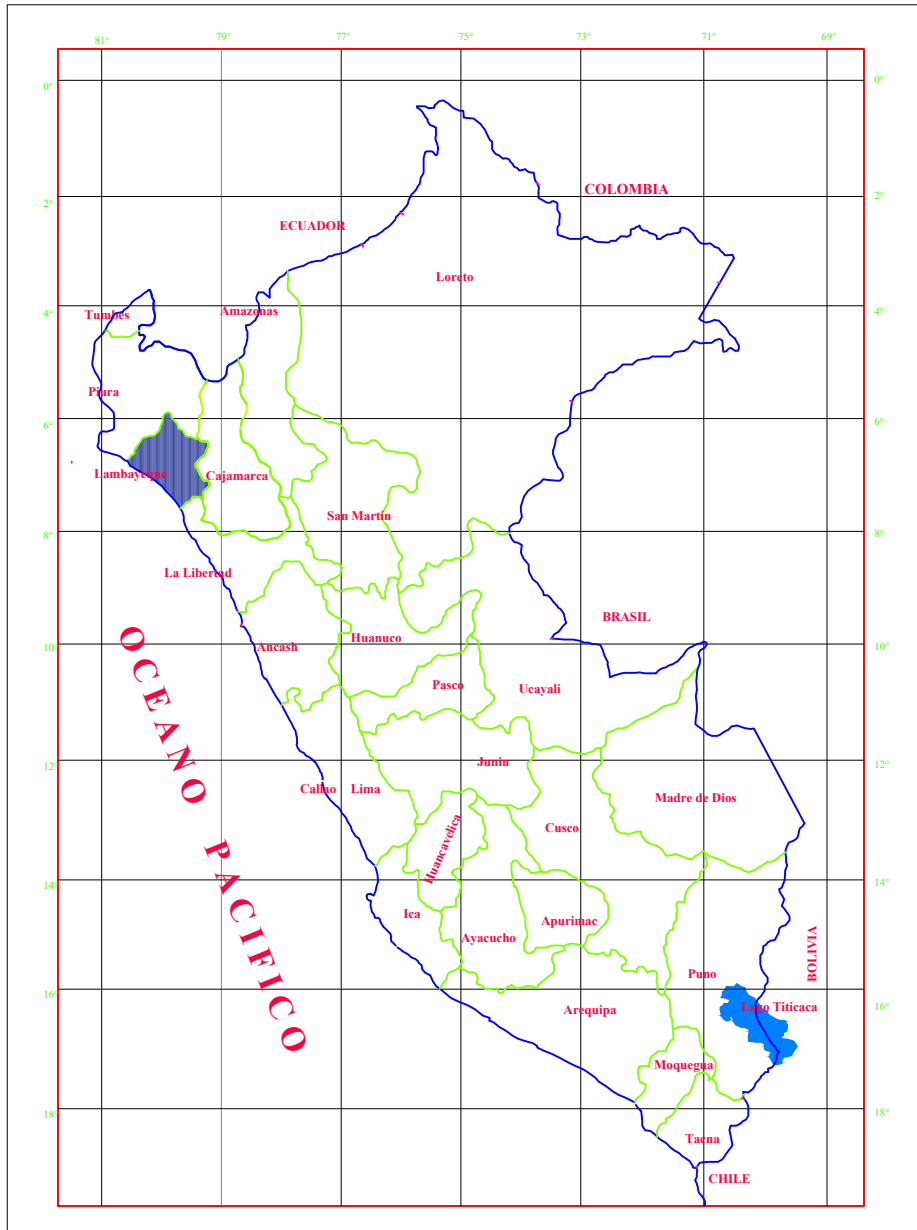
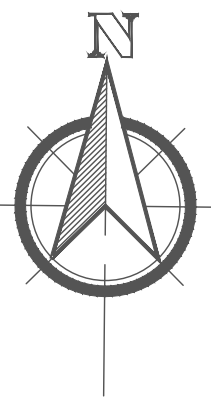
ANEXO N° :12 CERTIFICADO DE CALIBRACION ANEMOMETRO PCE-A420

ANEXO N° 01: VELOCIDAD DE VIENTO A 4 m.

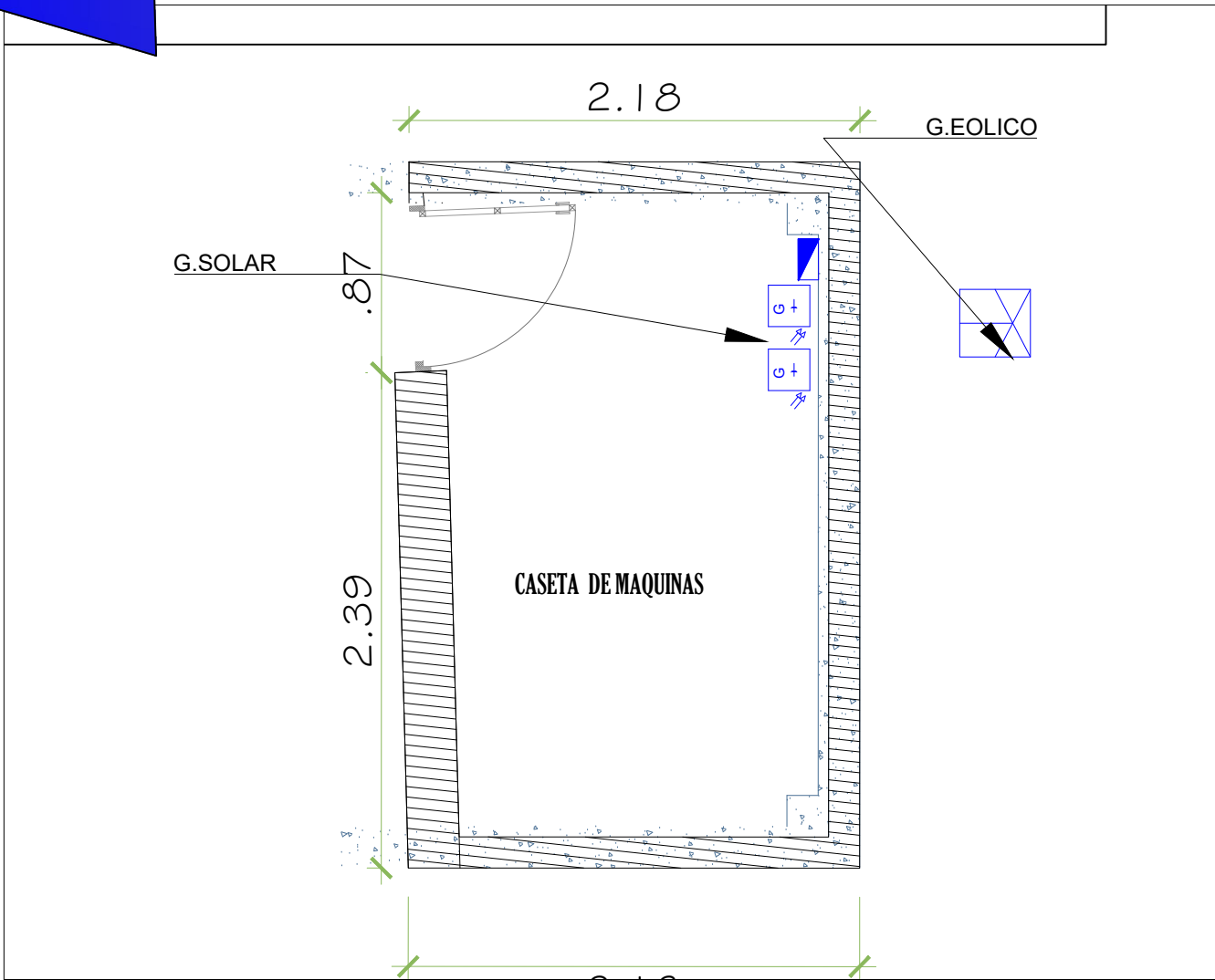
ALTURA DE MEDICION		4	m				
FECHA	HORA (h)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCION	FECHA	HORA (h)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCION
01/06/2024	00:00:00	1.83	99	01/06/2024	01:00:00	1.85	100
01/06/2024	02:00:00	1.87	119	01/06/2024	03:00:00	1.88	120
01/06/2024	04:00:00	1.82	129	01/06/2024	05:00:00	1.96	130
01/06/2024	06:00:00	2.00	178	01/06/2024	07:00:00	1.80	179
01/06/2024	08:00:00	1.80	260	01/06/2024	09:00:00	1.85	261
01/06/2024	10:00:00	1.85	93	01/06/2024	11:00:00	1.90	94
01/06/2024	12:00:00	1.84	111	01/06/2024	13:00:00	1.80	112
01/06/2024	14:00:00	1.83	161	01/06/2024	15:00:00	1.90	162
01/06/2024	16:00:00	1.82	258	01/06/2024	17:00:00	1.70	259
01/06/2024	18:00:00	1.81	248	01/06/2024	19:00:00	1.90	249
01/06/2024	20:00:00	1.80	200	01/06/2024	21:00:00	1.89	201
01/06/2024	22:00:00	1.85	142	01/06/2024	23:00:00	2.00	143
02/06/2024	00:00:00	2.05	159	02/06/2024	01:00:00	2.55	160
02/06/2024	02:00:00	2	237	02/06/2024	03:00:00	2.5	238
02/06/2024	04:00:00	2.6	262	02/06/2024	05:00:00	3.1	263
02/06/2024	06:00:00	2.7	234	02/06/2024	07:00:00	3.2	235
02/06/2024	08:00:00	2.5	204	02/06/2024	09:00:00	3	205
02/06/2024	10:00:00	2.3	224	02/06/2024	11:00:00	2.8	225
02/06/2024	12:00:00	2.2	232	02/06/2024	13:00:00	2.7	233
02/06/2024	14:00:00	2.5	241	02/06/2024	15:00:00	3	242
02/06/2024	16:00:00	2.8	272	02/06/2024	17:00:00	3.3	273
02/06/2024	18:00:00	2.7	241	02/06/2024	19:00:00	3.2	242
02/06/2024	20:00:00	2.8	240	02/06/2024	21:00:00	3.3	241
02/06/2024	22:00:00	2.9	254	02/06/2024	23:00:00	3.4	255
03/06/2024	00:00:00	2.45	256	03/06/2024	01:00:00	2.95	257
03/06/2024	02:00:00	3.52	178	03/06/2024	03:00:00	4.02	179
03/06/2024	04:00:00	2.64	146	03/06/2024	05:00:00	3.14	147
03/06/2024	06:00:00	4.41	63	03/06/2024	07:00:00	4.91	64
03/06/2024	08:00:00	3.37	96	03/06/2024	09:00:00	3.87	97
03/06/2024	10:00:00	1.5	141	03/06/2024	11:00:00	2	142
03/06/2024	12:00:00	2.24	171	03/06/2024	13:00:00	2.74	172
03/06/2024	14:00:00	2.84	230	03/06/2024	15:00:00	3.34	231
03/06/2024	16:00:00	2.23	273	03/06/2024	17:00:00	2.73	274
03/06/2024	18:00:00	1.92	155	03/06/2024	19:00:00	2.42	156
03/06/2024	20:00:00	3.85	70	03/06/2024	21:00:00	4.35	71
03/06/2024	22:00:00	5.61	74	03/06/2024	23:00:00	6.11	75
04/06/2024	00:00:00	5.03	74	04/06/2024	01:00:00	5.53	75
04/06/2024	02:00:00	3.57	106	04/06/2024	03:00:00	4.07	107
04/06/2024	04:00:00	2.97	134	04/06/2024	05:00:00	3.47	135
04/06/2024	06:00:00	2.41	141	04/06/2024	07:00:00	2.91	142
04/06/2024	08:00:00	3.16	204	04/06/2024	09:00:00	3.66	205
04/06/2024	10:00:00	4.45	229	04/06/2024	11:00:00	4.95	230
04/06/2024	12:00:00	5.45	249	04/06/2024	13:00:00	5.95	250
04/06/2024	14:00:00	5.81	255	04/06/2024	15:00:00	6.31	256
04/06/2024	16:00:00	5.62	247	04/06/2024	17:00:00	6.12	248
04/06/2024	18:00:00	2.84	189	04/06/2024	19:00:00	3.34	190
04/06/2024	20:00:00	4.12	221	04/06/2024	21:00:00	4.62	222
04/06/2024	22:00:00	4.62	272	04/06/2024	23:00:00	5.12	273
05/06/2024	00:00:00	4.37	242	05/06/2024	01:00:00	4.87	243
05/06/2024	02:00:00	4.16	201	05/06/2024	03:00:00	4.66	202
05/06/2024	04:00:00	4.18	196	05/06/2024	05:00:00	4.68	197
05/06/2024	06:00:00	5.11	242	05/06/2024	07:00:00	5.61	243
05/06/2024	08:00:00	4.69	255	05/06/2024	09:00:00	5.19	256
05/06/2024	10:00:00	4.13	236	05/06/2024	11:00:00	4.63	237
05/06/2024	12:00:00	3.93	245	05/06/2024	13:00:00	4.43	246
05/06/2024	14:00:00	4.73	257	05/06/2024	15:00:00	5.23	258
05/06/2024	16:00:00	4.34	262	05/06/2024	17:00:00	4.84	263
05/06/2024	18:00:00	4.59	247	05/06/2024	19:00:00	5.09	248
05/06/2024	20:00:00	4.03	208	05/06/2024	21:00:00	4.53	209
05/06/2024	22:00:00	4.11	251	05/06/2024	23:00:00	4.61	252
06/06/2024	00:00:00	2.09	231	06/06/2024	01:00:00	2.59	232
06/06/2024	02:00:00	3.61	177	06/06/2024	03:00:00	4.11	178
06/06/2024	04:00:00	5.38	121	06/06/2024	05:00:00	5.88	122
06/06/2024	06:00:00	3.23	146	06/06/2024	07:00:00	3.73	147
06/06/2024	08:00:00	1.79	267	06/06/2024	09:00:00	2.29	268
06/06/2024	10:00:00	2.18	191	06/06/2024	11:00:00	2.68	192
06/06/2024	12:00:00	2.57	156	06/06/2024	13:00:00	3.07	157
06/06/2024	14:00:00	2.62	164	06/06/2024	15:00:00	3.12	165
06/06/2024	16:00:00	2.76	151	06/06/2024	17:00:00	3.26	152
06/06/2024	18:00:00	2.98	155	06/06/2024	19:00:00	3.48	156
06/06/2024	20:00:00	3	137	06/06/2024	21:00:00	3.5	138
06/06/2024	22:00:00	2.3	167	06/06/2024	23:00:00	2.8	168
07/06/2024	00:00:00	1.95	279	07/06/2024	01:00:00	2.45	280
07/06/2024	02:00:00	4.27	251	07/06/2024	03:00:00	4.77	252
07/06/2024	04:00:00	4.62	250	07/06/2024	05:00:00	5.12	251
07/06/2024	06:00:00	3.48	253	07/06/2024	07:00:00	3.98	254
07/06/2024	08:00:00	2.19	195	07/06/2024	09:00:00	2.69	196
07/06/2024	10:00:00	1.84	199	07/06/2024	11:00:00	2.34	200
07/06/2024	12:00:00	2.84	188	07/06/2024	13:00:00	3.34	189
07/06/2024	14:00:00	2.48	185	07/06/2024	15:00:00	2.98	186
07/06/2024	16:00:00	2.03	236	07/06/2024	17:00:00	2.53	237
07/06/2024	18:00:00	2.4	177	07/06/2024	19:00:00	2.9	178

ALTURA DE MEDICION		4	m				
FECHA	HORA (h)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCION	FECHA	HORA (h)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCION
07/06/2024	20:00:00	2.47	170	07/06/2024	21:00:00	2.97	171
07/06/2024	22:00:00	2.9	174	07/06/2024	23:00:00	3.4	175
08/06/2024	00:00:00	3.09	195	08/06/2024	01:00:00	3.59	196
08/06/2024	02:00:00	2.28	230	08/06/2024	03:00:00	2.78	231
08/06/2024	04:00:00	1.96	161	08/06/2024	05:00:00	2.46	162
08/06/2024	06:00:00	2.58	143	08/06/2024	07:00:00	3.08	144
08/06/2024	08:00:00	2.27	171	08/06/2024	09:00:00	2.77	172
08/06/2024	10:00:00	3.34	252	08/06/2024	11:00:00	3.84	253
08/06/2024	12:00:00	3.09	104	08/06/2024	13:00:00	3.59	105
08/06/2024	14:00:00	4.3	110	08/06/2024	15:00:00	4.8	111
08/06/2024	16:00:00	4.24	125	08/06/2024	17:00:00	4.74	126
08/06/2024	18:00:00	3.36	97	08/06/2024	19:00:00	3.86	98
08/06/2024	20:00:00	4.13	88	08/06/2024	21:00:00	4.63	89
08/06/2024	22:00:00	3.32	88	08/06/2024	23:00:00	3.82	89
09/06/2024	00:00:00	2.82	133	09/06/2024	01:00:00	3.32	134
09/06/2024	02:00:00	4	179	09/06/2024	03:00:00	4.5	180
09/06/2024	04:00:00	3.41	206	09/06/2024	05:00:00	3.91	207
09/06/2024	06:00:00	2.51	199	09/06/2024	07:00:00	3.01	200
09/06/2024	08:00:00	2.56	132	09/06/2024	09:00:00	3.06	133
09/06/2024	10:00:00	4.39	69	09/06/2024	11:00:00	4.89	70
09/06/2024	12:00:00	4.14	122	09/06/2024	13:00:00	4.64	123
09/06/2024	14:00:00	4.66	101	09/06/2024	15:00:00	5.16	102
09/06/2024	16:00:00	4.49	79	09/06/2024	17:00:00	4.99	80
09/06/2024	18:00:00	3.61	83	09/06/2024	19:00:00	4.11	84
09/06/2024	20:00:00	3.4	129	09/06/2024	21:00:00	3.9	130
09/06/2024	22:00:00	2.43	155	09/06/2024	23:00:00	2.93	156
10/06/2024	00:00:00	3.62	173	10/06/2024	01:00:00	4.12	174
10/06/2024	02:00:00	4.79	265	10/06/2024	03:00:00	5.29	266
10/06/2024	04:00:00	1.07	204	10/06/2024	05:00:00	1.57	205
10/06/2024	06:00:00	3.76	75	10/06/2024	07:00:00	4.26	76
10/06/2024	08:00:00	5.05	71	10/06/2024	09:00:00	5.55	72
10/06/2024	10:00:00	5.16	133	10/06/2024	11:00:00	5.66	134
10/06/2024	12:00:00	3.02	184	10/06/2024	13:00:00	3.52	185
10/06/2024	14:00:00	2.55	140	10/06/2024	15:00:00	3.05	141
10/06/2024	16:00:00	3.14	78	10/06/2024	17:00:00	3.64	79
10/06/2024	18:00:00	5.56	80	10/06/2024	19:00:00	6.06	81
10/06/2024	20:00:00	4.18	78	10/06/2024	21:00:00	4.68	79
10/06/2024	22:00:00	3.5	133	10/06/2024	23:00:00	4	134
11/06/2024	00:00:00	2.98	110	11/06/2024	01:00:00	3.48	111
11/06/2024	02:00:00	2.68	128	11/06/2024	03:00:00	3.18	129
11/06/2024	04:00:00	3.23	88	11/06/2024	05:00:00	3.73	89
11/06/2024	06:00:00	2.94	130	11/06/2024	07:00:00	3.44	131
11/06/2024	08:00:00	2.32	157	11/06/2024	09:00:00	2.82	158
11/06/2024	10:00:00	1.79	137	11/06/2024	11:00:00	2.29	138
11/06/2024	12:00:00	2.43	169	11/06/2024	13:00:00	2.93	170
11/06/2024	14:00:00	3.12	208	11/06/2024	15:00:00	3.62	209
11/06/2024	16:00:00	2.45	182	11/06/2024	17:00:00	2.95	183
11/06/2024	18:00:00	1.89	192	11/06/2024	19:00:00	2.39	193
11/06/2024	20:00:00	2.64	164	11/06/2024	21:00:00	3.14	165
11/06/2024	22:00:00	3.39	219	11/06/2024	23:00:00	3.89	220
12/06/2024	00:00:00	1.68	159	12/06/2024	01:00:00	2.18	160
12/06/2024	02:00:00	3.56	113	12/06/2024	03:00:00	4.06	114
12/06/2024	04:00:00	2.42	160	12/06/2024	05:00:00	2.92	161
12/06/2024	06:00:00	1.41	146	12/06/2024	07:00:00	1.91	147
12/06/2024	08:00:00	3.09	140	12/06/2024	09:00:00	3.59	141
12/06/2024	10:00:00	3.1	129	12/06/2024	11:00:00	3.6	130
12/06/2024	12:00:00	2.82	130	12/06/2024	13:00:00	3.32	131
12/06/2024	14:00:00	1.98	118	12/06/2024	15:00:00	2.48	119
12/06/2024	16:00:00	4.05	95	12/06/2024	17:00:00	4.55	96
12/06/2024	18:00:00	3.18	92	12/06/2024	19:00:00	3.68	93
12/06/2024	20:00:00	5.49	72	12/06/2024	21:00:00	5.99	73
12/06/2024	22:00:00	4.86	79	12/06/2024	23:00:00	5.36	80
13/06/2024	00:00:00	4.77	91	13/06/2024	01:00:00	5.27	92
13/06/2024	02:00:00	4.73	78	13/06/2024	03:00:00	5.23	79
13/06/2024	04:00:00	4.14	88	13/06/2024	05:00:00	4.64	89
13/06/2024	06:00:00	3.62	87	13/06/2024	07:00:00	4.12	88
13/06/2024	08:00:00	4.09	90	13/06/2024	09:00:00	4.59	91
13/06/2024	10:00:00	3.7	84	13/06/2024	11:00:00	4.2	85
13/06/2024	12:00:00	3.38	86	13/06/2024	13:00:00	3.88	87
13/06/2024	14:00:00	4.49	74	13/06/2024	15:00:00	4.99	75
13/06/2024	16:00:00	5.16	70	13/06/2024	17:00:00	5.66	71
13/06/2024	18:00:00	4.93	78	13/06/2024	19:00:00	5.43	79
13/06/2024	20:00:00	4.84	78	13/06/2024	21:00:00	5.34	79
13/06/2024	22:00:00	5.23	72	13/06/2024	23:00:00	5.73	73
14/06/2024	00:00:00	3.61	98	14/06/2024	01:00:00	4.11	99
14/06/2024	02:00:00	2.7	126	14/06/2024	03:00:00	3.2	127
14/06/2024	04:00:00	3.5	214	14/06/2024	05:00:00	4	215
14/06/2024	06:00:00	1.77	172	14/06/2024	07:00:00	2.27	173
14/06/2024	08:00:00	4.4	73	14/06/2024	09:00:00	4.9	74
14/06/2024	10:00:00	2.85	131	14/06/2024	11:00:00	3.35	132
14/06/2024	12:00:00	2.48	150	14/06/2024	13:00:00	2.98	151
14/06/2024	14:00:00	2.22	125	14/06/2024	15:00:00	2.72	126
14/06/2024	16:00:00	3.66	78	14/06/2024	17:00:00	4.16	79
14/06/2024	18:00:00	4.8	73	14/06/2024	19:00:00	5.3	74
14/06/2024	20:00:00	3.7	109	14/06/2024	21:00:00	4.2	110
14/06/2024	22:00:00	1.59	155	14/06/2024	23:00:00	2.09	156
15/06/2024	00:00:00	5.23	72	15/06/2024	01:00:00	5.73	73
15/06/2024	02:00:00	3.61	98	15/06/2024	03:00:00	4.11	99
15/06/2024	04:00:00	2.7	126	15/06/2024	05:00:00	3.2	127
15/06/2024	06:00:00	3.5	214	15/06/2024	07:00:00	4	215
15/06/2024	08:00:00	1.77	172	15/06/2024	09:00:00	2.27	173
15/06/2024	10:00:00	4.4	73	15/06/2024	11:00:00	4.9	74
15/06/2024	12:00:00	2.85	131	15/06/2024	13:00:00	3.35	132
15/06/2024	14:00:00	2.48	150	15/06/2024	15:00:00	2.98	151
15/06/2024	16:00:00	2.22	125	15/06/2024	17:00:00	2.72	126
15/06/2024	18:00:00	3.66	78	15/06/2024	19:00:00	4.16	79
15/06/2024	20:00:00	4.8	73	15/06/2024	21:00:00	5.3	74
15/06/2024	22:00:00	3.7	109	15/06/2024	23:00:00	4.2	110

ANEXO N° 02: PLANO DEL SISTEMA HIBRIDO.



PLANO DE LOCALIZACION
ESC 1/3000

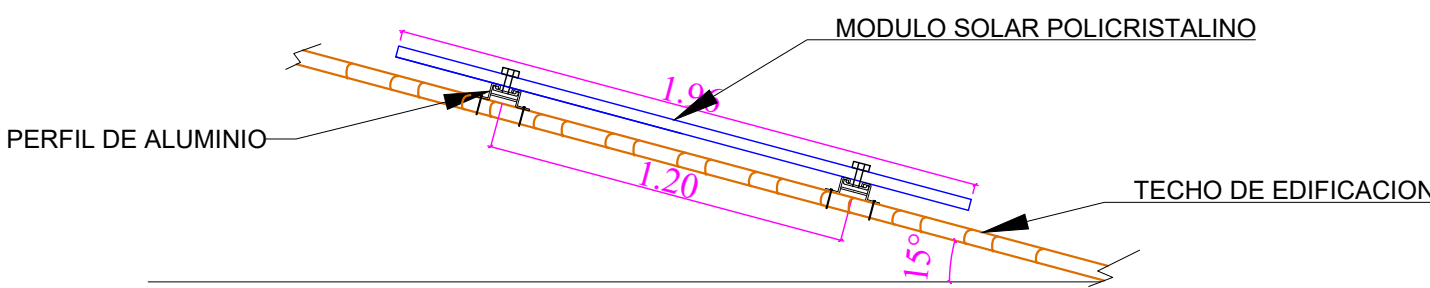


DETALLE DE UBICACION DE GENERADORES
ESC 1/50

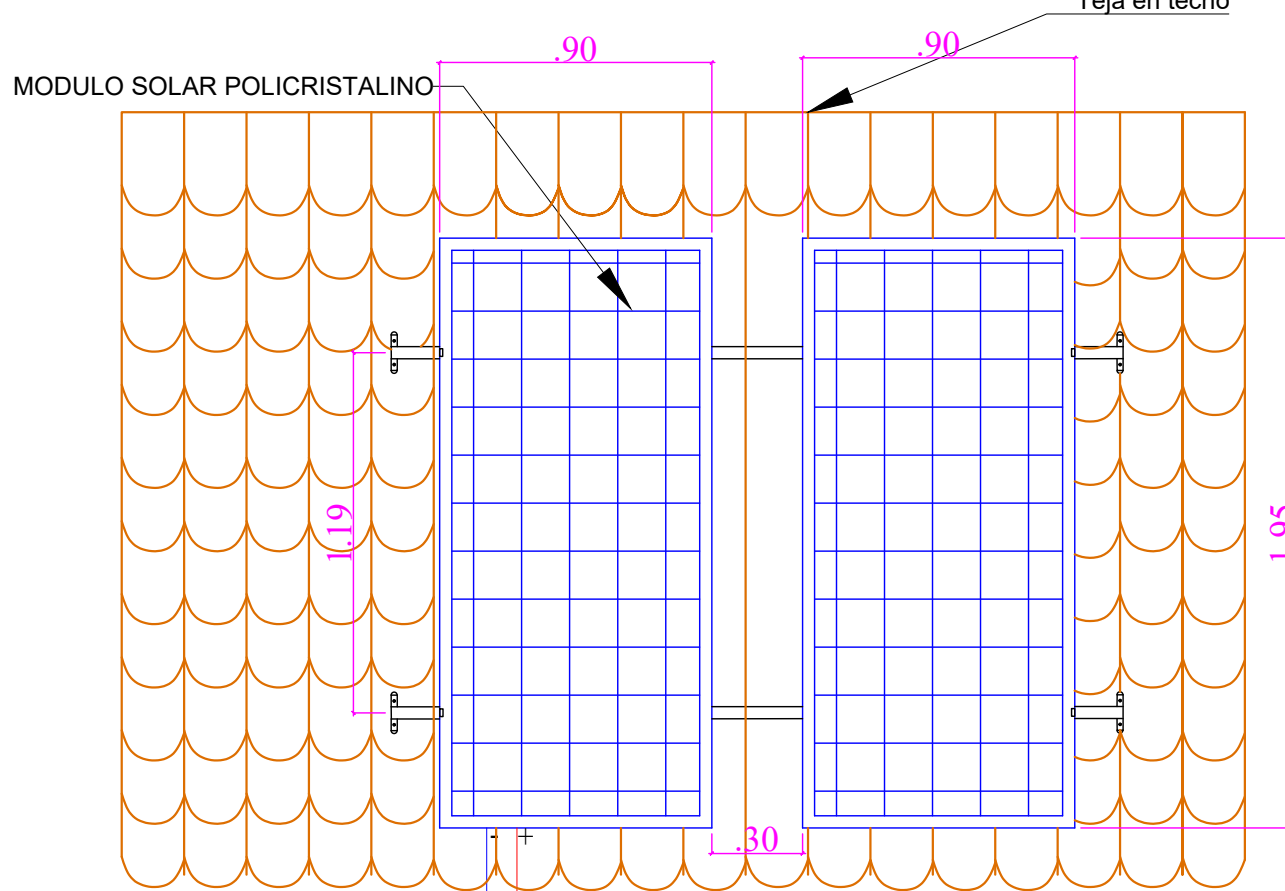
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Generador Solar
	Generador Eólico

VISTA EN PLANTA DEL AREA DE MONTAJE DEL SISTEMA HIBRIDO
ESC:1/300

VISTA LATERAL



VISTA EN PLANTA



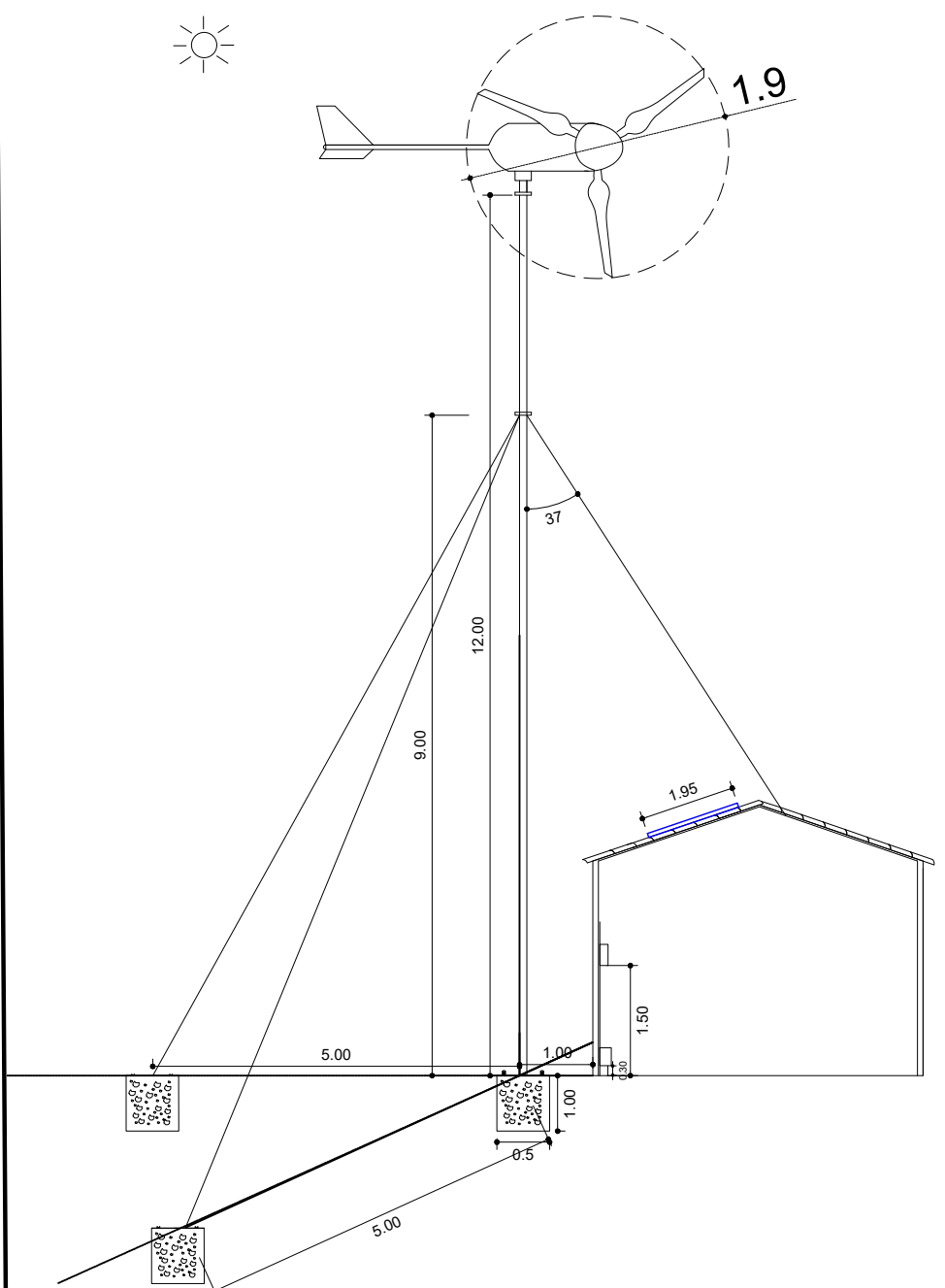
VISTA EN PLANTA Y PERFIL DE PANELES SOLARES
ESC 1/25

MODULO FOTOVOLTAICO

- Modulo solar policristalino 1556 x 992 mm
- Modulo solar policristalino sera instalado, mediante un perfil de aluminio previamente adosado sobre el techo, con una inclinacion minima de 15° orientados al norte.
- Potencia maxima de 340 W.
- Voltaje en circuito abierto 46.4 V
- Intensidad maxima de 8.84 A

Aerogenerador

- el aerogenerador es de fibra de nylon, resistente y elastico.
- el mastil sera tubo de fierro galvanizado, resistente a la corrosion.
- El mastil sera empotrado minimante a un 1 m de profundidad.
- los cables de retencion sera de acero, con un minimo de carga de rotura de 600 N.



VISTA ISOMETRICA DEL SISTEMA HIBRIDO
ESC 1/100

COORDENADAS UTM
CUADRANGULO: 17 L

	ESTE (X)	NORTE (Y)
A	679611.249	9323730.61
B	679613.972	9323735.67
C	679620.799	9323735.32
D	679629.067	9323725.64
E	679621.795	9323719.22

PROYECTO:
DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO-SOLAR PARA SUMINISTRAR CON ENERGIA ELECTRICA AL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN LA I.E. "10087 NUESTRA SRA VIRGEN DEL CARMEN" EN EL CASERIO TOTORAS

RESPONSABLES:
Bach: WILMER REYES BARRIOS

PLANO:
EMPLAZAMIENTO DEL SISTEMA HIBRIDO

ESCALA:
INDICADA

FECHA:
JUNIO 2024

DATUM:
WGS 84

DIBUJO CAD:.

UBICACION:
CASERIO TOTORAS
DIST. INCAHUASI
PROV. FERREÑAFE
REGION: LAMBAYEQUE

LAPINIA:
HB-01

ANEXO N° 03: DIAGRAMAS DE DETALLES DEL SISTEMA HIBRIDO

Technical drawing of a windmill structure. The drawing includes a sun symbol in the top left corner. The main structure is a tall tower with a windmill head on top. Dimensions are given in meters (m). The tower height is 12.00 m. The windmill head has a diameter of 1.9 m. The tower is supported by a base with a width of 5.00 m. The base is divided into sections of 1.00 m and 0.50 m. The windmill head is tilted at an angle of 31°. The drawing also shows a smaller structure with a roof slope of 1:0.5 and a height of 1.50 m. A dashed circle indicates the windmill head's position at a distance of 5.00 m from the base.





[illegible]

Diagrama de la instalación eléctrica para el sistema de bombeo de agua. El sistema está montado en una pared de ladrillos. Las alturas indicadas son 1.50 m para el cuadro de distribución y 1.50 m para el cableado que baja a la batería.

Componentes y conexiones:









- Cable Vulcanizado:** Se indica en la parte superior y en la parte inferior del diagrama.
- TABLERO DE ELECTROBOMBA:** El cuadro principal de distribución eléctrica.
- INVERSOR:** El dispositivo que controla el flujo de energía.
- FUSIBLE:** El dispositivo de protección contra sobrecargas.
- CUADRO DE HIBRIDACION:** El cuadro de distribución para el sistema híbrido.
- BAJA A BATERIA:** La conexión que lleva la energía a la batería.
- A LA ELECTROBOMBA:** La conexión que lleva la energía a la bomba.
- PARED DE LA CASA EQUIPOS:** La pared donde se instalan los equipos.
- cable Vulcanizado viene del aerogenerador sube por tubería:** La conexión que trae la energía desde el aerogenerador.

[illegible]

SÍMBOLO	DESCRIPCION	CAJA	ALT. SNP (m) ALT. BBO SUPERIOR
	TABLERO DE DISTRIBUCION METALICO TIPO PARA EMPOTRAR		
	INTERRUPTOR AUTOMATICO THERMOMAGNETICO TIPO FUSE		
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL 2x25A, 30 mA - 220v.		
	BARRA DE COBRE PARA BORNERA DE TIERRA		

CIRC.	DESCRIPCION	P.I. (W)	F.D.	M.D. (W)
C-1	BOMBA DE AGUA 1/2 HP	500	100%	500
	TOTAL	500	100%	500

[illegible]

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Generador Solar
	Generador Eólico
PF1	Portafusible
B1,B2,B3,B4	Borneras
Ri	Riel de sujeción de 20 cm
	Controlador de carga
	Puesta a tierra del tipo indicado en el cuadro de estructura
	Interruptor termomagnético
	Conductor para la fase positiva
	Conductor para la fase Negativa
	Inversor

LAMINA:
HB-02

ANEXO N° 04: CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO.



VIII. CONCLUSIONES.

De acuerdo a la información de campo y laboratorio realizados, se pueden obtener las siguientes.

1. El área de estudio se encuentra ubicado en el, C.P. TOTORAS, DISTRITO DE INCAHUASI - PROVINCIA DE FERREÑAFE - REGION LAMBAYEQUE.
2. Se ha verificado por el método de clasificación SUCS (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS). Los suelos existentes en el área del proyecto y se han encontrado las siguientes clasificaciones SM-SC, arenas limoarcillosas, mezclas de arena, limo y arcilla de baja plasticidad.
3. Las profundidades alcanzadas en las exploraciones es de 3.00 mts (ver perfil del suelo).
4. Durante la exploración, no se detectó el nivel freático del agua, en las calicatas efectuadas.
5. Se ha evaluado la capacidad portante por el método de TERZAGHI, a la profundidad de (ver cuadro de abajo).

CALICATA	PROF.	Q _t KG/CM ²
Calicata 01	1.30	0.87
Calicata 02	1.30	0.86
Calicata 03	1.30	0.86

6. Las pruebas de análisis químicos efectuados a las muestras extraídas arrojan los siguientes valores máximos.
Sales totales 415 ppm.
Cloruros 269 ppm.
Sulfatos 121 ppm.
7. El área en estudio se encuentra ubicada dentro de la zona de sismicidad N° 4 (zona de alta sismicidad), por lo que se deberá tener presente la posibilidad de que ocurran sismos de considerable magnitud, con intensidad tan alta como VII a XI en la escala de Mercalli modificado.



A&C Exploración Geotécnica y Mecánica de Suelos S.R. Ltda.

**ANEXO N° 05: BOLETA DE PAGO A SENHAMI POR DATOS
METEOROLOGICOS**

SENAMHI
SERVICIO NACIONAL METEOROLOGIA E HIDROL.
JR. CAHUIDE 785 FRENTE DEL SEGURO
JESUS MARIA - LIMA - LIMA

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA
RUC: 20131366028
EB01-713

Fecha de Vencimiento :
Fecha de Emisión : **05/04/2023**
Señor(es) : **WILMER REYES BARRIOS**
DNI : **75866673**
Tipo de Moneda : **SOLES**
Observación : **PRESUPUESTO N° : 202304020004 - SENAMHI - 2023**

Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	DIRECCION PREDOMINANTE Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO REGISTRADA EN EL MES PERIODO ENE. - DIC. 2022 DE LA ESTACION INCAHUASI	58.50	0.00	69.03	0.00

Otros Cargos :S/0.00

Otros Tributos :S/0.00

ICBPER :S/ 0.00

Importe Total :S/69.03

SON: SESENTA Y NUEVE Y 03/100 SOLES

(*) Sin impuestos.
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.

Op. Gravada :	S/ 58.50
Op. Exonerada :	S/ 0.00
Op. Inafecta :	S/ 0.00
ISC :	S/ 0.00
IGV :	S/ 10.53
ICBPER :	S/ 0.00
Otros Cargos :	S/ 0.00
Otros Tributos :	S/ 0.00
Monto de Redondeo :	S/ 0.00
Importe Total :	S/ 69.03

Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.

ANEXO N° 06: DATOS METEOROLOGICOS PV_{syst} 7.2.



Geographical Site
Hacienda Totoras
Perú

Situation

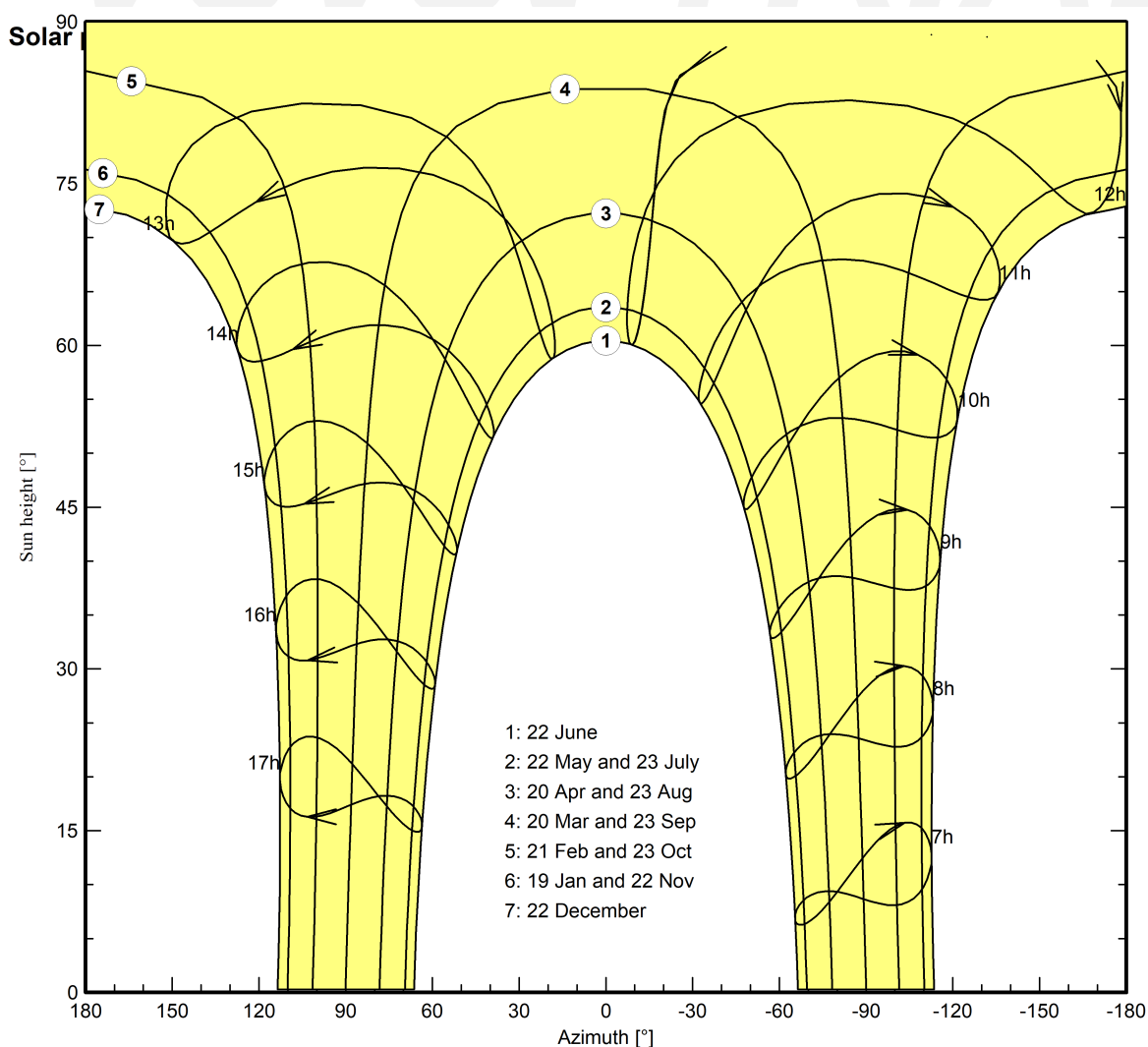
Latitude -6.12 °S
Longitude -79.38 °W
Altitude 3092 m
Time zone UTC-5

Monthly Meteo Values

Source Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100%

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
Horizontal global	166.4	140.3	168.1	170.6	174.8	174.1	181.6	187.3	181.9	182.3	177.7	166.9	2071.8	kWh/m ²
Horizontal diffuse	83.0	73.1	71.3	74.5	64.8	51.2	56.7	62.3	67.9	63.9	72.2	77.4	818.3	kWh/m ²
Extraterrestrial	330.5	301.0	326.3	295.7	281.0	257.8	270.9	291.8	305.1	328.5	319.4	327.8	3635.7	kWh/m ²
Clearness Index	0.503	0.466	0.515	0.577	0.622	0.676	0.670	0.642	0.596	0.555	0.556	0.509	0.570	ratio
Ambient Temper.	12.7	12.5	12.4	12.4	12.4	11.8	11.6	12.1	12.3	12.6	12.6	12.9	12.4	°C
Wind Velocity	5.0	4.6	4.6	4.5	5.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.6	4.8	m/s

Sun paths



ANEXO N° 07: FICHA TECNICA DEL PANEL SOLAR ERA 340 WP

ESPMC

Polycrystalline Solar Module

KEY FEATURES



5 Busbar Solar Cell:

5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



High Power Output:

Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.



Low-light Performance:

Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



Reliability Warranty:

10 years' product warranty.
Power warranty of 90% up to 10 years and 80% up to 25 years.



WATTS
POSITIVE
TOLERANCE



12 YEARS
PRODUCT
WARRANTY



10 YEARS
PERFORMANCE
GUARANTEE 90%



25 YEARS
PERFORMANCE
GUARANTEE 80%

POLYCRYSTALLINE, 72-CELL SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE

Module type: ESPMC	340
Maximum Power(Wp)	340W
Open circuit Voltage(Voc)	46.4V
Short circuit Current(Isc)	9.45A
Maximum Power Voltage(Vm)	38.5V
Maximum Power Current(Im)	8.84A
Module efficiency	17.5%
Maximum Series Fuse	15A
Watts positive tolerance	0~+3%
Number of Diode	3
Standard Test Conditions	1000W/M ² ,25°C,AM1.5
Maximum System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient Isc	+0.08558%/°C
Temperature-Coefficient Uoc	-0.29506%/°C
Temperature-Coefficient Pmpp	-0.38001%/°C
Normal Operating Cell Temperature	-40°C...+85°C
Load Capacity for the cover of the module (glass)	5400Pa(IEC61215)(snow)
Load Capacity for the front & back of the module	2400Pa(IEC61215)(wind)
Product Certificate	TUV(IEC 61215,IEC 61730),CE, ROHS,PID Resistant,INMETRO
Company Certificate	ISO9001,ISO14001,ISO18001

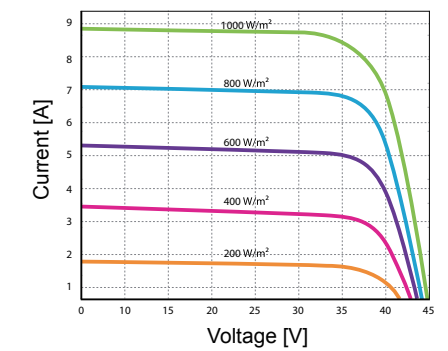
MECHANICAL CHARACTERISTICS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Backsheet (color)	TPT in white
Cell (quantity / material / dimensions)	72 / Polycrystalline silicon / 156.75x156.75mm
Frame (material / color)	aluminum hollow-chamber frame on each side anodized aluminum alloy / silver
Junction box (protection degree)	> IP68
Cables & Plug connectors	2x900mm / 4mm ² & MC4 compatible
Module Dimensions (L / W / H)	1956x992x40mm
Module Weight	20.9kg
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C

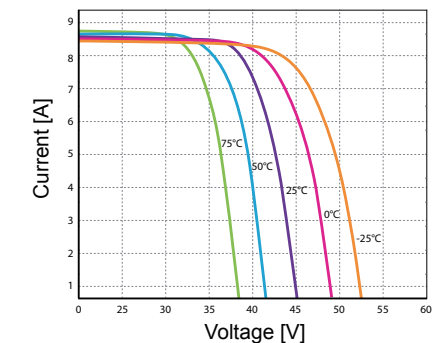
PACKING

Container Size	Units/Pallet (PCS)	Weight/Pallet (KG)	Pallet Measurement (mm)	Units/Container (PCS)
20GP	26	570	2000x1130x1120	260
40HQ	26	570	2000x1130x1120	627
	31	676	2000x1130x1340	

CURRENT-VOLTAGE CURVES:

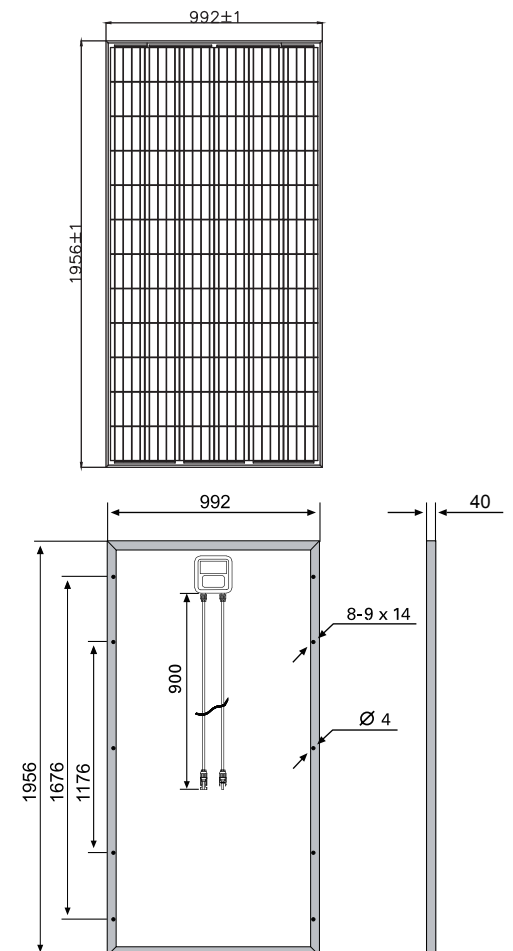


Module characteristics at constant module temperatures (25°C) and different levels of irradiance.



Module characteristics at different module temperatures and constant module irradiance (1.000 W/m²).

MODULE DIMENSIONS:



ANEXO N° 08: FICHA TECNICA DEL REGULADOR VICTRON ENERGY

Controladores de carga SmartSolar con salida de carga

MPPT 75/10, 75/15, 100/15, 100/20, 100/20-48V

www.victronenergy.com



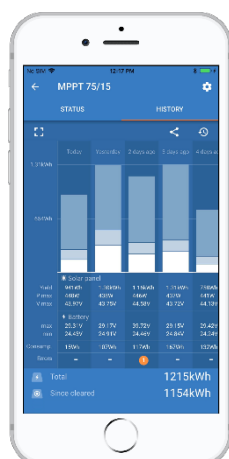
Controlador de carga SmartSolar MPPT 75/15



Detección de Bluetooth Smart Battery Sense



Detección de Bluetooth BMV-712 Smart Battery Monitor



Bluetooth Smart integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado hasta alcanzar una tensión preestablecida. (Modelo 48V: interfaz con un relé) También se puede establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife. La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.

BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Si un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses. El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

Algoritmo de carga de batería programable

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Temporizador día/noche y opción de regulador de luminosidad

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Sensor opcional de la tensión y de la temperatura externas de la batería vía Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense o un monitor de baterías BMV-712 Smart para comunicar la tensión y la temperatura de la batería a uno o más controladores de carga SmartSolar.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20	MPPT 100/20 48V
Tensión de la batería (Selección automática)	12 / 24V				12 / 24 / 48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí				
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V		
Eficiencia máxima	98%				
Autoconsumo	12V: 25 mA 24V: 15 mA				25 / 15 / 10 mA
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)				14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)				13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Corriente de carga continua	15A			20A	20A / 20A / 1A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife				
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife				
Protección	Cortocircuito de salida/Sobre temperatura				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales de conexión	6 mm² / AWG10				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	0,5 kg		0,6 kg	0,65 kg	
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm		100 x 113 x 50 mm	100 x 113 x 60 mm	
NORMATIVAS					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia. 1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.					

ANEXO N° 09: FICHA TECNICA DE LA BATERIA TENSTE 12 V, 250Ah.



CHARACTERISTICS



Compact size ideal for any type of use.

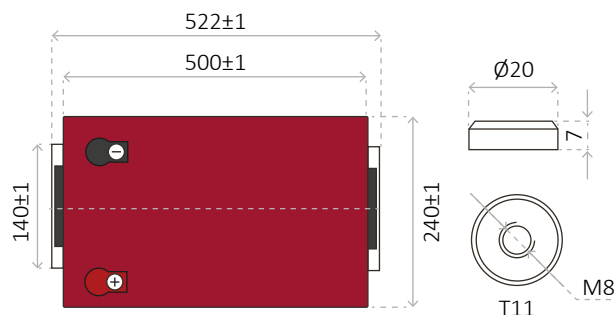
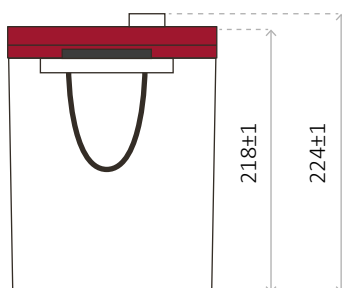


Great performance due to its deep discharge cycle life.



Perfect to use as accumulator in photovoltaic installations.

DIMENSIONS



GEL BATTERY

12V 250 AH

GEL SERIES BATTERY

GEL series batteries are manufactured with special separators and silica gel immobilizing the electrolyte inside the battery. The proven silica gel technology can improve battery cycle life and performance at wider temperature range. The deep discharge cycle life is increased 50% compared normal battery.



APPLICATION

- Emergency Power System
- Communication equipment
- Telecommunication systems
- Uninterruptible power supplies
- Power tools
- Marine equipment
- Medical equipment
- Solar and wind power system

GENERAL FEATURES

- Safety Sealing
- Non-spillable construction
- High power density
- Excellent recovery from Deep discharge
- Thick plates and high active materials
- Longer life and low self-discharge design

TECHNICAL SPECIFICATIONS

BATTERY MODEL	Nominal voltage		12V	
	Rated capacity (100 hour rate)		250Ah	
	Cells Per battery		6	
DIMENSION	Length	Width	Height	Total Height
	522 mm	240 mm	218 mm	224 mm
APPROX. WEIGHT	57.0 kg \pm 3%			
CAPACITY @ 25°C	10 hour rate (20.0A)	5 hour rate (34.6A)	3 hour rate (52.4A)	1 hour rate (122.8A)
	200.0 Ah	173.0 Ah	157.2 Ah	122.8 Ah
MAX. DISCHARGE CURRENT	2000 A (5 sec.)			
INTERNAL RESISTANCE	Full charged Vat 25°C: Approx. 2.1m Ω			
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	40°C	25°C	0°C	
	103%	100%	86%	
CHARGE METHOD @25°C	Cycle Use		Standby Use	
	14.1-14.4V (Initial charging current less than 27A)		13.50-13.80V	

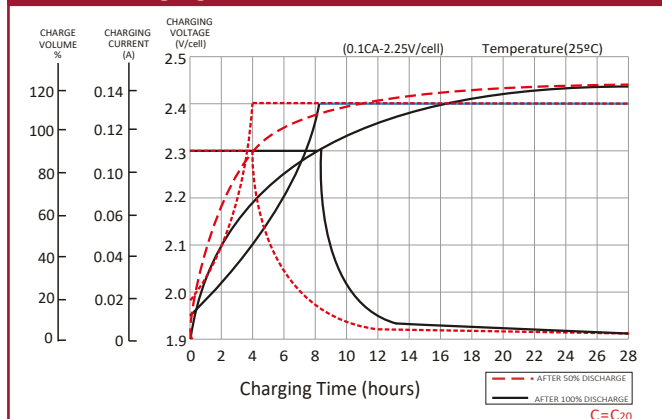
BATTERY DISCHARGE TABLE

CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 °C

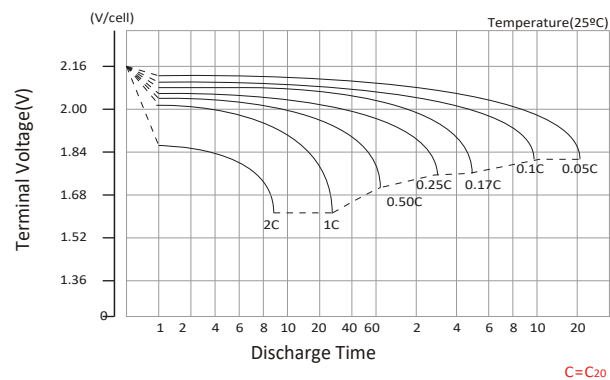
F.V / TIME		10 min	15 min	30 min	60 min	3 h	5 h	10 h	20 h
1.80	A	431.78	328.03	221.51	124.13	51.99	35.75	19.66	10.61
	W	781.95	606.20	411.12	231.26	97.48	67.83	38.61	20.92
1.75	A	447.38	334.65	225.81	129.03	53.76	36.56	20.00	10.75
	W	816.90	624.13	424.30	242.85	101.61	69.97	39.60	21.38
1.70	A	474.56	347.89	229.04	129.55	54.30	37.14	20.42	11.02
	W	876.98	654.40	434.03	247.31	104.10	71.99	40.92	22.10
1.65	A	484.12	356.72	231.19	130.20	55.10	37.84	20.92	11.40
	W	900.94	678.84	442.96	237.87	106.69	74.01	42.45	23.22
1.60	A	503.24	367.75	236.56	131.10	56.45	39.12	21.80	11.82
	W	943.57	704.25	457.05	255.38	110.20	77.06	44.71	24.41

BATTERY CHARACTERISTICS

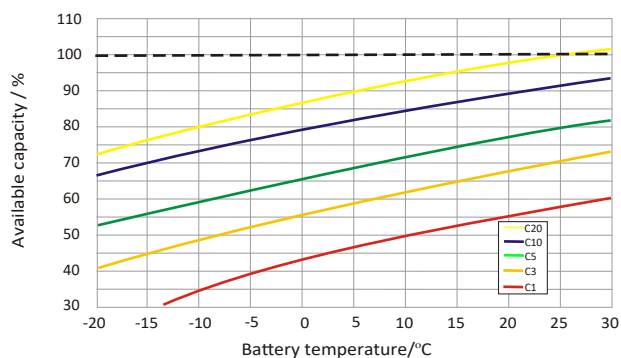
Float charging characteristics



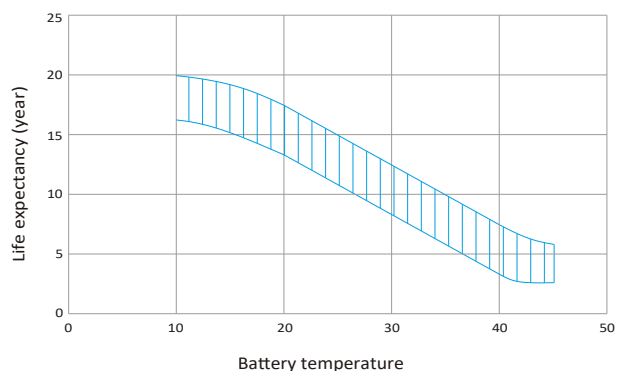
Discharge characteristics



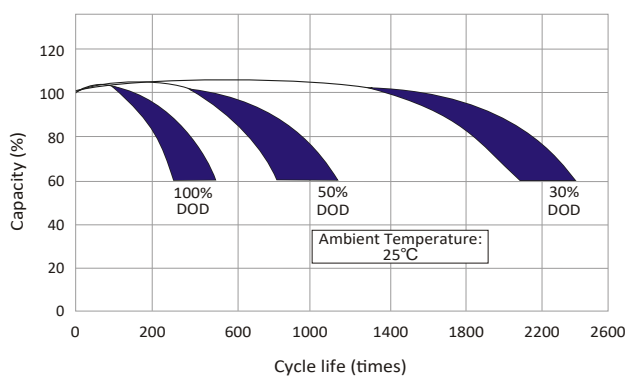
Temperature effects in relation to battery capacity



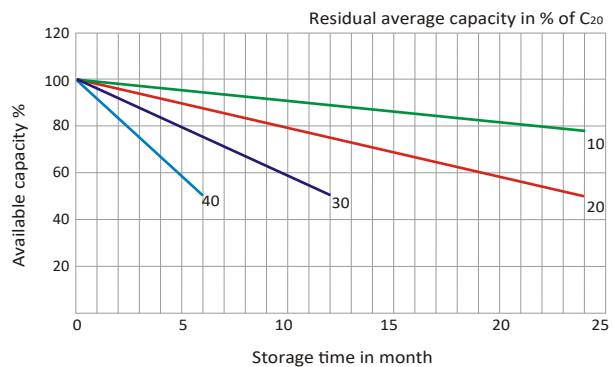
Effect of temperature on long term float life



Cycle life in relation to depth discharge



General relation of capacity vs. storage time



ANEXO N° :10 FICHA TECNICA DEL INVERSOR POHENIX 900 W, 24V.

ELECTRÓNICA / INVERSORES / PHOENIX | 80VA – | 200VA

SinusMAX – Diseño superior

Desarrollada para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada, pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la mayor calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar electricidad, sin problemas, a cualquier carga.

Modelos:

12 / 24 / 48 Volt

Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como ordenadores o herramientas eléctricas de baja potencia.

Ve Direct:

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totalmente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 - 245V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO Seguimiento:
- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas



Phoenix 24/800



Phoenix VE-Direct

PHOENIX	12/180 24/180	12/350 24/350 48/350	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200	VE-Direct 12/250 24/250 48/250	VE-Direct 12/375 24/375 48/375	VE-Direct 12/500 24/500 48/500	VE-Direct 12/800 24/800 48/800	VE-Direct 12/1200 24/1200 48/1200
Potencia VA	180	350	800	1200	250	375	500	800	1200
Potencia W	150	250	650	900	175	260	350	560	850
Potencia Pico w	350	700	1600	2400	400	700	900	1500	2200
Modo ECO	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
VI-Direct	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Protección	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 21	IP 21	IP 21	IP 21	IP 21
Conexión Batería	Cable incluido	Cable incluido	Cable incluido	Cable incluido	Bornes de tornillo	Bornes de tornillo	Bornes de tornillo	Bornes de tornillo	Bornes de tornillo



CARACTERÍSTICAS

- Diagnóstico LED
- Interruptor on/off remoto
- Panel de control remoto (sólo en el modelo 750 VA)
- Conmutadores DIP para seleccionar 50 ó 60 Hz (sólo en el modelo 750 VA)
- Conmutadores DIP para modo ahorro (sólo en el modelo 750 VA)

Al funcionar en modo de ahorro, la corriente no dedicada a la carga se reduce en 1/3 de su valor nominal. En este modo, el inversor se apaga si no hay carga, o si hay muy poca, y se vuelve a conectar cada dos segundos durante un breve periodo de tiempo. Si la corriente de salida excede un nivel preestablecido, el inversor seguirá funcionando. En caso contrario, el inversor volverá a apagarse. Con los conmutadores DIP, el nivel on/off puede establecerse entre 15W y 85W.



ANEXO N° :11 FICHA TECNICA ANEMOMETRO PCE-A420



Anemómetro de cazoletas PCE-A420

anemómetro de cazoletas digital, la dirección del viento no influye en la medición

Anemómetro de cazoletas en formato de mano. Sin duda, la principal ventaja de este anemómetro de cazoletas es que no es necesario sujetar las cazoletas en la dirección del viento de forma exacta. Los anemómetros de rueda alada normales tienen el inconveniente de que sólo pueden realizar mediciones exactas si se sujeta la rueda alada justamente en la dirección del viento. El sensible sistema de cazoletas responde ante las más mínimas velocidades de corriente de aire.

En este [enlace](#) encontrará otros anemómetros con interfaz y memoria, así como con cable de datos y software para la transmisión de valores al PC o al portátil. En este otro [enlace](#) podrá encontrar otro anemómetro muy semejante pero con un rango de medición de hasta 45 m/s. Si tiene alguna pregunta sobre el anemómetro de cazoletas, consulte la siguiente ficha técnica o póngase en contacto con nosotros en el número de teléfono 902 044 604 para España, para Latinoamérica e internacional +34 967 513 695 o en el número +56 2 582 0400 para Chile. Nuestros técnicos e ingenieros le asesorarán con mucho gusto sobre este [anemómetro de cazoletas](#) y sobre cualquier producto de nuestros [sistemas de regulación](#), [medidores](#) o [balanzas](#) PCE Ibérica S.L.



Anemómetro para velocidad de aire PCE-A420

- Logger de datos de 100 puntos
- Sistema de cazoletas muy sensible
- Tipo de protección IP 65
- La dirección del viento carece de importancia a la hora de realizar la medición
- Posibilidad de selección de unidades: m/s, km/h, ft/min, nudos y millas/h
- Función MIN, MAX y HOLD
- Auto Power Off (desconexión automática)
- Gran pantalla LCD

Especificaciones técnicas

Rangos de medición	0,9 ... 35,0 m/s 2,5 ... 126,0 km/h 1,4 ... 68,0 nudos 1,6 ... 78,2 millas/h 144 ... 6895 ft/min
Resolución	0,1 m/s 0,1 km/h 0,1 nudos 0,1 mph 1 ft/min
Precisión	±2 %
Diámetro de la rueda alada	70 mm
Indicador	pantalla LCD de 28 x 19 mm
Carcasa	plástico
Alimentación	4 baterías AAA de 1,5 V
Cazoletas	de plástico, diámetro de 135 mm
Dimensiones	190 x 40 x 32 mm
Peso	180 g

PCE Ibérica S.L. | Mayor 53 – Bajo | 02500 Tobarra (Albacete)
Tel: +34 967 543 548 | Fax: +34 967 543 542 | Email: info@pce-iberica.es
<http://www.pce-iberica.es/>

ANEXO N° :12 CERTIFICADO DE CALIBRACION ANEMOMETRO PCE-A420

Certificado de Calibración

CLE-0429-2023

Laboratorio de Electricidad

20/12/2023

Patrones de Referencia

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Eléctricidad del Servicio Nacional de Metrología del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI), al laboratorio acreditado de United Kingdom Accreditation Service (UKAS) Y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

Entidad Trazable	Descripción del Patrón	Identificación / Serie	Certificado / Informe de Calibración
INACAL	CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN	5B9ACA9HC#D7915(88	LE-144-2022

Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura (°C)	21.5	21.5
Humedad Relativa (% HR)	52.1	52.4



Conclusiones

Los errores se encuentran dentro de los errores máximos permisibles establecidos por el fabricante.

Los errores presentados corresponde al promedio de cinco mediciones para cada punto de medida considerado.

(*)E.M.P \pm Error máximo permitido, establecido por el fabricante.

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 3 del presente documento

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de Laboratorio Electromet SAC.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.