

**Universidad Católica de Santa María**

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y  
Mecatrónica**



**DISEÑO DE UNA CENTRAL ELECTRICA EOLICA – FOTVOLTAICA DE  
50KVA EN EL CENTRO POBLADO DE CHAUCALLA DISTRITO DE TORO Y  
CHICHAS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

**Tesis presentada por el Bachiller:**

Peralta Berlanga, Jhoner Alfredo

**Para optar el Título Profesional de:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**Asesor:**

Ing. Chirinos Apaza, Luis

**Arequipa – Perú**

**2019**



Universidad Católica  
de Santa María

AREQUIPA-PERÚ

(51 54) 382038 <http://www.ucsm.edu.pe> [facebook.com/ucsm.edu.pe/](https://www.facebook.com/ucsm.edu.pe/)

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA  
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“DISEÑO DE UNA CENTRAL ELECTRICA EOLICA –  
FOTOVOLTAICA DE 50KVA EN EL CENTRO  
POBLADO DE CHAUCALLA DISTRITO DE TORO Y  
CHICHAS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”**

Presentado por el Bachiller:

**PERALTA BERLANGA JHONER ALFREDO**

Nuestro DICTAMEN es:

*CONFORME*

OBSERVACIONES: *SIN OBSERVACIONES*

Arequipa, *10 DE NOVIEMBRE* 2019

  
ING. LUIS CHIRINOS APAZA

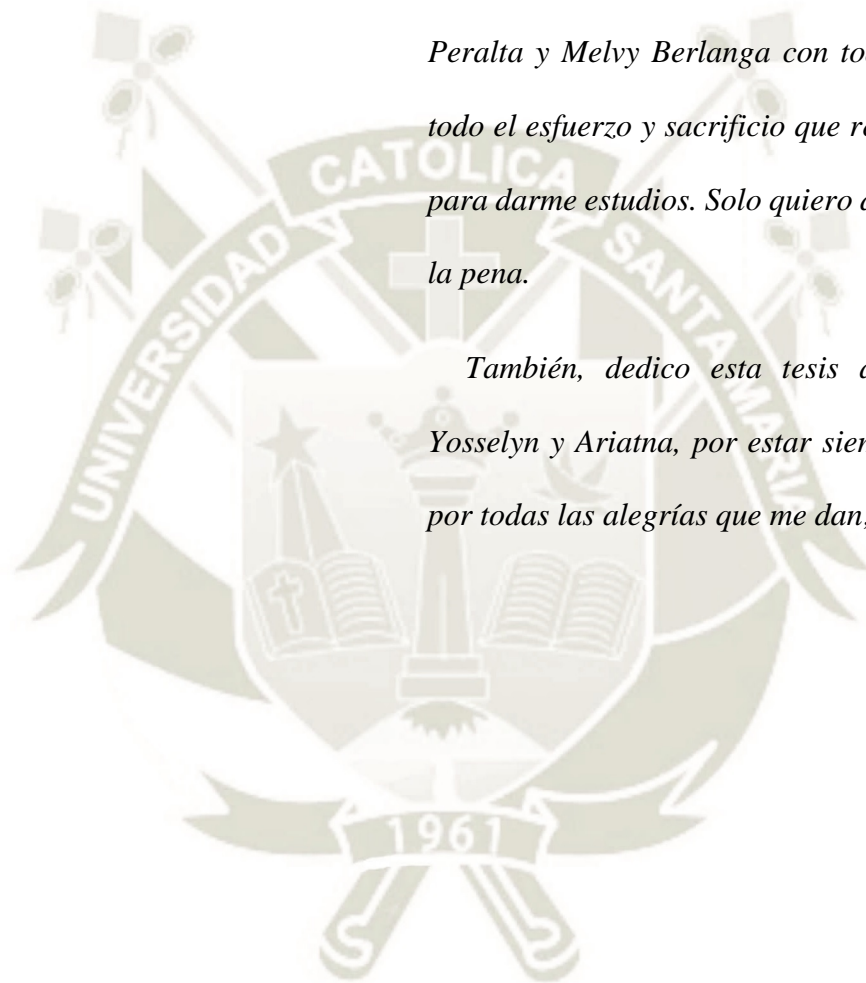
  
ING. DEIDAMIA CHANI OLLACHICA

## DEDICATORIA

*Me causa alegría y a la vez nostalgia haber llegado a esta etapa tan importante de mi vida.*

*Esta tesis se la dedico a mis padres Alfredo Peralta y Melvy Berlanga con todo mi amor, por todo el esfuerzo y sacrificio que realizaron por mí, para darme estudios. Solo quiero decirles que valió la pena.*

*También, dedico esta tesis a mis hermanas Yosselyn y Ariatna, por estar siempre a mi lado y por todas las alegrías que me dan; las amo.*



## AGRADECIMIENTOS

*Como no agradeceréte a ti, mi Señor y mi DIOS, sin ti nada de esto hubiera sido posible; agradezco tu amor, tu bondad, tu gracia, tu paciencia, tu misericordia y tu bendición. Gracias por estar en cada instante de mi vida y haberme ayudado a lograr este gran objetivo; te amo Señor.*

*También, quiero agradecer a mis pastores Luis Poma y Carmen Morales. En especial a mi tía Carmen, usted sabe que es una madre para mí, gracias por estar pendiente de mí, gracias por su consejo.*

*A la mujer más importante de mi vida, a ti Kelly Bravo muchas gracias por tu amor, porque cada día estas al pendiente de mí, empujándome. Tu sabes lo mucho que me costó esta tesis; gracias por todo.*

*A Julio Berlanga Salazar, mi único abuelo; gracias por haberte conocido, gracias por tu ayuda y por todo tu amor. Quiero que sepas que siempre te llevo en mi corazón Papá Julio.*

## RESUMEN

El presente proyecto pretende elaborar el diseño de una central eléctrica eólica fotovoltaica de 50KVA en el centro poblado de Chaucalla que se encuentra en la intersección del distrito de Toro provincia de La Unión y el distrito de Chichas provincia de Condesuyos, en el departamento de Arequipa, beneficiando a los pobladores con energía eléctrica las 24 horas al día durante todo el año.

Para elaborar este diseño primero se estudió la teoría de esta tecnología, luego determinó el recurso eólico y solar en la zona, seguidamente se realizó el análisis de la demanda energética donde se determinó que la potencia requerida es 40.635KW y la máxima demanda es 412.2KWH al día.

Después de esto, con los datos anteriores mencionados se realizó el cálculo del sistema donde se determinó utilizar 140 paneles solares, 6 aerogeneradores y 96 baterías para el almacenamiento de energía; con lo que se cubrirá la máxima demanda.

Por último, mediante un análisis económico se calculó el valor agregado neto, tasa interna de retorno y el tiempo de recuperación de la inversión; con estos datos se determinó que el proyecto es factible.

**Palabras clave:** Eólico, Fotovoltaico, Máxima demanda, Potencia requerida.

## ABSTRACT

The present project aims to elaborate the design of a 50KVA photovoltaic wind power plant in the town center of Chaucalla that is located at the intersection of the district of Toro province of La Unión and the district of Chichas province of Condesuyos, in the department of Arequipa, benefiting residents with electricity 24 hours a day throughout the year.

To develop this design, the theory of this technology was first studied, then the wind and solar resource in the area was determined, then the energy demand analysis was performed where it was determined that the required power is 40.635KW and the maximum demand is 412.2KWH up to date.

After this, with the previous data mentioned the calculation of the system was carried out where it was determined to use 140 solar panels, 6 wind turbines and 96 batteries for energy storage; with which the maximum demand will be covered.

Finally, by means of an economic analysis the net added value, internal rate of return and the time of recovery of the investment were calculated; with these data it was determined that the project is feasible.

**Keywords:** Wind, Photovoltaic, Maximum demand, Power required.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación plantea elaborar el diseño de ingeniería de una central eléctrica eólica-fotovoltaica, buscando de esta manera generar mediante una fuente de energía renovable, energía eléctrica para el centro poblado de Chaucalla, el mismo que se encuentra ubicado en la intersección de las provincias de Condesuyos y La Unión en la región Arequipa, entre tres cuencas hidrográficas que dan como resultado el río Ocoña.

Hoy en día los pobladores de este centro poblado acumulan energía mediante pequeños paneles solares, el cual no es suficiente para el desarrollo de sus actividades cotidianas. Por lo que ante esta necesidad el presente proyecto pretende que los pobladores del lugar dispongan de una fuente de energía eléctrica las 24 horas del día, buscando el desarrollo tanto económico como social de sus pobladores y por ende la mejora en su la calidad de vida, para así evitar la migración rural.

La central eléctrica estará ubicada en una planicie a las faldas del cerro, esta central tendrá torres eólicas y paneles solares. Esta combinación se debe a que el viento es muy fuerte a determinadas horas del día y noche, por tal motivo, se necesario usar torres eólicas; por otro lado, la radiación solar durante el día es muy agresiva, por lo que es necesario la presencia de paneles solares.

El proyecto consta de 5 capítulos, los mismos que se detallan a continuación:

El capítulo I abarca aspectos generales de la investigación como descripción del problema, objetivos generales y específicos, justificación, limitación y metodología de la investigación.

El capítulo II detalla el marco teórico que sustenta el proyecto, en el cual se trata conceptos concernientes a la energía solar, energía eólica, principio de funcionamiento de los equipos que generan energía eléctrica como paneles solares y turbinas eólicas, y acumuladores de energía.

El capítulo III elabora el estudio de la demanda energética del centro poblado de Chaucalla, en el cual se calcula la energía a nivel residencial, alumbrado público, institucional e industrial.

El capítulo IV desarrolla la ingeniería del proyecto donde se calcula el banco de baterías, cantidad de paneles solares requeridos, cantidad de aerogeneradores, entre otros; además, de la selección de equipos.

El capítulo V analiza la factibilidad económica del proyecto, el cual detalla los costos e ingresos, el flujo de caja económico, el VAN, la TIR, y el tiempo aproximado de recuperación de la inversión.

Al finalizar esta investigación obtendremos información detallada sobre el diseño de una central eléctrica eólica-fotovoltaica con lo que beneficiaremos a muchas personas, no solo del centro poblado de Chaucalla, sino también de otros pueblos donde se podrá aplicar este diseño.



## INDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	vii
INDICE.....	ix
INDICE DE TABLAS .....	xviii
INDICE DE FIGURAS .....	xx
INDICE DE ECUACIONES .....	xxiii
CAPITULO I ASPECTOS GENERALES .....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. Determinación del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema general. ....	4
1.2.2. Problema específico.....	4
2. OBJETIVO DEL PROYECTO .....	5
2.1. Objetivo general .....	5
2.2. Objetivos específicos .....	5
2.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	5

2.4.	LIMITACIONES DEL PROYECTO .....	5
2.5.	ALCANCES DEL PROYECTO .....	6
3.	METODOLOGIA .....	6
3.1.	Población del estudio.....	6
3.2.	Muestra .....	8
3.3.	Tipo de investigación .....	9
3.4.	Técnicas de datos.....	9
CAPITULO II MARCO TEORICO .....		10
1.	ENERGIA SOLAR.....	11
1.1.	Energía Solar .....	11
1.2.	Energía Solar Fotovoltaica .....	11
1.3.	Radiación Solar .....	11
1.3.1.	Tipo de radiación solar según su longitud de onda.....	12
1.3.2.	Tipo de radiación solar según la forma como incide en la superficie terrestre	13
1.3.3.	Radiación solar en el Perú .....	15
1.4.	Celda solar fotovoltaica .....	18
1.4.1.	Estructura de la celda solar .....	20
1.5.	Sistemas fotovoltaica.....	22
1.5.1.	Funcionamiento de un sistema fotovoltaico .....	22
1.5.2.	Tipo de sistemas fotovoltaicos.....	23
1.6.	Modulo fotovoltaico .....	24

1.6.1.	Encapsulamiento de las celdas.....	24
1.6.2.	Interconexión de las celdas .....	24
1.6.3.	Estructura del módulo fotovoltaico.....	25
1.6.4.	Parámetros de funcionamiento.....	26
1.6.5.	Efecto de la intensidad de iluminación .....	29
1.6.6.	Dependencia con la temperatura.....	30
1.6.7.	Especificaciones técnicas comunes.....	31
1.7.	Orientación de los Módulos Fotovoltaicos:.....	32
1.8.	Calculo de sombras: .....	34
1.9.	Generador fotovoltaico .....	34
1.10.	Cables de conexionado .....	35
2.	ENERGIA EOLICA .....	35
2.1.	Energía eólica en el Perú .....	35
2.2.	Origen del viento .....	39
2.3.	Variación del viento.....	44
2.4.	Potencia del viento .....	48
2.4.1.	Ley de Betz .....	48
2.4.2.	Distribución de Weibull.....	53
2.5.	Aerogenerador .....	54
2.5.1.	Tipo de aerogeneradores .....	54
2.5.2.	Partes de un aerogenerador .....	58

2.6.	Equipo de regulación y monitorización del aerogenerador .....	60
2.6.1.	Punto de Consumo: .....	60
3.	SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO SHEFV .....	61
3.1.	Inversor .....	62
3.1.1.	Según su aplicación .....	63
3.1.2.	Según su onda .....	63
3.1.3.	Características eléctricas del inversor .....	64
3.2.	Regulador de carga .....	65
3.3.	Batería .....	67
3.4.	Elementos de protección del circuito .....	71
CAPITULO III DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA .....		72
1.	DEMANDA .....	73
1.1.	Demanda actual .....	73
1.2.	Demanda potencial .....	73
1.3.	Demanda futura .....	73
2.	POTENCIA DE ARTEFACTOS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	73
3.	DEMANDA ENERGETICA DEL CENTRO POBLADO DE CHAUCALLA ..	74
3.1.	Demanda Residencial .....	75
3.2.	Alumbrado Publico.....	75
3.3.	Demanda Institucional.....	77
3.4.	Demanda Industrial.....	77

3.5.	Factor de simultaneidad y factor de uso .....	77
3.5.1.	Factor de simultaneidad .....	77
3.5.2.	Factor de uso .....	77
3.6.	Calculo de la demanda de Chaucalla .....	77
3.6.1.	Demanda residencial .....	77
3.6.2.	Demanda de alumbrado público .....	78
3.6.3.	Demanda institucional .....	79
3.6.4.	Demanda industrial .....	79
3.6.5.	Máxima demanda total .....	80
3.7.	Demanda de energía .....	82
3.7.1.	Demanda actual .....	82
3.7.2.	Demanda futura .....	83
CAPITULO IV INGENIERIA DEL PROYECTO .....		85
1.	ASPECTOS DE DISEÑO .....	86
2.	DATOS DEL PROYECTO .....	86
3.	CÁLCULO DEL BANCO DE BATERIAS .....	86
3.1.	Energía día corregida .....	87
3.2.	Capacidad del sistema .....	87
3.3.	Baterías en paralelo .....	88
3.4.	Baterías en serie .....	88
3.5.	Baterías total .....	88

3.6.	Corriente acumulada para el límite de descarga.....	89
3.7.	Energía acumulada para el límite de descarga.....	89
3.8.	Energía total almacenada.....	89
3.9.	Días de autonomía .....	90
4.	CÁLCULO SOLAR .....	90
4.1.	Estimación de paneles solares .....	91
4.2.	Intensidad de corriente generada .....	92
4.3.	Diferencia potencial generada .....	92
4.4.	Potencia generada por el sistema solar.....	92
4.5.	Energía generada por el sistema solar .....	92
4.6.	Intensidad de corriente del sistema.....	93
4.7.	Intensidad de corriente generada corregida.....	93
4.8.	Cantidad total de paneles solares fotovoltaicos.....	93
4.9.	Intensidad de corriente real.....	94
4.10.	Factor de seguridad.....	94
4.11.	Energía generada por el sistema .....	94
4.12.	Inclinación de paneles solares .....	95
4.13.	Cálculo de sombras de los paneles solares .....	95
4.13.1.	Sombra debajo del panel .....	96
4.13.2.	Altura de la sombra .....	96
4.13.3.	Sombra fuera del panel.....	96

4.13.4.	Longitud de la sombra.....	97
4.13.5.	Longitud total de la sombra.....	97
5.	CÁLCULO EÓLICO .....	98
5.1.	Energía eólica requerida corregida.....	99
5.2.	Potencia del aerogenerador.....	99
5.3.	Energía producida por el aerogenerador.....	100
5.3.1.	Energía producida por mes .....	101
5.3.2.	Energía producida por día.....	101
5.3.3.	Energía producida por hora.....	101
5.4.	Cantidad de aerogeneradores.....	102
6.	GENERACIÓN TOTAL DE ENERGÍA .....	103
7.	SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS .....	103
7.1.	Soportes solar .....	103
7.2.	Soporte eólico .....	104
7.3.	Soporte de baterías.....	105
7.4.	Regulador de carga solar .....	106
7.5.	Inversor - regulador eólico .....	108
7.6.	Conexión del sistema solar .....	109
7.7.	Conexión del sistema eólico .....	111
7.8.	Conexión del acumulador.....	112
7.9.	Inversor del sistema .....	113

7.10.	Consideraciones de obra.....	113
8.	MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CIMENTACIÓN .....	114
8.1.	Estructura metálica .....	114
8.2.	Conexiones .....	114
8.3.	Montaje.....	115
CAPITULO V ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA DEL PROYECTO		116
1.	ASPECTOS GENERALES .....	117
2.	CUADRO DE COSTOS .....	117
3.	INGRESOS DE LA CENTRAL ELÉCTRICA.....	117
4.	VALOR RESIDUAL.....	119
5.	FLUJO DE CAJA .....	120
6.	VALOR AGREGADO NETO.....	120
7.	TASA INTERNA DE RETORNO .....	121
8.	INDICE DE RENTABILIDAD (IR) .....	121
9.	TIEMPO DE RECUPERACIÓN.....	122
CONCLUSIONES .....		123
RECOMENDACIONES.....		124
GLOSARIO .....		125
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....		126
APÉNDICES .....		132
APÉNDICE 1 CATALOGOS .....		133

APÉNDICE 2 FOTOGRAFIAS ..... 161

APÉNDICE 3 PLANOS ..... 167



## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: POTENCIA DE ARTEFACTOS ELÉCTRICOS .....	74
TABLA 2: DEMANDA RESIDENCIAL .....	77
TABLA 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LUMINARIA LED .....	78
TABLA 4: DEMANDA DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	79
TABLA 5: DEMANDA INSTITUCIONAL.....	79
TABLA 6: DEMANDA INDUSTRIAL.....	80
TABLA 7: CARGAS DIURNAS Y NOCTURNAS CON FACTORES DE SIMULTANEIDAD Y USO .....	80
TABLA 8: POTENCIA CONSUMIDA DURANTE EL DÍA .....	80
TABLA 9: MÁXIMA DEMANDA TOTAL .....	82
TABLA 10: DEMANDA DE ENERGÍA POR DÍA Y POR AÑO.....	82
TABLA 11: DEMANDA DE ENERGÍA TOTAL REQUERIDA.....	82
TABLA 12: DEMANDA ENERGETICA DIURNA Y NOCTURNA .....	83
TABLA 13: DEMANDA SOLAR Y EÓLICA .....	83
TABLA 14: DEMANDA FUTURA EN 10 AÑOS .....	84
TABLA 15: BANCO DE BATERIAS .....	90
TABLA 16: PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS .....	95
TABLA 17: INTENSIDAD DE CORRIENTE GENERADO POR LOS PANELES SOLARES .....	95
TABLA 18: SOMBRAS DE PANELES SOLARES .....	98
TABLA 19: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.....	102
TABLA 20: AEROGENERADORES .....	103
TABLA 21: GENERACIÓN TOTAL DEL SISTEMA EÓLICO FOTOVOLTAICO .....	103
TABLA 22: COSTOS DE INVERSIÓN .....	117
TABLA 23: VENTA DE ENERGÍA .....	118

TABLA 24: PROYECCIÓN ANUAL DE VENTA DE ENERGÍA.....	119
TABLA 25: VALOR RESIDUAL .....	120
TABLA 26: FLUJO DE CAJA.....	120
TABLA 27: VAN, TIR, IR, TR.....	122



## INDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1: EVOLUCIÓN EÓLICA DE LA POTENCIA INSTALADA .....	2
ILUSTRACIÓN 2: ENERGÍA FOTOVOLTAICA A NIVEL MUNDIAL.....	3
ILUSTRACIÓN 3: MAPA DE UBICACIÓN PANORÁMICO.....	7
ILUSTRACIÓN 4: MAPA DE UBICACIÓN DE LA CENTRAL ELÉCTRICA .....	7
ILUSTRACIÓN 5: MAPA DE UBICACIÓN DE CHAUCALLA .....	8
ILUSTRACIÓN 6: VISITA DE CAMPO A CHAUCALLA .....	9
ILUSTRACIÓN 7: RADIACIÓN POR TIPO DE ONDA .....	13
ILUSTRACIÓN 8: RADIACIÓN EN LA SUPERFICIE.....	14
ILUSTRACIÓN 9: RADIACIÓN SOLAR DEL PERÚ .....	16
ILUSTRACIÓN 10: RADIACIÓN SOLAR EN AREQUIPA .....	17
ILUSTRACIÓN 11: RADIACIÓN EN CHAUCALLA.....	18
ILUSTRACIÓN 12: UNIÓN TIPO P – N.....	19
ILUSTRACIÓN 13: EFECTO FOTOVOLTAICO .....	20
ILUSTRACIÓN 14: CELDA SOLARES FOTOVOLTAICA.....	21
ILUSTRACIÓN 15: ESTRUCTURA DE LA CELDA FOTOVOLTAICA .....	22
ILUSTRACIÓN 16: ESQUEMA BÁSICO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO.....	23
ILUSTRACIÓN 17: ESQUEMA BÁSICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED...24	
ILUSTRACIÓN 18: INTERCONEXIÓN DE CELDAS.....	25
ILUSTRACIÓN 19: ESTRUCTURA DEL PANEL FOTOVOLTAICO.....	26
ILUSTRACIÓN 20: CURVA CARACTERÍSTICA I - V DE LA CÉLULA FOTOVOLTAICA .....	27
ILUSTRACIÓN 21: CIRCUITO EQUIVALENTE SIMPLIFICADO DE UNA CELULAR SOLAR .....	29
ILUSTRACIÓN 22: VARIACIÓN DE RADIACIÓN EN EL PANEL FOTOVOLTAICO .....	30
ILUSTRACIÓN 23: EFECTO DE TEMPERATURA EN EL MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	31

ILUSTRACIÓN 24: DISTANCIA MINIMA ENTRE PANELES SOLARES .....	34
ILUSTRACIÓN 25: VELOCIDAD MEDIA ANUAL DEL VIENTO EN EL PERÚ .....	38
ILUSTRACIÓN 26: VELOCIDAD DEL VIENTO DE CHAUCALLA.....	39
ILUSTRACIÓN 27: CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA GENERAL .....	40
ILUSTRACIÓN 28: EFECTO DE LA FUERZA CORIOLIS EN LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA. ....	41
ILUSTRACIÓN 29: BRISA MARINA (MEDIO DÍA Y TARDE).....	42
ILUSTRACIÓN 30: BRISA MARINA (NOCHE Y AMANECER).....	42
ILUSTRACIÓN 31: FLUJO DE AIRE ENTRE DOS MONTAÑAS .....	43
ILUSTRACIÓN 32: FLUJO DE AIRE CON OBSTÁCULO MONTAÑOSO.....	44
ILUSTRACIÓN 33: CAPA LÍMITE DE LA ATMÓSFERA.....	45
ILUSTRACIÓN 34: VALORES DE B Y Z <sub>0</sub> PARA DISTINTAS RUGOSIDADES .....	47
ILUSTRACIÓN 35: INFLUENCIA DEL RELIEVE SOBRE EL PERFIL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO .....	48
ILUSTRACIÓN 36: FLUJO A TRAVÉS DE UN DISCO .....	49
ILUSTRACIÓN 37: FLUJO A TRAVÉS DEL ROTOR DE UN AEROGENERADOR .....	50
ILUSTRACIÓN 38: LÍMITE E BETZ.....	52
ILUSTRACIÓN 39: VELOCIDAD ESPECIFICA .....	56
ILUSTRACIÓN 40: ROTORES DE EJE HORIZONTAL .....	57
ILUSTRACIÓN 41: ROTORES DE EJE VERTICAL.....	57
ILUSTRACIÓN 42: PARTES DE UN AEROGENERADOR.....	60
ILUSTRACIÓN 43: PARTES DE UN SISTEMA EÓLICO.....	61
ILUSTRACIÓN 44: SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – FOTOVOLTAICO .....	62
ILUSTRACIÓN 45: INVERSOR.....	67
ILUSTRACIÓN 46: CAPACIDAD EN FUNCIÓN DE DESCARGA EN HORAS .....	68
ILUSTRACIÓN 47: CURVA CARACTERÍSTICA DE AUTO-DESCARGA.....	69

ILUSTRACIÓN 48: BATERIA.....	70
ILUSTRACIÓN 49: DIAGRAMA DE CARGAS .....	81
ILUSTRACIÓN 50: POSICIÓN SOLAR.....	97
ILUSTRACIÓN 51: CURVA DE POTENCIA DEL AEROGENERADOR .....	100
ILUSTRACIÓN 52: ENERGÍA ANUAL PRODUCIDA POR EL AEROGENERADOR.....	100
ILUSTRACIÓN 53: SOPORTE ESTRUCTURAL SOLAR .....	104
ILUSTRACIÓN 54: SOPORTE EÓLICO .....	105
ILUSTRACIÓN 55: ESTANTE PARA BATERÍAS .....	105
ILUSTRACIÓN 56: SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA .....	106
ILUSTRACIÓN 57: DIAGRAMA DE VOLTAJE DEL REGULADOR DE CARGA .....	107
ILUSTRACIÓN 58: DIAGRAMA DE CORRIENTE DEL REGULADOR DE CARGA .....	107
ILUSTRACIÓN 59: REGULADOR DE CARGA VICTRON ENERGY MPPT 150/100 Tr.....	108
ILUSTRACIÓN 60: REGULADOR EÓLICO GREEF ENERGY .....	108
ILUSTRACIÓN 61: CONECTOR MC4 SERIE .....	109
ILUSTRACIÓN 62: CONECTOR MC4 PARALELO .....	110
ILUSTRACIÓN 63: SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DEL REGULADOR DE CARGA SOLAR .....	110
ILUSTRACIÓN 64: CONDUCTOR ELÉCTRICO EN LA SALIDA DE REGULADORES .....	111
ILUSTRACIÓN 65: CONDUCTOR DEL SISTEMA EÓLICO .....	111
ILUSTRACIÓN 66: CONDUCTOR ELÉCTRICO DEL ACUMULADOR DE ENERGÍA .....	112
ILUSTRACIÓN 67: INVERSOR TRIFASICO DE 5KVA .....	113

## INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: IRRADIANCIA GLOBAL .....	14
ECUACIÓN 2: MASA DEL AIRE.....	14
ECUACIÓN 3: POTENCIA MÁXIMA .....	27
ECUACIÓN 4: POTENCIA .....	28
ECUACIÓN 5: EFICIENCIA DE CÉLULA SOLAR .....	28
ECUACIÓN 6: LEY LOGARÍTMICA PARA LA VELOCIDAD DEL VIENTO. ....	46
ECUACIÓN 7: LEY POTENCIAL PARA LA VELOCIDAD DEL VIENTO .....	46
ECUACIÓN 8: ECUACIÓN DE CONTINUIDAD.....	49
ECUACIÓN 9: ECUACIÓN DE ENERGÍA CINÉTICA .....	49
ECUACIÓN 10: POTENCIA .....	49
ECUACIÓN 11: VELOCIDAD DEL VIENTO .....	51
ECUACIÓN 12: CANTIDAD DE MASA.....	51
ECUACIÓN 13: POTENCIA DEL ROTOR .....	51
ECUACIÓN 14: POTENCIA DEL ROTOR .....	51
ECUACIÓN 15: POTENCIA DEL VIENTO .....	51
ECUACIÓN 16: COEFICIENTE DE POTENCIA .....	52
ECUACIÓN 17: DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL.....	53
ECUACIÓN 18: PROBABILIDAD ESTADÍSTICA .....	53
ECUACIÓN 19: VELOCIDAD MEDIA .....	53
ECUACIÓN 20: DISTRIBUCIÓN ESTÁNDAR .....	54
ECUACIÓN 21: VELOCIDAD ESPECIFICA .....	55
ECUACIÓN 22: ENERGIA DE LA BATERIA.....	70
ECUACIÓN 23: DEMANDA RESIDENCIAL .....	75

ECUACIÓN 24: CONSUMO MENSUAL DE ALUMBRADO PUBLICO.....	75
ECUACIÓN 25:PUNTOS DE ILUMINACIÓN PÚBLICA .....	76
ECUACIÓN 26: POTENCIA DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	76
ECUACIÓN 27: MÁXIMA DEMANDA EN KVA .....	81
ECUACIÓN 28: DEMANDA FUTURA .....	83





**CAPITULO I**  
**ASPECTOS GENERALES**

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Determinación del problema.

En los últimos años la generación de energía eléctrica ha dado un cambio beneficioso para el planeta, ya que todos los países buscan generar energía de bajo costo, limpia sin contaminación, para reducir el calentamiento global y efecto invernadero.

En el mundo la energía limpia está creciendo a pasos agigantados, según la Agencia Internacional de la Energía (AIE): representan cerca de la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica instalada en 2014, toda vez que se han constituido en la segunda fuente global de electricidad, sólo superada por el carbón. Además, el AIE menciona que la demanda mundial de electricidad aumentará un 70% hasta 2040 (elevando su participación en el uso de energía final del 18% al 24% en el mismo periodo) espoleada principalmente por regiones emergentes (India, China, África, Oriente Medio y el sureste asiático). Por último, la consultora Navigant\_BTM estima que en este año se sobrepasará los 600,00 MW instalados (Acciona, 2019).

*Ilustración 1: Evolución Eólica de la Potencia Instalada*



Fuente: (Asociación Empresarial Eólica, 2019)

Ilustración 2: Energía Fotovoltaica a Nivel Mundial

2017		
Países	Acumulada (GW)	Acumulada (%)
Rep. Popular China	131,00	33%
Estados Unidos	51,00	13%
Japón	49,00	12%
Alemania	42,00	10%
Italia	19,70	5%
India	18,30	5%
Reino Unido	12,70	3%
Francia	8,00	2%
Australia	7,20	2%
España	4,70	1%
Resto del mundo	58,00	14%
Total mundial	402,5	100%

Fuente: (Smartgridsinfo, 2018)

En una entrevista realizada por diario El Comercio a la Sociedad Peruana de Energías Renovables (SPR) realizada el 20 de marzo del 2018, se señaló lo siguiente:

En el Perú solo el 2,7% de la energía proviene de fuentes renovables no convencionales. Una mayor diversificación será imperativa para el 2021, de lo contrario, economía y medio ambiente se dañarían.

“Somos unos de los países con mayor potencial para desarrollar este tipo de energía, pero no lo estamos aprovechando. Tenemos un sistema pro energía fósil muy contaminante que hemos priorizado durante años”, sostuvo Juan Coronado, presidente de la SPR.

En este contexto, la rentabilidad de un proyecto de energía limpia actualmente no está garantizada, comentó a DIA1 Pedro Lerner, gerente general de Celepsa, empresa que se encuentra realizando estudios para una central eólica y otra solar.

Por otro lado, en una publicación de la revista energiminas se mencionó que ENEL una de las mayores generadoras de electricidad del Perú, está elaborando proyectos para construir centrales eléctricas con energía renovable de 332.3 MW.

Sin embargo, hasta el momento la normativa en el Perú no les permite a los recursos energéticos renovables (RER) competir con igualdad frente a los no renovables, ya que la norma menciona que los RER tienen Potencia Firme cero “0”. En este sentido es necesario que exista voluntad política para modificar esta norma.

El departamento de Arequipa tiene las características necesarias para convertirse en un centro de producción energética no solo para el autoabastecimiento, sino para el sur del país, con el desarrollo de una matriz renovable a base de recursos hídrico, geotérmico, eólico y solar. Sin embargo, existen miles de pobladores ubicados en zonas rurales que no disponen del servicio eléctrico, por lo que las energías renovables son oportunas para atender la demanda de los ciudadanos; este es el caso del anexo poblado de Chaucalla perteneciente a los distritos de Chichas provincia de Condesuyos y distrito de Toro provincia de La Unión, ambas del departamento de Arequipa. En Chaucalla y sus alrededores actualmente viven 70 familias, pese a estar muy dentro de la Cordillera de los Andes, es un valle muy profundo con una extensión agrícola de 100 hectáreas (Ha.) aproximadamente con una altura de 950 m.s.n.m. que por su geografía fluyen vientos y tienen sol todo el año con radiación extrema. Los pobladores del centro poblado de Chaucalla se dedican a la ganadería, principalmente de ganado vacuno, además de la agricultura y la pesca artesanal. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en un informe del censo nacional del 2017 indica que la tasa de crecimiento promedio anual de las zonas rurales es de -2.1%; muestra clara de las pocas oportunidades que existen en dichas zonas. Por lo que, entre otras cosas, falta de energía eléctrica es una gran desventaja para el centro poblado de Chaucalla, quienes se ven directamente perjudicados en el desarrollo doméstico, social, económico, educativo (INEI, 2018).

## **1.2. Formulación del problema.**

### **1.2.1. Problema general.**

En razón a los antecedentes señalados, podemos afirmar que el centro poblado de Chaucalla necesita urgentemente de la energía eléctrica; por lo que en este centro poblado se pretende diseñar una central eléctrica con energía renovable.

### **1.2.2. Problema específico.**

✚ ¿Cuál es la demanda energética del centro poblado de Chaucalla?

- ✚ ¿Cuál es el estudio de ingeniería para el diseño de una central eléctrica eólica-fotovoltaica?
- ✚ ¿El proyecto es factible económicamente?

## 2. OBJETIVO DEL PROYECTO

### 2.1. Objetivo general

Diseñar una central eléctrica eólica fotovoltaica de 50KVA en el centro poblado de Chaucalla provincia de Condesuyos y La Unión.

### 2.2. Objetivos específicos

- ✚ Calcular la demanda energética del centro poblado de Chaucalla.
- ✚ Elaborar el estudio de ingeniería para el diseño de una central eléctrica eólica-fotovoltaica de 50KVA.
- ✚ Evaluar la factibilidad económica del proyecto.

### 2.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El centro poblado de Chaucalla es un lugar muy alejado de la ciudad, ubicado en una quebrada en la sierra de Arequipa. Este centro poblado no cuenta con energía eléctrica permanente ya que hasta la actualidad no está conectado a la red del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), por lo que conectarse a la red significaría un costo muy elevado.

En el tiempo que vivimos hoy, es necesario generar energía eléctrica a base de fuentes energéticas limpias, utilizándolas para evitar la contaminación del medio ambiente y contribuir con la conservación del planeta.

El centro poblado de Chaucalla tiene una ubicación geografía con características especiales, donde los vientos poseen una velocidad y potencia considerable, y la radiación solar es agresiva. Aprovechando estas fuentes se generará energía eléctrica a través de turbinas eólicas y paneles solares.

### 2.4. LIMITACIONES DEL PROYECTO

Este proyecto de ingeniería tiene varias limitaciones. Un limitante sería, que el centro poblado de Chaucalla se encuentra muy lejos de la ciudad, por lo que demanda

bastante tiempo trasladarse hasta el lugar. Otro limitante sería, que éste centro poblado cuenta con un acceso de trocha, por lo que es difícil ingresar al lugar. En este sentido el proyecto se ve limitado por cuestiones de presupuesto, y tiempo que se dispone para llevar a cabo la elaboración del proyecto. Otro limitante es, que sólo se desarrollará los cálculos eléctricos ya que éste es un proyecto de diseño y no de construcción. El ultimo limitante sería, que el presente proyecto es de ámbito académico y teórico, por lo que sólo se realizará la elaboración del estudio de ingeniería.

## **2.5. ALCANCES DEL PROYECTO**

Con este proyecto se pretende brindar energía eléctrica permanente al centro poblado de Chaucalla, suministrándoles electricidad para diversos usos domésticos, sociales y agroindustriales; buscando a través de ésta, que los pobladores mejoren su calidad de vida, desarrollen la industria agropecuaria, ya que es su principal actividad como ganaderos y agricultores. Además, en la zona existe minería artesanal, por lo que se podría suministrar de energía a este sector. Con este diseño de ingeniería se motiva al gobierno peruano para que replique el proyecto en otras zonas del país, donde las características geográficas sean similares.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. Población del estudio**

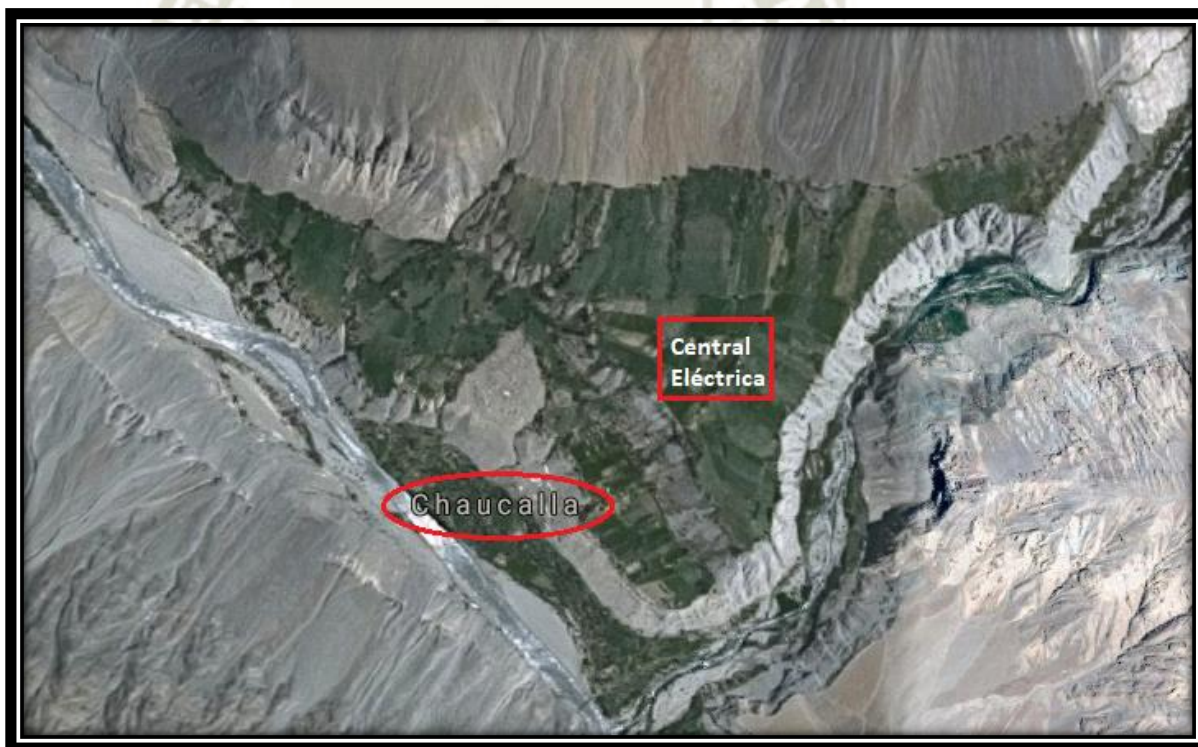
El anexo poblado de Chaucalla el cual tiene una ubicación geográfica de  $15^{\circ}35'17''$  S  $73^{\circ}5'33''$  W a 950 m.s.n.m., además se encuentra en la intersección del distrito de Toro provincia de La Unión y el distrito de Chichas provincia de Condesuyos; éste centro poblado tiene un número de 70 familias, este lugar es muy singular pues se asienta en el trapecio formado por las tres vertientes que se unen creando el río Ocoña. Esas vertientes son: el río Marán, el río Cotahuasi y el río Arma o Chichas. A continuación, se muestra el mapa de ubicación.

*Ilustración 3: Mapa de ubicación panorámico*



Fuente: (Google, 2019)

*Ilustración 4: Mapa de ubicación de la central eléctrica*



Fuente: (Google, 2019)

*Ilustración 5: Mapa de ubicación de Chaucalla*



Fuente: (Google, 2019)

### **3.2. Muestra**

En este caso se realizó una encuesta en el anexo poblado de Chaucalla que dio como resultado 70 familias, el cuál será tomada como muestra ya que todos comparten la misma característica, el cual es la falta de energía eléctrica. A continuación, se mostrará una imagen de la visita de campo.

*Ilustración 6: Visita de campo a Chaucalla*



Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca modificar la realidad a través del diseño de una central eléctrica eólica – fotovoltaica con el objetivo de que se aplique inmediatamente sobre la problemática del anexo poblado de Chaucalla.

### **3.4. Técnicas de datos**

Se aplicará un cuestionario sobre la población en relación a los siguientes puntos:

- ✚ Tiempo de flujo del viento
- ✚ Tiempo de radiación solar
- ✚ Velocidad del viento
- ✚ Número familias viven en la zona

Para el análisis de datos se utilizará un software (Excel), dos hardware (computadora, calculadora científica), cuaderno, papel y lapicero.



## **CAPITULO II**

# **MARCO TEORICO**

## 1. ENERGIA SOLAR

### 1.1. Energía Solar

La energía solar es una de las fuentes de la vida y el origen de la mayoría de las demás formas de energía conocidas. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad que consume toda la humanidad. De ahí que la radiación solar, recogida de forma adecuada con paneles solares, puede transformarse en otras formas de energía (Osinergmin, 2019).

### 1.2. Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica transforma de manera directa la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico. Al incidir la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica (que conforman el panel) se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica (Acciona, 2019). Es decir, transformar la radiación solar en energía eléctrica.

### 1.3. Radiación Solar

La radiación solar es la energía radiante emitida en el espacio interplanetario del Sol. Esta radiación se genera a partir de las reacciones termonucleares de fusión que se producen en el núcleo solar y que producen la radiación electromagnética en varias frecuencias o longitudes de onda, que se propaga en el espacio a las velocidades típicas de estas olas. Esta propagación permite llevar energía solar con ellas (Energía Solar, 2017).

Otro concepto de la radiación es la transferencia de energía por ondas electromagnéticas. La radiación se produce directamente desde la fuente, hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol (Energía Solar, 2017).

La constante solar es la cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de superficie, medida en la parte externa de la atmósfera terrestre en un plano perpendicular a los rayos del Sol. Los resultados de su medición por satélites arrojan un valor promedio de  $1367 \text{ Wh/m}^2$  (Energía Solar, 2017).

### 1.3.1. Tipo de radiación solar según su longitud de onda

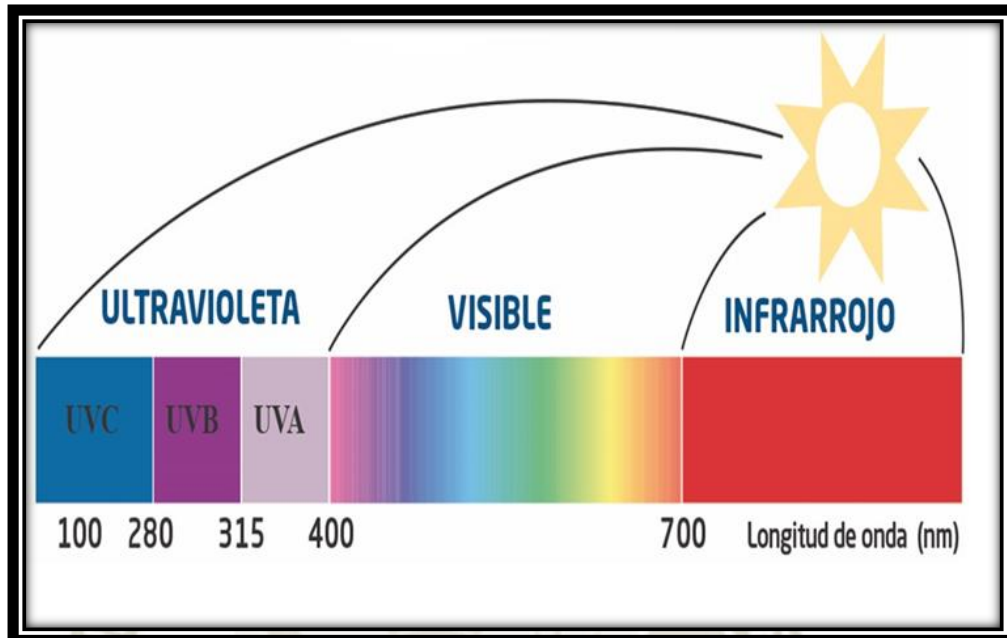
El espectro de radiación es una representación gráfica de la variación de la energía de radiación en función de la longitud de onda a escala logarítmica.

El espectro teórico de radiación solar y terrestre alcanza valores más altos que el estimado considerando la atmósfera. El efecto de las distintas bandas de este espectro sobre los sistemas ambientales y los organismos es muy variado:

- ✚ La radiación ultravioleta ( $\lambda < 400$  nm): Es absorbida por los electrones de átomos y moléculas, que pueden cambiar así su estructura y producir profundos cambios químicos, como la ionización del N en la atmósfera, la disociación del ozono, o la destrucción de determinadas sustancias en la piel humana. También impide la síntesis de ciertas sustancias, como la melanina (Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.5 License, 2019).
- ✚ La luz visible ( $400 < \lambda < 700$  nm): Es la parte del espectro donde la radiación solar alcanza su máximo, y ha tenido por ello un papel destacado en la adaptación de los seres vivos a su medio. Muchas sustancias de importancia biológica se caracterizan por una respuesta química selectiva en la parte visible del espectro solar que provoca transformaciones de la estructura molecular con distintas funciones biológicas como la fotosíntesis, asociada a la clorofila, y el sentido de la vista, asociada a células foto-receptoras (Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.5 License, 2019).
- ✚ El infrarrojo ( $700 < \lambda < 1000$  nm): No tienen ya energía suficiente para provocar reacciones químicas, pero sí para inducir movimientos de vibración en las moléculas; a esto es a lo que desde un punto de vista macroscópico llamamos absorción de energía térmica, que se manifiesta casi siempre como un incremento de temperatura (Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.5 License, 2019).
- ✚ Las microondas ( $1000$  nm  $< \lambda < 0.3$  m): Inducen movimientos moleculares de rotación, dando lugar a un incremento térmico. El agua las absorbe muy fuertemente, con el consiguiente calentamiento. Este hecho es importante en

las transformaciones térmicas de mares y océanos (Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.5 License, 2019).

Ilustración 7: Radiación por tipo de onda



Fuente: (Unidad Dermatológica Pediatría - Clínica Dermatológica Internacional, 2019)

### 1.3.2. Tipo de radiación solar según la forma como incide en la superficie terrestre

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, B: representa la fracción de irradiancia procedente en línea recta del Sol.
- ✚ Radiación Difusa, D: cuantifica la radiación procedente de todo el cielo salvo del Sol, y por tanto incluye todos los rayos dispersados por la atmósfera según los procesos descritos. Es una radiación anisotrópica, cuyo valor depende de la zona celeste de procedencia. Más aún, dado que las propiedades de la atmósfera varían de forma aleatoria con el tiempo, la radiación difusa deberá ser estudiada como un proceso estocástico.

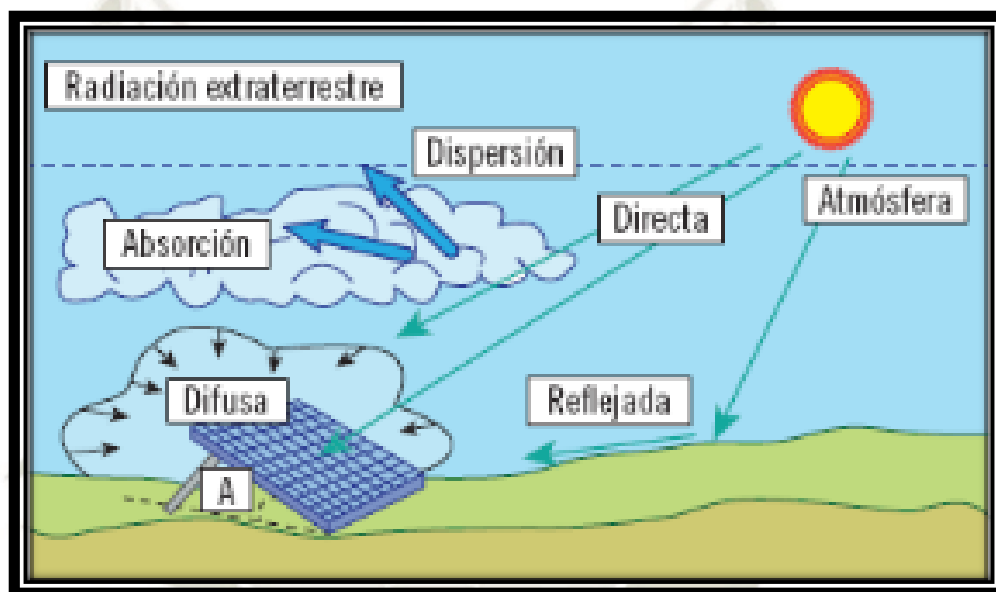
- ✚ Radiación del albedo, R o AL: es aquella fracción de radiación procedente de la reflexión en el suelo. Habitualmente supone una contribución muy pequeña y en algunos casos puede ser despreciada (reader.digitalbooks, 2019).

La suma de estas tres componentes constituye la denominada irradiancia global:

*Ecuación 1: Irradiancia Global*

$$G = B + D + R$$

*Ilustración 8: Radiación en la Superficie*



Fuente: (reader.digitalbooks, 2019)

Es importante mencionar que la masa de aire (AM) como la relación entre el camino recorrido por los rayos directos del Sol a través de la atmósfera hasta la superficie receptora y el que recorrerían en caso de incidencia vertical. Para nuestros efectos es válida la aproximación de:

*Ecuación 2: Masa del aire*

$$AM = \frac{1}{\cos \theta_{ZS}}$$

Donde:

AM: Masa del aire

$\theta_{ZS}$ : ángulo cenital solar

### 1.3.3. Radiación solar en el Perú

Perú recibe la radiación solar más alta del planeta. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senhami) anunció que el Perú vivirá niveles de radiación solar extraordinarios en los próximos años. Algunas zonas del país ya están alcanzando el índice 19 en una escala de 20 puntos, presentando los mayores niveles en el mundo. Para ser considerada extrema, la radiación debe superar los 11 puntos de esta escala. Como explica el ingeniero Nelson Quispe Gutiérrez, subdirector de Predicción Meteorológica del Senhami, las zonas de mayor incidencia se encuentran en los Andes. “El Perú está en la franja tropical, donde la radiación solar es más intensa. Esta empeora en las alturas de la cordillera, porque hay menos margen de atmósfera. Lugares como Junín, Cerro de Pasco, Cusco o Puno corren el mayor riesgo” (Raúl Tola, 2017).

A continuación, mostraremos el mapa de radiación solar del Perú, donde claramente se muestra que la radiación solar en nuestro país es elevada; la radiación promedio anual se encuentra entre 5 y 7 kwh/m<sup>2</sup>

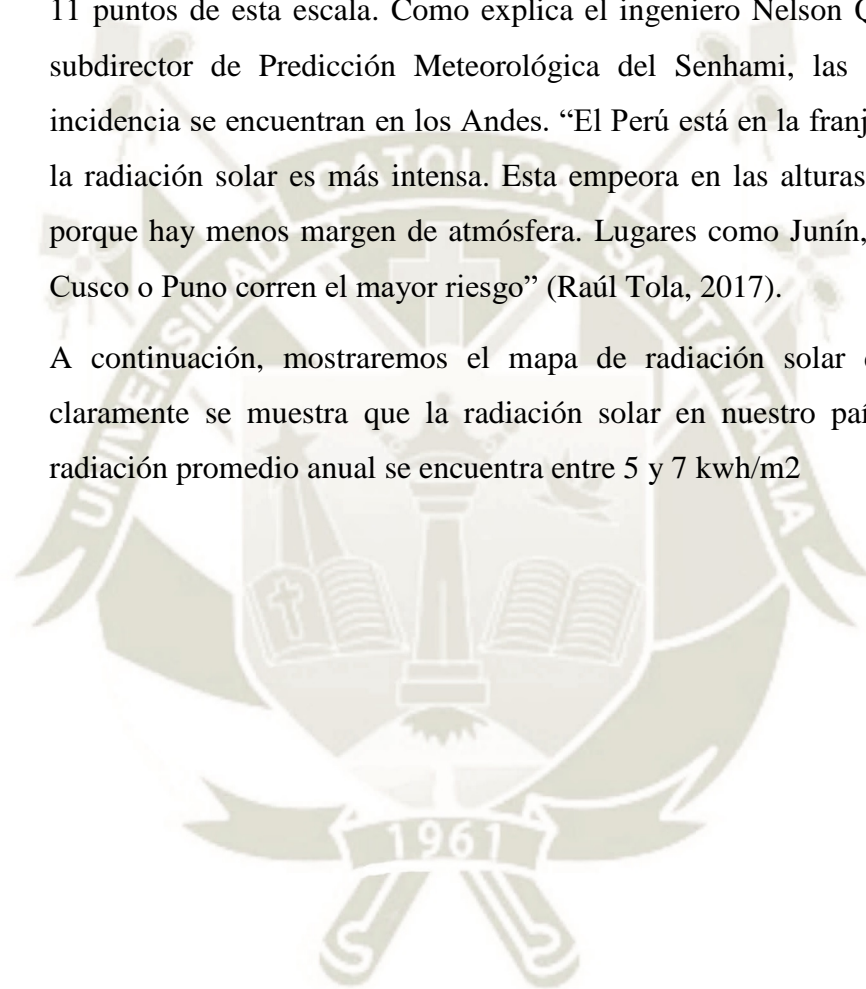
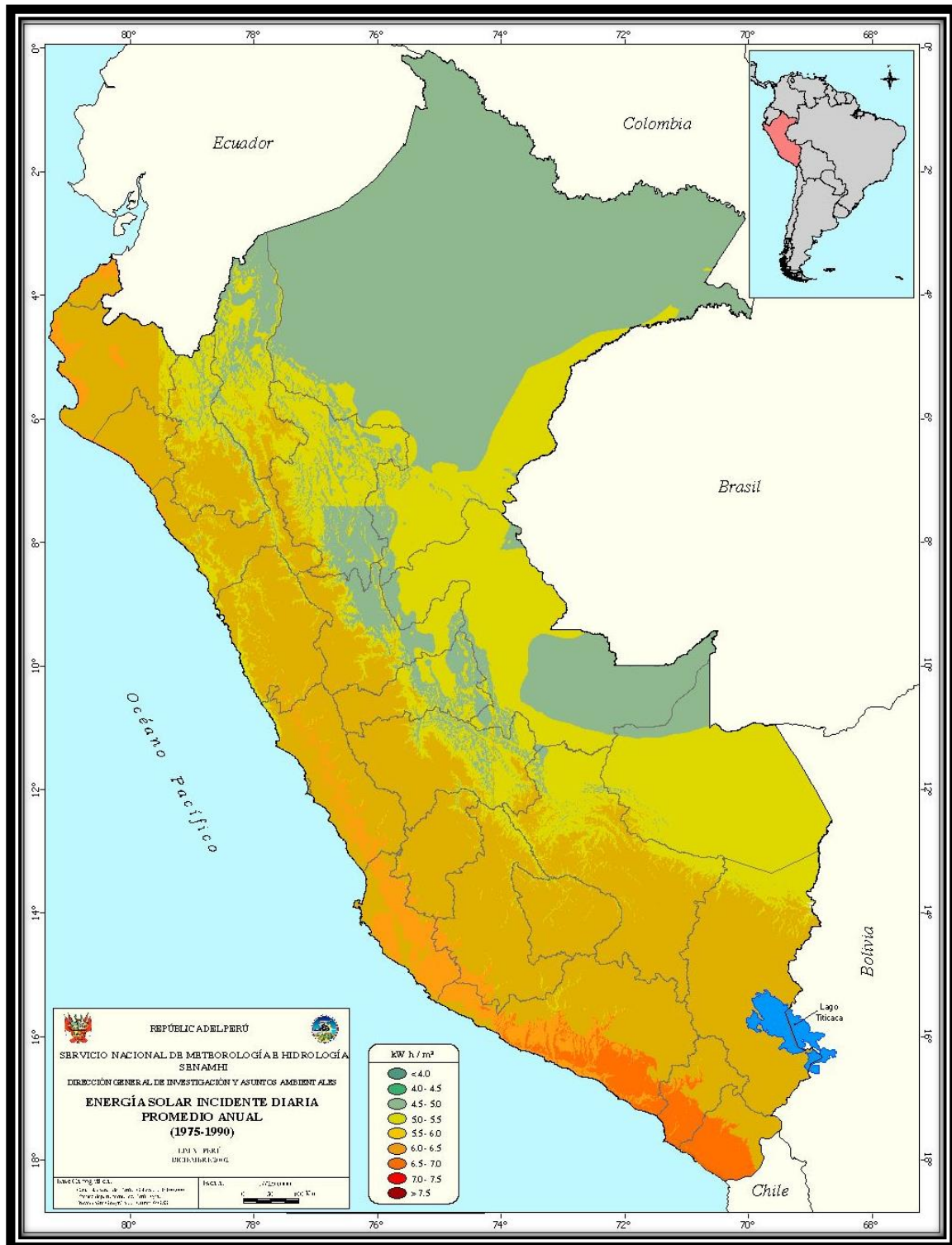


Ilustración 9: Radiación solar del Perú

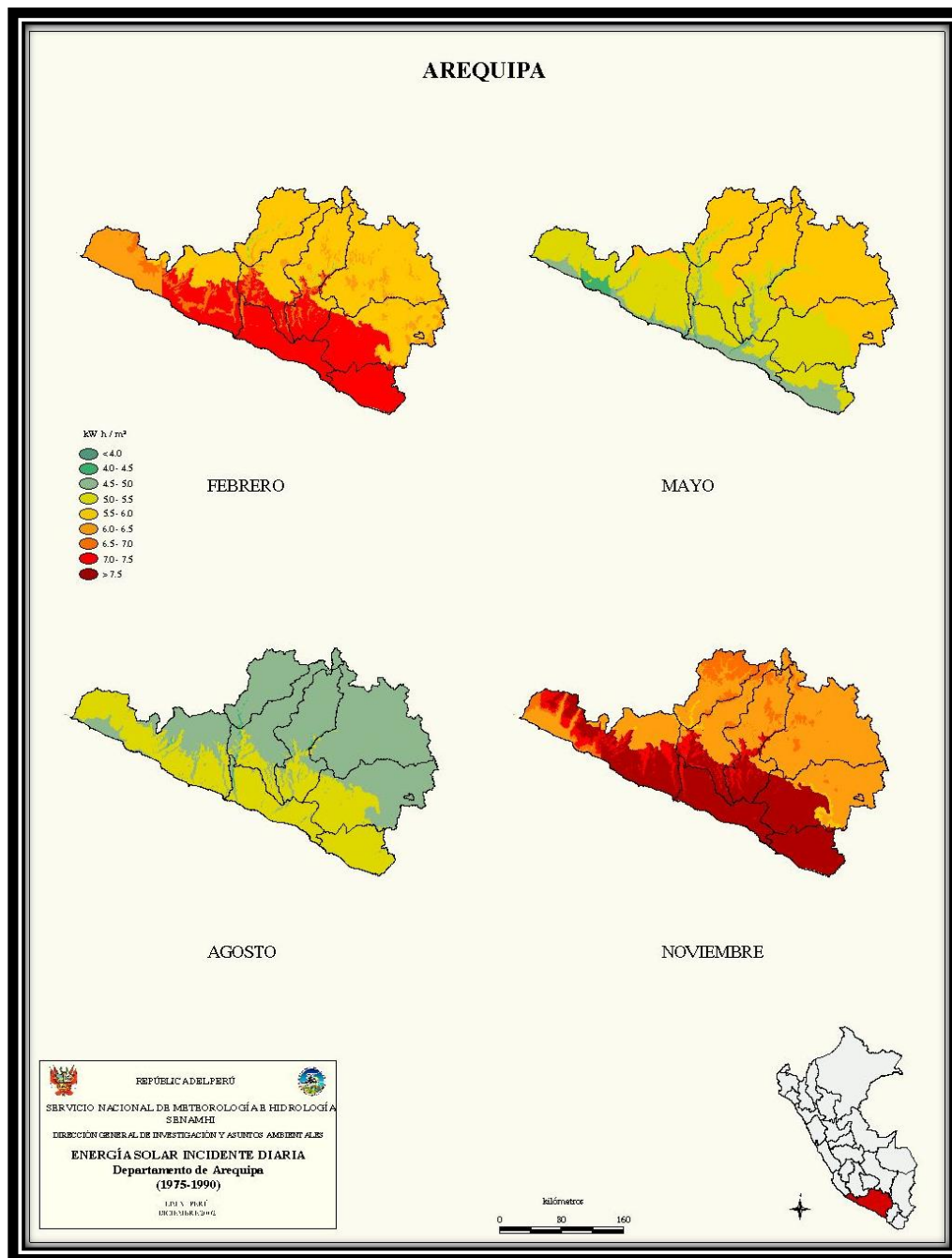


Fuente: (Atlas del Perú, 2003)

En la imagen anterior se muestra claramente que la radiación solar en el departamento de Arequipa es muy elevada. A continuación, se mostrará el mapa de radiación solar de la región Arequipa, donde se observa que el promedio es de

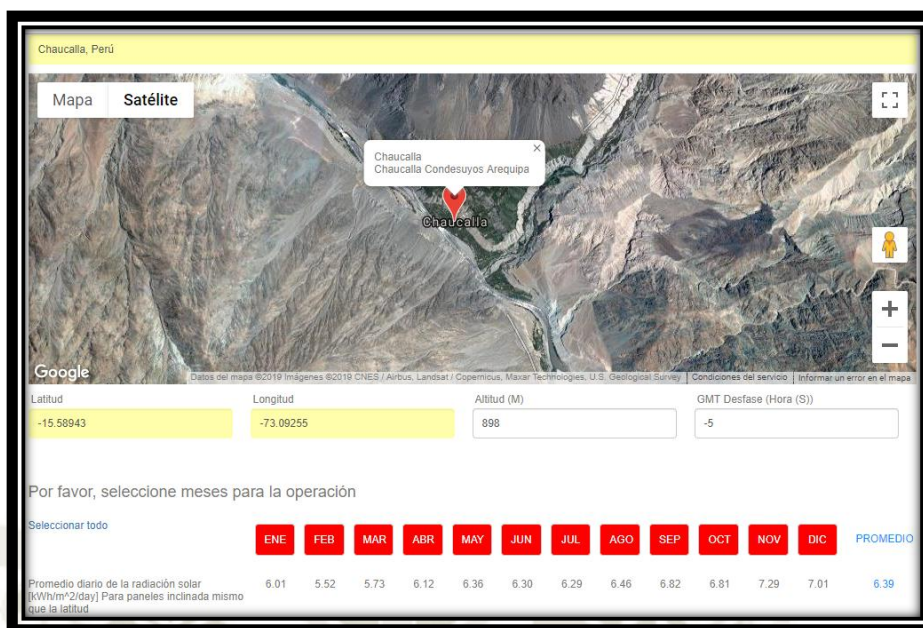
6.39kwh/m<sup>2</sup> para la zona costa y parte sierra donde se encuentra el anexo de Chaucalla.

Ilustración 10: Radiación solar en Arequipa



Fuente: (Atlas del Perú, 2003)

Ilustración 11: Radiación en Chaucalla



Fuente: (Nastec, 2019)

#### 1.4. Celda solar fotovoltaica

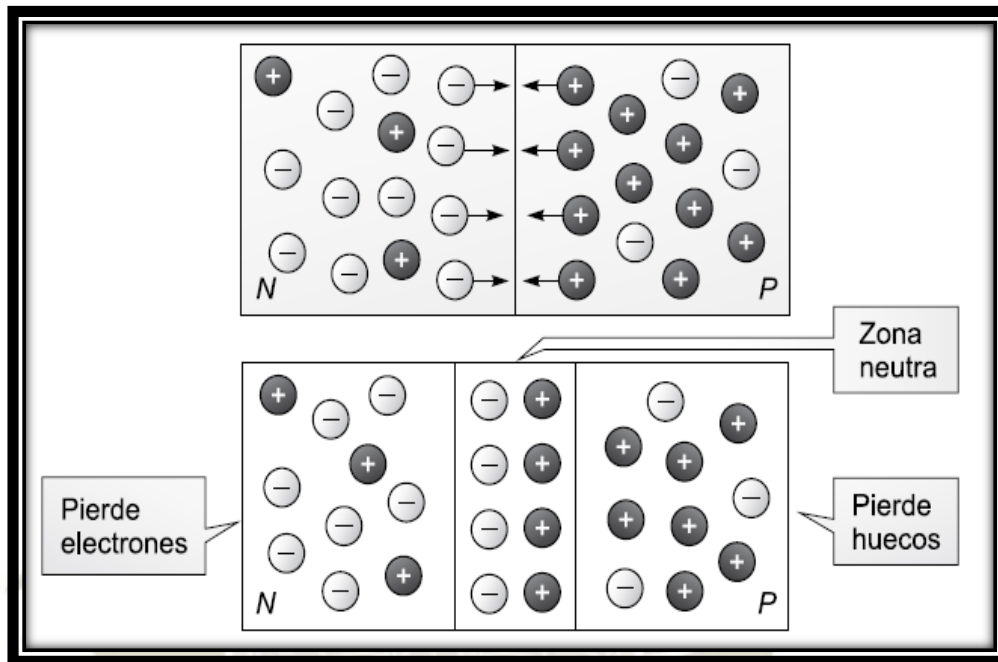
Una celda solar está conformada por la unión de un material semiconductor, de unión tipo p-n. Este material semiconductor es un material que ofrece a través de él una resistencia intermedia al flujo de electrones. La característica fundamental de los cuerpos semiconductores es la de poseer 4 electrones en su órbita de valencia.

Los semiconductores son utilizados en la fabricación de las celdas solares ya que, gracias a la radiación solar en combinación con un material de unión tipo p-n obtenemos una diferencia potencial. Entonces, cuando la radiación solar incide sobre el material semiconductor de tipo p-n, sus fotones proporcionan la energía necesaria a los electrones de valencia para romper sus enlaces y queden libres, y así propagarse por el material.

Para conseguir la diferencia potencial es necesario fabricar un semiconductor de unión tipo p-n como lo mencionamos anteriormente. Este tipo de unión tipo p-n consiste en producir un material con una zona sea tipo p y otra zona de tipo n. La zona n está cargada o dopada de átomos de fósforo con cinco electrones de valencia, la cual actúa como contacto selectivo para los huecos que se encuentran en el tipo p, impidiendo el paso de los electrones. De forma similar, la zona p está dopada de átomos de boro con 3 electrones de valencia, la cual actúa como contacto selectivo

para los electrones libres que se encuentran en el tipo n. Además, en la unión de estos dos tipos de materiales se genera una zona de agotamiento, donde no hay electrones libres ni agujeros debido a la migración de electrones, formando una franja cargada positivamente en la zona p, y otra franja cargada negativamente en la zona n. A continuación, se muestra la ilustración.

Ilustración 12: Unión tipo p - n

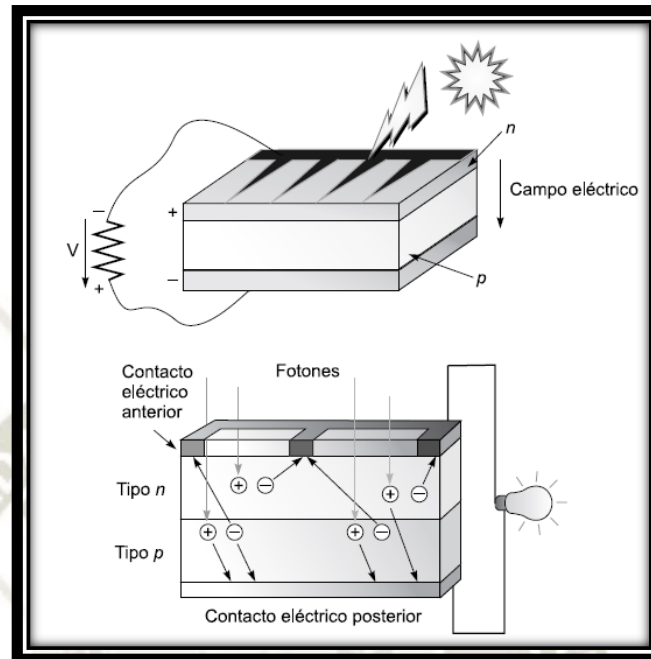


Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

En estas condiciones, si incide luz y los fotones comunican energía a los electrones del semiconductor, algunos de estos electrones pueden atravesar la barrera de potencial, siendo expulsados fuera del semiconductor a través de un circuito exterior: se produce una corriente eléctrica. Los electrones, tras recorrer el circuito externo vuelven a entrar en el semiconductor por la cara opuesta (Carta González, Calero

Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009). A esto se le conoce como efecto fotoeléctrico; a continuación se muestra la ilustración.

Ilustración 13: Efecto fotovoltaico



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

#### 1.4.1. Estructura de la celda solar

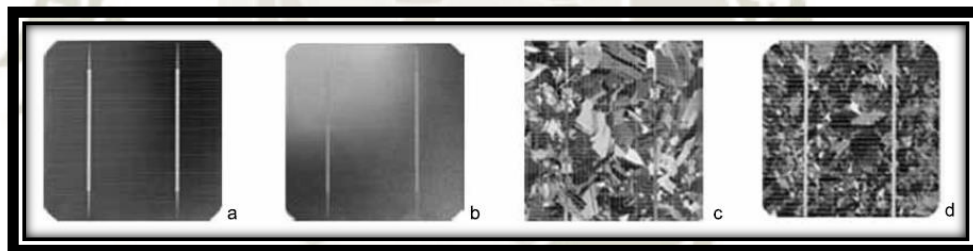
Físicamente, la celda fotovoltaica es un diodo con una superficie muy amplia, y se fabrican con silicio. Generalmente una celda solar fotovoltaica tiene un espesor que se ubica entre 0.25 y 0.35 milímetros; además, es de forma rectangular.

Una doble capa anti-reflectante y una superficie frontal con pirámides invertidas minimizan las pérdidas ópticas. La oblea de silicio tiene un espesor de 400 micras, ofreciendo una larga trayectoria óptica y, por lo tanto, aumentando la absorción de fotones. Una capa dieléctrica de  $\text{SiO}_2$  se inserta entre la oblea de silicio y un conductor de aluminio con el fin de obtener una superficie altamente reflectante en la parte trasera de la célula. En el caso de células industriales de silicio, se utilizan recubrimientos anti-reflectantes de doble-capa. (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

Como mencione anteriormente las celdas fotovoltaicas son construidas a base de silicio, el material más abundante de la tierra “la arena”. A continuación, mostraremos los diferentes tipos de celdas fotovoltaicas de 200 micras:

- ✚ Silicio monocristalino: La mayoría de las células actualmente en el mercado son monocristalinas. El proceso de fabricación es el siguiente: El silicio se purifica, se funde y se cristaliza en lingotes. Los lingotes son cortados en finas obleas para hacer células individuales. Las células monocristalinas tienen un color uniforme, generalmente azul o negro. (Ver imagen a y b de la ilustración 10), (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).
- ✚ Silicio policristalino: Las células policristalinas se fabrican de forma similar a las monocristalinas. La principal diferencia es que se utiliza un silicio de bajo coste. Generalmente redonda en una reducción en la eficiencia, pero los fabricantes defienden que el precio por kW es menor. La superficie de las células policristalinas tiene un patrón aleatorio de cristalización en lugar del color homogéneo de las células monocristalinas. (Ver imagen c y d de la siguiente ilustración) (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

Ilustración 14: Celda solares fotovoltaica



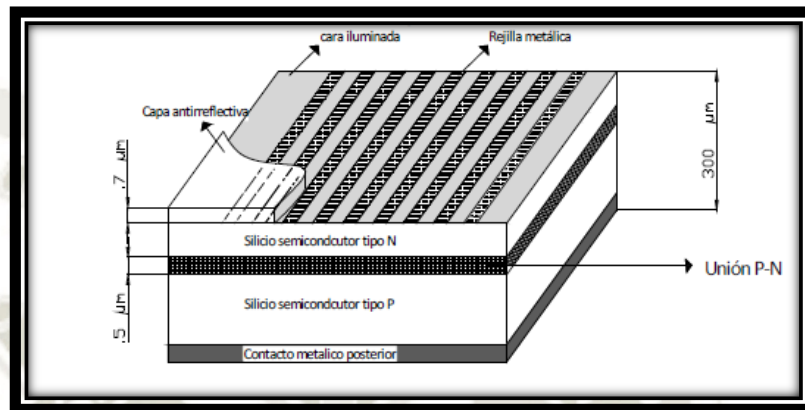
Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

- ✚ Silicio *ribbon*: Las células fotovoltaicas tipo *ribbon* se realizan mediante el estiramiento de silicio fundido en lugar de la utilización de un lingote. El principio de funcionamiento es el mismo que en el caso de las células monocristalinas y policristalinas. El recubrimiento antirreflexivo utilizado en la mayoría de las células *ribbon* tiene una apariencia prismática multicolor (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

Una celda solar común, está compuesta de capas. Primero hay una capa de contacto posterior que se logra evaporando o pintando con metal la plancha y que se suele cubrir totalmente, luego van dos capas de silicio (unión p-n). En la parte superior se encuentran los contactos de metal frontales con una capa de antirreflexión que da a

la celda solar su típico color azul o negro, estos forman un patrón en forma de reja. Ambos lados de la celda solar están eléctricamente conectados por un cable, una corriente circulará cuando la luz incida (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012). A continuación, se muestra la ilustración.

Ilustración 15: Estructura de la celda fotovoltaica



Fuente: (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012)

## 1.5. Sistemas fotovoltaica

Un sistema fotovoltaico, en términos sencillos, es la agrupación y trabajo en conjunto de ciertos componentes eléctricos para lograr la transformación de la energía solar en energía eléctrica utilizable para cualquier aparato o dispositivo eléctrico convencional de una casa, un negocio o inclusive una industria.

Para lograr la generación de este tipo de energía renovable, los componentes eléctricos básicos de un sistema fotovoltaico son: paneles solares, inversor, regulador de carga, centro de carga y medidor bidireccional (este último para sistemas conectados a la red), (Sdemx, 2019).

### 1.5.1. Funcionamiento de un sistema fotovoltaico

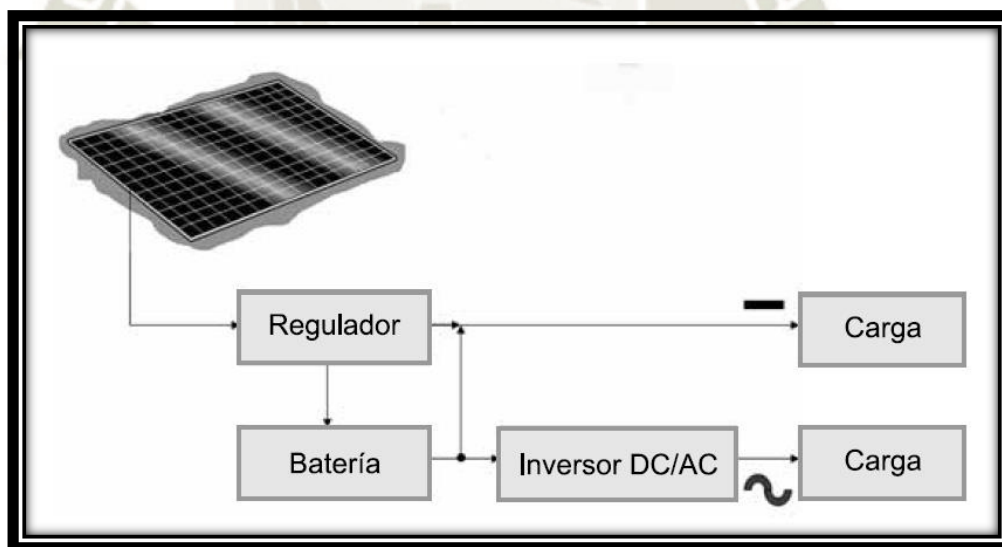
El funcionamiento de un sistema fotovoltaico es posible gracias a los paneles solares donde el efecto fotoeléctrico, convierte la energía solar en energía eléctrica de corriente directa, la cual no se puede utilizar de forma convencional si no es transformada en corriente alterna. Es aquí donde entra en juego la función del inversor, pieza clave del sistema fotovoltaico, ya que, él es quien convierte la corriente para que sea compatible con cualquier tipo de instalación, tales como domésticas, comerciales o industriales. Posteriormente, dependiendo del tipo de

sistema fotovoltaico, se pueden tener controladores de cargas que regulan el uso de la energía y un banco de baterías que permita el almacenamiento de la energía. Otro elemento importante es el centro de carga, ya que suele ser el punto de conexión o de distribución de la energía fotovoltaica (Sdemx, 2019).

### 1.5.2. Tipo de sistemas fotovoltaicos

✚ Sistemas fotovoltaicos autónomos: En regiones rurales o aisladas los sistemas fotovoltaicos autónomos constituyen ya la solución de fondo y son parte fundamental e imprescindible para la garantía del fluido eléctrico y de las comunicaciones. A diferencia de los sistemas conectados a red, los sistemas autónomos requieren de las baterías para almacenar energía que será consumida en los ciclos diarios. En la siguiente ilustración puede verse el esquema básico de una instalación FV autónoma (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009). A continuación, se muestra la ilustración.

*Ilustración 16: Esquema básico de un sistema fotovoltaico autónomo*

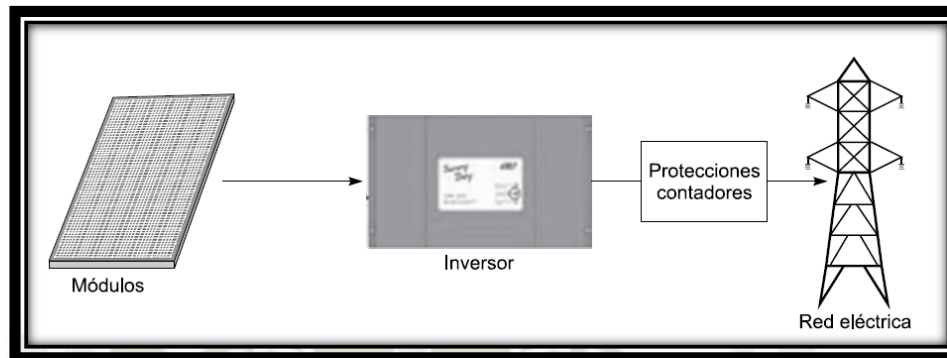


Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

✚ Sistema fotovoltaico conectado a la red: Consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional. El concepto de inyección a red tiene un amplio margen de aplicaciones, desde pequeños sistemas de pocos kilovatios pico (kWp) de potencia instalada hasta centrales de varios megavatios pico

(MWp). En la siguiente ilustración se muestra un diagrama de los componentes principales de un sistema de conexión a red (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

*Ilustración 17: Esquema básico del sistema fotovoltaico conectado a la red*



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

## 1.6. Modulo fotovoltaico

Cada fabricante dispone una forma especial de construir el panel; sin embargo, existen ciertas características que son comunes en todos ellos, de las cuales se detallará a continuación.

### 1.6.1. Encapsulamiento de las celdas

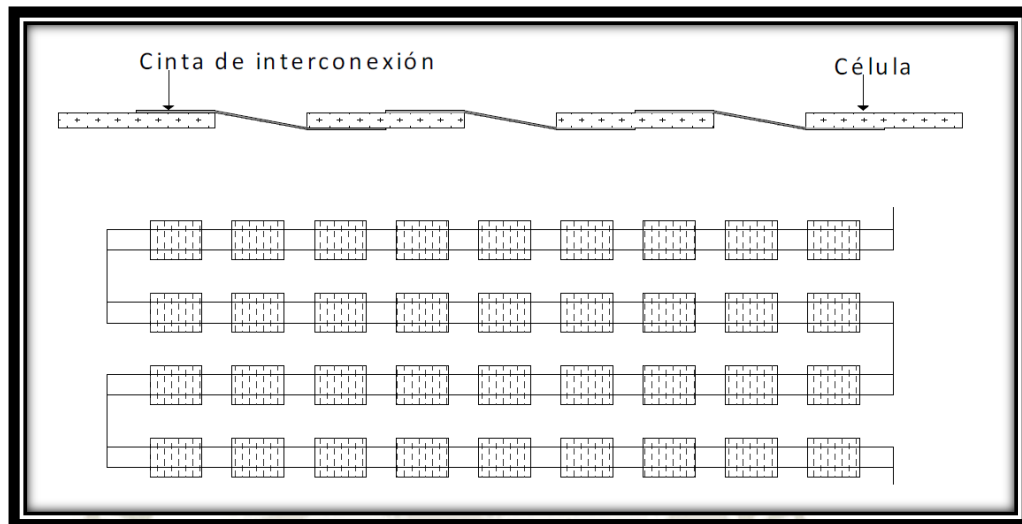
Las celdas fotovoltaicas necesitan ser encapsuladas en una superficie rígida para darles mayor dureza mecánica que dará soporte a las celdas y tener protección contra agentes externos como granizo, aves o cualquier solido que pueda dañar su superficie, además el encapsulado determina la vida útil del módulo. En la actualidad el periodo de vida garantizado por los fabricantes se encuentra entre 20 y 25 años (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

### 1.6.2. Interconexión de las celdas

Una celda solamente es capaz de producir en promedio 0.5 [V], ya se ha mencionado que su rendimiento varía según su fabricación; sin embargo, este es el promedio que tienen las celdas que más se comercializan. El voltaje generado por una celda no nos proporciona la posibilidad de ser aplicado directamente en un sistema solar fotovoltaico, es necesario interconectar las celdas en serie, o serie-paralelo para así elevar el voltaje generado. Se ha descrito que las

interconexiones de varias celdas forman un módulo y nos proporciona un voltaje considerablemente más grande comparándolo con el que genera una sola celda (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012). A continuación, se muestra la ilustración.

Ilustración 18: Interconexión de celdas



Fuente: (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012)

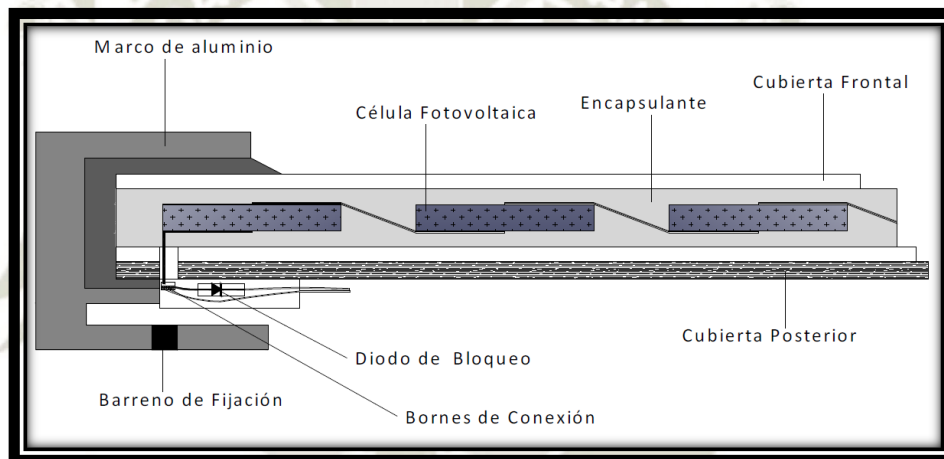
### 1.6.3. Estructura del módulo fotovoltaico

La estructura más convencional de un módulo fotovoltaico está compuesta por diversos elementos con características especiales y se describen a continuación.

- ✚ Cubierta frontal: Por ser la superficie en la que incide primero la luz solar debe de proporcionar una elevada capacidad de transmisión en el rango de longitudes de onda que pueden ser aprovechados por las celdas, está cubierta debe de tener un bajo índice de reflexión; para así aprovechar al máximo la luz que recibe el módulo, debe ser impermeable, resistente al impacto y contar con baja resistividad térmica. Comúnmente los fabricantes usan cristal templado con bajo contenido en hierro, por ser el material más barato y tiene excelentes propiedades de auto-limpiado (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).
- ✚ Encapsulante: Es utilizado para proporcionar rigidez mecánica a las celdas, también da adhesión entre celdas, la cubierta frontal y posterior del módulo (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

- ✚ Cubierta posterior: Debe ser impermeable y con baja resistencia térmica (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).
- ✚ Marco de aluminio: Es la superficie que cubre el contorno del panel, permite la instalación del panel debido a que cuenta con un orificio de fijación (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).
- ✚ Bornes de conexión: Medio de conexión entre las celdas interconectadas y el diodo de protección (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).
- ✚ Diodo de bloqueo: Sirve para evitar posibles corrientes entrantes que dañarían al módulo (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

*Ilustración 19: Estructura del panel fotovoltaico*

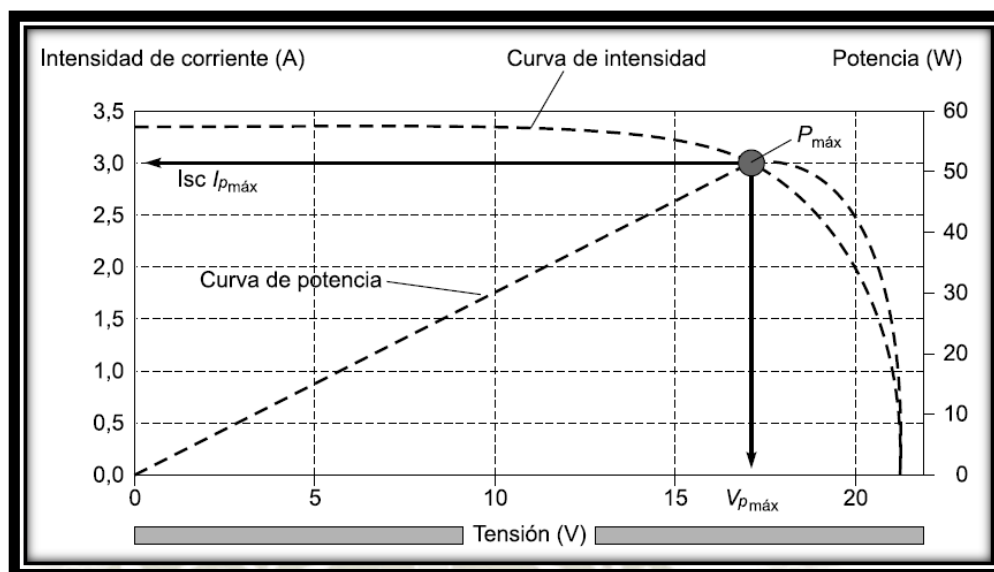


Fuente: (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012)

#### 1.6.4. Parámetros de funcionamiento

La ilustración que mostraremos a continuación representa la corriente en función de la tensión que aparece en la célula. El lector puede ir viendo en dicha figura algunos de los parámetros de funcionamiento de la célula solar, que serán explicados en el presente epígrafe. Además, puede apreciarse también la curva de potencia de la célula sobre la misma gráfica, para hacerse una idea de cómo evoluciona la misma en función de los dos parámetros analizados (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

Ilustración 20: Curva característica I - V de la célula fotovoltaica



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

Los parámetros de funcionamiento de una célula solar, son los que a continuación se detallan:

- ✚ Corriente de cortocircuito, ISC. Es la corriente que se obtiene de la célula cuando la tensión en sus bornes es de cero voltios; es la máxima corriente que se puede obtener de la célula.
- ✚ Tensión de circuito abierto, VOC. Es la tensión para la que los procesos de recombinación igualan a los de generación y, por lo tanto, la corriente que se extrae de la célula es nula; constituye la máxima tensión que se puede extraer de una célula solar. En las células de Si de tipo medio es del orden de 0,6 V mientras que en las de GaAs es de 1 V.
- ✚ Potencia máxima,  $P_{máx}$ . La potencia,  $P$ , es el producto de la corriente por la tensión; tanto en cortocircuito como en circuito abierto la potencia es 0, por lo que habrá un valor entre 0 y  $V_{oc}$  para que la potencia sea máxima.

Ecuación 3: Potencia máxima

$$P_{max} = V_{max} * I_{max}$$

- ✚ Factor de forma,  $F_F$ . Que se relaciona con la potencia máxima, la tensión en circuito abierto y la corriente de cortocircuito por la siguiente ecuación.

Obsérvese que el máximo valor que puede tomar es  $F_F = 1$ ; así, cuanto más próximo sea este número a la unidad, mejor será la célula.

*Ecuación 4: Potencia*

$$P_{max} = I_{sc} * V_{oc} * F_F$$

- ✚ Eficiencia, g. Expresado en %, es el parámetro por excelencia que define el funcionamiento de la célula solar. Representa la relación entre la potencia que obtenemos de la célula y la potencia de la luz que incide sobre ella. Así:

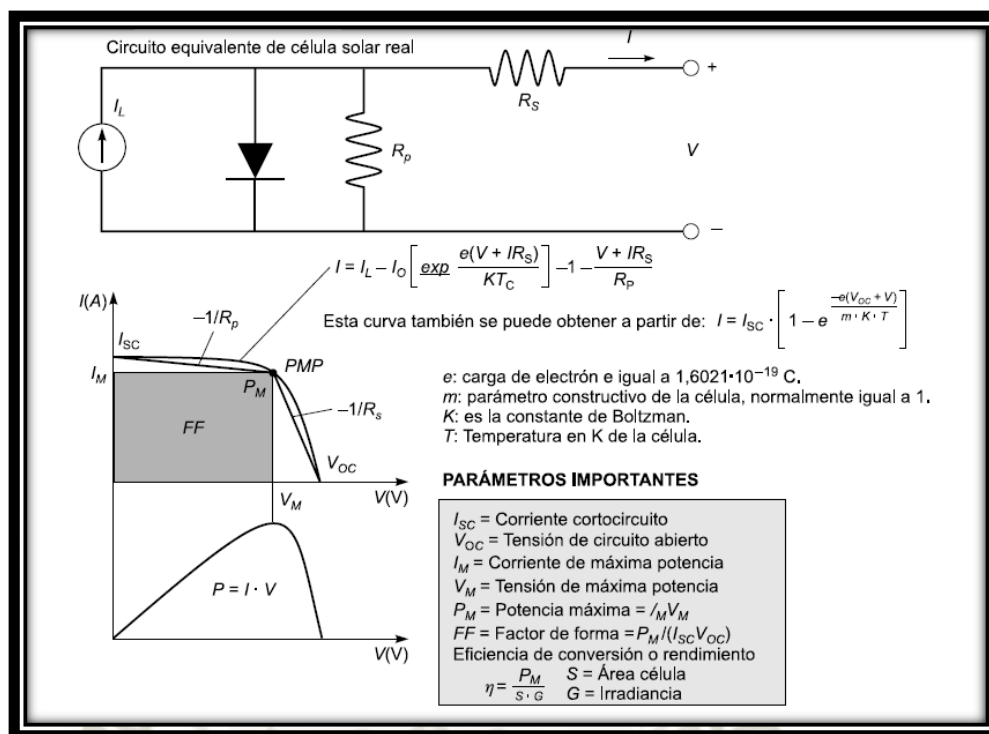
*Ecuación 5: Eficiencia de célula solar*

$$n = \frac{I_{sc} * V_{oc} * F_F}{A * P_{sol}}$$

donde  $P_{sol}$  es la potencia luminosa por unidad de área que se recibe del sol en forma de fotones (en condiciones estándar, 100 mW/cm<sup>2</sup>) y  $A$  es el área de la célula (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

A continuación, mostraremos el circuito equivalente simplificado de la célula solar real:

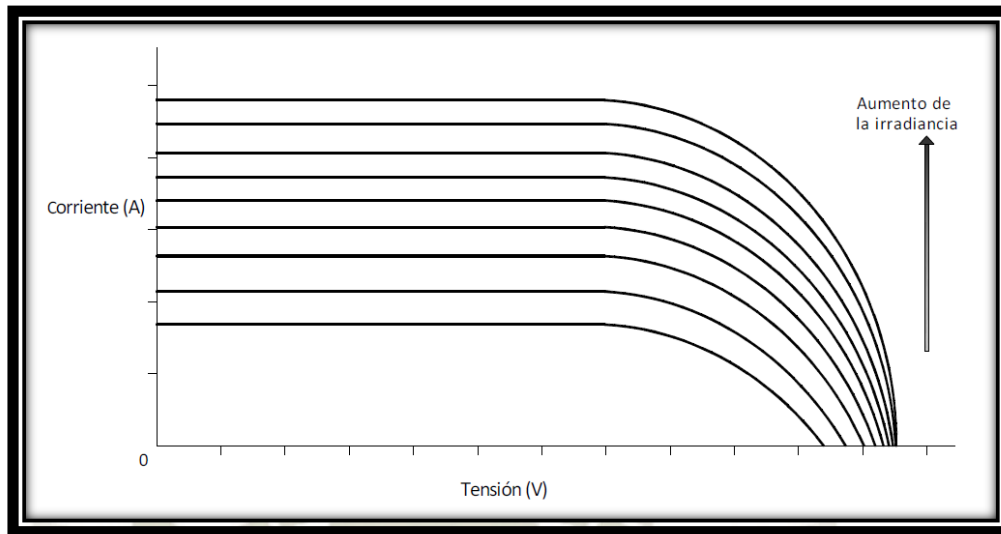
Ilustración 21: Circuito equivalente simplificado de una celular solar



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

### 1.6.5. Efecto de la intensidad de iluminación

En general la intensidad de irradiación afecta directamente a la corriente, entonces se puede considerar que la corriente del panel fotovoltaico es proporcional a la irradiación solar recibida, por lo tanto, al aumentar la irradiación aumenta la potencia entregada por el módulo (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

*Ilustración 22: Variación de radiación en el panel fotovoltaico*

Fuente: (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012)

Se ha descrito anteriormente que la unión p-n genera una diferencia de potencial, sin embargo, para que circule una corriente se requiere que la luz solar incida sobre la superficie de la unión por lo cual el efecto de la intensidad de iluminación no afecta al voltaje o tensión generado sólo a la corriente (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

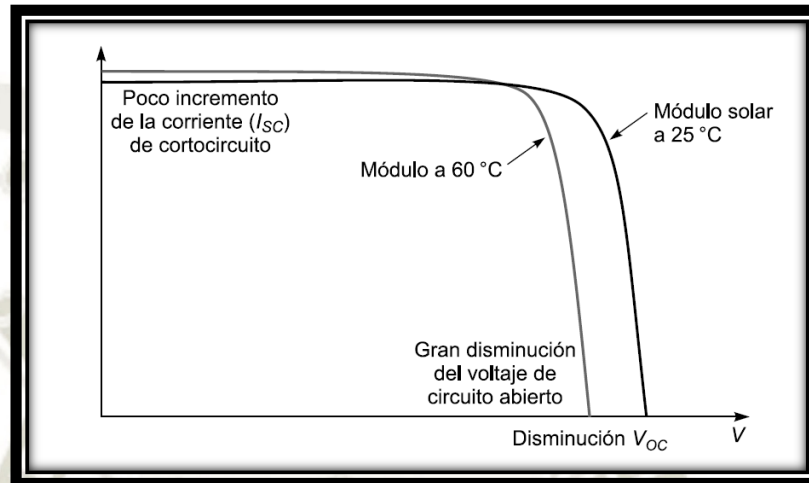
Para la instalación de paneles es recomendable no conectar en serie módulos con diferentes ángulos y orientación por ninguna circunstancia puesto que módulos con distintas orientaciones y ángulos generan corrientes distintas que circularan por todos los módulos conectados al panel, de ser necesario es preferible conectar los módulos en paralelo (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

#### **1.6.6. Dependencia con la temperatura**

Cuando una célula solar está iluminada por el sol, lógicamente se calienta. La eficiencia de las células solares disminuye cuando aumenta la temperatura, debido, sobre todo, a la disminución que sufre la tensión de circuito abierto. Mientras que la densidad de corriente de cortocircuito es prácticamente insensible a los efectos de la temperatura (aumenta ligeramente), la tensión de circuito abierto disminuye del orden de unos pocos milivoltios por grado centígrado de aumento de la temperatura. Dada la dependencia del FF con la tensión VOC, éste también disminuye al aumentar la temperatura. Como resultado final, la eficiencia decrece del orden del 0,4% al 0,5% por grado de aumento de la temperatura para

una célula de silicio (0,3% para una de GaAs). En la siguiente ilustración se muestra la variación grande que experimenta la tensión de circuito abierto con la temperatura.

Ilustración 23: Efecto de temperatura en el módulo fotovoltaico



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

### 1.6.7. Especificaciones técnicas comunes

- ✚ Potencia máxima ( $P_{max}$ ): Se refiere a la potencia máxima entregada por el módulo, aludiendo al punto de máxima potencia que fue descrito en la curva característica del módulo (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Potencia mínima garantizada ( $P_{min}$ ): Potencia mínima que entregaría el panel bajo ciertas condiciones (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Tolerancia de potencia a la salida: Máxima variación que podría presentar el módulo fotovoltaico en la potencia de salida (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ ): Voltaje que presenta el módulo en sus terminales sin carga conectada (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Corriente de corto circuito ( $I_{sc}$ ): Corriente que circularía por el panel si se presenta la condición de corto circuito en sus terminales (Chercca Ramírez, 2014).

- ✚ Voltaje para máxima potencia ( $V_{mp}$ ): Voltaje generado cuando el panel opera en el punto de máxima potencia (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Corriente para máxima potencia ( $I_{mp}$ ): Corriente producida cuando el panel opera en el punto de máxima potencia (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Temperatura de operación normal de la celda: Temperatura a la cual la celda entrega sus valores nominales (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Voltaje máximo del sistema: Se refiere al aislamiento del sistema.
- ✚ Fusible de protección: Debe de contar con el dato de corriente a la cual opera el fusible de protección del módulo (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Tipo de celda y dimensiones: Debe contener información básica sobre el tipo de celda que contiene el módulo y sus dimensiones, regularmente están dadas en milímetros (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Número de celdas contenidas en el módulo.
- ✚ Dimensiones del módulo: largo, ancho y profundidad.
- ✚ Peso del módulo.
- ✚ Tipo de conector con el que cuenta el módulo.
- ✚ Eficiencia del módulo.
- ✚ Certificaciones: Debe contar con certificaciones según estándares de la norma vigente del lugar donde será instalado (Chercca Ramírez, 2014).
- ✚ Condiciones estándar de prueba: Masa de aire (AM), radiación y temperatura (Chercca Ramírez, 2014).

### 1.7. Orientación de los Módulos Fotovoltaicos:

Los módulos fotovoltaicos se colocan generalmente sobre los techados o en patios. Un aspecto fundamental es cerciorarse de que ningún objeto proyecte su sombra sobre los módulos, al menos en las horas centrales del día. La orientación de los módulos se define a partir de dos ángulos principales:

- ✚ Angulo azimutal de la superficie ( $\delta$ ): ángulo entre la proyección de la normal a la superficie en el punto horizontal y la dirección sur-norte (para

localizaciones en el hemisferio norte) o norte-sur (para localizaciones en el hemisferio sur) (Chercca Ramírez, 2014).

- ✚ Inclinación ( $\beta$ ): ángulo entre el plano de la superficie a considerar y la horizontal (Chercca Ramírez, 2014).

La máxima captación en los colectores solares con estructura y orientación fija, se logra colocando los modulo dirigidos hacia el Sur en el caso de una región en el hemisferio Norte, y hacia el Norte en el caso de ubicaciones en el hemisferio Sur ( $\delta = 0^\circ$ ). Con dicha orientación, la máxima captación en promedio anual se obtiene inclinando los paneles un ángulo igual a la latitud de la región en que se instalan. Las variaciones en la inclinación de  $15^\circ$  respecto al ángulo óptimo producen una reducción aproximada del 2,5% en la capacidad de captación del panel (Chercca Ramírez, 2014).

Si se desea maximizar la captación de energía en las mañanas, el panel debería orientarse al Este ( $\delta = 75^\circ$ ) con una inclinación mayor de la acostumbrada (mayor que la latitud). En lugares en que existe asimetría de radiación solar en las mañanas y en las tardes, por ejemplo, por el aumento de nubosidad en las tardes, provocan que el máximo de captación, no se logre con azimutal  $= 0^\circ$ , sino con una orientación ligeramente hacia el Este (Chercca Ramírez, 2014).

En cualquier caso, es recomendable una inclinación mayor de  $10^\circ$ , para que el agua de lluvia pueda circular adecuadamente sobre el panel. Si se asumen algunas pérdidas, en muchos casos pequeñas, se tiene un abanico más amplio de posibilidades de orientación, lo que puede facilitar la instalación y mantenimiento de los módulos (Chercca Ramírez, 2014).

Pero siempre debe buscarse que la orientación sea lo más cercana a la orientación que maximiza la captación anual ( $\delta = 0^\circ$ ,  $\beta = \text{latitud} > 10^\circ$ ).

En el caso de estudio, por estar ubicados en el Departamento de Arequipa Perú, se encuentra en el hemisferio sur, por lo que deberíamos orientar el sistema hacia el norte, y sobre la inclinación debemos aplicar lo que dice la norma EM080 agregar a la latitud  $10^\circ$  (Chercca Ramírez, 2014).

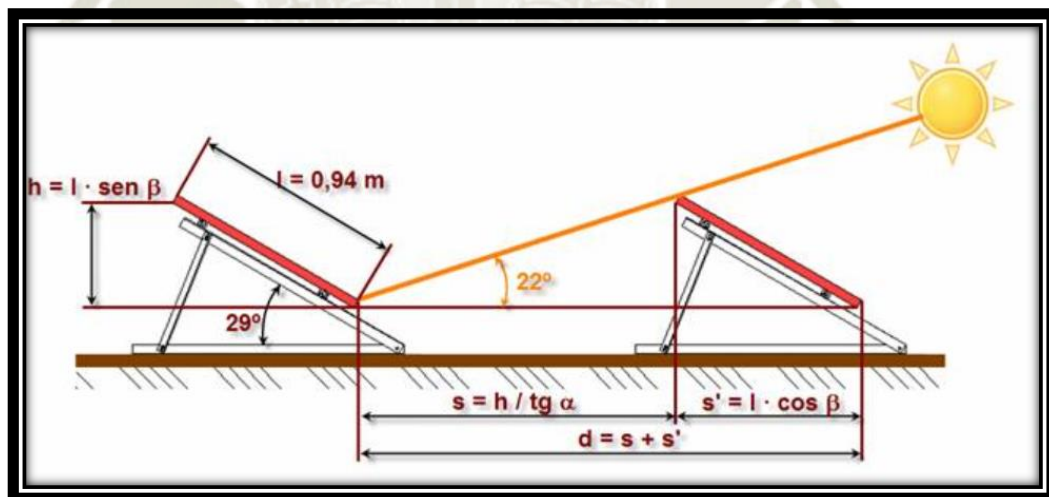
### 1.8. Cálculo de sombras:

Las sombras causadas por obstáculos circundantes varían a lo largo del día, dependiendo de la latitud del lugar, la fecha y la hora; causando pérdidas de radiación solar en los captadores. Existen distintos tipos de sombreados:

1. Entre captadores de la instalación solar
2. Por edificios, árboles, montañas, etc.

La distancia mínima entre líneas de colectores debe de ser la adecuada para que la sombra de la arista superior de una fila se proyecte, como mucho, sobre la arista inferior de la siguiente. Este cálculo se debe realizar al mediodía solar del día más desfavorable cuando la altura solar sea mínima. Habitualmente en el día más desfavorable del periodo de utilización, la instalación no ha de tener más del 5% de la superficie útil de captadores cubierta por sombras. En la siguiente ilustración se puede observar cual es la distancia mínima entre paneles (Chercca Ramírez, 2014).

Ilustración 24: Distancia mínima entre paneles solares



Fuente: (Ikaskuntza Birtual eta Digitalizatuen LHII, 2019)

### 1.9. Generador fotovoltaico

El conjunto de módulos o paneles fotovoltaicos conectados entre sí constituye el generador fotovoltaico. El objetivo de esta configuración especial es obtener las características de tensión y potencia deseada de acuerdo con las necesidades de nuestro sistema.

### 1.10. Cables de conexionado

Es el componente indispensable para el transporte de energía eléctrica entre los diferentes bloques del sistema fotovoltaico. Como es inevitable que ocurra la pérdida de energía en forma de calor debido a que la resistencia eléctrica del conductor nunca es nula, la elección de un cable conductor representa un compromiso entre un valor bajo la resistencia y el coste del mismo. Dentro de la gama de materiales existentes, el cobre presenta una buena solución, al ser un material ligero, lo que favorece su empleo para este tipo de sistemas de energía eléctrica (Ubau, 2015).

## 2. ENERGIA EOLICA

La energía eólica es la energía renovable obtenida de la fuerza del viento, mediante la energía cinética generada por las corrientes de aire, las mismas que mueven las palas u el objeto de un aerogenerador el cual a su vez convierte la energía cinética en energía eléctrica.

El término eólico viene del latín Aeolicus, perteneciente o relativo a Éolo o Eolo, dios de los vientos en la mitología griega y que quiere decir perteneciente o relativo al viento (Osinergmin, 2019).

La energía del viento está relacionada directamente con el movimiento de la masa de aire que se desplaza de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales (gradiente de presión), también está relacionado con la superficie terrestre y el movimiento de la tierra. Esto se origina gracias a la radiación solar que impacta en el planeta; más adelante se explicará a detalle.

La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos de aspas. En las últimas décadas, el aprovechamiento de la energía eólica ha progresado hasta convertirse en uno de los pilares fundamentales del suministro de energía renovable (Osinergmin, 2019).

### 2.1. Energía eólica en el Perú

Hoy en día el rendimiento de las instalaciones eólicas se ha multiplicado por 3 en relación con la velocidad del viento. Para poder aprovechar al máximo la energía eólica, estos equipos se asientan sobre torres lo más altas posible. Las mayores instalaciones eólicas del momento tienen una potencia nominal que se sitúa entre los 4 y 6 megavatios (MW). La altura total llega a alcanzar los 200 metros, con una altura

de buje de 120 metros aproximadamente. Las palas del rotor alcanzan los 65 metros. Según el Atlas Eólico del Perú, nuestro país cuenta con un excelente recurso eólico. Destacan las costas del departamento de Piura, Lambayeque y algunas zonas de La Libertad. También destacan los departamentos de Ancash, Lima y Arequipa, pero el departamento con más posibilidades eólicas es Ica (Osinergmin, 2019).

En julio del 2018, Enel Green Power Perú, inauguró en Ica la planta de energía eólica más grande del territorio nacional, Wayra I con 132 MW. Fueron US\$165 millones los que consolidaron a la empresa como la principal generadora de energía renovable del Perú (Wayra I se suma a varios otros proyectos). Tan solo dos meses atrás, la española Grenenergy inició la construcción de la primera planta eólica en la sierra (en Cajamarca), que correrá en paralelo con otra que será desarrollada en el norte (Macera, 2018).

El Perú es uno de los países de Latinoamérica más interesantes para realizar proyectos de generación eléctrica con energía eólica; en otras palabras, el Perú es un atractivo de energías renovables.

Pero a pesar del interés de empresas extranjeras en el potencial que tiene el territorio nacional para generación energética limpia, lo cierto es que la legislación peruana actualmente no reconoce para este tipo de energía lo que se conoce como “potencia firme”, indicador de confiabilidad y garantía para los distintos tipos de fuentes energéticas (Macera, 2018).

A continuación, mostraremos el potencial de energía eólica del que dispone el Perú según el Atlas del Perú. Es necesario mencionar que, el ministerio de energías y minas en el año 2008 elaboró un estudio preliminar para determinar el potencial eólico a nivel nacional a través del desarrollo de un Atlas Eólico. Dicho estudio se realizó basado en técnicas de modelización meso y micro-escalares, combinando la utilización de un modelo de simulación atmosférica para reproducir los patrones de viento a gran escala, a través de un modelo de viento micro-escalar que responda a las características del terreno y la topografía. (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016)

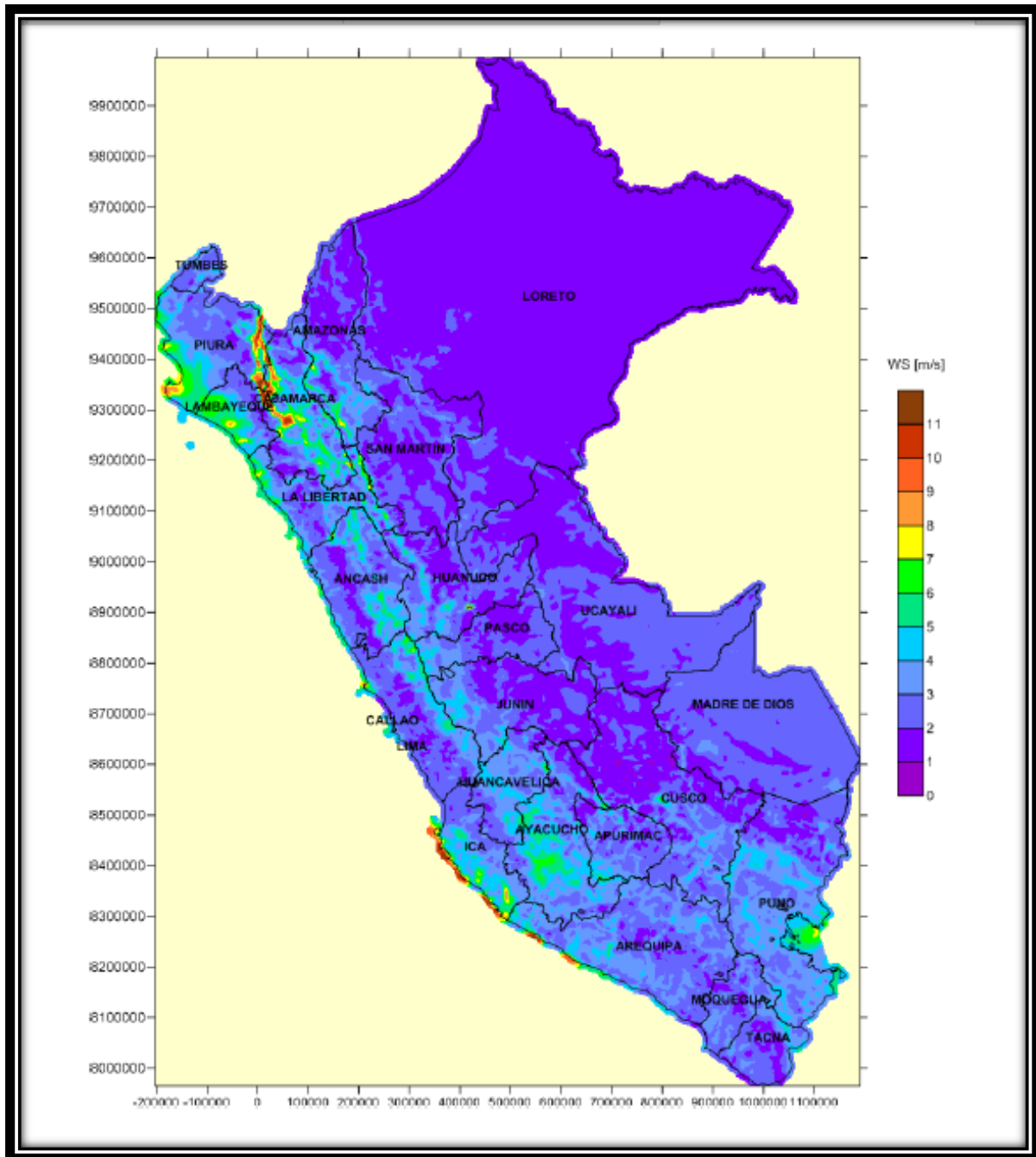
El objetivo del nuevo Atlas Eólico es actualizar el anterior realizado en el año 2008 así como promover el fortalecimiento de las capacidades del sector para evaluar el aprovechamiento de la energía eólica con fines energéticos.

El nuevo Atlas Eólico del Perú del 2016 consta de una aplicación Web-GIS, así como de una serie de mapas que pueden verse en los Anexos C a J del presente documento. El desarrollo de este nuevo Atlas permite conocer el recurso eólico en todo el territorio del Perú (incluyendo 2 millas náuticas desde la costa) con una gran resolución (1 km), de forma on-line mediante la aplicación Web-GIS, mientras que los mapas proporcionan una visión general del recurso eólico medio (tanto anual como mensual) en todo el Perú (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016).

A continuación, mostraremos la velocidad media anual del viento a 25 metros de altura:



Ilustración 25: Velocidad media anual del viento en el Perú



Fuente: (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016)

La imagen anterior se muestra claramente que la velocidad del viento en el departamento de Arequipa es baja. A continuación, se mostrará el mapa de la velocidad del viento en el centro poblado de Chaucalla donde se realizará este proyecto. En este mapa se observa que el promedio de la velocidad del viento 16 m de altura, es de 4 m/s.

Ilustración 26: Velocidad del viento de Chaucalla



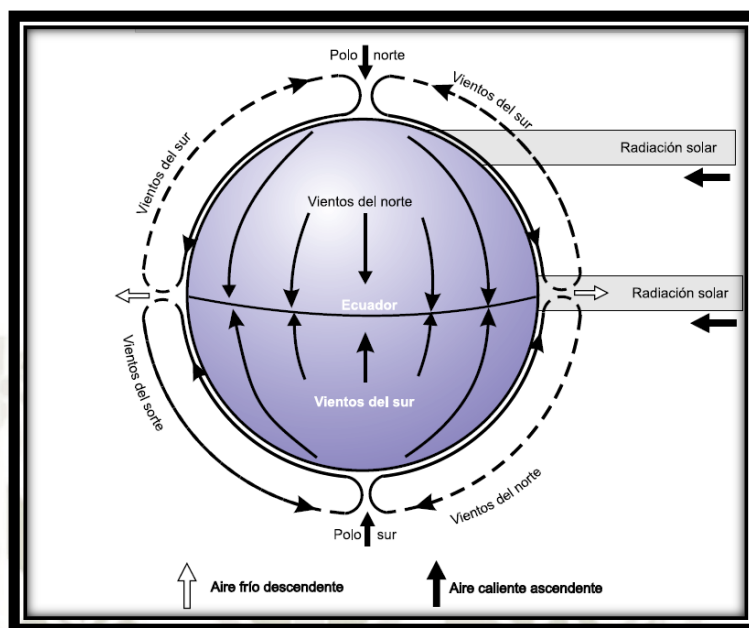
Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2019)

## 2.2. Origen del viento

El viento es una consecuencia de la radiación solar. Debido, fundamentalmente, a la redondez de la Tierra se originan diferencias de insolación entre distintos puntos del planeta. En los polos, los rayos solares inciden oblicuamente, por lo que calientan menos la superficie de la Tierra.

Los rayos solares inciden perpendicularmente en el ecuador y calientan más la superficie de la Tierra, ya que se reparten sobre una superficie más pequeña que en los polos. Estas diferencias de insolación dan lugar a diferentes zonas térmicas que provocan diferencias de densidad en las masas de aire. En el ecuador, el aire al calentarse se hace más ligero (menos denso) y asciende a las capas altas de la atmósfera dejando tras de sí una zona de baja presión; en los polos, el aire es más pesado (más denso) y desciende aumentando la presión. El aire que envuelve a la Tierra, como cualquier gas, se mueve desde las zonas de mayor presión atmosférica (mayor densidad) a las de menor presión; es decir, si la Tierra no girase y su superficie fuese homogénea el aire se movería desde los polos al ecuador por las capas bajas de la atmósfera y del ecuador a los polos por las capas altas siguiendo un ciclo de movimiento de aire en cada hemisferio (observar la siguiente ilustración). Este aire en movimiento horizontal es el viento (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

Ilustración 27: Circulación atmosférica general



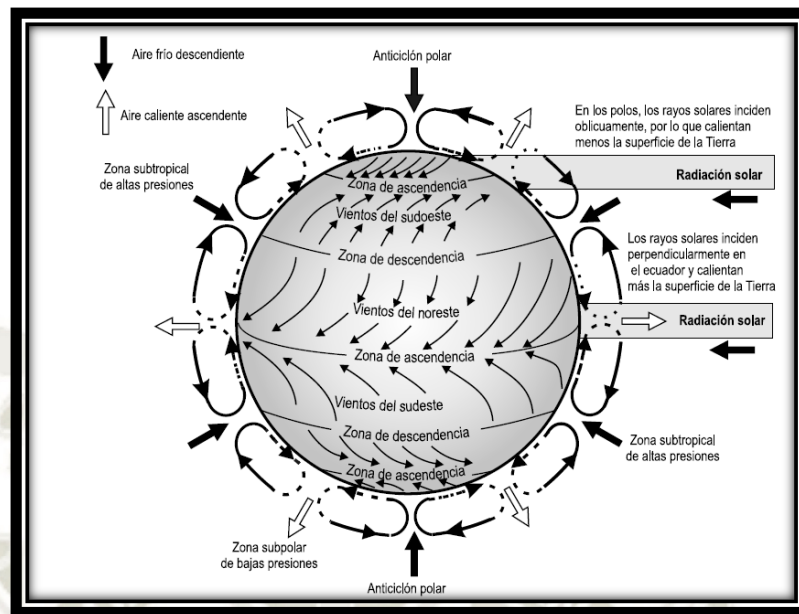
Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

Si se tiene en cuenta el movimiento rotacional de la Tierra, el modelo de circulación global del aire sobre la misma se complica. El movimiento de rotación de la Tierra da lugar a la aparición de las fuerzas de Coriolis, las cuales actúan sobre la masa de aire en movimiento desviándola hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur.

Estas fuerzas originan los denominados vientos de poniente (del oeste) y alisios (del este). En la siguiente ilustración se muestra como el conjunto de factores que influyen sobre la masa de aire (sin tener en cuenta las estaciones y en ausencia de continentes), da lugar a que el ciclo de movimiento de aire en cada hemisferio se descomponga en tres ciclos independientes.

Además, la circulación global se ve perturbada por la formación de torbellinos que se generan en las zonas de interrelación de los diferentes ciclos (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

Ilustración 28: Efecto de la fuerza Coriolis en la circulación atmosférica.



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

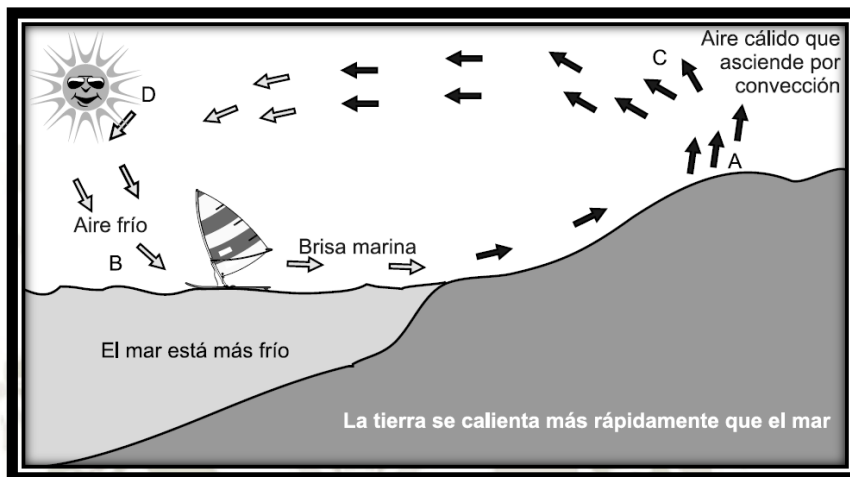
Respecto al modelo descrito es necesario aclarar que la circulación global del aire sobre el planeta es mucho más compleja, ya que en ella intervienen muchos factores. Entre los factores que intervienen se pueden señalar la composición de la Tierra en océanos y continentes (con diferentes calores específicos —indicador de la cantidad de calor que puede almacenar la materia por unidad de masa, kcal/kg), el movimiento de traslación de la Tierra en torno al Sol, que hace que la intensidad de la radiación solar recibida por las diferentes zonas de la Tierra sea distinta según las estaciones del año, la topografía de los continentes que constituyen obstáculos que modifican el comportamiento del viento y las perturbaciones atmosféricas.

Los vientos generales que circundan el globo terrestre se llaman macro climáticos. Esto es debido a la orografía del terreno y las diferencias de presión varían sus características, lo que origina los vientos llamados micro climáticos o locales. Estos últimos pueden ser clasificados en: vientos inducidos térmicamente, vientos inducidos por la orografía y vientos generales influenciados por los efectos climáticos locales.

Entre los vientos inducidos térmicamente pueden señalarse las brisas marinas y las corrientes valle-montaña. Las brisas marinas se originan como consecuencia de los distintos calores específicos, y la diferente velocidad de calentamiento y

enfriamiento del mar y la tierra. Durante el día (observar siguiente ilustración), la tierra se calienta más rápidamente que el mar, haciendo que el viento sopla del mar a la tierra (mediodía y tarde).

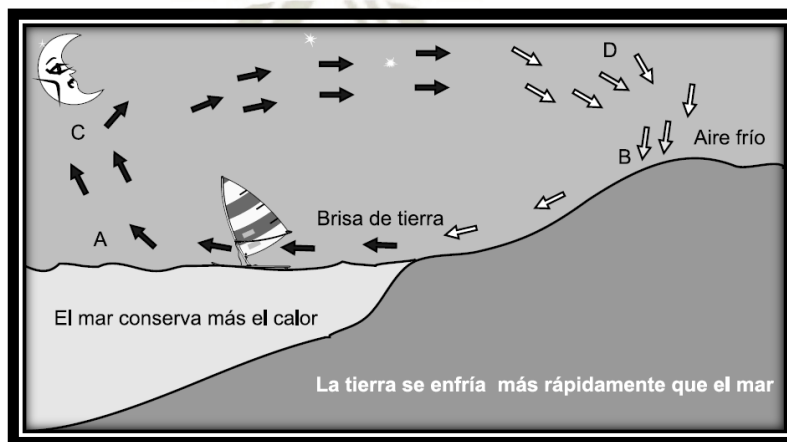
Ilustración 29: Brisa marina (medio día y tarde)



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

Por la noche y al amanecer el viento sopla hacia el mar, ya que la tierra se enfría más rápidamente que el mar (observar siguiente ilustración). Los vientos valle-montaña se producen por un proceso parecido. Unas laderas reciben más insolación que otras, en función de su pendiente y orientación. Estos vientos soplan durante toda la noche desde la montaña al valle y desde el valle a la montaña durante el día. Las brisas son vientos de poca velocidad, aunque alcancen en ciertos sitios hasta los 13 m/s.

Ilustración 30: Brisa marina (noche y amanecer)

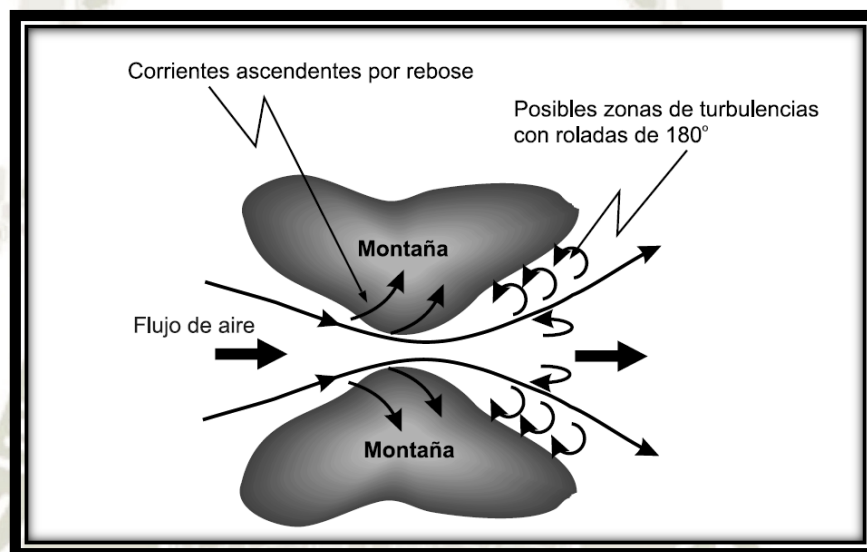


Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

Los vientos inducidos por la orografía dependen del obstáculo y su orientación. El aire que se desplaza en la proximidad de la superficie terrestre debe sortear los innumerables obstáculos que encuentra a su paso, cambiando en mayor o menor medida sus características.

Si la distribución orográfica es tal que hay dos zonas montañosas próximas (observar siguiente ilustración), el flujo de aire se ve obligado a penetrar por un estrecho canal.

*Ilustración 31: Flujo de aire entre dos montañas*

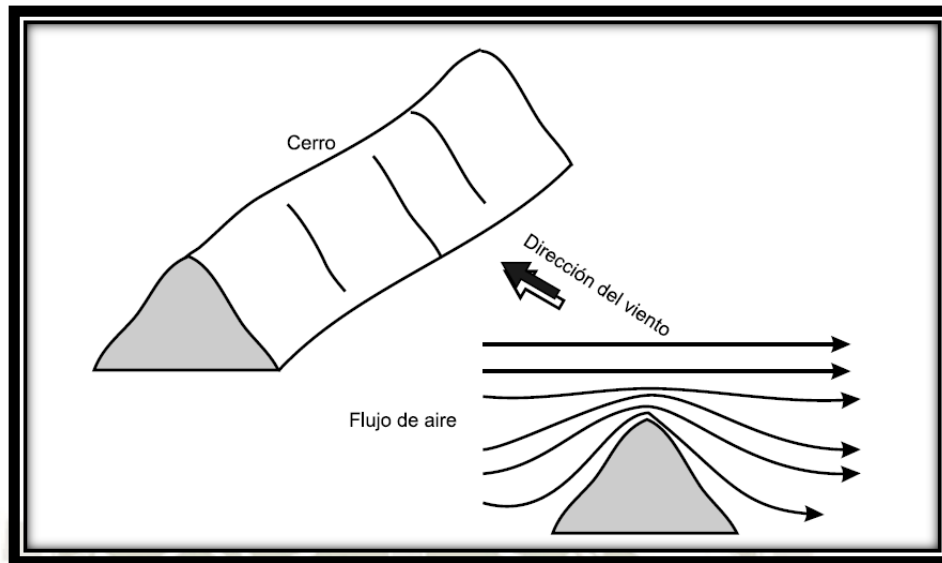


Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

El teorema de Bernoulli establece que la velocidad de un fluido aumenta cuando la sección por la que pasa disminuye. Por tanto, en este caso, como la sección por la que discurre el aire entre las dos montañas es mucho más estrecha que fuera y las líneas de corriente están muy próximas, la velocidad aumenta. Los Pirineos y los Alpes forman una especie de embudo, y cuando los vientos en el extremo del embudo llegan al Mediterráneo, salen a gran velocidad.

Por el mismo efecto de Bernoulli, encima de las montañas el viento aumenta de intensidad (observar siguiente ilustración). Inversamente, en un valle el viento disminuye (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

Ilustración 32: Flujo de aire con obstáculo montañoso



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

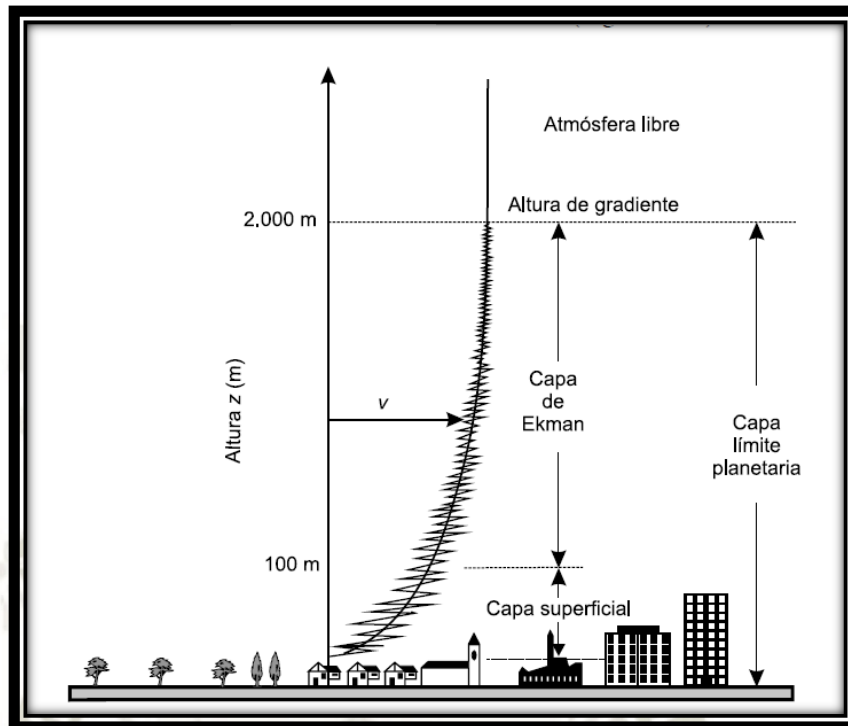
De forma general, se puede considerar que los factores que influyen en el régimen de vientos en una zona determinada son:

- ✚ Situación geográfica.
- ✚ Características climáticas locales.
- ✚ Topografía de la zona.
- ✚ Irregularidades del terreno (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

### 2.3. Variación del viento

En la explotación de la energía eólica debemos tener en cuenta un fenómeno que ocurre; esto se refiere al incremento de la velocidad media del viento con la altura. En la siguiente ilustración mostraremos este fenómeno.

Ilustración 33: Capa límite de la atmósfera



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

Debido a la fricción de la masa de aire que fluye sobre la superficie de la Tierra, la velocidad del viento disminuye desde un valor imperturbado a gran altura, llamada altura de gradiente y típicamente alrededor de 2.000 m, hasta cero sobre el suelo.

Los cambios en la velocidad del viento a la altura de gradiente solo dependen del campo de presiones y de la latitud. La capa límite planetaria puede considerarse que consiste en un número de capas, cada una gobernada por un diferente conjunto de parámetros de flujo. Sin embargo, de éstas es la capa límite superficial y las capas de Ekman las que son de interés para los diseñadores estructurales.

La capa límite superficial, que se extiende desde el suelo hasta una altura aproximada de 100 m, es la región donde la variación de la tensión cortante puede despreciarse y en su interior van a quedar instaladas las turbinas eólicas (ilustración anterior).

Solo las medidas realizadas, por lo menos, a la altura del eje del rotor de la turbina, cuya energía se desee evaluar, proporcionarán una suficiente precisión para hacer un cálculo responsable del valor del recurso eólico. Sin embargo, para estimaciones preliminares un posible planteamiento que reduce el costo de realizar medidas a

alturas elevadas, consiste en usar las medidas del viento realizadas a una altura de referencia y extrapolarlas hasta la altura del eje del rotor de la turbina.

Dos modelos matemáticos o leyes se han usado comúnmente para cuantificar el perfil vertical de la velocidad del viento en regiones de terreno plano homogéneo. Estas son la ley logarítmica y la ley potencial. La primera puede ser obtenida teóricamente de los principios básicos de mecánica de fluidos e investigaciones atmosféricas. Se deriva de una combinación de investigaciones teóricas y semi-empíricas. Es válida sobre un gran rango de altitudes e incorpora el fenómeno de estabilidad atmosférica. En el caso particular de atmósfera neutra la ley logarítmica viene dada por la siguiente ecuación (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

*Ecuación 6: Ley Logarítmica para la velocidad del viento.*

$$V = V_0 * \left( \frac{\ln \left( \frac{H}{z_0} \right)}{\ln \left( \frac{H_0}{z_0} \right)} \right)$$

Donde  $V$  y  $V_0$  son las velocidades del viento a las alturas  $H$  y  $H_0$  y  $z_0$  es la rugosidad del terreno.

Por contraste, la ley potencial, es empírica y su validez está generalmente limitada a las más bajas elevaciones de la atmósfera. Debido a su simplicidad, sin embargo, la ley potencial es el modelo más comúnmente usado para describir las variaciones de la velocidad del viento en elevaciones sobre el suelo, aunque los intentos para incorporar nuevos parámetros en ella para describir características de fluidos más complicados han dado lugar también a una sustancial complejidad.

*Ecuación 7: Ley potencial para la velocidad del viento*

$$V = V_0 \left( \frac{H}{H_0} \right)^\beta$$

El  $\beta$  es un exponente que representa una forma de medida del rozamiento superficial encontrado por el viento. En la siguiente ilustración se indican valores de  $\beta$  y  $z_0$  en función de diversas rugosidades.

Ilustración 34: Valores de  $\beta$  y  $Z_0$  para distintas rugosidades

Tipo terreno	$\beta$	$z_0$ (m)
Liso (mar, arena, nieve)	0,10-0,13	0,001-0,02
Moderadamente rugoso (hierba, campos cereales, regiones rurales)	0,13-0,20	0,02-03
Rugoso (bosques, barrios)	0,20-0,27	0,3-0,2
Muy rugoso (ciudades, altos edificios)	0,27-0,40	2-10

Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

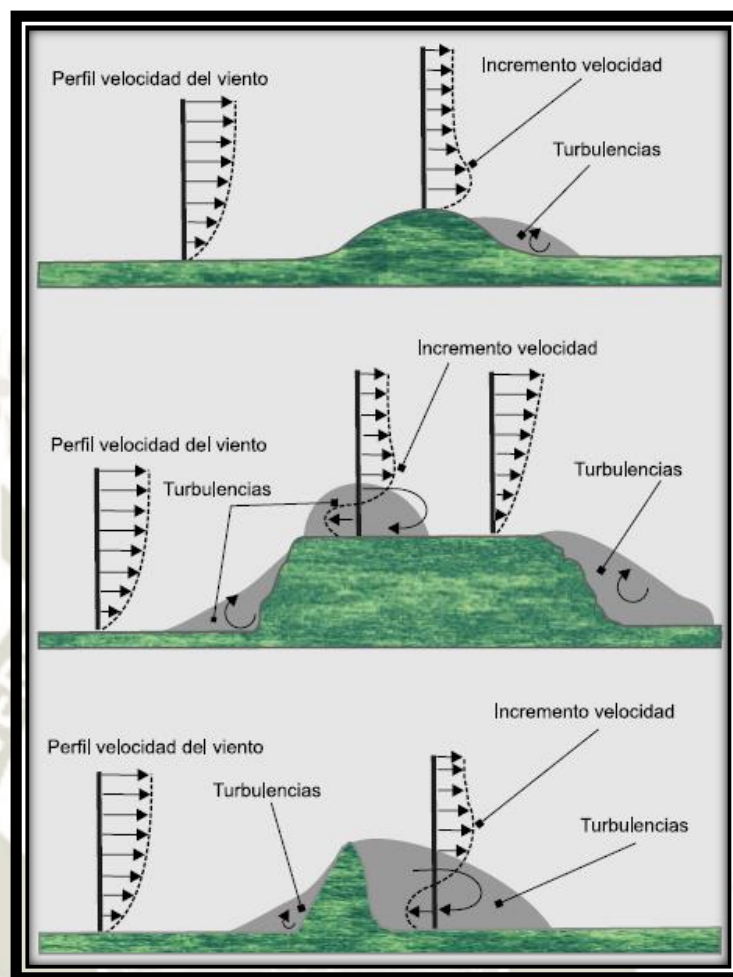
Hay que señalar que la intensidad del viento está influenciada por el relieve del terreno. El perfil de variación de los vientos con la altura puede cambiar sustancialmente su forma dependiendo del tipo de terreno.

Tal como se puede observar en la ilustración siguiente, la velocidad del viento puede incrementarse o pueden generarse turbulencias que den lugar al cambio de sentido de la velocidad del viento. Estas turbulencias pueden causar la fatiga de las palas de las turbinas eólicas.

Los relieves más beneficiosos corresponden a perfiles redondeados con pendientes suaves. Dichos perfiles tienen un efecto acelerador sobre la velocidad del viento.

Los perfiles más desfavorables corresponden a relieves bruscos con pendientes mayores de 30°. Las fuertes pendientes son zonas que propician la generación de turbulencias que dañan a los aerogeneradores y reducen la energía capturada por los mismos (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

Ilustración 35: Influencia del relieve sobre el perfil de la velocidad del viento



Fuente: (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

## 2.4. Potencia del viento

### 2.4.1. Ley de Betz

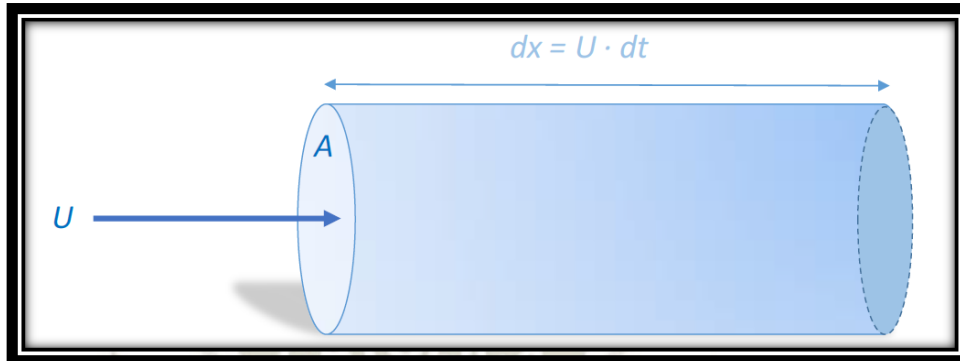
Un modelo teórico simple, generalmente atribuido a Betz (1926), puede ser utilizado para determinar la potencia de un rotor ideal, el empuje del viento y otras características. Este modelo está basado en la teoría de conservación del momento lineal desarrollada en el siglo XIX para predecir el comportamiento de las hélices propulsoras de barcos (Huamaní, 2006).

Los aerogeneradores aprovechan la energía cinética del viento para transformarla en energía mecánica y mediante un generador producir energía eléctrica.

Se puede deducir de manera sencilla la potencia que posee una corriente de viento uniforme para una determinada área A. Para ello partimos de un tubo de corriente

de sección recta  $A$ , perteneciente al campo fluido del viento uniforme de velocidad  $V$  (ver ilustración), (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016).

Ilustración 36: Flujo a través de un disco



Fuente: (Consorcio Vortex Barlovento, 2016)

La sección  $A$  está fija en el espacio y el fluido pasa a través de ella. El flujo que atraviesa el disco por unidad de tiempo según la ecuación de continuidad es:

Ecuación 8: Ecuación de continuidad

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d(\rho \cdot V)}{dt} = \rho \cdot A \cdot \frac{dx}{dt} = \rho \cdot A \cdot U$$

donde  $\rho$  es la densidad del aire que se considera constante en el tiempo.

Por otra parte, la energía cinética del aire que atraviesa el tubo es igual a:

Ecuación 9: Ecuación de energía cinética

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot U^2$$

La potencia (variación de energía por unidad de tiempo) será igual a:

Ecuación 10: Potencia

$$P = \frac{dE_c}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} \cdot m \cdot U^2 \right) = \frac{1}{2} \cdot U^2 \cdot \frac{dm}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot U^3$$

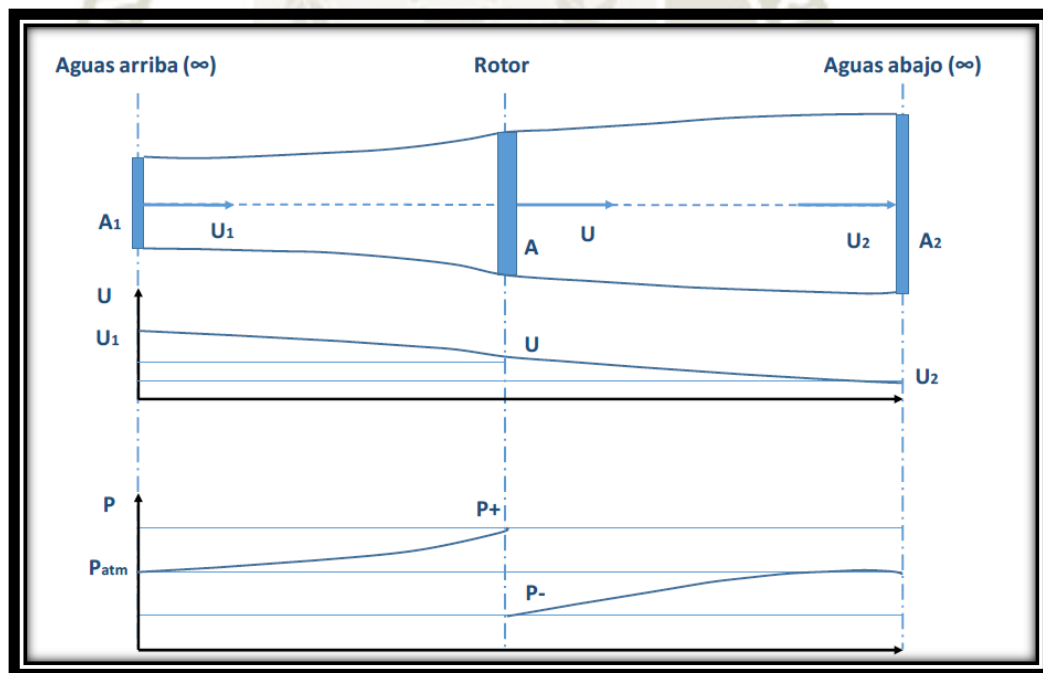
De esta expresión puede verse que la energía que puede extraerse del viento es proporcional al área del rotor del aerogenerador, a la densidad del aire y al cubo de la velocidad del viento.

No obstante, no todo el viento que atraviesa el área del rotor de un aerogenerador puede aprovecharse. Existe un límite físico, conocido como límite de Betz que establece la energía máxima extraíble por un aerogenerador.

Si se intenta extraer con un aerogenerador la energía del viento, se verá que su velocidad disminuye al traspasar la máquina, dado que el rotor de la turbina eólica debe frenar el viento para transformar su energía cinética en rotacional.

Dado que la cantidad de aire que pasa a través del área barrida por el rotor por unidad de tiempo debe ser igual a la que abandona el área del rotor por el otro lado, el aire ocupará una mayor sección transversal (diámetro) detrás del plano del rotor (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016).

*Ilustración 37: Flujo a través del rotor de un aerogenerador*



Fuente: (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016)

Puede demostrarse (mediante la ecuación de Bernouilli, la ecuación de continuidad y la de conservación de la masa) que en teoría el valor de la velocidad

del viento  $V$  en el plano del rotor es la semisuma de la velocidad incidente en el infinito aguas arriba  $U_1$  con la velocidad final aguas abajo en el infinito  $U_2$ .

*Ecuación 11: Velocidad del viento*

$$U = \frac{U_1 + U_2}{2}$$

Y por tanto la cantidad de masa que atraviesa el rotor por unidad de tiempo puede ponerse como:

*Ecuación 12: Cantidad de masa*

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d(\rho \cdot V)}{dt} = \rho \cdot A \cdot \frac{dx}{dt} = \rho \cdot A \cdot \frac{U_1 + U_2}{2}$$

La potencia extraída por el rotor:

*Ecuación 13: Potencia del rotor*

$$P = \frac{dE_c}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} \cdot m \cdot U^2 \right) = \frac{1}{2} \cdot (U_1^2 - U_2^2) \cdot \frac{dm}{dt}$$

Que sustituyendo en la expresión anterior:

Reemplazando ecuación 12 en ecuación 13

*Ecuación 14: Potencia del rotor*

$$P = \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot A \cdot (U_1^2 - U_2^2) \cdot (U_1 + U_2)$$

La potencia del viento incidente sobre el rotor sería:

*Ecuación 15: Potencia del viento*

$$P_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot U_1^3$$

Comparando ambos valores se obtiene la siguiente expresión:

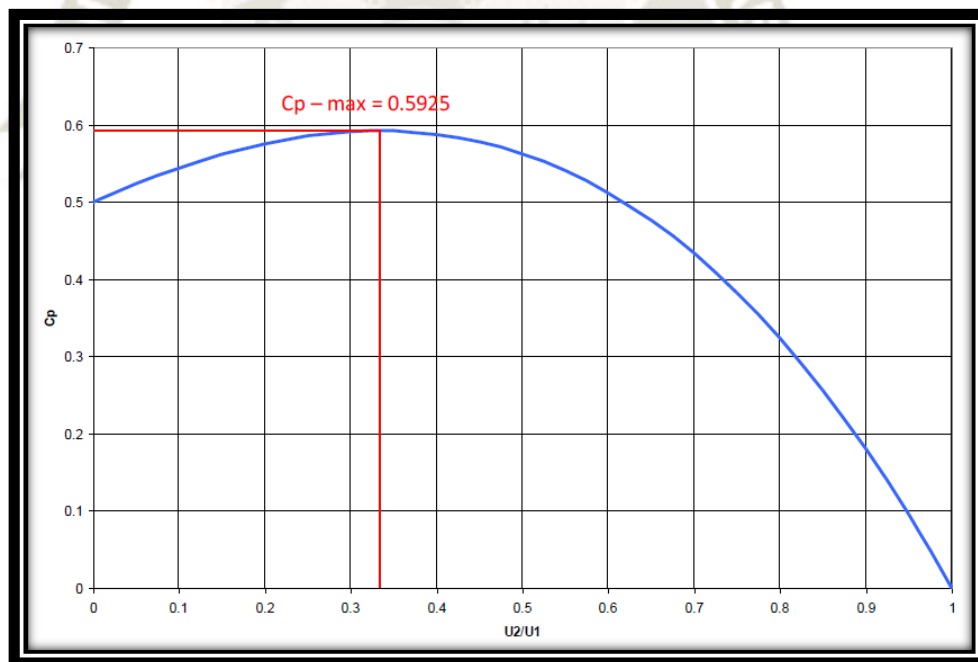
*Ecuación 16: Coeficiente de potencia*

$$C_p = \frac{P}{P_r} = \frac{1}{2} \cdot \left( 1 - \left( \frac{U_2}{U_1} \right)^2 \right) \cdot \left( 1 + \frac{U_2}{U_1} \right)$$

Este valor  $C_p$  se conoce como el coeficiente de potencia de un aerogenerador y representa el rendimiento con el cual funciona el mismo, expresa que cantidad de la potencia total que posee el viento incidente es realmente capturada por el rotor de dicho aerogenerador. Este valor no es constante, puesto que varía en función de las condiciones de funcionamiento del aerogenerador (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016).

La figura siguiente muestra el valor de  $C_p$  en función del cociente de velocidad  $U_2/U_1$ , como puede verse esta función alcanza un máximo para el valor  $16/27$  ( $\approx 0.59$ ), (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016).

*Ilustración 38: Límite e Betz*



Fuente: (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016)

### 2.4.2. Distribución de Weibull

El conocimiento de la distribución de probabilidades de velocidades de viento, es importante para determinar el potencial eólico disponible, además de obtener otros parámetros energéticos de interés (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016).

La expresión analítica más usada en estudios de energía eólica para representar la probabilidad de velocidades de viento, es la distribución de Weibull (función densidad de probabilidad), cuya forma general es:

*Ecuación 17: Distribución de Weibull*

$$P(U) = \left(\frac{k}{c}\right) \cdot \left(\frac{U}{c}\right)^{k-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right]$$

Donde  $P(U)$  representa la probabilidad estadística de que ocurra una determinada velocidad  $U$ ;  $c$  es el denominado factor de escala (unidades de velocidad) y  $k$  es el factor de forma (adimensional).

Esta distribución permite la evaluación de varias propiedades importantes de las características del viento en función de los parámetros  $c$  y  $k$ , puede calcularse por ejemplo la probabilidad de que existan velocidades de viento superiores a una dada mediante la expresión:

*Ecuación 18: Probabilidad estadística*

$$P(U \geq U_x) = \exp\left[-\left(\frac{U_x}{c}\right)^k\right]$$

La velocidad media y la distribución estándar de la distribución pueden calcularse mediante las expresiones:

*Ecuación 19: Velocidad media*

$$\bar{U} = c \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

*Ecuación 20: Distribución estándar*

$$\sigma^2 = c^2 \cdot \left[ \Gamma \left( 1 + \frac{2}{k} \right) - \Gamma^2 \left( 1 + \frac{1}{k} \right) \right]$$

Donde  $\Gamma$  es la función Gamma de Euler (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016).

## **2.5. Aerogenerador**

Como ya lo mencionamos líneas arriba un aerogenerador es un dispositivo electromecánico que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica. Normalmente las palas de un aerogenerador giran entre 13 y 20 revoluciones por minuto (rpm), según su tipo de tecnología, a una velocidad constante o bien a una velocidad variable, donde la velocidad del rotor varía en función de la velocidad del viento para lograr una mayor eficiencia.

El proceso comienza cuando el aerogenerador se posiciona para aprovechar al máximo la energía del viento, usando los datos registrados por la veleta y anemómetro y girando sobre su torre. Después, el viento hace girar las palas que se conectan a un rotor que a su vez se conecta a una multiplicadora que eleva la velocidad de giro a miles de revoluciones por minuto. Esta energía cinética se transfiere al generador que la convierte en energía eléctrica que es conducida por el interior de la torre hasta su base, luego sigue por la subestación para que eleve su tensión y continúa hasta la red eléctrica para su posterior distribución (Enel, 2019). También, se puede conectar al banco de baterías para luego entregarla a un sistema aislado, normalmente una zona rural, como es el caso que se observara en este documento.

### **2.5.1. Tipo de aerogeneradores**

Las clasificaciones más comunes de las turbinas eólicas tienen en cuenta el nivel de potencia, la disposición del eje de giro, la velocidad de giro del rotor y las características de operación.

Un concepto importante respecto a la clasificación de las turbinas eólicas es la velocidad específica ( $\lambda$ ). Esto se define como la relación entre la velocidad

tangencial debida a la rotación en el extremo más alejado de la pala y la velocidad del viento (Huamaní, 2006).

*Ecuación 21: Velocidad específica*

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{U}$$

Dónde:

$\omega$ : Velocidad de rotación del rotor, rad/s.

R: Radio del rotor, m.

U: Velocidad del viento, m/s.

#### **2.5.1.1. En función de la potencia:**

- + De pequeña potencia, hasta 10 kW
- + De mediana potencia, desde 10 kW hasta 100 kW
- + De gran potencia, superiores a 100 kW

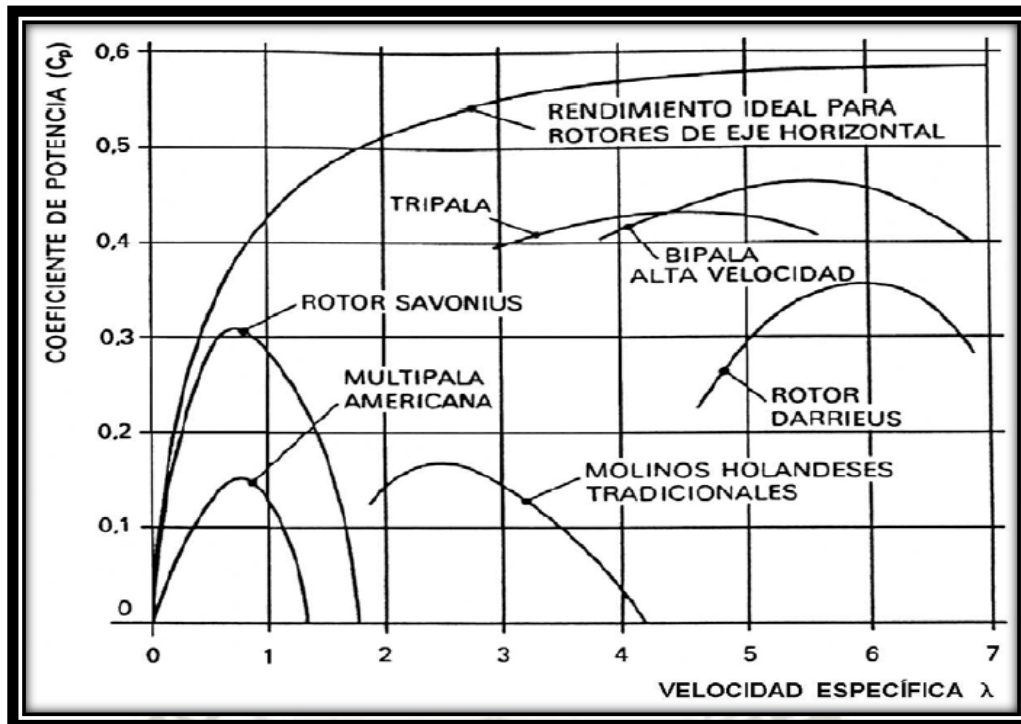
#### **2.5.1.2. En función de la velocidad de giro del rotor:**

- + Lentos
- + De velocidad intermedia
- + Rápidos

#### **2.5.1.3. En función de las características de operación $C_p$ vs $\lambda$ .**

En la siguiente ilustración se observa la ventaja del rotor tripala y bipala en el aspecto de la potencia pues tienen los mayores coeficientes de potencia, es decir, extraen mayor potencia del viento. Estos rotores han tenido mayor desarrollo. (Observar siguiente ilustración), (Huamaní, 2006).

Ilustración 39: Velocidad específica

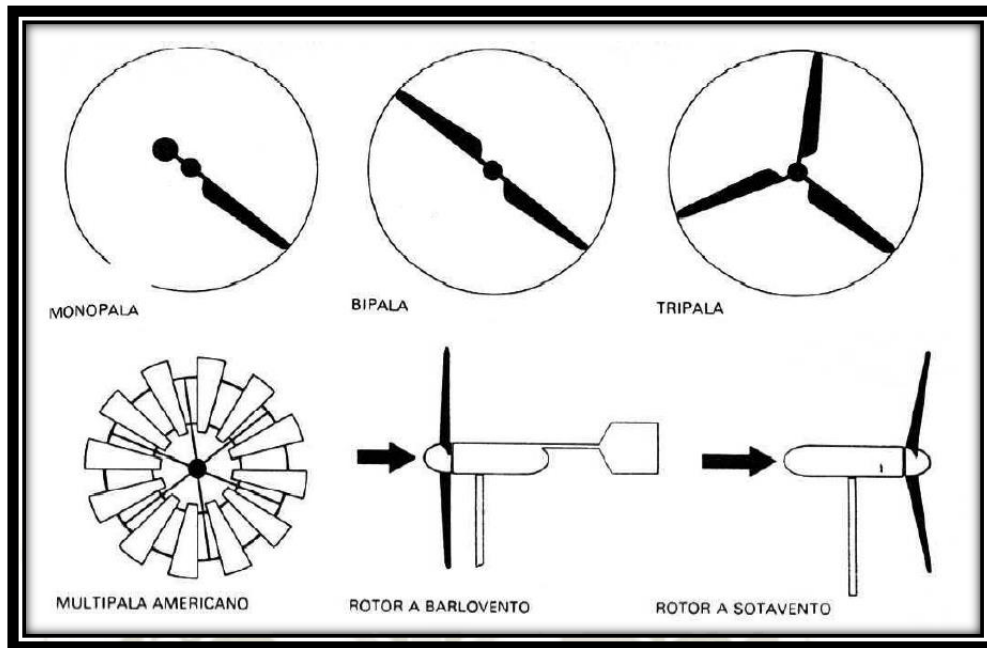


Fuente: (Huamaní, 2006)

#### 2.5.1.4. En función de la disposición del eje de giro:

- ✚ De eje horizontal: A este grupo pertenece la mayoría de turbinas eólicas. Son los rotores más extendidos, pues presentan mejores cualidades aerodinámicas, es decir un mejor aprovechamiento de la energía del viento. (Observar siguiente ilustración), (Huamaní, 2006).

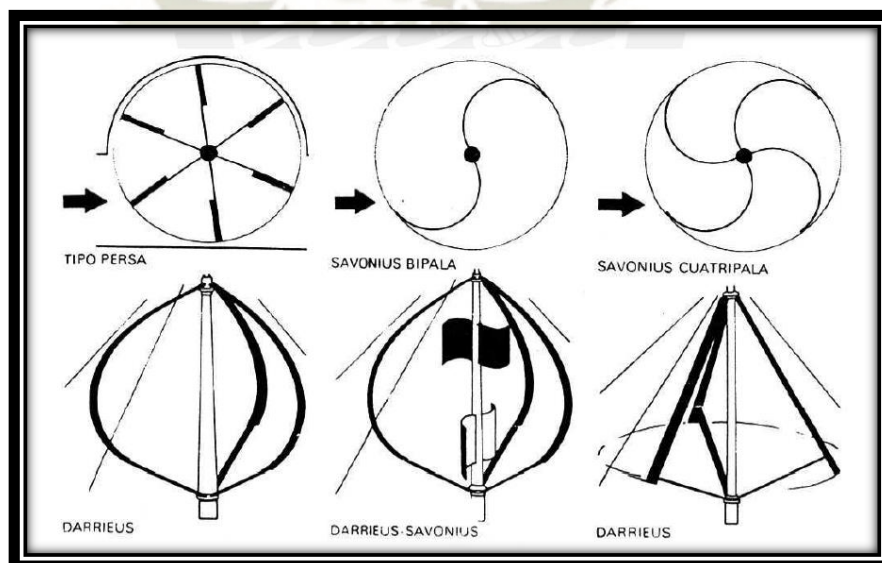
Ilustración 40: Rotores de eje horizontal



Fuente: (Huamaní, 2006)

- ✚ De eje vertical: La ventaja de estos rotores es que no requieren de sistema de orientación y se prefiere su uso en zonas donde el viento no mantiene una dirección más o menos estable. Sin embargo, su aprovechamiento de la energía del viento es bajo. (Observar siguiente ilustración), (Huamaní, 2006).

Ilustración 41: Rotores de eje vertical



Fuente: (Huamaní, 2006)

## 2.5.2. Partes de un aerogenerador

A continuación, detallaremos las partes que conforman un aerogenerador:

### 2.5.2.1. Torre:

Estructura que soporta el aerogenerador (góndola y el rotor), estas torres pueden ser tubulares (más seguras) o, de celosía (más baratas).

### 2.5.2.2. Turbina eólica:

Se encarga de captar energía cinética del viento y transformarla en energía mecánica en su eje. Los componentes principales de la turbina eólica son:

- a) Buje: Centro del rotor donde se encastran las palas.
- b) Eje de Buje: Eje de baja velocidad del aerogenerador conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno de 600 kW el rotor gira bastante lentamente, de unas 19 a 30 revoluciones por minuto (r.p.m.). El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos.
- c) Pala: Transforma por aprovechamiento aerodinámico la energía cinética del viento en energía mecánica en el eje del generador.

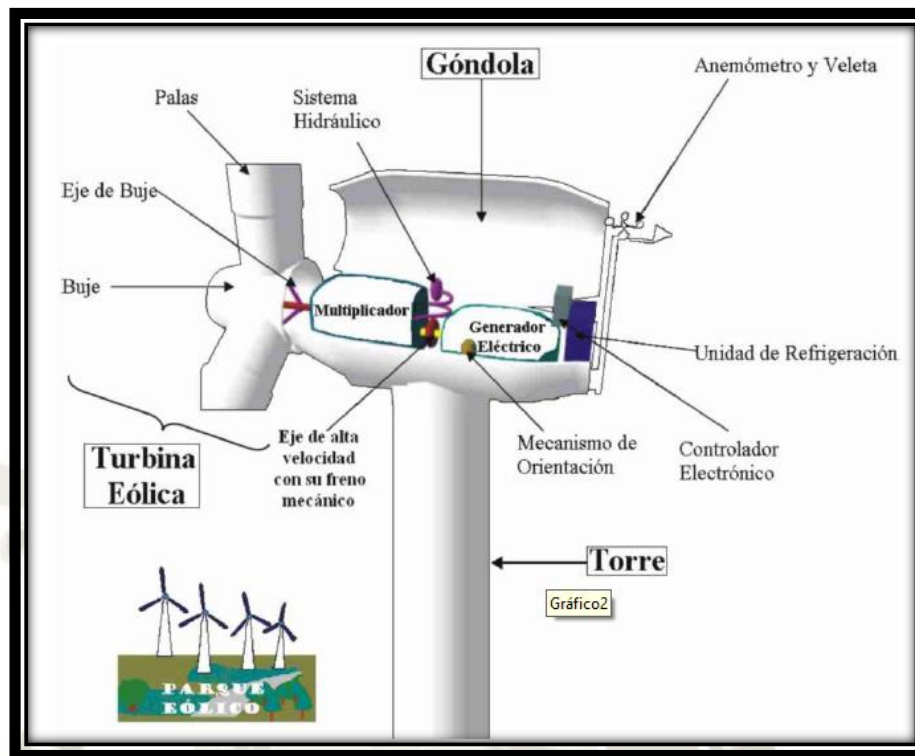
### 2.5.2.3. Góndola:

Ubicada en la parte superior del aerogenerador, dentro se encuentran el multiplicador, el generador eléctrico o el sistema de orientación, los 2 primeros son componentes claves del aerogenerador. Las palas, el rotor del aerogenerador y el buje están situados a la izquierda de la góndola. Los componentes principales son:

- a) Anemómetro: Mide la velocidad del viento, envía señales al controlador electrónico conectando el aerogenerador cuando el viento alcance la velocidad de arranque, Si la velocidad es superior a la de corte, el ordenador parará el aerogenerador para evitar los desperfectos (Chercca Ramírez, 2014).
- b) Controlador electrónico: Equipado con un ordenador para monitorear las condiciones del aerogenerador y controlar el mecanismo de orientación,

- en caso de disfunción automáticamente detiene el aerogenerador y da aviso al ordenador del operario encargado de la turbina. (Chercca Ramírez, 2014)
- c) Eje de alta velocidad con su freno mecánico: Gira aproximadamente a 1,500 revoluciones por minuto (r.p.m.) lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina (Chercca Ramírez, 2014).
  - d) Generador eléctrico: Transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Existen fundamentalmente 3 tipos de generadores: Generador asíncrono de jaula de ardilla, Generador asíncrono de rotor bobinado y Generador síncrono de imanes permanentes (Chercca Ramírez, 2014).
  - e) Multiplicador: Sistema mecánico encargada de elevar la velocidad de giro del sistema mediante un conjunto de engranajes comunica al eje arrastrado o de salida una velocidad de giro mayor que la del eje motor o, de entrada, desde la velocidad de la turbina (20-30 rpm) a la velocidad del generador (1000-1500 rpm), (Chercca Ramírez, 2014).
  - f) Mecanismo de Orientación: Utilizado para mantener el rotor de la turbina en posición contra el viento (perpendicular a la dirección del viento) para que a través del rotor pase la mayor proporción posible de energía eólica (Chercca Ramírez, 2014).
  - g) Sistema Hidráulico: Restaura los frenos aerodinámicos del aerogenerador (Chercca Ramírez, 2014).
  - h) Unidad de Refrigeración: Compuesta por un ventilador eléctrico y una unidad de refrigeración de aceite, el primero enfría el generador eléctrico y el segundo enfría el aceite del multiplicador, otras turbinas son enfriados por agua (Chercca Ramírez, 2014).
  - i) Veleta: Mide la dirección del viento, envía señales al controlador electrónico de forma que hace girar el aerogenerador en contra del viento utilizando el mecanismo de orientación (Chercca Ramírez, 2014).

Ilustración 42: Partes de un aerogenerador



Fuente: (Chercca Ramírez, 2014)

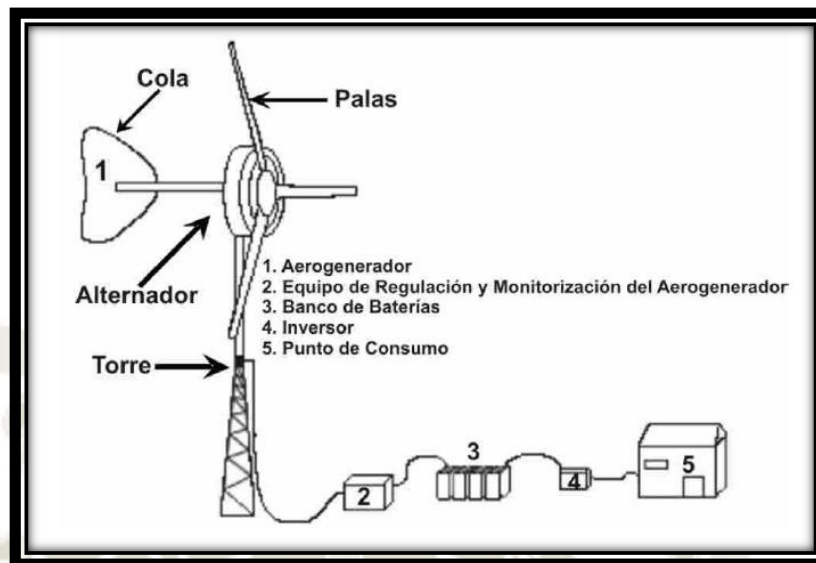
## 2.6. Equipo de regulación y monitorización del aerogenerador

Conjunto de resistencias de frenado y un regulador de carga, que desvía hacia el conjunto de resistencias los excedentes de energía que las baterías de la instalación no pueden asumir, evitándose de este modo que el aerogenerador tenga que estar funcionando en vacío y por lo tanto girando a velocidades peligrosamente elevadas, en los períodos de tiempo en que las baterías presentan elevados niveles de carga (Segundo sistema de seguridad). Además, de esto se debe tomar en cuenta el regulador de carga, las baterías y el inversor.

### 2.6.1. Punto de Consumo:

Lugares alejados o remotos y centros poblados que no están interconectados a la red eléctrica nacional.

Ilustración 43: Partes de un sistema eólico



Fuente: (Chercca Ramírez, 2014)

### 3. SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO SHEFV

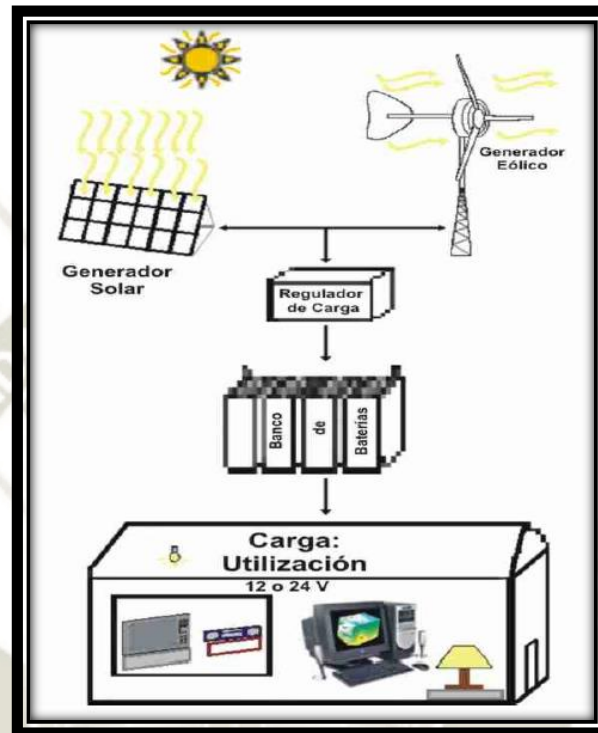
Este diseño está basado en energía renovable a base de dos recursos energéticos como la implementación de aerogeneradores de eje horizontal de mediana potencia y paneles solares. La implementación será con un sistema híbridos eólico-fotovoltaico aislado para generación de energía eléctrica que alimente a la población de la Chaucalla (Chercca Ramírez, 2014).

Para tal fin es necesario revisar los conceptos teóricos de cada componente técnico que involucra este proyecto, tales como las fuentes de energía solar que detallamos anteriormente, las tecnologías de equipos a utilizar, mecanismos de financiamiento, etc. Las energías renovables que se utilizan en el sistema híbrido eólico fotovoltaico-SHEFV son la energía eólica y la energía solar (Chercca Ramírez, 2014).

Este sistema autónomo basado en generadores eólico y paneles solares con almacenamiento por medio de baterías es una opción para suministrar electricidad las 24 horas del día alimentando pueblos remotos o áreas aisladas (emplazamientos remotos). Los sistemas eólico y solar son los sistemas que van a transformar las energías Eólica y Solar en energía eléctrica.

Para dimensionar un sistema híbrido es necesario identificar todas las combinaciones posibles que ofrecen un determinado nivel de satisfacción o fiabilidad (Chercca Ramírez, 2014).

Ilustración 44: Sistema híbrido eólico – fotovoltaico



Fuente: (Chercca Ramírez, 2014)

### 3.1. Inversor

El generador fotovoltaico produce corriente continua, la misma que tiene que ser transformada en corriente alterna para luego ser conectada a la red eléctrica. El inversor fotovoltaico es el que se encarga de realizar dicha transformación (Navas, 2010).

Los parámetros principales de un inversor son los que se detallan a continuación:

- ✚ Tensión nominal: Es la tensión a aplicar entre los bornes de entrada del inversor (Navas, 2010).
- ✚ Potencia nominal: Es la potencia que puede suministrada el inversor de forma continua. Se ha de tener en cuenta que la potencia del inversor debe ser tal que sea capaz de arrancar y operar en todas las cargas de instalación (Navas, 2010).

- ✚ Capacidad de sobre carga: Es la capacidad de suministrar una potencia superior a la nominal y el tiempo que esta situación se puede mantener (Navas, 2010).
- ✚ Eficiencia: Es la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización y la potencia eléctrica que consume el generador o las baterías (Navas, 2010).
- ✚ Forma de onda: Es la señal a la salida del inversor, se caracteriza por su forma de onda. El inversor más perfecto es el de onda senoidal; sin embargo, es el de mayor costo. Para determinadas aplicaciones (iluminación y motores pequeños) es suficiente uno de onda cuadrada (Navas, 2010).

Los inversores fotovoltaicos se clasifican generalmente de la siguiente manera:

### 3.1.1. Según su aplicación

- ✚ Sistemas Autónomos: Estos sistemas fotovoltaicos son utilizados en sistemas aislados o autónomos de la red eléctrica.
- ✚ Sistemas conectados a la red eléctrica: Estos sistemas fotovoltaicos son utilizados para conectar a la red eléctrica externa.

### 3.1.2. Según su onda

- ✚ Onda cuadrada: Característica de algunos inversores económicos de baja potencia, aptos para la alimentación exclusiva de aparatos resistivos con el de iluminación entre otros.
- ✚ Onda modulada: También característica de inversores de baja potencia, pero con un espectro de posibles elementos de consumo más grande que el tipo anterior, que incluye alumbrado, pequeños motores y equipos electrónicos no muy sensibles a la señal de alimentación.
- ✚ Onda senoidal pura: Este tipo de inversores proporcionan una forma de onda de salida que, a efectos prácticos, se puede considerar idéntica a la red eléctrica general, permitiendo así la alimentación de cualquier aparato de consumo o, en su caso, conexión a la red eléctrica.

Los inversores deben contar con un sistema de protección, con el objetivo de evitar daños al sistema fotovoltaico (Navas, 2010).

### 3.1.3. Características eléctricas del inversor

Por otro lado, los inversores tienen características eléctricas importantes que se deben tomar en cuenta para la selección de los mismos.

Una vez elegido el generador fotovoltaico, es necesario llevar la energía eléctrica generada hacia un inversor, para tener una señal de corriente alterna; sin embargo, para dimensionar el proyecto es necesario elegir el inversor más adecuado para la instalación, es decir se requiere de un inversor que sea capaz de recibir la potencia generada, y que además no sea insuficiente o exceda en demasía los requerimientos del sistema a instalar; por último, debe de suministrar el voltaje y corrientes demandados por el tipo de carga que será alimentada (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

#### 3.1.3.1. Entrada (CC):

- ✚ Potencia máxima de corriente continua.
- ✚ Voltaje máximo de corriente continua.
- ✚ Rango de tensión del seguidor de punto de máxima potencia(MPP)
- ✚ Voltaje nominal de corriente continua.
- ✚ Voltaje de corriente continua mínima / Voltaje inicial.
- ✚ Corriente máxima de entrada por string.
- ✚ Cantidad de seguidores de punto de máxima potencia.

#### 3.1.3.2. Salida (CA):

- ✚ Potencia nominal de corriente alterna.
- ✚ Potencia aparente máxima.
- ✚ Voltaje nominal de corriente alterna.
- ✚ Frecuencia de red.
- ✚ Corriente máxima de salida.
- ✚ Factor de potencia.
- ✚ Fases (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

### 3.1.3.3. Dispositivos de protección:

- ✚ Protección contra polarización y corrientes inversas.
- ✚ Seccionador de corriente continua.
- ✚ Resistencia a corto circuito.
- ✚ Monitoreo de corto circuito a tierra.
- ✚ Monitoreo de red (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

### 3.1.3.4. Dimensiones:

- ✚ Ancho.
- ✚ Alto.
- ✚ Profundidad.
- ✚ Peso (Martínez Gómez & Bautista Alamilla, 2012).

## 3.2. Regulador de carga

Es el equipo que controla los procesos de carga y descarga de la batería. Controla el proceso de carga evitando que, con la batería a plena capacidad, los módulos fotovoltaicos y los aerogeneradores sigan inyectando carga a la misma. Se lleva a cabo anulando o reduciendo el paso de corriente del campo fotovoltaico y frenando el aerogenerador. Controla el proceso de descarga evitando que el estado de carga de la batería alcance un valor demasiado bajo cuando está consumiendo la energía almacenada (Ubau, 2015).

Existen diferentes tecnologías en el diseño de los reguladores, entre las principales están:

- ✚ Modulación del ancho de pulso (PWM): Mediante el encendido y apagado de contactores, a una alta frecuencia utilizando MOSFETS u otro tipo similar de dispositivo, se logra controlar el nivel de voltaje que reciben las baterías desde el sistema de generación de energía. Uno de los problemas de este sistema es que puede causar interferencia radial.
- ✚ Control de carga escalonado: Este sistema se aplica en el caso de turbinas de viento y consiste en una serie de resistencias que pueden ser conectadas en

diferentes combinaciones de modo que la turbina no sea sometida a esfuerzos excesivos debido al súbito aumento en el torque de carga.

- ✚ Regulador “SHUNT”: Este sistema mayormente aplicado en turbinas de viento consiste simplemente en una resistencia colocada en paralelo con el aerogenerador, cuando la batería supera el límite permisible de voltaje la carga se conecta con el aerogenerador evitando que la batería reciba el exceso de energía y a la vez manteniendo el rotor en velocidades que no sean peligrosas estructuralmente. Este sistema ya no es utilizado por equipos comerciales a nivel internacional.

Para seleccionar un regulador, debemos conocer primero, la tensión de trabajo y la máxima intensidad de corriente que puede manejar. La tensión de trabajo puede ser de 12, 24 o 48 V. La máxima intensidad de corriente debe ser 20% más que la proporcionada por los paneles solares conectados al regulador.

Otras características importantes que pueden tener los reguladores de voltaje son:

- ✚ Evitar una descarga excesiva de las baterías por parte del usuario desconectando las cargas de consumo cuando se llega a esta situación.
- ✚ Sistema de reconexión ya sea manual o automático.
- ✚ Alarma de advertencia de baja carga de las baterías.
- ✚ Sistema automático para conexión y desconexión de la alarma (Huamaní, 2006).

Ilustración 45: Inversor



Fuente: (Chercca Ramírez, 2014)

### 3.3. Batería

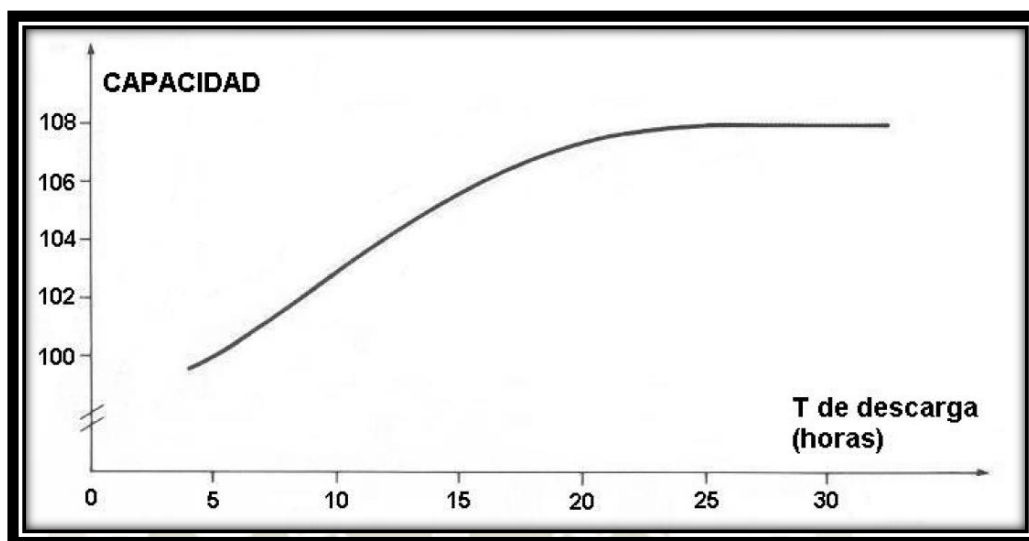
La función de las baterías es el almacenar energía para utilizarla de manera constante, es la única forma de almacenar energía eléctrica en sistema híbrido eólico fotovoltaico. Los tipos de baterías se agrupan en:

- ✚ Baterías de arranque: A este grupo pertenecen las baterías de automóvil, debido a su uso están diseñadas con placas gruesas preparadas para soportar cargas y descargas de alta corriente en cortos períodos de tiempo y son de corta vida útil.
- ✚ Baterías de tracción: Estas baterías están preparadas para soportar descargas moderadas en tiempos relativamente largos, tienen su campo de aplicación en motores que operan ininterrumpidamente como las fajas transportadoras.
- ✚ Baterías estacionarias: Son las baterías de ciclo profundo y se utilizan en sistemas eólicos y solares. Su característica principal es que soportan mayor descarga que los otros tipos de baterías pudiendo llegar hasta el 70% de su capacidad.

Los parámetros principales que describen a las baterías:

- ✚ Capacidad: Es la cantidad de energía que se le puede dar o recibir de ella. La unidad de carga es el Amperio-hora (A-h), (Huamaní, 2006).

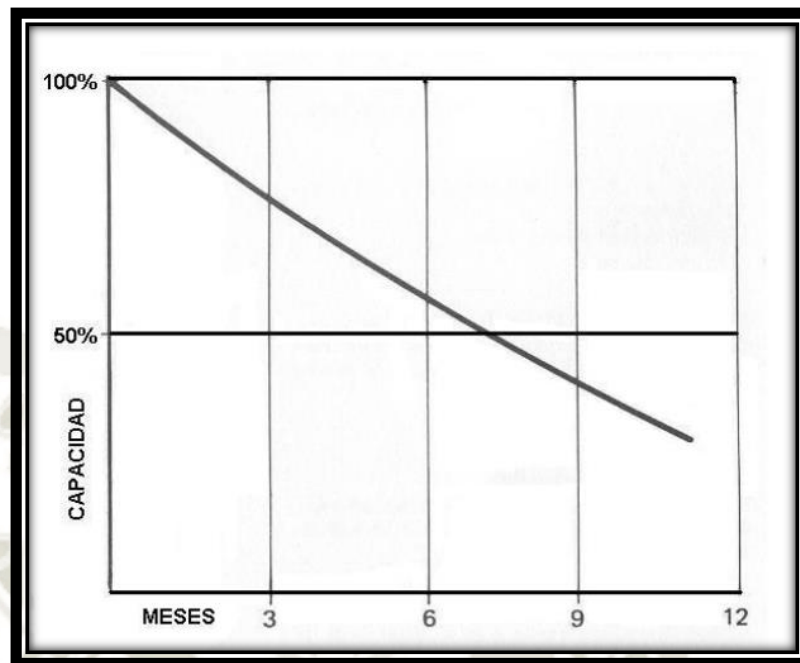
Ilustración 46: Capacidad en función de descarga en horas



Fuente: (Huamaní, 2006)

- + + + Grado de descarga: Es la capacidad en función del tiempo, es decir, la cantidad de energía que se puede obtener de una batería considerando el tiempo que se empleara en descargarla, esta capacidad es evidentemente variable. Usualmente se le designa como CT, por ejemplo, C10 representará la capacidad de la batería si es descargada en 10 horas.
- + + + Estado de carga: Es la cantidad de energía aun disponible en la batería. En el caso de baterías estacionarias este puede llegar hasta el 30%. Para baterías de arranque no debe sobrepasar el 80%.
- + + + Auto-descarga: Significa que la energía se pierde dentro de la batería, aún si no se le aplica carga alguna, y puede ser bastante rápida.

Ilustración 47: Curva característica de auto-descarga



Fuente: (Huamaní, 2006)

- ✚ Vida de la batería: Está definida como el número de ciclos después de los cuales la capacidad total de la batería cargada es sólo el 80% de lo que era al principio.
- ✚ Ciclo: El ciclo es una secuencia de carga y descarga. Un ciclo profundo significa que mucha energía ha sido liberada, por ejemplo, el 70%, y lo contrario es un ciclo superficial.

Como todo equipo las baterías presentan algunas desventajas, entre las principales se pueden mencionar:

- ✚ Tienen corta vida útil, normalmente 1000 – 2000 ciclos de carga y descarga. Normalmente esto se traduce en un tiempo de aproximadamente 3 - 5 años siendo la vida útil de los paneles 30 años.
- ✚ Elevado peso, generalmente 4 - 6kg.
- ✚ Baja eficiencia, en el caso de baterías de arranque sólo se puede usar hasta el 30% de su capacidad, en el caso de baterías de ciclo profundo se puede usar hasta el 70% de su capacidad.

- Existen muchas sustancias tóxicas y corrosivas en su composición como el plomo y el ácido sulfúrico. Si hay un corto circuito la batería se recalienta y puede escaparse el ácido sulfúrico (Huamaní, 2006).

*Ilustración 48: Batería*



Fuente: (Chercca Ramírez, 2014)

Se denomina capacidad a la cantidad de energía que una batería puede almacenar. Una batería solo puede almacenar una cantidad fija de energía eléctrica que por lo general figura en la parte exterior de la batería.

Con la finalidad de poder comparar distintos tipos de baterías, la prueba que determina la corriente de descarga máxima se ha estandarizado en la industria. Debido a que los parámetros utilizados en la prueba son corriente y tiempo, la capacidad de la batería se define en Ampere-horas (Ah). A partir de este valor puede determinarse la corriente máxima para un determinado régimen de descarga.

Teóricamente, una batería de 100 Ah deberá generar una corriente de 2 A para 50 horas. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento estimada es un parámetro general y no una medida exacta, del tamaño de la batería.

Se puede determinar aproximadamente la cantidad de energía recibida por una batería ( $Q$ , en amperios horas), multiplicando la corriente de carga ( $I$ , amperios) por el tiempo de carga ( $T$ , en horas), ver la siguiente ecuación:

*Ecuación 22: Energía de la batería*

$$Q = I * T$$

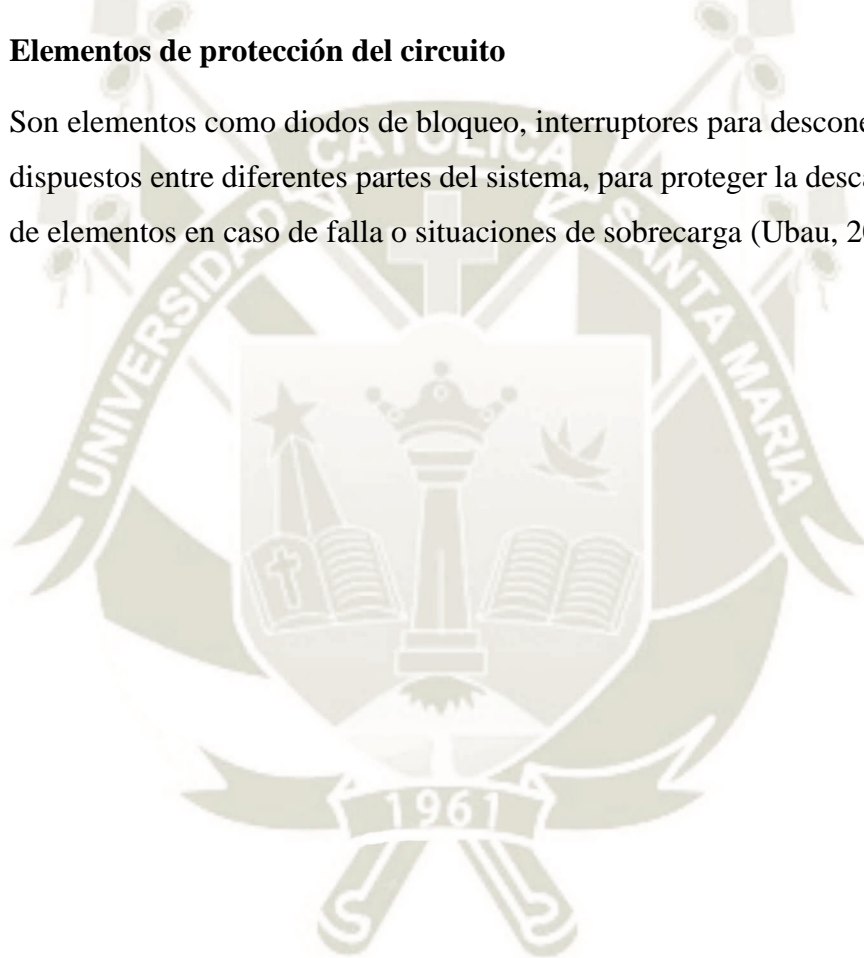
Si se multiplica este resultado ( $Q$ ) por el voltaje de batería, se obtendrá la cantidad de energía suministrada a la batería, expresada en watts-hora (Wh).

No se debe cargar baterías a una corriente mayor de un décimo de su capacidad estimada. Por lo tanto, una batería de 100 Ah no deberá ser cargada a una corriente de más de 10 amperios.

También se puede calcular la cantidad de energía extraída de una batería durante un periodo de tiempo, multiplicando la corriente de descarga por el tiempo de uso de la carga. Así, una lámpara que consume 1.2 A utiliza, para cuatro horas, 4.8 Ah de energía de una batería, o sea:  $1.2 \text{ A} \times 4 \text{ h} = 4.8 \text{ Ah}$  (Huamaní, 2006).

### **3.4. Elementos de protección del circuito**

Son elementos como diodos de bloqueo, interruptores para desconexión, tierra, etc., dispuestos entre diferentes partes del sistema, para proteger la descarga y derivación de elementos en caso de falla o situaciones de sobrecarga (Ubau, 2015).





**CAPITULO III**  
**DETERMINACIÓN DE LA**  
**DEMANDA ENERGÉTICA**

## **1. DEMANDA**

El estudio analítico de la demanda energética es fundamental y prioritario para el diseño de una central eléctrica, estos resultados deben aportar el consumo de energía actual en kW de la población de Chaucalla, a la cual se desea suministrar de energía eléctrica. Además, se debe proyectar la demanda energética por un periodo de tiempo en años, puede ser 10 o 20 años, según la tasa de crecimiento poblacional. A continuación, observaremos los tipos de demanda:

### **1.1. Demanda actual**

Representa la potencia instalada del centro poblado de Chaucalla, identificando los diferentes artefactos y equipos eléctricos que se utiliza y la potencia de los mismos.

### **1.2. Demanda potencial**

La demanda potencial muestra el uso de los artefactos y equipos eléctricos durante un día representativo, indicando dentro de un horario su uso, reflejándose como el consumo por día (Torres Parhuayo & Valdivia Callo, 2018).

### **1.3. Demanda futura**

Es la proyección de la demanda potencial para un determinado tiempo en años que se ha establecido (Torres Parhuayo & Valdivia Callo, 2018).

## **2. POTENCIA DE ARTEFACTOS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS**

El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) nos brinda una estimación de la potencia de cada artefacto en un domicilio, esta estimación puede variar dependiendo de la marca y modelo del artefacto. Sin embargo, para nuestro calculo no lo tomaremos en cuenta.

Tabla 1: Potencia de artefactos eléctricos

Descripción del equipo	Potencia (Watts)
Cocina eléctrica de 4 hornillas	4500
Ducha eléctrica	4000
Terma	1500
Secadora de cabello	1200
Aspiradora	1200
Microondas	1100
Plancha	1000
Licuada	900
Olla arrocera de 2.2 L.	900
Cafetera	800
Lavadora	500
Electrobomba de 0.5 HP	375
Computadora	300
Refrigeradora	250
TV 20"	120
Equipo de sonido	80
Ventilador	50
Laptop	35
DVD	20
Smartphone	5
<b>Potencia Total W</b>	<b>18835</b>

Fuente: (Gerencia de Comunicaciones y Relaciones Interinstitucionales - OSINERGMIN, 2019)

### 3. DEMANDA ENERGETICA DEL CENTRO POBLADO DE CHAUCALLA

Para determinar la demanda energética actual del centro poblado de Chaucalla se tuvo que realizar una visita de campo, donde se encontraron 70 viviendas que viven actualmente en esta zona. Sin embargo, el INEI indica que la tasa de crecimiento de población rural ha disminuido de tal manera que se ha vuelto negativa; esto representa una tasa promedio anual del -2.1%. Ahora bien, para el estudio considero que la tasa promedio anual de crecimiento de población rural ha sido revertida a el 1%, teniendo en cuenta el impacto que generaría este proyecto. A esto debo agregar las cargas de la posta médica, la escuela, el local comunal, el mercado, la industria y la minería artesanal.

Para obtener la máxima demanda de potencia del Chaucalla es necesario considerar cuatro tipos de cargas con sus respectivos detalles.

### 3.1. Demanda Residencial

Según la norma DGE del Perú califica a las zonas rurales en localidades de tipo II donde las viviendas situadas en áreas rurales que no presentan aún configuración urbana o es incipiente. Las viviendas están generalmente situadas a lo largo de carreteras, caminos de herradura o dentro de chacras de los propietarios; a esta calificación se le asigna 400 W por lote (Ministerio de Energía y Minas, 2003). El centro poblado de Chaucalla corresponde a esta clasificación. Con la siguiente fórmula podremos calcular la demanda residencial en una zona rural:

*Ecuación 23: Demanda residencial*

$$DR = V * PIV$$

Dónde:

DR: Demanda residencial

V: Número de viviendas

PIV: Potencia instalada por vivienda

El resultado del cálculo es 28 KW

### 3.2. Alumbrado Publico

Esta carga está compuesta por el número de luminarias que se pretenden instalar en el anexo poblado y la demanda necesaria.

*Ecuación 24: Consumo mensual de alumbrado publico*

$$CMAP = KALP * NU$$

Dónde:

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kWh

KALP: Factor de AP en kWh/usuarios- mes

NU: Número de usuarios

El resultado del cálculo es 924 KWH al mes.

Según la norma DGE menciona que el KALP es 3.3 para alumbrado rural (Ministerio de Energía y Minas, 2003). Se estima a cuatro miembros por vivienda lo que hacen un total de 280 habitantes.

La cantidad de los puntos de iluminación se determinará de acuerdo con la siguiente fórmula:

*Ecuación 25: Puntos de iluminación pública*

$$PI = \frac{CMAP \times 1000}{NHMAP \times PPL}$$

Dónde:

PI: Puntos de iluminación

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kW.h

NHMAP: Número de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes)

PPL: Potencia nominal promedio de lámpara en AP en watt

El resultado del cálculo es 51 puntos de iluminación.

El número de horas de servicio mensuales del AP es 360 horas/mes que son de 12 horas por 30 días al mes, en caso de que la cantidad de puntos a iluminar sea decimal se debe redondear al entero inferior según indica OSINERGMIN. Luego se procede con el cálculo en watts de la iluminación pública y se obtiene mediante la fórmula: (Torres Parhuayo & Valdivia Callo, 2018).

*Ecuación 26: Potencia de alumbrado público*

$$AP = PL * PI$$

Dónde:

AP: Demanda de alumbrado público

PI: Número de focos de alumbrado público

PL: Potencia de cada lámpara

El resultado del cálculo es 2.55 KW

### 3.3. Demanda Institucional

Se proyecta para una potencia con base en las instituciones como posta médica, la iglesia y la escuela.

### 3.4. Demanda Industrial

Esta demanda se enfoca en la industria que se logrará desarrollar a consecuencia de disponer de energía eléctrica el centro poblado de Chaucalla y la minería artesanal que existe en la zona.

### 3.5. Factor de simultaneidad y factor de uso

La información recabada se coloca en una tabla donde se incluyen factores de simultaneidad y uso. Se consideran también un horario diurno y otro nocturno, dado que el consumo varía durante la noche y el día y se consideran dos factores (Torres Parhuayo & Valdivia Callo, 2018).

#### 3.5.1. Factor de simultaneidad

Es la posibilidad de que un número de usuarios utilice el mismo equipo en el mismo momento y varía entre 0 y 1 (Torres Parhuayo & Valdivia Callo, 2018).

#### 3.5.2. Factor de uso

Es la intensidad en el uso de los equipos y varía entre 0 y 1. Esta tabla se observará en el cuadro de cargas (Torres Parhuayo & Valdivia Callo, 2018).

### 3.6. Calculo de la demanda de Chaucalla

#### 3.6.1. Demanda residencial

Con los datos y la ecuación mencionados anteriormente se obtiene la siguiente tabla:

*Tabla 2: Demanda residencial*

<b>DEMANDA RESIDENCIAL</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Número de viviendas	70	Und.
Número de usuarios o habitantes	280	Und.
Potencia instalada por vivienda	400	W
<b>Demanda residencial</b>	<b>28</b>	<b>KW</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2. Demanda de alumbrado público

Antes de calcular la demanda de alumbrado público es necesario escoger la luminaria con la que se trabajará. Para nuestro caso escogimos la siguiente

*Tabla 3: Especificaciones técnicas luminaria LED*

<b>Especificaciones: Luminaria Alumbrado Público LED 50W</b>	
<b>Referencia</b>	ZR-TG013
<b>Potencia</b>	50 W
<b>Ángulo de Iluminación</b>	120° x 90°
<b>Lumens</b>	5.000 Lm
<b>Eficiencia</b>	100 Lm/W
<b>CRI</b>	>70
<b>Conexión</b>	Cable AC
<b>Color de Luz</b>	6000K
<b>Vida Útil</b>	25,000 Horas
<b>Dimerizable</b>	No
<b>Voltaje</b>	95-265 VAC 50/60HZ
<b>Factor de Potencia</b>	>0.9
<b>Temperatura de Operación</b>	-10°~ 40°C
<b>Método de Instalación</b>	Soporte para Brazo
<b>Material</b>	Aluminio y Difusor de Policarbonato
<b>Ambiente</b>	Húmedo Exterior
<b>IP</b>	65
<b>IK</b>	08

Fuente: (DUMALUX S.A.S., 2019)

Para este cálculo se asignará el 20% adicional de la potencia de la luminaria por accesorios de encendido. Además, con los datos y las ecuaciones mencionadas anteriormente, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 4: Demanda de alumbrado público

<b>DEMANDA DE ALUMBRADO PÚBLICO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
KALP (Norma DGE, MINEM)	3.3	KWH/ Usuarios-Mes
Consumo mensual de alumbrado público (CMAP)	924	KWH/MES
Número de horas mensual de alumbrado público (NHMAP)	360	Und.
Potencia de cada lámpara (PPL)	50	W
Puntos de iluminación (PI)	51	Und.
Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado publico	60	W
<b>Demanda de alumbrado público (AP)</b>	<b>2.55</b>	<b>KW</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3. Demanda institucional

La demanda institucional de Chaucalla consta de una posta médica, una escuela y una iglesia, a continuación, se detalla las potencias estimadas:

Tabla 5: Demanda institucional

<b>Demanda Institucional</b>		
<b>Institución</b>	<b>Potencia</b>	<b>Und.</b>
Posta médica	5	KW
Iglesia	1	KW
Escuela	2	KW
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>KW</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4. Demanda industrial

Como se mencionó anteriormente la demanda industrial para el anexo de Chaucalla se desarrollará a consecuencia de este proyecto, por lo que en este estudio se estimará una potencia para un centro agroindustrial que a continuación se detalla:

Tabla 6: Demanda industrial

Demanda industrial	
Industria	Potencia KW
Centro agroindustrial	15
Mineras artesanales	35
<b>Total</b>	<b>50</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.5. Máxima demanda total

Tabla 7: Cargas diurnas y nocturnas con factores de simultaneidad y uso

Cargas	Carga Diurna				Carga Nocturna			
	Potencia KW	Fs	Fu	Total	Potencia KW	Fs	Fu	Total KW
<b>Demanda Residencial</b>								
Residencias	28.00	0.20	0.20	<b>1.12</b>	28.00	0.60	0.60	<b>10.08</b>
<b>Demanda Alumbrado Público</b>								
Alumbrado Público	2.55	0.00	0.00	<b>0.00</b>	2.55	1.00	1.00	<b>2.55</b>
<b>Demanda Institucional</b>				<b>1.58</b>				<b>0.08</b>
Posta Médica	5.00	0.50	0.50	1.25	5.00	0.10	0.10	0.05
Iglesia	1.00	0.10	0.10	0.01	1.00	0.10	0.10	0.01
Escuela	2.00	0.40	0.40	0.32	2.00	0.10	0.10	0.02
<b>Demanda Industrial</b>				<b>36.00</b>				<b>0.50</b>
Centro Agroindustrial	15.00	0.80	0.90	10.80	15.00	0.10	0.10	0.15
Minería Artesanal	35.00	0.80	0.90	25.20	35.00	0.10	0.10	0.35
<b>Total KW</b>				<b>38.70</b>	<b>Total KW</b>			<b>13.21</b>

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se estimará el consumo de las cargas por horas, estas son necesarias para elaborar el diagrama de cargas.

Tabla 8: Potencia consumida durante el día

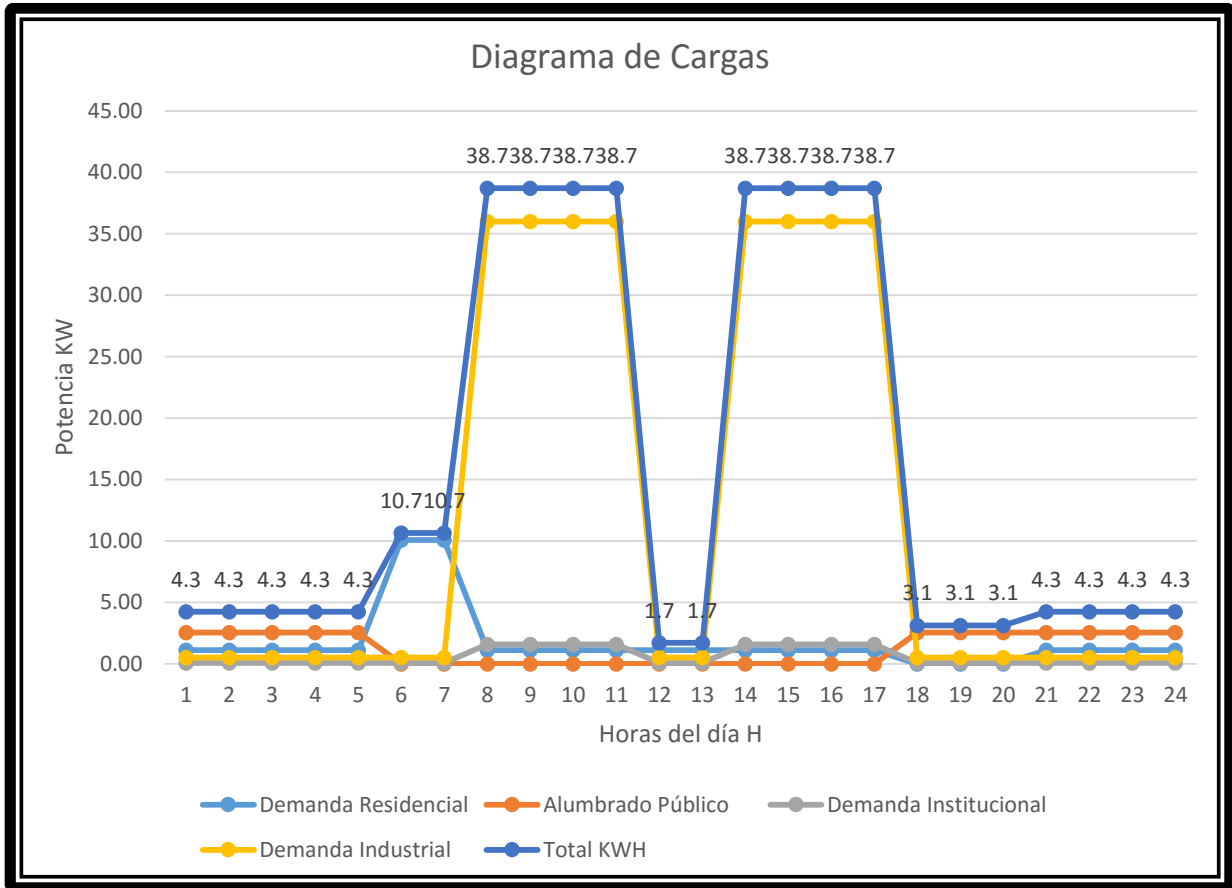
Cargas	Horario de potencias						
	00:00 - 05:00	05:00 - 07:00	07:00 - 11:00	11:00 - 13:00	13:00 - 17:00	17:00 - 20:00	20:00 - 24:00
Demanda Residencial	1.12	10.08	1.12	1.12	1.12	10.08	1.12
Alumbrado Público	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55	2.55
Demanda Institucional	0.08	0.08	1.58	0.08	1.58	0.08	0.08
Demanda Industrial	0.50	0.50	36.00	0.50	36.00	0.50	0.50
<b>Total KW</b>	<b>4.25</b>	<b>10.66</b>	<b>38.70</b>	<b>1.70</b>	<b>38.70</b>	<b>13.21</b>	<b>4.25</b>

Fuente: Elaboración propia

Nota: En el horario de almuerzo y en los horarios de sueño, se considerará como una carga diurna, ya que existe un consumo de energía muy diminuto

Con este cuadro se procederá a graficar el diagrama de cargas:

Ilustración 49: Diagrama de cargas



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro anterior y en el diagrama de cargas, la máxima potencia es de 38.70 KW. A este resultado se le agregará el 5% de la potencia total por las pérdidas de energía en el circuito eléctrico.

Luego se convertirá la energía en kilo voltio amperios (KVA); para este cálculo se estimará un factor de potencia de 0.90. A continuación el cálculo:

Ecuación 27: Máxima demanda en KVA

$$Demanda\ máxima = \frac{Potencia\ en\ KW}{Factor\ de\ potencia}$$

Tabla 9: Máxima demanda total

Máxima Demanda KW	Perdidas	MD con pérdidas KW	Factor de potencia	MD Total KVA
38.700	5%	40.635	0.90	45.15

Fuente: Elaboración propia

### 3.7. Demanda de energía

#### 3.7.1. Demanda actual

La demanda actual del anexo poblado de Chaucalla es de 412.20 KWH/DIA y 150.45 MWH/AÑO.

Tabla 10: Demanda de energía por día y por año

Cargas	Horario de consumo						
	00:00 - 05:00	05:00 - 07:00	07:00 - 11:00	11:00 - 13:00	13:00 - 17:00	17:00 - 20:00	20:00 - 24:00
<b>Horas</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Demanda Residencial	5.600	20.160	4.480	2.240	4.480	30.240	4.480
Alumbrado Público	12.75	0.00	0.00	0.00	0.00	7.65	10.20
Demanda Institucional	0.40	0.16	6.32	0.16	6.32	0.24	0.32
Demanda Industrial	2.50	1.00	144.00	1.00	144.00	1.50	2.00
<b>Total KWH</b>	<b>21.25</b>	<b>21.32</b>	<b>154.80</b>	<b>3.40</b>	<b>154.80</b>	<b>39.63</b>	<b>17.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Demanda de energía total requerida

Cargas	Energía		
	Total KWH/DIA	Total KWH/MES	Total MWH/AÑO
Demanda Residencial	71.68	2150.40	26.16
Alumbrado Público	30.60	918.00	11.17
Demanda Institucional	13.92	417.60	5.08
Demanda Industrial	296.00	8880.00	108.04
<b>Total KWH</b>	<b>412.20</b>	<b>12366.00</b>	<b>150.45</b>

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la máxima demanda de noche se tiene que sumar las cargas de noche, de la misma manera es para las cargas de día.

*Tabla 12: Demanda energetica diurna y nocturna*

Demanda de energía noche WH	77880
Demanda de energía día WH	334320
Total WH	412200

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la demanda solar, se consideró la carga máxima durante el día; de la misma manera para determinar la demanda eólica, se consideró la carga máxima de la noche. Es necesario mencionar que la turbina eólica generará energía las 24 horas del día.

*Tabla 13: Demanda solar y eólica*

MD Eólica WH	39630
MD Solar WH	154800

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.2. Demanda futura

Para determinar la demanda futura se consideró revertir la tasa de crecimiento poblacional al 1% anual. Para este cálculo se utilizará la siguiente formula:

*Ecuación 28: Demanda futura*

$$P_n = P_0 * (1 + i)^n$$

Donde:

Pn: potencia proyectada al año “n” (kW)

Po: potencia estimada para el año “0” (kW)

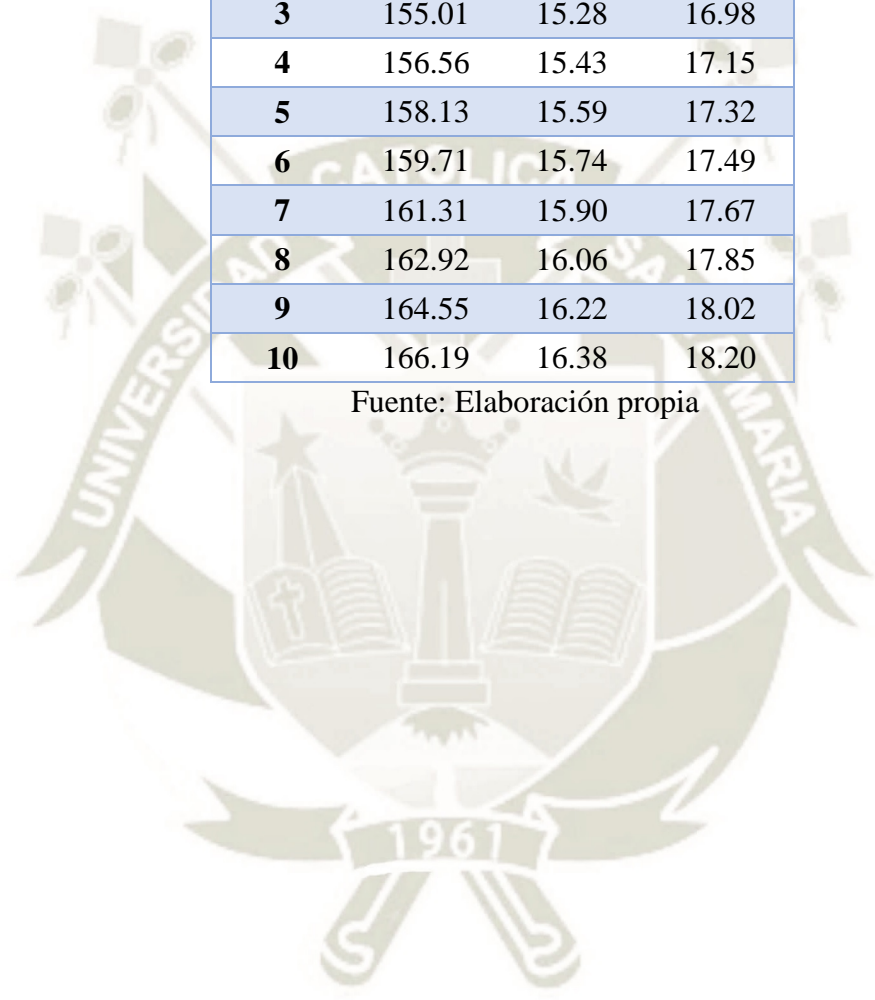
i= tasa de crecimiento poblacional considerado

n: número de años proyectados

Tabla 14: Demanda futura en 10 años

<b>Máxima Demanda Futura</b>			
<b>Año</b>	<b>Energía (MWH)</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Potencia (MVA)</b>
<b>0</b>	150.45	14.83	16.48
<b>1</b>	151.96	14.98	16.64
<b>2</b>	153.48	15.13	16.81
<b>3</b>	155.01	15.28	16.98
<b>4</b>	156.56	15.43	17.15
<b>5</b>	158.13	15.59	17.32
<b>6</b>	159.71	15.74	17.49
<b>7</b>	161.31	15.90	17.67
<b>8</b>	162.92	16.06	17.85
<b>9</b>	164.55	16.22	18.02
<b>10</b>	166.19	16.38	18.20

Fuente: Elaboración propia





# **CAPITULO IV**

## **INGENIERIA DEL PROYECTO**

## 1. ASPECTOS DE DISEÑO

Como ya se mencionó anteriormente, este diseño se elaborará a base de un sistema híbrido eólico fotovoltaico, donde trabajaremos con los recursos renovables eólico y solar, con el objetivo de brindar energía eléctrica permanente. En este capítulo se desarrollarán los cálculos de ingeniería de diseño.

Se debe mencionar que los paneles solares y los aerogeneradores cubrirán la demanda energética diurna, mientras que sólo los aerogeneradores cubrirán la demanda energética nocturna. También, se brindará un factor de seguridad, el cual sirve de respaldo ante cualquier emergencia.

## 2. DATOS DEL PROYECTO

- ✚ Ubicación: -15.586305, -73.087203
- ✚ Altura: 950 m.s.n.m.
- ✚ Potencia: 50KVA
- ✚ Recurso eólico: 4 m/s
- ✚ Recurso solar: 6.39 KWH/m<sup>2</sup>
- ✚ MD Total: 412200 WH
- ✚ MD Solar: 154800 WH
- ✚ MD Eólica: 39630 WH
- ✚ Voltaje del sistema: 48V
- ✚ Factor de seguridad: 20%

## 3. CÁLCULO DEL BANCO DE BATERIAS

Para el cálculo del banco de baterías, primero debemos seleccionar la batería que nos brinde una intensidad de corriente adecuada para nuestro sistema, para tener claro las características físicas y eléctricas de dicho acumulador de energía. En este caso, se seleccionó la batería OPZsV2-3000 de la marca Rita Power por su gran capacidad de corriente, las condiciones estándar de esta son:

- ✚ Capacidad: 3000 AH

⚡ Voltaje: 2V

Para más detalle sobre este módulo fotovoltaico se debe observar el catálogo de la marca en el Apéndice 1.

Antes de realizar el cálculo se debe tener en cuenta algunos datos, como por ejemplo la demanda total, la que se utilizará para calcular el banco de baterías, ésta será la misma que la demanda solar, ya que es la máxima demanda energética requerida durante el día por todo el sistema. A continuación, se menciona algunos datos:

⚡ Demanda total: 154800 WH

⚡ Límite de descarga: 35%

⚡ Voltaje del sistema: 48V

Seguidamente, se procederá a calcular el sistema del banco de baterías, el cual es el acumulador de energía de todo el sistema:

### 3.1. Energía día corregida

$$E_{dc} = E_d + (E_d * F_s)$$

Donde:

E<sub>dc</sub>: Energía requerida por día corregida (WH).

E<sub>d</sub>: Energía requerida por día (WH)

F<sub>s</sub>: Factor de seguridad (%)

El resultado del cálculo es 185,760 WH.

### 3.2. Capacidad del sistema

$$I_d = \frac{E_{dc}}{N_i V_{sist}}$$

Donde:

I<sub>d</sub>: Demanda de intensidad de corriente al día (AH).

E<sub>dc</sub>: Energía requerida por día corregida (WH)

Ni: Eficiencia del inversor (%)

Vsist: Voltaje del sistema (V)

El resultado del cálculo es 4073.68 AH.

### 3.3. Baterías en paralelo

$$B_p = \frac{I_d}{\frac{Dl}{CAPbat}}$$

Donde:

Bp: Cantidad de baterías en paralelo (#)

Id: Demanda de intensidad de corriente (AH).

Dl: Descarga límite de la batería (%)

CAPbat: Capacidad de una batería (AH)

El resultado del cálculo es 3.88 baterías.

### 3.4. Baterías en serie

$$B_s = \frac{Vsist}{Vbat}$$

Donde:

Bs: Cantidad de baterías en serie (#)

Vsist: Voltaje del sistema (V)

Vbat: Voltaje de una batería (V)

El resultado del cálculo es 24 baterías.

### 3.5. Baterías total

$$B_t = B_p * B_s$$

Donde:

Bt: Cantidad total de baterías del banco (#)

Bp: Cantidad de baterías en paralelo (#)

Bs: Cantidad de baterías en serie (#)

El resultado del cálculo es 96 baterías.

### 3.6. Corriente acumulada para el límite de descarga

$$ILD_{acm} = B_p * CAP_{bat} * LD$$

Donde:

ILD<sub>acm</sub>: Corriente acumulada en el banco de baterías (AH)

B<sub>p</sub>: Cantidad de baterías en paralelo (#)

CAP<sub>bat</sub>: Capacidad de una batería (AH)

LD: Limite de descarga (%)

El resultado del cálculo es 4200 AH.

### 3.7. Energía acumulada para el límite de descarga

$$ELD_{acm} = V_{sist} * ILD_{acm}$$

Donde:

ELD<sub>acm</sub>: Energía acumulada en el banco de baterías (WH)

V<sub>sist</sub>: Voltaje del sistema (V)

ILD<sub>acm</sub>: Corriente acumulada en el banco de baterías (AH)

El resultado del cálculo es 201600 WH.

### 3.8. Energía total almacenada

$$E_t = B_t * CAP_{bat} * V_{bat}$$

Donde:

E<sub>t</sub>: Energía total acumulada (WH)

B<sub>t</sub>: Cantidad total de baterías del banco (#)

V<sub>bat</sub>: Voltaje de una batería (V)

CAP<sub>bat</sub>: Capacidad de una batería (AH)

El resultado del cálculo es 576000 WH.

### 3.9. Días de autonomía

$$AUT = \frac{E_t}{E_t * LD}$$

Donde:

AUT: Autonomía (Días)

Et: Energía total acumulada (WH)

LD: Limite de descarga (%)

El resultado del cálculo es 3 días.

Tabla 15: Banco de baterías

DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍAS		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES
Energía total requerida:	154800	Wh
Factor de seguridad	20	%
<b>Energía total requerida corregida:</b>	<b>185,760.00</b>	<b>Wh</b>
Eficiencia del inversor:	95	%
Voltaje del sistema:	48	VDC
Corriente requerida al día	4073.68	Ah
Días de autonomía:	3	DIA
Límite de descarga:	35	%
Capacidad de baterías:	3000	Ah
Cantidad de baterías en paralelo:	3.88	Baterías
Redondeo	4.00	Baterías
Corriente acumulada para límite de descarga	4200	Ah
Energía acumulada para límite de descarga	201600	Wh
Voltaje del sistema:	48	VDC
Voltaje de la batería:	2	VDC
Cantidad de baterías en serie:	24	Baterías
<b>Total de baterías:</b>	<b>96</b>	<b>Baterías</b>
Energía total acumulada	576000	Wh

Fuente: Elaboración propia

## 4. CÁLCULO SOLAR

Para el cálculo de los paneles solares fotovoltaicos primero se debe tener en cuenta algunos datos, a continuación, se mencionarán éstos:

☀ Radiación solar: 6.39 KWH/M2

- ✚ Demanda energética solar: 154800 WH

Como se realizó en el cálculo del banco de baterías con la demanda de energía, de la misma forma se realizará para este cálculo y utilizaremos la demanda corregida y la corriente corregida.

A continuación, se seleccionará el modulo fotovoltaico, para tener claro las características físicas y eléctricas de dicho panel. En este caso, se seleccionó el modulo fotovoltaico AS-6P de 330W de potencia de la marca Amerisolar por su gran potencia, las condiciones estándar de este son:

- ✚ Temperatura: 25°C
- ✚ AM: 1.5
- ✚ Radiación: 1000W/m<sup>2</sup>
- ✚ Voltaje: 24V
- ✚ Intensidad de corriente en máxima potencia: 8.85 A
- ✚ Voltaje en máxima potencia: 37.3 V
- ✚ Potencia del panel fotovoltaico: 330W

Para más detalle sobre este módulo fotovoltaico observar el catálogo de la marca en el Apéndice 1. A continuación, se desarrollará el cálculo:

#### 4.1. Estimación de paneles solares

$$N_{pf} = F_s * \left( \frac{E_{dc}}{R * POT_{pf}} \right)$$

Donde:

$N_{pf}$ : Cantidad de paneles fotovoltaicos (#).

$E_{dc}$ : Energía requerida por día corregida (WH).

$R$ : Radiación solar al día (KWH/m<sup>2</sup>).

$POT_{pf}$ : Potencia del panel fotovoltaico (W).

$F_s$ : Factor de seguridad, para este caso el factor es 1.6 (#).

El resultado del cálculo es 141 paneles solares.

Se debe mencionar que en nuestro cálculo se estimará la cantidad de arreglos en serie y en paralelo.

#### 4.2. Intensidad de corriente generada

$$I_G = PF_{pl} * I_{mp}$$

Donde

$I_G$ : Intensidad de corriente generada por los paneles solares (A).

$PF_{pl}$ : Cantidad de paneles fotovoltaicos conectados en paralelo (#).

$I_{mp}$ : Intensidad de corriente del panel a máxima potencia (A).

El resultado del cálculo es 88.5 A.

#### 4.3. Diferencia potencial generada

$$V_G = PF_{sr} * V_{mp}$$

Donde

$V_G$ : Voltaje generado por los paneles solares (V).

$PF_{sr}$ : Cantidad de paneles fotovoltaicos conectados en serie (#).

$V_{mp}$ : Voltaje del panel a máxima potencia (V).

El resultado del cálculo es 522.2 V.

#### 4.4. Potencia generada por el sistema solar

$$Pot_G = I_G * V_G$$

Donde

$Pot_G$ : Potencia generada por el sistema solar (W)

$I_G$ : Intensidad de corriente generado por los paneles solares (A)

$V_G$ : Voltaje generado por los paneles solares (V)

El resultado del cálculo es 46215 W.

#### 4.5. Energía generada por el sistema solar

$$E_G = Pot_G * T$$

Donde

$E_G$ : Energía generada por el sistema solar (WH)

$P_{otG}$ : Potencia generada por los paneles solares (W)

T: Tiempo, 1 hora (H)

El resultado del cálculo es 46215 WH.

#### 4.6. Intensidad de corriente del sistema

$$I_{sist} = \frac{E_G}{V_{sist}}$$

Donde

$I_{sist}$ : Intensidad de corriente generada por el sistema (AH).

$E_G$ : Energía generada por el sistema solar (WH)

$V_{sist}$ : Voltaje del sistema (VH).

El resultado del cálculo es 962.87 AH.

#### 4.7. Intensidad de corriente generada corregida

$$I_C = I_{sist} - (I_{sist} * F_s)$$

Donde

$I_C$ : Intensidad de corriente corregida generada por el sistema (AH).

$I_{sist}$ : Intensidad de corriente generada por el sistema (AH).

$F_s$ : Factor de seguridad (%)

El resultado del cálculo es 770.25 AH.

#### 4.8. Cantidad total de paneles solares fotovoltaicos

$$PF_{total} = PF_{sr} * PF_{pl}$$

Donde

$PF_{total}$ : Cantidad total de paneles fotovoltaicos (#).

$PF_{sr}$ : Cantidad de paneles fotovoltaicos conectados en serie (#).

PFpl: Cantidad de paneles fotovoltaicos conectados en paralelo (#).

El resultado del cálculo es 140 paneles solares.

#### 4.9. Intensidad de corriente real

$$I_{real} = R * I_C$$

Donde

Ireal: Intensidad de corriente real generada por el sistema (AH).

R: Radiación solar al día (KWH/m2).

Ic: Intensidad de corriente corregida generada por el sistema (AH).

El resultado del cálculo es 4921.87 AH

#### 4.10. Factor de seguridad

$$F_S = \frac{I_{Real}}{I_d}$$

Donde

Fs: Factor de seguridad del sistema (#).

Ireal: Intensidad de corriente real generada por el sistema (AH).

Id: Demanda de intensidad de corriente (AH).

El resultado del cálculo es 1.2

#### 4.11. Energía generada por el sistema

$$E_S = I_{real} * V_{sist}$$

Donde

Es: Energía generada por el sistema (WH).

Ireal: Intensidad de corriente real generada por el sistema (AH).

Vsist: Voltaje del sistema (VH).

El resultado del cálculo es 236250 WH

Tabla 16: Paneles solares fotovoltaicos

<b>CÁLCULO DE PANELES SOLARES</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDADES</b>
Potencia del panel solar	330	W
Estimación de paneles solares	141	Und
Numero de strings (paralelo)	10	Strings
Paneles por string (serie)	14	Paneles
Corriente por string	8.85	A
Corriente total generada	88.5	A
Voltaje del panel	37.3	VDC
Voltaje del string	522.2	V
Potencia total generada	46215	W
Voltaje del sistema	48	VDC
Corriente generada dc	962.81	A
Corriente corregida	770.25	AH
<b>Total de paneles</b>	<b>140</b>	<b>Paneles</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Intensidad de corriente generado por los paneles solares

<b>Radiación (KWh/m<sup>2</sup>/d)</b>	<b>Demanda de Corriente (Ah/día)</b>	<b>Corriente Corregida (Ah)</b>	<b>Corriente Generada Real (Ah/día)</b>	<b>Factor de Seguridad</b>	<b>Energía Generada al día (Wh/día)</b>
6.39	4117.02	770.25	4921.87	1.20	236249.55

Fuente: Elaboración propia

#### 4.12. Inclinación de paneles solares

Para determinar el ángulo de inclinación se tomará en cuenta Norma Técnica de Edificaciones EM080 Instalaciones con Energía Solar, donde la latitud más 10 grados es el mismo ángulo, que el ángulo de inclinación de los paneles solares, para nuestro caso este ángulo es 15.589 grados; además, la norma menciona que debe estar con orientación al norte (Edificación, 2019).

#### 4.13. Cálculo de sombras de los paneles solares

Antes de realizar el cálculo primero se debe tener muy en cuenta con que arista del panel solar se trabajará, es decir se debe saber si el panel estará en forma horizontal o vertical.

#### 4.13.1. Sombra debajo del panel

$$S' = Lp * \cos \beta$$

Donde:

S': Es la sombra debajo del panel.

Lp: Es la longitud del panel

$\beta$ : Angulo de inclinación del panel

El resultado del cálculo es 0.895 m.

#### 4.13.2. Altura de la sombra

$$H = Lp * \sin \beta$$

Donde:

H: Es la altura de la sombra

Lp: Es la longitud del panel

$\beta$ : Angulo de inclinación del panel

El resultado del cálculo es 0.428 m.

#### 4.13.3. Sombra fuera del panel

$$S = \frac{H}{\text{Tang } \alpha}$$

Donde:

S: Es la sombra fuera del panel

H: Es la altura de la sombra

$\alpha$ : Altura solar 18.24°

El resultado del cálculo es 1.3 m.

El promedio de la altura solar para esta ubicación específica es de 18.24°, esto corresponde desde las 7 de la mañana hasta las 5 de la tarde; esta información fue obtenida de SunEarth Tools. A continuación, se mostrará la imagen del software en línea.

Ilustración 50: Posición solar



Fuente: (SunEarthTools, 2019)

#### 4.13.4. Longitud de la sombra

$$D = S + S'$$

Donde:

D: Es la longitud de la sombra

S: Es la sombra fuera del panel

S': Es la sombra debajo del panel.

El resultado del cálculo es 2.194 m.

#### 4.13.5. Longitud total de la sombra

$$D_t = D + (D * F_s)$$

Donde:

D<sub>t</sub>: Es la longitud total de la sombra

D: Es la longitud de la sombra

F<sub>s</sub>: Factor de seguridad (20%).

El resultado del cálculo es 2.633 m.

Tabla 18: Sombras de paneles solares

Cálculo de Sombras		
Descripción	Cantidad	Unidades
Latitud	15.589	°
EM080	10	°
Inclinación del panel ( $\beta$ )	25.589	°
Altura solar ( $\alpha$ )	18.245	°
Longitud del panel	0.992	m
Sombra debajo del panel	0.895	m
Altura de la sombra	0.428	m
Sombra fuera del panel	1.300	m
Longitud de la sombra	2.194	m
Factor de seguridad	20	%
<b>Longitud total de la sombra</b>	<b>2.633</b>	<b>m</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5. CÁLCULO EÓLICO

Para el cálculo eólico, antes de seleccionar el aerogenerador que se va a utilizar, primero debemos tener en cuenta las condiciones climáticas de la zona, esta información es brindada por el Atlas Eólico del Perú, la cual se detallará a continuación:

- ✚ Velocidad Promedio anual: 4 m/s
- ✚ Temperatura: 25 °C
- ✚ Densidad del aire: 0.96 Kg/m<sup>3</sup>
- ✚ Horas de viento anual: 8760 h
- ✚ Demanda energética eólica: 39630 WH

Después de analizar estas condiciones climáticas, se llegó a la conclusión que el aerogenerador a seleccionar debe tener una velocidad de arranque menor a 4 m/s y su velocidad nominal lo más cerca posible a 4 m/s. En este sentido, se seleccionó un aerogenerador de imanes permanentes, de eje horizontal y de bajo costo, ya que en el mercado no existen aerogeneradores lentos con multiplicador de velocidad; el aerogenerador seleccionado para este caso es el GH-2KW de la marca Greef Energy, las condiciones estándar de este son:

✚ Potencia nominal:	2000 W
✚ Máxima potencia:	3000 W
✚ Velocidad del viento de arranque:	3 m/s
✚ Velocidad del viento nominal:	8 m/s
✚ Velocidad del viento de trabajo:	3 - 25 m/s
✚ Velocidad del viento de seguridad:	40 m/s

Para más detalle sobre este aerogenerador observar el catalogo en el Apéndice 1. Se debe mencionar que, en este modelo viene incluido el regulador de carga y el inversor, los cuales se detallarán más adelante. A continuación, se desarrollará el cálculo eólico.

### 5.1. Energía eólica requerida corregida

$$E_{cor} = MD_{eol} + (MD_{eol} * F_s)$$

Donde:

E<sub>cor</sub>: Energía requerida corregida (WH)

MDeol: Máxima demanda eólica (WH)

F<sub>s</sub>: Factor de seguridad (#)

El resultado del cálculo es 47,556.00 WH al día

### 5.2. Potencia del aerogenerador

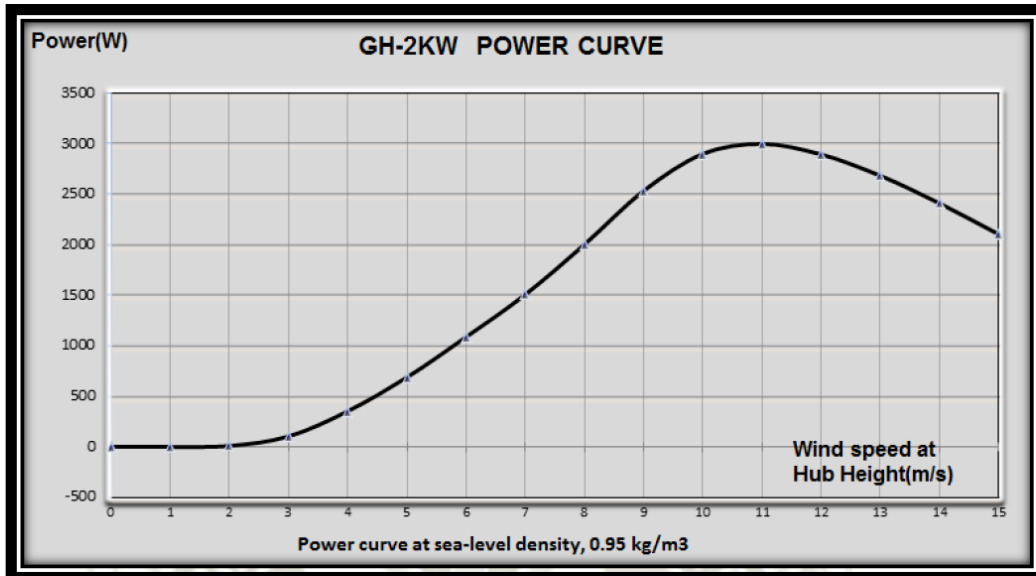
Como se mencionó anteriormente la potencia nominal del aerogenerador es 2000 W. Para determinar la potencia del aerogenerador a una velocidad de viento específica, existen dos métodos:

La primera, se realiza dibujando una recta en el diagrama de potencia, y a la altura de la intersección con la curva de potencia, encontraremos la potencia a dicha velocidad.

La segunda, consiste en realizar las divisiones correspondientes a la energía promedio anual del viento, cómo se mencionará más adelante.

A continuación, mostraremos el diagrama con la curva de potencia del aerogenerador seleccionado (observar la siguiente imagen).

Ilustración 51: Curva de potencia del aerogenerador



Fuente: (Greef Energy, 2019)

### 5.3. Energía producida por el aerogenerador

La cantidad de energía anual producida que se muestra en el catálogo de este aerogenerador fue calculada con la misma densidad de aire que tiene el centro poblado de Chaucalla (observar la siguiente imagen).

Ilustración 52: Energía anual producida por el aerogenerador

Annual Energy Production							
Annual Wind Speed(m/s)	3	4	5	6	7	8	9
Production(k WH)	1524	3224	5720	9137	13044	17222	21611
Annual Wind Speed(m/s)	10	11	12	13	14	15	16
Production(k WH)	26293	31238	34164	34760	34076	31781	28426

Fuente: (Greef Energy, 2019)

Con la información mostrada en la imagen anterior, la cual nos brinda el fabricante; se puede obtener la energía generada al mes, al día y por hora. A continuación, se detallará el cálculo.

### 5.3.1. Energía producida por mes

$$EMP = \frac{EAP}{M_{\text{año}}}$$

Donde:

EMP: Energía producida al mes (KW/H).

EAP: Energía producida al año (KW/H).

Maño: Meses del año (#)

El resultado del cálculo es 268667 KW/H al mes

### 5.3.2. Energía producida por día

$$EDP = \frac{EAP}{D_{\text{año}}}$$

Donde:

EDP: Energía producida al día (KW/H).

EAP: Energía producida al año (KW/H).

Daño: Días del año (#)

El resultado del cálculo es 8833 KWH/D

### 5.3.3. Energía producida por hora

$$EHP = \frac{EAP}{H_{\text{año}}}$$

Donde:

EHP: Energía producida por hora (KW/H).

EAP: Energía producida al año (KW/H).

Haño: Horas del año (#)

El resultado del cálculo es 368 KWH

#### 5.4. Cantidad de aerogeneradores

$$N_{aer} = \frac{E_{cor}}{EDP}$$

Donde:

$N_{aer}$ : Cantidad de aerogeneradores (#)

$E_{cor}$ : Energía requerida corregida (KW/H)

$EDP$ : Energía producida por día (KW/H)

El resultado del cálculo es 6 aerogeneradores

Tabla 19: Producción de energía

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA				
Velocidad Promedio m/s	PAE KWH	PME KWH	PDE KWH	PHE KWH
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	1524	127000	4175	174
4	3224	268667	8833	368
5	5720	476667	15671	653
6	9137	761417	25033	1043
7	13044	1087000	35737	1489
8	17222	1435167	47184	1966
9	21611	1800917	59208	2467
10	26293	2191083	72036	3001

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Aerogeneradores

<b>CÁLCULO DE AEROGENERADORES</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Energía requerida por día	39,630.00	WH
Factor de seguridad	20	%
<b>Energía requerida corregida</b>	<b>47,556.00</b>	<b>WH/Día</b>
Velocidad promedio del viento	4	m/s
Días al año	365	Día
Horas al día	24	H
Potencia del aerogenerador	368	W
Energía producida anual (ficha técnica)	3224	KWH/Año
Energía producida al día por el aerogenerador	8833	WH/D
Cantidad de aerogeneradores	5.38	Und.
<b>Cantidad de aerogeneradores</b>	<b>6</b>	<b>Und.</b>
<b>Energía diaria total producida corregida</b>	<b>52997</b>	<b>WH/D</b>

Fuente: Elaboración propia

## 6. GENERACIÓN TOTAL DE ENERGÍA

A continuación, mostraremos el total de la energía generada por el sistema eólico fotovoltaico.

Tabla 21: Generación total del sistema eólico fotovoltaico

<b>ENERGÍA TOTAL GENERADA POR EL SISTEMA EÓLICO SOLAR</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Energía genera por el recurso eólico	52.997	KWH
Energía genera por el recurso solar	236.250	KWH
<b>Total de energía generada por el sistema</b>	<b>289.24681</b>	<b>KWH</b>

Fuente: Elaboración propia

## 7. SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

### 7.1. Soportes solar

El tipo de soporte estructural que usaremos para este diseño de ingeniería en relación a los paneles solares, serán los rieles Strut; la razón de este es por el hacedero en su instalación. También es necesario mencionar que, para la sujeción de paneles solares

usaremos accesorios Strut, sujetadores de aluminio, pernos, tuercas, arandelas entre otros; los cuales será criterio de la empresa constructora.

Se elaborará 14 estructuras metálicas; en cada estructura se instalará 10 paneles solar, haciendo un total de 140 paneles. Se debe mencionar que los paneles solares estarán a 1 metro de altura sobre nivel del suelo; esto quiere decir que, se tendrá que construir pequeños pilares de cemento, donde se encontrarán anclado los ángulos y/o tubos rectangulares que servirán de base para la instalación de los paneles solares. En el Apéndice 2 mostraremos los planos sobre este diseño. A continuación, mostraremos una imagen que servirá de ejemplo a lo referido.

*Ilustración 53: Soporte estructural solar*



Fuente: (Wanhos, 2019)

## **7.2. Soporte eólico**

La estructura que se usará para el sistema eólico será la misma que viene incluida en el kit eólico, junto con los accesorios de instalación. A continuación, mostraremos una imagen que servirá de ejemplo a lo referido.

*Ilustración 54: Soporte eólico*



Fuente: (Greef Energy, 2019)

### **7.3. Soporte de baterías**

Para el soporte de baterías se usará un rack o bancada, que permitirá tener sujeta a las baterías, protegiéndolas de cualquier movimiento aleatorio. A continuación, mostraremos una imagen que servirá de ejemplo a lo referido.

*Ilustración 55: Estante para baterías*



Fuente: (Cambio Energético, 2019)

#### 7.4. Regulador de carga solar

Para determinar el regulador de carga, utilizaremos la plataforma Excel que brinda Victron Energy, donde ingresamos las características eléctricas del panel solar fotovoltaico AS-6P el que fue seleccionado para nuestro sistema. Seguidamente, se realizan estimaciones, considerando la corriente y el voltaje máximo de cada arreglo y/o cada regulador de carga, hasta encontrar el regulador adecuado; además, se debe tener en cuenta que el regulador de carga seleccionado debe ser comercial. Después de realizar este procedimiento se determinó utilizar para nuestro sistema, 14 reguladores SmartSolar MPPT 150/100 Tr/MC4, los cuales tienen las siguientes condiciones:

- ⚡ Voltaje máximo: 150 V
- ⚡ Corriente máxima: 100 Amp

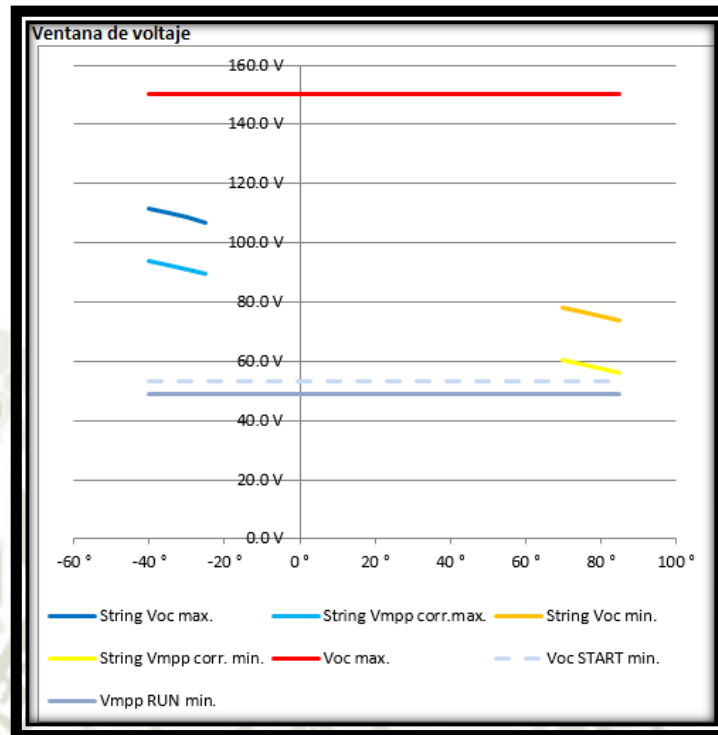
A continuación, se muestra las imágenes de la plataforma de Excel de Victron Energy.

*Ilustración 56: Selección del regulador de carga*

Configuración del módulo FV	
Voltaje max. de entrada	150 V
Voltaje max. FV @ Temperatura min.	111.5 V
Voltaje min. de entrada @ PMP	49.0 V
Voltaje min. FV @ Temperatura max.	56.0 V
Corriente max. de salida	100 A
Corriente max. @ PMP temp. min.	82.0 A
Corriente max. @ PMP temp. max.	52.7 A
Configuración del módulo FV	Aceptado

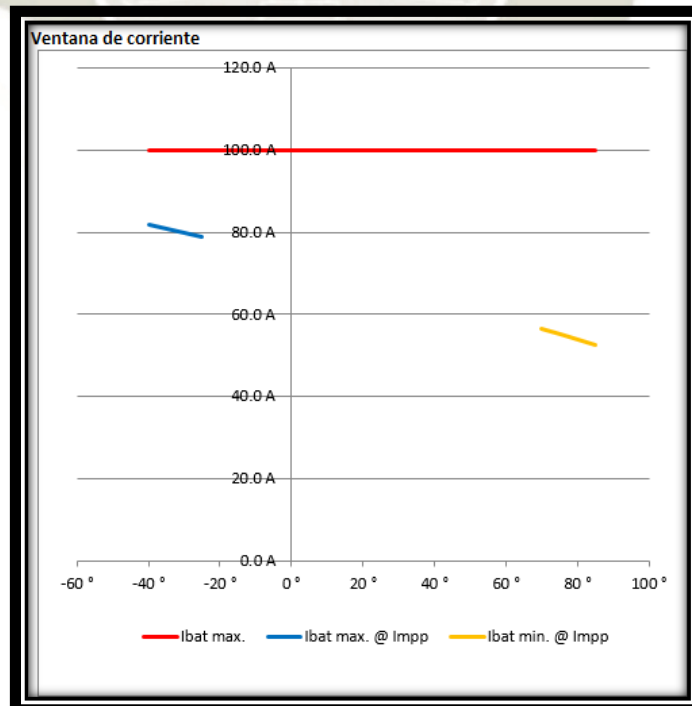
Fuente: (Victron Energy, 2019)

Ilustración 57: Diagrama de voltaje del regulador de carga



Fuente: (Victron Energy, 2019)

Ilustración 58: Diagrama de corriente del regulador de carga



Fuente: (Victron Energy, 2019)

A continuación, se mostrará el regulador seleccionado para el sistema solar:

*Ilustración 59: Regulador de carga Victron Energy MPPT 150/100 Tr*



Fuente: (Victron Energy, 2019)

### 7.5. Inversor - regulador eólico

El regulador de carga que se usará para el sistema eólico, viene incluido con cada aerogenerador. Para este caso se usará el regulador GWS 20A-48, el que soporta hasta 65A y trabaja a 48V para una potencia máxima de 3KW, ahora se mostrará el regulador en mención (para más información revisar el Apéndice 1).

*Ilustración 60: Regulador eólico Greef Energy*



Fuente: (Greef Energy, 2019)

## 7.6. Conexión del sistema solar

La conexión de estos paneles se realizará por medio de los conductores que traen los mismos, y cuando sea necesario se utilizarán conectores MC4 con cable BA-3 de 4mm<sup>2</sup>, los cuales son muy similares a los que traen los paneles solares. Este tipo de conexión se utiliza para evitar los empalmes y/o cualquier tipo de daño al sistema; además, el grado de protección es IP67 que brinda alta seguridad a pesar de las condiciones climáticas adversas. Los conectores MC4 ya sea 1 hembra 2 machos o 1 macho 2 hembras, cuentan con un fácil ensamblaje que garantiza la seguridad de la instalación y protege de la humedad, agua y agentes externos para evitar cortocircuitos, también permite la conexión de varios paneles solares garantizando la seguridad en el proceso de conexión y la durabilidad de la instalación y, por último, trabaja a una tensión nominal de 1000V DC (MC) (observar la siguiente ilustración).

*Ilustración 61: Conector MC4 serie*



Fuente: (Autosolar, 2019)

Ilustración 62: Conector MC4 paralelo



Fuente: (Autosolar, 2019)

Como se sabe cada regulador de carga tendrá conectado 5 paneles en paralelo y, cada panel tiene una corriente de 8.85A, lo que nos da un total de 44.25A, por tal motivo se seleccionó un conductor que soporte esta cantidad de corriente; para este caso el conductor es GPT de 5.26mm<sup>2</sup>. A continuación, mostraremos el conductor eléctrico seleccionado (para más detalle observar el Apéndice 1).

Ilustración 63: Selección del conductor del regulador de carga solar

**TABLA DE DATOS TECNICOS GPT-3**

SECCION	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIÁMETRO HILO	ESPESOR AISLAMIENTO	DIÁMETRO PREVISTO	PESO PREVISTO	CAPACIDAD CORRIENTE
AWG	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	Kg/Km	A
20	0.52	15	0.204	0.46	1.87	7	9
18	0.82	24	0.204	0.46	2.11	10	14
16	1.31	24	0.255	0.46	2.40	15	19
14	2.08	39	0.255	0.46	2.79	23	29
12	3.31	61	0.255	0.51	3.36	35	33
10	5.26	98	0.255	0.62	4.20	55	48
8	8.37	154	0.255	0.73	5.41	89	67

Fuente: (Nexans, 2019)

Los conductores eléctricos que salen de los reguladores de carga (positivo y negativo) estarán conectados a las barras de cobre; una barra será negativa y otra positiva.

Estos conductores eléctricos deben soportar la máxima corriente de salida de los reguladores de carga, la cual es 82A; por tal motivo se seleccionó el conductor de 10mm<sup>2</sup>, como se muestra en la siguiente imagen (para más detalle observar el Apéndice 1).

*Ilustración 64: Conductor eléctrico en la salida de reguladores*

<b>DATOS ELÉCTRICOS</b>					
Sección [mm <sup>2</sup> ]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]	
2,5	7,41	50	40	38	
4	4,61	65	55	55	
6	3,08	85	65	68	
10	1,83	115	90	95	
16	1,15	155	125	125	

Fuente: (Nexans, 2019)

### 7.7. Conexión del sistema eólico

Como se sabe el sistema solar tiene 6 aerogeneradores, en los cuales viene incluido el inversor con regulador de carga; además, traen sus accesorios de instalación. Sin embargo, cuando sea necesario se utilizará conductores adicionales; estos conductores del sistema eólico deben soportar la corriente de cada aerogenerador; como se mencionó anteriormente, cada uno de los 6 aerogeneradores soporta como máxima corriente 65A. En tal sentido, el conductor que se seleccionó es de 10mm<sup>2</sup> para cada aerogenerador es el que se mostrará a continuación (para más detalle observar el Apéndice 1).

*Ilustración 65: Conductor del sistema eólico*

<b>DATOS ELÉCTRICOS</b>					
Sección [mm <sup>2</sup> ]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]	
2,5	7,41	50	40	38	
4	4,61	65	55	55	
6	3,08	85	65	68	
10	1,83	115	90	95	
16	1,15	155	125	125	

Fuente: (Nexans, 2019)

### 7.8. Conexión del acumulador

Los conductores eléctricos que se encuentran conectados de las barras (positiva y negativa) hacia el banco de baterías, tienen que soportar la corriente de todo el sistema.

Teniendo en cuenta que cada regulador de carga solar tiene una corriente máxima de 82 A. y que el sistema tendrá 14 reguladores; esto nos da como total de máxima corriente 1148 A para el sistema solar.

También se debe tener en cuenta la corriente del sistema eólico, el que está formado por 6 aerogeneradores y cada aerogenerador tiene como máxima corriente 65A, lo que nos da un total de 390A.

En tal sentido, el conductor que conectará el banco de baterías con las barras debe soportar la corriente de ambos sistemas, esto quiere decir, que soportará una corriente de 1538A; por esta razón se seleccionó 3 conductores eléctricos en paralelo de 300mm<sup>2</sup>; a continuación, se mostrará el conductor en mención (para más detalle observar el Apéndice 1).

*Ilustración 66: Conductor eléctrico del acumulador de energía*

<b>DATOS ELÉCTRICOS</b>						
Sección [mm <sup>2</sup> ]	Max. DC Resist. [Ohm/km]	Cond. 20°C	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]	
2,5	7,41		50	40	38	
4	4,61		65	55	55	
6	3,08		85	65	68	
10	1,83		115	90	95	
16	1,15		155	125	125	
25	0,727		200	160	160	
35	0,524		240	200	195	
50	0,387		280	240	230	
70	0,268		345	305	275	
95	0,193		415	375	330	
120	0,153		470	435	380	
150	0,124		520	510	410	
185	0,0991		590	575	450	
240	0,0754		690	690	525	
300	0,0601		775	790	600	

Fuente: (Nexans, 2019)

### 7.9. Inversor del sistema

Como este sistema está diseñado en corriente continua (DC), es necesario convertir la corriente DC, en corriente alterna (AC), este proceso se realiza mediante un inversor de corriente.

Para determinar el inversor del sistema se debe tener en cuenta la potencia de diseño, la cual en este proyecto es de 50KVA. Con esta información se seleccionó 10 inversores trifásicos en paralelo de 5KVA, el modelo es Phoenix de la marca Victron Energy; a continuación, se mostrará el inversor en mención (para más información revisar el Apéndice 1).

*Ilustración 67: Inversor trifasico de 5KVA*



Fuente: (Victron Energy, 2019)

### 7.10. Consideraciones de obra

En la construcción del proyecto se debe considerar diferentes aspectos relacionados con la ingeniería de construcción; como planos de detalle, mano de obra, logística, instalación entre otros.

## 8. MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CIMENTACIÓN

Al iniciar el proyecto, primero se debe fijar la ubicación exacta de la central eléctrica. Luego se debe realizar un trabajo de movimiento de tierras para luego proceder con la cimentación.

Esta cimentación consta de pilares que servirán de base para las estructuras de los módulos solares; así como de las turbinas eólicas. También, se debe realizar pequeñas losas donde se instalarán las barras de cobre, los inversores. Por último, se tiene que cimentar una losa donde estará ubicado el acumulador de energía, es decir el banco de baterías.

### 8.1. Estructura metálica

El sistema eólico - solar tiene que tener en cuenta las estructuras de metal que soportarán los módulos solares, aerogeneradores, barras, inversores, etc. Todos estos equipos deberán de instalarse sobre los pilares de cemento, los cuales soportarán la carga.

Respecto al acumulador de energía del sistema, siendo el número de baterías considerable; es necesario que la estructura proteja de las condiciones ambientales como lluvia, viento, polvo, entre otros; además de esto tiene que estar muy bien ventilado.

La estructura metálica para cada sistema tiene que cumplir con la Norma Técnica de Edificaciones EM080 Instalaciones con Energía Solar. También debe cumplir con todas las indicaciones del fabricante y los requerimientos mínimos que aseguren el funcionamiento óptimo de cada equipo.

### 8.2. Conexiones

Para garantizar la calidad y seguridad en el flujo de energía es necesario tomar ciertas medidas, ya que el cableado del sistema puede estar amenazado por roedores u otros aspectos que causen daño, para lo cual se debe de colocar un blindaje, relés, llaves termomagnéticas y conexiones a tierra; así como indica la Norma Técnica de Edificaciones EM080 Instalaciones con Energía Solar.

### 8.3. Montaje

Se debe tener algunas consideraciones especiales indicadas por los fabricantes de los equipos a instalar. Se debe cumplir con lo estipulado por la Norma Técnica de Edificaciones EM080 Instalaciones con Energía Solar.





**CAPITULO V**  
**ANALISIS DE FACTIBILIDAD**  
**ECONOMICA DEL PROYECTO**

## 1. ASPECTOS GENERALES

El análisis económico del proyecto, que se desarrollará en este capítulo es importante para la ejecución del mismo, porque nos brindará los indicadores necesarios para tomar la decisión sobre la viabilidad del proyecto.

## 2. CUADRO DE COSTOS

Se considera el tipo de cambio a 3.36 soles por dólar americano. A continuación, se mostrará el cuadro de costos del proyecto.

Tabla 22: Costos de inversión

<b>SISTEMA EÓLICO FOTOVOLTAICO</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Und. (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Panel Polycristalino AS-6P 330WP	140	Und.	\$180.00	\$25,200.00
Inversor Pohenix 48V 5000VA Victron Energy	10	Und.	\$2,018.95	\$20,189.50
Soporte Metálico	10	Und.	\$1,000.00	\$10,000.00
Regulador SmartSolar MPPT 150/100	14	Und.	\$835.76	\$11,700.64
Aerogenerador Kit GH-2KW Greef Energy	6	Und.	\$1,615.00	\$9,690.00
Batería OPZ2V-3000	96	Und.	\$1,020.00	\$97,920.00
Cableado del Sistema	100	M.	\$50.00	\$5,000.00
Instalación de Equipos	1	Und.	\$8,985.01	\$8,985.01
Transporte de Equipos	4	Und.	\$500.00	\$2,000.00
Otros	1	Und.	\$500.00	\$500.00
<b>Costo Total (Dólar Americano)</b>				<b>\$191,185.15</b>
<b>Tipo de Cambio</b>				<b>S/3.36</b>
<b>Costo Total (Sol Peruano)</b>				<b>S/642,382.09</b>

Fuente: Elaboración propia

## 3. INGRESOS DE LA CENTRAL ELÉCTRICA

A continuación, se mostrará el cuadro de ingresos por venta de energía.

Tabla 23: Venta de energía

<b>VENTA DE ENERGÍA</b>		
<b>Tarifa</b>	1.83	S/.KW-H
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad KW-H</b>	<b>Venta de Energía S/.</b>
<b>Energía Día</b>	412.2	S/754.33
<b>Energía Mes</b>	12366.0	S/22,629.78
<b>Energía Año</b>	148392.0	S/271,557.36

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro, la tarifa eléctrica por KW-H con la que se trabajará es elevada, lo que la haría inaccesible para los pobladores del centro poblado de Chaucalla. Sin embargo, el Congreso de la República creó 2 fondos; el primero, es el Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE) con la ley N° 27510 con el propósito de favorecer el acceso y la permanencia del servicio eléctrico a todos los usuarios cuyos consumos sean menores a 100KW-H al mes comprendidos en la tarifa BT5 o su equivalente; el segundo, es el Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) con la ley N° 29852 con el propósito de llevar energías menos contaminantes a las poblaciones más vulnerables del país. En ambos casos estos fondos el FOSE y FISE, tienen como objetivo subsidiar el consumo mensual de energía eléctrica sobre todo en las zonas rurales del país.

El Ministerio de Energía y Minas en una entrevista en el diario El Comercio, señaló la aprobación del reglamento del Mecanismo de Compensación de la Tarifa Eléctrica Residencial de la ley N° 30468, la cual disminuirá significativamente la tarifa eléctrica; en otras palabras, si antes se pagaba 1.83 soles por cada KW-H, ahora se pagará 0.57 soles por cada KW-H consumido (El Comercio, 2016).

Además, en una entrevista a la empresa Ergon en la revista Energiminas, se indica que dicha empresa instalará 200,000 paneles solares en zonas rurales donde no llega la electricidad con las líneas de transmisión, por lo que los usuarios pagarían una tarifa fija mensual de S/10 fijada por Osinergmin. “El resto de nuestros ingresos provendrá del FOSE y FISE, que son cargos indirectos”, explicó Cappacchioli (Energiminas, 2018).

Con todo lo mencionado se sustenta que la tarifa considerada para este cálculo es la adecuada. A continuación, se mostrará la venta anual proyectada a 10 años.

Tabla 24: Proyección anual de venta de energía

VENTA DE ENERGÍA ANUAL		
Año	Cantidad KW-H	Venta de Energía S/.
1	148392	S/271,557.36
2	148392	S/271,557.36
3	148392	S/271,557.36
4	148392	S/271,557.36
5	148392	S/271,557.36
6	148392	S/271,557.36
7	148392	S/271,557.36
8	148392	S/271,557.36
9	148392	S/271,557.36
10	148392	S/271,557.36

Fuente: Elaboración propia

#### 4. VALOR RESIDUAL

El valor residual del proyecto, es el valor que tienen los bienes en el último año de vida útil. Para determinar este valor es necesario conocer la vida útil del sistema eólico fotovoltaico; en este caso la vida útil es de 20 años.

A continuación, mostraremos la fórmula para determinar el valor residual:

$$VR_n = V_i - V_i * \frac{n}{N}$$

Donde:

VRn: Valor residual en el año n (\$)

Vi: Valor inicial del bien en el año de su instalación (\$)

n: Vida útil del bien en años (#)

N: Año en que se calcula el valor residual (#)

Tabla 25: Valor residual

<b>CÁLCULO DEL VALOR RESIDUAL</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Valor inicial del bien	603,792.47	Soles
Vida útil del bien	20	Años
Año en que se calcula el VR	10	Años
<b>Valor Residual</b>	<b>301,896.24</b>	Soles

Fuente: Elaboración propia

## 5. FLUJO DE CAJA

Se considerará para costos de mantenimiento y operación el 3 % del costo anual del total de la inversión, lo cual garantizará la operación continua del sistema; este valor es de S/. 19,271.5 soles. A continuación, mostraremos el cuadro de flujo de caja.

Tabla 26: Flujo de caja

Año	BENEFICIO			COSTO			FLUJO DE CAJA	FLUJO DE CAJA ACUMULADO
	Ingreso Anual	VR	Total	Inversión	Op. y Mtto	Total		
1	0	0	0	642382.1	0.0	642382.1	642382.1	642382.1
2	271557	0	271557	0	19271.5	19271.5	252285.9	252285.9
3	271557	0	271557	0	19271.5	19271.5	252285.9	504571.8
4	271557	0	271557	0	19271.5	19271.5	252285.9	<b>756857.7</b>
5	271557	0	271557	0	19271.5	19271.5	252285.9	1009143.6
6	271557	0	271557	0	19271.5	19271.5	252285.9	1261429.5
7	271557	0	271557	0	19271.5	19271.5	252285.9	1513715.4
8	271557	0	271557	0	19271.5	19271.5	252285.9	1766001.3
9	271557	0	271557	0	19271.5	19271.5	252285.9	2018287.2
10	271557	301896	573454	0	19271.5	19271.5	<b>554182.1</b>	<b>2572469.3</b>

Fuente: Elaboración propia

## 6. VALOR AGREGADO NETO

Para el cálculo del valor agregado neto de la inversión para el proyecto de la central eléctrica eólica fotovoltaica se obtendrá mediante la siguiente fórmula

$$VAN = -I \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

VAN: Valor agregado neto (\$)

I: Inversión inicial

Fi: Flujo de caja por periodo

i: Periodo

r: Tasa de interés bancario (14.0%)

El resultado del cálculo es 698,353.25 soles.

## 7. TASA INTERNA DE RETORNO

La tasa interna del retorno de la inversión del proyecto se calcula mediante la siguiente formula.

$$VAN = -I \sum_I^n \frac{F_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Donde:

VAN: Valor agregado neto (\$)

TIR: Tasa interna del retorno

I: Inversión inicial

Fi: Flujo de caja por periodo

i: Periodo

El resultado del cálculo es 38.10 %.

## 8. INDICE DE RENTABILIDAD (IR)

$$\frac{Benf}{Cost} = \frac{FCA}{INV}$$

Donde

Benf: Beneficio del proyecto

Cost: Costo del proyecto

FCA: Flujo de caja acumulado

INV: Inversión del proyecto

El resultado del cálculo es 4.

## 9. TIEMPO DE RECUPERACIÓN

$$TR = a + \frac{(b - c)}{d}$$

Dónde:

TR: Tiempo de recuperación

a: Año anterior inmediato al que se recupera la inversión.

b: Inversión del proyecto

c: Suma de los flujos de caja acumulado anterior

d: Flujo de caja del año en que satisface la inversión

El resultado del cálculo es 3.55 años.

A continuación, se mostrará el cuadro con los valores del VAN, TIR, IR y TR.

Tabla 27: VAN, TIR, IR, TR

RESULTADOS		
Descripción	Cantidad	Unidad
<b>TD</b>	14.00%	Por ciento
<b>TIR</b>	38.10%	Por ciento
<b>VAN</b>	S/. 698,353.25	Soles
<b>IR</b>	4.00	Und.
<b>TR</b>	3.55	Años

Fuente: Elaboración propia

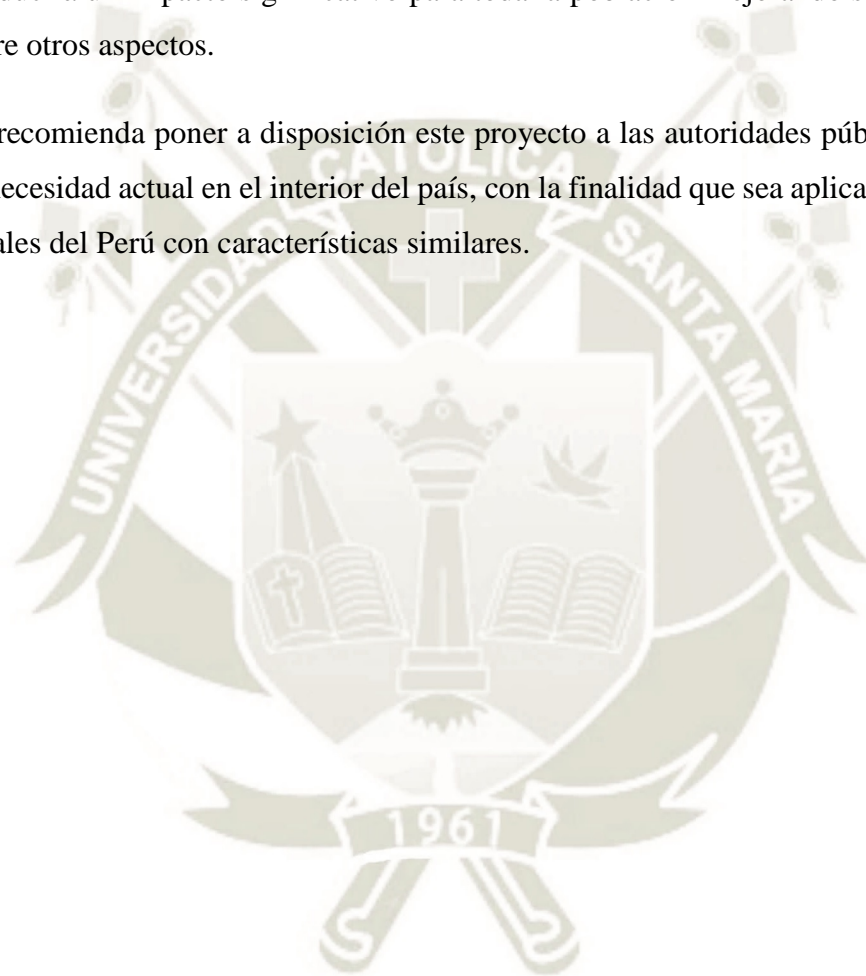
Según los datos obtenidos se muestra viabilidad del proyecto, ya que el VAN es superior al valor de la inversión inicial; además de ello, la TIR obtenida es superior a la tasa de mercado, la cual hace más rentable la inversión. Por otro lado, el índice de rentabilidad muestra que por cada sol invertido se estará recuperando 3 soles. Por último, el tiempo de recuperación de la inversión inicial se realizará en 3 años 6 meses y 18 días.

## CONCLUSIONES

- ✚ El diseño de la central eléctrica eólica – fotovoltaica de 50KVA en el centro poblado de Chaucalla; muestra claramente que es posible realizar el diseño de central eléctrica a base de recursos renovables; ya que cuenta con una radiación solar promedio de 6.39KWH/M2 y una velocidad de viento promedio de 4m/s.
- ✚ Mediante el análisis de la demanda energética del centro poblado de Chaucalla, se determinó que la potencia requerida es de 40.635KW o 45.15KVA y la máxima demanda de energía actual es de 154.8KWH al día. Sin embargo, la máxima demanda de energía acumulada es 412.2KWH diaria.
- ✚ En base a los recursos renovables disponibles se realizaron los cálculos del diseño, obteniendo una generación por recurso eólico 52.997KWH y por recurso solar 236.25KWH, haciendo que el sistema eólico solar genere un total de 289.246KWH de energía. El diseño de la central eléctrica está compuesto básicamente por 6 aerogeneradores, 140 paneles solares y un banco de baterías de 96 unidades.
- ✚ Mediante el análisis de factibilidad económica de la central eléctrica, se determinó que el proyecto es viable, el VAN es superior a la inversión inicial, la TIR es superior a la tasa del mercado y el tiempo de recuperación es en 3 años y medio.

## RECOMENDACIONES

- ✚ Para evitar pérdida de eficiencia y otros componentes se recomienda ejecutar un programa de mantenimiento; esto con el objetivo de que la vida útil del sistema no se vea perjudicada.
- ✚ Por ser zona rural se recomienda que este proyecto sea de inversión social, ya que producirá un impacto significativo para toda la población mejorando su calidad de vida entre otros aspectos.
- ✚ Se recomienda poner a disposición este proyecto a las autoridades públicas, en vista de la necesidad actual en el interior del país, con la finalidad que sea aplicado en otras zonas rurales del Perú con características similares.



## GLOSARIO

### Arreglo

Conjunto de paneles solares por regulador de carga, 102

### GaAs

Células de alta calidad de Arseniuro de Galio, 25

### Oblea

Lamina delgada muy fina, 18

### Orografía

Parte de la geografía física que se encarga del estudio, descripción y representación del relieve terrestre, 39

### Sistema

Sistema es la combinación de partes o elementos reunidos para obtener un resultado o formar un conjunto, de tal forma que un cambio en las partes o elemento afecta al conjunto de todos ellos. (Ejemplo sistema nervioso, planetario, binario, informático, energético, educativo)., 59

### String

Un grupo de módulos conectados en serie, 62

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acciona. (2019). Obtenido de Acciona: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
- Acciona. (2019). Obtenido de Acciona: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
- Asociación Empresarial Eólica. (2019). *AEE*. Obtenido de AEE: [www.aeelica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-en-el-mundo](http://www.aeelica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-en-el-mundo)
- Atlas del Perú. (2003). *Delta Volt*. Obtenido de Delta Volt: [https://deltavolt.pe/phocadownload/radiacion\\_anual.jpg](https://deltavolt.pe/phocadownload/radiacion_anual.jpg)
- Atlas del Perú. (2003). *Delta Volt*. Obtenido de Delta Volt: <https://deltavolt.pe/phocadownload/Arequipa.jpg>
- Autosolar. (2019). *Autosolar Perú*. Obtenido de <https://autosolar.pe/accesorios-de-paneles-solares/conector-mc4-multicontact-macho-hembra>
- Cambio Energético. (2019). Obtenido de <https://www.cambioenergetico.com/accesorios-para-baterias/2408-bancada-para-baterias-solares-opzs.html>
- Carta González, J. A., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M.-A. (2009). *Centrales de energías renovables*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S.A.
- Ceper Cables. (2019). *Fametal*. Obtenido de <https://www.fametal.com/wp-content/uploads/2015/02/catalogo-general-ceper-cables.pdf>
- Chercca Ramírez, J. A. (2014). *Aprovchamiento del recursoeólico y solar en la generación de energia eléctrica y la reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural la*

*Garita de Casma*. Lima: Universidad Nacional De Ingeniería, Facultad de ingeniería ambiental.

Consortio Vortex Barlovento. (2016). *Atlas Eólico del Perú*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.5 License. (2019). *Instituto de Tecnologías Educativas*. Obtenido de Instituto de Tecnologías Educativas: [https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/3\\_el\\_espectro\\_de\\_radiacin.html](https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/3_el_espectro_de_radiacin.html)

DUMALUX S.A.S. (2019). Obtenido de Dumlux: <http://co.dumalux.com/index.php/kunix/alumbrado-publico-led-kunix/luminaria-alumbrado-p%C3%BAblico-led-kunix-50w-detail#informaci%C3%B3n-t%C3%A9cnica>

Edificación, N. T. (2019). *EM080 Instalaciones con energía Solar*. Lima: Minen.

El Comercio. (2016). Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/personal/mem-setiembre-bajara-tarifa-electrica-zonas-rurales-245123-noticia/>

Enel. (2019). Obtenido de Enel.pe: <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-eolica-y-como-funciona.html>

Energía Solar. (2017). *solar-energia.net*. Obtenido de solar-energia.net: <https://solar-energia.net/definiciones/radiacion-solar.html>

Energiminas. (2018). *Revista Energiminas Energía - Minería*. Obtenido de <https://www.energiminas.com/ergon-invertira-us180-mlls-en-programa-de-electrificacion-rural-mas-grande-del-peru/>

Gerencia de Comunicaciones y Relaciones Interinstitucionales - OSINERGMIN. (2019). Electricidad. *OSINERGMIN*, 5. Obtenido de OSINERGMIN.

- Google. (2019). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: [www.google.com.pe/maps/@-15.6989277,-73.0061035,43610m/data=!3m1!1e3?hl=es-419&authuser=0](http://www.google.com.pe/maps/@-15.6989277,-73.0061035,43610m/data=!3m1!1e3?hl=es-419&authuser=0)
- Google. (2019). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: [www.google.com.pe/maps/@-15.5877188,-73.0894931,1643m/data=!3m1!1e3?hl=es-419&authuser=0](http://www.google.com.pe/maps/@-15.5877188,-73.0894931,1643m/data=!3m1!1e3?hl=es-419&authuser=0)
- Google. (2019). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: [www.google.com.pe/maps/@-15.5873947,-73.091683,1624m/data=!3m1!1e3?hl=es-419&authuser=0](http://www.google.com.pe/maps/@-15.5873947,-73.091683,1624m/data=!3m1!1e3?hl=es-419&authuser=0)
- Greef Energy. (2019). *Catalogo de Turbina de Viento Horizontal 2GH-KW*. Qingdao: Greef.
- Huamaní, M. T. (2006). *Estudio de factibilidad de sistemas híbridos eólico - solar en el departamento de Moquegua*. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad De Ciencias E Ingenirías.
- Ikaskuntza Birtual eta Digitalizatuen LHII. (2019). *BIRT LH*. Obtenido de ISF05.- Instalaciones solares fotovoltaicas puestas a red.: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es\\_IEA\\_ISF05\\_Contenidos/webseite\\_221\\_clculo\\_de\\_la\\_separacin\\_de\\_las\\_filas\\_de\\_paneles\\_para\\_evitar\\_sombras.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/webseite_221_clculo_de_la_separacin_de_las_filas_de_paneles_para_evitar_sombras.html)
- Imametal. (2019). Obtenido de <http://www.imametal.com.pe/index.php/productos/rieles-strut>
- INEI. (2018). *Perfil Sociodemografico*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Macera, D. (2018). *El Comercio.pe*. Obtenido de El Comercio.pe: <https://elcomercio.pe/economia/peru/energia-eolica-interes-privados-legislacion-limita-noticia-541621>

Martínez Gómez, E., & Bautista Alamilla, Y. (2012). *Diseño de una planta generadora solar fotovoltaica de 20 MW*. Mexico D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Ministerio de Energía y Minas. (2003). *Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales*. Lima: Norma de la Dirección General de Electricidad.

Ministerio de Energía y Minas. (2003). *Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural*. Lima: Dirección General de Electricidad.

Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Atlas Eólico del Perú - Minem*. Obtenido de [http://mapas.minem.gob.pe/map\\_eolico/](http://mapas.minem.gob.pe/map_eolico/)

Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2016). *Atlas Eólico*. Lima: Consorcio Barlovento y Vortex. Obtenido de [www.minen.gob.pe](http://www.minen.gob.pe).

Nastec. (2019). Obtenido de Nastec: <http://solar.nastec.eu/Systems/Edit/0>

Navas, J. F. (2010). *Diseño de una central solar fotovoltaica de 3MW y conexión a red de distribución mediante línea de 15KV y centro de seccionamiento*. Madrid - Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, Escuela de Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Nexans. (2019). *Indeco*. Obtenido de [www.nexans.pe](http://www.nexans.pe)

Osinermin. (2019). Obtenido de Osinermin: <http://www.osinermin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-solar>

Osinermin. (2019). Obtenido de Osinermin: <http://www.osinermin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-eolica/que-es-la-energia-eolica>

Raúl Tola. (2017). *El País*. Obtenido de El País:  
[https://elpais.com/internacional/2017/02/02/america/1486073617\\_424949.html](https://elpais.com/internacional/2017/02/02/america/1486073617_424949.html)

reader.digitalbooks. (2019). Obtenido de Reader.digitalbooks.pro:  
<http://reader.digitalbooks.pro/content/preview/books/39121/book/OEBPS/Text/cha-pter1.html>

Sdemx. (2019). Obtenido de Sdemx: <http://www.sde.mx/2018/08/10/que-es-un-sistema-fotovoltaico/>

Smartgridsinfo. (2018). Obtenido de Smartgridsinfo:  
[www.smartgridsinfo.es/2018/08/03/anuario-2018-anpier-revela-fotovoltaica-encuentra-momento-mayor-crecimiento-nivel-mundial](http://www.smartgridsinfo.es/2018/08/03/anuario-2018-anpier-revela-fotovoltaica-encuentra-momento-mayor-crecimiento-nivel-mundial)

SunEarthTools. (2019). Obtenido de  
[https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es#table](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es#table)

Torres Parhuayo, L., & Valdivia Callo, F. (2018). *Repotenciación de la Minicentral Hidroeléctrica de la Raya de 50 KW de Potencia para Abastecer las Instalaciones del Centro Experimental Cocas La Raya y de la Comunidad de Occobamba*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; .

Ubau, J. K. (2015). *Diseño de una mini central solar fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2.7kWp, para electrificar la comunidad de La Fortuna- MiraFlor Moropotente, Estelí*. Esteli: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad Regional Multidisciplinaria Faren-Esteli.

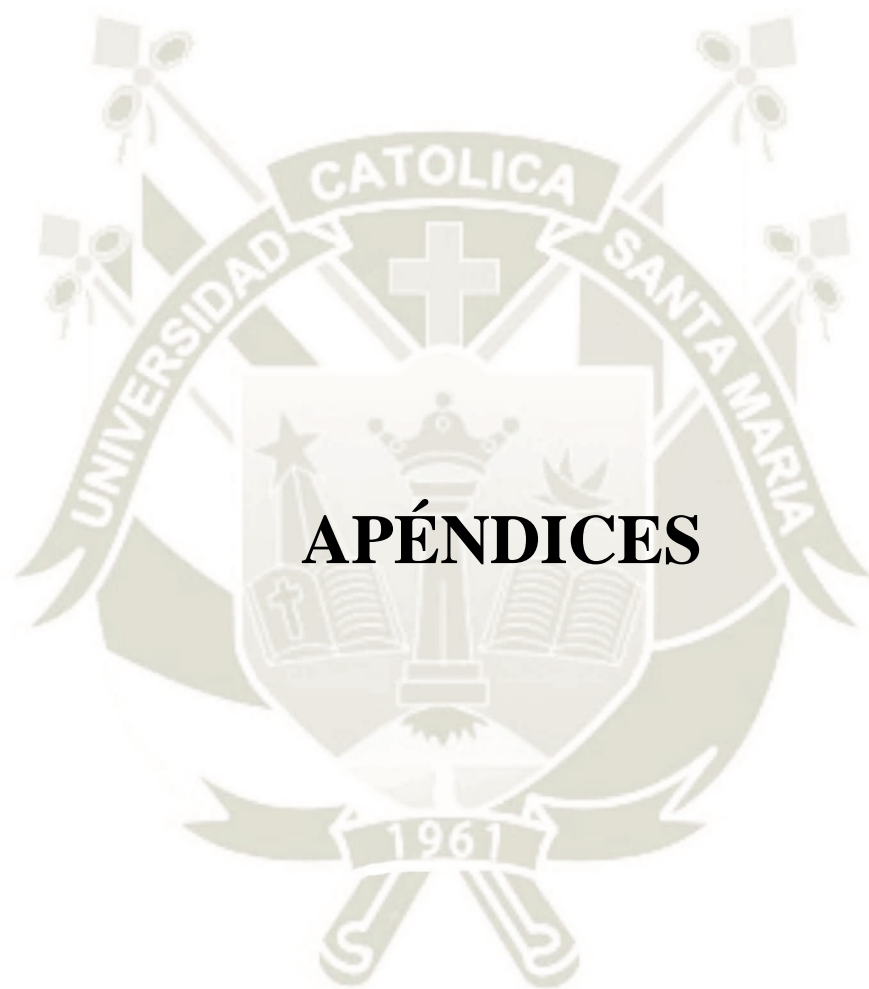
Unidad Dermatológica Pediatría - Clínica Dermatológica Internacional. (05 de 06 de 2019). *No te quemes con el sol*. Obtenido de No te quemes con el sol:  
<http://www.notequemesconelsol.com/tipos-de-radiaciones-solares/>

Victron Energy. (2019). *Blue Power*. Obtenido de <https://www.victronenergy.com/>

Wanhos. (2019). Obtenido de <http://www.pv-mounting.com/ground-mounting-system/c-steel-ground-mounting-system/100-galvanized-steel-ground-mounting-system.html>

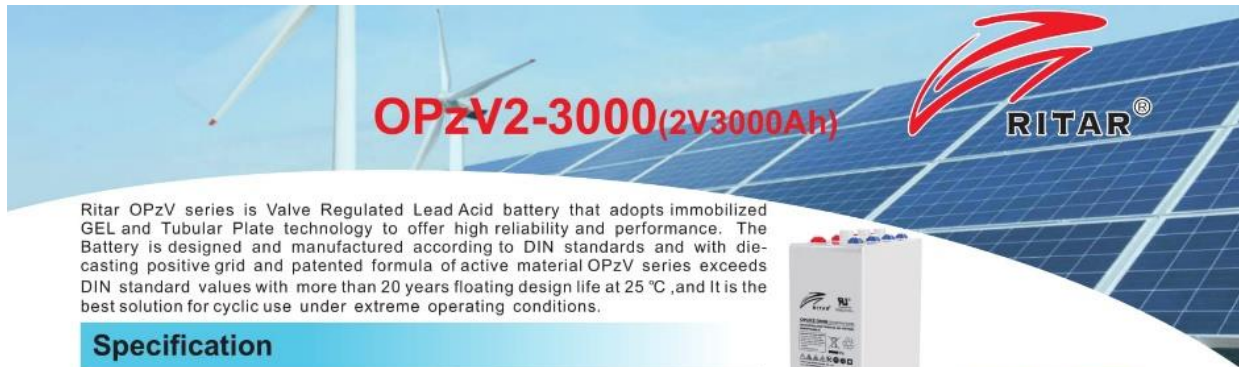
Xiamen HQ Mount Tech CO, LTD. (2019). *Hqmount*. Obtenido de [https://es.hqmount.com/aluminium-solar-panel-mount-mid-clamp-and-end-clamp\\_p13.html](https://es.hqmount.com/aluminium-solar-panel-mount-mid-clamp-and-end-clamp_p13.html)







# APÉNDICE 1 CATALOGOS



Ritar OPzV series is Valve Regulated Lead Acid battery that adopts immobilized GEL and Tubular Plate technology to offer high reliability and performance. The Battery is designed and manufactured according to DIN standards and with die-casting positive grid and patented formula of active material OPzV series exceeds DIN standard values with more than 20 years floating design life at 25 °C ,and It is the best solution for cyclic use under extreme operating conditions.

Specification	
Cells Per Unit	1
Voltage Per Unit	2
Nominal Capacity	3000Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25 C
Weight	Approx. 225.0 Kg (Tolerance ± 1%)
Internal Resistance	Approx. 0.35 mΩ
Terminal	F10(M8)
Max. Discharge Current	12000A (5 sec)
Design Life	20 years (floating charge)
Maximum Charging Current	600.0 A
Reference Capacity	C3 2269.8AH C5 2550.0AH C10 3000.0AH C20 3213.0AH
Float Charging Voltage	2.25 V~2.30 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	2.37 V~2.40 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -40°C~60°C Charge: -20°C~50°C Storage: -40°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 2% at 25°C. Please charged batteries before using.
Container Material	A. B. S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



Dimensions	
Length	576±2mm (22.7 inches)
Width	212±2mm (8.35 inches)
Height	770±2mm (30.3 inches)
Total Height	805±2mm (31.7 inches)
Torque Value	10~12 N*m

Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F. V/ Time	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.90	1476	1170	825.0	625.8	513.0	443.4	399.0	311.4	267.0	140.2
1.87	1650	1290	885.0	663.6	541.5	466.2	423.0	325.9	279.0	146.5
1.83	1890	1440	960.0	707.1	570.0	486.6	438.0	340.5	291.0	152.8
1.80	2100	1560	996.0	727.5	581.4	498.0	450.0	349.2	300.0	157.5
1.75	2340	1671	1041	756.6	591.0	510.0	459.0	355.0	306.0	160.7
1.70	2580	1725	1071	771.3	601.4	516.0	465.0	357.9	309.0	162.2
1.65	2661	1833	1107	792.0	609.9	522.0	471.0	360.8	312.0	163.8
1.60	2775	1896	1149	825.0	627.0	531.0	477.0	363.8	315.0	165.4

Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

F. V/ Time	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.90	2825	2246	1595	1212	1004	873.0	789.0	622.7	544.2	285.7
1.87	3108	2439	1691	1269	1058	915.0	834.0	648.9	567.5	297.9
1.83	3482	2659	1800	1336	1110	951.0	861.0	672.2	587.8	308.6
1.80	3805	2837	1860	1366	1131	972.0	882.0	686.8	602.4	316.2
1.75	4128	2964	1921	1408	1146	996.0	897.0	695.5	611.1	320.8
1.70	4426	2994	1969	1432	1164	1005	906.0	701.3	616.9	323.9
1.65	4501	3127	2023	1462	1179	1014	915.0	707.1	619.8	325.4
1.60	4556	3223	2071	1511	1209	1023	921.0	710.0	622.7	326.9

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values.

# OPzV2-3000 (2V3000Ah)

### Discharge Characteristics Curve

Temperature: 25°C (77°F)

### Charge Characteristic Curve for Cycle Use (IU)

Temperature: 25°C (77°F)

### Cycle Life in Relation to Depth of Discharge

### Relationship Between Charging Voltage and Temperature

### Temperature Effects on Capacity

### Storage Characteristics

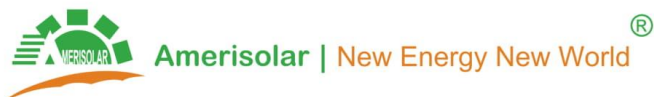
### Effect of Temperature on Long Term Life

### Relationship of OCV And State of Charge (20°C)

(Note) All above information shall be changed without prior notice, Ritar reserves the right to explain and update the latest information.

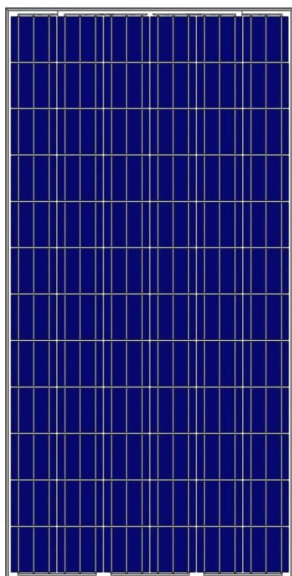
**SHENZHEN RITAR POWER CO.,LTD.**  
URL: [www.ritarpower.com](http://www.ritarpower.com)

Add: 10th Floor, Tower C, 1st Building, Software Industry Base, No.81, Xuefu Road, Nanshan District, Shenzhen, Guangdong, China 518057  
Tel: +86-755-33981668/83475380 Fax: +86-755-83475180 E-mail: [sales@ritarpower.com](mailto:sales@ritarpower.com) Version 18A-0



## AS-6P

### POLYCRYSTALLINE MODULE



Passionately  
committed to  
delivering innovative  
energy solution

#### ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

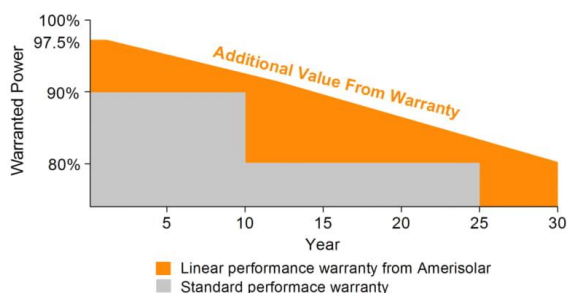
- High module conversion efficiency up to 17.01% through advanced manufacturing technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.
- High ammonia and salt mist resistance.
- Potential induced degradation (PID) resistance.

#### CERTIFICATIONS

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, UL1703, CE, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), Kemco(South Korea), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Quality management system
- ISO14001:2004: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

#### SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC								
Nominal Power ( $P_{max}$ )	295W	300W	305W	310W	315W	320W	325W	330W
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	45.2V	45.3V	45.4V	45.5V	45.6V	45.7V	45.8V	45.9V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )	8.60A	8.68A	8.76A	8.85A	8.93A	9.00A	9.08A	9.16A
Voltage at Nominal Power ( $V_{mp}$ )	36.6V	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V
Current at Nominal Power ( $I_{mp}$ )	8.07A	8.18A	8.29A	8.41A	8.52A	8.63A	8.74A	8.85A
Module Efficiency (%)	15.20	15.46	15.72	15.98	16.23	16.49	16.75	17.01
Operating Temperature	-40°C to +85°C							
Maximum System Voltage	1000V DC							
Fire Resistance Rating	Type 1(UL1703)/Class C(IEC61730)							
Maximum Series Fuse Rating	15A							

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT								
Nominal Power ( $P_{max}$ )	217W	221W	224W	228W	232W	236W	239W	243W
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	41.6V	41.7V	41.8V	41.9V	42.0V	42.0V	42.1V	42.2V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )	6.97A	7.03A	7.10A	7.17A	7.23A	7.29A	7.35A	7.42A
Voltage at Nominal Power ( $V_{mp}$ )	33.3V	33.4V	33.5V	33.6V	33.7V	33.8V	33.9V	34.0V
Current at Nominal Power ( $I_{mp}$ )	6.52A	6.62A	6.69A	6.79A	6.89A	6.98A	7.05A	7.15A

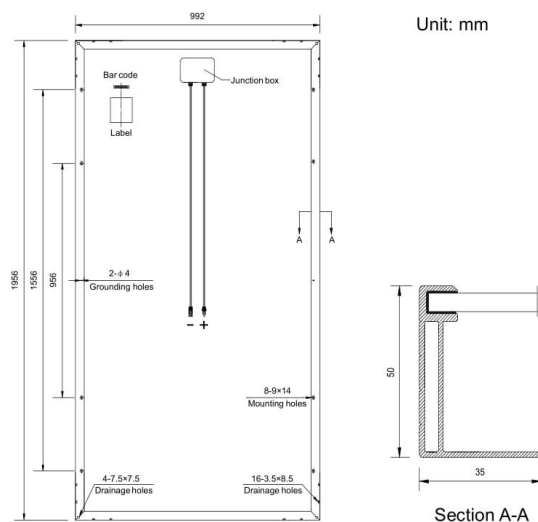
NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS	
Cell type	Polycrystalline 156x156mm (6x6inches)
Number of cells	72 (6x12)
Module dimensions	1956x992x50mm (77.01x39.06x1.97inches)
Weight	27kg (59.5lbs)
Front cover	4.0mm (0.16inches) low-iron tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 3 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> (0.006inches <sup>2</sup> ), 1000mm (39.37inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

TEMPERATURE CHARACTERISTICS	
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of $P_{max}$	-0.43%/°C
Temperature Coefficients of $V_{oc}$	-0.33%/°C
Temperature Coefficients of $I_{sc}$	0.056%/°C

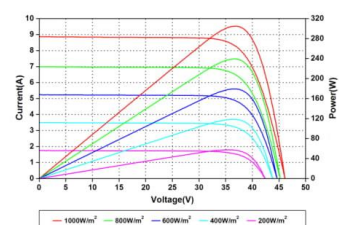
PACKAGING	
Standard packaging	21pcs/pallet
Module quantity per 20' container	210 pcs
Module quantity per 40' container	462 pcs

### ENGINEERING DRAWINGS

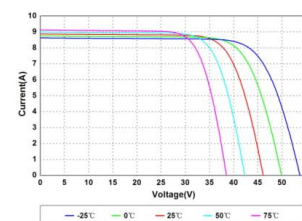


Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

### IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Amerisolar and Amerisolar logo denoted with ® are registered trademarks of Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.



QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD

## Horizontal Wind Turbine Catalogue

Model: GH-2KW    Horizontal axis wind turbine    | Off-grid system | Folding tower

### Overview

GREEF GH-2KW wind generator is the conversion of wind energy into mechanical energy first and electric energy afterwards. This equipment can fully make use of wind power to recharge a battery, and also can saved energy into ac source alternating current. Without the necessity of fuel, the GH-2KW wind generator is pollution free and far away from noise. The GH-2KW wind generator is generally applicable to the area which has good condition but is far away from the power grid, or the power grid is not normal. The GH-2KW generator can supply lighting, the television set, the searchlight, the communication equipment, the power tool and other household appliances.



**Greef**  
Power Your House With Green Energy  
www.greefenergy.com

**GH-2KW HAWT**

- <40db.** Low noise
- 3Ways.** Protection of strong wind
- 25 years lifetime.** SKF bearing+ Stainless bolts+galvanized coat
- 3years.** longer granvantee time.

CE

### Recommended for:

- Household,Garden,farm,Urban ,Rooftop
- Telecom sites.
- Rural electrification programs. Island , sentry, island, sight lighting



QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD

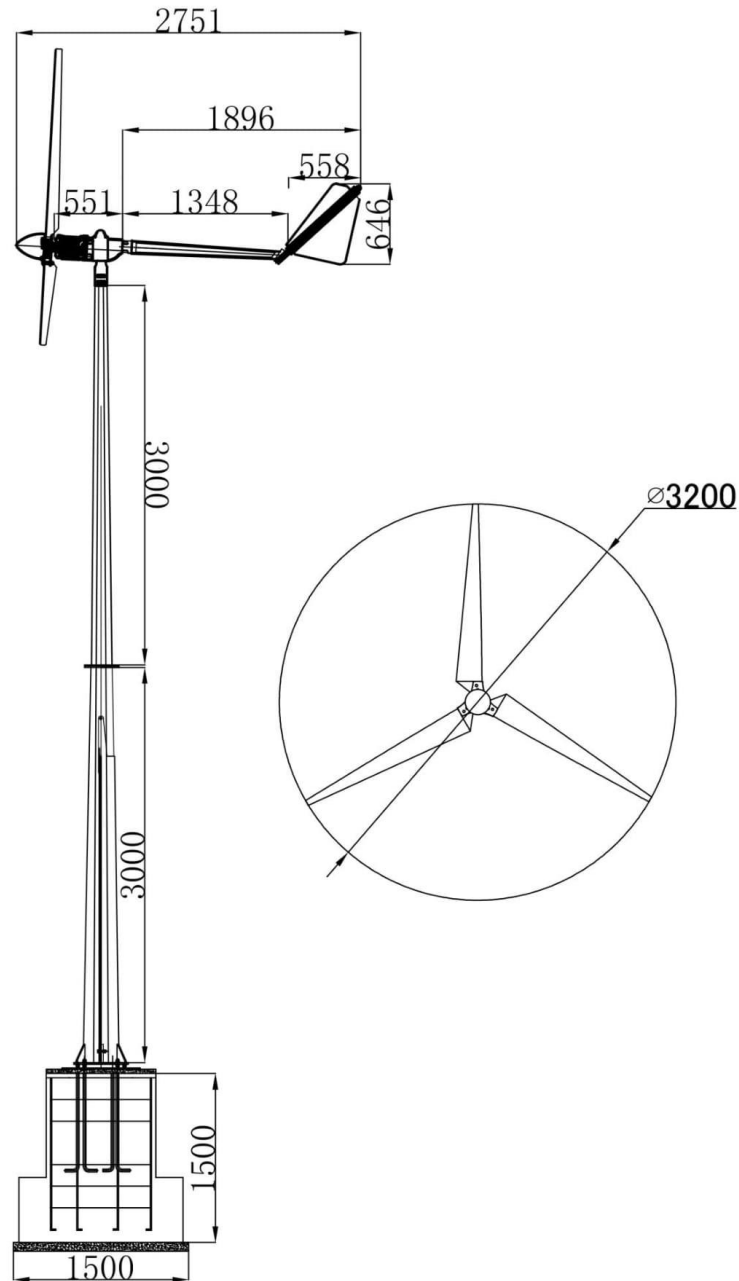
## Technical specification

Model	GH-2KW
<b>Performance</b>	
Rated Power	2000W
Max Power	3000W
Start Wind Speed	3m/s(6.72mph)
Rated Wind Speed	8m/s(17.92mph)
Working Wind Speed	3-25m/s(6.72-56 mph)
Safety Wind Speed	40m/s(89.6mph)
<b>Physical Parameters</b>	
Blades Length	1.6M(5.25ft)
Blades Rotor Diameter	3.2M(10.50ft)
Blades Material &Quantity	FRP /3PCS
Top Weight	68kg
Swept Area	8.04 m <sup>2</sup>
Tower Height	6m(19.68ft.) Free folding tower
<b>Generator Parameters</b>	
Generator Type	Permanent Magnet Generator
Rated Speed	350RPM
Start Torque	0.8N.M
Option Voltage	24-350VAC
Protection Method	Electromagnetic Brake +PWM
Protection Grade	IP54
Working Temperature	-40-50°C
Life time	20 Years



QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD

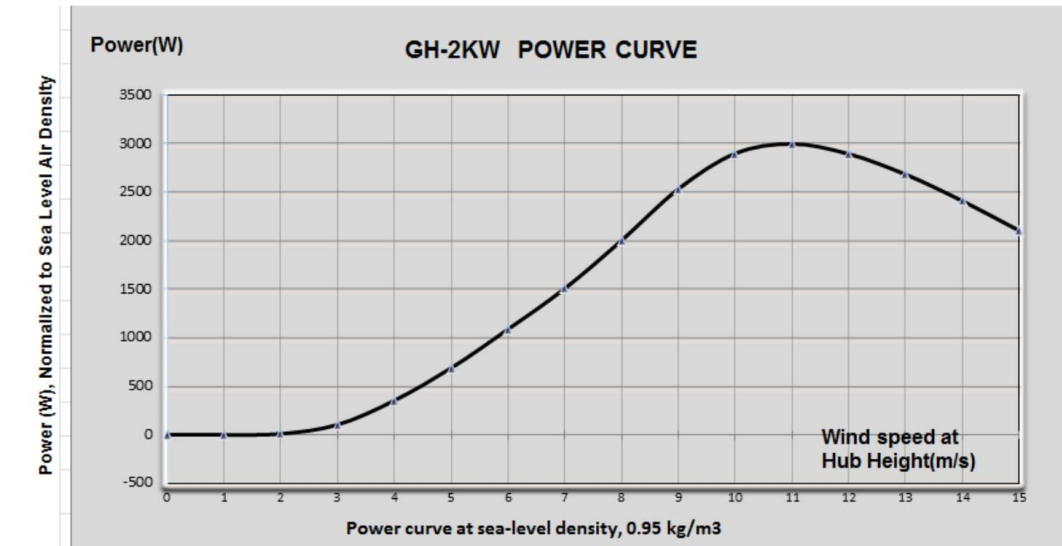
Dimension





QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD

## Power Curve



## Annual Energy Production

<b>Annual Wind Speed(m/s)</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Production(k WH)</b>	1524	3224	5720	9137	13044	17222	21611
<b>Annual Wind Speed(m/s)</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>Production(k WH)</b>	26293	31238	34164	34760	34076	31781	28426

This data will have  $\pm 10\%$  difference according to real condition.



QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD

GUY WIRE TOWER 3D STRUCTURE





QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD





QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD

## Sound Data

Test position: At 15m away from generator (average value of 3 point-rears, left, right.)

<b>Wind Speed (m/s)</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>Sound( dB )</b>	18.6	20.5	25.9	27.9	30.5	33.5	38.2	39.6	43.6
<b>Wind Speed (m/s)</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>Sound( dB )</b>	44.8	46.3	49.6	52.3	55.4	57.6	61.2	64.3	66.5

Note: The sound value includes wind noise.

## Pictures





QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD

## Accesses Details Pictures

### Generator

Aluminum Alloy shell



Light & antirust

Copper wires



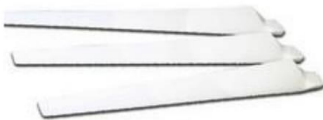
Long lifetime Good performance  
in high temperature

Magnetic steel



NdFeB permanent Magnet

### Blades



FRP longlife time

### Nose Cone



FRP longlife time

### Hub Plate



Iron steel  
Electrostatic spraying

### Tail rob



Steel  
Electrostatic spraying

### Tail Vane



Electrostatic spraying

### Bolts



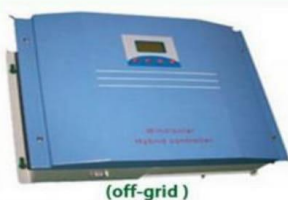
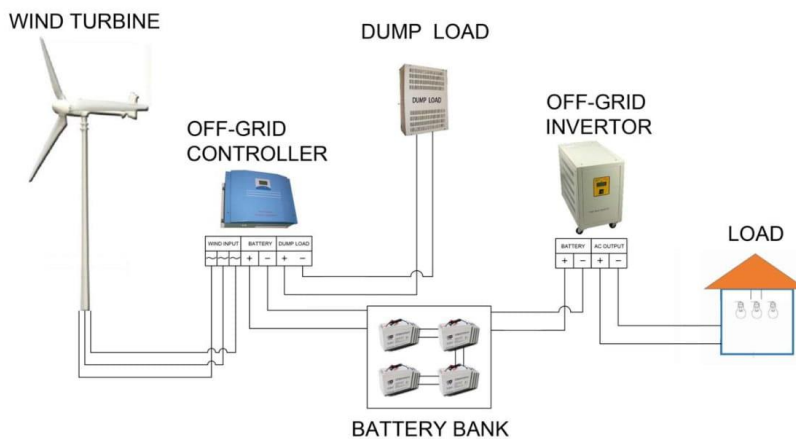
Stainless steel





QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD

## Greef OFF-GRID WIND POWER GENERATOR SYSTEM



### Solar & Wind Hybrid Controller

- ◆ PWM stepless unloading mode
- ◆ Perfect protection and alarming function
- ◆ LCD display function, visually display
- ◆ A multiple communication interface selection



### Inverter

- ◆ Pure sine wave output
- ◆ Adopts SCM to control
- ◆ Perfect protection and alarming function
- ◆ LCD display function, visually display



### Free Folding tower

- ◆ Easy installation
- ◆ No need crane
- ◆ Convenient maintenance operation
- ◆ 80% installation cost save



### Gel storage battery

- ◆ Professional for wind and solar power use
- ◆ Working temperature: -40-60°C
- ◆ Design lifetime 8 years



## SmartSolar Charge Controllers with VE.Can interface MPPT 150/70 up to MPPT 150/100



SmartSolar Charge Controller  
MPPT 150/100-Tr VE.Can  
with optional pluggable display



SmartSolar Charge Controller  
MPPT 150/100-Tr VE.CAN  
without display



Bluetooth sensing:  
Smart Battery Sense



Bluetooth sensing:  
BMV-712 Smart Battery Monitor

### Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Especially in case of a cloudy sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30% compared to PWM charge controllers and by up to 10% compared to slower MPPT controllers.

### Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions

If partial shading occurs, two or more maximum power points (MPP) may be present on the power-voltage curve.

Conventional MPPTs tend to lock to a local MPP, which may not be the optimum MPP. The innovative SmartSolar algorithm will always maximize energy harvest by locking to the optimum MPP.

### Outstanding conversion efficiency

No cooling fan. Maximum efficiency exceeds 98%.

### Flexible charge algorithm

Fully programmable charge algorithm, and eight pre-programmed algorithms, selectable with a rotary switch (see manual for details).

### Extensive electronic protection

Over-temperature protection and power derating when temperature is high.  
PV short circuit and PV reverse polarity protection.  
PV reverse current protection.

### Bluetooth Smart built-in

The wireless solution to set-up, monitor, update and synchronise SmartSolar Charge Controllers.

### Internal temperature sensor and optional external battery voltage and temperature sensing via Bluetooth

A Smart Battery Sense or a BMV-712 Smart Battery Monitor can be used to communicate battery voltage and temperature to one or more SmartSolar Charge Controllers.

### VE.Can: the multiple controller solution

Up to 25 units can be synchronised with VE.Can

### VE.Direct or VE.Can

For a wired data connection to a Color Control GX, other GX products, PC or other devices

### Remote on-off

To connect for example to a VE.BUS BMS.

### Programmable relay

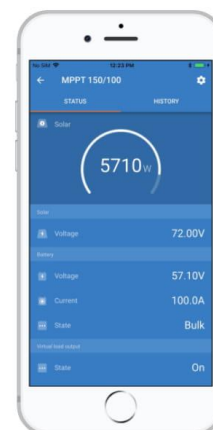
Can be programmed to trip on an alarm, or other events.

### Optional: SmartSolar pluggable LCD display

Simply remove the rubber seal that protects the plug on the front of the controller, and plug-in the display.



SmartSolar pluggable display



SmartSolar Charge Controller with VE.Can interface	150/70	150/85	150/100
Battery voltage	12/24/48V Auto Select (36V: manual)		
Rated charge current	70A	85A	100A
Nominal PV power, 12V 1a,b)	1000W	1200W	1450W
Nominal PV power, 24V 1a,b)	2000W	2400W	2900W
Nominal PV power, 36V 1a,b)	3000W	3600W	4350W
Nominal PV power, 48V 1a,b)	4000W	4900W	5800W
Max. PV short circuit current 2)	50A (max 30A per MC4 conn.)	70A (max 30A per MC4 conn.)	
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum		
Maximum efficiency	98%		
Self-consumption	Less than 35mA @ 12V / 20mA @ 48V		
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (adjustable with: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)		
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (adjustable: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)		
Charge voltage 'equalization'	Default setting: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (adjustable)		
Charge algorithm	multi-stage adaptive (eight preprogrammed algorithms) or user defined algorithm		
Temperature compensation	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C		
Protection	Battery reverse polarity (fuse, not user accessible) PV reverse polarity / Output short circuit / Over temperature		
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)		
Humidity	95%, non-condensing		
Maximum altitude	5000m (full rated output up to 2000m)		
Environmental condition	Indoor, unconditioned		
Pollution degree	PD3		
Data communication	VE.Can, VE.Direct and Bluetooth		
Remote on/off	Yes (2 pole connector)		
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC		
Parallel operation	Yes, parallel synchronised operation with VE.Can		
<b>ENCLOSURE</b>			
Colour	Blue (RAL 5012)		
PV terminals 3)	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (Tr models) Two pairs of MC4 connectors (MC4 models)	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (Tr models) Three pairs of MC4 connectors (MC4 models)	
Battery terminals	35mm <sup>2</sup> / AWG2		
Protection category	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)		
Weight	3 kg	4,5kg	
Dimensions (h x w x d) in mm	Tr models: 185 x 250 x 95 mm MC4 models: 215 x 250 x 95 mm	Tr models: 216 x 295 x 103 MC4 models: 246 x 295 x 103	
<b>STANDARDS</b>			
Safety	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power. 1b) The PV voltage must exceed Vbat + 5V for the controller to start. Thereafter the minimum PV voltage is Vbat + 1V. 2) A PV array with a higher short circuit current may damage the controller. 3) MC4 models: several splitter pairs may be needed to parallel the strings of solar panels Maximum current per MC4 connector: 30A (the MC4 connectors are parallel connected to one MPPT tracker)			



With VE.Can up to 25 Charge Controllers can be daisy-chained and connected to a Color Control GX or other GX device  
Each Controller can be monitored individually, for example on a Color Control GX and on the VRM website

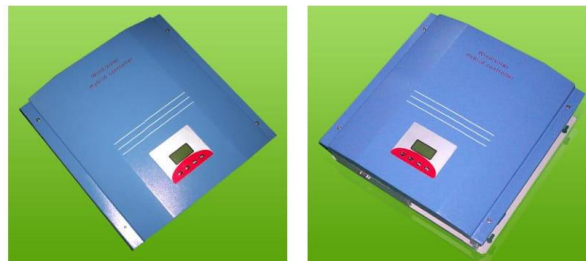
Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands  
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | E-mail: [sales@victronenergy.com](mailto:sales@victronenergy.com)  
[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



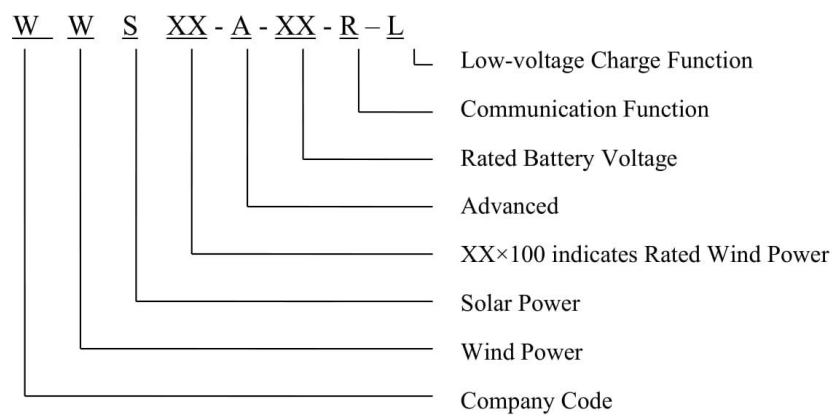
**PERFORMANCE FEATURES:**

- ◆ Perfect protection and alarming function, thus the system has a high stability
- ◆ LCD display function, visually display all operation parameters
- ◆ Voltage-limiting and current-limiting charging mode, ensures battery in the best charging status
- ◆ PWM stepless unloading mode, which burn the excess power in dump load, making the battery charging in the best status
- ◆ A multiple communication interface selection, realising PC monitoring function. The standard mode is RS232 communication, and other optional model RS485 / Ethernet/GPRS etc
- ◆ Optional wind turbine low-voltage charge function, making full use of low wind power
- ◆ Optional multiple control system function, real-time monitoring the multiple control system at the same time, with well-organized and exact monitoring interface
- ◆ European CE certification

**PRODUCT DISPLAY:**



**MODEL SPECIFICATION:**



**TECHNICAL PARAMETERS:**

Model	GWS20A-48
Rated Wind Turbine Power	2kW
Rated Solar Power	600W
PV Charge Current	10A
Rated Battery Voltage	48V
Wind Turbine Maximum Input Current	65A
Wind Turbine Maximum Input Power	3kW
Unload Voltage ( factory default)	56V
Unload Current ( factory default)	50A
Control Mode	PWM
Display Mode	LCD
Display Parameters	Wind Turbine Power, Wind Turbine Voltage, Wind Turbine Current, PV Voltage, PV Charge Current, PV Power, Battery Voltage. Etc
Working Temperature & Humidity	-20~+55°C/35~85%RH ( Without Condensation )
Protection Function	Solar reverse-charging protection , solar reverse-connection protection, battery over charge protection, battery over-discharge protection, battery reverse-connection protection, lightning protecting, wind turbine current limiting, wind turbine automatic brake and manual brake.
<b>In order to serve our customers better. Our company can adjust parameters configuration according to customer's requirement.</b>	



## GPT-3

### Usos

Conductor de cobre flexible de dimensiones reducidas para cableado en el interior de tableros donde hay poco espacio. Esto se logra por la calidad del aislamiento de PVC, cuya temperatura de operación es de 75°C y por sus excelentes propiedades dieléctricas que superan los ensayos eléctricos exigentes a que son sometidos.

### Descripción

Conductor de cobre electrolítico blando, flexible cableado en haz. Aislado con cloruro de polivinilo (PVC).

### Características

Resistente a vibraciones, combustibles, lubricantes y solución electrolítica del acumulador, resistente a la abrasión, dobleces, etc. Retardante a la llama.

### Marca

INDECO S.A. GPT-3 300 V – Sección (AWG) – Año

### Calibres

20 – 8 AWG.

### Embalaje

En rollos estándar de 100 metros.

### Colores

Amarillo, azul, blanco, negro, rojo, marrón, rosado, gris  
Violeta, naranja y verde.



### Normas de Fabricación

UL 62, SAE J1128

### Tensión de servicio

300 V

### Temperatura de operación

75°C



**TABLA DE DATOS TECNICOS GPT-3**

SECCION	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIÁMETRO HILO	ESPESOR AISLAMIENTO	DIÁMETRO PREVISTO	PESO PREVISTO	CAPACIDAD CORRIENTE
AWG	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	Kg/Km	A
20	0.52	15	0.204	0.46	1.87	7	9
18	0.82	24	0.204	0.46	2.11	10	14
16	1.31	24	0.255	0.46	2.40	15	19
14	2.08	39	0.255	0.46	2.79	23	29
12	3.31	61	0.255	0.51	3.36	35	33
10	5.26	98	0.255	0.62	4.20	55	48
8	8.37	154	0.255	0.73	5.41	89	67

## FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolar

Contacto  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados y lugares de alta afluencia de público.

### DESCRIPCIÓN

#### Aplicación:

En redes eléctricas de distribución de baja tensión. Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados, aplicación directa en lugares de alta afluencia de público. Se puede instalar en ductos o directamente enterrado en lugares secos y húmedos. No recomendado para instalaciones a la intemperie.

#### Construcción:

1. Conductor: Cobre blando, clase 2.
2. Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.
3. Cubierta externa: Compuesto termoplástico libre de halógenos HFFR.

#### Principales características:

El cable tiene excelentes propiedades eléctricas. El aislamiento de polietileno reticulado permite mayor capacidad de corriente en cualquier condición de operación, mínimas pérdidas dieléctricas, alta resistencia de aislamiento. La cubierta exterior tiene las siguientes características: No propaga el incendio, baja emisión de humos densos y libre de halógenos. Adecuada resistencia a los aceites.

#### Sección:

Desde 2,5 mm<sup>2</sup> hasta 500 mm<sup>2</sup>.

#### Marcación:

INDECO S.A. FREETOX N2XOH 0,6/1 kV - Sección - Año - Metrado Secuencial.

#### Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

#### Color:

Aislamiento: Natural.

Cubierta externa: A solicitud del cliente.

#### Normas nacionales

**NTP-IEC 60228:** Conductores para cables aislados.



### NORMA

**Internacional** IEC 60228;  
IEC 60332-1-2;  
IEC 60332-3-24 Cat.C;  
IEC 60502-1; IEC 60684-2;  
IEC 60754-1; IEC 60754-2;  
IEC 61034-2

**Nacional** ICEA S-95-658; NTP-  
IEC 60228; NTP-IEC 60502-1;  
UL 2556



Libre de halógenos  
IEC 60754-1



Libre de plomo  
Si



Resistencia a  
aceites  
ICEA S-95-658



Toxicidad de los  
gases  
Baja Toxicidad IEC  
60684-2



Corrosividad de los  
gases  
Baja pH  
Corrosividad IEC  
60754-2



Densidad de los  
humos  
IEC 61034-2



No propagación de  
la llama  
IEC 60332-1-2; FT1



No propagador del  
incendio  
IEC 60332-3-24  
Cat.C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.9 Generado 07/05/19 www.nexans.pe Página 1 / 6

**INDECO**  
empresa Nexans

## FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolar

Contacto  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

**NTP-IEC 60502-1:** Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.

### Normas internacionales aplicables

**IEC 60228:** Conductores para cables aislados.

**IEC 60502-1:** Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.

**IEC 60332-1-2:** Ensayo de propagación de llama vertical para un alambre o cable simple - Procedimiento para llama premezclada de 1kW.

**UL 2556:** Métodos de ensayo para alambre y cable. **Sección 9.3:** Ensayo de propagación de llama - FT-1 (muestra vertical).

**IEC 60332-3-24:** Ensayo para llama vertical extendida de alambres agrupados o cables montados verticalmente - Categoría C.

**IEC 60684-2:** Tubos flexibles aislantes - Parte 2: Métodos de ensayo.

**IEC 60754-1:** Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables - **Parte 1:** Determinación del contenido de gases halógenos ácidos.

**IEC 60754-2:** Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables - **Parte 2:** Determinación de la acidez (por medida del pH) y la conductividad.

**IEC 61034-2:** Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.

**ICEA S-95-658:** Cables de distribución de tensión nominal hasta 2000 V. **Sección 6.4.2:** Ensayo de inmersión en aceite.

## CARACTERÍSTICAS

### Características de construcción

Material del conductor	Cobre Temple Blando
Material de aislamiento	XLPE
Cubierta exterior	Compuesto Termoplástico Libre de Halógenos
Libre de halógenos	IEC 60754-1
Libre de plomo	Si

### Características eléctricas

Rigidez dieléctrica	3,5 kV
---------------------	--------



Libre de halógenos  
IEC 60754-1



Libre de plomo  
Si



Resistencia a  
aceites  
ICEA S-95-658



Toxicidad de los  
gases  
Baja Toxicidad IEC  
60684-2



Corrosividad de los  
gases  
Baja pH  
Corrosividad IEC  
60754-2



Densidad de los  
humos  
IEC 61034-2



No propagación de  
la llama  
IEC 60332-1-2; FT1



No propagador del  
incendio  
IEC 60332-3-24  
Cat.C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.9 Generado 07/05/19 [www.nexans.pe](http://www.nexans.pe) Página 2 / 6

## FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolar

Contacto  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

Características eléctricas	
Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento	5 min.
Características de uso	
Resistencia a aceites	ICEA S-95-658
Toxicidad de los gases	Baja Toxicidad IEC 60684-2
Corrosividad de los gases	Baja pH Corrosividad IEC 60754-2
Densidad de los humos	IEC 61034-2
No propagación de la llama	IEC 60332-1-2; FT1
No propagador del incendio	IEC 60332-3-24 Cat.C
Temperatura máxima operación	90 °C
Temperatura de sobrecarga de emergencia	130 °C
Temperatura máxima del conductor en corto-circuito	250 °C

### DATOS DIMENSIONALES

Sección [mm <sup>2</sup> ]	Nº total alambres	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes Aislam. [mm]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]
2,5	7	1,9	0,7	0,9	5,3	49
4	7	2,4	0,7	0,9	5,8	66
6	7	3,0	0,7	0,9	6,4	87
10	7	3,7	0,7	0,9	7,1	127
16	7	4,6	0,7	0,9	8	185
25	7	5,8	0,9	0,9	9,6	282
35	7	6,8	0,9	0,9	10,6	373
50	19	7,9	1,0	0,9	11,9	495
70	19	9,5	1,1	0,9	13,7	694
95	19	11,2	1,1	1,0	15,6	953
120	37	12,8	1,2	1,0	17,4	1184
150	37	14,2	1,4	1,1	19,4	1444
185	37	15,8	1,6	1,2	21,7	1816
240	37	18,0	1,7	1,2	24,1	2355
300	37	20,1	1,8	1,2	26,4	2932
400	61	23,3	2,0	1,4	30,4	3800
500	61	26,2	2,2	1,5	33,9	4830



Libre de halógenos  
IEC 60754-1



Libre de plomo  
Si



Resistencia a  
aceites  
ICEA S-95-658



Toxicidad de los  
gases  
Baja Toxicidad IEC  
60684-2



Corrosividad de los  
gases  
Baja pH  
Corrosividad IEC  
60754-2



Densidad de los  
humos  
IEC 61034-2



No propagación de  
la llama  
IEC 60332-1-2; FT1



No propagador del  
incendio  
IEC 60332-3-24  
Cat.C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.9 Generado 07/05/19 www.nexans.pe Página 3 / 6

**INDECO**  
empresa Nexans

## FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolar

Contacto  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

### DATOS ELÉCTRICOS

Sección [mm <sup>2</sup> ]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]
2,5	7,41	50	40	38
4	4,61	65	55	55
6	3,08	85	65	68
10	1,83	115	90	95
16	1,15	155	125	125
25	0,727	200	160	160
35	0,524	240	200	195
50	0,387	280	240	230
70	0,268	345	305	275
95	0,193	415	375	330
120	0,153	470	435	380
150	0,124	520	510	410
185	0,0991	590	575	450
240	0,0754	690	690	525
300	0,0601	775	790	600
400	0,047	895	955	680
500	0,0366	1010	1100	700

### LISTA DE PRODUCTOS

Ref. Nexans	Nombre	Sección n [mm <sup>2</sup> ]	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes. Aislam. [mm]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]	Color de cubierta
☎ P00020918-4	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 2,5 mm <sup>2</sup>	2,5	1,9	0,7	0,9	5,3	49	Negro
☎ P00011521-3	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 4 mm <sup>2</sup>	4	2,4	0,7	0,9	5,8	66	Negro
☎ P00011520-6	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 6 mm <sup>2</sup>	6	3,0	0,7	0,9	6,4	87	Negro
☎ P00010990-6	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 10 mm <sup>2</sup>	10	3,7	0,7	0,9	7,1	127	Negro

☎ = Realizar pedido, 📦 = Reservar stock



Libre de halógenos  
IEC 60754-1



Libre de plomo  
Si



Resistencia a aceites  
ICEA S-95-658



Toxicidad de los gases  
Baja Toxicidad IEC  
60684-2



Corrosividad de los gases  
Baja pH  
Corrosividad IEC  
60754-2



Densidad de los humos  
IEC 61034-2



No propagación de la llama  
IEC 60332-1-2; FT1



No propagador del incendio  
IEC 60332-3-24  
Cat.C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.9 Generado 07/05/19 [www.nexans.pe](http://www.nexans.pe) Página 4 / 6

**INDECO**  
empresa Nexans

## FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolar

Contacto  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

Ref. Nexans	Nombre	Sección n [mm²]	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes. Aislam. [mm]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]	Color de cubierta
☎ P00010986-6	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 16 mm2	16	4,6	0,7	0,9	8	185	Negro
☎ P00028985-0	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 16 mm2	16	4,6	0,7	0,9	8	185	Amarillo / Verde
☎ P00010984-5	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 25 mm2	25	5,8	0,9	0,9	9,6	282	Negro
☎ P00012308-9	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 35 mm2	35	6,8	0,9	0,9	10,6	373	Negro
☎ P00011517-6	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 50 mm2	50	7,9	1,0	0,9	11,9	495	Negro
☎ P00014387-5	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 70 mm2	70	9,5	1,1	0,9	13,7	694	Negro
☎ P00011803-5	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 95 mm2	95	11,2	1,1	1,0	15,6	953	Negro
☎ P00000828-6	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 120 mm2	120	12,8	1,2	1,0	17,4	1184	Negro
☎ P00000829-8	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 150 mm2	150	14,2	1,4	1,1	19,4	1444	Negro
☎ P00000833-8	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 185 mm2	185	15,8	1,6	1,2	21,7	1816	Negro
☎ P00000834-10	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 240 mm2	240	18,0	1,7	1,2	24,1	2355	Negro
☎ P00008487-6	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 300 mm2	300	20,1	1,8	1,2	26,4	2932	Negro
☎ P00000835-3	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 400 mm2	400	23,3	2,0	1,4	30,4	3800	Negro

☎ = Realizar pedido, 📦 = Reservar stock



Libre de halógenos  
IEC 60754-1



Libre de plomo  
Si



Resistencia a  
aceites  
ICEA S-95-658



Toxicidad de los  
gases  
Baja Toxicidad IEC  
60684-2



Corrosividad de los  
gases  
Baja pH  
Corrosividad IEC  
60754-2



Densidad de los  
humos  
IEC 61034-2



No propagación de  
la llama  
IEC 60332-1-2; FT1



No propagador de  
incendio  
IEC 60332-3-24  
Cat.C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.9 Generado 07/05/19 www.nexans.pe Página 5 / 6

**INDECO**

empresa Nexans

## FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolar

Contacto  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

Ref. Nexans	Nombre	Sección n [mm²]	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes Aislam. [mm]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]	Color de cubierta
☎ P00008670-4	FREETOX N2XOH 0,6/1 kV 500 mm2	500	26,2	2,2	1,5	33,9	4830	Negro

☎ = Realizar pedido, 📦 = Reservar stock

### RADIO DE CURVATURA UNA VEZ INSTALADO EN B.T.

$$R=Dxf$$

R: Radio de curvatura una vez instalado (mm)

D: Diámetro sobre cubierta externa o sobre aislamiento (cuando no tiene cubierta externa) (mm)

f: Factor multiplicativo; dado en la siguiente tabla:

Sin armadura	Espesor del aislamiento (mm)	Diámetro externo del cable		
		< 25.4 mm	25.4 mm ≤ D ≤ 50.8 mm	> 50.8 mm
		De 0 a 4.31	4	5
Mayor o igual a 4.32	5	6	7	
Cables con armadura de cintas lisas o alambres				12

### CONDICIONES DE CÁLCULO DE CORRIENTE B.T.; 90°C

#### CONDICIONES DE CALCULO DE CORRIENTE

Temperatura máxima del conductor : 90°C.  
Temperatura ambiente : 30°C.  
Temperatura del terreno : 20°C.  
Profundidad de tendido : 0,7 m.  
Resistividad térmica del terreno : 1,0 K.m/W.



Libre de halógenos  
IEC 60754-1



Libre de plomo  
Si



Resistencia a  
aceites  
ICEA S-95-658



Toxicidad de los  
gases  
Baja Toxicidad IEC  
60684-2



Corrosividad de los  
gases  
Baja pH  
Corrosividad IEC  
60754-2



Densidad de los  
humos  
IEC 61034-2



No propagación de  
la llama  
IEC 60332-1-2; FT1



No propagador del  
incendio  
IEC 60332-3-24  
Cat.C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.9 Generado 07/05/19 www.nexans.pe Página 6 / 6

**INDECO**  
empresa Nexans



## Inversores Phoenix

1200VA - 5000VA (por módulo)

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



Phoenix Inverter  
24/5000

### SinusMax – Diseño superior

Desarrollado 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 máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

### 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 frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

### Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

### Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).



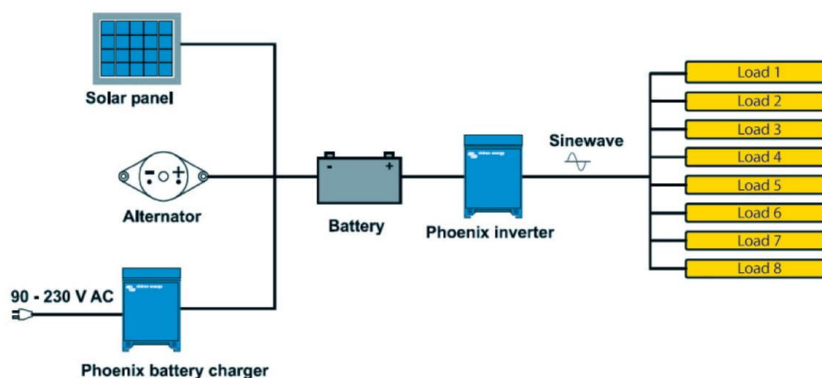
Phoenix Inverter Compact  
24/1600

### Interfaz para el ordenador

Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software VECfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web [www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com), se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a VENet, la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.

### Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde [www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com).



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands  
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40  
E-mail: [sales@victronenergy.com](mailto:sales@victronenergy.com) | [www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25°C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25°C (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Potencia cont. de salida 40°C (W)	900	1200	1450	2200	3700
Potencia cont. de salida 65°C (W)	600	800	1000	1700	3000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 / 48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a – g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18i		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure) Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				



#### Panel de Control para Inversor Phoenix

También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.

#### Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:



**Color Control GX**  
Proporciona monitorización e control, de forma local e remota, no [Portal VRM](#).



**Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB**  
Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VEConfigure](#))



**Interfaz VE.Bus a NMEA 2000**  
Liga o dispositivo a una red electrónica marítima NMEA2000. Consulte o [guía de integración NMEA2000 e MFD](#)



**Monitor de baterías BMV-700**  
El monitor de baterías BMV-700 dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).



## **APÉNDICE 2**

# **FOTOGRAFIAS**



Foto 1: Centro poblado de Chaucalla



Foto 2: Escuela de Chaucalla



Foto 3: Cultivo de Chaucalla de segundo nivel



Foto 4: Cultivo de Chaucalla de tercer nivel



Foto 5: Dialogando con pobladores de Chaucalla



Foto 6: Dialogando con pobladores de Chaucalla



Foto 7: Cultivo de Chaucalla de tercer nivel



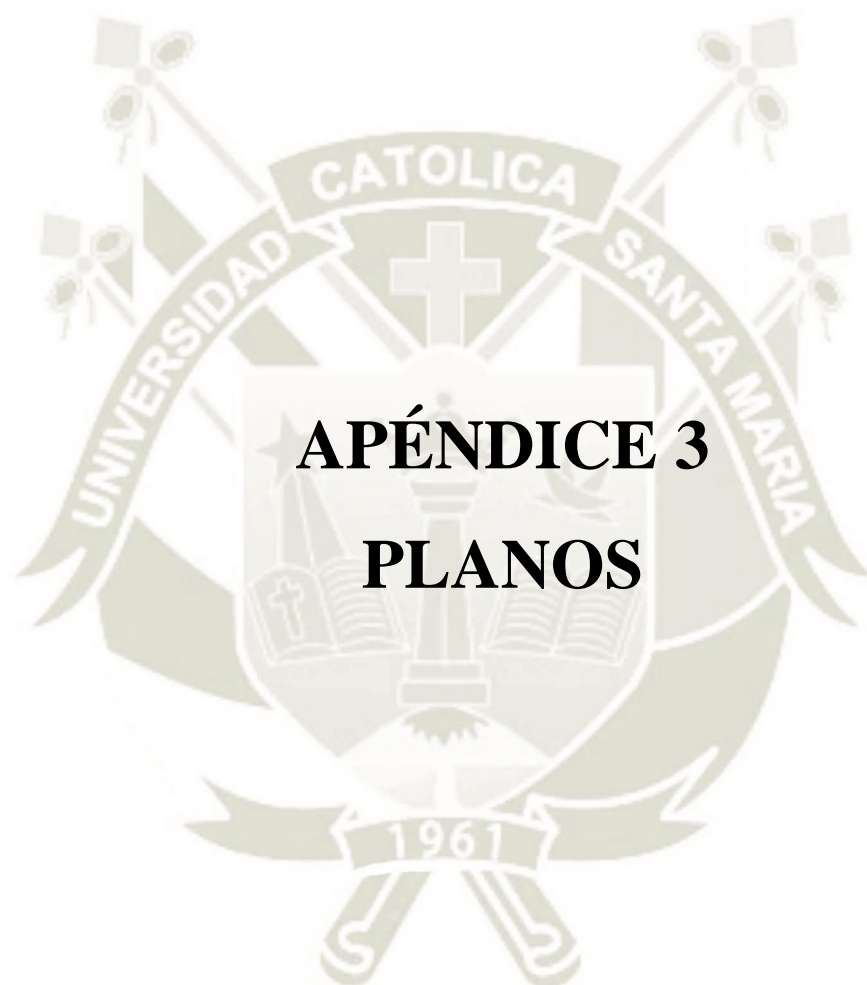
Foto 8: Dialogando con pobladores de Chaucalla



Foto 9: Terreno agrícola de Chaucalla

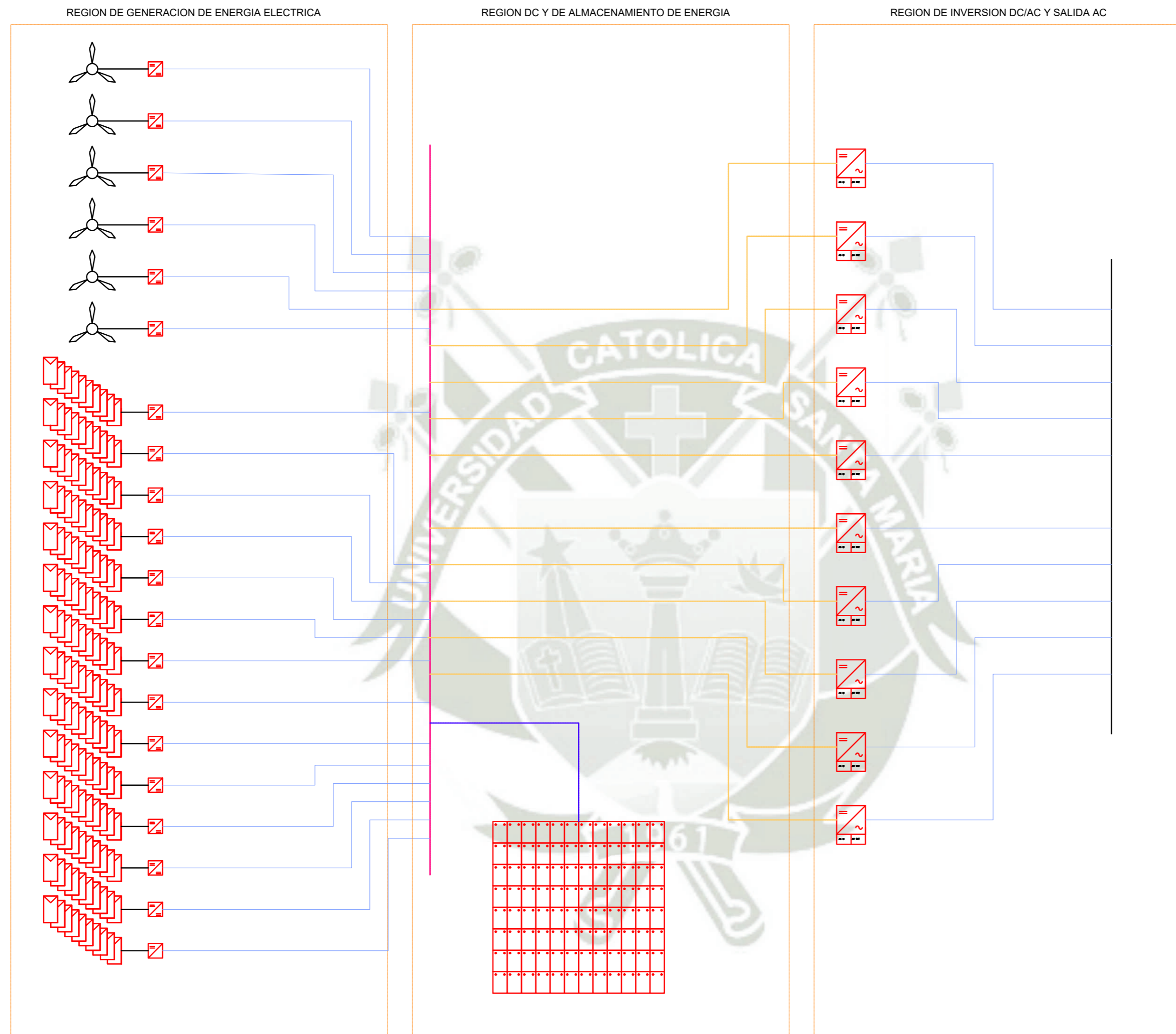


Foto 10: Río de Chaucalla



# APÉNDICE 3

## PLANOS



LEYENDA		
01		MODULO SOLAR FOTOVOLTAICO AMERISOLAR AS-6P 330Wp
02		CONTROLADOR DE CARGA MPPT 150/100 VICTRON ENERGY
03		ACUMULADOR RITAR POWER 2VDC 3000Ah OPZv
04		INVERSOR CARGADOR MUTIPLUS 48/5000 VICTRON ENERGY
05		AEROGENERADOR GH-2KW GREEF ENERGY
06		CABLE VULCANIZADO 2X10AWG PUESTO EN TUBERIA CONDUIT 1.5" ENTERRADO
07		CABLE GPT 10mm2
08		CABLE 300 mm2
09		EQUIPOS ELECTRICOS



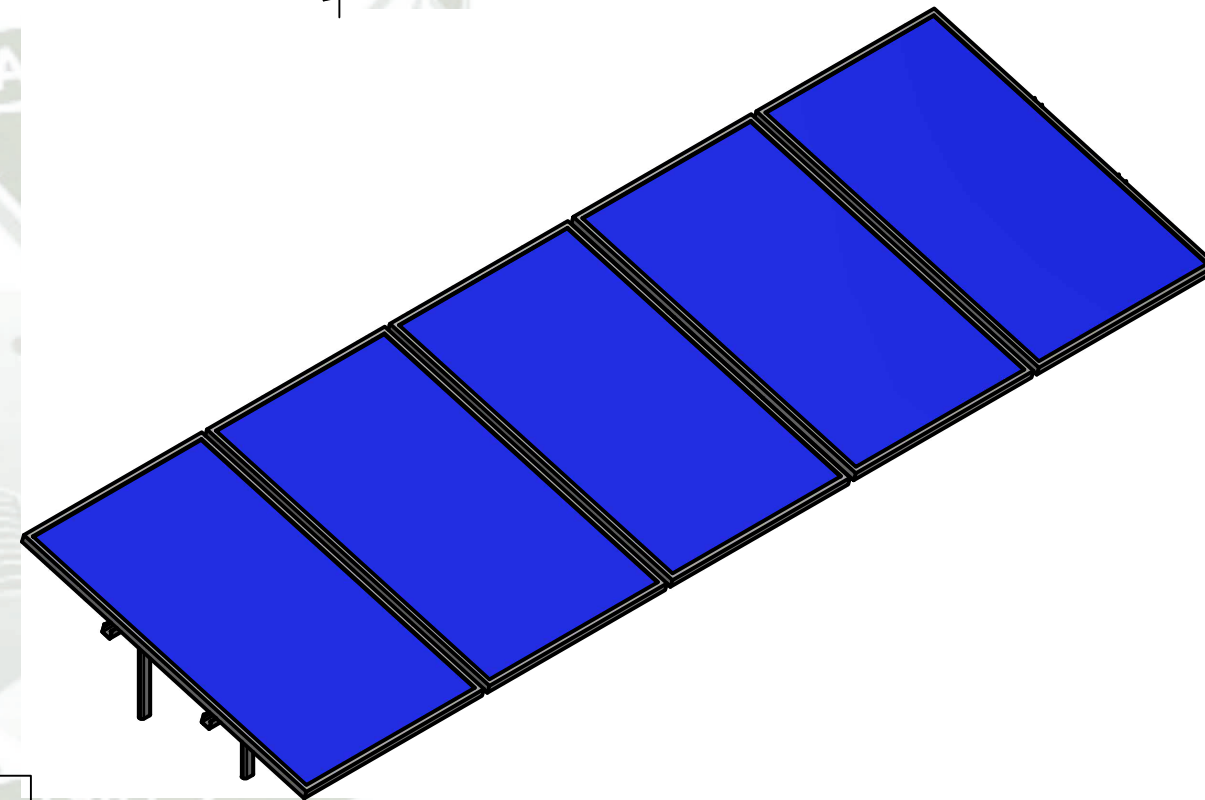
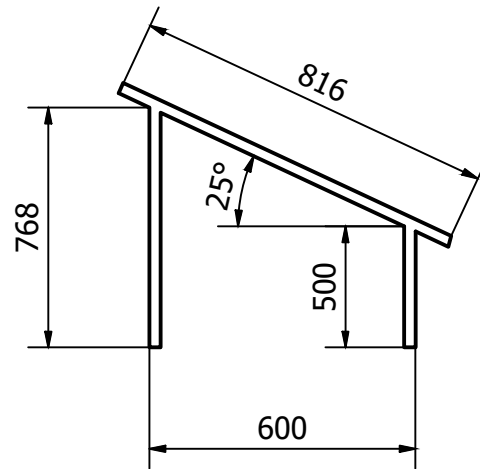
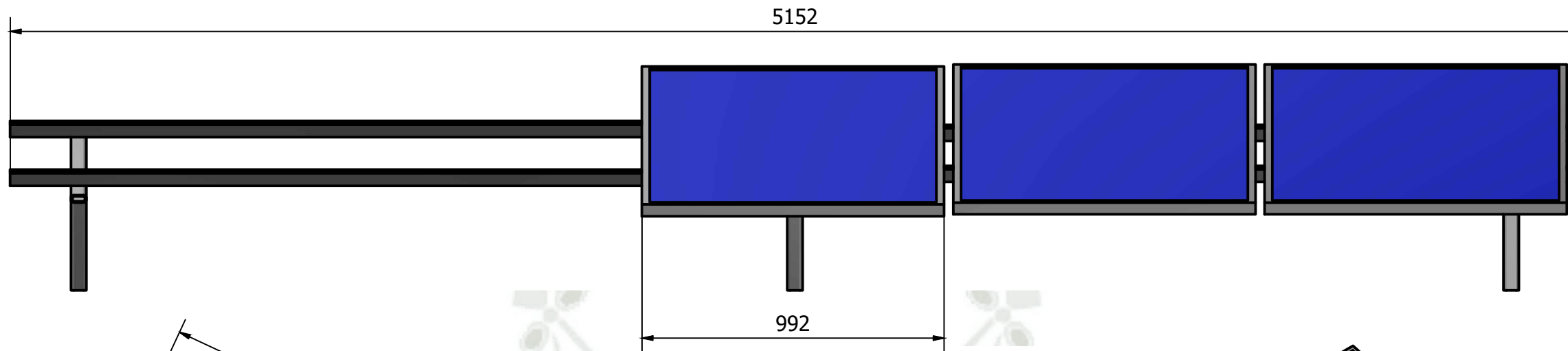
**CENTRAL  
ELECTRICA EOLICA  
- FOTOVOLTAICA  
DE 50 KVA**

**Proyecto: CENTRO POBLADO DE CHAUCALLA  
DISTRITO DE TORO Y CHICHAS**  
Plano: UNIFILAR DE CONEXION  
Proyectista: Jhonner Peralta Berlanga  
Fecha: NOVIEMBRE 2019

Escala: 1/1

Lámina:

**IE-01**



**OBSERVACIONES**

- LA ESTRUCTURA ESTÁ ANCLADA EN PILARES DE CEMENTO DE 500mm DE ALTURA, UBICADOS EN EL TERRENO ESTABLECIDO PARA SU INSTALACIÓN.
- LA BASE Y LOS TRAVESAÑOS ESTARÁN EMPERNADOS PARA SOSTENER LA ESTRUCTURA.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	12000.000 mm	Strut 1.75	Strut
2	2460.000 mm	AISC - 2 x 1 x 3/16 - 32.283	Tube
3	5	Panel 260	
4	1459.810 mm	AISC - 2 x 1 x 3/16 - 19.158	Tube
5	965.507 mm	AISC - 2 x 1 x 3/16 - 12.671	Tube



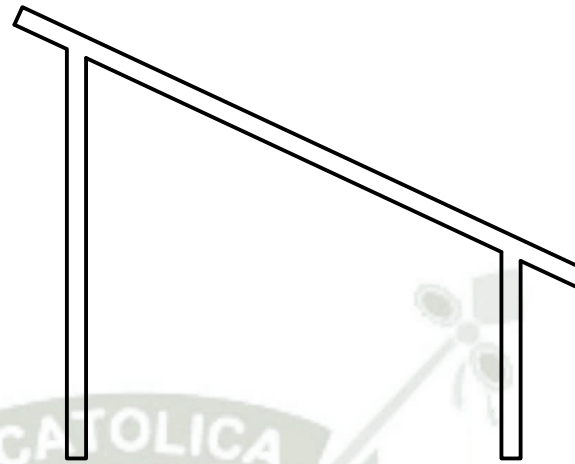
CENTRAL  
ELECTRICA  
EOLICA -  
FOTOVOLTAICA  
DE 50 KVA

Proyecto: CENTRO POBLADO DE CHAUCALLA  
DISTRITO DE TORO Y CHICHAS  
Plano: Estructura de paneles  
Proyectista Jhonner Peralta Berlanga  
Fecha: NOVIEMBRE 2019 Escala: 1/1

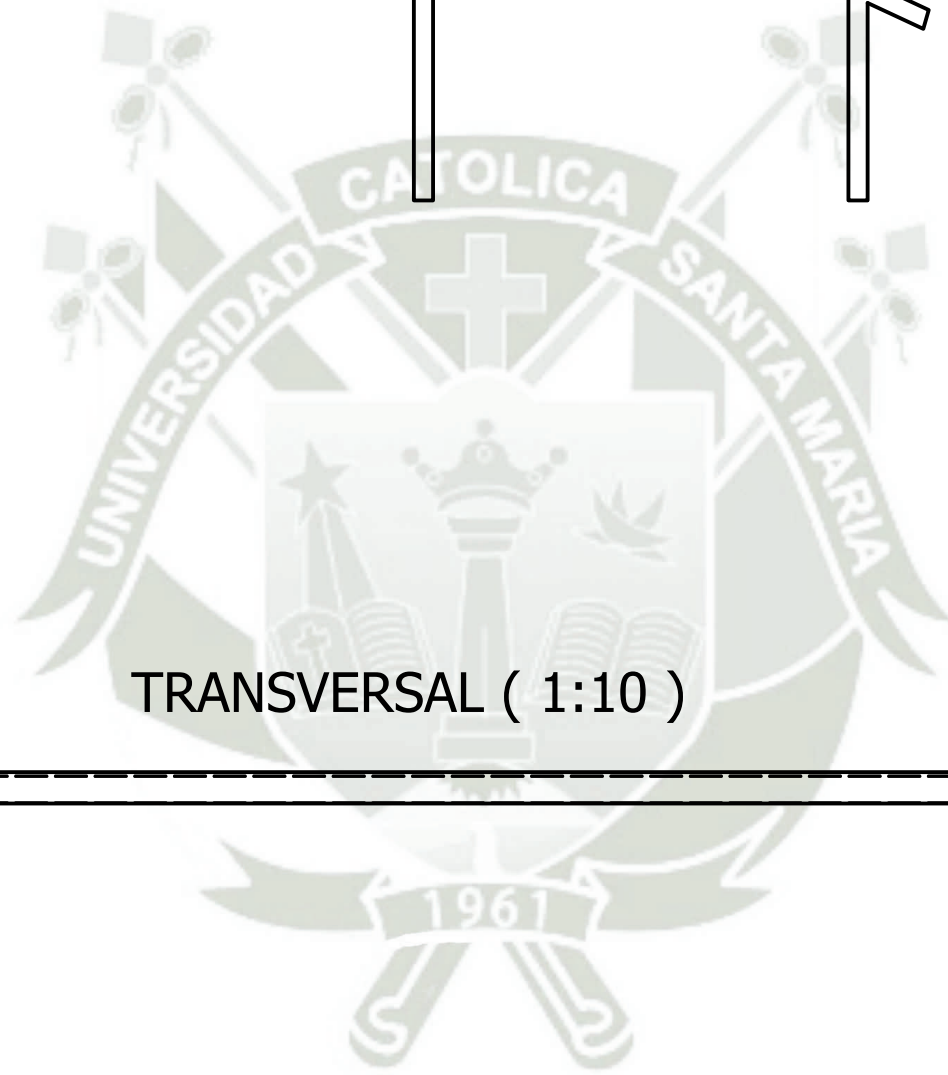
Lámina:

**IE-02**

BASE ( 1:10 )



TRANSVERSAL ( 1:10 )



CENTRAL  
ELECTRICA  
EOLICA -  
FOTOVOLTAICA  
DE 50 KVA

Proyecto: CENTRO POBLADO DE CHAUCALLA  
DISTRITO DE TORO Y CHICHAS

Plano: ESTRUCTURA DE PANELES

Proyectista: Jhonner Peralta Berlanga

Fecha: NOVIEMBRE 2019

Escala: INDICADA

Lámina:

**IE-03**