

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

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



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR-EOLICO PARA SER
APLICADO EN ELECTRIFICACIÓN RURAL EN EL DISTRITO DE ANDAGUA**

**Tesis Presentada por el Bachiller:
Arce Torres Richard Felix**

**Para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Mecánico Electricista**

**Asesor:
Ing. Chrinós Apaza, Luis
Ing. Rivera Acosta, Víctor**

Arequipa –Perú

2017



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado 1350

Arequipa - Perú

27

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA**

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACION
SOLAR-EOLICO PARA SER APLICADO EN
ELECTRIFICACION RURAL EN EL DISTRITO DE
ANDAGUA”**

Presentado por el Bachiller:

ARCE TORRES, Richard Félix

Nuestro **DICTAMEN** es:

FAVORABLE

OBSERVACIONES:

SIN OBSERVACIONES

Arequipa, *03* *Septiembre* 2017

[Firma]
ING. LUIS CHIRINOS APAZA
2337

[Firma]
ING. VICTOR RIVERA ACOSTA
2338



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado 1350

Arequipa - Perú

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

SE NOMBRA DICTAMINADOR DE BORRADOR DE TESIS

DECRETO N°015-DEPIMMEM-2017

Arequipa, 29 de Setiembre 2017

Visto el expediente N°170044739 presentado por el (la) (los) Bachiller(s) Sr(ita) **ARCE TORRES, Richard Félix** de acuerdo el informe emitido por los dictaminadores del Plan de Tesis: Ings. **LUIS CHIRINOS APAZA** y **VICTOR RIVERA ACOSTA** y el informe presentado por el Asesor de Tesis: **LUIS CHIRINOS APAZA**, Estando de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales.

Dictaminadores del Plan de Tesis, documento que presenta el (la) (los) señor (ita) (es) Bachiller: **ARCE TORRES, Richard Félix** estando conforme con lo informado por el Jurado Dictaminador del Plan de Tesis, esta Dirección:

SE RESUELVE PRIMERO:

Designar al Jurado Dictaminador del Borrador de Tesis, presentado por el (la) señor (ita) Bachiller: quien (es) pretende (n) optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, con la tesis titulada:

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACION SOLAR-EOLICO PARA SER APLICADO EN ELECTRIFICACION RURAL EN EL DISTRITO DE ANDAGUA"

SEGUNDO

Se nombra a los señores Docentes Ingenieros:

Ing. **LUIS CHIRINOS APAZA**
Ing. **VICTOR RIVERA ACOSTA**

SEGUNDO:

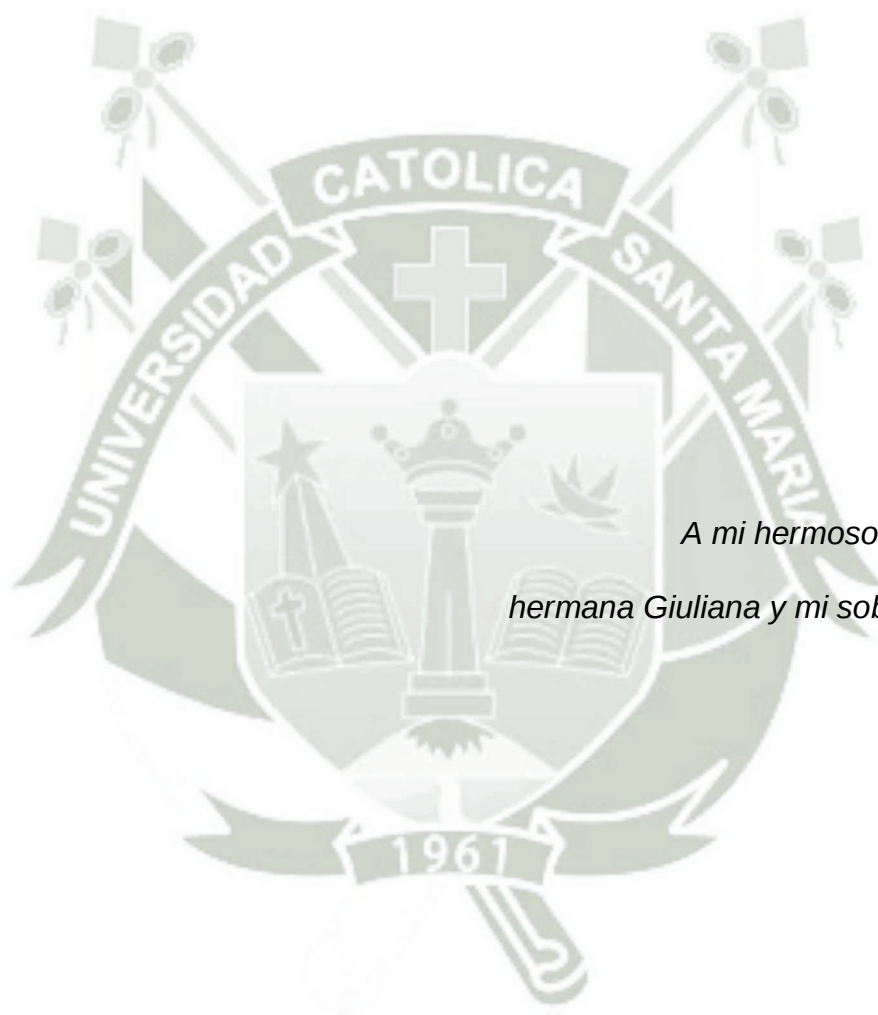
El Jurado Dictaminador elaborará el dictamen conjunto en el término de VEINTE DÍAS a partir de la fecha.

TERCERO

La Dirección y Secretaría de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica, se encargará del cumplimiento del presente.



A mis padres, el Sr. Demetrio Arce y la Sra. Piedad Torres por su apoyo en mi formación personal y profesional, eternamente agradecido.



*A mi hermoso hijo Ricardo,
hermana Giuliana y mi sobrino Nicolás.*

A mi Asesor Ing. Luis Chirinos por la orientación brindada para sacar adelante esta tesis.

Richard Arce.

ÍNDICE

INTRODUCCION	VIII
RESUMEN	XI
CAPITULO I	
GENERALIDADES	01
1.1 MOTIVACIÓN.....	01
1.2 OBJETIVOS	05
1.2.1 Objetivo General	05
1.2.2. Objetivos Específicos	05
1.3 Alcances de la propuesta	06
1.4 Plan de trabajo	06
1.5 Localización.....	07
1.6 Población y Muestra	08
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	10
2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO	11
2.1.1. LA ENERGÍA EÓLICA	11
2.1.2 La Energía Solar	22
2.1.3 Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico (SHEFV)	27

2.2	MARCO CONCEPTUAL.....	36
2.2.1	Sistema Eólico.....	36
2.2.2	Sistema Fotovoltaico	44
2.2.3	Sistemas de Baterías	59
2.2.4	La Carga.....	63
2.2.5	Cables Eléctricos	65
CAPITULO III		
	INGENIERIA DEL PROYECTO	68
3.1	Datos Necesarios	69
3.2	Determinación de la Demanda	71
3.3	Diagrama de Carga Andagua	75
3.4	Determinación de los Recursos Energéticos	78
3.5	Dimensionado del Sistema Eólico – Fotovoltaico	79
3.6	Selección de Componentes del Equipo	87
3.7	Detalle de Costos del Proyecto.....	99
	CONCLUSIONES	100
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	ANEXOS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Proyección energética 2005-2035.	03
Figura 1.2:	Generación mundial de electricidad a través de fuentes de energía renovables en 2008.	04
Figura 1.3:	Muestra la vista aérea señalando dónde está situada la zona rural.	07
Figura 2.1:	Aerogenerador con Rotor Barlovento.....	16
Figura 2.2:	Aerogenerador con Rotor Sotavento.	17
Figura 2.3:	Aerogenerador horizontal tripala.	18
Figura 2.4:	Flujo de la Energía eólica.	19
Figura 2.5:	Histograma de las velocidades del viento.	20
Figura 2.6:	Mapa Eólico Rugosidad.	21
Figura 2.7:	Espectro electromagnético proporcionado por el Sol sobre la superficie de la Tierra.	24
Figura 2.8:	Componentes de la radiación solar terrestre total.	25
Figura 2.9.	Balance energético sobre un cuerpo.....	26
Figura 2.10:	Bosquejo de un Sistema.	29
Figura 2.11:	Área A barrida por el rotor de diámetro D.	34
Figura 2.12:	Grandes Aerogeneradores y sus partes.	41
Figura 2.13:	Pequeños Aerogeneradores y sus partes.	44

Figura 2.14: Esquema del Sistema Fotovoltaico.	45
Figura 2.15: Panel Solar.	47
Figura 2.16: Curvas I-V con diferentes irradiancias y temperaturas de 50° y 25°.	48
Figura 2.17: Distancia mínima entre paneles fotovoltaicos.	54
Figura 2.18: Curva de carga típica de Andagua Actual	64
Figura 2.19. Esquema del Sistema Híbrido.	65
Figura 3.1: Ubicación Andagua.	68
Figura 3.2: Mapa Solar.	69
Figura 3.3: Mapa Eólico.	70
Figura 3.4: Diagrama de Carga Actual de la Central.	71
Figura 3.5: Diagrama de Carga Actual.	75
Figura 3.6: Sistema de Paneles Solares.	81
Figura 3.7: Curva de Potencia del Aerogenerador.	85
Figura 3.8: Características de vida del uso cíclico.	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1:	Eficiencia fotovoltaica en distintos materiales.	46
Tabla 2.2:	Tamaño de cables, corriente y potencia máxima.	67
Tabla 3.1:	Estimación de Cargas por Viviendas.	72
Tabla 3.2:	Estimación de Cargas Especiales.	73
Tabla 3.3:	Velocidad de Viento Distrito de Andagua.	78
Tabla 3.4:	Datos Sistema Fotovoltaico.	79
Tabla 3.5:	Calculo Numero de Paneles.	80
Tabla 3.6:	Velocidad de Viento en Andagua.	82
Tabla 3.7:	Calculo Numero de Paneles.....	83
Tabla 3.8:	Capacidad de Generador eólico.....	84
Tabla 3.9:	Velocidad de Viento en Andagua.	85

INTRODUCCIÓN

Debemos empezar definiendo a la energía eólica y solar como algunas de las energías renovables con mayor uso y popularidad alrededor del mundo. Ya existen en otros países generadores de fuentes renovables que han permitido observar los efectos que estas producen. Aún así, actualmente, se presentan nuevos retos con el surgimiento y la expansión en el uso de estas tecnologías, y la operación de nuevas fuentes de energía renovables interconectadas con la red es un área es donde hace falta mayor investigación.

El Perú tradicionalmente produce energía hidroeléctrica y forma parte de los países con una alta tasa de energías renovables. Unos ejemplos de ello son la represa hidroeléctrica de Gallito Ciego en el departamento de Lambayeque o la enorme Central Hidroeléctrica sobre el río Mantaro que, con más de 1 GW, contribuye aproximadamente 20% a la electricidad de todo el Perú.

Lamentablemente, bajo las esperanzas del 'milagro' del descubrimiento de gas en la zona del bajo Urubamba Camisea, por más de una década se 'olvidaron' de estas fuentes limpias. Es así que los hidrocarburos tomaron una posición cada vez más sólida. Afortunadamente, esta actitud cambió con los últimos gobiernos y se realizaron las reparaciones e inversiones necesarias para mantener la energía hidroeléctrica como una fuente importante de energía eléctrica. Actualmente existe un promedio de 48% de la electricidad proveniente del agua y 51% producida por los hidrocarburos. Esta relación cambia durante el año sobre todo por el nivel del

agua en las represas. Los generadores nuevos concentrados en Chilca a 65 km al sur de Lima, aumentaron la generación del gas considerablemente. Existe un auge de las energías renovables no tradicionales, con la puesta en marcha de dos parques eólicos, lo cual superó en septiembre del 2014 por primera vez el 2%.

Los datos actuales de la producción y distribución de electricidad se pueden encontrar en las páginas del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC) o en el Avance Estadístico del Subsector Eléctrico, publicado con cierta regularidad por la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas del Perú. Históricamente, solamente la población urbana tenía la comodidad de electricidad garantizada. La población rural en su mayoría, ni tenía la red, ni la voz y fuerza para reclamarla. En el Perú habían iniciativas aisladas con éxito para electrificar poblaciones rurales con sistemas descentralizados (por ejemplo: Pozuzo y Acopalca), pero éstas sólo representaron una fracción en vista de la gran necesidad de los pueblos. Según el mapa de pobreza del Fondo Nacional de Cooperación para el Desarrollo (FONCODES), 70% de la población rural en el 2007 no tenía acceso a electricidad, con grandes variaciones entre diferentes departamentos. El gobierno reaccionó y actualmente una serie de proyectos están en ejecución con un mejoramiento importante. En el Perú existe el Plan Nacional de Electrificación Rural con el Fondo Nacional de Electrificación Rural (FONER), que también incluye las energías renovables, se encuentra actualmente en su segunda fase. Más detalles se encuentran en la muy informativa página de la Dirección General de Electrificación Rural (DGER-MEM).

El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) ha publicado un mapa interactivo de las centrales y la red de distribución (SEIN). Donde debemos apretar la tecla 'menú' para visualizar el estado actual y los proyectos de las líneas de distribución, las subestaciones y los centrales interconectadas o aisladas. Cuando seleccionamos 'centrales no convencionales' se muestran las instalaciones fotovoltaicas, eólicas y de biomasa conectadas a la red. A mitad de los años 2000, el gobierno retomó sus intereses e inversiones en una producción de electricidad diversificada, que incluye la energía renovable tradicional y moderna.



RESUMEN

La propuesta es que habiendo una necesidad del uso de recursos naturales como fuente energética es que siendo estas energía limpias y sostenibles y teniendo como objetivo fundamental el de proveer de energía eléctrica una zona rural como es el distrito de Andagua.

Esta propuesta termina siendo pertinente en la medida que se considera la construcción de una central híbrida utilizando la energía solar y vientos para transformarlos en energía fotovoltaica y eólica que sirva para cubrir las necesidades energéticas de la familias de Andagua

Para la realización de esta central energética se ha hecho el análisis de la energía potencial solar y de vientos en Arequipa, finalmente que tipo de equipos fotovoltaicos y eólicos se requiere para cubrir la necesidad del poblador en esa perspectiva se ha diseñado un presupuesto de cuanto aproximadamente costaría esta central para una distribución energética eficiente.

Palabras clave: Recursos Naturales, Central Híbrida, Análisis Energía, Presupuesto, Energía limpia.

ABSTRACT

The proposal is that having a need for the use of natural resources as an energy source is that these energy being clean and sustainable and having as a fundamental objective to provide electric power in a rural area such as the district of Andagua.

This proposal ends up being pertinent to the extent that it is considered the construction of a hybrid power plant using solar energy and winds to transform them into photovoltaic and wind energy that serves to meet the energy needs of the families of Andagua.

For the realization of this power plant has been made the analysis of potential solar energy and wind in Arequipa, finally what kind of photovoltaic and wind equipment is required to cover the need of the villager in that perspective has been designed a budget of approximately would cost this plant for an efficient energy distribution.

Key words: Natural Resources, Central Hybrid, Energy Analysis, Budget, Clean Energy.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 MOTIVACION

Actualmente existe un fuerte crecimiento de la economía y el mejoramiento de las condiciones de la vida de la población hacen que se requieran grandes incrementos de la energía eléctrica en forma desmesurada. En el Perú desde hace algunas décadas se realizan estimaciones sobre los aspectos críticos en la demanda de energía en el sector nacional. Además hay factores como posibles horizontes cercanos de agotamiento de combustibles fósiles, el gran impacto ambiental que causa su uso y las frecuentes inestabilidades (conflictos armados) que influyen en el precio del barril de petróleo crudo, lo cual conduce a la necesidad del desarrollo de sistemas de energías auto sustentables. La energía juega un rol crucial en este tipo de desarrollo. La naturaleza de su disponibilidad tiene una gran influencia sobre prácticamente todas las actividades sociales y políticas, así como el estado del medio ambiente y el clima y, frecuentemente, determina si las naciones viven en paz o en conflicto entre sí (Rodriguez, Jeandrevin, IBañez, & Pyumetto, 2011). Consideramos que el uso de la energía es sustentable cuando la suficiencia y permanencia en la disponibilidad de un recurso energético está asegurada, al mismo tiempo que el efecto negativo sobre la naturaleza de su abastecimiento, transporte y uso, es limitado.

La demanda energética de la población mundial ha crecido de manera considerable

a través del último siglo. Tan sólo en 2005 hubo una demanda energética de 15 TWh (TeraWattthora; $1 \text{ TW} = 1,000,000,000,000 \text{ W}$) de los cuales el 86.5% provenía de combustibles fósiles (Patel, 2006).

Es importante mencionar también que el petróleo, gas y carbón siguen siendo los combustibles más usados por su relativo bajo costo. Sin embargo, el impacto ambiental de estas fuentes de energía, aunado al crecimiento de la población en el planeta y su demanda energética, ha traído consigo efectos nocivos al medio ambiente. Es por ello que en la actualidad el mercado de las energías renovables ha crecido de manera considerable promoviendo así una forma de generar energía y al mismo tiempo conservando al medio ambiente.

En la figura 1.1 se puede apreciar una proyección en la generación de energía desde 2005 hasta el 2035. En esta gráfica se puede observar como las energías renovables se podrían llegar a posicionar como la segunda fuente de energía para la población mundial en 2035 por encima del gas y de la energía nuclear y sólo por debajo del carbón cuyas reservas mundiales aún son vastas y podrían agotarse hasta 2065 (EIA, 2012).

Proyección energética 2005-2035

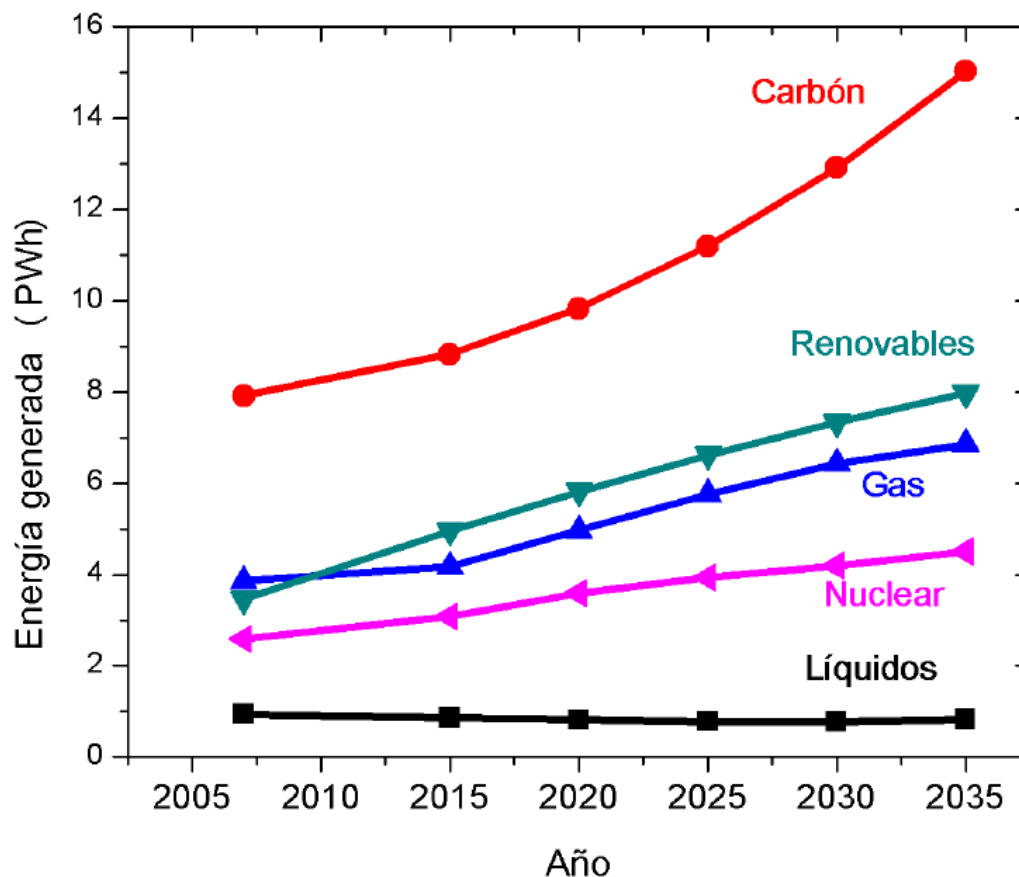


Figura 1.1. Proyección energética 2005-2035. Fuente: EIA, 2012. Agencia de Información de Energía

El potencial de la energía solar y eólica que recibe la tierra es enorme. La cantidad de esta energía recibida es tan vasta que equivale aproximadamente al doble de toda la energía producida por otras fuentes de energía no renovable como el petróleo, carbón, uranio y gas natural. El Perú posee una posición geográfica ventajosa en cuanto a la captación de este tipo de energías. En 2011, el territorio

nacional recibió una radiación solar promedio de $5,000 \text{ Wh/m}^2$ al día en comparativa con los países de Norteamérica y del norte de Europa cuya radiación solar promedio apenas superó los 2500 Wh/m^2 al día. (Castillo, 2013)

Entre las energías renovables más usadas en el mundo se encuentran en primer lugar la la energía solar fotovoltaica (FV) y la energía eólica. La primera convierte la radiación solar en electricidad en forma de corriente directa.

En segundo lugar se encuentra la energía que proviene del movimiento de las aspas de una turbina a través del viento, generando corriente directa a la salida. Todo ello basado en el principio fundamental de la física: “La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”.

El uso de cada tipo de energía renovable se muestra en la figura 1.2.

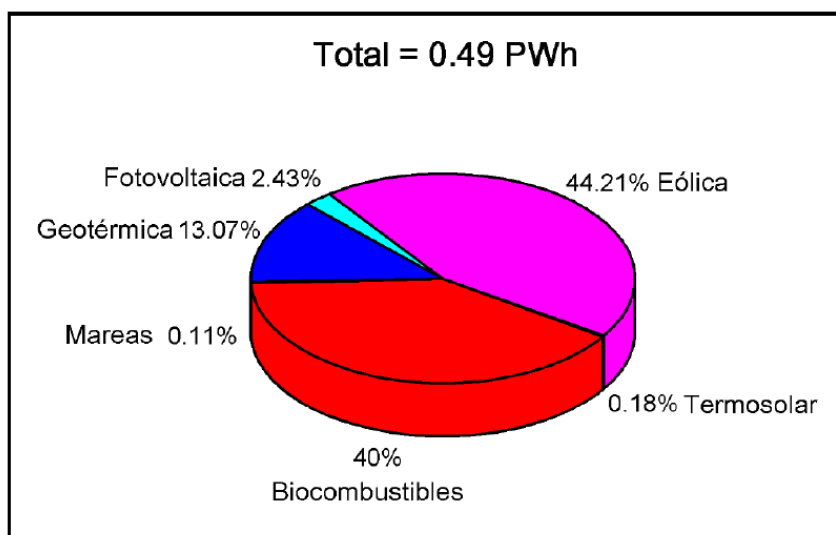


Figura 1.2: Generación mundial de electricidad a través de fuentes de energía renovables en 2008. Fuente EIA, 2012

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general en este trabajo es el aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones contaminantes de CO₂ en el Distrito de Andagua para mejorar la calidad de vida y disminuir la contaminación ambiental, mediante la combinación óptima de un Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos podemos citar los siguientes:

- Determinar la óptima combinación de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico (SHEFV)
- Determinar la energía necesaria a suministrar en el distrito de Andagua.
- Determinar el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica en el distrito de Andagua.
- Determinar el dimensionamiento de la instalación eólica en el distrito de Andagua.
- Establecer los cálculos justificativos mecánicos y eléctricos para la implementación y funcionamiento de esta planta, en el distrito de Andagua.

1.3 Alcances de la propuesta

La presente propuesta contempla el distrito de Andagua en cuyo territorio se instalará el sistema mixto, solar y eólico para la producción de energía eléctrica, que sirva para mejorar la calidad de vida de esta zona rural dentro del plan de energía para todos. Además, describimos las características técnicas del acondicionamiento de la instalación para verificar nuestra propuesta.

1.4 Plan de trabajo

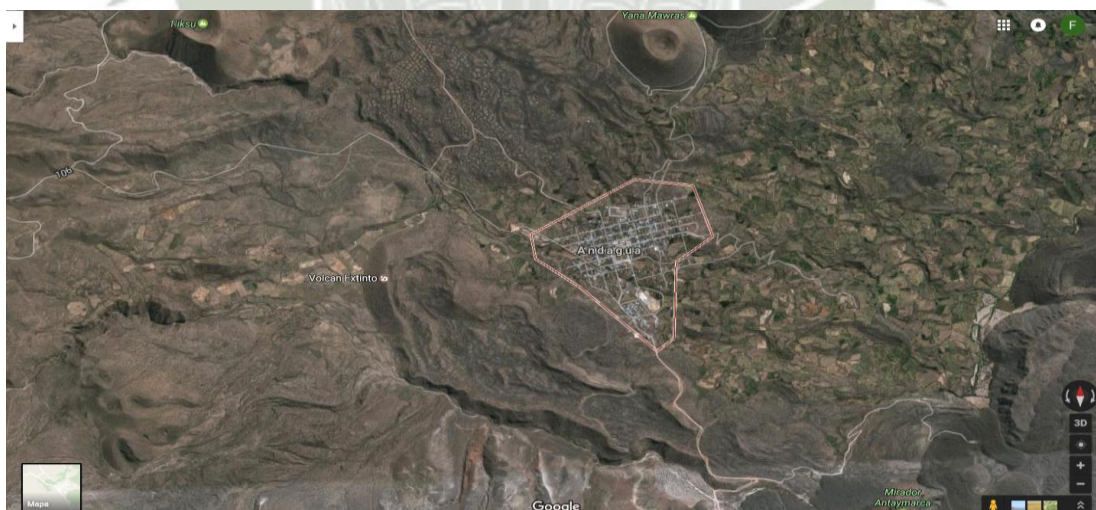
A continuación, se describirán los distintos pasos seguidos para desarrollar este proyecto:

1. Planteamiento inicial del proyecto, donde se marcan los objetivos.
2. Estudio de la zona donde se realizará la instalación.
3. Definir las características de las viviendas.
4. Verificación de los resultados obtenidos en la herramienta Excel, con las sugerencias provenientes del profesor responsable del proyecto.
5. Realizar el cálculo del consumo promedio diario de la zona rural.
6. Estudio y elección de los diferentes componentes que forman una instalación fotovoltaica.
7. Estudio y elección de los diferentes componentes que forman una instalación eólica.
8. Verificación del precio total de la instalación.
9. Conclusiones obtenidas del proyecto a diseñar.

1.5 Localización

El distrito de Andagua se encuentra en la zona definida como Castilla Alta, en la región Arequipa; es uno de los catorce distritos que conforman la provincia de Castilla.

Limita por el norte con los distritos de Cayarani, Chilcaymarca y de Orcopampa; al sur con los de Machaguay y de Uñón; al este con los de Chachas y de Ayo; al oeste con Salamanca. Desde el punto de vista jerárquico de la Iglesia Católica forma parte de la Prelatura de Chuquibamba en la Arquidiócesis de Arequipa. Situado 3.840 msnm sobre la margen derecha del río Majes, Soporo, San Isidro, Ccalhua, San Antonio, Sihuinchá y Virgen Rosario. Andagua es el centro poblado que ayuda articular a los distritos de Ayo, Chachas y Choco. Su principal actividad es el comercio y la agropecuaria de subsistencia, pero no cuenta con infraestructura de servicios adecuada.



La Figura 1.3: Muestra la vista aérea señalando dónde está situada la zona rural. Fuente:

Google Maps.

1.6 Población y Muestra

Población Actual

La población actual es de aproximadamente con 384 habitantes, proyección al 2016 del INEI, estas se distribuyen en 77 viviendas en la zona seleccionada para la elaboración del proyecto en el distrito de Andagua.

Características de la Población Futura

Este proyecto será planeado para que pueda cubrir las necesidades energéticas de la población por lo menos durante un periodo de 20 años. Para ello será necesario realizar los cálculos del crecimiento poblacional futuro. De esta forma, se hará una estimación de lo que será en ese momento la demanda energética y así podremos verificar si el proyecto instalado conseguirá seguir cubriendo las necesidades energéticas dentro de 20 años.

Para el cálculo de la población futura se utilizará la siguiente fórmula:

$$Pf = Pa(1 + i/100)^t$$

Por tanto, la población estimada en 20 años será de 693 habitantes, distribuida en 139 viviendas.

Pf = Población futura

Pa = Población actual

i = Tasa de crecimiento

t = Periodo de crecimiento

En este caso

$P_a = 384$ habitantes

$i = 3\%$ (dato tomado de INEI)

$t = 20$ años



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO¹

El sistema energético actual se encuentra basado en el uso de combustibles, el cual no será sostenible indefinidamente ya que las reservas son finitas y los efectos medioambientales del cambio climático cada vez se sienten con mayor fuerza. Es por ese motivo, por lo que se están desarrollando fuertemente los sistemas de producción de energía abastecidos por fuentes renovables. Entre estas energías renovables cabe destacar la energía solar y eólica.

La forma principal de aprovechamiento de la energía que proviene de la radiación solar, es el efecto fotovoltaico, mediante el cual se produce la energía eléctrica a partir de la energía contenida en los fotones de la radiación solar.

La Radiación solar que proviene de nuestro Sol (la estrella dominante de nuestro Sistema Solar), y que se encuentra a una distancia media de 150 millones de kilómetros de la Tierra. Los rayos de luz solar (ondas electromagnéticas) nos transmiten un promedio de 1,367 vatios/m², de la energía ($3,9 \times 10^{26}$ vatios) que continuamente se está produciendo en el Sol, debido a las reacciones nucleares al interior del mismo. Esta radiación solar se refleja en la temperatura relativamente constante que se percibe en la tierra lo que se puede evidenciar con el calentamiento diferencial que existen en la superficie terrestre y que genera las diferencias de presión, debido a la desigual distribución de la radiación solar.

¹ Luis Fernando Hernández Fernández, Artículo Inhalación Mixta Fotovoltaico y Eólica. Extraído de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/2019/1/PFC-P%2038%3B%2039.pdf>. El 01/07/2017

Se puede decir que la mayoría de los recursos renovables provienen indirectamente de la energía del Sol, la radiación solar al ser captada por la tecnología de la energía solar (fotovoltaica, térmica y pasiva) sufre una transformación la cuál es aprovechada por los seres humanos y el viento (movimiento del aire), que es el resultado de las diferencias de presión atmosférica, atribuidas sobre todo a las diferencias de temperatura; y que se forman debido a la desigual distribución de la radiación solar, la formación del viento es una de los recursos renovables proveniente indirectamente de la energía del Sol, para transformar el viento en energía se utilizará la tecnología eólica (generación eléctrica y fuerza motriz). Los sistemas híbridos surgieron recientemente debido a las condiciones demográficas, geográficas o económicas de ciertas regiones del mundo, limitando el abastecimiento eléctrico desde las redes interconectadas nacionales, el Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico (SHEFV) de baja potencia es una instalación de pequeño tamaño y eficiente, tiene una alta eficiencia debido a que sus “combustibles” son abundantes y gratuitos, obteniéndose energía limpia y ecológica.

2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.1. LA ENERGIA EÓLICA²

Los molinos movidos por el viento tienen un origen remoto. En el siglo VII D.C. ya se utilizaban molinos elementales en Persia para riego y

² Energía Eólica, autor: Miguel Villaurrutia López. 328 págs. Editorial: CEAC, 2007

para moler el grano. En estos primeros molinos la rueda que sujetaba las aspas era horizontal y estaba soportada sobre un eje vertical. Estas máquinas no resultaban demasiado eficaces, pero aún si se extendieron por China y el Oriente próximo.

En Europa los primeros molinos aparecieron en el siglo XII en Francia e Inglaterra y se distribuyeron por el continente. Eran unas estructuras de madera, conocidas como torres de molino, que se hacían girar a mano alrededor de un poste central para levantar sus aspas al viento. El molino de torre se desarrolló en Francia a lo largo del siglo XIV. Consistía en una torre de piedra coronada por una estructura rotativa de madera que soportaba el eje de molino y la máquina superior del mismo.

Aplicaciones y desarrollo

El uso de las turbinas de viento para generar electricidad empezó primeramente en Dinamarca a finales del siglo XIX y posteriormente se ha extendido por todo el mundo. Los molinos para el bombeo de agua se emplearon a gran escala durante el asentamiento en las regiones áridas del Oeste de Estados Unidos. Pequeñas turbinas de viento generadoras de electricidad abastecían a numerosas comunidades rurales hasta la década de 1930, cuando en Estados Unidos se extendieron las redes eléctricas.

Para viviendas rurales, las turbinas de viento son una buena opción (ITDG, 2008), esta tecnología está bastante difundida en el mundo y la metodología de diseño más empleada a escalas de baja potencia son los generadores eólicos de flujo axial con imanes permanentes ideada por Piggott, las mismas pueden ser fabricadas en un pequeño taller en la que el rotor es fabricado con láminas circulares de acero que alojan a los imanes permanentes, y el estator es hecho de resina y fibra de vidrio donde se alojan las bobinas, la limitante de estos sistemas es la baja capacidad de generación de potencia eléctrica. Una forma de mejorar la potencia generada en los pequeños sistemas eólicos, es incrementando la intensidad de campo magnético, los imanes permanentes de más bajo costo son los fabricados de Ferrito que tienen una baja intensidad, en su lugar los imanes de Neodimio alcanzan una potencia hasta 4 veces mayor.

En la actualidad los sistemas de generación eólica-fotovoltaica de baja potencia, aplicables a zonas rurales, poseen varias limitantes como el costo de fabricación y su eficiencia, lo que requiere ser solucionado mediante la investigación de nuevos diseños para implementar sistemas mejorados.

Pequeños aerogeneradores

Los pequeños aerogeneradores aumentan cada día su importancia en nuestro país, pero no han visto una disminución en sus costos, a pesar

de esto siguen siendo una de las pocas alternativas, y en algunos casos la única, que pueden solucionar problemas de abastecimiento energético en zonas aisladas. Tal como ocurre con las celdas solares, la gran ventaja de estos pequeños aerogeneradores es la portabilidad del conversor energético. Son una solución excelente sobre todo cuando trabajan en conjunto a otros sistemas energéticos portátiles como en el caso de las celdas solares.

Para que funcionen estos sistemas es necesario un banco de baterías para poder manejar adecuadamente las fluctuaciones de la generación eléctrica y las fluctuaciones del consumo. Mediante esta interfaz (banco de baterías) se pueden diseñar sistemas donde las baterías nos pueden proporcionar potencias superiores a los que los generadores en su estado nominal pueden entregar. Lo que tiene que mantenerse dentro de valores seguros es la energía que los recursos naturales pueden entregar a los generadores, la misma que tiene que ser mayor a la energía que los consumos van a utilizar.

Generadores Eólicos Horizontales

Son aquellos en los que el eje de rotación del equipo se encuentra paralelo al piso. Ésta es la tecnología que se ha impuesto, por su eficiencia, confiabilidad y la capacidad de adaptarse a diferentes potencias.

Todos los aerogeneradores de eje horizontal tienen su eje de rotación principal en la parte superior de la torre, que tiene que enfrentar al viento de alguna manera. Los aerogeneradores pequeños son dirigidos por una veleta, mientras que los más grandes utilizan un sensor de dirección y son orientados por servomotores. Dado que la velocidad de rotación de las aspas es baja, la mayoría hacen uso de una caja reductora para aumentar la velocidad de rotación del generador eléctrico.

En general, la hélice es emplazada de tal manera que el viento, en su dirección de flujo, la encuentre antes que a la torre (rotor a barlovento). Esto disminuye las cargas adicionales que genera la turbulencia de la torre en el caso en que el rotor se ubique detrás de la misma (rotor a sotavento). Las palas de la hélice se montan a una distancia razonable de la torre y tienen rigidez alta, de tal manera que al rotar y vibrar naturalmente no choquen con la torre en caso de vientos fuertes. A pesar de la desventaja en el incremento de la turbulencia, algunos aerogeneradores, con hélices localizadas en la parte posterior de la torre, han sido construidos debido a que se orientan en contra del viento de manera natural, sin necesidad de usar un mecanismo de control. Sin embargo, la experiencia ha demostrado la necesidad de un sistema de orientación para la hélice que la ubique delante de la torre. La mayoría de los aerogeneradores actuales son de este último tipo.

Máquinas Con Rotor a Barlovento

Las máquinas con rotor a barlovento tienen el rotor de cara al viento. La principal ventaja de los diseños corriente arriba es que se evita el abrigo del viento tras la torre. La gran mayoría de los aerogeneradores tienen este diseño. Por otro lado, también hay algo de abrigo enfrente de la torre, es decir, el viento empieza a desviarse de la torre antes de alcanzarla, incluso si la torre es redonda y lisa. Así pues, cada vez que el rotor pasa por la torre, la potencia del aerogenerador cae ligeramente. El principal inconveniente del diseño corriente es que el rotor necesita ser bastante inflexible, y estar situado a una cierta distancia de la torre³.



Figura 2.1: Aerogenerador con Rotor Barlovento. Fuente: Wordpress
-Fuentes de Energía

³ Wind with Miller. Extraído de Danish Wind Industry Association <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/design/updown.htm>

Máquinas Con Rotor a Sotavento

Las máquinas con rotor a sotavento tienen el rotor situado en la parte trasera de la torre. La ventaja teórica que tienen es que pueden ser contruidos sin un mecanismo de orientación, si el rotor y la góndola tienen un diseño apropiado que hace que la góndola siga al viento pasivamente⁴.

Otra ventaja más importante es que el rotor puede hacerse más flexible. Esto supone una ventaja tanto en cuestión de peso como de dinámica estructural de la máquina, es decir, las palas se curvarán a altas velocidades del viento, con lo que le quitarán parte de la carga a la torre.

El inconveniente principal es la fluctuación de la potencia eólica, debida al paso del rotor a través del abrigo de la torre. Esto puede crear más cargas de fatiga en la turbina que con un diseño corriente arriba



Figura 2.2: Aerogenerador con Rotor Sotavento. Fuente: Fotografía Sores Krohn 1998 DWIA.

⁴ www.windpower.org. Extraído de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/1/01/02/08/es/tour/design/updown.htm>

Aerogenerador Tripala

La mayoría de los aerogeneradores modernos tiene diseño tripala, con el rotor a barlovento, usando motores eléctricos en su mecanismo de orientación. A este diseño se le suele llamar el clásico “Concepto Danés”, y tiende a imponerse como estándar al resto de conceptos evaluados. La gran mayoría de las turbinas vendidas en los mercados mundiales poseen este diseño. El concepto básico fue introducido por primera vez por el célebre aerogenerador de Gedser⁵.



Figura 2.3: Aerogenerador horizontal tripala. Fuente: e-Col 2012.

⁵ Aerogeneradores: ¿Cuántas palas?. Extraído de
<http://ligit0.uab.es/mtig/intranet/Projectes/analisi/windweb/es/tour/design/concepts.htm>

Flujo de la Energía Eólica

La energía eólica proviene directamente de la energía solar, entre el 1% y 2% de la energía solar captada se convierte en energía eólica, una característica básica de ese tipo de energía es su gran aleatoriedad, por lo que resulta complicado estimar la cantidad de energía eólica de la que vamos a disponer en un intervalo determinado de tiempo, además presenta una gran variación local, superior a la de la energía solar.

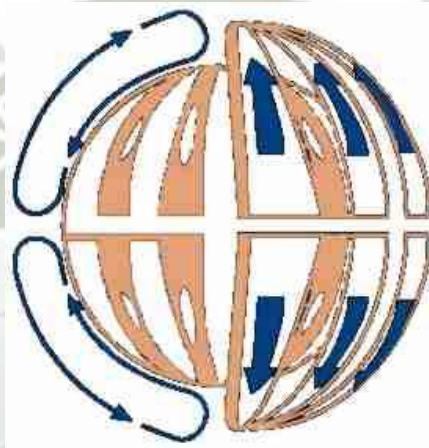


Figura 2.4: Flujo de la Energía eólica. Fuente: Centros de energías renovables.

La energía eólica es la energía cinética que posee una masa de aire que se encuentra en movimiento, asimismo la energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen, en otras palabras, cuanto "más pesado" sea el aire, más energía recibirá la turbina. Por lo tanto la variable básica de la que debemos partir para estimar el potencial eólico de un determinado emplazamiento, es la velocidad de viento.

Energía y potencia del Viento

La distribución de las velocidades del viento está caracterizada por medio de su velocidad media, y sus variaciones. Para ello, se emplean para modelarla distribuciones probabilísticas continuas, como la de Weibull.

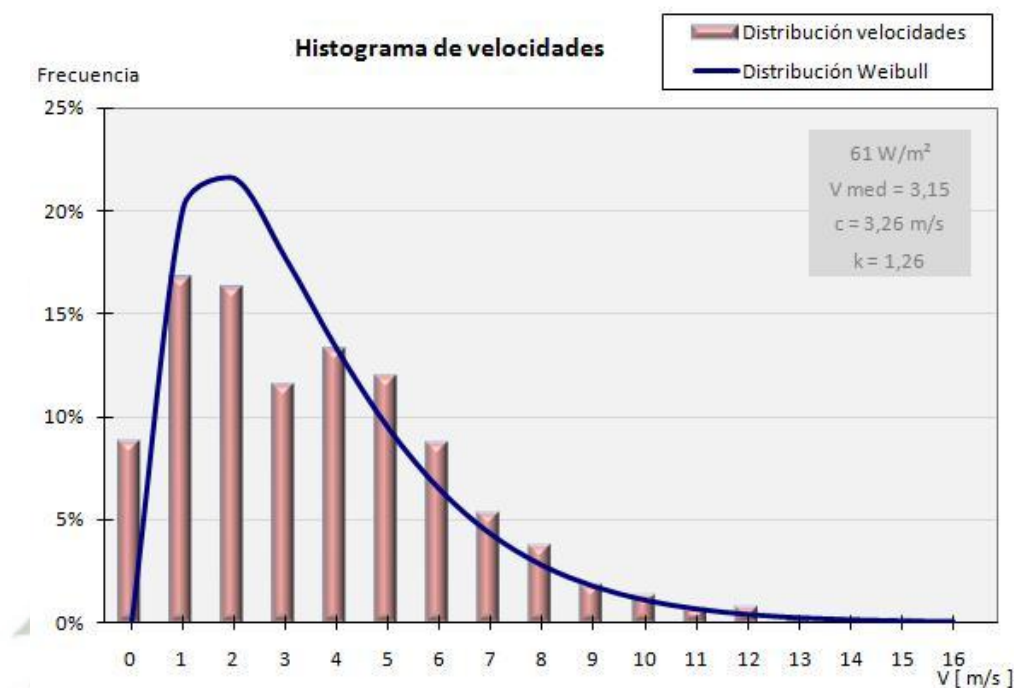


Figura 2.5: Histograma de las velocidades del viento. Fuente: Atlas Eólico del Perú.

La rugosidad

Es importante cuantificar el efecto de la morfología del territorio circundante al aerogenerador sobre la velocidad del viento. Para esto se define la “rugosidad” expresada por la ecuación 2.1. Esta función se modifica dependiendo de los obstáculos físicos presentes en el entorno que inciden sobre el desplazamiento del aire.

$$v(z) = v_{ref} * \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad (2.1)$$

Donde:

z = Altura desde el suelo

V_{ref} = Velocidad media a una altura Z_{ref}

Z_0 = Longitud de la rugosidad

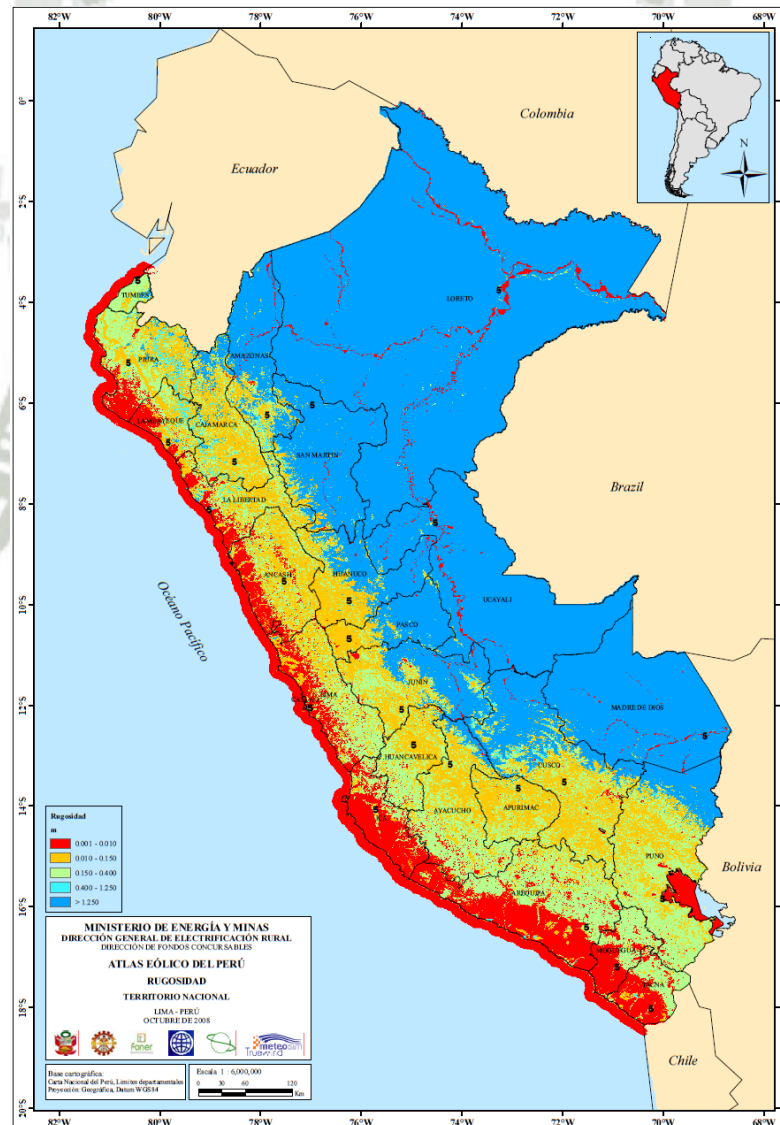


Figura 2.6: Mapa Eólico Rugosidad. Fuente: Atlas Eólico del Perú.

2.1.2 La Energía Solar⁶

El sol es una fuente de energía formidable, como todas las estrellas, el Sol es un gigantesco reactor nuclear (su masa es del orden de 330000 veces la de la Tierra) en el que la masa se convierte en energía radiante continuamente. Se encuentra conformado por diversos elementos en estado gaseoso (hidrógeno principalmente). Tiene un diámetro de 1,4 millones de km. En su interior existen elevadas presiones, y temperaturas de varios millones de grados, de este modo se producen de manera continua, reacciones nucleares mediante las cuales dos átomos de hidrógeno se fusionan dando lugar al átomo de helio liberando una gran cantidad de potencia, del orden de $389 \cdot 10^{24}$ W, este es el origen de la energía solar. Esta energía por encontrarse a 150 millones de Km. llega en forma de radiación a la Tierra, la potencia que llega es de unas 10.000 veces mayor que la que proporciona todas las fuentes energéticas que el hombre utiliza.

La radiación solar

Es la energía electromagnética (del sol) emitida, transmitida o recibida (RISOL 1999), podemos considerarla también como una lluvia de pequeñas partículas llamadas fotones. Los fotones viajan a la velocidad de la luz ($c=3 \cdot 10^8$ m/s), independientemente de su longitud de onda λ , el comportamiento de la radiación solar está determinado

⁶ Energía Solar. Autor Néstor Ouadri. Editorial: ALSINA. 2015

por la ecuación $\lambda=c/v$, donde v es la frecuencia de la propagación de los fotones.

La radiación solar terrestre, debemos añadir que en la atmósfera se refleja gran parte de la radiación que llega del sol, y otra parte se absorbe, a la superficie de la tierra llega, lógicamente una cantidad menor que la que se tiene en el exterior de la atmósfera. Viene a ser de unos 900 W/m^2 , la cual cambia dependiendo de la hora del día, del día del mes y del mes del año; es decir, cambia dependiendo de las condiciones atmosféricas (nubosidad, vapor de agua, gases, partículas, etc.).

La radiación solar extraterrestre, es la cantidad de energía solar recibida por unidad de superficie y por unidad de tiempo (por término medio) sobre una superficie enfrentada al Sol (perpendicular a los rayos solares), situada en el límite de la atmósfera, a la distancia media entre la tierra y el Sol cuyo valor medio es 1353 W/m^2 , la cual es prácticamente una constante durante todo el año y es conocida como **la constante solar**⁷.

Esta radiación está formada aproximadamente en:

- 47% por el espectro visible.

⁷ Constante polar, extraído de https://es.wikipedia.org/wiki/Constante_solar

- 46% por el espectro infrarrojo.
- 7% por el espectro ultravioleta.

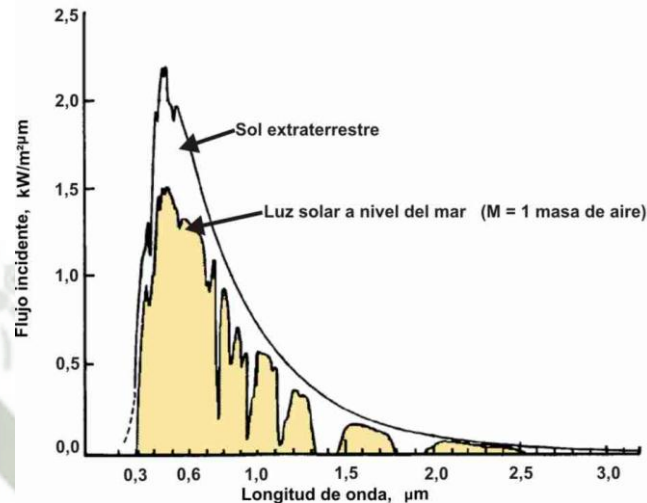


Figura 2.7: Espectro electromagnético proporcionado por el Sol sobre la superficie de la Tierra. Fuente: Satélites Meteorológicos

Para especificar la Radiación Solar Terrestre, es necesario definir los siguientes conceptos:

- **Radiación Solar Directa:** Es la radiación que incide directamente del sol.
- **Radiación Solar Difusa:** Es la radiación dispersada por los agentes atmosféricos (nubes, polvo, etc.)
- **Radiación Solar Reflejada (albedo):** Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.

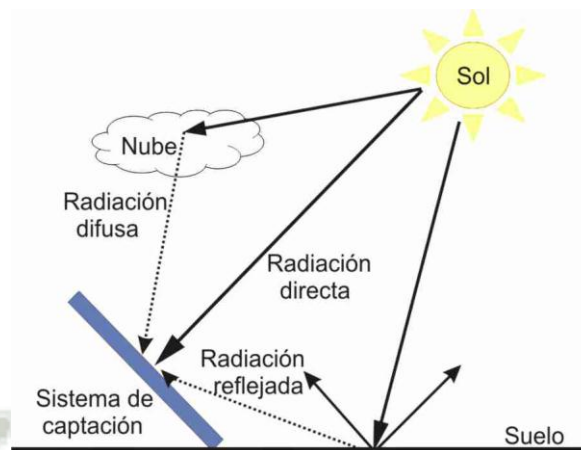


Figura 2.8: Componentes de la radiación solar terrestre total. Fuente:

Monografias.com/Sistema Fotovoltaico

La radiación solar total sobre la superficie terrestre, es la suma de estas tres componentes y es la que se mide con un medidor de radiación solar llamado piranómetro.

A continuación, definiremos los componentes de la radiación solar total:

- **Coeficiente de Absorción (α):** Es el porcentaje de la energía incidente que absorbe el cuerpo.
- **Coeficiente de Reflexión (ρ):** Es el porcentaje de la energía incidente que refleja el cuerpo.
- **Coeficiente de Transmisión (τ):** Es el porcentaje de la energía incidente que es transmitida a través del cuerpo.

Luego, por el Principio de Conservación de la Energía:

$$G = G \cdot \alpha + G \cdot \rho + G \cdot \tau \quad (6)$$

$$\Rightarrow \alpha + \rho + \tau = 1 \quad (7)$$

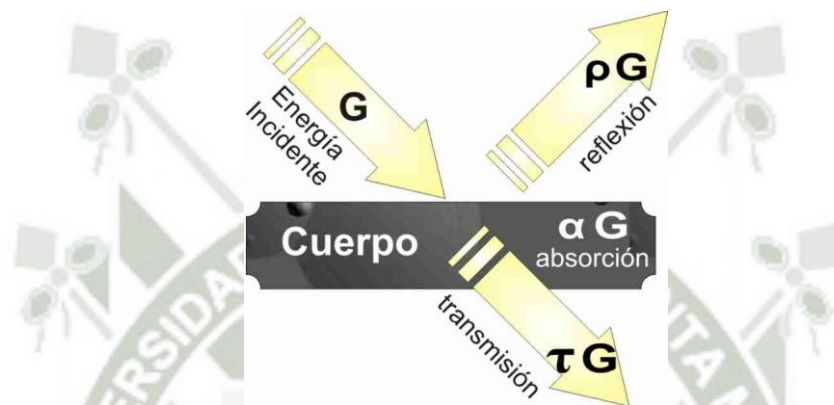


Figura 2.9. Balance energético sobre un cuerpo. Fuente: Monografias.com.

Demanda Eléctrica Energía Solar

Para un cuerpo negro: $\alpha=1$; $\rho=\tau=0$

Para un cuerpo opaco: $\tau=0$; $\alpha+\rho=1$

En general, α , ρ y τ ; dependen de la temperatura del cuerpo, pero para fines prácticos, se pueden considerar como constantes características de cada material.

2.1.3 Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico (SHEFV) ⁸

La alternativa de solución al problema identificado está basada en el análisis de dos alternativas como la implementación de aerogeneradores de eje horizontal de mediana potencia y la implementación de Sistemas Híbridos Eólico-Fotovoltaicos aislado para generación de energía eléctrica que alimente a la población del Distrito de Andagua a través de redes aéreas eléctricas de 220 V.

Para tal fin es necesario revisar los conceptos teóricos de cada componente técnico que involucra este proyecto, tales como las fuentes de energía solar, las tecnologías de equipos a utilizar, mecanismos de financiamiento, etc. Las energías renovables que se utilizan en el Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico-SHEFV son:

A. La Energía Eólica

B. La Energía Solar

Este sistema autónomo basado en generadores eólico y fotovoltaico 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).

Para dimensionar los sistemas monovalentes utilizados en el sistema híbrido se relacionan los datos meteorológicos (velocidad del viento y

⁸ Sistema Híbrido fotovoltaico para casa habitación con tarifa DAC. Autor: Josué Flores Mondragón. Ciudad Universitaria, México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México

radiación solar) de un emplazamiento con el tamaño de cada uno de los elementos del sistema (Generador eólico, fotovoltaico y baterías), para calcular:

El Potencial Energético de un Sistema Híbrido Eólico-

Fotovoltaico (SHEFV)

Los sistemas eólicos y solar son los sistemas que van a transformar la energía Eólica y Solar en energía eléctrica

Concepto de 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. Los elementos relacionados directa o indirectamente con el problema y sólo estos formarán el sistema que se ha de estudiar, (Ejemplo sistema nervioso, planetario, binario, informático, energético, educativo)⁹.

El sistema debe de contener el menor número posible de elementos, que permita realizar una simulación para explicar al final cual de las propuestas de acción que se ha estudiado es más eficaz para solucionar el problema planteado. Los modelos se crean primero

9 Modelos de simulación de Dinámica de Sistemas con Vensim. Extraído de http://www.dinamica-de-sistemas.com/libros/sistemas_concepto.htm

pequeños y con pocos elementos, para luego ampliarse y perfeccionarse, posteriormente se suprimen los elementos que no intervienen decisivamente en el problema, para la construcción del modelo se suceden varias fases de expansión y simplificación de modelos añadiendo y suprimiendo elementos.



Figura 2.10: Bosquejo de un Sistema. Fuente: Monografias.com/Sistema

Híbrido Fotovoltaico

Potencial Energético de un Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico (SHEFV)

Para dimensionar un sistema híbrido basado en generadores fotovoltaicos y eólicos con almacenamiento por medio de baterías es necesario identificar

todas las combinaciones posibles que ofrecen un determinado nivel de satisfacción o fiabilidad, la óptima opción se obtiene al valorar el coste económico de cada una de las posibilidades para un mismo nivel de fiabilidad.

El objetivo ideal sería obtener un conjunto de ecuaciones que ligen los datos meteorológicos (velocidad de viento y radiación solar) de un emplazamiento con el tamaño de cada uno de los elementos del sistema (Generador eólico, fotovoltaico y baterías)¹⁰.

Método de dimensionamiento del Sistema híbrido Eólico Fotovoltaico-SHEFV

Las condiciones climáticas indican la configuración idónea para un determinado emplazamiento. El carácter complementario que presentan la energía eólica y solar en diferentes lugares durante los ciclos estacionales presenta algunas importantes ventajas. Para estos casos los sistemas híbridos ganan fiabilidad respecto a los sistemas con una sola fuente de energía sin necesidad de un sobre dimensionamiento de los convertidores o las baterías.

Entre las ventajas de combinar el uso del viento y el sol para la generación de energía eléctrica es que ofrece reducción del coste total de la instalación.

10 <http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico2.shtml>

El mayor o menor beneficio de esta opción depende de la anti correlación estacional en el tiempo de ambos recursos (el viento y el sol).

El método de simulación temporal del sistema para una determinada configuración que va variando hasta satisfacer los niveles de fiabilidad que se exige al sistema permite identificar rápidamente las posibles configuraciones con una probabilidad del 99%, se puede aumentar la fiabilidad de los sistemas teniendo en cuenta que ambas fuentes de energía pueden estar en correlación inversa.

Para dimensionar un SHEFV: imaginemos un sistema que tiene todo el consumo durante la noche, el acumulador no tiene pérdidas y que la capacidad útil es la nominal. El estado de carga final del acumulador, en el momento al acabar la noche del día vendrá determinado por el estado de carga del día anterior y la energía generada y consumida en el día.

Métodos de Dimensionamiento del SHEFV

Para dimensionar un sistema fotovoltaico: se debe afrontar la cuantificación del generador y del acumulador, la capacidad del generador (CA), se define como una relación entre los valores medios de la energía producida por el generador y la energía consumida por la carga. La capacidad del acumulador (CS), se define como la máxima energía que

puede extraerse de él dividida por el valor medio de la energía consumida por la carga, es decir:

$$C_a = \frac{n_G G_d(\alpha, \beta) A_G}{L}$$

$$C_s = \frac{C_U}{L}$$

$$C_U = \frac{C_b}{PD_{max}}$$

Donde:

A_G : Es el área del generador.

n_G : Es la eficiencia de conversión del generador.

$G_d(\alpha, \beta)$: Es el valor medio de la irradiación diaria sobre el plano del generador.

L : Es el valor medio de la energía diaria consumida por la carga.

C_U : Es la capacidad utilizable del acumulador.

C_b : Es la capacidad nominal de la batería.

PD_{max} : Es la profundidad de descarga máx. de la batería.

Para dimensionar un sistema eólico: se debe cuantificar la energía eólica disponible y los parámetros estadísticos que caracterizan a esta fuente de energía, es decir:

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

Donde:

E : Energía Cinética.

m : Masa de aire.

v : Velocidad del viento.

$$e = \frac{\rho v^2 A}{2}$$

Donde:

e : Energía por unidad de volumen de la corriente de aire.

$$P_d = \frac{\rho v^3 A}{2}$$

Donde:

P_d : Potencia mecánica disponible en las masas de aire.

A : Área expuesta a la corriente de aire.

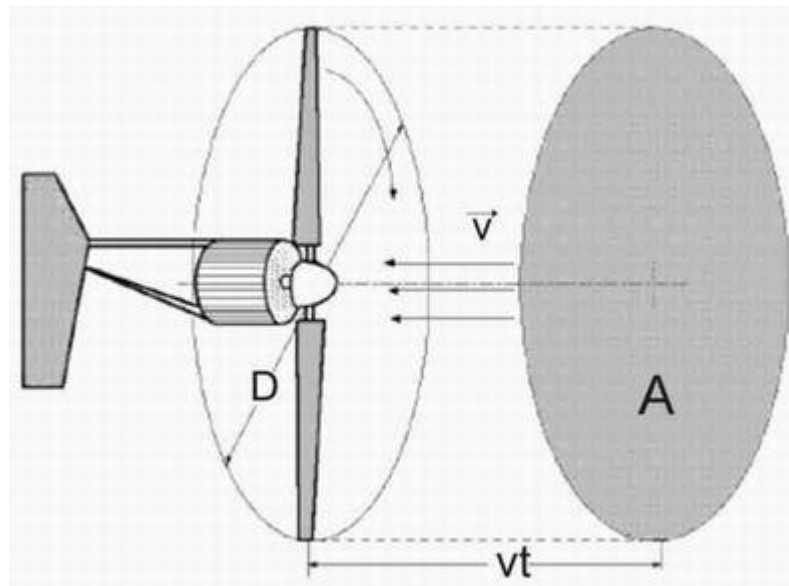


Figura 2.11: Área A barrida por el rotor de diámetro D. Fuente:

Monografias.com

$$\frac{P_d}{A} = \frac{\rho v^3}{2}$$

Donde:

P_d : La energía que fluye por unidad de tiempo, o potencia disponible.

ρ : Es la densidad del aire, 1,225 Kg/m³.

El Potencial Energético de un Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico

Para dimensionar un sistema híbrido basado en generadores fotovoltaicos y eólicos con almacenamiento por medio de baterías es necesario identificar todas las combinaciones que se pueden generar y que ofrecen un determinado nivel de satisfacción o fiabilidad, la mejor opción se obtiene al valorar el coste económico de cada una de las posibilidades para un mismo nivel de fiabilidad.

El objetivo ideal sería obtener un conjunto de ecuaciones que ligen los datos meteorológicos (velocidad de viento y radiación solar) de un emplazamiento con el tamaño de cada uno de los elementos del sistema (Generador eólico, fotovoltaico y baterías).

Método de dimensionamiento del Sistema híbrido Eólico Fotovoltaico

Las condiciones climáticas indican la configuración idónea para un determinado emplazamiento. El carácter complementario que presentan la energía eólica y solar en diferentes lugares durante los ciclos estacionales presenta algunas importantes ventajas. Para estos casos los sistemas híbridos ganan fiabilidad respecto a los sistemas con una sola fuente de energía sin necesidad de un sobre dimensionamiento de los convertidores o las baterías¹¹.

Entre las ventajas de combinar el uso del viento y el sol para la generación de energía eléctrica es que ofrece reducción del coste total de la instalación. El mayor o menor beneficio de esta opción depende de la anticorrelación estacional en el tiempo de ambos recursos (el viento y el sol).

El método de simulación temporal del sistema para una determinada configuración que va variando hasta satisfacer los niveles de fiabilidad que se exige al sistema permite identificar rápidamente las posibles configuraciones con una probabilidad del 99%, se puede aumentar la

11 <http://studylib.es/doc/7730420/sistema-h%C3%ADbrido-e%C3%B3lico-fotovoltaico-para-casa-habitaci%C3%B3n>

fiabilidad de los sistemas teniendo en cuenta que ambas fuentes de energía pueden estar en correlación inversa.

Método Series Sintéticas

Las medias mensuales de irradiación diaria son los únicos y necesarios datos para la generación de una serie horaria de índices de claridad, estas series tienen la característica principal de conservar propiedades estadísticas con validez universal, a partir de una autoregresión se describe la persistencia de la radiación de primer orden y la función de distribución del índice de claridad de la atmósfera tiene una forma exclusivamente asociada a su valor medio durante el periodo a considerar.

La velocidad media mensual y la velocidad cúbica media mensual que ajustará la función de distribución, se utilizará la densidad espectral de potencia para el modelado de la variación estocástica de la velocidad del viento. Estos dos procedimientos de generación de series se implementan individualmente.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Sistema Eólico¹²

Un sistema eólico es un conjunto de máquinas eólicas (Aerogeneradores) accionadas por el viento y que son capaces de suministrar energía eléctrica

¹² Ingeniería de la Energía Eólica, Autor: Miguel Villarrubia López.

a gran escala o a viviendas, granjas o pequeños núcleos rurales. Las máquinas eólicas destinadas a la producción de energía eléctrica se diferencian en función de las potencias nominales: a) Grandes aerogeneradores y b) Pequeños aerogeneradores.

a) **Grandes Aerogeneradores**

Aerogeneradores destinados a la producción de energía eléctrica a gran escala, cuya potencia nominal es de cientos de kilowatios (en la actualidad las máquinas instaladas en su mayoría tienen potencias nominales de 600 y 900 kW)¹³.

El aerogenerador por 2 partes¹⁴:

Torre: Estructura que soporta el aerogenerador (góndola y el rotor), mejor cuanto más alta es, a mayor altura mayor velocidad de viento, un aerogenerador de 600 kW puede estar en torno a los 50 metros. Las torres pueden ser tubulares (más seguras) o, de celosía (más baratas).

Turbina Eólica: Se encarga de captar energía cinética del viento y transformarla en energía mecánica en su eje.

¹³ <http://www.monografias.com/trabajos82/aerogeneradores-generadores-electricidad-y-productores-agua/aerogeneradores-generadores-electricidad-y-productores-agua2.shtml>

¹⁴ ELLICAT. Energía Eólica. Extraído de <http://eoliccat.net/la-tecnologia/preguntas-frecuentes/?lang=es> el 07/08/2017

Los componentes de la turbina eólica son:

Buje: Centro del rotor donde se encastran las palas.

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.

Pala: Transforma por aprovechamiento aerodinámico la energía cinética del viento en energía mecánica en el eje del generador.

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 de la góndola son¹⁵:

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

15 Energía Eólica. Curso de Física Ambiental

corte, el ordenador parará el aerogenerador para evitar los desperfectos.

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.

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.

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.

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).

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.

Sistema Hidráulico: Restaura los frenos aerodinámicos del aerogenerador.

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 tienen generadores enfriados por agua.

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.

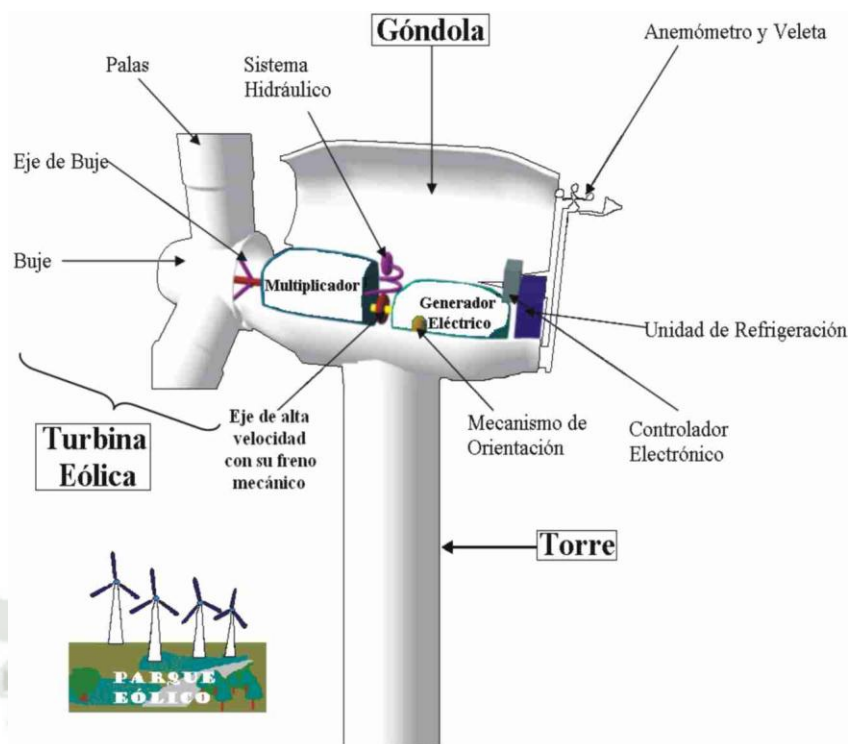


Figura 2.12: Grandes Aerogeneradores y sus partes. Fuente: WordPress

Aerogeneradores.

b) Pequeños Aerogeneradores¹⁶

Este tipo de generadores suelen ser instalados en zonas alejadas del suministro eléctrico o trazado de la red general de distribución eléctrica, el tamaño y tipo de instalación depende únicamente de las necesidades del usuario de la instalación y es característico en ellos que la instalación se sitúe muy cerca del centro de consumo

¹⁶ Aerogeneradores: Generadores de electricidad y productores de agua (página 2) extraído de : <http://www.monografias.com/trabajos82/aerogeneradores-generadores-electricidad-y-productores-agua/aerogeneradores-generadores-electricidad-y-productores-agua2.shtml#ixzz4xLvAu4bi> el 07/07/2017

(viviendas, granjas o pequeños núcleos rurales), requiriéndose frecuentemente la existencia de acumuladores.

Las instalaciones más frecuentes emplean tecnologías muy fiables en las que es necesario un mantenimiento básico, las Aero turbinas empleadas en las instalaciones de pequeña potencia son aerogeneradores de alta velocidad ($\lambda > 2$), normalmente utilizadas para suministro eléctrico a viviendas aisladas y/o otros centros de consumo, las potencias de estas aeroturbinas varían entre 100 W y 10 kW.

Estos aerogeneradores son muchos más sencillos que los descritos anteriormente para sistemas de generación a gran escala, sus características fundamentales son:

1. **Aerogenerador de viento de baja potencia¹⁷:**

Turbina: Puede tener 2 o 3 palas realizadas en fibra de vidrio y carbono.

Generador: Es de imanes permanentes y esta acoplado directamente a la turbina (no utiliza multiplicador).

Sistema de Orientación: Ejerce el papel de sistema primario de protección ante velocidades elevadas de viento, consiste en una cola,

¹⁷ Sistema híbrido eólico-fotovoltaico (SHEFV) de baja potencia (página 2), extraído de:
<http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico2.shtml#ixzz4xLurRMWt> el 11/07/2017

tal como se ve en la figura (abajo). Los sistemas de orientación automática están diseñados especialmente para conseguir una sensible timonización ante rachas de viento de bajas velocidades, cuando las velocidades se acercan a valores demasiado elevados para el buen funcionamiento de la máquina, este sistema produce la progresiva desorientación del aerogenerador que lo lleva a dejar de funcionar.

Salida del sistema: Depende del sistema al que se desee abastecer puede ser en corriente continua o alterna.

Torre: Puede ser de celosía o tubular.

2. **Equipo de regulación y monitorización del aerogenerador**

(Segundo sistema de seguridad): 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 periodos de tiempo en que las baterías presentan elevados niveles de carga.

3. **Banco de Baterías:** Almacena energía durante varios días, con el objeto de disponer de energía en los períodos de viento flojo o de calma, este sistema es inútil en sistemas de generación eléctrica conectados a la red.

4. **Inversor:** Transforma y amplifica corriente continua en alterna. Los voltajes continuos pueden ir desde los 12 V hasta los 100 V.
5. **Punto de Consumo:** Lugares alejados o remotos y centros poblados que no están interconectados a la red eléctrica nacional.

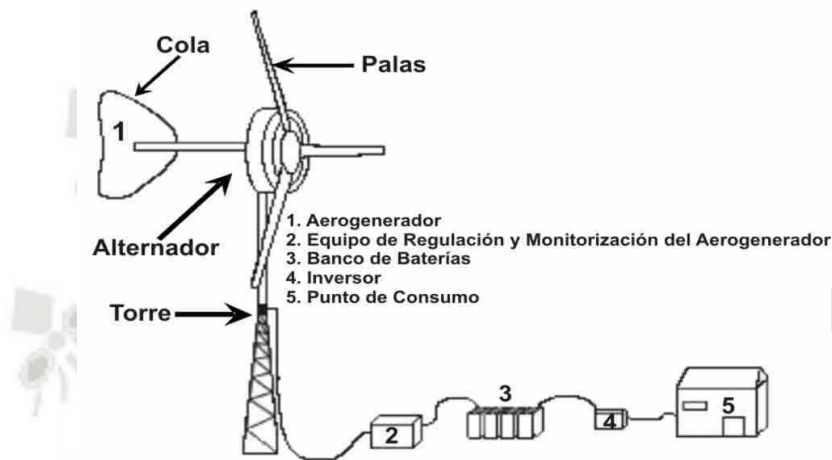


Figura 2.13: Pequeños Aerogeneradores y sus partes. Fuente:
[Monografias.com/Sistema Hibrido Fotovoltaico](http://Monografias.com/Sistema_Hibrido_Fotovoltaico).

2.2.2 Sistema Fotovoltaico¹⁸

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de elementos que son capaces de realizar suministro de electricidad para cubrir las necesidades planteadas a partir de la energía procedente del sol. El sistema Fotovoltaico está constituida por un conjunto de componentes básicos: paneles fotovoltaicos, regulador, baterías eléctricas e inversoras y cargas.

¹⁸ Generación de Energía solar Fotovoltaica Autor: Luis Jutglar Banyeres.

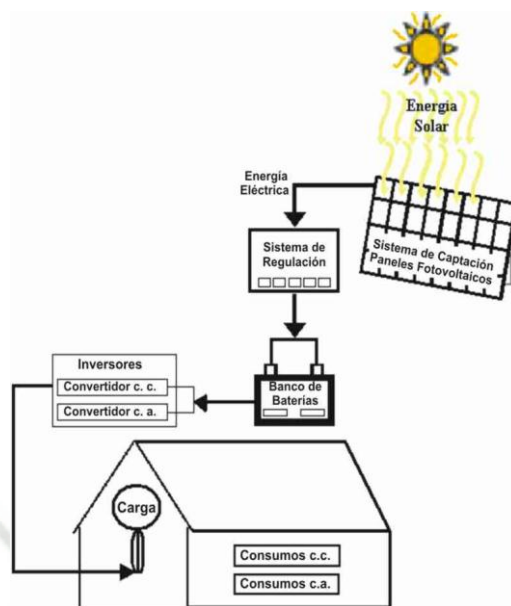


Figura 2.14: Esquema del Sistema Fotovoltaico. Fuente: Monografias.com/Sistema Fotovoltaico.

El Panel Solar¹⁹

El panel solar consiste en celdas solares que colectan la radiación solar y la transforman en energía eléctrica. A esta parte del sistema se la conoce generalmente como modulo solar o generador fotovoltaico. Un banco de paneles se instala conectando un conjunto de paneles en serie y/o en paralelo a fin de proporcionar la energía necesaria para una carga específica. La corriente que da un banco de paneles varía proporcionalmente a la radiación solar. Esta variará en el tiempo debido a las condiciones climatológicas, la hora del día, la estación del año, etcétera.

¹⁹ Panel Solar, extraído de https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar el 22/07/2017

El rendimiento eléctrico de un módulo solar está representado por la curva característica I-V, que representa la corriente generada en función del voltaje para una radiación específica.

Tecnología	Símbolo	Características	Eficiencia de celdas en lab(%)	Eficiencia típica comercial(%)
Silicio monocristalino	sc-Si	Tipo oblea	24	13-15
Silicio policristalino	mc-Si	Tipo oblea	19	12-14
Películas de silicio cristalino sobre cerámica	f-Si	Tipo oblea	17	8-11
Silicio amorfo (incluye tandems de silicio-germanio)	a-Si	Película delgada	9	
Diseleniuro de cobre-indio / galio	CIGS	Película delgada	18	8-11
Telurio de cadmio	CdTe	Película delgada	18	7-10
Celdas orgánicas (incluye celdas de TiO_2 sensibles a la humedad)		Película delgada	11	
Celdas tandem de alta eficiencia	III-V	Tipo oblea y película delgada	30	
Celdas concentradoras de alta eficiencia	III-V	Tipo oblea y película delgada	33(tandem) 28(solo)	

Tabla: 2.1 Eficiencia fotovoltaica en distintos materiales. Fuente: Blog Tipos de Energía.



Figura 2.15: Panel Solar. Fuente: iusasol.mx

La curva representa todos los valores posibles de voltaje-corriente. La curva depende de dos factores principales: la temperatura y la radiación solar recibida por las celdas. Para un área de una celda solar dada, la corriente generada es directamente proporcional a la irradiancia solar (G), mientras que el voltaje se reduce ligeramente con un aumento de temperatura. Un buen regulador trataría de maximizarla potencia en proporción a un panel adaptándose al punto que proporción a el valor máximo de la corriente y el voltaje.

Hay diferentes tipos de módulos disponibles en el mercado dependiendo de las exigencias de potencia de su aplicación. Los módulos más comunes se componen de 32 ó 36 celdas solares de silicio cristalino. El área del módulo varia comúnmente entre 0,1y 0,5 m². Los paneles solares usualmente tienen dos contactos eléctricos, uno positivo y uno negativo²⁰.

20 [04]-LA CÉLULA SOLAR. Extraído de
[https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/03_celula/01_basico/3_celula_04.h](https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/03_celula/01_basico/3_celula_04.htm)
tm el 25/08/2017

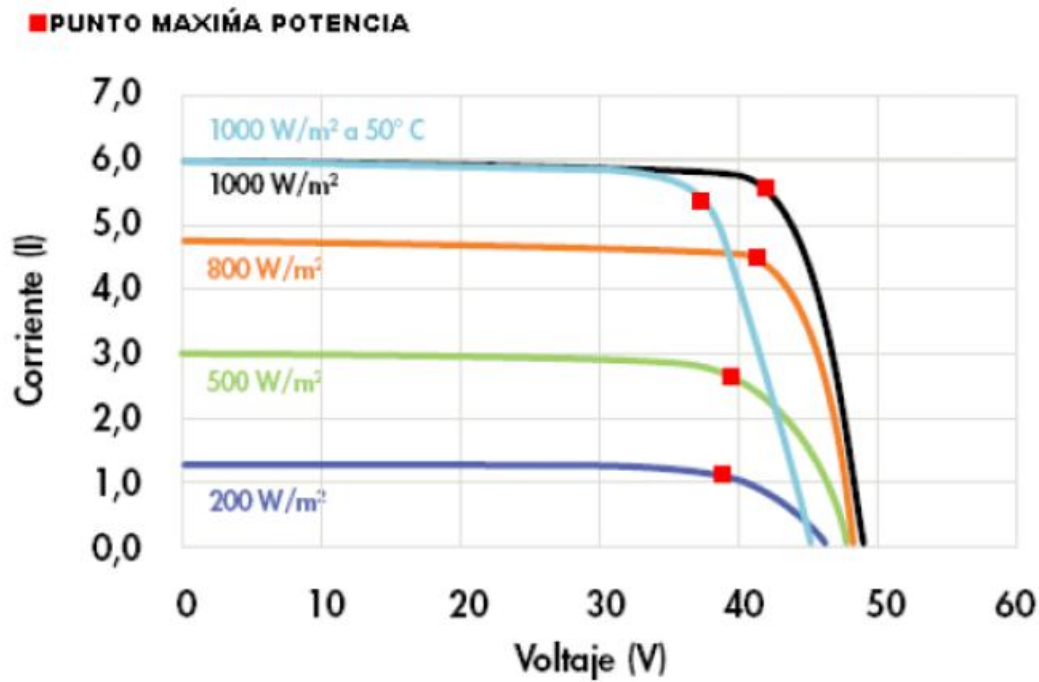


Figura 2.16: Curvas I-V con diferentes irradiancias y temperaturas de 50° y 25° .

Fuente: WordPress.com

Los principales parámetros que caracterizan un panel solar son:

- 1. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (ISC):** Es la máxima intensidad de corriente que proporciona el panel, y corresponde a la corriente que entrega cuando se conectan directamente los dos bornes.
- 2. TENSION DE CIRCUITO ABIERTO (VOC):** Es el máximo voltaje que proporciona el panel y ocurre cuando los bornes no están conectados a ninguna carga (circuito abierto). VOC suele ser de 22 V para paneles que

vayan a trabajar a 12V, y es directamente proporcional al número de celdas asociadas en serie.

3. PUNTO DE MAXIMA POTENCIA (P_{max})²¹: Es un punto de funcionamiento para el cual la potencia entregada es máxima, donde $P_{max} = I_{max} \times V_{max}$. El punto de máxima potencia del panel se mide en Vatios (W) o Vatios pico (WP).

Es importante no olvidar que en condiciones normales el panel no trabajaría en condiciones pico ya que el voltaje de operación está determinado por la carga o la batería. Los valores típicos de V_{max} y de I_{max} son algo menores a los de ISC y VOC.

4. FACTOR DE FORMA (FF): El factor de forma es la relación entre la potencia máxima que el panel puede entregar y el producto de ISC x VOC. Da una idea de la calidad del panel porque es una medida de lo escarpada que es su curva característica, de forma que cuanto más se aproxima a la unidad, mayor potencia puede proporcionar. Los valores comunes suelen estar entre 0,7 y 0,8.

5. EFICIENCIA O RENDIMIENTO (η): Es el cociente entre la máxima potencia eléctrica que el panel puede entregar a la carga y la potencia de la radiación solar (PL) que incide sobre el panel. Es habitualmente en torno al

²¹ INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES (5º Curso Ingeniería de Telecomunicación)
Tema V: Amplificadores de potencia. José María Drake Moyano. Dpto. de Electrónica y Computadores
Santander, 2005, extraído de https://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_IT/IEC_5.pdf. El
04/07/2017

10% dependiendo del tipo de celda (mono cristalina, poli cristalina, amorfa o película delgada).

Considerando las definiciones de punto de máxima potencia y de factor de forma, la eficiencia se define con la ecuación siguiente:

$$n = \frac{P_{max}}{PL} = FF \times ISC \times \frac{VOC}{PL}$$

Los valores de ISC, VOC, IPmax y VPmax son proporcionados por los fabricantes y hacen referencia a las condiciones estándar de medición con valores de irradiancia de $G = 1.000 \text{ W/m}^2$, al nivel del mar, y para una temperatura de las celdas $T_c = 25^\circ\text{C}$.

Para calcular el número de paneles necesario para alimentar una determinada carga, es suficiente conocer los valores de intensidad y tensión para el punto de máxima potencia: IPmax y VPmax. Un panel no va a trabajar bajo condiciones ideales ya que ni la carga ni el sistema regulador van a trabajar siempre con el punto de máxima potencia del panel. Para compensar esto, se debe añadir en los cálculos una pérdida de eficiencia del 5%.

Conectar los paneles en serie aumenta la tensión generada mientras que conectarlos en paralelo incrementa la corriente. El número de paneles usados deberán incrementar hasta que la cantidad de energía generada exceda ligeramente las demandas de su carga.

Orientación de los Módulos Fotovoltaicos:

Los módulos fotovoltaicos se colocan generalmente sobre los tejados 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 (d): 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).

Inclinación (β): ángulo entre el plano de la superficie a considerar y la horizontal.

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 ($d = 0^\circ$). 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° respecto al ángulo óptimo producen una reducción aproximada del 2,5% en la capacidad de captación del panel.

Si se desea maximizar la captación de energía en las mañanas, el panel debería orientarse al Este ($d=75^\circ$) 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.

En cualquier caso, es recomendable una inclinación mayor de 10° , 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.

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

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 por tener latitudes entre 9° y 10° tendremos siempre una orientación de 15° por cuestiones de protección contra paredes artificiales de agua lluvia y acumulación de polvo.

Calculo de sombras²²:

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, arboles, 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 lo debe realizar al mediodía solar del día más desfavorable cuando la altura solar sea mínima. Habitualmente en el día más des favorable del periodo de utilización, la instalación no ha de tener más del 5% de la superficie útil de captadores cubierta por sombras. En la Figura 2.17 Se puede observar cual es la distancia mínima entre paneles

²² Explorador Solar para autoconsumo, Universidad de Chile. Ministerio de Energía, extraído de http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/doc/Manual_Explorador_Solar.pdf el 13/08/2017

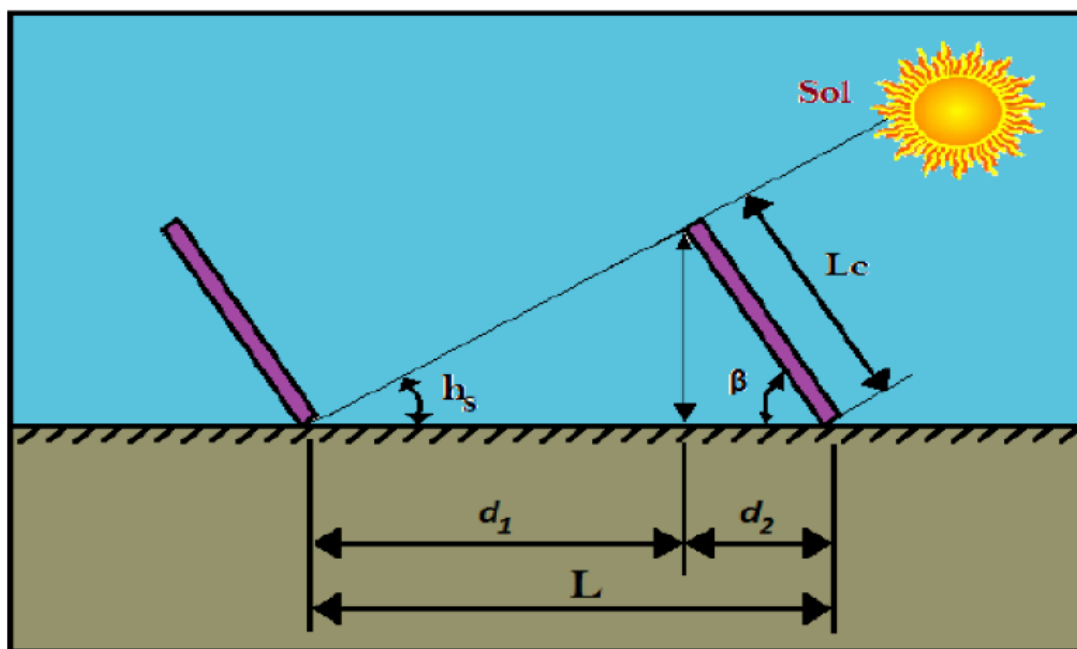


Figura 2.17: Distancia mínima entre paneles fotovoltaicos. Fuente:

EliseoSebastian.com

Según la Figura 2.17 la distancia mínima entre captadores se define con la ecuación

$$L = d_1 + d_2 = L_c * \left[\frac{\sin \beta}{\tanh h_s} + \cos \beta \right]$$

Donde L_c es la altura del captador, β es su inclinación, L es la longitud de la sombra y la relación básica entre la longitud de la sombra (L_{sombra}), la altura del obstáculo (H_{obst}) y la altura solar (h_s) es 2.3:

$$\tanh_s = \frac{H_{\text{obst}}}{L_s}$$

La metodología usada para el cálculo de sombras provocadas por distintos obstáculos consta de dos pasos:

- Obtención del perfil de obstáculos. Utilizando como referencia la arista N-S se observa el entorno, a ambos lados de esta línea, del captador desde el punto medio de su arista inferior, y se determina las alturas angulares (Hobst) de los obstáculos definiendo la posición de estos de acuerdo a su ángulo acimutal.
- Representación del perfil de obstáculos. Se analiza la altura angular y la dirección de los árboles y edificios, que se encuentran cerca de la instalación solar, los cuales interrumpen los rayos solares.

Modulo Fotovoltaico

Consiste en un total de 30 celdas fotovoltaicas. Detalle del Cálculo en la Pag. 83

En el caso que el módulo fotovoltaico cuente con un marco, este debe ser de aluminio anodizado y rígido. La fijación del módulo fotovoltaico a su soporte sólo podrá realizarse mediante elementos mecánicos (tornillos, tuercas, arandelas, etc.).

Verificar que no se presenten en el módulo fotovoltaico los siguientes defectos visibles

- Células rotas o agrietadas.
- Células desalineadas.
- Restos notables de la metalización en la cara frontal de las células.

- Impurezas en el laminado.
- Burbujas en el encapsulado.
- Rotura del vidrio frontal.
- Rotura de la cinta de conexión.
- Ilegibilidad o borrado de la etiqueta.
- Módulo sucio con manchas de silicona o encapsulante.
- Telar dañado o perforado.
- Caja de conexiones rota o con desprendimiento total o parcial.
- Intersticios en la unión entre el marco de aluminio anodizado y el módulo fotovoltaico, donde puedan ingresar agua o elementos extraños.

Debe estar certificado de acuerdo a la norma internacional IEC-61215 “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación de tipo”, IEEE-1262 “Recommended Practice for Qualification of Photovoltaic (PV) Modules” o equivalente.

Debe tener un certificado de garantía del fabricante sobre la potencia pico del módulo fotovoltaico. Debe indicarse en el certificado la marca, modelo y potencia pico del módulo y el tiempo de garantía

El Regulador de carga²³

Este componente tiene la finalidad de producir el acople correcto entre el módulo, la batería y la carga, e impide las sobrecargas o sobre descargas controlando el voltaje de la batería. La función de regulación descarga idealmente debería depender directamente del estado de carga en la batería.

El regulador de carga se conoce también como controlador de carga o regulador de voltaje. El regulador se posiciona entre el banco de paneles, la batería y el equipo o carga.

Los reguladores que se usan en sistemas fotovoltaicos deben conectarse en serie, así desconectan el banco de paneles del banco de baterías para evitar la sobrecarga, y desconectan las baterías de la carga para evitar la sobre descarga.

Los reguladores no deben conectarse en paralelo.

Para proteger la batería de la gasificación, el interruptor se abre cuando la tensión en la batería alcanza su tensión de corte alta (high voltage disconnect, HVD). La tensión de corte baja (low voltage disconnect, LVD) impide que la batería se sobre descargue por medio de la desconexión de la carga.

23 TESISI DE Implementación de Un Tablero de Control de Panel Solar. Egoavil Carhuallanqui Gustavo, extraído de <https://es.scribd.com/document/306165013/TESISI-DE-Implementacion-de-Un-Tablero-de-Control-de-Panel-Solar> el 11/08/2017

Los reguladores modernos son también capaces de desconectar automáticamente los paneles durante la noche para evitar la descarga de la batería. Pueden también sobrecargarla cada cierto tiempo para incrementar su vida, y usar un mecanismo conocido como modulación de duración de impulsos para prevenir la gasificación excesiva.

Como el punto de operación de máxima potencia del banco de paneles va a variar con la temperatura y la iluminación solar, los reguladores modernos son capaces de rastrear el punto de potencia máxima del banco de paneles solares.

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

Otras características y datos de interés son:

- Máxima corriente de suministro a la batería
- Indicador de bajo voltaje de la batería
- Indicador de carga solar
- Voltaje de entrada de carga de batería
- Voltaje de entrada de descarga de batería

- Tipo de regulación
- Dispositivo de reseteo
- Protección eléctrica
- Protección contra polaridad inversa
- Voltajes de entrada regulables
- Su carcasa debe ser a prueba de agua

2.2.3 Sistemas de Baterías²⁴

Un sistema de baterías consiste en un conjunto de baterías donde se producen ciertas reacciones químicas reversibles que hacen posible el almacenamiento de energía para ser entregada posteriormente cuando se necesite. La energía eléctrica se transforma en química cuando se carga una batera, y lo opuesto sucede cuando se descarga.

La batería tiene dos propósitos fundamentales en un sistema fotovoltaico: proporcionar energía eléctrica al sistema cuando el banco de paneles no la proporciona y almacenar la energía proporcionada por los paneles cuando aquella excede las necesidades de la carga.

Una de las características más importante de una batería en una instalación fotovoltaica es el ciclado. El ciclado diario se refiere a que la batera se carga

²⁴ Metodología para proyectar la dotación de energía eléctrica por medio solar y eólico a viviendas rurales
Rodrigo Alejandro Fernández Blanco. Capítulo VI. El sistema de almacenamiento y distribución de energía eléctrica, extraído de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfcif363m/xhtml/TH.7.xml>

en el día y se descarga en la noche. Superpuesto a este ciclo diario está el ciclo estacional que se asocia a periodos de reducida incidencia de radiación. Estos ciclos conjuntamente con otros parámetros de operación como temperatura ambiente, corriente, etc.; inciden sobre la vida útil de la batería y sus requisitos de mantenimiento.

Los principales parámetros que definen el funcionamiento de una batería en un sistema fotovoltaico son:

- El máximo valor de corriente que puede entregar a una carga fija, en forma continua, durante un número específico de horas de descarga.
- Capacidad de almacenamiento de energía.
- Profundidad de descarga máxima.
- La vida útil.

La corriente de carga es la corriente eléctrica de la que está provista una batería y que está almacenada en ella.

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):

$$Q (Ah) = I (A)T(h)$$

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: $1.2 \text{ A} \times 4 \text{ h} = 4.8 \text{ Ah}$.

Tipos de baterías:

Hay diferentes tipos de tecnología para baterías destinadas a diferentes usos:

SLI: Las baterías para automóviles, referidas como SLI (Starting, Lighting, Ignition), son las baterías más baratas cuando se las compara en términos de capacidad nominal, generalmente se producen localmente y están ampliamente disponibles en todos los mercados.

SLI modificada: Existe un procedimiento mediante el cual se varía algunas características del diseño de la batería SLI, permitiendo alargar la vida útil de la misma sin alterar su funcionamiento. Este tipo de baterías se conoce como SLI modificada y se encuentran en los mercados a veces con el nombre de baterías solares. Este tipo de batería representa una alternativa importante en el diseño de sistemas FV y su empleo, siempre que sea posible, debe preferirse en lugar de baterías SLI convencionales.

Tubulares: Son las baterías de mejor calidad para uso fotovoltaico, están hechas con placas tubulares y rejillas con bajo contenido de Sb-Se. Con este tipo de baterías pueden alcanzarse vidas útiles de más de ocho años y frecuencias de mantenimiento entre 1 y 2 veces al año. El aumento en el uso de este tipo de baterías, al igual que en el caso de las VRLA, ha resultado beneficioso para los programas de electrificación rural a gran escala, ya que se ha incentivado a los fabricantes para que expandan y diversifiquen el mercado de estos productos.

NiCd: Las bateras de Níquel Cadmio de ciclo profundo tienen un costo de 6 a 8 veces superior a las baterías de plomo ácido con electrolito líquido, aunque su costo operacional a largo plazo es hasta 5 veces menor al de una batería de plomo ácido con la misma capacidad.

La baterías más conveniente para este tipo de aplicaciones fotovoltaicas es la llamada batería estacionaria VRLA, diseñada para tener un emplazamiento fijo y para sitios donde el consumo de energía es irregular. Estas nos pueden permitir soportar ciclos de descarga profunda, pero no están diseñadas para producir corrientes altas en periodos cortos de tiempo.

2.2.4 La Carga

Podemos decir que la carga es la que representa la demanda energética y eléctrica requerida, que en nuestro caso consideramos al Distrito de Andagua, Para estimar dicha demanda de energía eléctrica se dimensionara la carga en base de datos tomados del INEI así mismo se considerarán las cargas especiales de uso común como escuela, posta médica y local comunal.

A continuación, mostraremos las cargas típicas del Distrito de Andagua, la cual ha sido modelada teniendo en cuenta los consumos típicos de iluminación en viviendas y también consideraremos las cargas de uso común como posta médica, local comunal, colegios y alumbrado público.

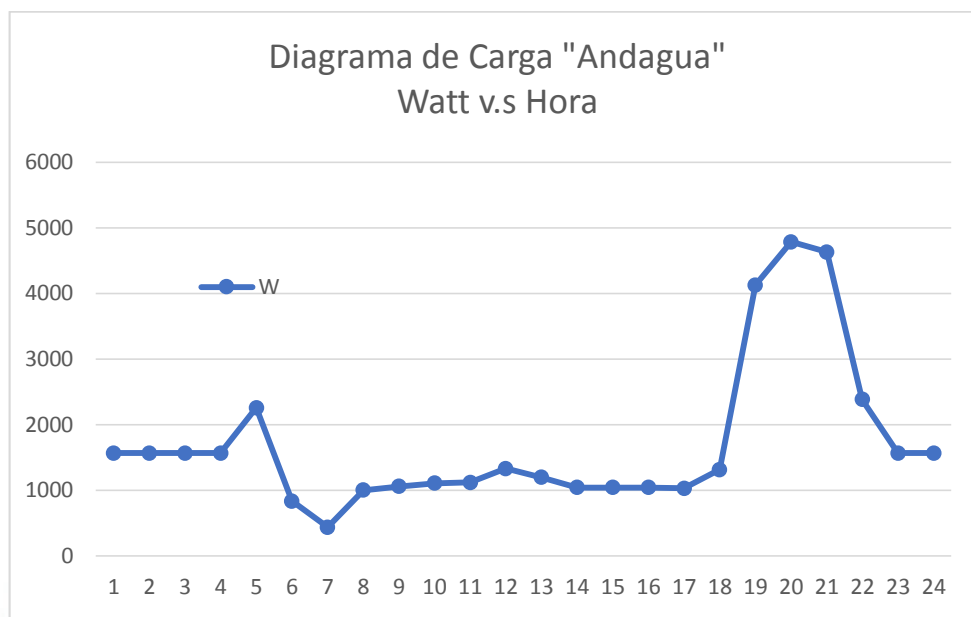


Figura 2.18: Curva de carga típica de Andagua Actual. Elaboración Propia

Sistema Híbrido

Un sistema híbrido es un sistema compuesto por dos o más sistemas, ejemplo: Sistema Híbrido Diesel-Eólico, Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico, Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico-Hidráulico.

Los sistemas autónomos basados en generadores fotovoltaicos y eólicos con almacenamiento por medio de baterías son una opción para la alimentación de pequeñas cargas en emplazamientos remotos. Para dimensionar un sistema híbrido es necesario identificar todas las combinaciones posibles que ofrecen un determinado nivel de satisfacción o fiabilidad. De todas las opciones la óptima se obtiene

al valorar el coste económico de cada una de las posibilidades para un mismo nivel de fiabilidad²⁵.

Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico-SHEFV

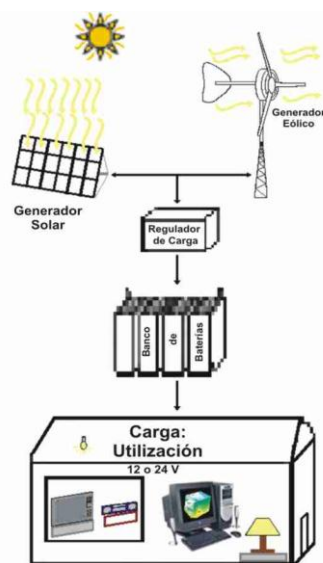


Figura 2.19. Esquema del Sistema Híbrido. Fuente:
Monografias.com/Sistema Híbrido

2.2.5 Cables Eléctricos²⁶

Este es un aspecto importante de su instalación ya que un cableado adecuado le va a asegurar una transferencia eficiente de energía.

El tamaño de los cables usualmente se especifica en términos del American Wire Gauge (AWG). Para sus cálculos, se necesita convertir de AWG a mm² para calcularla resistencia del cable. En la tabla 2.4

²⁵ Monografías.com, extraído de <http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico2.shtml> el 24/09/2017

²⁶ Cables Eléctricos. Autor: Jorge Araya Díaz.

mostramos el tamaño de los cables, la corriente máxima que puede fluir sin recalentar el cable y la cantidad de potencia que puede producirse a diferentes voltajes.

Cables del Sistema Fotovoltaico

Los cables del Sistema Fotovoltaico deben:

- Respetar un código de colores.
- Estar debidamente etiquetados. Indicando en la cubierta protectora exterior, por lo menos, el tipo de cable, sección y fabricante del mismo (Según la NTP 370.252).
- Cumplir con la norma IEC 608¹¹ “Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos” o la Norma Técnica Peruana respectiva. Como mínimo deben ser del tipo RHW para exteriores y THW para interiores (NTP 370.252).
- Estar dotados con terminales específicos y de cobre en el caso que su sección sea de 4 mm². En caso contrario, deben ser retorcidos y estañados para lograr una conexión adecuada.

- Ser asegurados a las estructuras de soporte o a las paredes con grapas a intervalos de 30 cm. como máximo, para así asegurar su posición vertical u horizontal, nunca oblicuamente²⁷.

Tamaño del cable, corte de área seccional mm ²	Corriente Máxima [A]	Potencia generada [W]		
		12 V	24 V	220 V
1.0	10	20	240	2200
1.5	15	80	360	3300
2.5	20	240	480	4400
4.0	30	360	720	6600
6.0	35	420	840	7700
10.0	50	600	1200	11000
16.0	70	840	1680	15400
25.0	90	1080	2160	19800

Tabla 2.2: Tamaño de cables, corriente y potencia máxima.

Características eléctricas de la red eléctrica BT

Consiste en una red de servicio particular de 220 Vac que alimentará a las 77 viviendas en el Distrito de Andagua, 01 posta médica y 01 Colegio, la cual tendrá las siguientes características principales:

- Tensión nominal: 220 Vac fase-fase
- Tensión máxima de servicio: 220 +- 5% Vac
- Topología: Trifásico Delta

²⁷ Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural. Extraído de <http://www2.osinerg.gob.pe/NORMAS%20110%20LINKEAR/RD-003-2007-EM-DGE.doc> el 22/02/2007

CAPITULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO

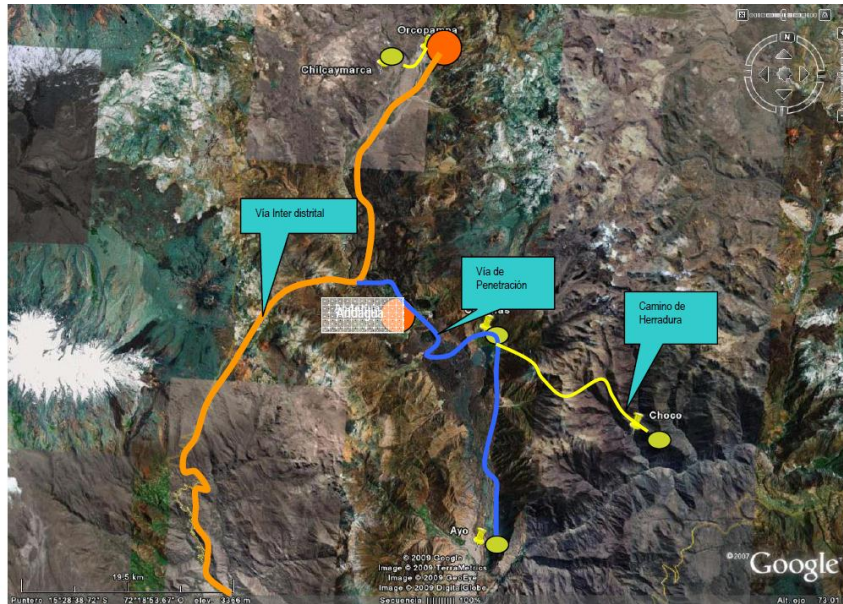


Figura 3.1: Ubicación Andagua. Fuente Google Maps

El distrito de Andagua como se ha señalado anteriormente, está ubicado en la provincia de Castilla la zona Alta Coordenadas:

Latitud: -15.4986

Longitud: -72.3563

Veamos el consumo que tiene la población, primero realizar la proyección de energía de 77 familias, existe un centro de salud, un local de la municipalidad un colegio en la cual concurren la primaria y secundaria y alumbrado público.

Luego se hará cada 10 años un reajuste, debido al crecimiento de la población hasta 20 años.

3.1 DATOS NECESARIOS

Situado 3587 msnm sobre la margen derecha del río Majes, Andagua es el centro poblado que ayuda articular a los distritos de Ayo, Chachas y Choco. Su principal actividad el comercio y la agropecuaria de subsistencia, pero no cuenta con infraestructura de servicios adecuada²⁸.

Radiaciones del lugar

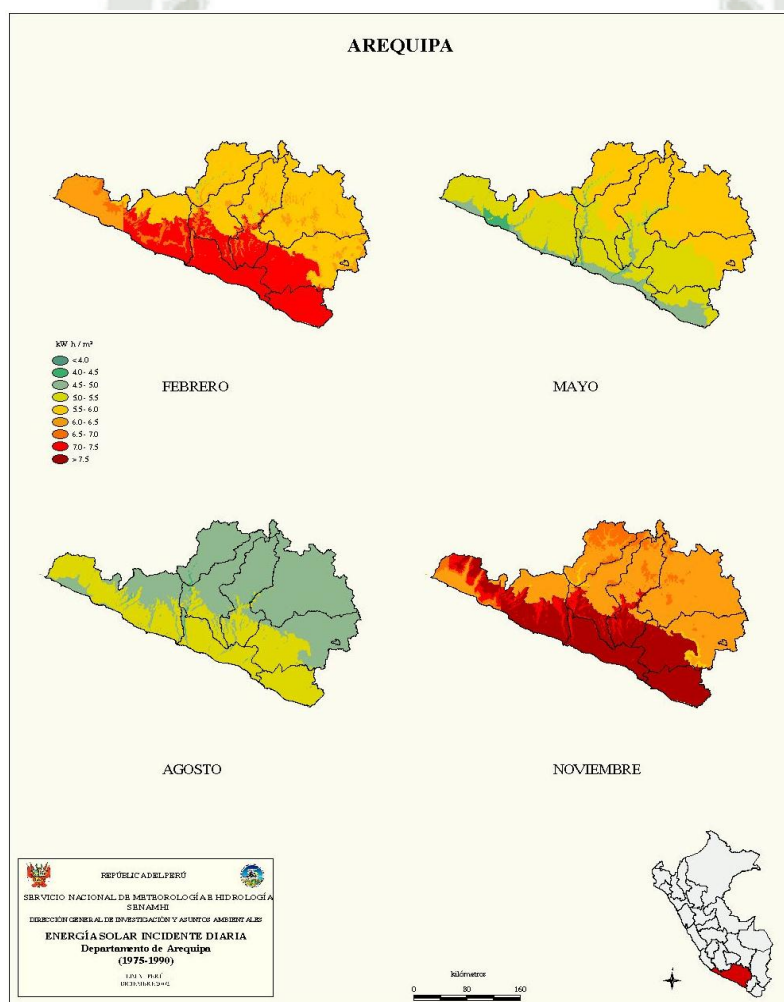


Figura 3.2: Mapa Solar. Fuente: Atlas Solar del Perú.

28 Google+, tomado de <https://plus.google.com/101372916006157044227/posts/NM7uQ29zaia> el 08/09/2017

Velocidad del viento en la región Arequipa

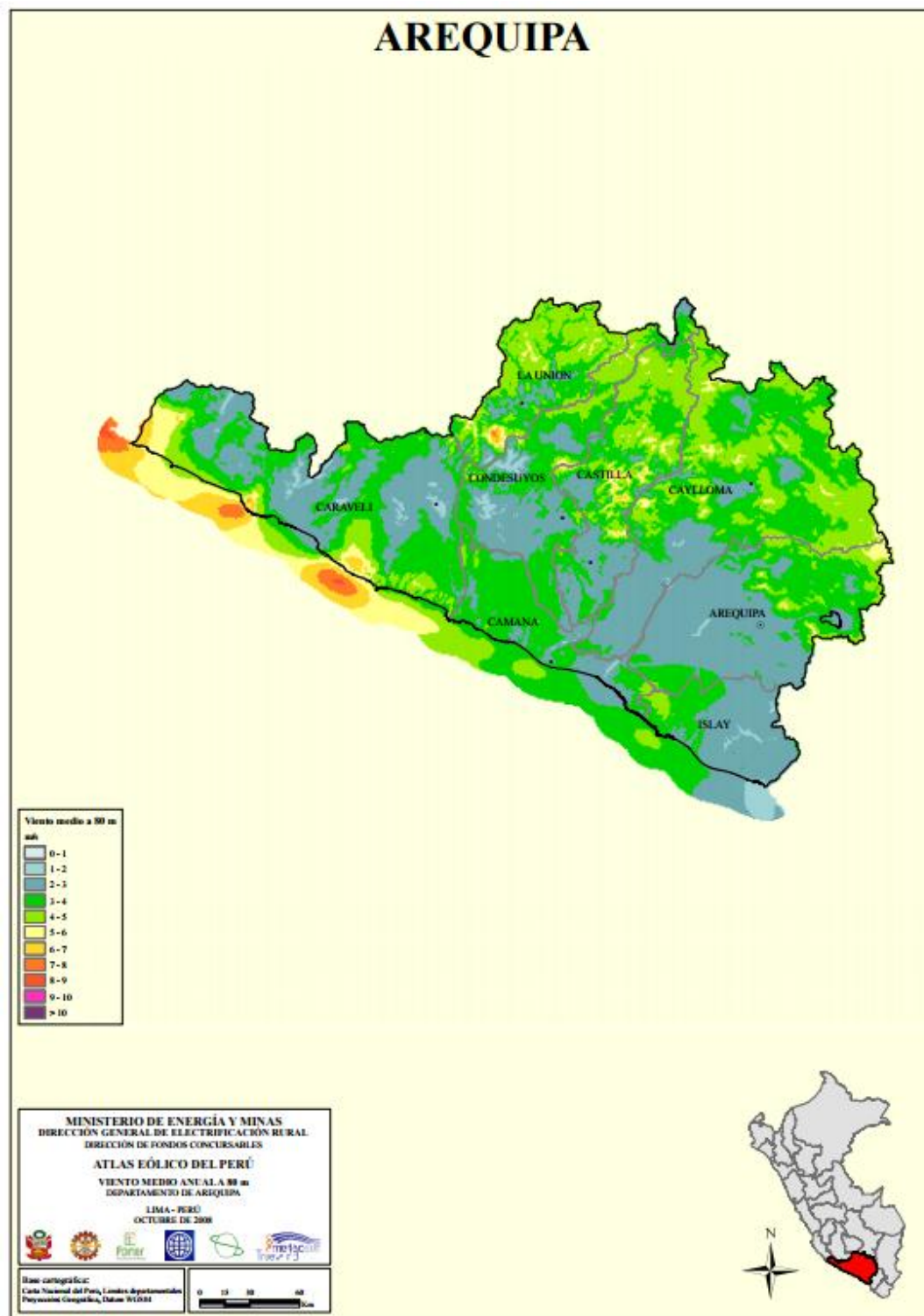


Figura 3.3: Mapa Eólico. Fuente: Atlas Eólico del Perú.

3.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

La dupla de energía solar y eólica será utilizado en las viviendas de Andagua para la instalación como si fuera una fuente de generación eléctrica utilizando la tecnología de paneles fotovoltaicos y aerogeneradores necesarios que serán instalados en una zona estratégica, adyacente a la carga para 77 viviendas, 01 posta médica, 01 colegio, 01 local comunal y alumbrado público.

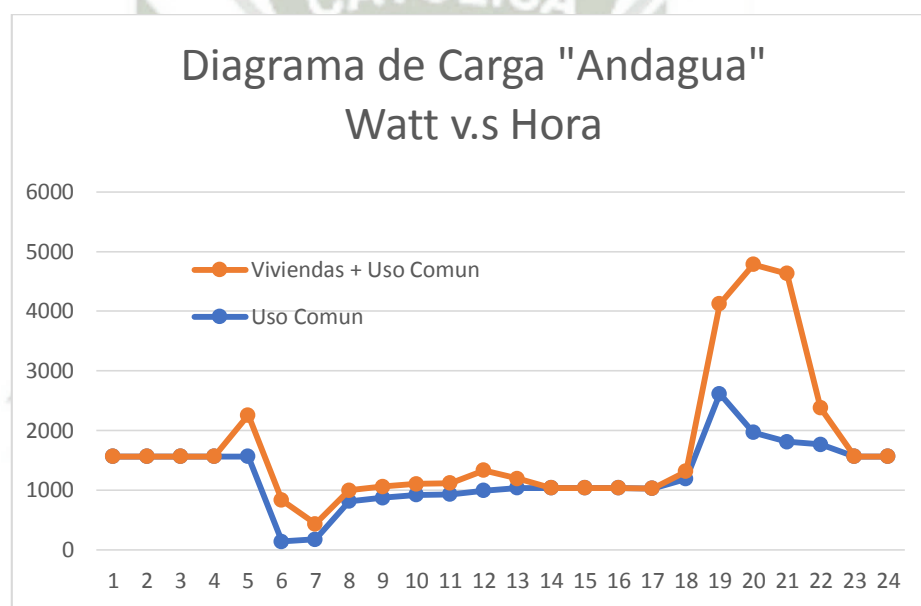


Figura 3.4: Diagrama de Carga Actual de la Central. Fuente: Elaboración Propia.

ESTIMACION DE CARGA POR VIVIENDAS

Uso común	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Dia	Noche	Horas Utiliz.
Lampara (sala)	77	10	1	0.1	0.9	6
Lampara (Dormitorio)	77	10	1	0.1	0.9	3
Lampara (Cocina)	77	10	1	0.1	0.9	2
Tv Color	77	40	0.25	0.2	0.8	5
Radio Receptor	77	10	0.4	0.6	0.4	10
TOTAL (139 viviendas)	77	2879.8				
TOTAL ENERGIA (kwh)	77	12.551 KWH				

Tabla 3.1: Estimación de Cargas por Viviendas. Fuente: Elaboración Propia.

ESTIMACION DE CARGAS ESPECIALES USO COMUN

Uso común	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Día	Noche	Horas Utiliz.
Posta Medica	1	310				
Refrigerador de Vacunas	1	180	0.6	1.0	1.0	10
Comunicación Radio VHF	1	32	1	1.0	1.0	24
Ventilador	1	40	1	1.0	1.0	10
TV Color	1	60	1	1.0	1.0	12
Radio Receptor	1	10	1	1.0	1.0	10
Lámparas	3	10	1	0.8	0.8	14
Local Comunal	1	390				
TV Color	1	60	1	1.0	1.0	9
Radio receptor	1	10	1	1.0	1.0	10
Equipo de sonido	1	200	1	1.0	1.0	5
Lámparas	6	10	1	0.8	0.8	9

Escuela	1	720				
Computador	2	300	1	1.0	1.0	12
Lámparas	6	10	1	0.8	0.8	10
Alumbrado Publico	1	1425				
Lámparas	19	75	1	0	1.0	11
TOTAL	4	2725				
TOTAL ENERGIA (KWH)		26143 KWH				

Tabla 3.2: Estimación de Cargas Especiales. Fuente: Elaboración propia.

TOTAL (Andagua): 5.6048 kw 41.694 kwh

3.3 DIAGRAMA DE CARGA ANDAGUA

Diagrama Elaborado en Excel según consumos del Distrito de Andagua. Ver en Anexos.

Watt v.s Hora

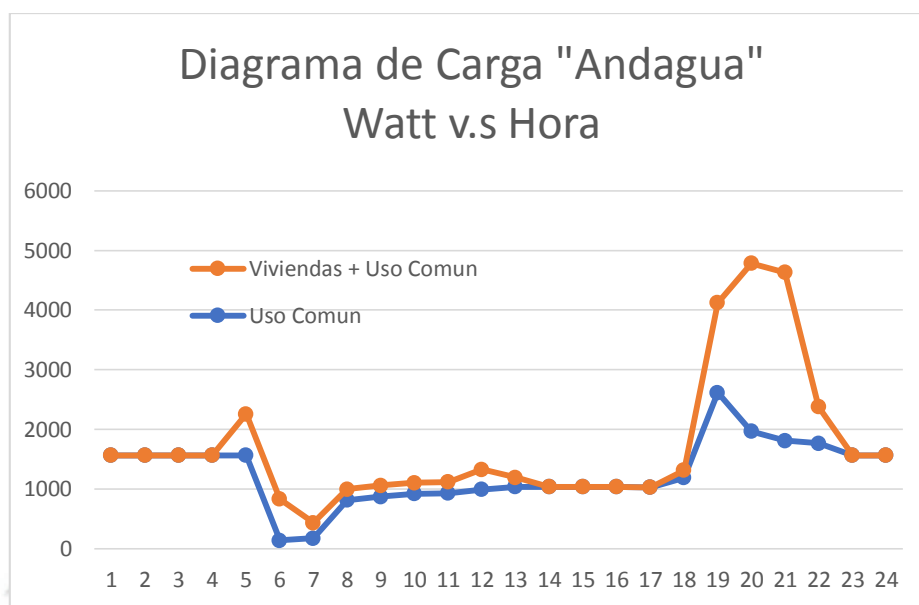


Figura 3.5: Diagrama de Carga Actual. Fuente: Elaboración Propia.

Voltajes del Sistema

Los niveles de tensión del sistema eléctrico de Andagua serán:

- Red aérea BT y Tablero de distribución 220 Vac
- Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico : 220 Vac
- Paneles Solares, Volt: 48 Vcc
- Aerogenerador, Volt: 48 Vcc

- Baterías acumuladores: 48 Vcc

Las instalaciones del sistema Híbrido incluirán:

- Módulos fotovoltaicos de 240 wp
- Módulo Eólico de 1.5kw de potencia
- Inversor DC/AC (48Vcc/220Vac) para red de distribución, la potencia, ≥ 5000 W, posteriormente se incluirá 01 inversor de la misma capacidad.
- Contador de energía.
- Soportes metálicos para el arreglo de los paneles solares
- Cableado
- Equipos de protección, control
- Tablero para equipos

Respecto a los equipos de protección y control el sistema contará con las protecciones contra corrientes de cortocircuitos y el control considerará elementos de desconexión y conexión automática ante las siguientes contingencias:

- Ante fallas de la generación fotovoltaica esta se desconectará automáticamente, la carga quedará alimentada por la generación eólica y por el sistema de acumulación de la batería (sin exceder su máxima capacidad permitida). Si la carga excede la oferta, se desconectará las cargas de las viviendas quedando sólo las de uso común. En el caso que la

demanda exceda también la capacidad de las baterías se producirá la desconexión de todo el sistema híbrido.

- Ante fallas de la generación eólica esta se desconectará automáticamente, la carga quedará alimentada por la generación fotovoltaica y por el sistema de acumulación de la batería (sin exceder su máxima capacidad permitida).

Durante el día, si la carga excede la oferta, se desconectará las cargas de las viviendas quedando sólo las de uso común. En el caso que la demanda exceda también la capacidad de las baterías se producirá la desconexión de todo el sistema híbrido.

Durante la noche, no funciona el sistema fotovoltaico y si la carga excede la oferta de las baterías se desconectará las cargas de las viviendas quedando sólo las de uso común. En el caso que la demanda exceda también la capacidad de las baterías se producirá la desconexión de todo el sistema híbrido.

El análisis de contingencias, considera la fiabilidad del sistema de generación de energía eléctrica ante la indisponibilidad de una de las fuentes: solar, eólica o las baterías. El sistema ha sido diseñado para que suministre energía total de viviendas y uso común con una confiabilidad,

manteniendo una reserva de energía acumulada en baterías para alimentar las cargas de uso común y viviendas durante 1 día²⁹.

3.4 DETERMINACION DE LOS RECURSOS ENERGETICOS

Recurso Eólico

La velocidad del viento se obtuvo por una base de datos meteorológicos del Servicio de Meteorología e Hidrología del Perú. SENAMHI

Según las mediciones de la Estación Automática Meteorológica del Senamhi se tomó las velocidades promedio de viento por horas:

	Velocidad de Viento	Nº de Horas
De 12 am a 4 am	4 m/s	4 horas
De 4 am a 1 pm	8 m/s	9 horas
De 1 pm a 12 am	4 m/s	11 horas

Tabla 3.3. Velocidad de Viento Distrito de Andagua- Fuente: SENAHI

²⁹ Protección de Sistemas Eléctricos. Samuel Ramírez Castaño Profesor Asociado. Primera Edición. Universidad Nacional de Colombia – Manizales. Pag 73

Recurso Solar

Según la Meteorología de la superficie de la nasa y energía solar, estimamos la energía solar promedio anual que es la equivalente a:

Irradiancia anual = 6.11 kWh/m²

3.5 DIMENSIONADO DEL SISTEMA EOLICO – FOTOVOLTAICO

Considerando que la demanda es pequeña (41.694 kwh/día), para el cálculo del óptimo Sistema Eólico – Fotovoltaico, se evaluará la siguiente condición:

Aporte del Sistema Fotovoltaico

Considerando que el sistema fotovoltaico será dimensionado para satisfacer la carga de cargas especiales uso común que es igual a 29143 Wh/día.

Sistema Solar Fotovoltaico	
Energía Solar (DM Fv)	29143 Wh/día (T.3.2)
Carga Instalada (W)	5.6048 kw (Carga Total)
Voltaje del Sistema (Vn)	48 V
Degradación del Sistema	10 %
Reserva Futura (Rfut)	10 %
Tiempo de Autonomía batería (n)	1 Dia.
Profundidad de descarga	80 % (Batería)

Tabla 3.4: Datos Sistema Fotovoltaico. Fuente: Elaboración Propia

Calculo de cantidad de paneles solares	
Factor de Seguridad FS	1.2
Demanda máxima $DM F_v$	29143 Wh (T.3.2)
Horas radiación HPS	5 h/día
Potencia Pico Panel PFP	240 Wp
N° Paneles =	$FS \times DM F_v / (HPS \times PFP)$
N° Paneles =	30 unidades

Tabla 3.5: Calculo Numero de Paneles. Fuente: Elaboración Propia.

$$N^{\circ}_{Paneles} = \frac{FS \times DM F_v}{HPS \times PFP}$$

$$N^{\circ}_{Paneles} = \frac{1.2 \times 29143}{5 \times 240}$$

$$N^{\circ}_{Paneles} = 29.14 = 30 \text{ Paneles}$$

La potencia nominal del sistema fotovoltaico seleccionado será de 7200 watts (30 x 240 Wp).

La energía total anual estimada por el sistema fotovoltaico es:

$$\text{Energía Generada Día} = (30 \times 240 \times 5) = 36.000 \text{ KW/h}$$

$$\text{Energía Generada Año} = (30 \times 240 \times 5) \times 365 / 1000 = 13140 \text{ KW-h}$$

Generador Fotovoltaico

Está conformado por Paneles Solares de 240 Wp de potencia, agrupados en 06 arreglos de 05 paneles cada uno, todo el Sistema Fotovoltaico contiene 01 regulador de carga. El sistema fotovoltaico pretende soportar el gasto de 29143 Wh/día de energía.



Figura 3.6: Sistema de Paneles Solares. Fuente: Energía Solar en el Perú.

Reajuste de Paneles Fotovoltaicos en 10 años:

Calculo de cantidad de paneles solares	
Factor de Seguridad FS	1.2
Demanda máxima $DM F_v$	29143 Wh (T.3.2)
Horas radiación HPS	5 h/dia
Potencia Pico Panel PFP	240 Wp
N° Paneles =	$FS \times DM F_v / (HPS \times PFP)$
N° Paneles =	30 unidades

Tabla 3.6: Calculo Numero de Paneles. Fuente: Elaboración Propia.

$$N^{\circ}_{Paneles} = \frac{FS \times DM F_v}{HPS \times PFP}$$

$$N^{\circ}_{Paneles} = \frac{1.2 \times 29143}{5 \times 240}$$

$$N^{\circ}_{Paneles} = 29.14 = 30 \text{ Paneles}$$

Debido a que el consumo de Cargas Especiales del Distrito de Andagua se mantiene, no se añaden paneles solares en los 10 primeros años de funcionamiento de la Central Híbrida.

Reajuste de Paneles Fotovoltaicos en 20 años:

Calculo de cantidad de paneles solares	
Factor de Seguridad FS	1.2
Demanda máxima $DM F_v$	58286 Wh (T.3.2)
Horas radiación HPS	5 h/dia
Potencia Pico Panel PFP	240 Wp
N° Paneles =	$FS \times DM F_v / (HPS \times PFP)$
N° Paneles =	37 unidades

Tabla 3.7: Calculo Numero de Paneles. Fuente: Elaboración Propia.

$$N^{\circ}_{Paneles} = \frac{FS \times DM F_v}{HPS \times PFP}$$

$$N^{\circ}_{Paneles} = \frac{1.2 \times 58286}{5 \times 240}$$

$$N^{\circ}_{Paneles} = 58.29 = 59 \text{ Paneles}$$

Para satisfacer la demanda de energía en 20 años se necesitará aumentar la cantidad de paneles solares en 29 unidades.

Serán de las mismas características y añadidos en 06 arreglos de 05 paneles cada uno conectados a un controlador de carga de 85 amperios.

Aporte del Sistema Eólico

Considerando que este sistema Eólico será utilizado para satisfacer las Viviendas que es igual a 12551 Wh/día.

Sistema Eólico	
Diámetro del rotor (D)	3.3 M
Numero de Palas (P)	3 Unid.
Área de barrido (A)	8.55 m ²
Energía eólica =	12551 Wh/día

Tabla 3.8: Capacidad de Generador eólico. Fuente: Elaboración Propia.

Calculo de la Velocidad del viento

La velocidad del viento se obtuvo por una base de datos meteorológicos del Servicio de Meteorología e Hidrología del Perú. SENAMHI

Según las mediciones de la Estación Automática Meteorológica del Senamhi se tomó las velocidades promedio de viento por horas:

	Velocidad de Viento	N° de Horas
De 12 am a 4 am	4 m/s	4 horas
De 4 am a 1 pm	8 m/s	9 horas
De 1 pm a 12 am	4 m/s	11 horas

Tabla 3.9. Velocidad de Viento en Andagua. Fuente: SENAEMI

La potencia nominal del sistema eólico seleccionado será de 1.5 KW (12 m/s, altura 6 m).

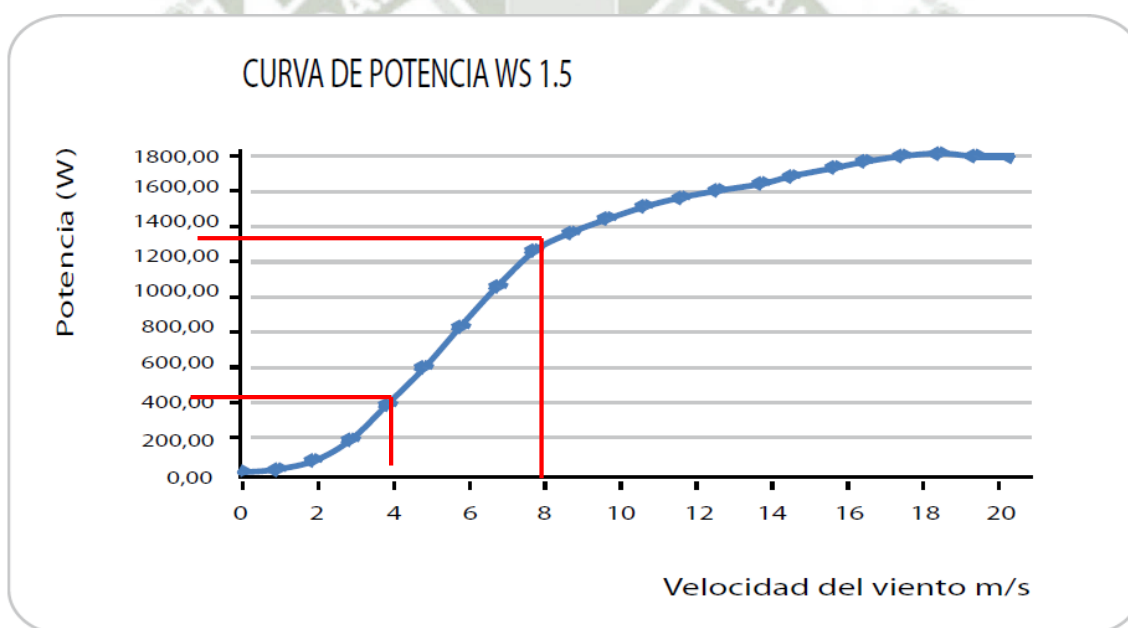


Figura 3.7: Curva de Potencia del Aerogenerador. Fuente: Ficha

Tecnica.WidnsPot

Se ha calculado la velocidad del viento a 4 m/s en 15 horas y 8 m/s en 9 horas al día, Extrapolando en la curva de potencia del fabricante se

determina que la potencia que lograremos será de 400 W y 2000 W respectivamente. La energía total anual:

$$\text{Energía Generada}_{\text{año}} = (17700) \times 365/1000$$

$$\text{Energía Generada}_{\text{año}} = 6460.5 \text{ KW} - h$$

Aerogenerador

Este es un dispositivo de 1500 w de potencia, tiene una torre de 12 m de altura. El diámetro que tiene el rotor es de 3.3 metros y tiene 03 hélices.

$$\text{Energía Generada}_{15\text{horas}} = 400 \times 15$$

$$\text{Energía Generada}_{15\text{horas}} = 6000 \text{ w} - h$$

$$\text{Energía Generada}_{9\text{horas}} = 1300 \times 9$$

$$\text{Energía Generada}_{9\text{horas}} = 11700 \text{ w} - h$$

$$\text{Energía Generada}_{\text{Día}} = 6000 + 11700$$

$$\text{Energía Generada}_{\text{Día}} = 17700 \text{ w} - h$$

El sistema eólico permitirá aportar 17700 Wh/día, Se necesitará 01 aerogenerador para abastecer la demanda de energía.

$$\text{Energía Generada Total} = 17700 \text{ w} - h$$

Reajuste de Aerogeneradores en 10 años:

La demanda de energía en 10 años será 16952, w con lo que el generador seguiría cumpliendo con la demanda de energía.

Reajuste de Aerogeneradores en 20 años:

La demanda de energía en 20 años será 22657 w, con un aerogenerador de las mismas características se generará el doble de energía y será suficiente para abastecer la demanda en dicho tiempo.

3.6 SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL EQUIPO

Selección del Controlador de carga

Definimos como regulador de carga a un dispositivo que se encarga de proteger la batería de sobrecargas.

Criterios de selección

- Funcionamiento a tensiones compatibles (12, 24 y 48V). En nuestro proyecto hemos seleccionamos de 48 V.
- Corriente máxima de paneles.
- Corriente máxima que puede proporcionar a la carga

Para nuestro sistema fotovoltaico, con las baterías se va a usar 01 regulador electrónico de capacidad 85 A.

Igualmente, para el sistema eólico; con las baterías se va a usar 01 regulador electrónico de capacidad 85 A.

Potencia Máxima (Fotovoltaico) = 2725 w

Potencia Máxima (Eólico) = 2879.8 w

$I_{\text{maxfotovoltaico}} = 56.77 \text{ amp.}$

$I_{\text{maxeolico}} = 59.99 \text{ amp}$

Seleccionando un Controlador de carga de 85 amp.

$I_{\text{controlador (48v)}} = 85 \text{ amp (1 reguladores)}$

Debido a que adicionaremos en el tiempo más paneles fotovoltaicos se requerirá un controlador de carga de la misma capacidad para que pueda satisfacer las necesidades en 20 años de funcionamiento de la Central Híbrida.

Si adicionamos más aerogeneradores estos vienen con sus Controladores de carga respectivos.

Selección de la Batería

Las baterías que emplearemos en el sistemas eólico-fotovoltaicos serán específicas, y sus características son:

- Muchos ciclos de carga y descarga.
- No son adecuadas para suministrar altas corrientes.
- Reserva Ciclos suaves de electrolito grande para alargar tiempos de mantenimiento.

Capacidad Banco de Baterías

Energía Acumulada: 41694 wh/día

Para 01 día de autonomía: 41694 wh/día

Capacidad Necesaria:

$$Capacidad\ Necesaria = \frac{E_a}{V_n}$$

Donde:

E_a = Energía acumulada

V_n = Voltaje nominal

$$Capacidad\ Necesaria = \frac{41694}{48}$$

$$Capacidad\ Necesaria = 864.62\ AH$$

Capacidad Efectiva:

$$Capacidad\ Efectiva = \frac{Capnec}{(1 - D)}$$

Donde:

$D = \text{Degradacion del Sistema}$

$Capnec = \text{Capacidad Necesaria}$

$$\text{Capacidad Efectiva} = \frac{864.62}{(1 - 0.1)}$$

$$\text{Capacidad Efectiva} = 960.68 \text{ AH}$$

Capacidad Total:

$$\text{Capacidad Total} = \frac{Capefect}{(1 - Rfut)}$$

$$\text{Capacidad Total} = \frac{960.68}{(1 - 0.1)}$$

$$\text{Capacidad Total} = 1067.42 \text{ AH}$$

Capacidad Batería:

$$\text{Capacidad Bateria} = \frac{Captot \times n}{PDD}$$

Donde:

$Captot = \text{Capacidad total}$

$n = \text{Eficiencia de la Bateria}$

$PDD = \text{Profundidad de descarga}$

$$\text{Capacidad Bateria} = \frac{1067.42 \times 0.95}{0.8}$$

$$\text{Capacidad Bateria} = 1267.56 \text{ AH}$$

Numero de Baterías en Serie

$$N^{\circ} \text{ Baterias en serie (NBs)} = \frac{Vn}{Vnbat} = \frac{48}{2}$$

$$N^{\circ} \text{ Baterias en serie (NBs)} = 24 \text{ unid.}$$

Numero de Baterías en Paralelo

$$N^{\circ} \text{ Baterias en Paralelo (NBp)} = \frac{Capbat}{AHbat} = \frac{1267.56}{1500}$$

$$N^{\circ} \text{ Baterias en Paralelo (NBp)} = 0.85 \text{ kit} = 1 \text{ kit}$$

El sistema hibrido que nosotros usamos puede generar energía que es almacenada en baterías con una capacidad de 1267.56 Ah/dia y 48 Vcc. Este sistema tiene 24 baterías (de 1500 AH y 2V cada uno) interconectadas en 24 unidades conectadas en serie y 01 grupos conectados en paralelo.

Debido al Crecimiento de la Demanda se hará un reajuste cada 10 años de funcionamiento de la Central Hibrida.

Considerando el tiempo de vida de las baterías se calcula 10 años, y deberíamos reemplazar todas las baterías.

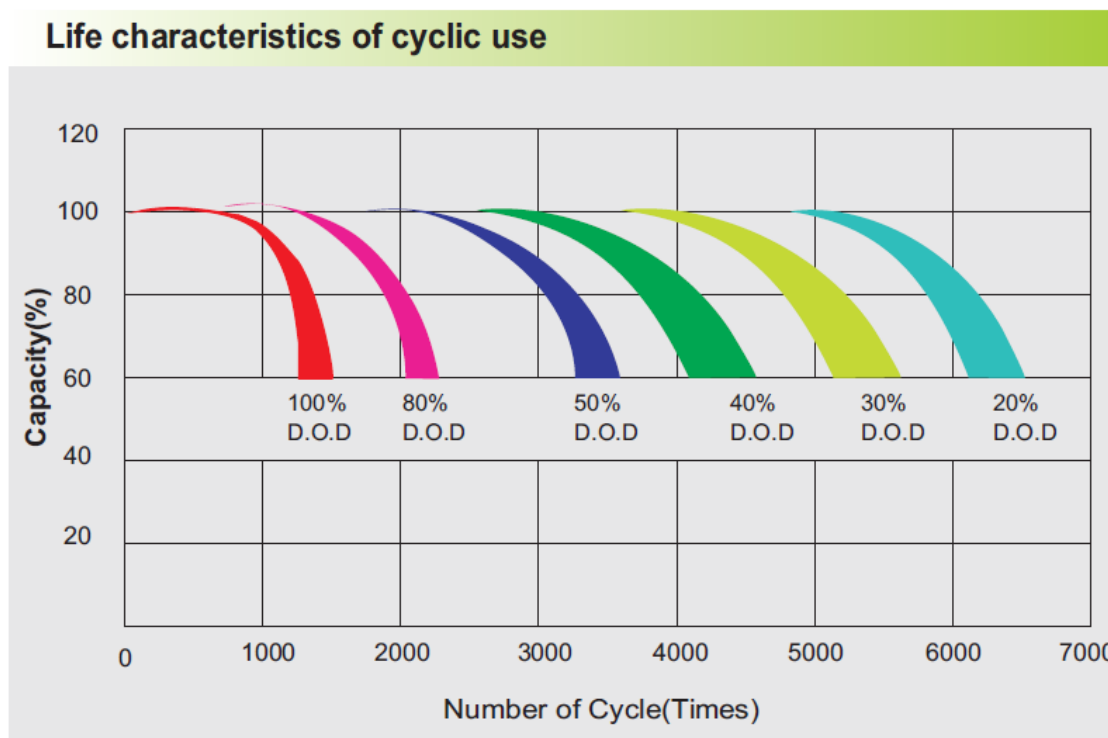


Figura 3.8: Características de vida del uso cíclico. Fuente. Ficha Técnica Ritar

Suponiendo una descarga del 50% de las baterías en 3500 ciclos entre 365 días del año nos dan 10 años y las baterías quedarían inservibles.

Reajuste de Baterías en 10 años:

Capacidad Banco de Baterías

Energía Acumulada: 46095 wh/día

Para 01 día de autonomía: 46095 wh/día

Capacidad Necesaria:

$$\text{Capacidad Necesaria} = \frac{E_a}{V_n}$$

Donde:

E_a = Energía acumulada

V_n = Voltaje nominal

$$\text{Capacidad Necesaria} = \frac{46095}{48}$$

$$\text{Capacidad Necesaria} = 960.31 \text{ AH}$$

Capacidad Efectiva:

$$\text{Capacidad Efectiva} = \frac{\text{Capnec}}{(1 - D)}$$

Donde:

D = Degradación del Sistema

Capnec = Capacidad Necesaria

$$\text{Capacidad Efectiva} = \frac{960.31}{(1 - 0.1)}$$

$$\text{Capacidad Efectiva} = 1067.01 \text{ AH}$$

Capacidad Total:

$$Capacidad\ Total = \frac{Capefect}{(1 - R_{fut})}$$

$$Capacidad\ Total = \frac{1067.01}{(1 - 0.1)}$$

$$Capacidad\ Total = 1185.57\ AH$$

Capacidad Batería:

$$Capacidad\ Bateria = \frac{Captot \times n}{PDD}$$

Donde:

$Captot = Capacidad\ total$

$n = Eficiencia\ de\ la\ Bateria$

$PDD = Profundidad\ de\ descarga$

$$Capacidad\ Bateria = \frac{1185.57 \times 0.95}{0.8}$$

$$Capacidad\ Bateria = 1407.86\ AH$$

Numero de Baterías en Serie

$$N^{\circ} \text{ Baterias en serie (NBs)} = \frac{Vn}{Vnbat} = \frac{48}{2}$$

$$N^{\circ} \text{ Baterias en serie (NBs)} = 24 \text{ unid.}$$

Numero de Baterías en Paralelo

$$N^{\circ} \text{ Baterias en Paralelo (NBp)} = \frac{Capbat}{AHbat} = \frac{1407.86}{1500}$$

$$N^{\circ} \text{ Baterias en Paralelo (NBp)} = 0.94 \text{ kit} = 1 \text{ kit}$$

El sistema hibrido genera energía que es almacenada en un sistema de acumulación con una capacidad de 1407.86 Ah/día y 48 Vcc. Este sistema consta de 24 baterías (de 1500 AH y 2V cada uno) interconectadas en 24 unidades en serie y 01 grupos en paralelo.

Reajuste de Baterías en 20 años:

Capacidad Banco de Baterías

Energía Acumulada: 80943 wh/día

Para 01 día de autonomía: 80943 wh/día

Capacidad Necesaria:

$$Capacidad\ Necesaria = \frac{E_a}{V_n}$$

Donde:

E_a = Energía acumulada

V_n = Voltaje nominal

$$Capacidad\ Necesaria = \frac{80943}{48}$$

$$Capacidad\ Necesaria = 1686.31\ AH$$

Capacidad Efectiva:

$$Capacidad\ Efectiva = \frac{Capnec}{(1 - D)}$$

Donde:

D = Degradacion del Sistema

$Capnec$ = Capacidad Necesaria

$$Capacidad\ Efectiva = \frac{1686.31}{(1 - 0.1)}$$

$$Capacidad\ Efectiva = 1873.68\ AH$$

Capacidad Total:

$$Capacidad\ Total = \frac{Capefect}{(1 - R_{fut})}$$

$$Capacidad\ Total = \frac{1873.68}{(1 - 0.1)}$$

$$Capacidad\ Total = 2081.87\ AH$$

Capacidad Batería:

$$Capacidad\ Bateria = \frac{Captot \times n}{PDD}$$

Donde:

$Captot = Capacidad\ total$

$n = Eficiencia\ de\ la\ Bateria$

$PDD = Profundidad\ de\ descarga$

$$Capacidad\ Bateria = \frac{2081.87 \times 0.95}{0.8}$$

$$Capacidad\ Bateria = 2472.22\ AH$$

Numero de Baterías en Serie

$$N^{\circ}\ Baterias\ en\ serie\ (NBs) = \frac{Vn}{V_{nbat}} = \frac{48}{2}$$

$$N^{\circ}\ Baterias\ en\ serie\ (NBs) = 24\ unid.$$

Numero de Baterías en Paralelo

$$N^{\circ} \text{ Baterias en Paralelo (NBp)} = \frac{Capbat}{AHbat} = \frac{2472.22}{1500}$$

$$N^{\circ} \text{ Baterias en Paralelo (NBp)} = 1.64 \text{ kit} = 2 \text{ kit}$$

El sistema hibrido genera energía que es almacenada en un sistema de acumulación con una capacidad de 2472.22 Ah/dia y 48 Vcc. Este sistema consta de 24 baterías (de 1500 AH y 2V cada uno) interconectadas en 24 unidades en serie y 02 grupos en paralelo.

Selección de un inversor aislado CD/AC

Los inversores transforman la corriente continua de las baterías en corriente alterna compatible con los electrodomésticos de consumo. (48Vcc / 220 Vca). Se deben elegir teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Máxima potencia que pueden suministrar en alterna. Pmax. = 5604.8 Watt
- Tipo de cargas que van a alimentar.
- Posibilidades del inversor de funcionar también como cargador de baterías. (No aplica) ³⁰

30 Cambio energético. Especialistas en ahorro energético renovable, extraido el 02/08/2017 de <https://www.cambioenergetico.com/29-inversores-de-corriente>

- Condiciones ambientales y de almacenamiento del equipo. Los inversores son equipos electrónicos muy sensibles a las condiciones ambientales. Se debe elegir uno lo suficientemente robusto como para aguantar las condiciones ambientales presentes.

Según la demanda para 20 años de funcionamiento la potencia de diseño del inversor será de 15.0 kW, por lo que seleccionamos 01 unidad de inversor.

Inversor Cargador Quattro Victron 15000

3.7. DETALLE DE COSTOS DEL PROYECTO

Sistema Híbrido Aislado de la Red

Sistema Híbridos Eólicos y Fotovoltaicos

Componente	Cantidad	P. Unit. US\$	P. Total US\$
Paneles Solares 240 Wp	30	292.39	8771.7
Aerogenerador 1.5kW	1	9669.66	9669.66
Baterías 1500 AH, 48 v	24	1360.67	32656.08
Regulador de Carga	1	874.46	874.46
Inversor Cargador Quattro Victron 15000	1	5937.17	5937.17
Instalación y Servicio Técnico		5250.00	5250.00
Monto Total			63159.07

CONCLUSIONES

1. Nuestro sol tiene una elevada calidad energética no contaminante y renovable que permite usos muy variados o diferentes, es inagotable a escala humana y no necesita de mucho espacio para utilizar dicha energía. Ésta puede ser utilizada de forma sencilla para la generación de energía eléctrica; además, no requiere de sofisticadas medidas de seguridad, y tampoco produce residuos tóxicos de difícil o imposible tratamiento o eliminación.
2. Nuestra propuesta técnica es sobre una central eólica – solar que se encuentra basado en módulos fotovoltaicos y aerogeneradores, para ser aplicado en electrificación rural en Andagua provincia de Arequipa en el año 2016. El estudio fue realizado con una instalación mixta llegando a la conclusión que la instalación híbrida es eficiente.
3. Esta forma de utilizar la energía solar mediante sistemas fotovoltaicos, posee un gran futuro dentro de las energías alternativas. Además, con el avance de la tecnología se logra disminuir los costos de los paneles así como también su instalación, posibilitando así un mayor acceso de las familias de sectores rurales.
4. El uso primordial de esta tecnología y uno de los más importantes sería la electrificación de zonas rurales, en las cuales no es posible hacer llegar la red

de energía eléctrica convencional. Es decir que en estos lugares será mejor instalar los sistemas fotovoltaicos donde varios paneles solares puedan cargare baterías para que posteriormente la energía almacenada en estas pueda ser utilizada por dispositivos convencionales de uso cotidiano como televisiones, radios, fluorescentes, etc.

5. Los Modernos sistemas fotovoltaicos son más confiables y duraderos, no ocasionan ningún daño al medio ambiente además de ser competitivos cuando la cantidad de energía demandada es pequeña y los sitios son lejanos o es difícil llegar a ellos no teniendo acceso a la red eléctrica.
6. Con la puesta en marcha de este proyecto se permitirá el desarrollo social, cultural y económico de las comunidades de Andagua, logrando mejorar su infraestructura de servicios básicos, sustituyendo las velas o mecheros por el sistema de iluminación eléctrico de origen fotovoltaico, logrando un acceso a la información, a través de la radio y televisión, a una educación de mejor calidad y a la generación de pequeños procesos productivos; utilizando para ello energía solar autosustentada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aerogeneradores. Antonio Creus Sole. 2008.
2. Fotovoltaica Para Profesionales. Remmers, Karl-Heinz; Dürschner; Christian; Antony; Falk. Promotora General de Estudios 2008.
3. Guía Completa de la Energía Eólica. José María Fernández Salgado. 2011.
4. Ingeniería de la Energía Eólica. Miguel Villarrubia López. 2012.
5. Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Enrique Alcor Cabrerizo. Promotora General de Estudios 2011.
6. Instituto nacional de estadística.www.ine.es/
7. Instituto nacional de meteorología.www.aemet.es.
8. LDK. Consulta de los componentes de una instalación fotovoltaica. Disponible en:www.ldksolar.com.
9. Manual de energía Eólica, Investigación Diseño, Promoción, Construcción y explotación de distinto tipo de instalaciones. José Escudero López. 2008.
10. Pareja Aparicio, Miguel. Energía Solar Fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada. Marcombo, S.A. ISBN:9788426715265.
11. PVGIS. Inclinación óptima anual del lugar y Radiaciones del lugar. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas_solar.pdf
12. SANYO. Consulta de los componentes de una instalación fotovoltaica. Disponible en:www.sanyo.com.
13. Sistemas Fotovoltaicos, Introducción al Diseño y Dimensionado de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. Miguel Alonso Abella. Ediciones

S.A.P.T. Publicaciones Técnicas S.L.2005.

14. SOLARWEB. Foro con preguntas y respuestas para instalaciones fotovoltaicas aisladas. Disponible en:www.solarweb.net
15. SOLENER. Elección del regulador de carga. Disponible en:www.solener.com.
16. SWIFTWINDTURBINE. Consulta de la turbina Swiftwin. Disponible en:
www.swiftwindturbine.com.
17. Tecnología de las Energías Renovables. José María Fernández Salgado. 2009.
18. Universidad Nacional De Ingeniería, M. Juan Chercca Ramírez,
“Aprovechamiento del Recurso Eólico y Solar en la Generación de Energía Eléctrica y la Reducción de Emisiones de CO2 en el Poblado Rural La Gramita de Casma”. Tesis Maestría, Lima, Perú (2014).
19. VICTRON. Elección del inversor. Disponible en:www.victronenergy.com.



ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CARGA TOTAL ACTUAL

ESTIMACION DE CARGA DE CADA VIVIENDA			Factor de Simultaneidad				Energia por hora (wh)																								
Uso Comun	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Dia	Noche	Horas Utiliz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Lampara (sala)	77	10	1	0.1	0.9	6					693	693	77												693	693	693				
Lampara (dormitorio)	77	10	1	0.1	0.9	3																			693	693	693				
Lampara (cocina)	77	10	1	0.1	0.9	2																			693	693					
TV Color	77	40	0.25	0.2	0.8	5												154	154							616	616	616			
Radio receptor	77	10	0.4	0.6	0.4	10							185	184.8	184.8	184.8	184.8	184.8						123.2	123	123	123				
TOTAL (77 viviendas)	77	2879.8					0	0	0	0	693	693	262	184.8	184.8	184.8	184.8	338.8	154	0	0	0	0	123.2	1509	2818	2818	616	0	0	
TOTAL ENERGIA (kwh)	77	12551																													
ESTIMACION DE CARGAS ESPECIALES USO COMUN				Factor de Simultaneidad			Energia por hora (wh)																								
Uso común	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Dia	Noche	Horas Utiliz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Posta Medica	1	310					140	140	140	140	140	140	174	214	274	274	274	274	274	274	274	274	264	224	224	224	140	140	140	140	
Refrigerador de Vacunas	1	180	0.6	1	1	10	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
Comunicación Radio VHF	1	32	1	1	1	24	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
Ventilador	1	40	1	1	1	10								40	40	40	40	40	40	40	40	40	40								
TV Color	1	60	1	1	1	12									60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60					
Radio Receptor	1	10	1	1	1	10							10	10	10	10	10	10	10	10	10	10									
Lámparas	3	10	1	0.8	0.8	14							24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24						
Local Comunal	1	330					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	70	118	118	118	118	118	318	318	318	248	200	0	0	
TV Color	1	60	1	1	1	9												60	60	60	60	60	60	60	60	60					
Radio receptor	1	10	1	1	1	10											10	10	10	10	10	10	10	10	10						
Equipo de sonido	1	200	1	1	1	5																		200	200	200	200	200			
Lámparas	6	10	1	0.8	0.8	9												48	48	48	48	48	48	48	48	48	48				
Escuela	1	660					0	0	0	0	0	0	0	600	600	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	0	0	0	0	0	
Computador	2	300	1	1	1	12								600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600						
Lámparas	6	10	1	0.8	0.8	10										48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48					
Alumbrado Publico	1	1425					1425	1425	1425	1425	1425	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1425	1425	1425	1425	1425	1425	
Lámparas	19	75	1	0	1	11	1425	1425	1425	1425	1425													1425	1425	1425	1425	1425	1425		
TOTAL	4	2725					1565	1565	1565	1565	1565	140	174	814	874	922	932	992	1040	1040	1040	1030	1190	2615	1967	1813	1765	1565	1565		
TOTAL ENERGIA (KWH)	4	29143																													
TOTAL (ANDAGUA)			5604.8	W	41694	WH	1565	1565	1565	1565	2258	833	436	998.8	1059	1106.8	1117	1331	1194	1040	1040	1040	1030	1313	4124	4785	4631	2381	1565	1565	

Fuente: Elaboración Propia.

ESTIMACION DE LA CARGA TOTAL PROYECTADA EN 10 AÑOS

ESTIMACION DE CARGA DE CADA VIVIENDA			Factor de Simultaneidad				Energia por hora (wh)																								
Uso Comun	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Día	Noche	Horas Utiliz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Lampara (sala)	104	10	1	0.1	0.9	6					936	936	104												936	936	936				
Lampara (dormitorio)	104	10	1	0.1	0.9	3																			936	936	936				
Lampara (cocina)	104	10	1	0.1	0.9	2																				936	936				
TV Color	104	40	0.25	0.2	0.8	5												208	208								832	832	832		
Radio receptor	104	10	0.4	0.6	0.4	10							249.6	249.6	249.6	249.6	249.6	249.6						166.4	166.4	166.4	166.4				
	104	3889.6					0	0	0	0	936	936	353.6	249.6	249.6	249.6	249.6	457.6	208	0	0	0	0	0	166.4	2038.4	3806.4	3806.4	832	0	0
TOTAL ENERGIA (kwh)	104	16952																													
ESTIMACION DE CARGAS ESPECIALES USO COMUN			Factor de Simultaneidad				Energia por hora (wh)																								
Uso común	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Día	Noche	Horas Utiliz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Posta Medica	1	310					140	140	140	140	140	140	174	214	274	274	274	274	274	274	274	264	224	224	224	140	140	140	140		
Refrigerador de Vacunas	1	180	0.6	1	1	10	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
Comunicación Radio VHF	1	32	1	1	1	24	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
Ventilador	1	40	1	1	1	10								40	40	40	40	40	40	40	40	40	40								
TV Color	1	60	1	1	1	12									60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60					
Radio Receptor	1	10	1	1	1	10							10	10	10	10	10	10	10	10	10	10									
Lámparas	3	10	1	0.8	0.8	14							24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24					
Local Comunal	1	330					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	70	118	118	118	118	118	318	318	318	248	200	0	0	
TV Color	1	60	1	1	1	9												60	60	60	60	60	60	60	60	60					
Radio receptor	1	10	1	1	1	10											10	10	10	10	10	10	10	10	10	10					
Equipo de sonido	1	200	1	1	1	5																		200	200	200	200				
Lámparas	6	10	1	0.8	0.8	9													48	48	48	48	48	48	48	48	48				
Escuela	1	660					0	0	0	0	0	0	0	600	600	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	0	0	0	0	0	
Computador	2	300	1	1	1	12								600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600						
Lámparas	6	10	1	0.8	0.8	10											48	48	48	48	48	48	48	48	48						
Alumbrado Publico	1	1425					1425	1425	1425	1425	1425	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1425	1425	1425	1425	1425	1425	
Lámparas	19	75	1	0	1	11	1425	1425	1425	1425	1425														1425	1425	1425	1425	1425	1425	
TOTAL	4	2725					1565	1565	1565	1565	1565	140	174	814	874	922	932	992	1040	1040	1040	1040	1030	1190	2615	1967	1813	1765	1565	1565	
TOTAL ENERGIA (KWH)	4	29143																													
TOTAL (ANDAGUA)		6614.6 W		46095 WH			1565	1565	1565	1565	2501	1076	527.6	1063.6	1123.6	1171.6	1181.6	1449.6	1248	1040	1040	1040	1030	1356.4	4653.4	5773.4	5619.4	2597	1565	1565	

Fuente: Elaboración Propia.

ESTIMACION DE LA CARGA TOTAL PROYECTADA EN 20 AÑOS

ESTIMACION DE CARGA DE CADA VIVIENDA			Factor de Simultaneidad				Energia por hora (wh)																							
Uso Comun	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Día	Noche	Horas Utiliz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lampara (sala)	139	10	1	0.1	0.9	6					1251	1251	139												1251	1251	1251			
Lampara (dormitorio)	139	10	1	0.1	0.9	3																			1251	1251	1251			
Lampara (cocina)	139	10	1	0.1	0.9	2																				1251	1251			
TV Color	139	40	0.25	0.2	0.8	5												278	278								1112	1112	1112	
Radio receptor	139	10	0.4	0.6	0.4	10							333.6	333.6	333.6	333.6	333.6	333.6						222.4	222.4	222.4	222.4			
TOTAL (139 viviendas)	139	5198.6					0	0	0	0	1251	1251	472.6	333.6	333.6	333.6	333.6	611.6	278	0	0	0	0	222.4	2724.4	5087.4	5087.4	1112	0	0
TOTAL ENERGIA (kwh)	139	22657																												
ESTIMACION DE CARGAS ESPECIALES USO COMUN			Factor de Simultaneidad				Energia por hora (wh)																							
Uso común	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Día	Noche	Horas Utiliz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Posta Medica	2	310					280	280	280	280	280	280	348	428	548	548	548	548	548	548	548	528	448	448	448	280	280	280	280	
Refrigerador de Vacunas	2	180	0.6	1	1	10	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	
Comunicación Radio VHF	2	32	1	1	1	24	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	
Ventilador	2	40	1	1	1	10								80	80	80	80	80	80	80	80	80	80							
TV Color	2	60	1	1	1	12									120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120				
Radio Receptor	2	10	1	1	1	10							20	20	20	20	20	20	20	20	20	20								
Lámparas	6	10	1	0.8	0.8	14							48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48				
Local Comunal	2	660					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	140	236	236	236	236	236	636	636	636	496	400	0	0
TV Color	2	60	1	1	1	9												120	120	120	120	120	120	120	120	120				
Radio receptor	2	10	1	1	1	10											20	20	20	20	20	20	20	20	20	20				
Equipo de sonido	2	200	1	1	1	5																		400	400	400	400	400		
Lámparas	12	10	1	0.8	0.8	9													96	96	96	96	96	96	96	96	96			
Escuela	2	1320					0	0	0	0	0	0	0	1200	1200	1296	1296	1296	1296	1296	1296	1296	1296	1296	1296	0	0	0	0	0
Computador	4	300	1	1	1	12								1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200					
Lámparas	12	10	1	0.8	0.8	10										96	96	96	96	96	96	96	96	96	96					
Alumbrado Publico	2	2850					2850	2850	2850	2850	2850	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2850	2850	2850	2850	2850	2850
Lámparas	38	75	1	0	1	11	2850	2850	2850	2850	2850													2850	2850	2850	2850	2850	2850	
TOTAL	8	5140					3130	3130	3130	3130	3130	280	348	1628	1748	1844	1864	1984	2080	2080	2080	2080	2060	2380	5230	3934	3626	3530	3130	3130
TOTAL ENERGIA (KWH)	8	58286																												

Fuente: Elaboración Propia.

VELOCIDAD DE VIENTO EN ANDAGUA

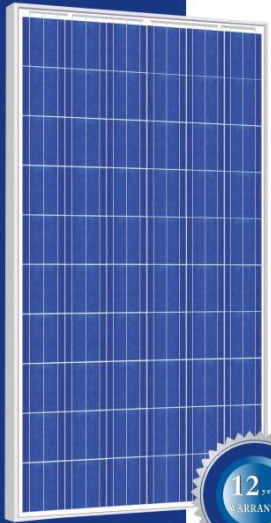
VELOCIDAD DE VIENTO EN ANDAGUA															
Codigo	Planilla	Variable	Aco	01_ENE	02_FEB	03_MAR	04_ABR	05_MAY	06_JUN	07_JUL	08_AGO	09_SET	10_OCT	11_NOV	12_DIC
157310	52	7:00	2006		NW-7.7	NW-9.1	NW-9.6	NW-9.5	NW-9.9	NW-9.8	NW-8.5	NW-8.2	NW-9.7	NW-8.6	NW-8.6
157310	52	7:00	2007	NW-8.4	NW-9.1	NW-8.3	NW-8.5	NW-8.5	NW-7.4	NW-7.1	NW-9.9	NW-9.3	NW-9.1	NW-7.5	NW-9.8
157310	52	7:00	2008	NW-7.5	NW-8.3	NW-8.8	NW-8.9	NW-7.9	NW-7.4	NW-7.7	NW-7.3	NW-9.8	NW-7.6	NW-9.5	NW-10.8
157310	52	7:00	2009	NW-9.3	NW-8.6	W-9.4	NW-9.0	NW-9.4	NW-10.8	NW-10.9	NW-8.6	NW-7.6	NW-8.9	NW-8.9	NW-9.5
157310	52	7:00	2010	NW-9.2	NW-9.4	NW-10.6	NW-7.5	NW-9.3	NW-9.2	NW-8.2	NW-8.8	NW-8.4	NW-9.3	NW-7.8	NW-8.5
157310	52	7:00	2011	NW-8.5	SE-9.5	SW-9.8	NW-9.0	NW-8.5	NW-8.0	NW-9.6	NW-9.3	NW-8.5	NW-7.2	NW-8.4	NW-7.3
157310	52	7:00	2012	NW-7.9	SE-7.2	NW-8.2	NW-8.3	NW-7.1	NW-9.2	NW-8.2	NW-9.9	NW-7.0	W-9.9	NW-7.4	S-9.2
157310	52	7:00	2013	NW-8.0	SW-8.5	SW-9.3	NW-9.4	NW-8.2	NW-9.1	NW-9.4	NW-9.3	NW-9.7	NW-9.8	NW-9.1	NW-9.9
157310	52	7:00	2014								NW-7.1				
157310	52	7:00	2015	NW-9.9	NW-10.6	NW-10.6	NW-7.9	NW-9.5	NW-9.0	NW-8.3	NW-8.8	NW-8.9	NW-8.2	NW-8.4	NW-7.2
157310	52	7:00	2017	SE-8.2	NW-9.9	NW-7.3	NW-9.7	NW-8.3							
157310	52	13:00	2006		SE-9.9	SE-8.4	SE-8.0	SE-9.2	SE-10.8	SE-9.9	E-8.3	E-9.6	SE-8.1	SE-7.9	SE-9.1
157310	52	13:00	2007	E-8.9	SE-8.1	SE-8.6	SE-7.7	SE-8.0	E-9.5	SE-8.9	SE-8.3	SE-8.0	SE-9.7	SE-8.5	SE-8.5
157310	52	13:00	2008	SE-9.5	SE-9.9	SE-8.6	SE-9.5	SE-9.2	SE-8.0	SE-7.0	E-7.5	SE-8.9	SE-9.3	SE-7.2	SE-7.5
157310	52	13:00	2009	SE-7.9	SE-8.6	SE-9.1	SE-9.8	SE-7.6	SE-9.3	SE-8.5	E-8.8	SE-8.7	SE-8.5	SE-9.1	SE-9.3
157310	52	13:00	2010	SE-8.9	SE-7.6	SE-9.7	SE-7.8	SE-9.2	SE-9.5	SE-7.3	SE-9.1	SE-9.7	SE-7.1	SE-9.2	SE-9.7

157310	52	13:00	2011	SE-8.1	SE-8.3	SE-10.4	SE-9.1	SE-7.3	SE-9.6	SE-8.2	SE-7.1	SE-9.4	SE-8.1	SE-9.5	SE-7.3
157310	52	13:00	2012	SE-9.6	SE-8.5	SE-7.4	SE-7.3	SE-9.2	SE-8.3	SE-8.1	SE-9.5	SE-7.5	SE-9.9	SE-9.3	SE-9.4
157310	52	13:00	2013	SE-9.2	SE-9.9	SE-7.5	SE-8.2	SE-9.0	SE-7.2	SE-9.1	SE-8.1	SE-9.4	SE-7.5	SE-8.4	SE-9.5
157310	52	13:00	2014								SE-8.2				
157310	52	13:00	2015	SE-8.3	SE-8.6	SE-3.3	SE-9.3	SE-8.9	SE-10.5	SE-8.7	SE-7.8	SE-9.5	SE-7.2	SE-9.7	SE-9.5
157310	52	13:00	2017	SE-9.1	SE-9.5	SE-3.7	SE-9.7	SE-9.2							
157310	52	19:00	2006		E-7.3	SE-7.3	SE-7.7	SE-8.5	E-9.6	E-9.2	E-7.7	E-9.3	E-8.8	SE-8.2	E-8.8
157310	52	19:00	2007	E-9.3	E-8.0	SE-9.6	SE-8.4	E-9.1	E-9.9	SE-8.8	C-0	E-8.1	C-0	SE-9.6	SE-9.4
157310	52	19:00	2008	E-8.0	SE-8.5	SE-8.9	SE-9.6	C-0	C-0	C-0	C-0	E-8.6	C-0	SE-7.7	SE-7.7
157310	52	19:00	2009	S-8.7	SE-8.6	W-8.0	SE-8.1	C-0	C-0	SE-8.6	C-0	NW-0.7	C-0	C-0	SE-9.5
157310	52	19:00	2010	S-9.9	SE-9.9	SE-9.7	C-9.0	S-9.8	S-8.9	S-7.7	C-0	C-0	C-0	S-8.8	C-0
157310	52	19:00	2011	SE-7.8	SE-9.7	SE-8.8	SE-9.7	SE-7.1	SE-7.5	SE-8.9	SE-9.5	S-7.7	S-5	SE-7.8	SE-8.6
157310	52	19:00	2012	SE-8.4	SE-8.3	SE-8.3	SE-8.8	SE-8.6	C-0	SE-9.8	SE-7.7	SE-8.2	SE-8.0	C-0	SE-9.0
157310	52	19:00	2013	S-8.8	SE-9.3	SE-9.5	SE-7.9	SE-9.2	SE-9.3	SE-8.6	SE-8.6	SE-8.9	SE-9.6	C-0	SE-9.0
157310	52	19:00	2014								SE-9.8				
157310	52	19:00	2015	SE-8.1	SE-9.0	SE-10.0	C-0	C-0	C-0	SE-8.5	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0
157310	52	19:00	2017	SE-7.6	C-8.0	SE-7.9	C-0	C-0							

Fuente: SENAMHI 2017, Datos Sensor ubicado en Andagua.

COMPONENTES DEL SISTEMA HIBRIDO

1.- Panel Solar





SYP240S~SYP260P

POLYCRYSTALLINE MODULE 60x6"

Characteristics & Performance

- Use of only certified materials at highest quality standards.
- The process of cell and module production is fully automated with 100% quality control and product traceability.
- Heavy load mechanical resistance: TÜV certified (5400Pa tested against snow and 2400Pa test against wind)
- Excellent performances even during low solar radiation
- Guaranteed positive tolerance 0 to +3% of power for each module

Certifications for Incentives

- **Quality, Environment, Health & Safety**
ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001:2007
Full Member PV Cycle Association AISBL
- **Product Certifications**
Quality and Robustness: IEC61215:2005
Safety: IEC61730 -1/-2, MCS, CEC, UL
Resistance to salt corrosion (salt fog): IEC61701:2000
Resistance to ammonia fumes: Ammonia Resistance Test

25 Year Linear Power Guarantee

- **Commercial**
12 years on material and manufacturing defects
- **Performance**
Power not less than 90% of power peak during the first 12 years
Power not less than 82% of power peak during the subsequent 13 years.









CHUBB INSURANCE




RISEN ENERGY CO., LTD.
Tashan Industry Zone, Meilin, Ninghai
315609, Ningbo | China
T +86 574 59953215
F +86 574 65173959
info@risenenergy.com
www.risenenergy.com

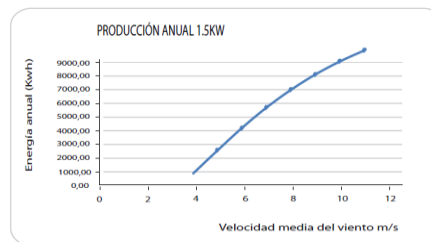
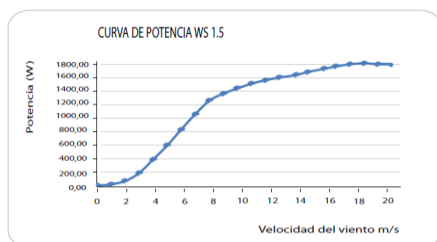
Fuente: Risen Solar Technology

2.- Aerogenerador

WINDSPOT®

1.5 Kw

Ficha técnica



Fuente: Windspot, Aerogenerador 1.5 kw.

WINDSPOT[®]

1.5 Kw

Características técnicas

POTENCIA	1.5 Kw @ 250 rpm
DIÁMETRO DEL ROTOR	3.3 m
VELOCIDAD DE ARRANQUE	3 m/s
VELOCIDAD NOMINAL	12 m/s
PESO	155 kg
LONGITUD	2.9 m
PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA	2383-4850 Kwh
EMISIONES DE CO ₂ AHORRADAS/AÑO	1550-3150 kg
TIPO	Rotor horizontal a barlovento
GENERADOR	Síncrono de imanes permanentes; 3 fases, 24-48-110-220 V a 50/60 Hz
ORIENTACIÓN	Sistema pasivo: Timón de orientación
CONTROL DE POTENCIA	Sistema de Paso Variable pasivo, centrífugo y amortiguado (diseño patentado)
TRANSMISIÓN	Directa
FRENO	Eléctrico
CONTROLADOR	Opción de conexión a red y para carga de baterías
INVERSOR	Eficiencia ≈ 95% ; Algoritmo MPPT
RUIDO	37 dB(A) a 60 m de distancia y viento de 8 m/s (según estándares BWEA)
PROTECCIÓN ANTI-CORROSIÓN	Diseño totalmente sellado + catáforesis + anodizado + pintura resistente a UV
TORRE	12, 14 y 18 m; con sistema hidráulico o mecánico de abatimiento
DISEÑO	Según norma IEC61400-2

Fuente: Windspot, Aerogenerador 1.5 kw.

3.- Regulador de Carga



Controladores de carga SmartSolar 250V y 99% de eficiencia
MPPT 250/85 & MPPT 250/100

www.victronenergy.com

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

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
 En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga. Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo. El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión
 Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible
 Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica
 Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
 Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
 Protección de corriente inversa FV.

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

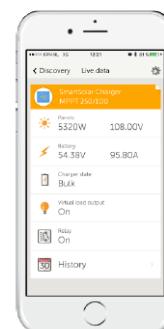
Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila
 La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

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

On/Off remoto
 Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable
 Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente) para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable
 Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.



Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36V)	
Corriente de carga nominal	85A	100A
Potencia FV máxima, 12 V 1a.b)	1200W	1450W
Potencia FV máxima 24 V 1a.b)	2400W	2900W



Fuente: Regulador de Carga, Victron Energy.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36V)	
Corriente de carga nominal	85A	100A
Potencia FV máxima, 12 V 1a,b)	1200W	1450W
Potencia FV máxima, 24 V 1a,b)	2400W	2900W
Potencia FV máxima, 48 V 1a,b)	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías 245V en arranque y funcionando al máximo	
Eficacia máxima	99%	
Autoconsumo	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V	
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)	
Algoritmo de carga	adaptativo multifase	
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C	
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión	
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)	
Humedad	95%, sin condensación	
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth	
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)	
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A	Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)	
CARCASA		
Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales FV 3)	35mm ² / AWG2 (Modelos Tr)	Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)
Bornes de batería	35mm ² / AWG2	
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	4,5kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
NORMATIVAS		
Seguridad	EN/IEC 62109	
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado. 1b) La tensión FV debe exceder en 5 V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V. 2) Un conjunto FV con una corriente de corto circuito superior puede dañar el controlador. 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares. Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)		

Fuente: Regulador de Carga, Victron Energy.

4.- Batería



OPzV2-1500 (2V1500Ah)

Ritar OPzV series is a 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 patent formula of active material. OPzV series exceeds DIN standard values with more than 20 years floating design life at 25°C and is even more suitable for cyclic use under extreme operating conditions.



Specification

Voltage Per Unit	2V(single cell)
Capacity	1500Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 110.0 Kg
Max. Discharge Current	4500 A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 0.23 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -40°C~70°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Optimal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Float charging Voltage	2.25 to 2.3 VDC/unit Average at 25°C
Maximum Charging Current	300 A
Cycle Service	2.37 to 2.40 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	Self-discharge ratio less than 2% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Thread insert & Bolt (F10-M8)
Container Material	A.B.S. (UL94-HB), and UL94-V0 is optional



MH28539



G4M20206-0910-E-16





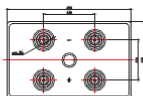
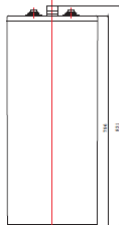
ISO9001:2000 Certificate

Fuente: Ritar, Model. DPZ V2 – 1500.

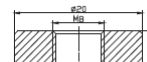
Dimensions

Unit: mm

Dimension: 275(L) × 210(W) × 831(H)



Terminal F10



Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F.V/ Time	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.90	738.0	585.0	412.5	312.8	256.5	221.6	199.5	155.7	133.5	70.09
1.87	825.0	645.0	442.5	331.7	270.8	233.2	211.5	163.0	139.5	73.24
1.83	945.0	720.0	480.0	353.6	285.0	243.2	219.0	170.2	145.5	76.39
1.80	1050	780.0	498.0	363.8	290.7	249.0	225.0	174.6	150.0	78.75
1.75	1170	835.5	520.5	378.3	295.5	255.0	229.5	177.5	153.0	80.33
1.70	1290	862.5	535.5	385.6	300.7	258.0	232.5	179.0	154.5	81.11
1.65	1331	916.5	553.5	396.0	305.0	261.0	235.5	180.4	156.0	81.90
1.60	1388	948.0	574.5	412.5	313.5	265.5	238.5	181.9	157.5	82.69

Constant Power Discharge Characteristics : W(25°C)

F.V/ Time	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.90	1413	1123	797.5	606.0	502.0	436.5	394.5	311.4	272.1	142.8
1.87	1554	1220	845.7	634.7	529.1	457.5	417.0	324.5	283.7	149.0
1.83	1741	1330	900.0	667.8	554.8	475.5	430.5	336.1	293.9	154.3
1.80	1902	1419	930.1	682.9	565.3	486.0	441.0	343.4	301.2	158.1
1.75	2064	1482	960.3	704.0	572.9	498.0	448.5	347.7	305.6	160.4
1.70	2213	1497	984.4	716.1	581.9	502.5	453.0	350.7	308.5	161.9
1.65	2251	1563	1012	731.1	589.4	507.0	457.5	353.6	309.9	162.7
1.60	2278	1612	1036	755.3	604.5	511.5	460.5	355.0	311.4	163.5

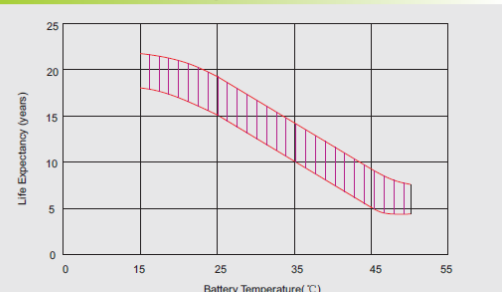
Fuente: Ritar, Model. DPZ V2 – 1500.

OPzV2-1500

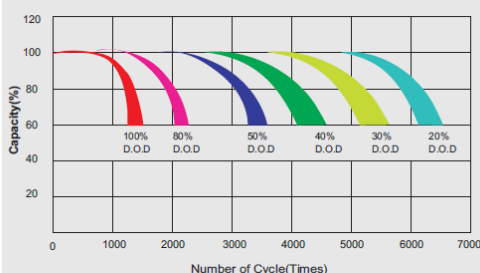
2V1500Ah



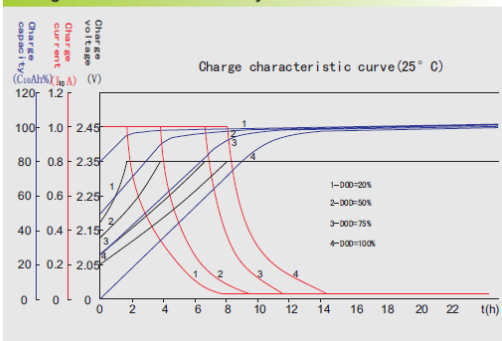
Effect of temperature on long term float life



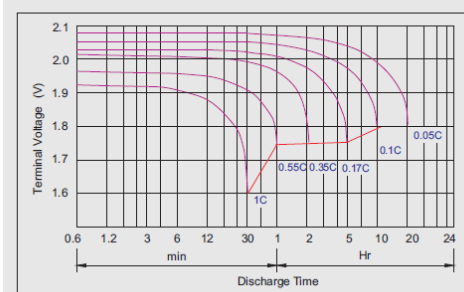
Life characteristics of cyclic use



Charge characteristic Curve for cyclic use



Discharge characteristic Curve



Long time discharge capacity for solar/wind application

Capacity	C24 (Ah)	C48 (Ah)	C72 (Ah)	C100 (Ah)	C120 (Ah)	C240 (Ah)
Model	F.V=1.85VPC					
OPzV2-1500	1639	1830	1845	1870	1908	1941

Capacity factors vs temperature (OPzV series)

Temperature	-30°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C	50°C
Capacity	60%	75%	83%	89%	92%	99%	100%	103%	105%	107%	109%

Discharge Current VS. Final Voltage

Discharge current	Final voltage (V)
$I_{dis} \leq 0.1I_{10}$	1.90
$0.1I_{10} < I_{dis} \leq I_{10}$	1.85
$I_{10} < I_{dis} \leq 4I_{10}$	1.80
$4I_{10} < I_{dis} \leq 6I_{10}$	1.75
$6I_{10} < I_{dis} \leq 10I_{10}$	1.70
$I_{dis} > 15I_{10}$	1.60

Charge the batteries at least once every one year, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+2.35~2.40V/24h, Max. Current 0.2CA
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1CAx12h

Maintenance & Cautions

Float Service:
※ Every month, recommend inspection every battery voltage.
※ Every three months, recommend equalization charge for one time.
Equalization charge method:
Discharge: 40~50% rate capacity discharge.
Charge: Max. current 0.2CA, constant voltage 2.35~2.40V/Cell charge 24h.
※ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/°C/Cell.
※ Service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging method.

Fuente: Ritar, Model. DPZ V2 – 1500.

5.- Inversor DC/AC



Inversor/cargador Quattro

3kVA - 15kVA compatible con baterías de Litio-Ion www.victronenergy.com



Quattro
48/5000/70-100/100



Quattro
24/15000/200-100/100

Dos entradas CA con conmutador de transferencia integrado
El Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, por ejemplo a la toma de puerto o a un generador, o a dos generadores. Se conectará automáticamente a la fuente de alimentación activa.

Dos salidas CA
La salida principal dispone de la funcionalidad "no-break" (sin interrupción). El Quattro se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la toma de puerto/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.
La segunda salida sólo está activa cuando una de las entradas del Quattro tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo
Hasta 6 unidades Quattro pueden funcionar en paralelo. Seis unidades 48/10000/140, por ejemplo, darán una potencia de salida de 54 kW / 60 kVA y una capacidad de carga de 840 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico
Se pueden configurar tres unidades para salida trifásica. Pero eso no es todo: hasta 6 grupos de tres unidades pueden conectarse en paralelo para lograr una potencia del inversor de 162 kW/180 kVA y más de 2500 A de capacidad de carga.

PowerControl - En caso de potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red
El Quattro es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la toma de puerto (hasta 16 A por cada Quattro de 5 kVA a 230 VCA). Se puede establecer un límite de corriente para cada una de las entradas CA. Entonces, el Quattro tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga de baterías, evitando así sobrecargar el generador o la red eléctrica.

PowerAssist - Refuerzo de la potencia del generador o de la toma de puerto
Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión, permitiendo que Quattro complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el Quattro compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón
El Quattro puede utilizarse en sistemas FV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos.
Hay disponible software de detección de falta de suministro.

Configuración del sistema

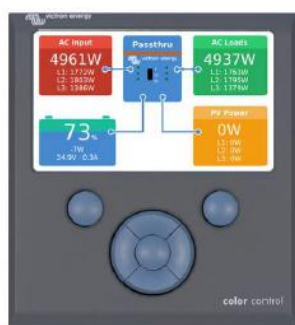
- En el caso de una aplicación autónoma, si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP.
- Las aplicaciones en paralelo o trifásicas pueden configurarse con el software VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator.
- Las aplicaciones no conectadas a la red, que interactúan con la red y de autoconsumo que impliquen inversores conectados a la red y/o cargadores solares MPPT pueden configurarse con Asistentes (software específico para aplicaciones concretas).

Seguimiento y control in situ
Hay varias opciones disponibles: Monitor de baterías, panel Multi Control, panel Ve.Net Blue Power, panel Color Control smartphone o tableta (Bluetooth Smart), portátil u ordenador (USB o RS232).

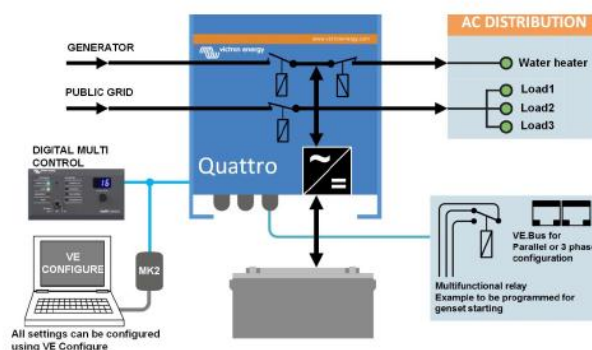
Seguimiento y control a distancia
Victron Ethernet Remote, Victron Global Remote y panel Color Control.
Los datos se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).

Configuración a distancia
Se puede acceder a los datos y cambiar los ajustes de los sistemas con un panel Color Control si está conectado a Ethernet.

Fuente: Inversor DC/AC, Victron Energy.



Panel Color Control con una aplicación FV



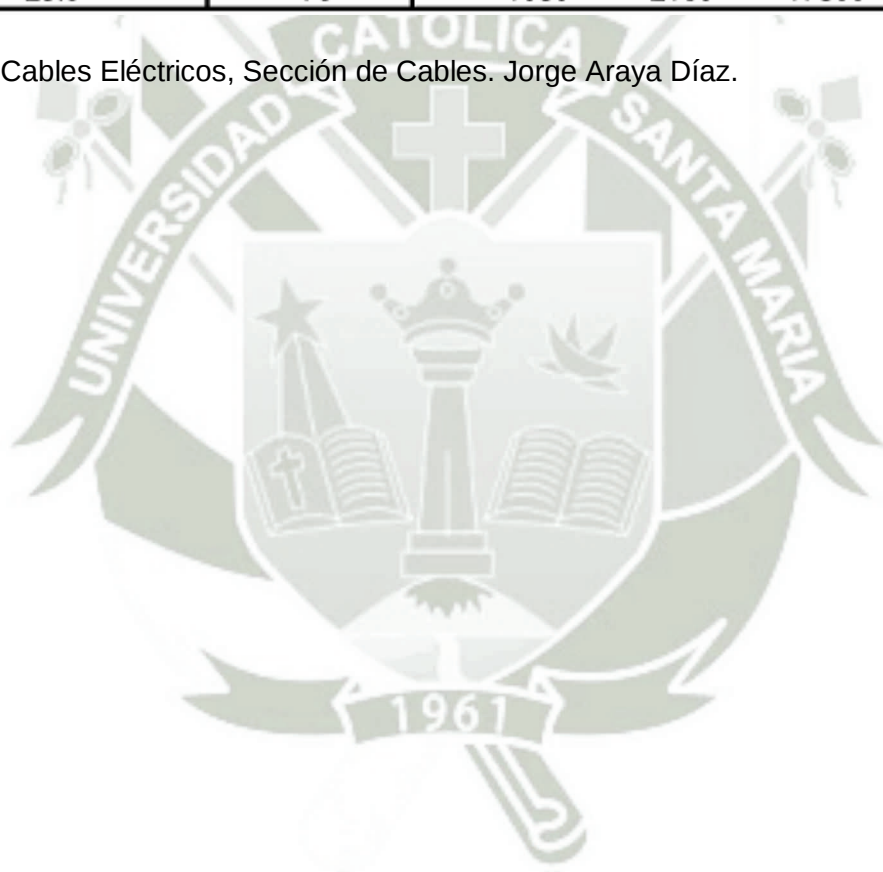
Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	SI				
Conmutador de transferencia integrado	SI				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65° C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	45 / 50	55	80
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	30 / 30	35	50
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	10 / 20	20	30
CARGADOR					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de 'flotación' (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	SI				
GENERAL					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	SI				
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm ² (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	45	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
NORMATIVAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emisiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antiisla	Visite nuestra página web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V 60 Hz si se solicita		3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1			
2) Claves de protección:		4) A 25 ° C de temperatura ambiente			
a) cortocircuito de salida		5) Se desconecta sin hay fuente CA externa disponible			
b) sobrecarga		6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como			
c) tensión de la batería demasiado alta		función de alarma general, subtensión CC o arranque del generador			
d) tensión de la batería demasiado baja		Capacidad nominal CA 230 V/4 A			
e) temperatura demasiado alta		Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC			
f) 230 VCA en la salida del inversor					
g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta					

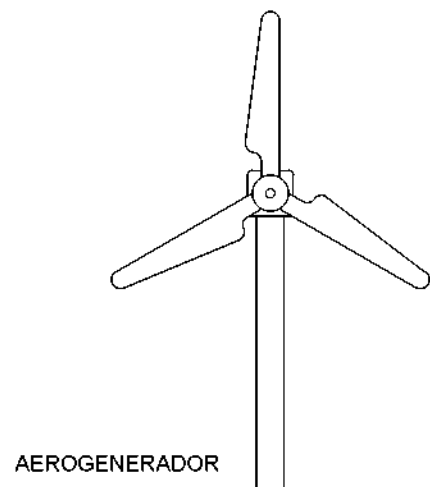
Fuente: Inversor DC/AC, Victron Energy.

6.- Cables eléctricos

Tamaño del cable, corte de área seccional mm ²	Corriente Máxima [A]	Potencia generada [W]		
		12 V	24 V	220 V
1.0	10	20	240	2200
1.5	15	80	360	3300
2.5	20	240	480	4400
4.0	30	360	720	6600
6.0	35	420	840	7700
10.0	50	600	1200	11000
16.0	70	840	1680	15400
25.0	90	1080	2160	19800

Fuente: Cables Eléctricos, Sección de Cables. Jorge Araya Díaz.





1.5 KW

AEROGENERADOR

BANCO DE BATERIAS 24 UNID.

CENTRO DE CONTROL.

CARGA VIVIENDAS

CARGA ESPECIAL

Inversor
48 Vcc/220 Vac

Controlador de Carga 100 A.

PATIO DE PANELES SOLARES 29 UNID. 240 W

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACION EOLIO-SOLAR PARA APLICACION EN ELECTRIFICACION RURAL EN EL DISTRITO DE AGUAYAL			
PRESENTADO POR: RICHARD FELIX ARCE TORRES			
TITULO: RECONSTRUCCION DE DISTRIBUCION DE SISTEMA DE GENERACION EOLIO-SOLAR			
FECHA: DICIEMBRE 2017	ENC. DE DISEÑO:	UBICACION: PERU, DEPARTAMENTO DE PIURA, PROVINCIA DE TACNA, DISTRITO DE AGUAYAL	
UNIVERSIDAD: CATEDRA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD		AUTOR: RICHARD FELIX ARCE TORRES	
		CE-1	