

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica



TESIS

**TITULO: "GENERACIÓN AUTÓNOMA DE ENERGÍAS RENOVABLES
INTEGRADAS EN ZONAS RURALES DEL PERÚ"**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA**

AUTOR(es):

- ✓ **FLORES SALAZAR, Edgar Fernando**
- ✓ **GUTIERREZ VELIZ, Hervi Edgard**
- ✓ **GUEVARA CABADA, Richard**

Callao, Enero, 2016
PERÚ

Two handwritten signatures are present at the bottom of the page. The one on the left is a stylized signature, and the one on the right is a more legible signature, possibly reading "Edgar Flores Salazar".

**“GENERACIÓN AUTÓNOMA DE ENERGÍAS RENOVABLES
INTEGRADAS EN ZONAS RURALES DEL PERÚ”**

INDICE

| | Pág. |
|---|-----------|
| I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 7 |
| 1.1. Identificación del problema. | 7 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 7 |
| 1.3. Objetivos de la investigación. | 8 |
| 1.4. Justificación de la investigación. | 9 |
| II. FUNDAMENTO TEÓRICO..... | 11 |
| 2.1. Antecedentes del estudio | 11 |
| 2.2. Marco teórico..... | 12 |
| 2.3. Definiciones de términos básicos | 82 |
| III. VARIABLES E HIPOTESIS | 86 |
| 3.1. Variables de la Investigación..... | 86 |
| 3.2. Operacionalización de Variables | 86 |
| 3.3. Hipótesis general | 86 |
| IV. METODOLOGIA..... | 87 |
| 4.1. Tipo de Investigación. | 87 |
| 4.2. Diseño de la Investigación..... | 87 |
| 4.3. Población y Muestra..... | 88 |
| 4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 89 |
| 4.5. Procedimiento de recolección de datos. | 89 |
| 4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos..... | 89 |
| V. CONCLUSIONES | 90 |
| VI. RECOMENDACIONES | 93 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. | 94 |
| MATRIZ DE CONSISTENCIA | 96 |

INTRODUCCION.

La dispersión de la población en pequeñas localidades sigue constituyendo un desafío de primer nivel para el desarrollo nacional. Este fenómeno se relaciona estrechamente con el estancamiento productivo, la pobreza extrema, la marginación y el rezago social, según el Ministerio de Energía y Minas.

Los coeficientes de electrificación de acuerdo con los resultados del censo del año 1993 fueron: Nacional 54.9%, Urbano 77% y Rural 7.7%.

De acuerdo con los resultados del censo del año 2007 se tienen los siguientes valores: Nacional 74.1%, Urbano 89.1% y Rural 29.5%.

Al finalizar el año 2012, se han estimado las siguientes coberturas:

Nacional 87,2% y Rural 63%.

Según el plan Nacional de Electrificación Rural periodo 2015-2024 del Ministerio de Energía y Minas al finalizar el año 2014 se obtuvo los siguientes valores: Nacional 92%, Rural 75.2%.

El proyecto "Energía, Desarrollo y Vida" estableció, además, que casi 500.000 familias rurales deben usar pilas, velas y mecheros para alumbrarse y gastan más de 40 soles mensuales (unos 15 dólares) por servicios de energía de baja calidad.

Eso quiere decir que gran porcentaje de la población rural para satisfacer sus necesidades básicas de energía está utilizando el fuego abierto para cocinar, y para iluminarse velas o mecheros, que emiten humos contaminantes y obviamente hacen que haya una mayor cantidad de enfermedades respiratorias agudas.

Las políticas aplicadas a la población actualmente en el Perú deberían reconocer la necesidad de búsqueda de alternativas que introduzcan unas formas más eficientes de generación eléctrica a escala pequeña por energías renovables tales como energía solar y energía eólica en las áreas de Amazonas y Andes donde la ampliación de red requeriría montos enormes de fondos y tiempo. En el desarrollo de esta estrategia, es necesario realizar estudios sobre los aspectos demográficos, económicos y sociales de la población rural con la finalidad de dimensionar los retos que plantea la dispersión y fragmentación de la población en el territorio. En este contexto de proveer de servicios de energía modernas en las áreas rurales, con acceso a la información y el uso productivo de la energía, utilizando la aplicación de energía derivada, principalmente de recursos renovables para crear bienes y/o servicios ya sea directa o indirectamente para la producción de ingresos y valores.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema.

La compleja y muy diversa realidad de las localidades aisladas hace que no cuenten con servicio público de electricidad en el Perú, actualmente menos de la quinta parte de la población total carece de servicio eléctrico, la falta de suministro de electricidad, en los pueblos del interior del país, afecta el desarrollo económico-social y no permite mitigar la pobreza, la cual alcanza matices de todos los espectros inimaginables, por lo que no puede haber solución única a esta diversidad. No es suficiente instrumentos legales genéricos, se requieren de decisiones y mucha imaginación para plantear un abanico de posibles alternativas de solución a la problemática secular de muchas localidades aisladas para mejorar su calidad de vida y disminuir el índice de migración del campo a la ciudad.

1.2. Formulación del problema.

1.2.1 Problema general:

La carencia de electrificación en diversas zonas rurales, afecta las perspectivas tecnológicas, sociales, organizativas y productivas, impidiendo el desarrollo socio-económico y aumentando la dispersión poblacional.

Analizar los valores de radiación solar y velocidad del viento de zonas rurales del Perú.

1.3.4 Objetivo Específico:

Identificar las características técnicas de los equipos del sistema de generación autónoma de energías renovables integradas.

1.4. Justificación de la investigación.

La ejecución del presente trabajo de investigación, se justifica por su:

1.4.1 Organizacional o práctica.

Los resultados de la investigación serán de gran utilidad para la electrificación de zonas rurales del Perú.

1.4.2 Economía y Socio-Política.

El presente proyecto aportará al desarrollo social y económico, mediante modelos de sistemas autónomos con el uso de las energías renovables que serán aprovechados para las áreas de salud, educación y desarrollo económico, así poder integrarlos a la sociedad, mejorando su calidad de vida, cuidando el medio ambiente y evitando su migración.

1.4.3 Metodología.

Los métodos, las técnicas, estrategias y los instrumentos de medición son muy importantes durante el proceso de investigación que deberán ser de la siguiente manera recopilación de la información primaria y secundaria, inspecciones y toma de datos, recopilación de los datos de los instrumentos y preparación de los expedientes técnicos que indiquen los lineamientos a tomar para el desarrollo del proyecto de investigación.

1.4.4 Magnitud.

En la extensión geográfica en zonas aisladas en donde se desarrollara el plan de estudio se tomará como referencia la base de datos de los mapas eólicos y fotovoltaicos en el Perú, las cuales serán información primaria para el presente trabajo de investigación, los elementos son susceptibles de ser medidos en una menor magnitud.

1.4.5 Intelectualidad.

Para nosotros es importante desarrollar esta investigación, podremos aplicar todo nuestros conocimientos obtenidos en la universidad para poder hacer un aporte técnico que nos ayudara sobre todo a formarnos como profesionales.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

El interés en el uso técnico de las energías renovables, especialmente de la energía solar, comenzó en el Perú, como en muchos otros países, en los años setenta del siglo pasado, como consecuencia de la llamada crisis de petróleo. Se trabajó en diferentes instituciones del país (mayormente en universidades) en capacitación y desarrollo tecnológico, especialmente en bombeo de agua con molinos de viento, calentadores solares de agua y secadores solares de productos agrícolas. Estas experiencias fueron puntualmente exitosas, por ejemplo la tecnología de los calentadores solares de agua, hoy bien asentada en Arequipa, fue originalmente desarrollada por el ex -ITINTEC, y, los secadores solares artesanales de maíz usados hoy en el Valle Sagrada del Urubamba fueron desarrollados y diseminados por un proyecto de la Universidad Nacional de Ingeniería con la cooperación alemana.

Así como la energía solar, La energía eólica es una de las fuentes de energía con mayor crecimiento de implantación en el mundo. Su reemergencia a finales del siglo XX para la generación de energía eléctrica limpia, la ha conducido rápidamente a ser una fracción importante de la generación eléctrica en

muchos países. Para que este hecho llegara a producirse, han tenido que aunarse varios factores, entre los que se pueden calificar cinco como los decisivos. Primero, la necesidad, ligada al progresivo agotamiento de los combustibles fósiles. Segundo, el potencial, existente en varias partes del Globo, del suficiente recurso eólico. Tercero, la capacidad tecnológica, para desarrollar aerogeneradores cada día más eficientes. Cuarto, la visión de los pioneros en este campo, quienes en la segunda mitad del siglo pasado dirigieron el desarrollo tecnológico para conducirnos a la situación actual. Y por último, la voluntad política para facilitar la implantación de la energía eólica, tanto en lo que se refiere a la tramitación administrativa como a la retribución para el productor.

2.2. Marco teórico

La necesidad de un suministro eléctrico, para satisfacer la demanda de la sociedad actual, en emplazamientos alejados de la red de distribución eléctrica, ha fomentado el desarrollo de proyectos de generación aislada de energía eléctrica. Entre estos se encuentra el presente proyecto "GENERACION AUTONOMA DE ENERGIAS RENOVABLES INTEGRADAS EN ZONAS RURALES DEL PERU" que integra las dos fuentes de generación eléctrica renovable denominadas solar fotovoltaica y eólica. En nuestro proyecto se utiliza un sistema que combina la energía solar fotovoltaica junto con energía

eólica. Estas fuentes de energía nos permiten la generación de energía a coste cero y sin polución, excluyendo los costes de adquisición. Debido a la redundancia de fuentes energéticas (solar y eólica) se reduce la probabilidad de pérdida de energía y el nivel de carga de la batería. El sistema híbrido formado por fuentes de energía renovables viene a sustituir los sistemas individuales. Este cambio permite reducir drásticamente el nivel de polución por kilovatio generado.

Las energías renovables

Las energías renovables son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua.

La energía solar ha sido y continúa siendo la fuente original y primaria de energía. Mediante el calentamiento solar se generan el ciclo del agua y las corrientes de aire que permiten explotar las energías hidráulica y eólica; la energía solar es atrapada por las plantas mediante la fotosíntesis y de ahí es transferida a los demás seres vivos y puede ser aprovechada en forma de bioenergía; incluso el petróleo, el carbón y el gas natural son energía solar que se almacenó en tejidos vivientes y que no tuvo oportunidad para

descomponerse sino más bien se almacenó, comprimió, calentó y se convirtió en combustibles fósiles a lo largo de los últimos 500 millones de años.

Durante más o menos 100 años, la humanidad ha estado recurriendo a la energía del "sol del ayer" almacenada en los combustibles fósiles, cuando en el pasado fuimos dependientes del "sol de hoy". El mundo debe salir de este breve instante de combustibles fósiles en la historia humana y encaminarse hacia una renovada dependencia del "sol actual" aprovechando las fuentes renovables de energía.

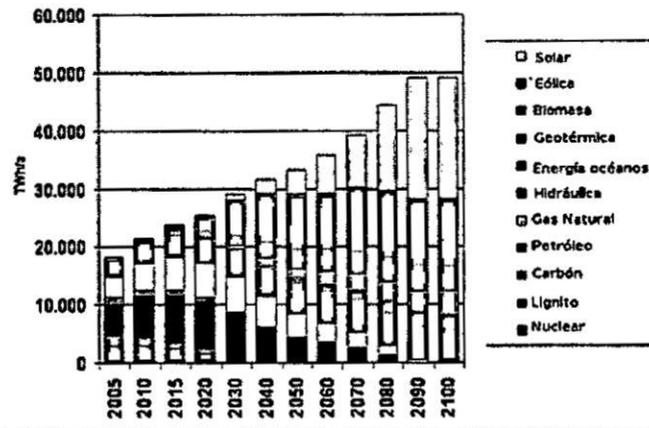
Este cambio se ido dando a nivel mundial, durante las últimas décadas, iniciando un proceso de transición hacia una mayor participación de las energías renovables, y ha sido impulsado por una serie de factores, entre los cuales se encuentran: Las preocupaciones de soberanía y de seguridad en el abasto de energía en países importadores de energía, sobre todo a partir de las crisis petroleras, y la cada vez mayor volatilidad de los precios de los combustibles; Las preocupaciones por los impactos ambientales de los sistemas energéticos: en particular la lluvia ácida y, más recientemente, el cambio climático.

La experiencia observada en el desarrollo reciente de las civilizaciones y las sociedades e industrias humanas muestra que al mundo le ha tomado

alrededor de 60 años transitar desde una dependencia primaria de un recurso energético a uno nuevo, o a un nuevo conjunto de recursos energéticos. Tomó unos 60 años transitar, desde nuestro estado de dependencia de la madera como leña hacia el carbón y tomó quizás otros 60 años el tránsito completo de la dependencia del carbón a una dependencia marcada sobre el petróleo y el gas natural.

Ya desde el año 2000, los recursos energéticos renovables han emergido con la suficiente madurez tecnológica y comercial como para comenzar a afectar la producción global de energía primaria, sin embargo, su impacto aún es modesto en términos del porcentaje total. Si esta emergencia muestra en verdad la punta de la nueva gran transición energética, entonces nuestra propia historia sugiere que, hacia el año 2030, deberemos estar profundamente ubicados dentro del surgimiento de la siguiente era de los recursos energéticos.

generación de electricidad en el escenario de evolución Energética hasta 2100



Los beneficios de las energías renovables

En el ámbito internacional, se reconoce la actividad humana ha incrementado las concentraciones atmosféricas de los llamados gases de efecto invernadero.

Se dice que esto ha perturbado el balance de la radiación solar en el planeta, provocando un cambio climático global que amenaza la evolución natural del medio ambiente.

La contaminación del aire también es motivo de gran preocupación. En algunas zonas, los contaminantes atmosféricos han alcanzado niveles que pueden perturbar el equilibrio de los ecosistemas y afectar la calidad de vida. Las partículas suspendidas y la lluvia ácida, por ejemplo, afectan la salud humana y dañan las edificaciones.

Los procesos convencionales para generar electricidad que se basan en la quema de combustibles fósiles (principalmente carbón y combustóleo), emiten cantidades importantes de gases de efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos. Actualmente el 80% de la energía primaria producida y consumida en el mundo proviene de estos combustibles y en México, en 2006, el 92% de la energía primaria provino de la quema de hidrocarburos. Se dice que estos procesos son fuentes principales de emisión de bióxido de carbono. Por ello, varios países ven las energías renovables como un medio para diversificar la generación de energía eléctrica que puede contribuir a mitigar el cambio climático global.

Marco legal de las energías renovables en el Perú

Ley N° 28749, "Ley General de Electrificación Rural" de fecha 01 de Junio de 2006, y su Reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 025-2007-EM de fecha 03 de Mayo de 2007. Dicha ley tiene como objetivo establecer el marco normativo para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera.

Ley de Concesiones Eléctricas

Ley marco que norma las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, creada mediante Decreto Ley N° 25844, cuya aplicación se circunscribe al ámbito de las áreas de concesión de las empresas concesionarias. Sin embargo, existe un vacío en esta Ley en la medida que no legisla el desarrollo de la electrificación rural en zonas ubicadas fuera del ámbito de las concesionarias.

Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos

A través de este dispositivo legal se norma la calidad de la prestación del servicio eléctrico, fijando estándares mínimos sobre la calidad del producto, calidad del suministro, calidad del servicio comercial y la calidad del alumbrado público. Esta norma sólo es aplicable a los sistemas eléctricos que administran las empresas concesionarias de electricidad y a los clientes que operan bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas, no existiendo una norma específica sobre la operación de los sistemas eléctricos ejecutados fuera del ámbito de estas concesionarias. La Ley de Electrificación Rural y de Zonas Aisladas y de Frontera establece que la electrificación rural deberá contar con normas específicas de diseño y construcción adecuadas a las zonas rurales, así como normas técnicas de calidad de los servicios eléctricos rurales.

Código Nacional de Electricidad.

El Código Nacional de Electricidad (CNE), da las pautas y exigencias que deben tomarse en cuenta durante el diseño, instalación, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas, de telecomunicaciones y equipos asociados, salvaguardando los derechos y la seguridad de las personas y de la propiedad pública y privada. Sin embargo, el CNE tiene vacíos en lo que respecta al diseño de los sistemas eléctricos para las zonas rurales y aisladas, fuera de las áreas de concesión de las empresas distribuidoras, por lo que la DEP/MEM ha desarrollado normas técnicas de diseño y ejecución de estas obras, rescatando lo aplicable del CNE y de las Normas Internacionales como la IEEE, ANSI, IEC y otras, que garantizan el cumplimiento, en gran medida, de un buen diseño y por ende de la calidad de los servicios eléctricos.

PLAN NACIONAL DE ELECTRIFICACION RURAL (PNER).

El Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) constituye una herramienta de planeamiento fundamental de gestión que debe servir como insumo básico para el logro de los objetivos de la política de electrificación rural de la nación.

El PNER consolida los Planes de Desarrollo Regional y Local concertados, los

programas de expansión de las empresas concesionarias de distribución eléctrica, las iniciativas privadas y los programas o proyectos a desarrollarse por el Gobierno Nacional; por lo tanto no es sólo un listado de proyectos sino que contiene una priorización, valuación y organicidad que responde a criterios técnicos de evaluación de proyectos sociales, y de políticas nacionales, regionales y locales.

Fuente: plan nacional de electrificación rural (PNER) Periodo 2015 – 2024

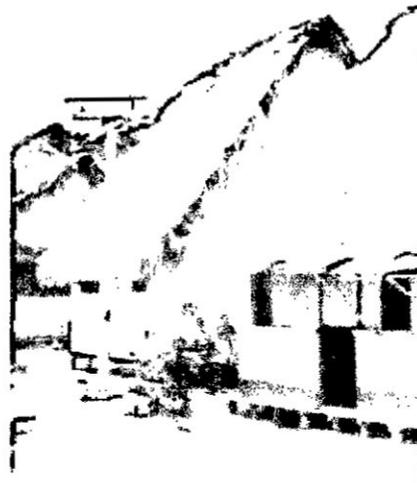
2.2.1 Energía Solar

Actualmente se viene utilizando energías renovables no convencionales como la energía solar, a través de los paneles solares como una alternativa de suministro de energía a localidades rurales y/o comunidades nativas muy aisladas, con bajos consumos de energía, donde no es posible llegar con los sistemas convencionales, para atender las necesidades básicas de energía eléctrica de estas localidades, priorizando las zonas de frontera y la Amazonía.

La Energía Solar Fotovoltaica está basada en el efecto fotoeléctrico, que se produce al incidir la radiación solar sobre unos materiales semiconductores generando un flujo de electrones en el interior del

material (paneles solares) obteniéndose una tensión, que mediante la colocación de contactos metálicos puede "extraerse" la energía eléctrica. Estos sistemas se caracterizan por un grado de autonomía respecto al clima, lugar geográfico y otras condiciones que pocas fuentes energéticas pueden alcanzar. Son ideales para lugares remotos y alejados de las fuentes generadoras de energía eléctrica, por su versatilidad, pueden ser utilizados en prácticamente cualquier equipo que funcione con electricidad.

Según informes de Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030.

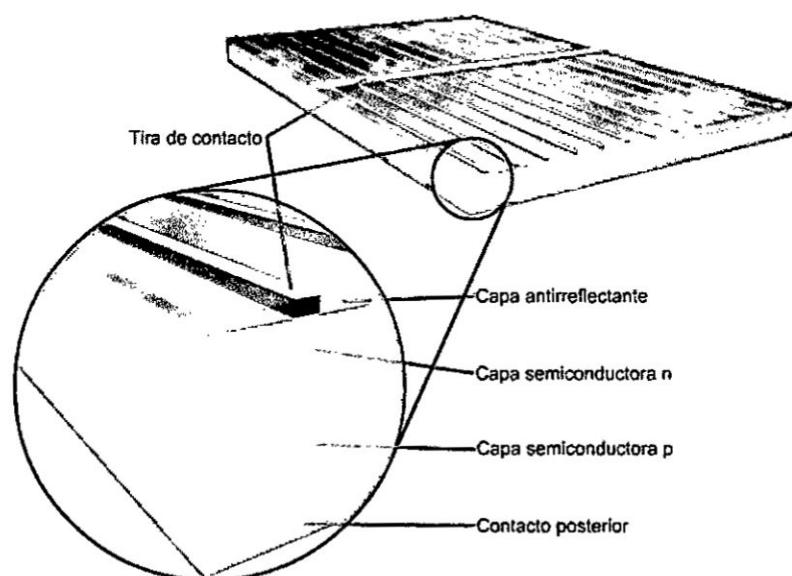


SISTEMA FOTOVOLTAICO 55W – (San Francisco-Ucayali)

Celda Fotovoltaica

Las celdas fotovoltaicas pertenecen a la familia de los elementos semiconductores. Estos conducen energía eléctrica únicamente bajo la influencia de la luz o el calor.

El gráfico siguiente muestra la estructura esquemática de una celda fotovoltaica:



Contacto metálico de las caras posteriores:

Representa un contacto de conexión que permite tomar una tensión desde una celda fotovoltaica.

Capa semiconductor tipo p:

En el material semiconductor se introducen átomos extraños que poseen una menor cantidad de electrones libres. De esa manera se alcanza una supremacía de portadores de carga positiva (mayoría de electrones defecto o huecos) en el material. Esta clase de estructuras reciben el nombre de capas semiconductoras del tipo p (positivo).

Capa semiconductor n:

En el material semiconductor se introducen átomos extraños que poseen una mayor cantidad de electrones. De esa manera se alcanza una supremacía de portadores de carga negativa (electrones) en el material. Esta clase de estructuras reciben el nombre de capas semiconductoras del tipo n (negativo).

Tiras de contacto:

Las tiras de contacto, junto con los contactos metálicos de los lados posteriores, forman las conexiones a las que, por ejemplo, se puede conectar una carga.

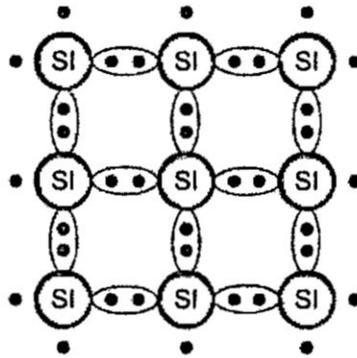
Capa antirreflectante:

La capa antirreflectante, por una parte, sirve para proteger a la celda solar y, por otra, evita las pérdidas por reflexión en su superficie.

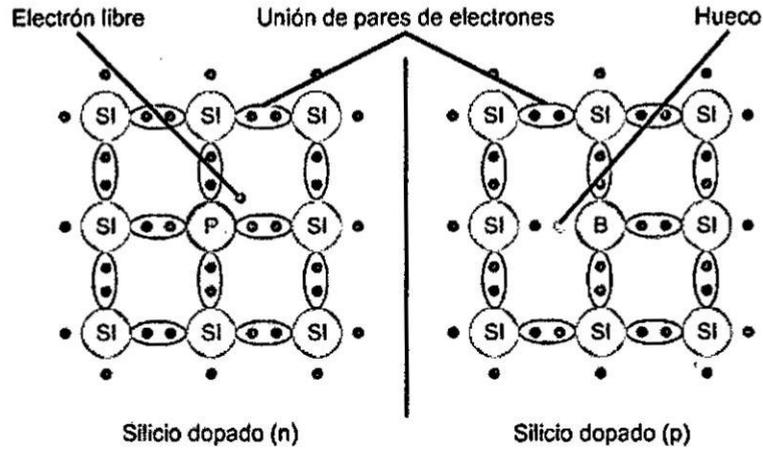
Principio de la Celda Solar

Por lo general, las celdas solares se fabrican de silicio, elemento que aparece en segundo lugar con mayor frecuencia en la corteza terrestre. Un átomo de silicio posee cuatro electrones de valencia. En un cristal de silicio, cada dos electrones de átomos contiguos se unen en un enlace covalente. En este estado, el cristal de silicio no es un conductor eléctrico puesto que no dispone de electrones libres para transportar la carga.

Si dicho cristal se ve sometido a la influencia de la energía, ya sea en forma de luz o de calor, esta energía también será absorbida por los electrones. Si dicha energía alcanza una magnitud suficiente, los electrones pueden abandonar sus enlaces covalentes y moverse libremente en el silicio. En consecuencia, el electrón deja en el lugar original que ocupaba en la red cristalina lo que se conoce como electrón defecto o hueco. El silicio se convierte así en conductor de corriente, efecto definido como conductividad intrínseca propia de los semiconductores. Si no existiera otra influencia externa, el electrón entregaría rápidamente la energía absorbida y retornaría a un hueco libre.



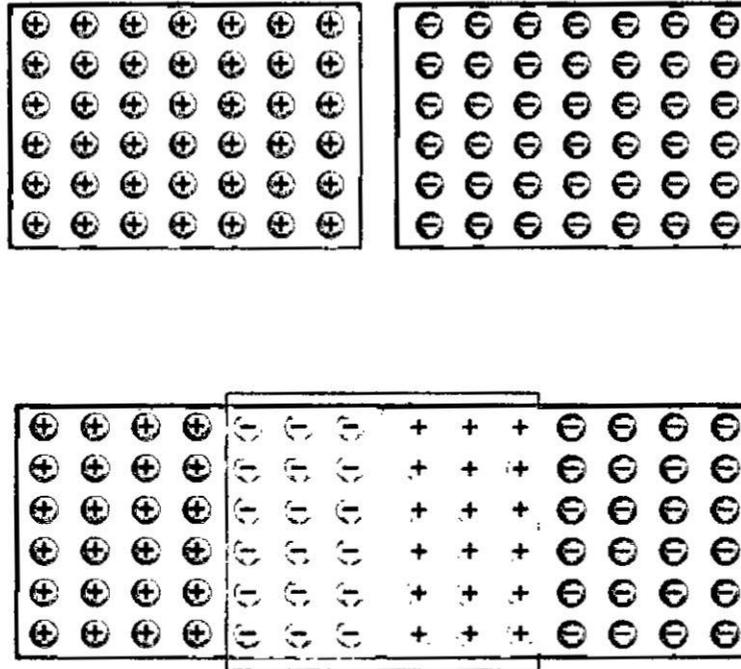
Si se crea un campo eléctrico, entonces será posible separar entre sí los electrones de los huecos. En los semiconductores, este campo eléctrico se puede generar a partir de la introducción de átomos que provoquen una perturbación. Con este fin se integran en una zona determinada átomos de cinco electrones. Esta zona se denomina semiconductor o dopaje n, puesto que, en comparación con la red cristalina pura del silicio, posee una carga ligeramente negativa.



En otra zona se introducen átomos de tres electrones. Esta zona se denomina semiconductor o dopaje p, puesto que, en comparación con la red cristalina pura del silicio, posee una carga ligeramente positiva. Si los semiconductores n y p se encuentran juntos, entre sus límites se establece la unión p-n y dentro de ella aparece un campo eléctrico.

La unión p - n

Una unión p-n se origina cuando se juntan las capas p y n de un semiconductor. En el límite que divide ambas capas, los electrones pasan libremente de la capa negativa a la positiva para recombinarse ahí con los huecos.

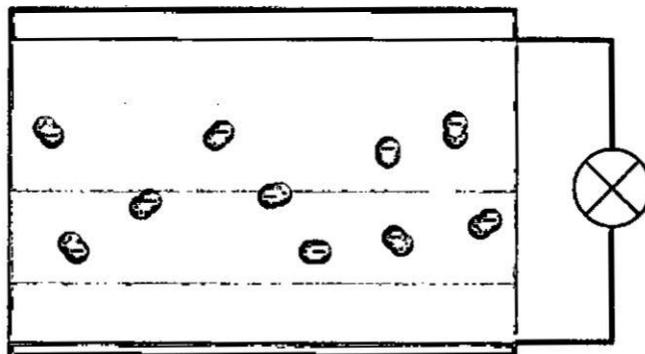


En la zona de la capa semiconductor n, desde la que emigran los electrones, permanecen los átomos estacionarios por lo que esta zona adopta una carga ligeramente positiva. Por el contrario, la capa semiconductor p, en la que los electrones se combinan con los huecos, adquiere una carga ligeramente negativa, puesto que aumenta el número de portadores de carga de este tipo.

Debido a la separación de los portadores de carga, en la zona límite se genera un campo eléctrico. Esta zona se denomina también región de carga espacial.

El efecto fotovoltaico

Si la luz incide sobre la retícula cristalina de una celda fotovoltaica, la energía luminosa se transmite a la retícula. Esta energía excita los átomos de la red cristalina y, en consecuencia, se forman pares de electrones y huecos. Si esto ocurre fuera de la unión p-n, los pares de electrones y huecos se recombinan otra vez muy rápidamente. Dentro de la unión p-n, los pares de electrones y huecos se separan debido a la acción del campo eléctrico de la unión. La capa semiconductor n absorbe los electrones y la capa p atrae los huecos, con lo que aumenta la tensión de la celda fotovoltaica. Si ahora se conecta una carga, entonces fluirá corriente eléctrica.



Componentes del sistema fotovoltaico

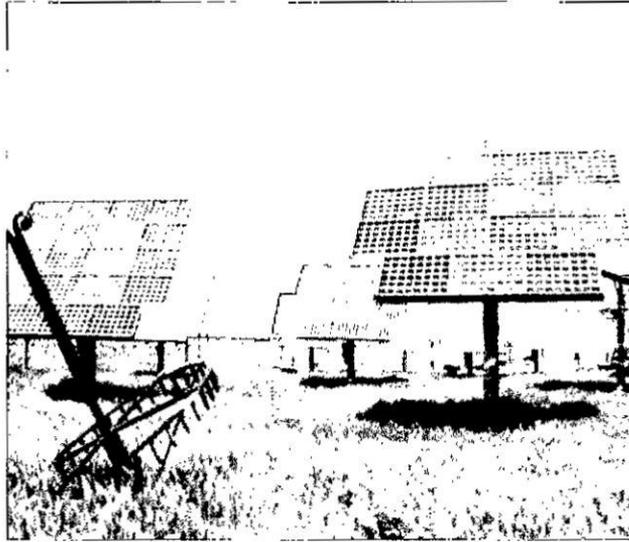
Los sistemas fotovoltaicos se pueden configurar de múltiples formas

dependiendo de diversos factores, sin embargo uno de los más importantes es determinar si el sistema que queremos dimensionar va a tratarse de un sistema autónomo o conectado a la red eléctrica.

El sistema autónomo es aquel que debe abastecer en su totalidad nuestra demanda energética sin la necesidad de contar con otro tipo de energía, un sistema de este tipo es utilizado generalmente en lugares aislados donde la red eléctrica es inexistente. En cambio un sistema conectado a la red eléctrica es capaz de trabajar con ambos tipos de energía, es decir cuando el sistema fotovoltaico no es capaz de entregar la cantidad de energía que se requiere, la red eléctrica entra en funcionamiento para suplir esta falta. Además de tener en cuenta estos factores también debemos analizar el uso que vamos a darle a la energía y el equipo que necesitamos para ello por lo cual contamos con distintos elementos se hacen necesarios o no. El sistema más simple de todos es el generador fotovoltaico el cuál el panel se une directamente al artefacto al cual necesitamos suministrar energía, generalmente un motor de corriente continua. Se utiliza sobre todo en las bombas de agua, por no existir baterías de acumuladores ni componentes electrónicos mejora la fiabilidad del

sistema, pero resulta difícil mantener un desempeño eficiente a lo largo del día. Sin embargo existen otros elementos que permiten tener mayor control sobre nuestro sistema, permitiéndonos prevenir fallas y asegurando un suministro constante de energía.

Paneles Solares: Como se describió anteriormente los paneles típicos tienen 3 calidades distintas, estos difieren en su costo y en su eficiencia, el uso de uno u otro depende exclusivamente de la necesidad energética que se necesite suplir y el presupuesto asociado a la instalación, los paneles de menor costo son los de silicio amorfo, pero de menor eficiencia. Otro factor importante es el dimensionamiento correcto ya que un dimensionamiento menor no va a ser capaz de satisfacer nuestra necesidad energética, y un sobredimensionamiento genera un costo mayor del sistema.

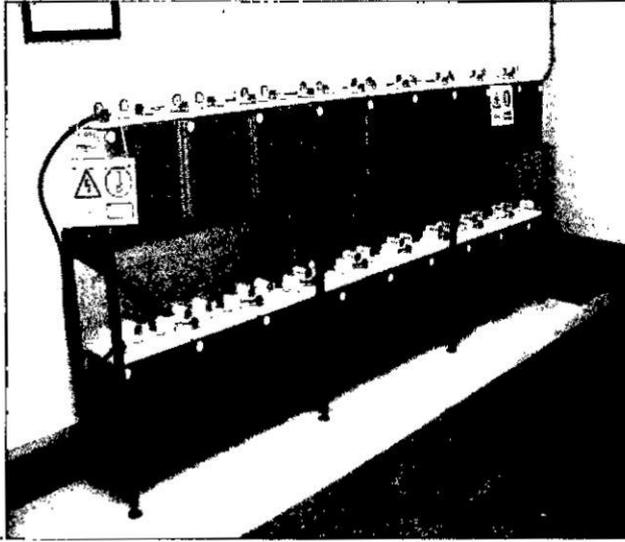


Sistema de Almacenamiento: El sistema de almacenamiento está compuesto de un banco de baterías las cuales almacenan energía y luego cuando la radiación solar disminuye las baterías son las encargadas de alimentar el sistema. Al igual que los paneles existen baterías de distintas calidades y precio, las más adecuadas son las que permiten descargas profundas a continuación analizaremos algunas de ellas.

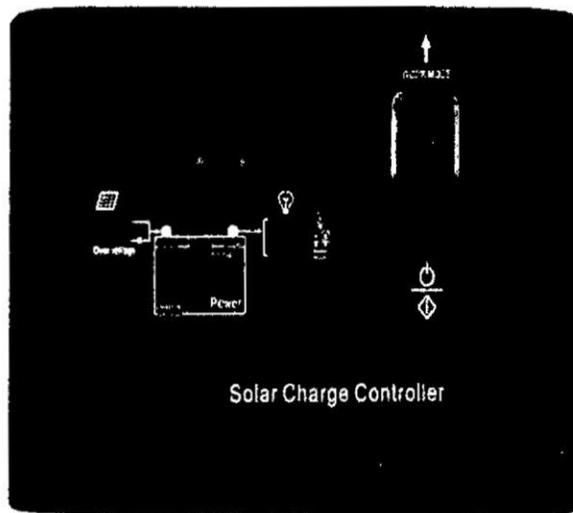
a) Plomo - Ácido: Estas baterías se componen de varias placas de plomo en una solución de ácido sulfúrico. La placa consiste en una rejilla de aleación de Plomo con una pasta de óxido de Plomo incrustada sobre la rejilla. La solución de ácido sulfúrico y agua se denomina electrolito. Las baterías de

este tipo se utilizan ampliamente en sistemas fotovoltaicos, la unidad de construcción básica de una batería de cada celda de 2 Volt. La capacidad de almacenaje de energía de una batería depende de la velocidad de descarga. La capacidad nominal que la caracteriza corresponde a un tiempo de descarga de 10 horas. Cuanto mayor es el tiempo de descarga, mayor es la cantidad de energía que la batería entrega. Un tiempo de descarga típico en sistemas fotovoltaicos es 100 hs. Por ejemplo, una batería que posee una capacidad de 80 Ah en 10 hs (capacidad nominal) tendrá 100 Ah de capacidad en 100 hs.

b) Níquel - cadmio : Las baterías de Níquel-Cadmio tienen una estructura física similar a las de Plomo-ácido, en lugar de Plomo, se utiliza hidróxido de Níquel para las placas positivas y óxido de Cadmio para las negativas. El electrolito es hidróxido de Potasio. La unidad básica de cada celda es de 1,2 volt, admiten descargas profundas de hasta un 90%, su vida útil es más larga, sin embargo su alto costo en comparación con las de plomo ácido las hacen menos utilizadas en sistemas fotovoltaico

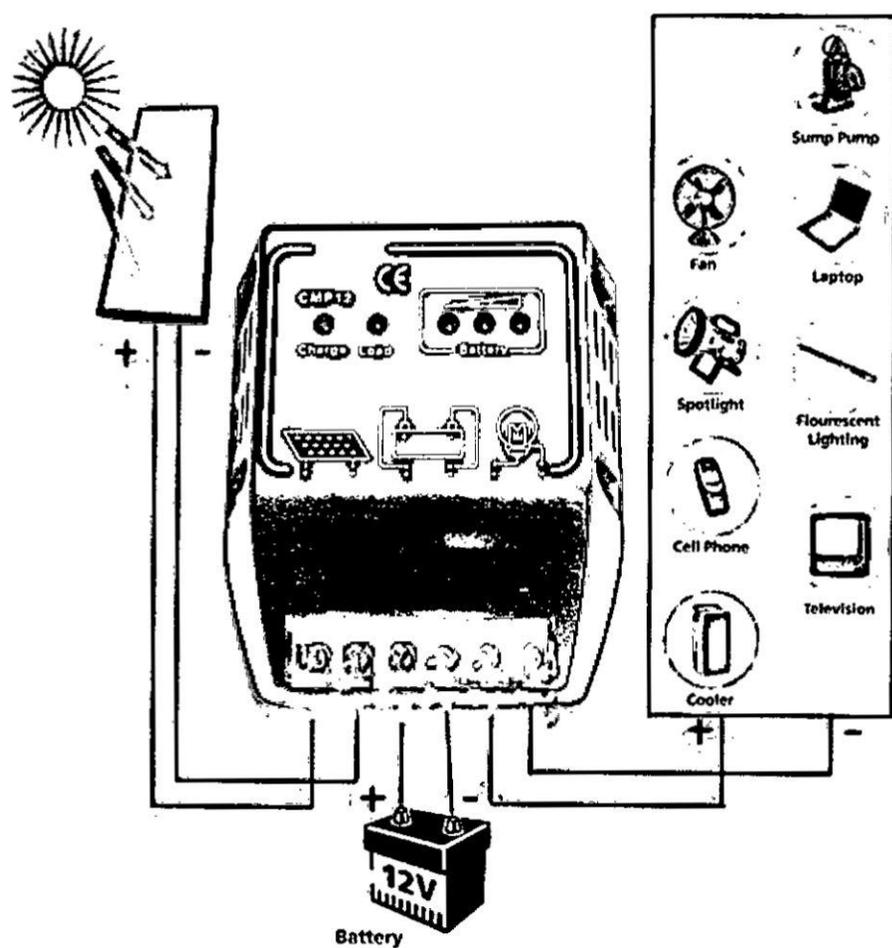


3. Regulador de carga: Este elemento permite proteger a la batería en caso de sobrecarga o descargas profundas lo que minimiza la vida útil del sistema de almacenamiento, el regulador monitorea constantemente la tensión del banco de baterías cuando la batería se encuentra cargada interrumpe el proceso de carga abriendo el circuito entre los paneles y las baterías, cuando el sistema comienza a ser utilizado y las baterías a descargarse el regulador nuevamente conecta el sistema. El dimensionamiento del inversor debe ser lo más cercano a la tensión nominal del banco de baterías, lo cual otorga mayor seguridad al sistema de almacenamiento.



4. Inversor: Este elemento permite convertir la corriente continua (CC) en alterna (CA), dado que los sistemas fotovoltaicos nos entregan corriente continua es necesario realizar esta conversión para la utilización de los aparatos eléctricos comunes. Los inversores son dispositivos electrónicos los cuales permiten interrumpir las corrientes y cambiar su polaridad, de acuerdo a si el sistema fotovoltaico va a estar aislado de la red o conectado a ella para los conectados a a red podemos utilizar inversores de conmutación natural, ya que la red determina el estado de conducción hacia los dispositivos eléctricos conectados al sistema, para sistema aislados se utilizan inversores de conmutación forzados estos permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzado por el sistema de control.

Pueden ser de salida escalonada (onda cuadrada) o de modulación por anchura de pulsos (PWM), con los que se pueden conseguir salidas prácticamente senoidales y por tanto con poco contenido de armónicos.

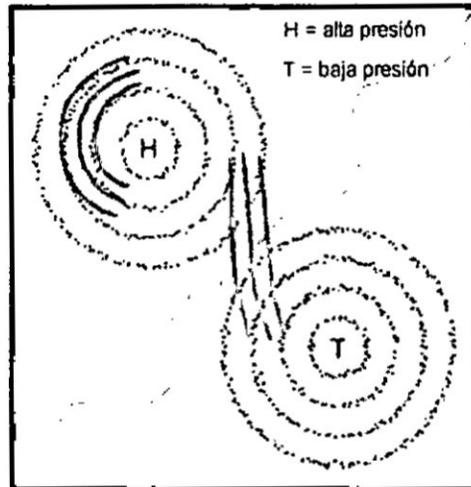


independiente variable que genera un flujo constante, pero que al estar acoplado al rotor, crea un campo magnético giratorio (por el teorema de Ferraris) que genera un sistema trifásico de fuerzas electromotrices en los devanados estáticos.

Para un servicio eficiente, el viento no debe soplar muy débilmente, pero tampoco con demasiada fuerza.

Zonas de alta y baja presión

Fundamentalmente, el viento es una resultante de la energía solar. Debido al diferente calentamiento de la superficie terrestre se generan en la atmósfera diferentes áreas, por lo que en la meteorología se habla de zonas de alta y baja presión. La compensación de la presión está a cargo del viento y, en este caso, el aire siempre viaja de las zonas de alta presión a las de baja presión.

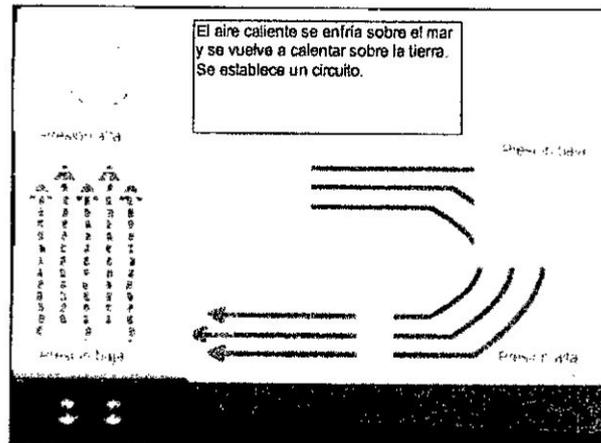


Los vientos locales se ven sometidos a los efectos de la rugosidad del suelo, es decir, a las diferencias en la constitución de la superficie terrestre. También los edificios ejercen influencia sobre el curso de los vientos puesto que, en los lados situados a sotavento de estas construcciones, se generan turbulencias.

Sin embargo, las ráfagas se producen debido a que la corriente de aire que pasa de una zona de alta a otra de baja presión siempre tiende a formar grandes torbellinos de orientación vertical. El aire cercano a la superficie se ve frenado por el suelo y las masas de aire que fluyen encima "rebasan" a la capa que ha disminuido su velocidad. De la misma manera se genera el oleaje en la costa del mar.

Formación del viento

Debido al diferente calentamiento de la superficie terrestre, se generan masas de aire que se desplazan, es decir, surgen los vientos.



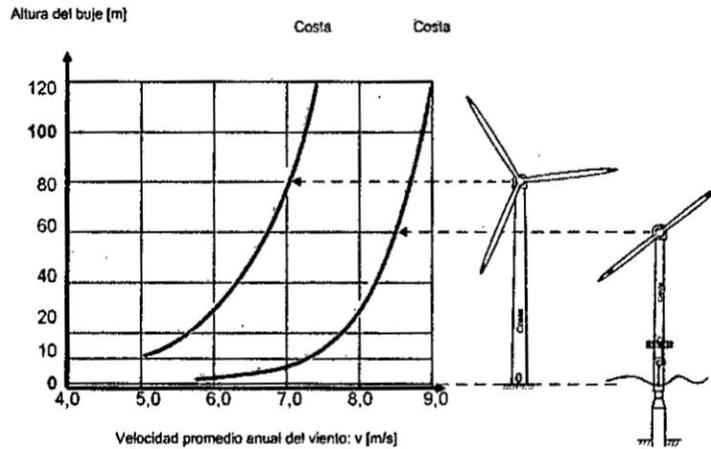
El flujo de energía del viento - al igual que el del agua - representa una fuente de energía limpia e inagotable.

Rugosidad del suelo

En las cercanías del suelo, la velocidad del viento aumenta hacia lo alto y también la constancia del flujo aumenta con la altura. Sin embargo, el viento casi jamás circula formando un flujo regular: debido a la aspereza del suelo y a las diferentes temperaturas que se presentan en el plano vertical, se generan ráfagas de mayor o menor fuerza.

Perfiles de viento

En la imagen se puede reconocer que la velocidad promedio anual v_m , a pesar de la escasa altura del buje del aerogenerador, es mayor en el mar que en la tierra.

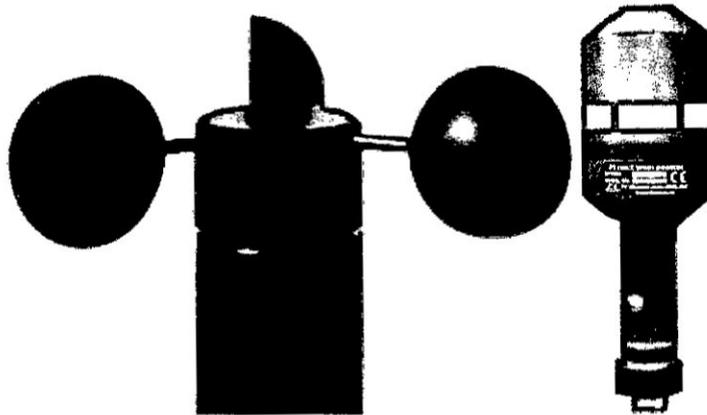


Esto se debe a la menor "rugosidad" de las aguas en comparación con la superficie terrestre, esto significa que, sobre las aguas, el viento soporta una fricción superficial claramente menor.

Velocidades del viento

Un parámetro esencial para el funcionamiento de los aerogeneradores es la velocidad del viento. Cada instalación de esta naturaleza, por tanto, está equipada con la técnica de medición correspondiente, montada, la mayoría de las veces, en la carcasa de la máquina. En calidad de sensores se emplean

anemómetros giratorios (palabra en cuya composición entra el término griego "anemo", es decir, viento) o sistemas de ultrasonido. Estos últimos trabajan sin desgaste y, previsiblemente, remplazarán en el futuro a los giratorios.



Como es común en las aplicaciones técnicas, la velocidad del viento también se mide con la unidad m/s, es decir, metros por segundo. Sin embargo, si se multiplica por los factores correspondientes, esta unidad se puede convertir fácilmente en kilómetros por hora o en nudos náuticos.

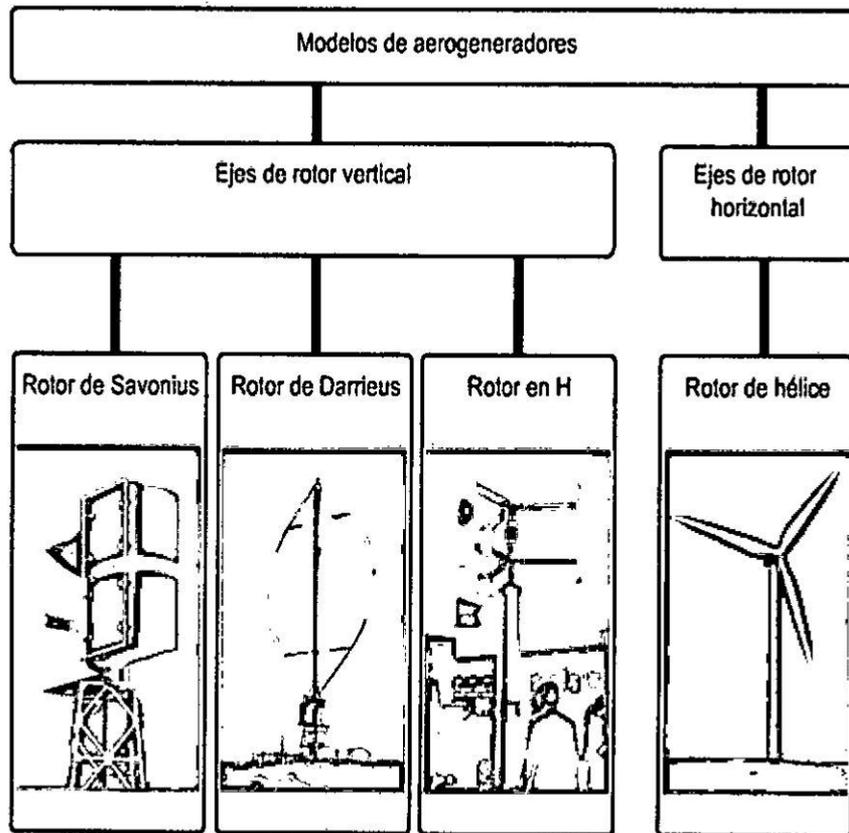
TABLAS

| Velocidad del viento según Beaufort | | Velocidad del viento | |
|-------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| | | en m/s | en km/h |
| 0 | Calma | 0 - 0,1 | < 1 |
| 1 | Ventolina | 0,3 - 1,5 | 1 - 5 |
| 2 | Brisa muy débil | 1,6 - 3,3 | 6 - 11 |
| 3 | Brisa débil | 3,4 - 5,4 | 12 - 19 |
| 4 | Brisa moderada | 5,5 - 7,9 | 20 - 28 |
| 5 | Brisa fresca | 8,0 - 10,7 | 29 - 38 |
| 6 | Brisa fuerte | 10,8 - 13,8 | 39 - 49 |
| 7 | Viento fuerte | 13,9 - 17,1 | 50 - 61 |
| 8 | Temporal | 17,2 - 20,7 | 62 - 74 |
| 9 | Tormenta | 20,8 - 24,4 | 75 - 88 |
| 10 | Tormenta fuerte | 24,5 - 28,4 | 89 - 102 |
| 11 | Tormenta violenta | 28,5 - 32,6 | 103 - 117 |
| 12 | Huracán | > 32,7 | > 117 |

Modelos de aerogeneradores

El viento es una masa de aire en circulación que se desplaza a una velocidad determinada; por lo tanto, contiene una energía cinética. En un aerogenerador, inicialmente, esta energía se transforma en un movimiento giratorio. Esto se consigue por medio de un rotor al que se ha acoplado un eje.

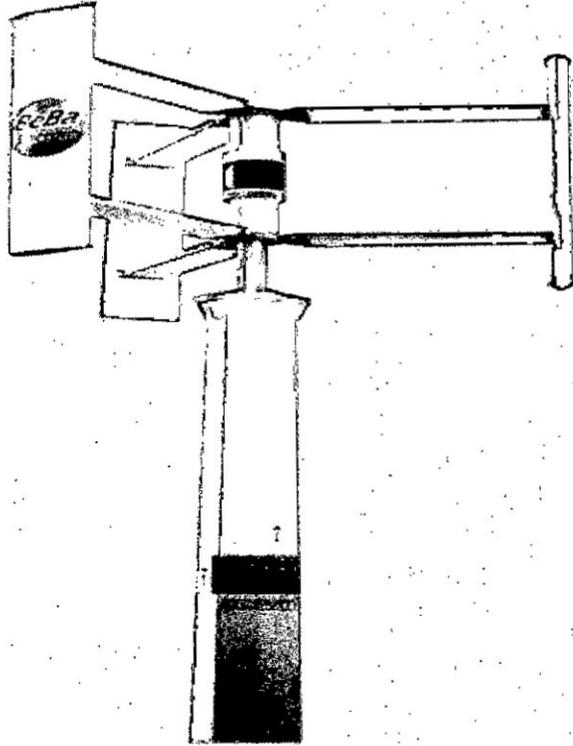
Los ejes de los rotores de los aerogeneradores se pueden colocar en posición vertical u horizontal, de lo que resultan los modelos siguientes:



Modelos de eje vertical

Este rotor tiene la ventaja de que es independiente de la dirección del viento; además, todos los componentes se pueden montar al nivel del suelo. Sin embargo, las desventajas radican en que el rotor no puede arrancar por sí mismo y no se dispone de la posibilidad de regular la velocidad de giro

variando la posición de las aspas. Debido a su sencillez, este modelo se encuentra en el sector de los aerogeneradores pequeños (con potencias que se encuentran por debajo de los 10 kW).



Modelos de hélice

En la tecnología eólica actual, los modelos con ejes de rotor emplazados en posición vertical desempeñan únicamente un papel de menor orden. Por el contrario, los modelos con ejes horizontales, en **forma de hélice**, se han impuesto indiscutiblemente. Técnicamente, en este caso, la palabra hélice en el

sentido de "propulsor" no es del todo correcta, puesto que el rotor no genera ninguna fuerza de empuje aerodinámico como ocurre, por ejemplo, en los aviones. Exactamente, se debería hablar de una hélice "**repulsora**".

Gracias a esta estructura, las palas del rotor pueden desplazarse en su eje longitudinal (regulación del ángulo de ataque de las palas). De esta manera se puede controlar el par de giro del rotor y, por lo tanto, el suministro de potencia. Además, el ajuste de las palas del rotor constituye una protección efectiva si se presentan velocidades de viento extremas.

La forma de las palas se puede diseñar óptimamente en lo relacionado con la aerodinámica. De esta manera es posible alcanzar los coeficientes más elevados de rendimiento.

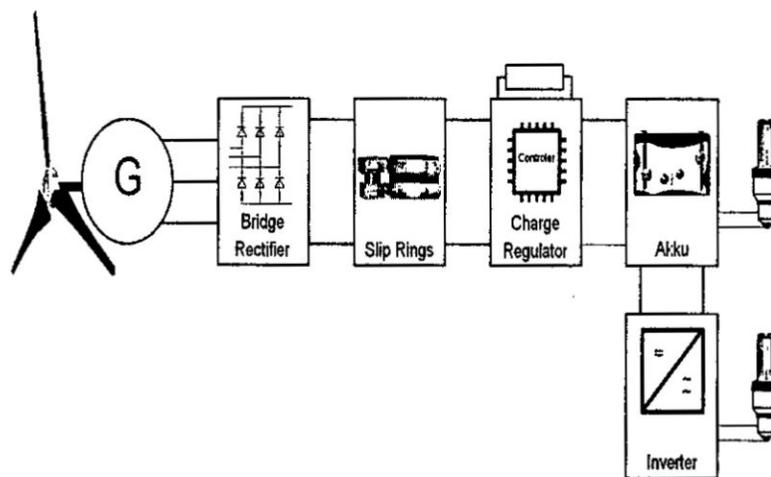
Componentes de un aerogenerador

Los aerogeneradores se pueden dividir en las siguientes unidades funcionales:

- Rotor con palas
- Veleta

- Generador (sincrónico, de excitación permanente)
- Rectificador
- Anillos colectores para transmisión de energía
- Regulador de carga
- Acumulador
- Ondulador para el funcionamiento de equipos con tensión de red

El siguiente diagrama de bloques muestra una sinopsis funcional de los componentes de un aerogenerador.

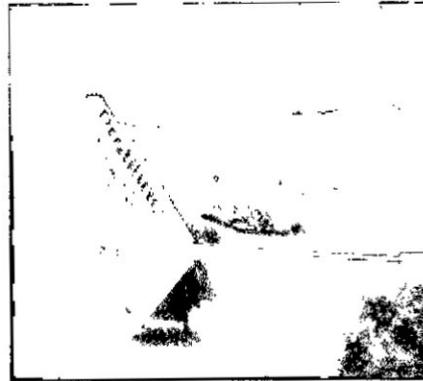
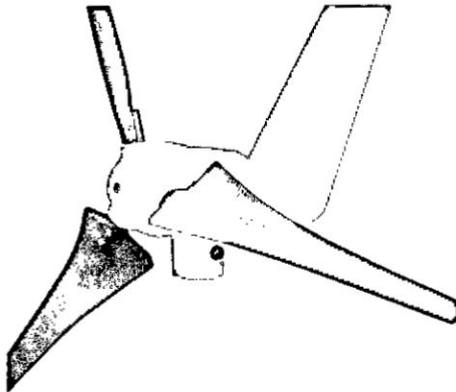


Palas de rotor y veleta

En la mayoría de los aerogeneradores de alta velocidad, el rotor consta de tres palas, que se ven sometidas a esfuerzos excepcionalmente elevados debido, por ejemplo, a los siguientes factores:

- Pares de flexión producidos por su propio peso y la acción del viento.
- Cargas variables no reguladas debidas a la turbulencia del viento.
- Envejecimiento del material por la acción de la intemperie.
- Elevadas fuerzas centrífugas.
- Las palas del rotor, en su mayoría, se fabrican de material compuesto de fibra de vidrio con resina de poliéster o (los más caros) con resina epóxida. Se les da una forma aerodinámica para aprovechar la mayor cantidad de energía del viento.

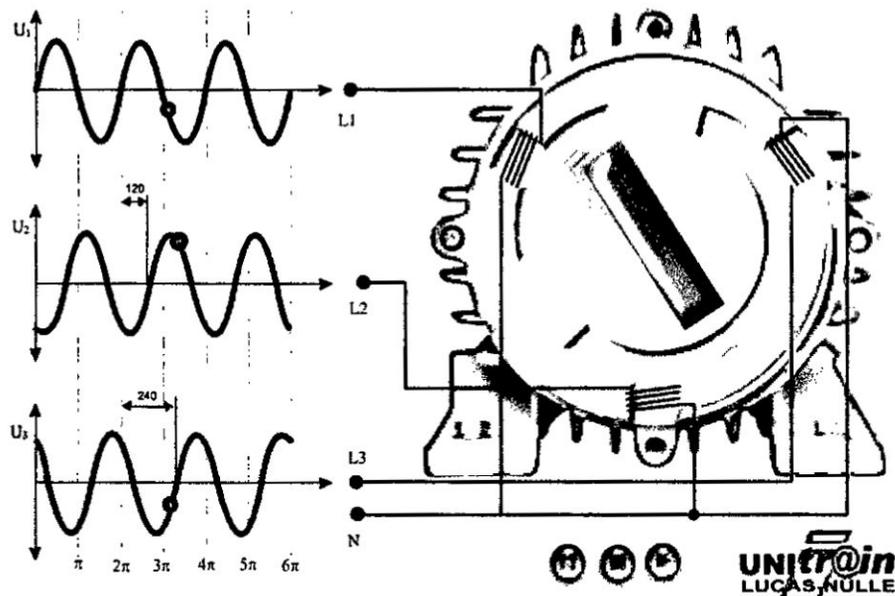
Para el mantenimiento, o en caso de tormenta, debe ser posible detener el rotor. Esto se puede conseguir por medio de un freno mecánico o, eléctricamente, por medio de un interruptor de parada. Este último cortocircuita el generador por lo que el rotor se detiene.



El generador

En el siguiente gráfico de un generador simplificado, el rotor está compuesto por imanes permanentes, el funcionamiento se simplifica mostrándose un solo polo. Básicamente, el estator posee tres devanados. Los inicios de las fases están formados por las conexiones de los conductores externos. Los finales de las fases están conectados entre sí y forman el punto neutro.

Si el rotor se activa por medio de las hélices, gira e induce tensiones de onda sinusoidal en los devanados. Éstas alcanzan su máximo valor positivo cuando el polo norte magnético del imán giratorio pasa por el centro de la zapata polar y, correspondientemente, su máximo valor negativo cuando esto ocurre con el polo sur magnético.



Dado que las tres zapatas polares tienen posiciones que se diferencian en 120° , también las tensiones inducidas se producen en momentos diferentes en el tiempo. Por tanto, las tensiones tienen un **desfase** de 120°

La intensidad de la tensión y la frecuencia de la tensión del generador dependen de la velocidad de giro, es decir, de la intensidad del viento.

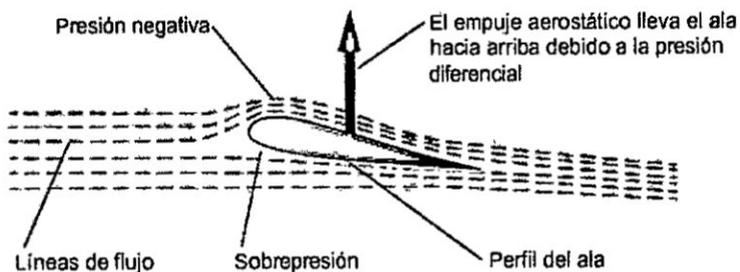
Principios físicos

En este caso se deben observar dos principios. Por una parte, el rotor puede obtener su potencia exclusivamente de la resistencia al aire que oponen sus superficies puestas en movimiento por el paso del viento; por tanto, esto se entendería como un principio originado en dicha resistencia.

Por otro lado, el rotor puede obtener su potencia del empuje, es decir, el resultado del flujo del viento que incide sobre superficies diseñadas con un perfil adecuado (principio de empuje aerodinámico).

Empuje aerodinámico

La desviación de la corriente de aire a través del perfil provoca un aumento de la velocidad del flujo en los lados y un descenso de esta misma velocidad en la parte inferior del perfil. Por tanto, si en la parte superior del ala aparece una velocidad de flujo más elevada que por debajo del perfil, encima se tiene una presión menor a la que reina por debajo: debido a esta presión diferencial actúa sobre el ala la fuerza de empuje F_a . Esta fuerza "lleva" el ala del avión hacia arriba, lo que permite que se sostenga en el aire. En un aerogenerador, de igual manera, arrastra las palas del rotor, lo cual las pone en movimiento.



Los trazos corresponden a lo que se denomina líneas aerodinámicas. Por medio de estas líneas se sigue la trayectoria de vuelo de las partículas de

aire desde puntos de partida correspondientemente establecidos en la corriente de aire. En teoría, existe un número infinito de líneas aerodinámicas. Para servir a la claridad, en una representación del flujo aerodinámico sólo se representan unas cuantas líneas para, de esta manera, obtener una impresión inteligible de la trayectoria de los campos de flujo.

El empuje aerodinámico lleva el ala hacia arriba, por lo que el avión se eleva.



Movimientos de las palas del rotor

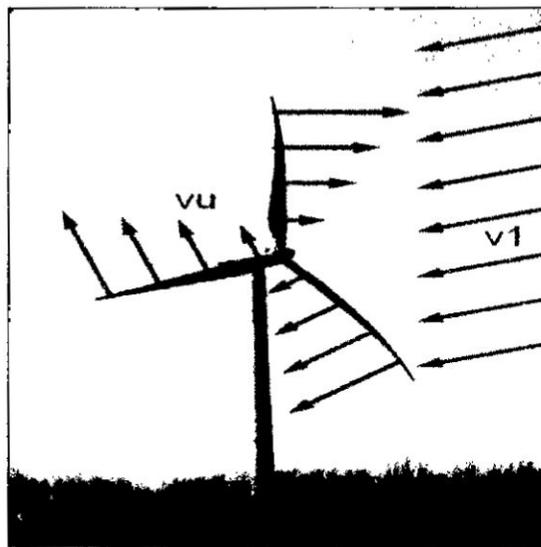
La manera más común de aprovechar la fuerza eólica, según el principio del empuje aerodinámico, consiste en el empleo de ruedas de molino con ejes horizontales, esto significa que las palas se mueven en un plano vertical a la dirección del viento. En tales construcciones se debe observar que se encuentran en movimiento los siguientes elementos:

- Aire (velocidad v_1).

- Palas (velocidad periférica v_u , creada por el movimiento giratorio de las palas del rotor).

En este caso, las direcciones de estas velocidades se mantienen en ángulo recto entre sí (al contrario que las alas de un avión).

Dado que los dos movimientos se producen simultáneamente, la velocidad efectiva de soplado v' (es decir, la velocidad del aire que un anemómetro montado en un pala en movimiento mostraría) no es igual a la velocidad del viento puesto que está compuesta por la velocidad del viento v_1 y la velocidad periférica v_u de la pala del rotor.



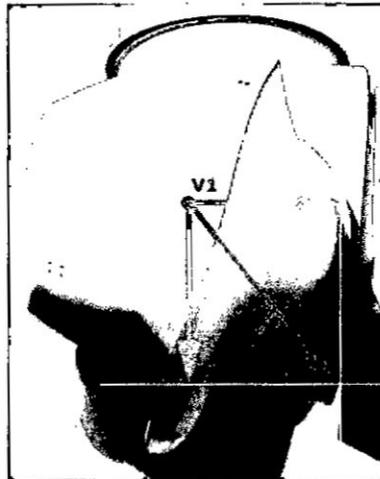
Vectores de velocidad

En las cercanías del buje, el valor de v_u es menor que en las puntas de las

palas, por lo que en cada lugar de ellas se crea una velocidad de soplado diferente.

Dado que, en el caso de un rotor de hélice, las palas se mueven perpendicularmente, en relación con la velocidad del viento, v' se puede calcular muy fácilmente por medio del teorema de Pitágoras:

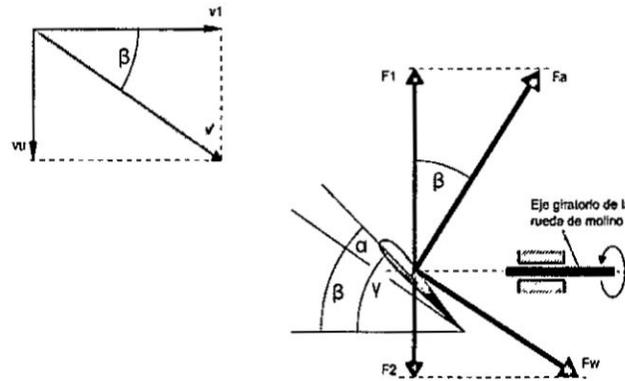
$$v'^2 = v_1^2 + v_{II}^2 \text{ o bien } v' = \sqrt{v_1^2 + v_{II}^2}$$



Flujo efectivo

Como se puede observar en la representación, v' posee una dirección distinta a la de la velocidad v_1 . Su giro corresponde al del ángulo β . La velocidad efectiva de soplado v' determina la magnitud y la dirección de las fuerzas de empuje

aerodinámico y de resistencia. El ángulo de flujo α , por el contrario, indica la inclinación del perfil en relación con la velocidad efectiva del viento.



Con una velocidad v_u igual a 0 (rotor en reposo), el ángulo de ataque γ es igual al ángulo de flujo α . Si la velocidad periférica aumenta, el ángulo β crece. Para que el perfil mantenga el mismo ángulo de flujo α , en relación con la velocidad efectiva, el ángulo de ataque γ debe aumentar en la magnitud correspondiente.

En el rotor de hélice de un aerogenerador, como se mostró anteriormente, el ángulo de flujo se orienta en función de la velocidad efectiva de flujo v' . No obstante, ésta depende de la velocidad periférica v_u . Si se piensa en un punto de una pala del rotor, éste guarda una distancia determinada (radio) con el centro de giro del rotor. Un punto que tenga una distancia mayor posee siempre una mayor velocidad periférica v_u que otro con una distancia menor.

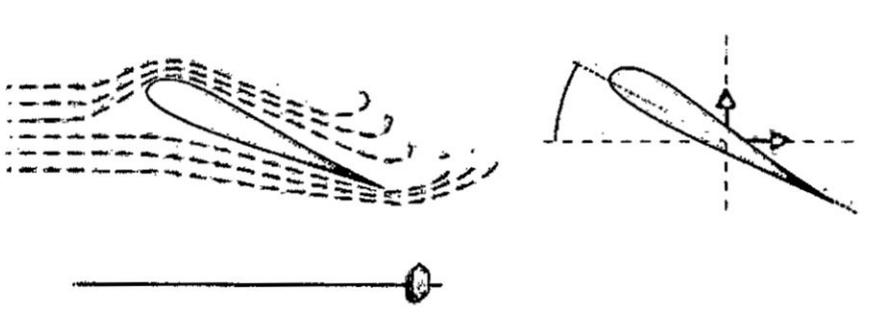
Si se piensa en un punto ubicado en la punta de la pala del rotor, éste poseerá un ángulo de flujo α determinado (ángulo formado por el ataque del viento y la pala del rotor). Si este punto se desplaza en dirección del buje, la velocidad periférica disminuye. Esto significa que aumenta el porcentaje de flujo de aire que sopla desde el frente sobre la pala del rotor (es decir, el viento propiamente dicho) en relación con la cantidad de flujo de aire que se genera debido a la velocidad periférica.

En la práctica, las condiciones de ajuste del ángulo α conducen a que las palas del rotor, partiendo desde el buje (pequeña velocidad periférica) y dirigiéndose a los extremos de las palas (mayor velocidad periférica) se curven como las hélices de un avión.

Simultáneamente resulta comprensible que, en el caso de los rotores con velocidad de giro constante ($v_u = \text{constante}$), sólo puede ser óptimo un ángulo de ataque α y fijo de las palas para una velocidad del viento v_1 determinada. En este caso pueden resultar de ayuda los sistemas automáticos de ajuste de las palas del rotor.

Entrada en pérdida de las palas

Para aprovechar de mejor manera el viento parece necesario, a primera vista, ajustar un ángulo de flujo α lo más amplio posible. Sin embargo, si dicho ángulo se hace demasiado grande, entonces el flujo del viento ya no transita a lo largo del perfil de la pala, sino que se ve "cortado" por ésta. Esto genera torbellinos incontrolables y el empuje aerodinámico desaparece de inmediato. De esta manera, la pala ya no recibiría ningún impulso y su velocidad disminuiría rápidamente. Este efecto se denomina "entrada en pérdida".



En un avión se presenta en las alas la entrada en pérdida si el ángulo de ataque (ajustable con limitaciones por medio del mecanismo de control) es demasiado grande. En la aviación se teme mucho a este efecto puesto que, debido a la entrada en pérdida, se pierde el empuje aerodinámico de manera repentina y el avión pierde altura de inmediato y muy rápidamente.

La energía que puede producir una instalación eólica gracias al viento se puede representar por medio de un ejemplo típico de aerogenerador de 2 MW de potencia eléctrica:

Diámetro de rotor 75m de circunferencia descrita por una punta de pala: 236m

Superficie que cubre el rotor: 4416m² (la superficie de un campo de fútbol es de, aproximadamente 7140m²)

Número de revoluciones del rotor: 16 rpm (con una velocidad del viento de 12m/s) Velocidad de la punta de una pala: 64m/s o 230 km/h

Velocidad en el centro del buje: 0

Velocidad de un cuarto de longitud de la pala: 16 m/s

La potencia que almacena el viento se puede calcular de la siguiente manera:

$$P_{Wind} = \frac{1}{2} * \rho * A * v^3$$

En este caso, ρ es la densidad del aire (1,3 kg/m³). Si se introducen los valores anteriores, se obtiene el resultado siguiente:

$$P_{Wind} = \frac{1}{2} * 1,2 \frac{kg}{m^3} * 4416 m^2 * 12^3 \frac{m^3}{s^3}$$

$$P_{Wind} \approx 4,6 MW$$



Límite de Betz

El aerogenerador en el ejemplo anterior tenía una potencia nominal de 2MW.

Ahora debemos explicar en dónde se producen las pérdidas.

Para evaluar la potencia obtenida por medio del rotor a partir del flujo del

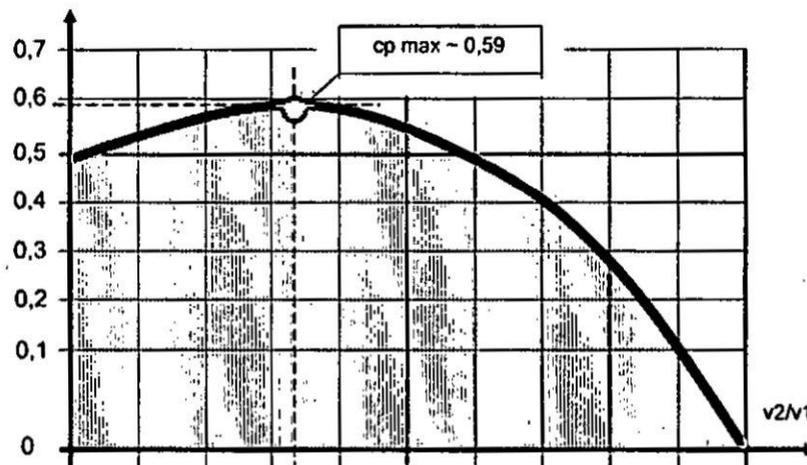
iento, se define un coeficiente de potencia c_p . Este coeficiente indica qué

cantidad de potencia obtenida gracias al viento de flujo libre se transforma en potencia aprovechable. Para una turbina de aire o rotor se obtiene el coeficiente de potencia por medio de la siguiente ecuación:

$$c_p = \frac{P_{Nutz}}{P_{Wind}}$$

La velocidad del viento v_1 , que incide sobre la turbina de aire o rotor, se ve frenada en la superficie del rotor. La velocidad que aparece detrás (v_2) es sólo, aproximadamente 1/3 de la que sopla por delante del rotor. Si se registra c_p en función de la relación v_2 / v_1 , valor que se denomina desaceleración, se puede reconocer que el valor máximo se encuentra en el momento en que se ha recorrido 1/3 del eje v_2 / v_1 .

Coefficient de puissance c_p



Este coeficiente máximo (c_{pmax}) recibe el nombre de límite de Betz. Constituye un límite teórico superior para la generación de potencia a partir del viento con una turbina de aire o rotor ideal.

$$c_{pmax} = \frac{16}{27} \approx 0,59$$

Torre y conducción de flujo

En los aerogeneradores pequeños, la torre se compone, en la mayoría de las veces, de tubos de metal. Para conseguir la estabilidad necesaria, los tubos se tensan. Para instalaciones de mayores dimensiones y altura, se emplean castilletes.

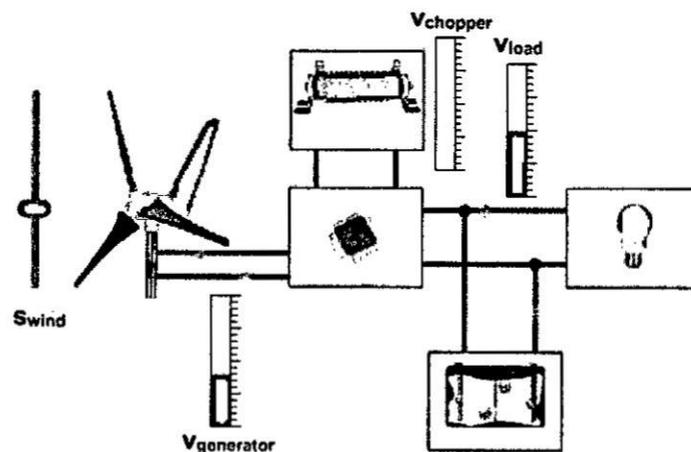
En la mayoría de los aerogeneradores pequeños, la góndola se asienta sobre la torre de manera que pueda girar libremente. El rotor gira en el aire sobre la veleta. Para que la góndola pueda rotar libremente, la energía se transmite a los conductores por medio de anillos colectores.

En muchos casos, en el generador se encuentra un rectificador, por lo que sólo es necesario emplear una línea de dos hilos. En el caso de la línea, se debe observar que tenga la sección transversal correspondiente puesto que, en este caso, la mayoría de las veces se trabaja con pequeñas tensiones y elevadas corrientes eléctricas.

Regulador de carga

El regulador que aquí se emplea garantiza la carga óptima de las baterías conectadas. Simultáneamente, opera como regulador electrónico de carga del generador eólico. La energía que no se puede almacenar en los acumuladores pasa a las resistencias de carga gracias a la modulación por ancho de pulso. De esta manera, el generador eólico continúa funcionando con seguridad incluso si las baterías se encuentran totalmente cargadas y la velocidad del viento es elevada.

El regulador de carga funciona bajo el principio de la tensión constante. El voltaje del acumulador se limita a la tensión de corte del mismo acumulador. Si el viento sopla muy débilmente (pequeña tensión en el generador) no se cargan los acumuladores.

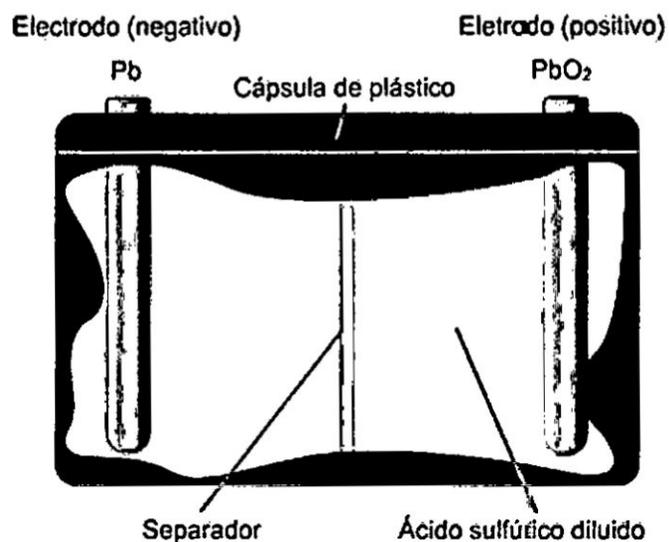


El acumulador de plomo

Debido a su rentabilidad, los acumuladores de plomo se han impuesto en los casos en que se requiere el almacenamiento de grandes cantidades de

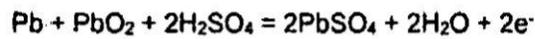
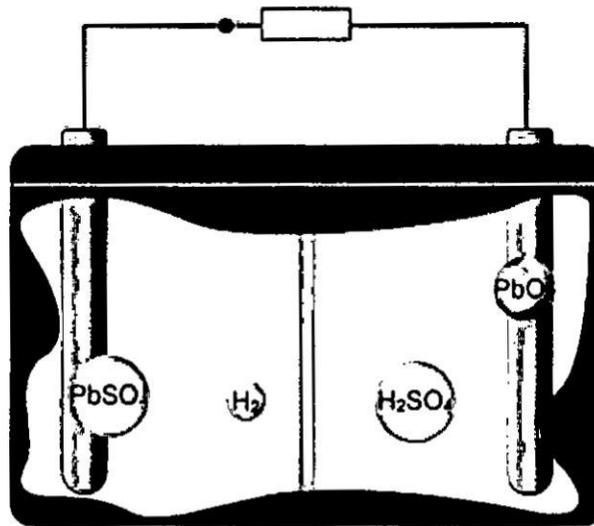
energía. Su estructura es semejante a la de las baterías de los vehículos, no obstante, se realizaron algunas modificaciones para prolongar su vida útil.

La siguiente imagen muestra la estructura básica de los acumuladores de plomo. Éste posee dos electrodos, uno positivo, de óxido de plomo (PbO_2), y otro negativo, de plomo (Pb), para cuando el acumulador se encuentre cargado. En una cápsula plástica, los dos electrodos se aíslan entre sí por medio de elementos de separación. Los electrodos y los separadores se encuentran sumergidos en un electrolito de ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluido



La celda de un acumulador de plomo de este tipo posee una tensión nominal de 2V. Para alcanzar un voltaje de servicio de 12V se conectan 6 celdas en serie.

Durante la descarga, el electrodo positivo (PbO_2) y el negativo (Pb) reaccionan con el ácido sulfúrico diluido. Al producirse la reacción, en el electrodo negativo se genera sulfato de plomo (PbSO_4) y se liberan electrones. En el electrodo positivo se forma también sulfato de plomo (PbSO_4) y agua (H_2O) debido a la absorción de electrones. La siguiente animación ilustra este proceso.



Si se aplica una tensión de carga al acumulador, las reacciones de descarga se realizan a la inversa; esto es, el electrodo negativo toma electrones y el sulfato de plomo (PbSO_4) se desintegra por lo que, en dicho electrodo, sólo queda plomo puro. En el electrodo positivo, de igual manera, se descompone el sulfato de plomo (PbSO_4) y, al liberarse electrones, queda óxido de plomo (PbO_2) en el electrodo, como se puede observar en la animación siguiente.

Integración de un inversor

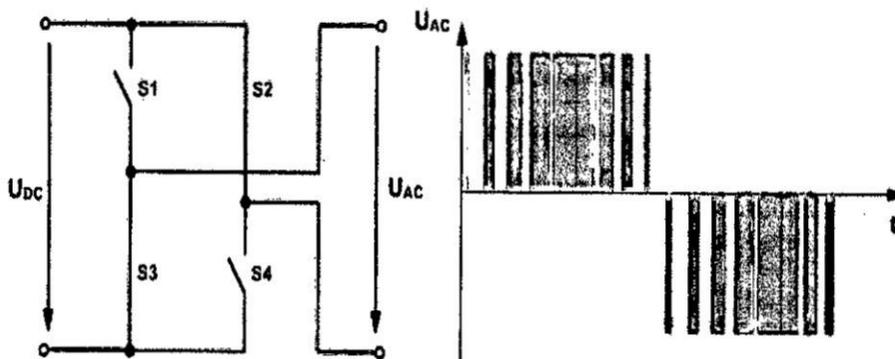
Si un pequeño aerogenerador debe alimentar electrodomésticos comunes, entonces es necesario que la corriente y tensión continua generadas se conviertan en corriente y tensión alterna.

La transformación se lleva a cabo por medio de "válvulas conmutables" propias del área de la electrónica de potencia. En el caso de estas válvulas, se trata de componentes semiconductores capaces de conmutar tensiones superiores a 1.000V y corrientes de intensidad mayor a los 1.000A. Entre los semiconductores que aquí se emplean se encuentran los siguientes:

- Transistores bipolares de potencia
- Transistores de efecto de campo (power-MOSFETs)
- Diodos controlables (tiristores)

Ondulador o inversor de onda rectangular

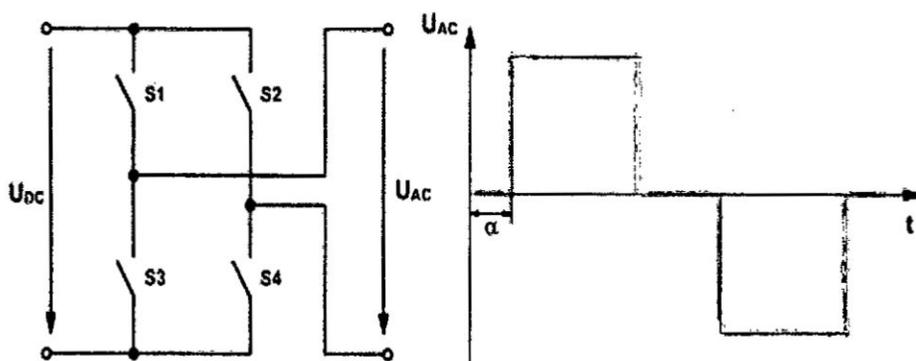
La siguiente imagen muestra un circuito puente de dos pulsos (circuito B2). Se trata de uno de los más sencillos que se emplean con inversores.



En lapsos de tiempo constantes se conmutan las válvulas 1 y 4 o bien las 2 y 3. De esta manera, en la salida del circuito puente aparece una tensión alterna aproximadamente rectangular. Así se consigue que la tensión alterna rectangular se asemeje un poco a una curva sinusoidal que provoca la conmutación de la válvula no cuando se produce el paso por cero sino con algo retardo. Este retardo recibe el nombre de ángulo de retraso α . La animación mostrada más arriba presenta la curva de corriente del circuito puente. En este punto no es necesario profundizar en el procesamiento ulterior de la tensión.

Ondulador o inversor de onda sinusoidal

Los inversores de onda sinusoidal actuales trabajan, por regla general, aplicando el principio de la modulación por ancho de pulso. Como en el caso del inversor de onda rectangular, se emplea un circuito puente B2. Sin embargo, las válvulas no se activan ni desactivan sólo con la semionda completa sino que, como muestra la imagen siguiente, lo hacen varias veces.



La conmutación hace que se generen diferentes anchos de pulso. El tren de pulsos se filtra y así se obtiene una tensión aproximadamente sinusoidal.

2.2.3 Generación autónoma de energías renovables integradas

El principal inconveniente de casi todas las fuentes renovables de energía es su naturaleza fluctuante que obliga a invertir en sistemas de almacenamiento a fin de asegurar el suministro continuo de energía. Los equipos de almacenamiento energético, además de encarecer el sistema, disminuyen su eficiencia. Sin embargo, se ha comprobado que el empleo de varias fuentes renovables combinadas en un sistema energético integrado produce un efecto sinérgico, esto es, que el beneficio total es mayor que la suma de los beneficios que se obtendrían con sistemas individuales.

Los sistemas autónomos se encargan de brindar energía eléctrica, de manera continua, a un centro de consumo que no está conectado a la red eléctrica; debido mayoritariamente a la distancia al tendido eléctrico más cercano o una baja demanda energética; estos factores conllevan a un elevado costo de transporte de energía. Esto ocurre con muchos poblados rurales de nuestro país. Al igual que un sistema conectado a la red, en este tipo de sistemas las fuentes principales de generación de energía son las mismas. La diferencia se presenta en las propuestas dadas en el diseño para garantizar la autonomía en la entrega de energía por un determinado período de tiempo a todas las cargas o las de mayor importancia en el centro de consumo. Para garantizar la entrega de energía por un determinado periodo de tiempo, lo que se plantea, en la

mayoría de los casos, es el diseño e instalación de un banco de baterías, con una capacidad de almacenamiento de energía capaz de abastecer la demanda energética cuando las fuentes principales de generación proporcionan una cantidad de energía menor a la requerida. Dado el caso de un centro médico con atención durante las 24 horas del día o una fábrica de producción constante, surge la necesidad primordial de mantener energizado el sistema, para lograr esto, generalmente se instala un grupo electrógeno en paralelo, el cual funciona cuando el banco de baterías no es capaz de garantizar la autonomía del sistema.

Descripción del funcionamiento

Existen diversos modos de actuación en función de la disponibilidad energética de las distintas fuentes y de la demanda de energía. Tanto los paneles fotovoltaicos como el aerogenerador van a actuar como fuentes de energía, mientras que la carga actúa como consumidor de energía. Las baterías actúan como fuente energética o como carga, en función del estado de carga de la batería y de la disponibilidad energética de entrada.

Es importante hacer notar que usualmente la batería no actúa como complemento a una fuente de energía renovable, sólo como almacén temporal. Excepto en casos puntuales de picos de demanda, esto indicaría un mal dimensionado de las fuentes energéticas primarias (eólica y solar). Se forzaría un ciclado profundo y continuo de la batería acortando la vida útil de esta.

El modo de trabajo del sistema vendrá impuesto por la inclinación de la balanza entre oferta (energía solar y eólica) y demanda (carga y energía

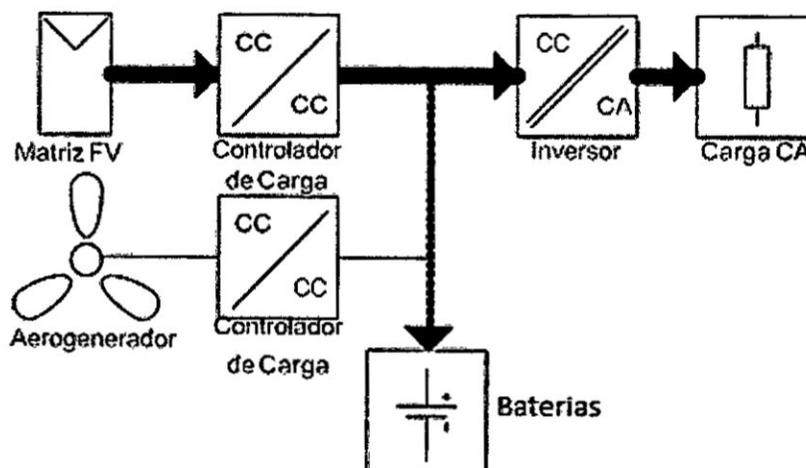
requerida por la batería para llegar a un estado de carga del cien por cien) energética.

Es necesario determinar una fuente energética como fuente principal. Esta es la que entrará en funcionamiento, y se elegirá en función de cuál tenga una mayor disponibilidad energética en el lugar de emplazamiento de la instalación.

Energía solar como fuente principal

En el emplazamiento actual de los paneles se dispone de más energía solar que eólica, por este motivo se considera el generador fotovoltaico como principal.

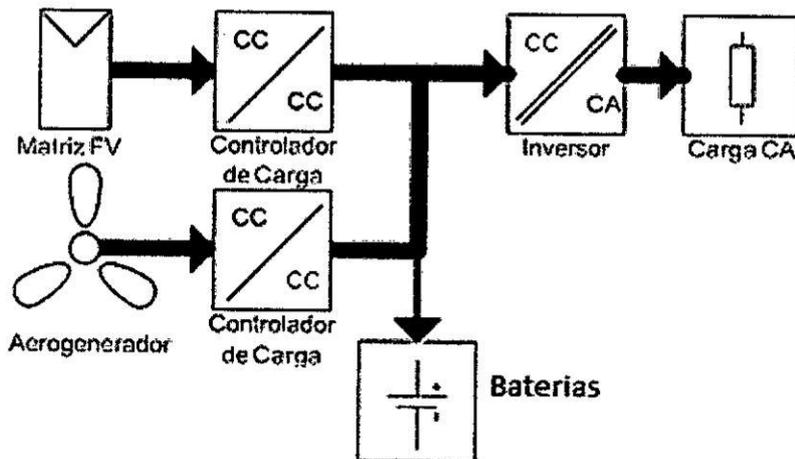
El primer modo de funcionamiento consiste cuando se genera suficiente energía proveniente de los módulos fotovoltaicos para alimentar la carga y la batería está al cien por cien de la carga. En el caso en el que la batería no esté al nivel de carga máximo se iniciará el proceso de carga. El sistema se mantiene en este modo hasta que la energía solicitada por la carga exceda del límite disponible por los paneles fotovoltaicos. Momento en que se pasaría a la activación del aerogenerador.



Energía eólica y solar como fuentes de energía principal.

Entrará en funcionamiento cuando la potencia solicitada por la carga exceda la potencia que los paneles fotovoltaicos son capaces de generar. En el caso en que la batería no esté a un nivel de carga máximo se iniciará el proceso de carga, pasando a formar parte de la carga. Como ya se ha comentado, en este modo se entra cuando el nivel de potencia exigida en la carga sobrepasa la potencia capaz de ser suministrada por los paneles fotovoltaicos. Este caso se puede producir por un aumento de la potencia en la carga o por una disminución de la potencia entregado por los paneles fotovoltaicos (por ejemplo, por estar en la puesta de sol o por la noche).

Cuando la carga exigida sobrepase a la potencia capaz de suministrar por la matriz fotovoltaica y el aerogenerador, la batería actuará como fuente de energía.



Características técnicas de equipos eólicos, solares y accesorios que ofrece el mercado actual.

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE AEROGENERADORES

✓ **Diámetro de rotor:**

Este parámetro está ligado a la potencia que puede generar la turbina de viento, a continuación un gráfico que muestra dimensiones típicas de rotores en función a la potencia que se desea obtener.

✓ **Velocidad de diseño:**

También puede ser considerada como la velocidad nominal de operación y se refiere a la velocidad de viento en la cual la turbina genera su potencia nominal.

✓ **Velocidad de arranque (Start up wind speed):**

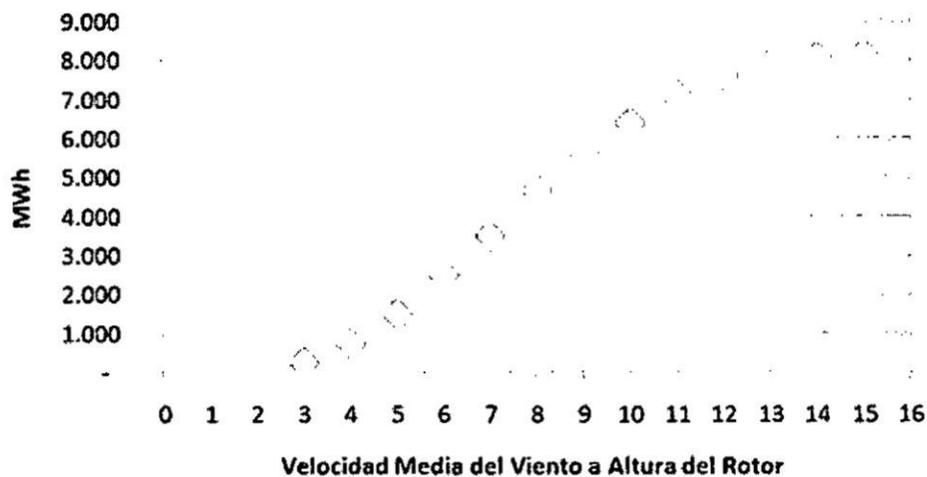
Velocidad de viento en la cual las fuerzas generadas en el rotor vencen la inercia y resistencia del mismo y la turbina empieza a girar.

✓ **Velocidad de inicio de carga (Cut-in wind speed):**

Velocidad de viento en la que el rotor alcanza la RPM necesaria para que el voltaje del generador supere el del banco de baterías y pueda entregar energía en forma de corriente eléctrica.

✓ **Velocidad de protección (Furling wind speed)**

Velocidad de viento en que actúa el sistema de protección aerodinámico, en la mayoría de las turbinas comerciales este sistema consiste en el llamado cola pivotante. A esta velocidad de viento se da la potencia pico del aerogenerador.



Parámetros característicos de paneles fotovoltaicos

El comportamiento del panel es función del tipo de celda que lo constituye. Sin embargo los parámetros comunes a los diferentes tipos se pueden observar en la siguiente figura.

Voltaje con circuito abierto (VOC):

Es el valor del voltaje al medir entre bornes del panel, para ello se utiliza un voltímetro el cual posee teóricamente una resistencia infinita entre bornes.

Voltaje a máxima potencia (VM):

Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia, representa aproximadamente un 80% del valor del voltaje con circuito abierto.

✓ **Corriente en corto circuito (ISC):**

Es el valor de la corriente medida entre bornes con un amperímetro y sin ninguna resistencia adicional.

✓ **Corriente (I) a un determinado voltaje (V):**

Las definiciones anteriores se aplican en condiciones extremas.

Normalmente los paneles producen una corriente (I) a un determinado valor de voltaje (V) considerando un circuito con una cierta resistencia (R).

✓ **Potencia máxima (PM):**

Es el producto máximo que se obtiene de voltaje y corriente, el punto (VM,IM).

✓ **Eficiencia total del panel:**

Se define como el cociente entre la potencia eléctrica producida por el panel y la potencia de la radiación incidente sobre el mismo.

✓ **Factor de forma (FF):**

Es un concepto que permite medir la forma de la curva característica del panel, es decir, la curva I vs V.

Características de controladores de carga

Los controladores de carga o reguladores de voltaje son sistemas de protección que proveen al aerogenerador de mayor confiabilidad en su operación. Sus funciones principales son

- Controlar la carga sobre el aerogenerador de modo que optimice la velocidad y no ocurra el caso de que la turbina opere en vacío con el consiguiente peligro para el rotor debido al embalamiento. En el caso de paneles fotovoltaicos esta situación no representa peligro alguno.
- Controlar los niveles de carga que ingresan a la batería manteniendo el voltaje de esta última dentro de límites seguros.

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

➤ **Modulación del ancho de pulso (PWM)**

Mediante el encendido y apagado de contactores, a una alta frecuencia utilizando MOSFETS u otro tipo similar de dispositivo, se logra controlar el nivel de voltaje que reciben las baterías desde el sistema de generación de energía. Uno de los problemas de este sistema es que puede causar interferencia radial.

➤ **Control de carga escalonado**

Este sistema se aplica en el caso de turbinas de viento y consiste en una serie de resistencias que pueden ser conectadas en diferentes combinaciones de modo que la turbina no sea sometida a esfuerzos excesivos debido al súbito aumento en el torque de carga.

➤ **Regulador "SHUNT"**

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

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

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

Características de baterías

La función de las baterías es el almacenar energía para utilizarla de manera constante, es la única forma de almacenar energía eléctrica en sistemas eólicos y solares.

Los tipos de baterías se agrupan en:

✓ **Baterías de arranque:**

A este grupo pertenecen las baterías de automóvil, debido a su uso están diseñadas con placas gruesas preparadas para soportar cargas y descargas de alta corriente en cortos períodos de tiempo y son de corta vida útil.

✓ **Baterías de tracción.**

Estas baterías están preparadas para soportar descargas moderadas en tiempos relativamente largos, tienen su campo de aplicación en motores que operan ininterrumpidamente como las fajas transportadoras.

✓ **Baterías estacionarias:**

Son las baterías de ciclo profundo y se utilizan en sistemas eólicos y solares. Su característica principal es que soportan mayor descarga que los otros tipos de baterías pudiendo llegar hasta el 70% de su capacidad.

Los parámetros principales que describen a las baterías:

➤ **Capacidad:**

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

➤ **Grado de descarga:**

Es la capacidad en función del tiempo, es decir, la cantidad de energía que se puede obtener de una batería considerando el tiempo que se empleara en descargarla, esta capacidad es evidentemente variable. Usualmente se le designa como CT, por ejemplo C10 representará la capacidad de la batería si es descargada en 10 horas.

➤ **Estado de carga:**

Es la cantidad de energía aun disponible en la batería. En el caso de baterías estacionarias este puede llegar hasta el 30%. Para baterías de arranque no debe sobrepasar el 80%.

➤ **Autodescarga.**

Significa que la energía se pierde dentro de la batería, aún si no se le aplica carga alguna, y puede ser bastante rápida.

➤ **Vida de la batería:**

Está definida como el número de ciclos después de los cuales la capacidad total de la batería cargada es sólo el 80% de lo que era al principio.

➤ **Ciclo:**

El ciclo es una secuencia de carga y descarga. Un ciclo profundo significa que mucha energía ha sido liberada, por ejemplo el 70%, y lo contrario es un ciclo superficial.

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

- ✓ Tienen corta vida útil, normalmente 1000 – 2000 ciclos de carga y descarga. Normalmente esto se traduce en un tiempo de aproximadamente 3 - 5 años siendo la vida útil de los paneles 10 años y en el caso de los aerogeneradores usualmente superior a los 10 años.
- ✓ Elevado peso, generalmente 4 - 6kg.
- ✓ Baja eficiencia, en el caso de baterías de arranque sólo se puede usar hasta el 30% de su capacidad, en el caso de baterías de ciclo profundo se puede usar hasta el 70% de su capacidad.
- ✓ Existen muchas sustancias tóxicas y corrosivas en su composición como el plomo y el ácido sulfúrico. Si hay un corto circuito la batería se recalienta y puede escaparse el ácido sulfúrico

Características de inversores

Un inversor es un dispositivo que convierte la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Se utilizan para artefactos eléctricos que requieren CA o para hacer conexiones a una red CA. La selección debe hacerse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Voltaje de Entrada en Corriente Continua

- ✓ Valores comunes son 12, 24, 48 VDC.
- ✓ Voltaje de Salida en Corriente Alterna
- ✓ Los valores más comunes son 110/120, 220/230 VAC y frecuencias de 50 y 60 Hz. Algunos fabricantes ofrecen 220/230 VAC y 60 Hz que corresponde a nuestro medio.

- ✓ Potencia Nominal

Es la potencia en operación que puedan requerir las cargas de consumo.

- ✓ Potencia Pico

Los picos de potencia que puedan requerir las cargas de consumo como por ejemplo el arranque de motores eléctricos de electrodomésticos, deben considerarse para que cuando se presente esta eventualidad el inversor no sea dañado.

- ✓ Forma de la Onda Alterna de Salida

Se emplean las formas senoidal modificada y senoidal pura. Es preferible la forma senoidal pura pues garantiza valores correctos de voltaje y potencia de salida, alta eficiencia para el sistema eléctrico y mayor vida para las baterías. Los inversores no senoidales causan voltajes incorrectos que dificultan la operación de equipos, producen distorsión armónica que causa interferencia en comunicaciones y recalentamiento de los equipos eléctricos en uso.

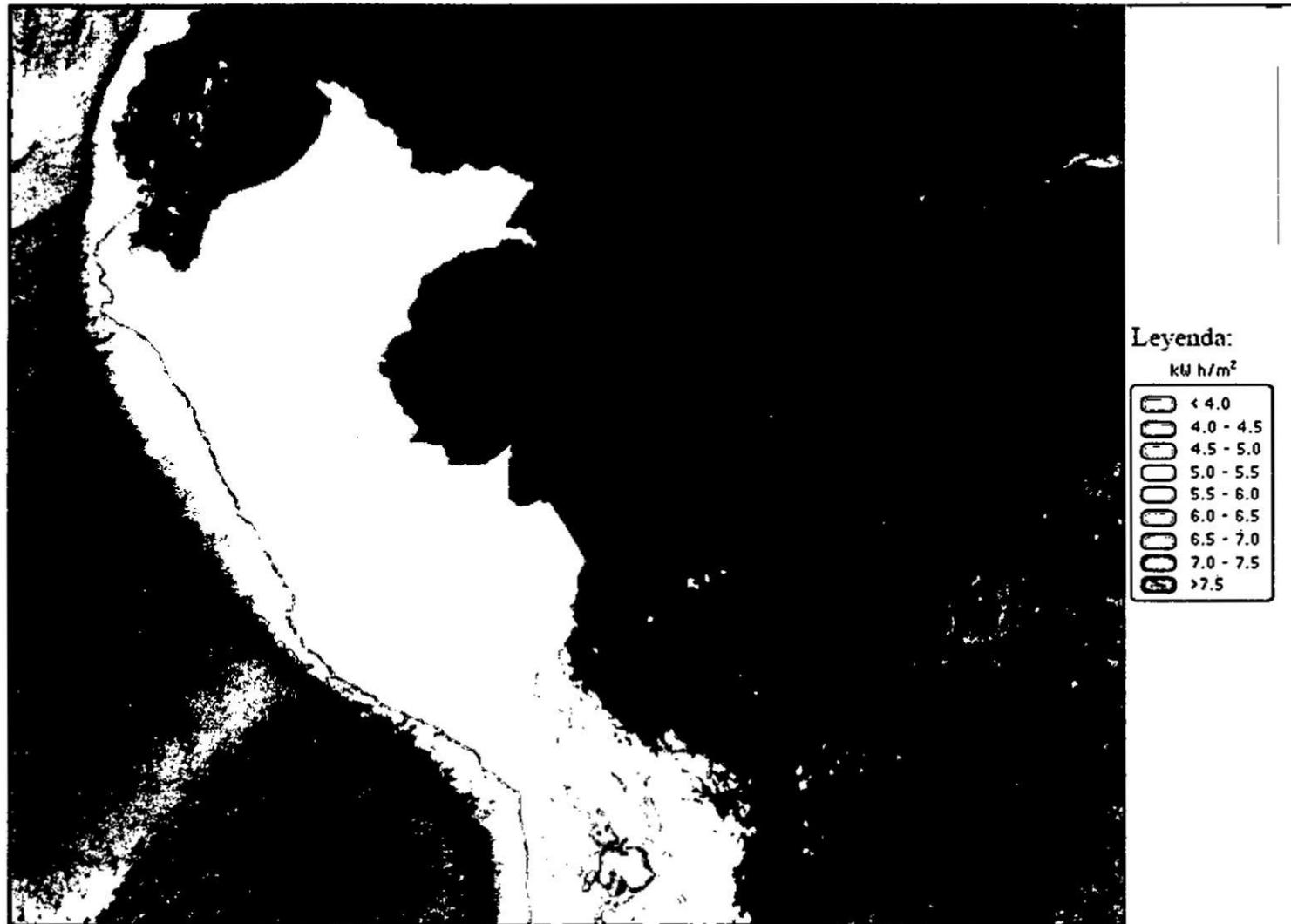
2.3. Definiciones de términos básicos

- ✓ **Epistemología:** Es una disciplina que estudia cómo se genera y se valida el conocimiento de las ciencias.
- ✓ **Simulación:** Es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital.
- ✓ **Modelamiento:** Reproducción ideal y concreta de un objeto o de un fenómeno con fines de estudio y experimentación.
- ✓ **Método:** Es la manera de alcanzar los objetivos o el procedimiento para ordenar la actividad. Cabe destacar que el método se desprende de la teoría.
- ✓ **Técnica:** Es un conjunto de reglas y operaciones para el manejo de los instrumentos que auxilia al individuo en la aplicación de los métodos.
- ✓ **Estrategias:** Son acciones propias del investigador para obtener lo que necesita para su investigación.
- ✓ **Cultura eléctrica:** Entidad de gestión, producción, programación y creación de cosas del conocimiento dimensionales que gobiernan la ingeniería eléctrica.
- ✓ **Mediciones de Tensión:** De las mediciones realizadas se puede concluir que ningún registro de tensión durante el periodo de medición en los diferentes puntos se encuentran fuera de los márgenes de variación permisibles establecidos en la NTCSE, esto es $\pm 5\%$ de la tensión nominal de referencia que para la barra de salida de baja tensión es de 230 Voltios y las tolerancias para este nivel de tensión deben estar entre 218 y 241

Voltios. En los diferentes gráficos se pudo observar que no hay intervalos medidos que transgreden las tolerancias establecidas.

- ✓ **Mediciones de Flicker:** De las mediciones realizadas en los diferentes puntos de medición se pudo apreciar que no existen intervalos que superaron la tolerancia establecida por la NTCSE, siendo el margen de tolerancia de 5% de los intervalos totales registrados.
- ✓ **Sistemas autónomos:**
Es un sistema de generación aislado de la red eléctrica.
- ✓ **Sistema Híbrido:**
Es la combinación de energía solar fotovoltaica con otra, o más fuentes de energías renovables, generador diesel u otras combinaciones.
- ✓ **Tensiones Armónicas (THDv (%)):** De las mediciones realizadas se concluye que las variaciones del Factor de Distorsión Total por efecto de las Tensiones Armónicas durante el periodo de medición se han mantenido dentro de las tolerancias permisibles establecidas en la NTCSE (8% para Media y baja Tensión).

2.2.3 Potencial solar y eólico en el Perú.





III. VARIABLES E HIPOTESIS

3.1. Variables de la Investigación.

Para demostrar y comprobar la hipótesis que formularemos, debemos definir las variables y sus relaciones pertinentes, que son:

X= Radiación solar

Y= Velocidad del viento

Z= Potencia generada del sistema de integración de energías renovables.

3.2. Operacionalizacion de Variables

Al operacionalizar las variables formuladas se determinan los indicadores correspondientes a cada una de las variables, los cuales son:

X1=Caracterizar el nivel de radiación solar en zonas rurales de Perú.

Y1= Caracterizar la velocidad del viento en zonas rurales del Perú.

Z1= Aprovechamiento de la potencia generada del sistema autónomo de generación de energías renovables integradas.

3.2 Hipótesis general

La implementación del sistema autónomo de energías renovables en zonas rurales del Perú, mejorara la calidad de vida del poblador evitando

así la migración poblacional y permitirá el acceso a energía eficiente, fomentando así el crecimiento de la economía.

IV. METODOLOGIA.

4.1. Tipo de Investigación.

Por la naturaleza de la investigación nuestro trabajo corresponde que según clasificación.

Según el objeto de estudio:

Investigación aplicada ya que se aplicara los conocimientos de ingeniería y técnica para el provecho de integración de energías renovables en zonas rurales del Perú.

Investigación en campo por que se aplicara para resolver una necesidad o problema en una zona donde hay carencia de energía eléctrica.

Según la técnica de obtención de datos:

Investigación proyectiva por que se elaborara una propuesta o modelo y/o proyecto para solucionar un problema.

Según su ubicación temporal:

Investigación transversal El proyecto tendrá una duración de 5 meses.

4.2. Diseño de la Investigación.

4.2.1 La primera etapa para dar solución al problema objeto de investigación, recopilar información del estado situacional de la electrificación rural en zonas dispersas , así como tecnologías de sistemas autónomos de

generación integrando energías renovables, analizando su viabilidad y sostenibilidad en la aplicación de la zona del proyecto.

4.2.2 La segunda etapa es la verificación de la sostenibilidad de la aplicación del tema a tratar, y la verificación de los indicadores de bienestar en la calidad de vida del poblador rural y así evitar la migración rural.

4.2.3 La tercera etapa es la evaluación, el estudio de los sistemas autónomos de generación, su aplicación integrando y distribuyendo la energía renovable aprovechada en la zona rural.

4.2.4 La cuarta etapa es desarrollar el análisis de los beneficios de la Integración de energías renovables, la calidad de vida mejorada y el índice de dispersión rural.

4.3 Población y Muestra.

Para aplicar en nuestro modelo de estudio de integración de energías renovables los instrumentos de encuesta previamente determinado y poder alcanzar los objetivos, probar, explicar y demostrar la hipótesis formulada; es necesario aplicar las técnicas estadísticas para determinar el tamaño de la muestra de la población.

Para el caso de nuestra investigación, la población es finita y pequeña por tanto la muestra es igual a la población:

N = n = Zonas Aisladas del Perú

Dónde:

N: Población

n: Muestra

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

A través de este método general histórico conoceremos la evolución histórica que ha experimentado los sistemas de energías renovables y su contribución en los sistemas aislados; también conoceremos las zonas con potencial energético eólico y solar, a través de los mapas de energías renovables suministrados por el SENAMHI, otros.

4.5 Procedimiento de recolección de datos.

A través de este método general histórico conoceremos la evolución histórica que ha experimentado los sistemas de energías renovables y su contribución en los sistemas aislados; también conoceremos los índices de dispersión rural, a través del ATLAS de energías renovables, otros.

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.

Se utilizara la estadística descriptiva y cuantitativa, por consiguiente sus indicadores que analizaremos se mencionan a continuación:

- ✓ Evaluación de la energía y máxima demanda
- ✓ Costos de energía eléctrica
- ✓ Análisis energético de las instalaciones en condiciones actuales de operación

- ✓ Máxima demanda y consumo de energía eléctrica.
- ✓ Balance de potencia y energía por sectores de consumo y proyección de la demanda
- ✓ Evaluación de las instalaciones eléctricas existentes:
 - Evaluación de las pérdidas eléctricas en subestaciones
 - Evaluación de las pérdidas eléctricas en las redes en baja tensión
 - Evaluación de motores eléctricos
 - Evaluación del sistema de iluminación
 - Mediciones puntuales de corriente y temperatura
 - Registro de temperatura y humedad ambiental

V. CONCLUSIONES

1. El uso de fuentes de energías renovables, son medidas que permiten aliviar el uso de las energías convencionales, Reduciendo la dispersión de la población en pequeñas localidades, estancamiento productivo, la pobreza extrema, la marginación y el rezago social, logrando con esto alcanzar una cierta independencia, consiguiendo además, disminuir los niveles de contaminación al dejar de utilizar en parte combustibles fósiles, disminuyendo también la necesidad de construir centrales hidroeléctricas para satisfacer la demanda energética.
2. La escasa masificación de las instalaciones fotovoltaicas en zonas donde se puede aprovechar la buena radiación solar a lo largo del

Perú, provoca que los costos asociados a la instalación sean excesivamente elevados, haciéndolos poco rentables.

3. Los sistemas híbridos son una buena solución para dotar de energía eléctrica renovable en emplazamientos aislados de la red eléctrica y con un desfase temporal entre la energía disponible del sol y la energía disponible del viento. La suma de dos energías fluctuantes en el tiempo se convierte en una energía menos fluctuante, y de esta forma se reduce el tamaño de la batería en comparación con un sistema que sólo utilice una forma de energía. Los costos de energía para el caso de un sistema híbrido son drásticamente inferiores frente al uso de grupos electrógenos.
4. También cabe destacar que el mantenimiento de los paneles solares es prácticamente nulo, siendo su vida útil de 25 a 30 años, aproximadamente. En el caso de las turbinas eólicas, cuando son de baja potencia, el mantenimiento para fines prácticos también puede considerarse nulo; donde su vida útil es de 20 años aproximadamente.
5. Es necesario crear conciencia colectiva en cuanto a la utilización de los recursos disponibles, para lo cual es recomendable partir por nosotros mismos, aplicando medidas simples podremos ayudar a optimizar los recursos y así dar un alivio a nuestro planeta.

6. La idea de un sistema híbrido eólico fotovoltaico puede ser viable dependiendo de las condiciones climáticas y en algunos casos es posible que sea la mejor opción pero no siempre. Es por eso que debe hacerse un estudio riguroso de las condiciones climatológicas para determinar si es viable el sistema híbrido.
7. El problema del suministro eléctrico en zonas rurales de difícil acceso es común en muchas localidades de nuestro país. Proyectos como el que se desarrolla en este trabajo de investigación, ayudan a solucionar problemas energéticos que afectan radicalmente el desarrollo de las comunidades, esto sin perder de vista la conservación del medio ambiente. Por estos motivos, el fomento al uso de este tipo de tecnologías se ha vuelto tan importante en la actualidad y es que el uso racional y eficiente de la energía pueden determinar el futuro del planeta.
8. El futuro de la energía solar se relaciona con los acontecimientos que hoy se viven; la producción de dispositivos solares ha crecido en los últimos años. En un futuro próximo la producción de artefactos solares será mayor, así como los precios de los paneles fotovoltaicos serán más económicos; lo que probablemente resulte en una mejor competitividad en los precios de instalación de sistemas híbridos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar este tipo de proyecto en zonas donde exista bastante concentración de energía solar y eólica simultáneamente, ya que se podrá aprovechar dicho potencial energético.
2. En el proceso actual de descentralización, el estado debe promover la inversión privada en la electrificación rural y especialmente en sistemas innovadores como el del presente proyecto, donde se utiliza simultáneamente dos fuentes de energía.
3. En este tipo de proyectos, el financiamiento sería cubierto por ONGs internacionales cuya misión es la de extender y facilitar el acceso a los servicios energéticos en pueblos aislados donde aún no tienen acceso a dicho servicio.
4. Se sugiere que la aplicación del sistema de generación autónomo de energías renovables integradas inicie en zonas de consumo de baja potencia eléctrica, posteriormente con el prototipo elaborado este sea escalable, es decir se puede utilizar el mismo principio de funcionamiento en conjunto con turbinas eólicas de alta potencia y paneles solares de mayor capacidad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Libros y manuales.

- 1. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Manual de Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica. Lima, Ediciones MEM, 1999.**
- 2. Dimensionamiento de una central eólica para la electrificación rural, Hernán Villa Liceta.**
- 3. Aprovechamiento de la energía Eólica para electrificación de localidades aisladas en el Perú Jorge Zuazo Iorogo.**
- 4. Energía Solar Fotovoltaico en el distrito de Orcotuna Región Junín, presentado por el MG. Óscar Tacza Casallo. RESOLUCION RECTORAL N° 619-09-R, CALLAO**
- 5. Estudio de factibilidad de sistemas híbridos eólico- solar en el departamento de Moquegua - pontificia universidad católica del Perú.**
- 6. Sistema Autónomo de Generación de Energía Renovable - Universitat Politècnica de Catalunya**
- 7. APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN ZONAS MARGINALES DEL PAÍS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

8. Fundamentos Aerodinámicos de las Máquinas Eólicas

Universidad Nacional del Santa (UNS) Perú, 2008

Mg. Amancio Rojas Flores.

Páginas web.

1. <http://deltavolt.pe/atlas/eolico>.
2. www.abb.com/product.
3. <https://energeticafutura.com>
4. www.solaryeolica.com
5. www.teknosolar.com.
6. www.eolicasolar.cl.
7. <http://ecoinventos.com/>
8. www.asesoraelectrica.com
9. www.renovablesverdes.com
10. <http://www.minem.gob.pe/>

MATRIZ DE CONSISTENCIA

| TÍTULO | PROBLEMA PRINCIPAL | PROBLEMAS ESPECÍFICOS | OBJETIVO PRINCIPAL | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | HIPÓTESIS PRINCIPAL | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS | VARIABLES | ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN | ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN |
|--|--|--|--|---|---|---|---|---|--|
| GENERACION AUTONOMA DE ENERGIAS RENOVABLES INTEGRADAS EN ZONAS RURALES DEL PERU | ¿Cómo la carencia de electrificación afecta las perspectivas tecnológicas, sociales, organizativas y productivas en zonas rurales en el Perú, impidiendo al desarrollo socio-económico y aumentando la dispersión poblacional? | <p>ESPECÍFICO 1 ¿Cómo el desconocimiento del potencial energético solar-eólico afecta el aprovechamiento o del uso de estos recursos?</p> <p>ESPECÍFICO 2 ¿Cómo el poco interés de la investigación de parámetros de radiación solar y velocidad del viento minimiza el aprovechamiento o del uso de estos recursos?</p> <p>ESPECÍFICO 3 ¿Cómo la carencia de conocimiento de tecnología para integrar energía solar-eólica, no permite contribuir al desarrollo socio-económico?</p> | Plantear una alternativa de solución para electrificar zonas rurales del Perú, mediante un sistema de generación autónomo de energías renovables integradas. | <p>ESPECÍFICO 1 Identificar las zonas rurales con potencial energético solar-eólico aprovechables.</p> <p>ESPECÍFICO 2 Analizar los valores radiación solar y velocidad del viento en zonas rurales.</p> <p>ESPECÍFICO 3 Identificar las características técnicas de sistemas de generación autónomas de energías renovables integradas.</p> | Con la implementación del concepto de energías renovables integradas se mejorará la calidad de vida del poblador, electrificando las zonas rurales y así evitando la dispersión poblacional generando desarrollo socio-económico. | <p>ESPECÍFICO 1 Utilizando dos tipos de generación de energías renovables aprovecharemos el máximo potencial energético disponible</p> <p>ESPECÍFICO 2 Aplicando la integración de un sistema autónomo de energías renovables nos permitirá la generación a coste cero.</p> <p>ESPECÍFICO 3 Integrando los tipos de energía distribuiremos eficientemente.</p> | <p>Variable X Radiación solar en zonas rurales.</p> <p>Variable Y Velocidad del viento en zonas rurales.</p> <p>Variable Z Potencia generada del sistema autónomo de energías renovables integradas.</p> | <p>Tiempos de implementación</p> <p>Gestión de la implementación</p> <p>Gestión de recursos.</p> <p>- Definir el problema a investigar</p> <p>- Seleccionar y establecer el diseño de la investigación</p> <p>- Recolección de datos y análisis</p> <p>- Formular hallazgos</p> <p>- Definir procedimientos de aplicación</p> <p>- Conclusiones</p> | El análisis se debe iniciar con la recolección de información acerca del potencial energético de las zonas rurales del Perú, con la confirmación de existencia de energía renovable, verificación mediante datos estadísticos. Una vez se tiene codificada toda la información se debe plantear el sistema de integración, el análisis como tal puede dar inicio. Luego de analizar la información se puede hacer las primeras deducciones de cómo se comporta este sistema y como debería corregirse. |