

CAPITULO I

I.1. ANTECEDENTES

Inexistencia de redes eléctricas y de sistemas turbo-generadores en zonas alejadas, es necesario evaluar la factibilidad de instalar sistemas alternativos de energía solar, eólica, hidráulica o sistemas híbridos combinados de aquellos.

En el oriente ecuatoriano existen comunidades que no tienen acceso a la energía eléctrica del Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.) por varias razones; entre ellas, la distancia y el difícil acceso y que han adoptado a la generación alternativa y/o diesel como solución a la falta de energía, tal es el caso de la cabecera cantonal Taisha.

En el siguiente cuadro se puede observar algunos datos de la comunidad de Pitiur. *

Nro.	FECHA	SOLICITANTE	TIPO DE SOLICITANTE	CONTACTO		LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO			
				NOMBRE	TELÉFONO	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LOCALIDAD
332	oct-03	COMUNIDAD SHUAR	Comunidad	Pedro Juwa	042527048	MORONA	TAISHA	TAISHA	PITIUR

TIPO DE INSTALACIÓN	BENEFICIARIOS		ACTIVIDAD PRODUCTIVA
	DIRECTOS	TOTAL	
ESCUELA Y VIVIENDAS (9)	47	47	Ganadería

INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE									
CARRETERA	AGUA	ALCANTARILLA	LETRINAS	TELEFONO	RADIO	P. SALUD	C. ESCOLAR	C. COMUNAL	OTRO
Camino vecinal	Río	No	No	No	No	No	Si	Si	
AUTOGEN DEELEC	DISTANCIA ALARED	EMPRESA ELÉCTRICA	PROYECTO FERUM	RECURSOS ENERGÉTICOS			ENERGÉTICOS MÁS UTILIZADOS		
No		EERCSSA	No	SOLAR	EÓLICO	HÍDRICO	GLP	LEÑA	OTRO
				2	4	No		x	x

* MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Matriz de solicitudes, 1993

El teniente político de Taisha confirma la necesidad de realizar este estudio y adicionalmente notifica de la existencia de sistemas fotovoltaicos y aerogeneradores ya instalados en la cabecera cantonal.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, se crea la posibilidad de realizar el estudio dentro de una zona favorable para la instalación de energía eólica y fotovoltaica.

I.2. DESCRIPCION DE LA ZONA

Para tener una idea del sector, se tomará a Taisha como referencia para el análisis social, económico, y tecnológico; útiles para el desarrollo de la investigación.

I.2.1 Pitiur.

La comunidad de Pitiur es un recinto del oriente ecuatoriano que vive aislado del resto del Ecuador por la falta de vías carrozables. Se encuentra ubicada, en la provincia de Morona Santiago, distante 13.24 km al noroeste de la cabecera cantonal Taisha, seis horas a caballo, que es la única forma de acceso.

Los datos geográficos de la ubicación de Pitiur, son los siguientes:

Latitud : 2°20`25.95" S

Longitud : 77°36`38" W

Altura : 695 m.s.n.m.

Provincia : Morona Santiago



*Fuente: GOOGLE Heart
Elaboración: José Mera*

I.2.2 Taisha

Es la cabecera cantonal del cantón de su mismo nombre; está ubicada en el corazón de la Amazonía, se cantonizó el 28 de junio de 1996

El Valle de Taisha ha permanecido durante muchas décadas en total abandono, debido a la carencia total de vías de comunicación y las dificultades que entrañan la penetración al cantón.

A partir de 1956, llega a Taisha un grupo de militares ecuatorianos para resguardar la frontera, entre Perú y Ecuador, pues Taisha se reconoce como zona fronteriza, gracias a ellos se intensificó el tráfico aéreo porque los aviones de la FAE comenzaron a llegar periódicamente con herramientas, ropa, medicinas, etc.

I.2.3 Ubicación geográfica

Taisha tiene la siguiente ubicación geográfica.

Altura : 426 m.s.n.m.
Latitud : 2° 23` 0" S
Longitud : 77° 30` 0" W
Provincia : Morona Santiago



*Fuente: GOOGLE Heart
Elaboración: José Mera*

I.2.4 Situación social

El pueblo de Taisha está localizado a 250 km de Quito, tiene 14 mil habitantes (90% Shuar y Achuar y 10% colonos y mestizos).

El número de residentes de este poblado, ha aumentado dramáticamente, por eso las frecuencias aéreas no dan abasto y las necesidades de infraestructura social aumentan.

Los dos pueblos (shuar y achuar) tienen una misma raíz lingüística, pero su diferencia en los dialectos durante siglos los mantuvo alejados. Ahora la colonización de sus tierras, las enfermedades raras, los han obligado a unirse y planificar el futuro en Taisha.

I.2.5 Situación económica

Taisha es el único cantón de Morona Santiago que no tiene vía carrozable. Por eso toda la vida gira alrededor del aeropuerto y de las avionetas que prestan servicio de transporte aéreo. Ver Anexo1

Gracias al transporte aéreo, se han podido edificar casas de adobe y cemento, y existe la circulación vehicular de tres camionetas.

Para tener idea de la distancia se puede indicar que un viaje entre esta población de Taisha y Macas significa ocho días a pie o diez horas en canoa, y luego un viaje en bus desde San José de Morona que puede durar unas doce horas más. Por eso la avioneta forma parte de la cultura de ahorro de las personas, pues fletar una aeronave para tres pasajeros cuesta 208 dólares, para llegar a Macas, y 258 dólares hasta Shell-Mera.

La FAE hace una labor social en la zona al cobrar 4 y 7 dólares por esos vuelos, sobre todo cuando se trata de transportar enfermos.

Otra actividad productiva a la que la gente se dedica es la agricultura de productos como yuca, plátano, maíz, maní, achiote, cacao, así como la uña de gato, sangre de drago; que les sirve para el consumo familiar y el excedente para el comercio.

Además realizan actividades de ecoturismo y comercialización de productos de la zona; poseen una cooperativa de ahorro y una pequeña empresa aérea. Actualmente, en la comunidad Kapawi existe un proyecto

de turismo manejado por la compañía de turismo CANODROS a quienes arriendan los territorios Achuar; en ocho años será propiedad de la FINAE. La migración es mínima y está dirigida hacia las cabeceras cantonales y empresas para vender su fuerza de trabajo.

I.2.6 Expectativas Futuras

A futuro es posible que se cuente con una carretera para unir Taisha con Macas, lo que aumentará las actividades económicas del sector.

Estos antecedentes sociales y económicos en que vive el sector hacen prever que durante algún tiempo (mínimo 10 años), el cantón Taisha y sus comunidades no podrá ser atendida con energía eléctrica del sistema nacional interconectado, sino que lo deberán remplazar con alguna energía alternativa.

I.2.7 Descripción de las viviendas y escuela en Pitiur.

La comunidad de Pitiur consta de un centro poblado de nueve viviendas y una escuela; así como, de algunas viviendas alejadas a kilómetros del centro poblado.

Las viviendas del centro son de construcción mixta, de adobe y cemento con techos de láminas de zinc y otras (las más alejadas) con techos de hojas de plátano de la zona.

La escuela está compuesta por dos aulas y una batería higiénica, para la cual se hace necesaria la bomba de agua.

I.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL LUGAR

De acuerdo con la información recopilada en el INAMHI y en la FAE, no existen en la actualidad estaciones meteorológicas en la zona fronteriza con el Perú, que

estén instaladas y funcionando; pero, de acuerdo con la información proporcionada por el departamento de Climatología y vientos del INAMHI, se tiene previsto instalar estaciones remotas en sitios fronterizos; uno de ellos es Taisha. Adicionalmente el INAMHI, ratifica lo ya expuesto de la información climatológica en la zona y afirma que Taisha tiene una Heliofanía y vientos, similar a lo que se tiene en la estación Sangay. Recomienda usar los datos de esta estación para los estudios requeridos en el presente estudio.

I.3.1 Definiciones Generales*

I.3.1.1 Heliofanía.

Es la medida de la radiación solar, desde el punto de vista de la duración en el tiempo de la radiación solar con la intensidad suficiente para producir formas definidas. Se mide en horas y minutos de brillo solar.

I.3.1.2 Heliofanógrafo.

Es un aparato que sirve para medir la heliofanía; que registra de manera gráfica la duración en el tiempo de la radiación cuya intensidad es suficiente para producir formas definidas. Constituida por un lente esférico que realiza quemaduras en una faja de papel debido a la radiación recibida en forma directa, instalado a un metro cincuenta de altura.

I.3.1.3 Viento.-

Movimiento del aire respecto a la superficie de la tierra en una dirección y velocidad determinadas. Las direcciones se toman de

* INAMHI, Anuario Metereológico del Ecuador, 1999

donde viene o procede el viento, las velocidades en metros por segundo.

I.3.1.4 Dispositivos para medir el viento

Anemocinemógrafo.- Aparato registrador en un gráfico de la variación cronológica de la dirección fuerza y recorrido del aire.

Veleta aspa de Wild.- Anemómetro de observación directa del viento, en el cual el viento actúa sobre una placa liviana suspendida sobre un eje horizontal, cuya inclinación con la vertical está en función con la velocidad del viento y que por medio de una veleta posiciona el aparato con referencia de donde sopla el viento marcando su dirección.

Anemómetro Totalizador.- Anemómetro de cazoletas o molinete donde la rotación se transmite a un contador mecánico indicando directamente el movimiento del aire que pasa por el anemómetro, o sea mide el recorrido del aire del cual se calcula la velocidad media del aire en Km/hora.

Todos estos aparatos se encuentran instalados a **diez** metros de altura.

I.3.1.5 Procesamiento de la información.

Heliofanía.- El tiempo de duración del brillo solar está expresado en horas y décimos de hora, en relación con las horas teóricas de permanencia del sol sobre el horizonte (12 horas en el Ecuador).

Vientos.- Para cada una de las ocho direcciones (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW), se obtiene los valores medios mensuales de la velocidad en metros por segundo en base de los registros medios

calculados por las tres observaciones diarias. Igualmente se determina la frecuencia en porcentaje, con relación al total de observaciones de viento realizadas.

También se obtiene el porcentaje mensual de calmas ($v=0$ m/s) registradas, el total de observaciones, la mayor velocidad del viento en el mes. Es necesario aclarar que este último valor no debe tomarse como valor de racha máxima.

Otro valor que se presenta es la media mensual del viento en 24 horas. Esta se define como el valor medio del dato calculado diariamente, por diferencia de los registros del anemómetro totalizador de las 07 horas del día en consideración, con el de las 07 horas del día siguiente.

Tanto para los valores medios mensuales de velocidad y frecuencia, como velocidad en 24 horas y máxima se precisan un mínimo de 20 datos medios diarios.

I.4 ESTUDIOS SOLARES DE LA ZONA

La radiación solar en Taisha, no tiene datos reales, por esta razón, para el análisis se va a considerar los valores que reporta la estación meteorológica de Sangay; que es la más cercana a la zona.

I.4.1 Datos de heliofanía de la estación Sangay

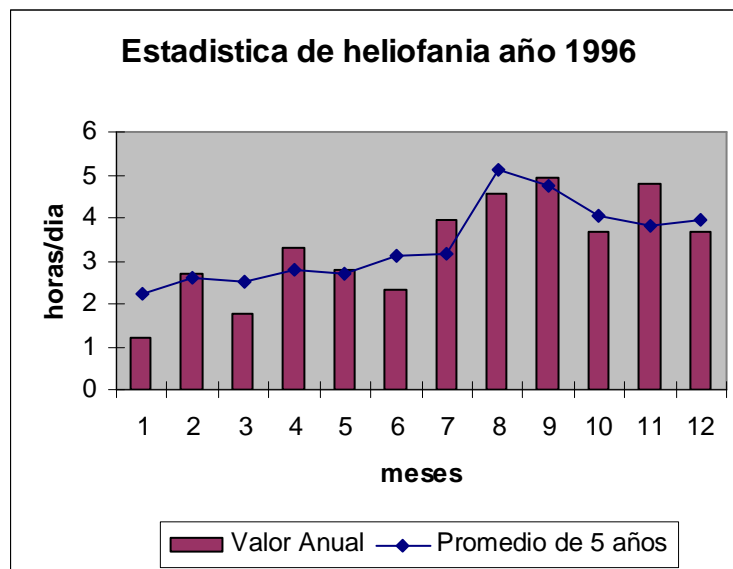
A continuación se presenta un cuadro con datos de heliofanía, recopilados desde 1995 hasta 1999, en los anuarios del INAMHI. Ver anexo 2; Está expresada en número de horas de insolación al mes.

Estadísticas Mensual y anual de la estación climatológica					
ESTACION SANGAY (Santa Ana)					
HELIOFANIA (horas/mes)					
MES	1995	1996	1997	1998	1999
ENERO	85,2	35,7	102	67,1	47,5
FEBRERO	119,6	81,5	38,1	75,9	
MARZO	103,5	53,2	67,5		
ABRIL	71,1	99,2	75,1	88,7	
MAYO	103,9	84,4	55,3		
JUNIO	98,9	70,1	127	75,9	
JULIO		119	93,3	80,8	87,6
AGOSTO	170,6	136,7	153	154	
SEPTIEMBRE	146,3	147,3	137	137	
OCTUBRE	107,4	110,8	145	123	
NOVIEMBRE	109,5	143,8	69,4	118	134,1
DICIEMBRE	105,4	110,8		140	
Total	1221	1193	1063	1060	269,2

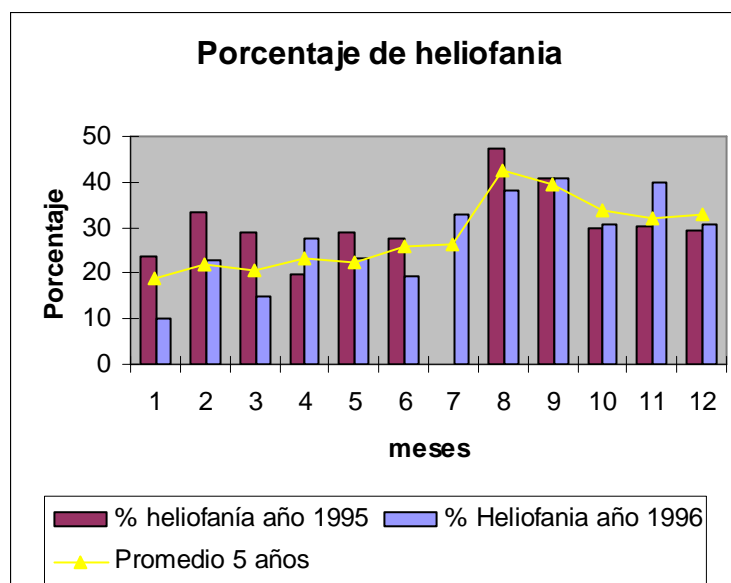
Fuente: INAMHI

Elaboración: José Mera

Tomando el año de 1996 como un año típico; por tener valores en todos los meses, se puede obtener los siguientes gráficos en horas /día de insolación, un promedio de la misma durante los 5 años de análisis y porcentaje radiación solar.



Fuente y elaboración: José Mera



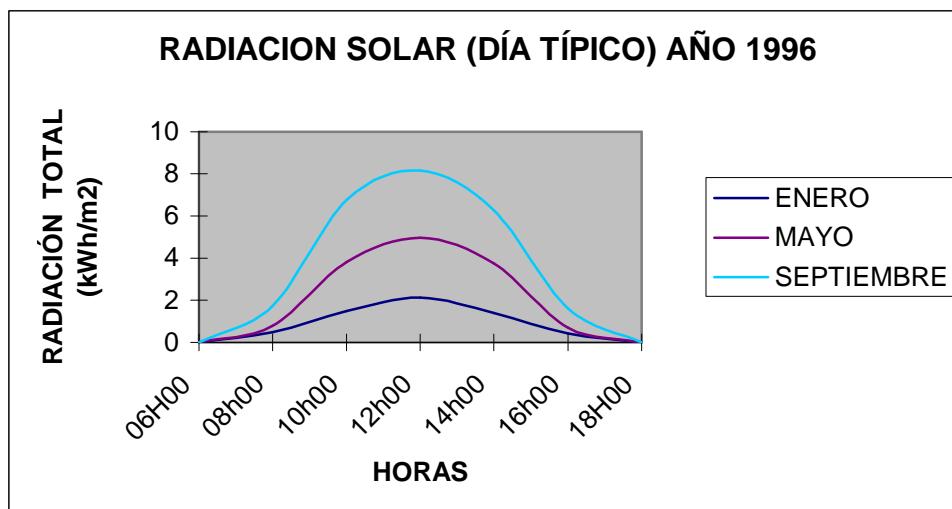
Fuente y elaboración: José Mera

El siguiente cuadro contiene información de la radiación solar, de un día típico en cada mes; expresada en kWh/m².

ESTACION SANGAY (Santa Ana)							
HELIOFANIA (kWh/m ²)							
LECTURAS DE UN DIA TIPICO EN CADA MES							
AÑO 1996	06H00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18H00
ENERO	0	0,50	1,48	2,13	1,40	0,43	0
FEBRERO	0	0,86	4,07	4,96	3,91	0,75	0
MARZO	0	0,63	1,90	3,67	2,13	0,53	0
ABRIL	0	1,23	4,60	5,57	4,07	1,07	0
MAYO	0	0,80	3,83	4,97	3,77	0,70	0
JUNIO	0	0,70	3,30	3,97	3,20	0,52	0
JULIO	0	1,17	5,70	6,83	5,13	1,00	0
AGOSTO	0	1,33	6,50	7,63	6,12	1,20	0
SEPTIEMBRE	0	1,73	6,77	8,17	6,28	1,60	0
OCTUBRE	0	1,30	4,83	6,50	4,50	1,33	0
NOVIEMBRE	0	1,80	6,60	7,93	5,93	1,70	0
DICIEMBRE	0	1,27	4,87	6,53	4,47	1,33	0

Fuente: INAMHI
Elaboración: José Mera

Con los datos anteriores se ha elaborado una curva de radiación solar para un día típico, indicando los meses extremos y un mes con valores intermedios



Fuente y elaboración: José Mera

Análisis

De los valores presentados en los cuadros y eliminando los meses donde no existe información, se puede mencionar que:

- 1.- En todos los meses del año existe radiación solar diaria, incrementándose en los meses de agosto hasta diciembre donde alcanza valores entre 4 y 5 horas al día de radiación en promedio de los 5 años de estudio.
- 2.- Analizando el año de 1996 se puede indicar que: en el mes de enero existe aproximadamente 1 hora y media de radiación solar por día que vendría a ser el dato más crítico. En los meses de febrero a julio la radiación solar oscila entre a 2 y hasta 3 horas diarias, mientras que de agosto a diciembre ésta aumenta hasta 5 horas diarias.
- 3.- La máxima radiación solar medida es de 6 horas diarias, equivalente al 50% del teórico en nuestra zona ecuatorial.

4.- El espacio de tiempo donde la radiación solar es más intensa se tiene de 10H00 a 14H00, donde se alcanzan valores de radiación, superiores al 50% del teórico de esta zona.

I.5 ESTUDIOS EÓLICOS DE LA ZONA

Los estudios del viento están divididos en dos partes: la primera con datos recopilados en forma manual por miembros de la FAE; desde 1968 a 1972, año en que ésta se retira del lugar. Y la segunda con datos de la Estación Meteorológica Sangay, extraídos de los anuarios del INAMHI desde 1995 a 1999.

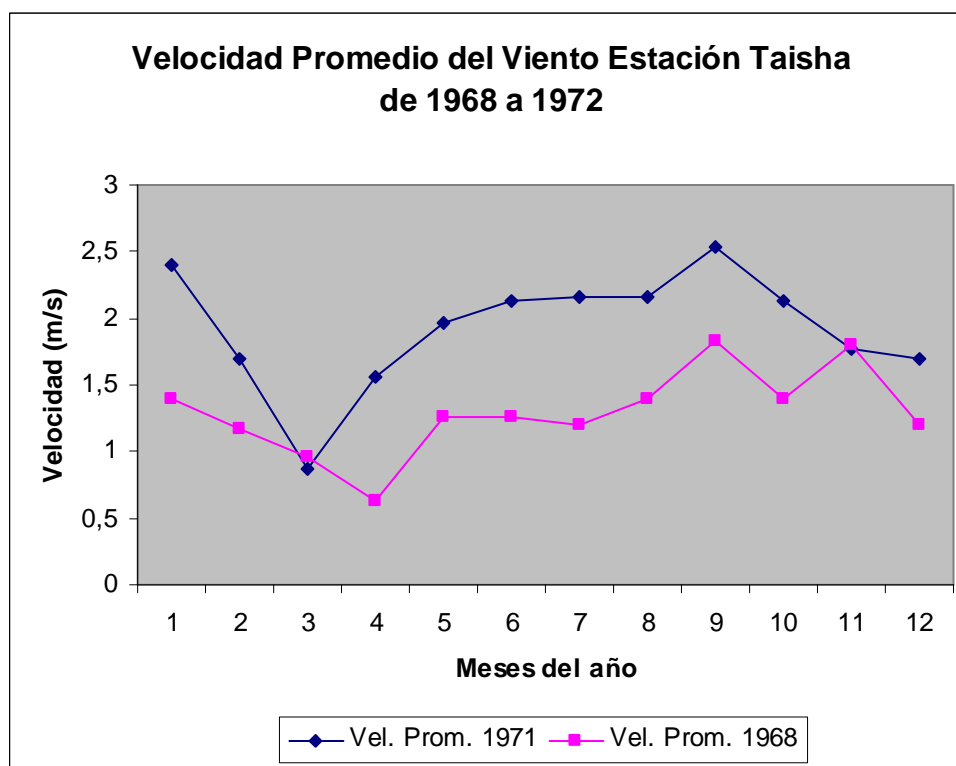
I.5.1 Datos históricos de la velocidad del viento en Taisha

A continuación se tiene un cuadro elaborado a partir de datos extraídos de los anuarios que reposan en el INAMHI, muy deteriorados por cierto, a tal punto que se prohibió su reproducción. Contiene valores promedio de las tres mediciones diarias realizadas en la zona.

Estadísticas Mensual y anual de la estación climatológica					
ESTACION TAISHA de la FAE					
MES	VELOCIDAD DEL VIENTO				
	Promedio (m/s)				
	1968	1969	1970	1971	1972
ENERO	1,4	1,633	1,667	2,4	1,7
FEBRERO	1,167		2,133	1,7	1,6
MARZO	0,967		2,133	0,867	1,767
ABRIL	0,633	1,467		1,567	1,8
MAYO	1,267	1,267	2,433	1,967	1,433
JUNIO	1,267	0,867	2,1	2,133	1,5
JULIO	1,2	0,8	2,2	2,167	1,933
AGOSTO	1,4	0,867	2	2,167	1,333
SEPTIEMBRE	1,833	1,433	2,567	2,533	
OCTUBRE	1,4	1,667	2,3	2,133	
NOVIEMBRE	1,8	1,533	2,433	1,767	
DICIEMBRE	1,2	1,567	2,267	1,7	
PROMEDIO	1,294	1,31	2,203	1,925	1,452

*Fuente: INAMHI
Elaboración: José Mera*

En el siguiente grafico se puede observar la tendencia de la velocidad del viento durante el año.



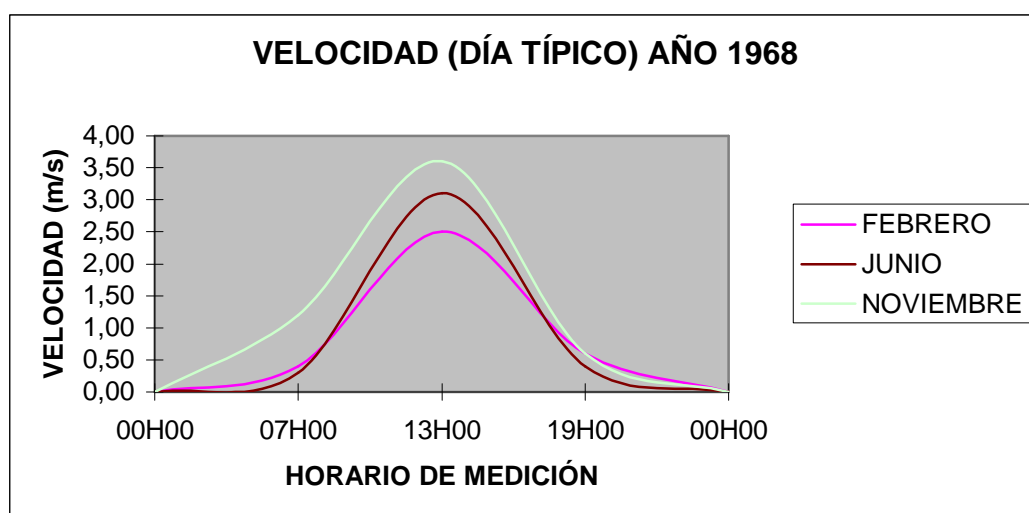
Fuente y elaboración: José Mera

Estadística Mensual y anual de la estación climatológica															
ESTACION TAISHA de la Fuerza Aérea Ecuatoriana															
MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (DÍA TÍPICO) m/s														
	AÑOS														
	1968			1969			1970			1971			1972		
	07H00	13H00	19H00	07H00	13H00	19H00	07H00	13H00	19H00	07H00	13H00	19H00	07H00	13H00	19H00
ENERO	1	2,3	0,9	0,3	3,5	1,1	1,4	2,6	1	2	2,9	2,3	1,1	2,5	1,5
FEBRERO	0,4	2,5	0,6				2,1	2,5	1,8	1,5	2,3	1,3	1,2	2,4	1,2
MARZO	0	2,2	0,7				1,5	3,1	1,8	0,1	1,8	0,7	1,3	2,4	1,6
ABRIL	0,1	1,8	0	1,4	2,1	0,9				1,3	2	1,4	1,2	2,4	1,8
MAYO	0,5	3	0,3	0,2	2,1	1,5	2	2,9	2,4	1,6	2,4	1,9	1,1	2,1	1,1
JUNIO	0,3	3,1	0,4	0,3	1,7	0,6	1,6	2,5	2,2	1,9	2,3	2,2	1,2	2,2	1,1
JULIO	0,6	2,1	0,9	0,4	1,2	0,8	1,6	2,8	2,2	1,8	2,4	2,3	1,8	2,3	1,7
AGOSTO	0,2	2,7	1,3	0,4	1,8	0,4	0,9	2,9	2,2	1,8	2,6	2,1	0,5	2,2	1,3
SEPTIEMBRE	1,7	2,8	1	0,2	1,9	2,2	2,2	3,1	2,4	2,5	4	1,1			
OCTUBRE	0,9	2,8	0,5	0,5	3,2	1,3	1,5	3	2,4	2,1	2,6	1,7			
NOVIEMBRE	1,2	3,6	0,6	1,2	2,4	1	2	2,9	2,4	1,4	2,5	1,4			
DICIEMBRE	0,4	3	0,2	1,1	2,5	1,1	2	2,6	2,2	1,3	2,7	1,1			
PROMEDIO	0,608	2,658	0,617	0,6	2,24	1,09	1,709	2,809	2,091	1,733	2,417	1,625	1,175	2,313	1,413

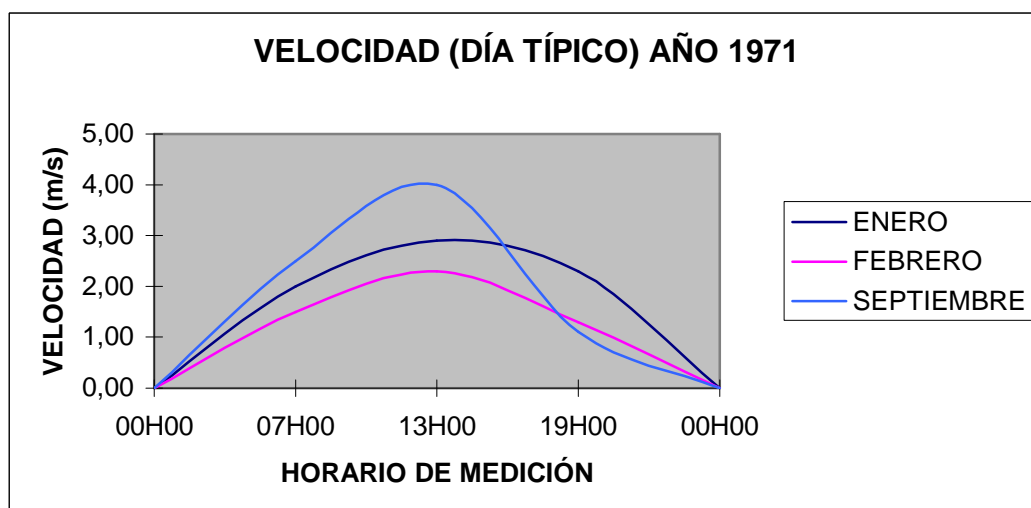
Fuente: INAMHI
Elaboración: José Mera

El cuadro anterior indica las tres mediciones diarias que se realizaban, expresadas en m/s, de un día típico por cada mes.

En los siguientes gráficos se puede observar la curva característica de la velocidad del viento en un día, tomando los meses donde ésta tiene valores extremos e intermedios para el posterior análisis y comparación con los valores estación Sangay.



Fuente y elaboración: José Mera



Fuente y elaboración: José Mera

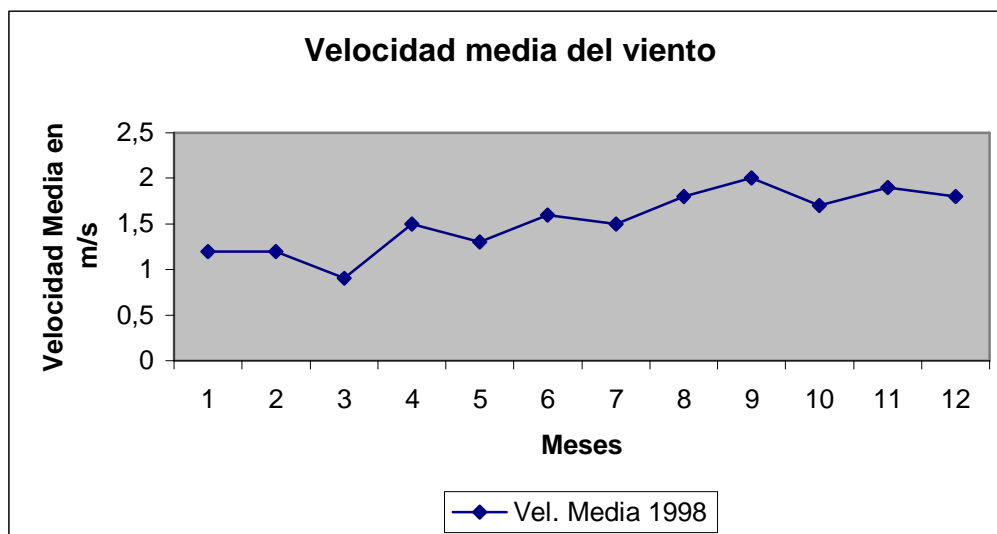
I.5.2 Datos eólicos de la estación Sangay

La estación meteorológica Sangay (P. Santa Ana), que es la más cercana a Taisha presenta los siguientes datos de la velocidad media del viento expresada en m/seg. Ver anexo 2

Estadísticas Mensual y anual de la estación climatológica						
SANGAY (P. SANTA ANA)						
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s)						
MES	AÑOS					
	1995	1996	1997	1998	1999	Prom
ENERO	1,1	0,6	1,3	1,2	1,3	1,1
FEBRERO	1,2	0,8	0,9	1,2	1,3	1,08
MARZO	1,7	1	1,2	0,9	1,4	1,24
ABRIL	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,44
MAYO	1,3	1,2	1,5	1,3		1,325
JUNIO	1,2	1,2	1,4	1,6		1,35
JULIO	1,2	1,1	1,2	1,5	1,4	1,28
AGOSTO	1,3	1,2	1,3	1,8		1,4
SEPTIEMBRE	1,3	1,3	1,3	2	1,5	1,48
OCTUBRE	1,2	1,2	1,3	1,7	1,5	1,38
NOVIEMBRE	1,2	1,5	1	1,9	1,7	1,46
DICIEMBRE	1,1	1,4	1,3	1,8	1,3	1,38
Valor anual	1,3	1,1	1,2	1,5	1,42	1,304

*Fuente: INAMHI
Elaboración: José Mera*

En el siguiente gráfico se observa la tendencia que tiene la velocidad del viento durante el año, y al comparar estos valores con los datos de la zona de Taisha se comprueba y ratifica lo manifestado por el INAMHI respecto a la similitud climatológica (viento y heliofania) de las dos zonas Taisha y Sangay.



Fuente y elaboración: José Mera

Análisis

Analizando los valores presentados se puede decir que:

- 1.- Todos los meses del año existe viento, cuyos valores tienden a incrementarse de mayo a septiembre.
- 2.- La velocidad del viento en un día típico alcanza valores de hasta 4 metros por segundo, siendo en la mañana y en la tarde que la velocidad disminuye ostensiblemente llegando a valores muy bajos como de 0,8 m/s.
- 3.- La máxima velocidad máxima del viento es de hasta 6 m/s
- 4.- El porcentaje de calma en cada mes está entre 50 y 60 por ciento (ver anexos), lo que significa que la zona no es ventosa.
- 5.- Entre las 10H00 y las 14H00 de un día típico, la velocidad del viento alcanza valores entre 3 y 4 metros por segundo.

Justificación.

De acuerdo con los datos de heliofanía y vientos de la zona, realizado el análisis respectivo y teniendo en cuenta que en la zona existen generadores eólicos y solares se puede justificar el desarrollo del proyecto en la comunidad de Pitiur.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEORICOS

II.1 ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Las energías alternativas a diferencia de las energías convencionales usan como fuente de generación recursos renovables y poseen una fuente prácticamente inagotable en relación al tiempo de vida del hombre en el planeta. Se producen de manera continua, no se agotan, y tienen su origen en los procesos ambientales y atmosféricos naturales: el viento, el sol, los cursos de agua, la descomposición de la materia orgánica, el movimiento de las olas en la superficie del mar y océanos, el calor interior de la tierra son fuentes de energías alternativas.

Para el caso del presente proyecto, se va a dar más importancia a la energía solar, la energía eólica y como elemento comparativo a la generación con grupo diesel.

II.2 LA ENERGIA SOLAR

Es aquella que aprovecha la energía del sol que llega a la tierra, en forma de rayos. Se la puede considerar como energía primaria y todas las demás; es decir, la energía hidráulica, viento, carbón, combustibles, etc. son producto de ella.

II.2.1 Radiación solar

En el sol existe una fusión nuclear, donde el hidrógeno se convierte en helio a una temperatura de 5000 a 5800 grados centígrados, en la superficie solar. Este calor al llegar a la tierra lo hace con una energía de aproximadamente 1350 W/m^2 para ser aprovechada.

La energía solar al pasar las diferentes capas de la atmósfera, se ve expuesta a diferentes fenómenos (absorción, reflexión y refracción); llegando a la superficie terrestre en forma efectiva entre 100 y 400 W/m^2 (Ver la figura 1)

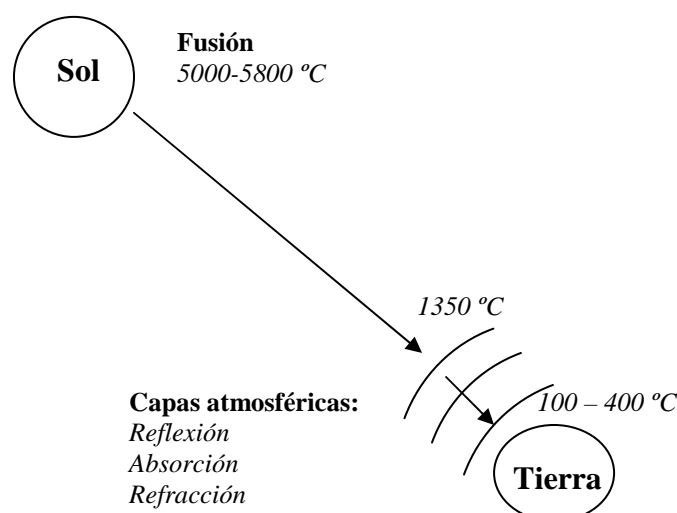


Fig.1 Radiación solar
Fuente y elaboración: José Mera

La radiación solar que llega a la superficie terrestre puede ser directa o dispersa. Mientras la radiación directa incide sobre cualquier superficie con un único y preciso ángulo de incidencia, la dispersa cae en esa superficie con varios ángulos.

Una superficie inclinada puede recibir, además, la radiación reflejada por el terreno o por espejos de agua o por otras superficies horizontales, fenómeno conocido como albedo. Las proporciones de radiación directa, dispersa y albedo recibida por una superficie dependen:

- *De las condiciones meteorológicas*
- *De la inclinación de la superficie respecto al plano horizontal*
- *De la presencia de superficies reflectantes*

En función del lugar, varía también, la relación entre la radiación dispersa y la total, ya que al aumentar la inclinación de la superficie de captación, disminuye la componente dispersa y aumenta la componente reflejada. Por ello, la inclinación

que permite maximizar la energía recogida puede ser diferente dependiendo del lugar.

Si llamamos I_D la radiación directa, I_s la dispersa y R al albedo, entonces resulta que la radiación solar total que cae sobre una superficie es:

$$I_T = I_D + I_s + R$$

II.2.2 Tipos de energía

La energía solar presenta varios tipos; la más conocida es aquella que se presenta como energía infrarroja, que es aproximadamente el 40% de la radiación solar total y sus aplicaciones más importantes son:

Concentración de calor y

Energía Fotovoltaica

II.2.2.1 Concentración de calor

Concentrar el calor que emite el sol, significa, hacer que los rayos del sol incidan en determinada dirección utilizando para ello espejos reflectores, parabólicos o planos y concentrar el calor en punto focal.

En muchos casos los espejos parabólicos son comandados por sensores de luz que les permiten girar para acomodar la radiación solar durante el movimiento diario de la tierra.

Este procedimiento permite tener un calor Q para realizar ciclos o procesos termodinámicos. Cuando esta temperatura es alta, es posible tener un ciclo de Rankine, para calentar o sobrecalentar vapor en tuberías.

II.2.2.1.1 Aplicaciones

La concentración de calor, puede ser usada para:

1.- Aplicaciones directas de calor en procesos industriales, calefacción, refrigeración, generación de agua caliente sanitaria para hogares, hospitales y hoteles; climatización de piscinas; usando colectores de baja y mediana temperatura

2.- Para producción de energía eléctrica

Para conseguir energía eléctrica a partir de la radiación solar se usa el colector térmico de alta temperatura (mayores de 500°C)

II.2.2.2 Energía fotovoltaica

La conversión directa de la energía solar en energía eléctrica se debe al fenómeno físico de la interacción de la radiación luminosa con los electrones en los materiales semiconductores, fenómeno conocido como efecto fotovoltaico, este fenómeno tiene lugar en la célula solar.

II.2.2.2.1 La célula fotovoltaica

La célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una delgada lámina de un material semi-conductor, frecuentemente de silicio.

Silicio Mono-cristalino: de rendimiento energético entre 15 - 17 %

Silicio Poli-cristalino: de rendimiento energético entre 12 - 14 %;

Silicio Amorfo: con rendimiento energético menor del 10 %

Generalmente, una célula fotovoltaica tiene un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35 mm y una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 100 cm².

Otros materiales para la realización de las células solares son:

Arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio;

Actualmente, el material más utilizado es el silicio mono-cristalino que presenta prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin.

II.2.2.2 Módulos fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico es una estructura robusta y manejable sobre la que se colocan las células fotovoltaicas. Los módulos pueden tener diferentes tamaños (los más utilizados tienen superficies que van de los 0,5 m² a los 1,3 m²) y constan normalmente de 36 células conectadas eléctricamente en serie.

Los módulos formados tienen una potencia que varía entre los 50Wp y los 150Wp según el tipo y la eficiencia de las células que lo componen.

II.2.2.2.1 Características eléctricas de un módulo fotovoltaico

Las características eléctricas principales de un módulo fotovoltaico se pueden resumir en las siguientes: Ver anexo 3

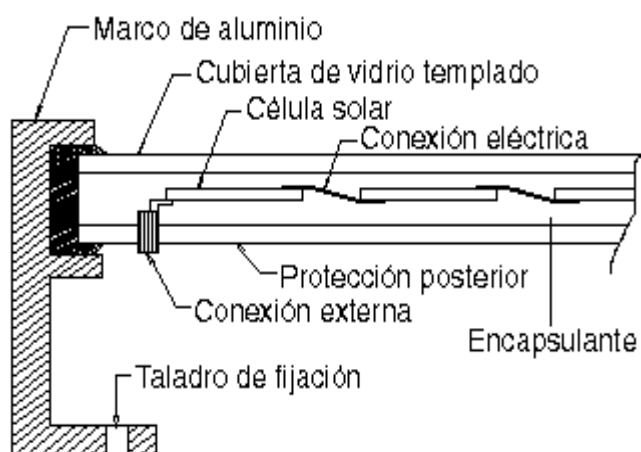
Potencia de Pico (Wp): potencia suministrada por el módulo en condiciones estándar STC (Radiación solar = 1000 W/m²; Temperatura = 25 °C; A.M. = 1,5).

Corriente nominal (A): corriente suministrada por el módulo en el punto de trabajo.

Tensión nominal (V): tensión de trabajo del módulo.

II.2.2.2.2 Estructura de un módulo.

Los módulos fotovoltaicos tienen estructuras y formas muy variadas, según los diferentes fabricantes. En forma general un módulo solar puede estar formado por: Cubierta exterior, Capa encapsulante anterior, Células fotovoltaicas, Capa encapsulante posterior, Protección posterior, Marco soporte, Contactos eléctricos de salida. (Obsérvese la figura 4)



*Fig. 4 Corte transversal de un panel fotovoltaico.
Fuente y elaboración: www.atersa.com*

II.2.2.2.3 Generador fotovoltaico

Está formado por el conjunto de los módulos fotovoltaicos, adecuadamente conectados en serie y en paralelo, con la combinación adecuada para obtener la corriente y el voltaje necesarios para una determinada aplicación. El elemento base es el módulo fotovoltaico.

Varios módulos ensamblados mecánicamente entre ellos forman el panel, mientras que módulos o paneles conectados eléctricamente

en serie, para obtener la tensión nominal de generación, forman la rama. Finalmente, la conexión eléctrica en paralelo de muchas ramas constituye el campo.

Los módulos fotovoltaicos que forman el generador, están montados sobre una estructura mecánica capaz de sujetarlos y que está orientada para optimizar la radiación solar.

La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía durante el año en función de la insolación de la localidad y de la latitud de la misma.

II.2.2.2.4 Sistemas fotovoltaicos

Se define como sistema fotovoltaico el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que captan y transforman la energía solar disponible, en energía eléctrica utilizable.

Estos sistemas, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías:

- Sistemas aislados.
- Sistemas conectados a la red

Los sistemas conectados a la red, se los va a descartar en el análisis de este proyecto, centrando el estudio en los sistemas autónomos o aislados, para dotar de energía a la comunidad de Pitiur.

II.2.2.2.4.1 Sistemas aislados o autónomos

Obsérvese en el siguiente gráfico, el esquema de instalación de un sistema aislado o autónomo de generación fotovoltaica.

SISTEMA AUTÓNOMO

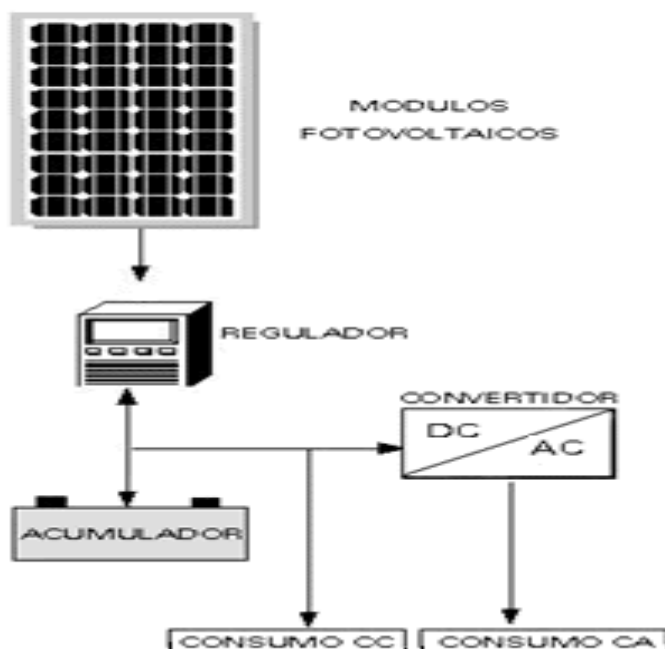


Fig. 5 Esquema de un sistema autónomo
Fuente y elaboración: www.atersa.com

Las instalaciones no conectadas a la red eléctrica, normalmente están equipadas con sistemas de acumulación de la energía producida (baterías). La acumulación es necesaria porque el campo fotovoltaico puede proporcionar energía sólo en las horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y de la noche.

Una configuración de este tipo implica que el campo fotovoltaico debe estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y de la recarga de las baterías de acumulación.

II.2.2.2.4.1 Principales componentes

Los principales componentes que forman un sistema fotovoltaico aislado son:

- Módulos fotovoltaicos
- Regulador de carga
- Inversor
- Sistema de acumulación (baterías de acumulación)

El regulador de carga sirve fundamentalmente para preservar los acumuladores de un exceso de carga y de la descarga por el exceso de uso. Ambas condiciones son nocivas para la correcta funcionalidad y la duración de los acumuladores.

Normalmente la potencia requerida por el usuario no es proporcional a la radiación solar (y, por consiguiente, a la producción eléctrica de un sistema fotovoltaico) una parte de la energía producida por el campo fotovoltaico tiene que ser almacenada para poder ser reutilizada cuando el usuario la necesite. Esta es la finalidad del sistema de acumulación.

Un sistema de acumulación está formado por un conjunto de acumuladores recargables, dimensionado de forma que garantice la suficiente autonomía de alimentación de la carga eléctrica. Las baterías que se utilizan con esta finalidad son acumuladores de tipo

estacionario y sólo en casos muy especiales es posible utilizar baterías tipo automoción.

Las baterías para uso fotovoltaico tienen que cumplir los siguientes requisitos:

- Bajo valor de autodescarga
- Larga vida útil
- Manutención casi nula
- Elevado número de ciclos de carga-descarga

En cuanto al inversor, su finalidad en los sistemas aislados es la de transformar corriente continua (DC) producida por el campo fotovoltaico, en corriente alterna (AC), necesaria para la alimentación directa de los usuarios.

En este caso, el inversor tiene que estar dimensionado para poder alimentar directamente la carga que se le quiere conectar.

Es evidente que, de todos modos, el inversor en este tipo de instalaciones (sistemas aislados) no es un componente indispensable. De hecho, es posible incluso alimentar directamente con corriente continua de baja tensión la carga.

II.3 ENERGIA EOLICA

La energía eólica es la que aprovecha la energía del viento para producir energía eléctrica o energía mecánica. La utilización de esta energía es una de las más antiguas, se ha usado para navegar, moler trigo, bombear agua...

El elemento que se ocupa de la transformación energética es el aerogenerador o molino de viento: se habla de aerogeneradores cuando se quiere producir energía eléctrica, y de molinos de viento cuando se produce energía mecánica.

II.3.1 Aerogeneradores

Los aerogeneradores son equipos que transforman la energía cinética del viento, en energía eléctrica.

Los aerogeneradores pueden tener infinitas aplicaciones, siempre que se instalen en zonas ventosas. Uno de estos puede proporcionar mucha más energía que la mayoría de células fotovoltaicas, sin embargo, el viento es un fenómeno aún más irregular que la radiación solar, y por lo tanto existen más dificultades en el tratamiento de la energía generada.

Generalmente las potencias nominales de los aerogeneradores se dan para unos vientos de 10-12 m/s. Como el viento no se da de manera continuada, es necesaria la instalación de baterías que almacenen la energía que se va produciendo cuando sopla el viento, para poder utilizarla en cualquier momento. Ver anexo 3

II.3.2 Funcionamiento y partes de un aerogenerador

La fuerza del viento acciona **las palas** de la máquina (en número de una a tres) fijadas a un **buje**. El conjunto de las palas y del buje constituye el **rotor**. El buje, a su vez, está conectado a un primer eje (llamado **eje de baja velocidad**) que gira a la misma velocidad angular que el rotor.

El eje de baja velocidad está conectado a un **multiplicador de giros**, del que sale un **eje de alta velocidad** que gira con velocidad mayor (resultante del producto de la del eje de baja velocidad por el multiplicador de giros). En el eje de alta velocidad hay un **generador eléctrico** que produce la energía eléctrica canalizada por los cables a la red. Todos estos elementos se encuentran en la llamada **góndola** que a su vez se encuentra sobre un soporte, que se puede orientar según la dirección del viento.

La góndola se encuentra sobre una **torre** que puede ser de celosía o tubular cónica, anclada al terreno con adecuados cimientos de hormigón armado. (Ver grafico 6), se completa con un sistema de **control de la potencia** que tiene la doble función de regular la potencia en función de la velocidad del viento instantánea y de interrumpir el funcionamiento de la maquina en caso de viento excesivo; y otro sistema de **control de la orientación** que consta de un control continuo del paralelismo entre el eje de la maquina y la dirección del viento.

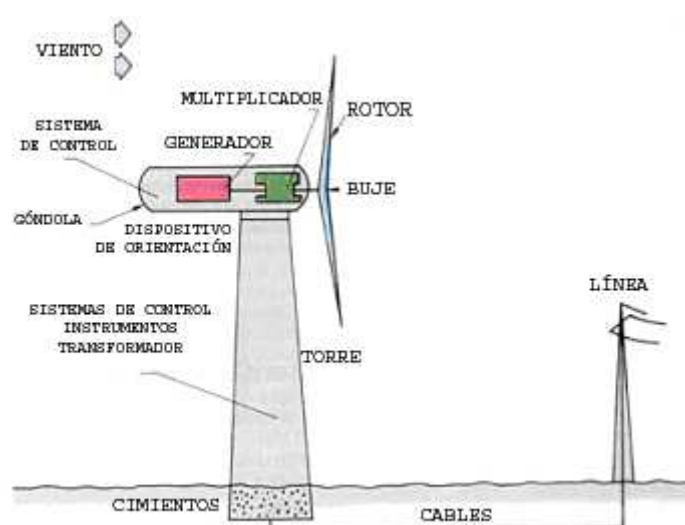


Fig.6 Esquema de aerogenerador y de una instalación eólica
Fuente y Elaboración: [www.cecuc.edu.ec/temas de interes/](http://www.cecuc.edu.ec/temas_de_interes/)

II.3.3 Clases de instalaciones

Hay dos tipos de instalaciones: las instalaciones aisladas sin conexión a la red eléctrica, y las instalaciones conectadas a la red eléctrica de distribución general, que bajo el mismo criterio, usado en energía fotovoltaica, se la va a descartar, por no ser útil para el presente estudio.

II.3.3.2 Las instalaciones aisladas o instalaciones micro-eólicas

Este tipo de instalaciones se va a tomar en cuenta para el presente proyecto.

Generalmente, las instalaciones por debajo de 20-30 kW, que se utilizan para producir energía eléctrica para el autoconsumo, se las denomina micro-eólicas.

Las máquinas micro-eólicas, aunque sean parecidas a los aerogeneradores más grandes, constituyen un sector tecnológicamente diferente: el micro-eólico está dirigido a mercados sectoriales muy específicos, con aplicaciones que requieren soluciones técnicas simplificadas y específicamente diseñadas.

Las posibilidades de expansión del micro-eólico son bastante amplias: aunque con diferentes potencialidades (en términos geográficos y estacionales) el recurso viento es bastante difundido y las aplicaciones posibles son numerosas. Los lugares en los que se pueden instalar micro instalaciones eólicas son muy diversos, ya que los aerogeneradores de tamaño pequeño son muy versátiles y se instalan con menos dificultades respecto a los grandes.

II.3.3.2.1 Las turbinas micro-eólicas

La mayoría de los micro generadores eólicos es del tipo de tres palas de eje horizontal con rotor a barlovento respecto a la torre (el viento encuentra primero las palas y luego el soporte).

La mayor parte de las turbinas mini eólicas utiliza palas fabricadas con poliéster reforzado con fibra de vidrio, y tienen un brazo direccional para orientar el rotor en dirección del viento, con alternadores de imán permanente, sencillos y robustos. El tamaño reducido no permite colocar los motores con orientación del rotor en dirección del viento

II.3.3.2.2 Instalación y elección del lugar

El lugar donde instalar la turbina debe elegirse con atención:

- La cercanía a los usuarios tiene la ventaja de reducir los costos de cableado, pero puede ser contraproducente para la funcionalidad de la maquina por la interferencia con el viento debida a la proximidad de edificios y por el impacto del ruido.
- La lejanía reduce el impacto medioambiental, pero aumenta la dispersión de energía y los costos de cableado y de enterramiento de las líneas eléctricas.
- La colocación de aerogeneradores en los tejados de las casas es controvertida: por una parte el montaje es sencillo, por la otra existen problemas de vibraciones transmitidas por la turbina a las estructuras sobre las que

se monta, y los de turbulencia que se va creando alrededor de los tejados.

La instalación más común sigue siendo la torre, que puede ser de tipo celosía, tubular o arriostrada.

II.4 GRUPO DE GENERACIÓN A DIESEL

Es el único que puede generar electricidad en cualquier momento, en cualquier lugar donde se necesite y con una gama de potencias muy amplia. Es el sistema idóneo para funcionar como sistema auxiliar para momentos de déficit, o bien para cubrir determinados consumos.

La potencia del grupo electrógeno dependerá de la función a la que va destinado. Si sólo se necesita para cargar baterías en períodos críticos, su potencia puede ser baja (aproximadamente entre dos y tres veces la del cargador de baterías, como mínimo), mientras que si se desean cubrir, además, algunos consumos especiales deberá tener la suficiente para ponerlos en marcha, ya sea separadamente o al mismo tiempo que el cargador. La potencia mínima sería la suma de las potencias de los aparatos que tendrá una vida más larga si no se le hace trabajar a su potencia nominal completa, sino a una media del 50%.

Existen muchos tipos de grupos electrógenos: diesel, gasolina o gas; monofásico o trifásico; de arranque manual o eléctrico; según el número de kVA, kW o caballos, etc. Se deberá escoger entre ellos procurando no equivocarse.

El diesel sería el combustible idóneo para grupos electrógenos a partir de unos 5 kW de potencia, aproximadamente, y de utilización frecuente y durante períodos largos (varias horas).

Los de gasolina, que son más baratos, serían para potencias por debajo o iguales a 2 kW si se utilizan frecuentemente, o hasta 5 kW si su uso es más esporádico.

El arranque manual es adecuado para grupos de hasta 5 ó 6 kW, especialmente los de gasolina o gas, este tipo de arranque se puede efectuar con o sin conmutador de carga. A partir de esta potencia, es preferible que tengan arranque eléctrico. Por otra parte, se desea automatizar su funcionamiento (arranque automático para cuando se requiera, por ejemplo cuando se detecta que la tensión de baterías se encuentra por debajo de un límite prefijado), el arranque debe ser forzosamente eléctrico.

A veces los grupos electrógenos pequeños tienen una salida a corriente continua (12 ó 24V) destinada a la carga de baterías. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta salida es de poca potencia, por lo que no será práctico cargar baterías de capacidades importantes.

La potencia del cargador no debe ser excesiva. Un proceso de carga demasiado rápido puede deteriorar las baterías. La potencia del cargador, por tanto, debería ser el equivalente, como máximo, al 10% de la capacidad de las baterías. Por ejemplo, una batería de 400 Ah a 48 V tiene una capacidad de 19,2 kWh, resultado de multiplicar ambos valores. En este caso la potencia del cargador podría estar entre 1 y 2 kW.

II.5 Estudio de las ventajas comparativas de las energías alternativas (solar – eólica)

Para realizar el estudio de las ventajas y desventajas comparativas de este tipo de energías alternativas, se lo va a centrar en los requerimientos del objetivo de la

tesis; es decir, proyectando las comparaciones a un sistema híbrido de energía para la escuela y viviendas de la comunidad de Pitiur.

Bajo estas consideraciones, a continuación se presenta las ventajas y desventajas de la instalación de energías alternativas (solar-eólica), en tres parámetros importantes: impacto ambiental, factibilidad de instalación e inversión económica.

II.5.1 Ventajas comparativas de la energía solar fotovoltaica

- La energía solar fotovoltaica, por sus características, es la fuente renovable más respetuosa con el medio ambiente.
- Los sistemas fotovoltaicos no producen emisiones ni ruidos o vibraciones y su impacto visual es reducido gracias a que por su disposición en módulos, pueden adaptarse a la naturaleza de los lugares en los que se instalan.
- El impacto ambiental de este tipo de sistemas es siempre menor que el de otras tecnologías; y puede reducirse aún más si en las etapas de elección del lugar, estudio del proyecto y los mecanismos de autorización, se realiza una atenta evaluación preventiva de los posibles impactos medioambientales provocados por los sistemas fotovoltaicos,
- La producción de energía es cerca de los lugares de consumo, evitando las pérdidas que se producen en el transporte.
- El territorio utilizado puede reducirse casi a cero porque los paneles pueden ser instalados sobre terrenos ya ocupados, como tejados, terrazas, etc.

- En emplazamientos aislados (como es el caso de Pitiur), donde el abastecimiento tradicional es imposible, una instalación fotovoltaica es mucho más barata que la extensión de una línea eléctrica u otra fuente alternativa.

II.5.2 Desventajas comparativas de la energía solar fotovoltaica

- Algunos tipos de células evidencian posibles riesgos en caso de incendio, debido a la formación de gases tóxicos. Por este motivo, los paneles fotovoltaicos al final de su vida útil tienen que ser debidamente reciclados.
- Siendo el impacto ambiental de la energía fotovoltaica muy reducido, no puede considerarse nulo. Existe algunos tipos de impactos que la población no los pasa por alto, estos son los siguientes:
 - La contaminación que produce el proceso productivo de los componentes
 - La utilización del territorio,
 - El impacto visual,
 - El impacto sobre la flora y la fauna.
- La contaminación producida en la fabricación de los componentes de los paneles fotovoltaicos y las emisiones de contaminantes que producen depende de la tecnología utilizada y para nuestro caso en Pitiur, no es determinante.
- El impacto visual la utilización del terreno, y le impacto sobre la flora y la fauna en la zona de Pitiur no tiene punto de comparación con la necesidad de abastecerse de energía eléctrica.

II.5.3 Ventajas comparativas de la energía eólica

- La utilización de un recurso que no se agota, que se obtiene de manera libre y barata; obteniendo una energía limpia y no contaminante, reduciendo la emisión de gases contaminantes de la atmósfera.
- Aumento de la calidad de vida de la población debido a la llegada de electricidad a la comunidad de Pitiur. Generando puestos de trabajo en su construcción y mantenimiento y logrando un desarrollo de tecnología local.
- A pesar de que la inversión inicial es mayor que la requerida para un tipo de combustible fósil, estos equipos tienen bajos costos de mantenimiento, sin costos de combustible y una vida útil de más de 20 años. Agregando a esto, el costo ambiental, los costos finales son menores en relación al uso de combustibles fósiles.

II.5.4 Desventajas comparativas de la energía eólica

- El impacto visual se trata de una presencia invasora con la que se va a convivir, aunque pueden ser agradables desde el punto de vista estético, provoca interferencias en las comunicaciones y efectos electromagnéticos, siendo estos, no muy relevantes, tienen que ser tomados en cuenta en el estudio preliminar de viabilidad del proyecto.
- Las micro-turbinas tienen un tamaño mucho más pequeño que el de los grandes aerogeneradores y, por tanto, necesitan menos espacio y son relativamente poco visibles.

- Una desventaja importante, es la del ruido, la cercanía al usuario y la ausencia de pantallas para evitarlo lleva a una elección apropiada del modelo de turbina y del lugar de su montaje.
- Es oportuno que el promotor que quiera llevar a cabo un proyecto de este tipo compruebe la normativa de evaluación de impacto ambiental de la Comunidad Autónoma en la que quiera llevar a cabo la instalación.
- Es una fuente de energía aleatoria e intermitente, incluso en las zonas en las que el viento sopla con más regularidad y resulta arriesgado depender de ella de manera exclusiva si no se cuenta con algún sistema que la acumule.

II.5.5 Ventajas y desventajas comparativas del grupo a diesel

En general la solución que se suele adoptar en viviendas aisladas es el montaje de un grupo electrógeno; que puede resultar más económico en su instalación.

A la larga, origina muchos inconvenientes entre los que se puede mencionar:

- Continuas inversiones en combustibles, que en muchos casos tienen dificultades en la provisión, debido a la distancia y malos accesos.
- Generación de polución ambiental y ruidos en el lugar de la instalación.
- Mantenimiento periódico, con pago de: mano de obra especializada y de repuestos que no siempre están disponibles en la zona.
- Necesidad de recambio en caso de que se produzca una ampliación del consumo eléctrico

- Por otra parte, el motor generador debe ser diseñado en base al consumo máximo a abastecer, más un cierto margen de seguridad. De esa manera, cuando el consumo de energía en determinadas horas del día es pequeño, resultan sobredimensionados dado que el equipo funciona con su máxima potencia, disminuyendo considerablemente su rendimiento.

Estos inconvenientes justifican a la larga que una instalación fotoeléctrica o eólica resulte más conveniente que una instalación a diesel.

CAPITULO III

DISEÑO DE SISTEMAS Y SU APLICACIÓN

III.1 Descripción de sistemas

Los sistemas requeridos en la comunidad de Pitiur y que son el objetivo de este proyecto, son:

- Sistemas de iluminación interna y externa en las viviendas del centro poblado de la comunidad.
- Sistemas de iluminación para la escuela de la comunidad.
- Sistemas de bombeo de agua para el consumo de la población y en particular el uso en las baterías sanitarias de la escuela.

Para lo cual se detalla a continuación, el uso y funcionamiento de cada sistema.

III.1.1 Sistemas de iluminación

Una aplicación muy interesante de las energías solar fotovoltaica y micro-eólica, es la iluminación nocturna en zonas exteriores y puntos de luz de casas.

Las luces que se utilizan en estas aplicaciones son de bajo consumo y alta durabilidad, para así obtener un buen rendimiento y rentabilidad de los productos, como por ejemplo las lámparas de vapor de sodio de alta o baja presión; para exteriores y lámparas fluorescentes de 12 o 24 VDC para interiores.

Los aparatos de consumo deben ser de alta eficiencia existiendo en el mercado electrodomésticos especialmente diseñados para trabajar en este tipo de instalaciones y alimentados generalmente en corriente continua 12 ó 24 VDC.

III.1.2 Sistema de bombeo de agua

Uno de los usos frecuentes de la energía fotovoltaica, en lugares alejados constituye el bombeo de agua para el consumo en viviendas, para el caso del presente proyecto el uso en la batería sanitaria de la escuela y el consumo de sus habitantes.

La energía eólica, por su parte, ha sido usada para el bombeo de agua desde hace siglos. Actualmente además de las panémonas y Multipalas (molinos de viento) se pueden usar sistemas de bombeo eólico-eléctrico, la diferencia estriba en que un molino tradicional debe ser colocado directamente sobre el pozo, mientras que los sistemas eólico-eléctricos permiten ubicar la turbina en un lugar más ventajoso, usando luego un cable eléctrico que conecte el aerogenerador con la motobomba.

III.1.3 Sistema de conductores y protecciones

Un sistema de protecciones es importante y definitivo en cualquier tipo de instalación, para garantizar un funcionamiento y mantenimiento de la misma con seguridad.

III.1.3.1 Conductores

La selección adecuada del tipo y calibre de conductores garantizarán el rendimiento y confiabilidad de cualquiera de los sistemas a instalar.

Para determinar el calibre del conductor es necesario conocer los planos físicos de la instalación tanto interna como externamente; ya que además de la capacidad de corriente, se toma en cuenta la caída de voltaje y pérdidas de potencia, que dependen de la

resistencia del conductor, la distancia del conductor y de la corriente misma.

Es necesario conocer que para garantizar el funcionamiento de la instalación la caída de voltaje en los ramales no debe exceder el 3% y en todo el sistema ser menor al 5%.

III.1.3.2 Protecciones

El sistema de protección se diseña para garantizar la vida de las personas que van a usar la instalación así como alargar la vida útil de los equipos, para lo cual se usa: interruptores, que cortan el flujo de corriente en forma manual en caso de emergencia, y los fusibles que protegen contra sobre corrientes cuando exista fallas en el sistema.

III.2 Descripción de las cargas en la comunidad Pitiur

Para el desarrollo del proyecto, es necesario mencionar que los diseños van a ser enfocados a sistemas autónomos o aislados de la red.

Las cargas a ser tomadas en cuenta para la comunidad, son de tipo DC en su totalidad.

III.2.1 Cargas tipo DC en las viviendas

En la parte interna de las viviendas se va a utilizar:

- Lámparas fluorescentes de 12 o 24 V.
- Radio
- Televisor

En la parte externa de las viviendas, se tomará en cuenta:

- Lámparas de vapor de sodio

III.2.2 Cargas tipo DC en la escuela

En la parte interna de la escuela se va a utilizar:

- Lámparas fluorescentes de 12 o 24 V.

En la parte externa de la escuela, se tomará en cuenta:

- Lámparas de vapor de sodio para exteriores

III.2.3 Bomba de agua

- Adicionalmente para el uso de la batería sanitaria se va a usar una bomba de agua a 24 VDC

III.3 Criterios de diseño de un sistema fotovoltaico

A continuación, se describe las diferentes fases o pasos a seguir para el diseño de un sistema fotovoltaico.

III.3.1 Verificación de la aptitud del lugar

Las características climáticas de la zona determinan la ubicación del generador fotovoltaico, su exposición respecto al sol, la mayor inclinación sobre el plano horizontal, y las características de las estructuras de soporte.

III.3.2 Cuantificación de la necesidad diaria de energía

Significa determinar la energía requerida, obtenida al calcular la carga diaria del sistema.

III.3.3 Elección de la inclinación de los módulos

La inclinación normalmente tiene que ser igual a la latitud del lugar.

La experiencia de los fabricantes e instaladores de paneles solares recomiendan una inclinación de 15° menor, si en verano se necesita mayor energía y 15° mayor si en invierno se requiere de mayor energía.

*“Para el caso del oriente ecuatoriano, los módulos deberán tener una inclinación de 15° menor que la latitud para aprovechar un promedio de 5.5 horas diarias en el verano y 15° mayor a la latitud en el invierno para aprovechar un promedio de 5.5 a 6 horas de insolación; esto de acuerdo a los mapas de las curvas de insolación”**

III.3.4 Cálculo de la potencia pico del generador fotovoltaico

La energía producida por un módulo es linealmente proporcional a la radiación solar incidente sobre la superficie de los módulos solares. Por lo tanto, es necesario efectuar este cálculo basándose en las informaciones relativas a la radiación solar del lugar, que cambia de un sitio a otro y de un mes a otro.

Para realizar este cálculo, se hace necesario introducir una constante llamada hora equivalente u hora de sol.

Se define como **“hora equivalente (hora de sol)”** el período de tiempo en el que la radiación solar toma un valor igual a 1000 W/m²; es decir una hora de sol = 1kWh/m².

Conociendo el parámetro Hora-Equivalente mensual del lugar, es posible calcular la potencia de pico del generador fotovoltaico:

$$\text{Potencia pico del generador fotovoltaico} = \frac{\text{Demanda diaria de energía}}{\text{Horas equivalentes}}$$

III.3.5 Evaluación del aporte de energía de cada panel

Los paneles solares se orientan siempre hacia la línea ecuador y su inclinación debe ser aproximadamente igual a la latitud del lugar

* Echeverría Yanez, Mario Enrique Tesis: Utilización de los sistemas fotovoltaicos para campamentos alejados de la red pública 1999

incrementada en 15° para maximizar la energía captada en épocas invernales que es cuando las horas de radiación son menores.

Una expresión aproximada para determinar el número de Watios – hora, que puede aportar un panel cuya potencia nominal sea **P** Watios; a lo largo de un típico día de invierno, instalado en un lugar cuya latitud sea **L** grados es:

$$E = (5 - L / 15) \times (1 + L / 100) \times P$$

El valor E obtenido en la fórmula anterior puede aumentarse hasta un 25%, o bien disminuirse en el mismo porcentaje, según la nubosidad.

Si la nubosidad sea muy escasa, un valor razonable sería un 20% superior al calculado y si, por el contrario, la nubosidad es abundante, deberá disminuirse del valor E, un 25%.

En el caso de Pitiur, zona del proyecto, la nubosidad en invierno es alta, por lo cual se va a disminuir el 25% al valor de E.

III.3.6 Evaluación de las pérdidas de sistema

Un sistema híbrido debe prestar especial atención a la carga en lo que se refiere a la demanda y su posible crecimiento. Por lo tanto es importante tener en cuenta las pérdidas en el proceso de generación y consumo de energía. Un modelo típico de sistemas de generación y consumo se puede ver en la figura 9

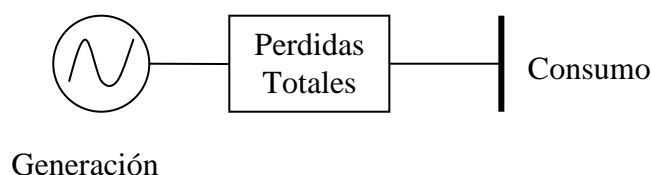


Fig. 9 Esquema típico de pérdidas

La generación debe ser lo suficiente para abastecer el consumo y las pérdidas asociadas al proceso, pudiendo ser estas de forma general en la generación, transmisión, distribución y consumo. En la figura 10, puede observarse de manera más detallada las pérdidas en todas las etapas del proceso generación/consumo en un sistema renovable.

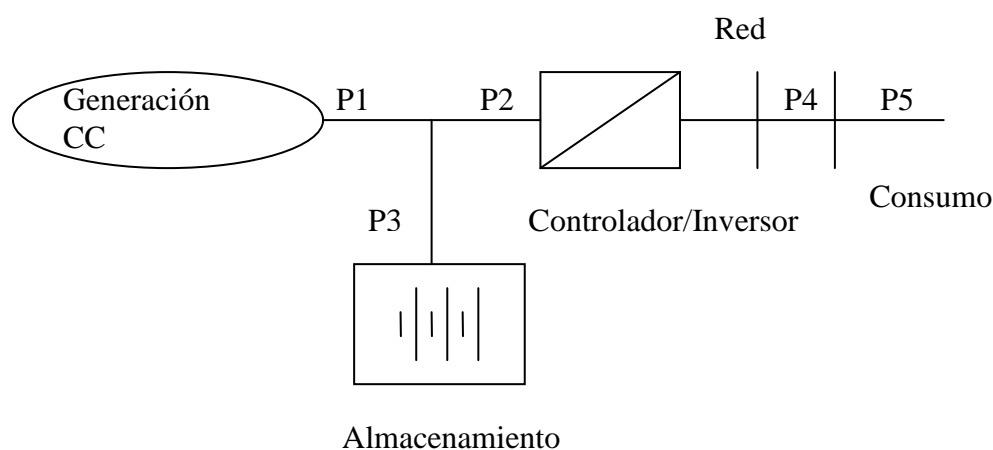


Fig. 10 Fuentes de pérdidas típicas en sistemas renovables

Las pérdidas P1 a P5 son las pérdidas/caídas de tensión introducidas por los componentes que forman el sistema (Paneles, regulador de carga, baterías, cables de conexión, aparatos eléctricos.)

Suponiendo que las pérdidas totales del sistema sean aproximadamente del 30%, entonces es necesario aumentar en el mismo porcentaje la potencia de pico del generador fotovoltaico.

III.3.7 Cálculo del número de paneles.

Conociendo la energía E que aporta cada panel, se está en capacidad de calcular el número de paneles necesarios para la instalación, usando la siguiente fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ de paneles} = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Energía aportada por panel}}$$

III.3.8 Diseño del sistema de acumulación

Cuando se tiene bajos niveles de insolación, es incuestionable que el sistema fotovoltaico tiene una producción inferior a la obtenida en días con insolación óptima.

Es posible dimensionar la acumulación, de modo que se garantice una alimentación de la carga, incluso contando con un número máximo de días consecutivos con ausencia de insolación.

Es necesario conocer datos de placa de las baterías seleccionadas.

III.3.9 Diseño del Controlador o regulador de carga

Se denomina controlador aquel sistema, generalmente electrónico que permite acoplar el generador fotovoltaico con el sistema de acumulación, garantizando el correcto funcionamiento carga y descarga de las baterías, cuidando su vida útil.

El controlador es un aparato electrónico inteligente que permite la coincidencia entre la cantidad de energía solar con el requerimiento en potencia del equipo. Es decir permite el normal funcionamiento del sistema a diferentes niveles de irradiación solar y de requerimiento de carga.

Normalmente se diseña tomando en cuenta muy bien el valor de voltaje del sistema.

III.4 Diseño de un sistema fotovoltaico aplicado a la comunidad de Pitiur

III.4.1 Verificación de la aptitud del lugar

En la zona de Pitiur se ha detectado:

- Presencia solar efectiva desde las 10H00 hasta las 14H00 durante las cuales se alcanza valores de insolación de 5 a 6 horas diarias de insolación.
- Existe neblinas matutinas por la evaporación del lugar.
- Régimen de vientos moderados que ayudan a disipar la neblina.

III.4.2 Cuantificación de la necesidad diaria de energía

La cuantificación de la carga está dada por la curva de carga, que es la representación gráfica de la forma en que el Consumidor, en un determinado intervalo de tiempo, hace uso de sus equipos eléctricos. El intervalo de tiempo puede ser diario, mensual, anual o cualquier otro útil para el análisis.

Factor de carga (fc)

Es un indicador numérico importante acerca de la forma de uso de los equipos eléctricos en una instalación.

Factor de carga (fc) se define como la relación entre la demanda promedio del periodo y la demanda máxima en el mismo periodo, o sea:

$$(fc) = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}}$$

Este factor indica el comportamiento de la demanda comparada con su pico máximo.

Lo más recomendable para las instalaciones es que su factor de carga esté lo más cercano al valor de 1, ya que demuestra una utilización constante de la carga. Pero si el factor de carga es menor que 1, se demuestra una utilización ineficiente de los equipos instalados. Se tomará como referencia un factor de carga =1

Factor de utilización F_U

El factor de utilización de un sistema es la relación entre demanda máxima y la capacidad nominal del sistema que lo suministra.

El factor de utilización es adimensional, por tanto la demanda máxima y la capacidad del sistema se deberán expresar en las mismas unidades. Se puede decir entonces que mientras el factor de demanda expresa el porcentaje de potencia instalada que ésta siendo alimentada, el de utilización establece qué porcentaje de la capacidad del sistema de distribución esta siendo utilizando durante el pico de carga. De igual manera para el presente diseño se va a tomar en cuenta un factor de utilización igual a 1

Factor de diversidad y coincidencia (F_D y F_C)

El factor de diversidad es la relación de la suma de las máximas demandas individuales de varias partes de un sistema y la máxima demanda del sistema.

Siendo D_i máxima demanda de la carga i .

$$F_D = \sum(D_i) / D$$

Factor de coincidencia F_C es la inversa del factor de diversidad; es decir

$$F_C = 1 / F_D$$

Mientras que el factor de diversidad nunca es menor que la unidad, el factor de coincidencia nunca es mayor que la unidad.

El factor de coincidencia puede considerarse como el porcentaje promedio de la demanda máxima individual de un grupo que es coincidente en el momento de la demanda máxima del grupo.

Los factores de diversidad y coincidencia se afectan por el número de cargas individuales, el factor de carga, las costumbres de vida de la zona, etc. El factor de diversidad tiende a incrementarse con el número de consumidores en un grupo con rapidez al principio y más lentamente a medida que el número es mayor. Por otra parte, el factor de coincidencia decrece rápidamente en un principio y con más lentitud a medida que el número de consumidores se incrementa.

III.4.2.1 Carga en las viviendas

Una casa en la comunidad de Pitiur, requiere de:

- 4 puntos de luz de alumbrado fluorescente de alta eficiencia con una potencia de 15W cada uno y que van a permanecer encendidos 4 horas al día.
- 1 punto de luz de vapor de sodio de 30W para exteriores, encendido 2 horas al día.
- 1 televisor que consume 100W, funcionando 4 horas al día
- 1 radio que consume 40 W. durante 5 horas al día

El consumo total, en un día sería:

Carga en Viviendas				
Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Uso diario (Horas)	Energía (W.h)
Lámpara Fluorescente	4	15	4	240
Lámpara de vapor de sodio	1	30	2	60
Radio	1	40	5	200
Televisión	1	100	2	200
Consumo por vivienda				700
Consumo total 9 viviendas				6300

III.4.2.2 Carga en la escuela

La escuela de la comunidad de Pitiur, requiere de:

- 4 puntos de luz de alumbrado fluorescente de alta eficiencia con una potencia de 15W cada uno y funcionando 1 hora al día
- 1 radio de 40 W, funcionando en ocasiones especiales

La carga diaria es la siguiente:

Carga en Escuela				
Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Uso diario (Horas)	Energía (W.h)
Lámpara Fluorescente	4	15	1	60
Radio	1	40	0,1	4
Consumo total Escuela				64

III.4.2.3 Carga especial

La escuela de la comunidad de Pitiur, para el adecuado funcionamiento de su batería sanitaria; así como para el consumo de la comunidad, requiere:

- 1 bomba de agua de 2500 W, que funcionará 30 minutos para llenar el tanque reservorio de la escuela.

La carga diaria sería la siguiente:

Cargas Especiales				
Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Uso diario (Horas)	Energía (W.h)
Bomba de agua	1	2500	0,5	1250
Consumo total Bomba de agua				1250

El consumo de energía total del proyecto se la obtiene al sumar las tres cargas; viviendas, escuela y bomba de agua:

$$\text{Carga total máxima} = 6300 + 64 + 1250 = 7614$$

Carga total máxima = 7,614 kW-h/día

III.4.3 Elección de la inclinación de los módulos

Para el caso que nos asiste en la comunidad de Pitiur; cuya latitud es $2^{\circ} 23' 0''$, la inclinación de los módulos serían:

Para verano: $2^{\circ} 23' 0'' - 15^{\circ} = -13^{\circ} 23' 0''$

Para invierno: $2^{\circ} 23' 0'' + 15^{\circ} = 17^{\circ} 23' 0''$

Estos valores son teóricos pero, en la práctica por encontrarnos en el oriente ecuatoriano el ángulo de inclinación es prácticamente 0 grados.

III.4.4 Cálculo de la potencia pico del generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico deberá tener una potencia pico linealmente proporcional a la carga del sistema, que es **7614 W-h**.

Las horas equivalentes de insolación en la zona del proyecto, se las puede considerar como **6 horas** con lo cual:

Potencia pico del generador fotovoltaico		
Carga máxima diaria Wh	horas equivalentes de insolación (h)	Potencia pico (W)
7614	6	1269

La potencia pico del generador fotovoltaico en su conjunto será de:

1269 W/día

III.4.5 Evaluación de las pérdidas del sistema

Para evitar las posibles pérdidas del sistema se va a aumentar el 30 % en la potencia, con lo cual

$$\text{Potencia pico} = 1269 + 30\%(1269) = 1269 + 380,7$$

$$\text{Potencia pico del sistema fotovoltaico} = \mathbf{1649,7 \text{ W}}$$

III.4.6 Evaluación del aporte de energía de cada panel

Aplicando la ecuación expuesta anteriormente, con los datos de la zona de Pitiur:

$$L = \text{Latitud de } 2^{\circ} 23' = 2,40^{\circ}$$

$$P = \text{Potencia nominal del panel} = 50 \text{ W}$$

Entonces:

$$E = (5 - L / 15) \times (1 + L / 100) \times P$$

$$E = (5 - 2,4 / 15) \times (1 + 2,4 / 100) \times 50 = 4,84 \times 1,024 \times 50$$

$$E = \mathbf{247,81 \text{ Wh}}$$

Disminuyendo el 25% por la nubosidad, se tiene:

$$E = 247,81 - 61,95 = 185,86 \text{ Wh}$$

Es decir cada panel va a ser capaz de aportar con **185,86 W-h**

III.4.7 Cálculo del número de paneles.

Conociendo la energía **E = 185,86 Wh** de cada panel y el **consumo diario = 7614 Wh** del proyecto, se obtiene:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Consumo diario} + 10\% \text{ pérdidas}}{\text{Energía aportada por panel}}$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ paneles} = 7614 + 761,4 \text{ Wh} / 185,86 \text{ Wh} = 45,6 \text{ paneles}$$

$$\mathbf{\text{N}^{\circ} \text{ paneles} = 46 \text{ paneles}}$$

Adicionalmente se calcula la corriente del proyecto, para lo cual es necesario conocer:

Potencia pico del sistema = 1649,7 W

Voltaje nominal del proyecto = 24 V

Voltaje nominal del modulo = 12 V

Corriente del proyecto = $1649.7 \text{ W} / 24 \text{ V} = 68,7 \text{ Ah/día}$

Conociendo la corriente típica de carga del modulo = 2,9 A

Entonces: módulos en paralelo = $68,7/2,9 = 22,9 = 23,68 = 24$ paneles

Módulo en serie = $24 / 12 = 2$

Total de módulos = $24 \times 2 = 48$ paneles

Hoja de especificaciones del conjunto de paneles

MODULOS FOTOVOLTAICOS	
MARCA: SOLAR FABRIK	
MADELO: SF50	
TIPO: POLICRISTALINO	
POTENCIA (W)	50 +/- 5%
CORRIENTE DE RÉGIMEN DEL MÓDULO (A)	2,9
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL MÓDULO (A)	3,1
VOLTAJE DE RÉGIMEN DEL MÓDULO (V)	17,1
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO DEL MÓDULO (V)	21,1
NÚMERO DE MÓDULOS EN SERIE	2
NUMERO DE MÓDULOS EN PARALELO	24
CORRIENTE DE RÉGIMEN DEL CONJUNTO (A)	69,6
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL CONJUNTO (A)	74,4
VOLTAJE DE RÉGIMEN DEL CONJUNTO (V)	34,2
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO DEL CONJUNTO (V)	42,2

III.4.8 Diseño del sistema de acumulación

Para el cálculo de las baterías o sistema de acumulación es necesario conocer datos importantes, tales como:

El voltaje nominal del sistema que será de 24 Voltios,

La potencia pico del sistema (carga) que será de 1649,7 W-h/día

Factor de rendimiento de conductores igual a 0,95

Factor de rendimiento de las baterías igual a 0,9

Factor de descarga de la batería que es de 0,8

Días de almacenamiento que son 2

Voltaje nominal de la batería es 12

Con estos datos se procede a calcular la carga eléctrica del sistema:

Carga del sistema = $1649,7 / 24 = 68,7$ A-h/día

Carga corregida del sistema = $68,7 / 0,95 / 0,9 = 80,4$ A-h-día

Capacidad del sistema de acumulación = $80,4 \times 2 / 0,8 = 201$ A-h/día

Conociendo la capacidad de la batería = 305 Ah

Entonces: Baterías en paralelo = $201 / 305 = 0,66 = 1$

Baterías en serie = $24 / 12 = 2$

Total de baterías = $2 \times 1 = 2$

Hoja de especificaciones del conjunto de baterías

SISTEMA DE ACUMULACION	
MARCA: FULMEN	
MADELO: OPzS solar 305	
TIPO: estacionaria	
VOLTAJE (V)	12
CAPACIDAD DE REGIMEN (A-H)	305
BATERIAS EN PARALELO	1
BATERIAS EN SERIE	2
CAPACIDAD DEL SISTEMA DE BATERÍAS (A-H)	305

III.4.9 Diseño del controlador

Para el diseño del controlador se toma en cuenta:

El voltaje del sistema que es 24 V

El factor para corriente excesiva por irradiación que es un número adimensional propio de cada controlador e indica el porcentaje adicional a su capacidad que puede soportar. Para este caso es de 1,25.

Conociendo la corriente de corto circuito del sistema que es de 74,4 A

Entonces:

La capacidad de proyecto del controlador es de: $1,25 \times 74,4 = 93$ A

Capacidad del controlador: 60 A

Número de controladores: $93/60 = 2$

Hoja de especificaciones del conjunto de controladores

CONTROLADOR	
MARCA: XANTREX	
MADELO: C60	
TIPO:	
VOLTAJE (V)	12, 24
CAPACIDAD DE REGIMEN (A)	60
CONTROLADORES EN PARALELO	2
CAPACIDAD DEL SISTEMA DE CONTROLADORES (A)	120

III.5 Criterios de diseño de un sistema micro-eólico

Se va diseñar un sistema alejado de la red. La realización de una instalación micro-eólica depende mucho del tamaño (expresado en términos de potencia) de la instalación, orientado la elección hacia una instalación de potencia inferior a 20 kW.

III.5.1 Etapas a seguir

Las fases a seguir en la construcción de un sistema micro-eólico; se pueden resumir en las siguientes:

- Elección del lugar y evaluación de los parámetros útiles (estudio de la velocidad del viento)
- Estudio de viabilidad de la instalación y verificación de los costos
- Elección del proyectista y constructor y fase de implementación
- Gestión de la instalación (mantenimiento y gestión)

III.5.1.1 Elección del lugar y estudio de la velocidad del viento

La elección del lugar se realiza basándose en:

Disponibilidad de terreno;

Evaluación del lugar (accesibilidad, exposición a los vientos);

Evaluación de los parámetros de referencia (intensidad y dirección del viento).

La elección preliminar del lugar se puede basar en elementos subjetivos como las experiencias de los residentes, o en elementos objetivos, pero siempre aproximados, como la extrapolación de datos anemométricos disponibles en áreas contiguas.

III.5.1.2 Estudio de viabilidad de la instalación y control de los costos

El estudio de viabilidad de una instalación, se trata de una actividad bastante compleja que debe tomar en cuenta muchos factores.

El Estudio de viabilidad de una instalación se fundamenta en el estudio de costos comparativos con la instalación de otro sistema alternativo; tomando en cuenta los siguientes elementos de costos:

Costo del aerogenerador

Costo de las obras adicionales

Costos de mantenimiento

Los costos se comparan con los de otros tipos de sistemas

Si el resultado económico procedente de la aplicación al proyecto de un plan de negocio con las partidas anteriores es aceptable para el inversor, se puede seguir con la fase de autorización y de construcción.

III.5.1.3 Elección del proyectista constructor y fase de implementación

Consolidada la intención de realizar una instalación micro-eólica, es oportuno contactar con los productores de aerogeneradores (posiblemente más de uno). A través de su experiencia y mediante la comparación directa entre las posibles soluciones relativas al lugar específico, se podrán realizar las elecciones técnicas más oportunas.

Según las características estimadas del viento y de la potencia de la que se necesite, es posible, con la ayuda de oportunos gráficos entregados por los constructores de la maquinaria, identificar la tipología de turbina y el tamaño más adecuado.

III.5.1.4 Gestión de la instalación (mantenimiento y gestión)

Considerada la simplicidad constructiva de una micro-instalación, su mantenimiento y gestión resultan mucho menos complicadas que las de instalaciones más grandes.

Los micro-generadores eólicos que existen actualmente en el mercado han sido diseñados con el propósito de reducir al mínimo las intervenciones. Este objetivo se ha alcanzado cuidando sobre todo el proyecto y utilizando componentes y materiales cuidadosamente escogidos.

Cuando entregan un generador, todos los constructores adjuntan un manual de uso y entretenimiento. Normalmente las operaciones de mantenimiento son muy sencillas y las puede realizar el mismo usuario.

III.6 Diseño de un sistema micro-eólico aplicado a la comunidad de Pitiur

Para diseñar un sistema micro-eólico en la comunidad de Pitiur, se va a considerar un modelo cuya potencia, satisfaga las necesidades de la carga en la comunidad, que asciende a 7,614 kW-h (referirse al cálculo de la carga del diseño fotovoltaico).

III.6.1 Etapas a seguir

III.6.1.1 Elección del lugar y estudio de la velocidad del viento

La elección del lugar y evaluación de los parámetros útiles de la zona de Pitiur, como es el estudio de la velocidad del viento, se basa en los datos analizados en el capítulo I del presente trabajo.

Adicionalmente se menciona que la comunidad de Pitiur se encuentra más elevada geográficamente que la zona de Taisha; aplicando la siguiente fórmula que relaciona la altura con la velocidad del viento.

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^a$$

El exponente "a" es una constante que depende del tipo de suelo, cómo se puede observar en el siguiente cuadro.

VARIACION DEL EXPONENETE "a"	
SUELO PLANO	0,08 a 0,12
SUELO POCO ACCIDENTADO	0,13 a 0,16
SUELO ACCIDENTADO	0,20 a 0,23
SUELO MUY ACCIDENTADO	0,25 a 0,40

Para el sector de Pitiur se va a considerar un valor de "a = 0,20, por ser un suelo poco accidentado.

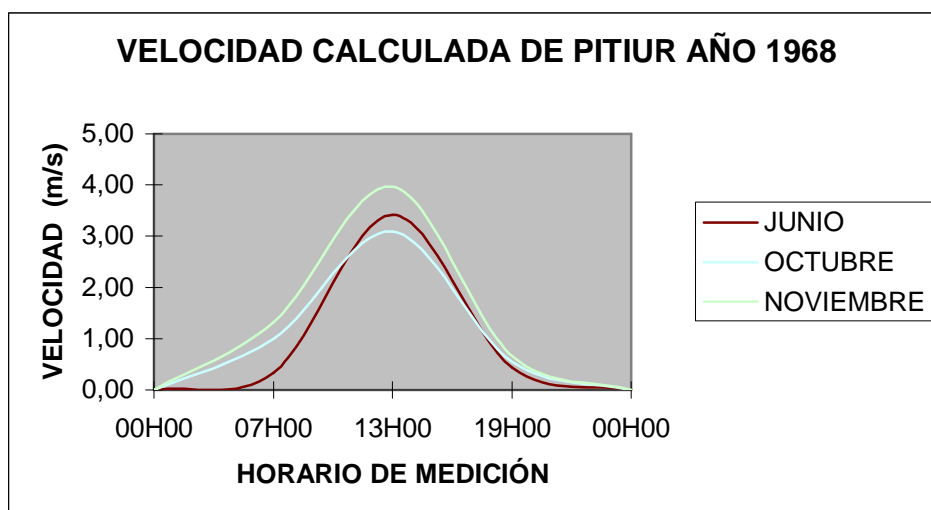
La altura $h_1 = 426$ m.s.n.m. (altitud de Taisha); mientras que la altura $h_2 = 695$ m.s.n.m. (altitud de Pitiur) y la velocidad v_1 son los valores de la velocidad del viento en la zona de Taisha del capítulo I

Con estos valores se obtiene el siguiente cuadro, que representa la velocidad del viento en la zona de Pitiur.

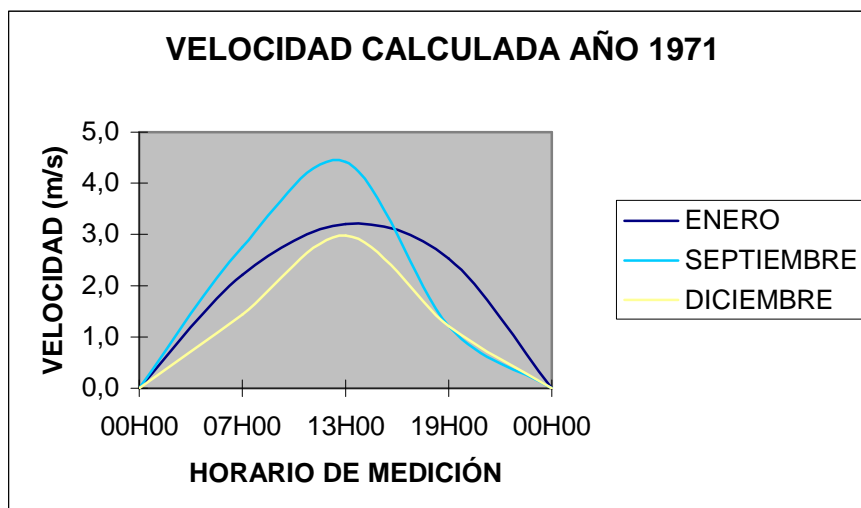
Estadísticas Mensual y Diaria (calculada en base a los datos de Taisha)															
COMUNIDAD DE PITIUR															
MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)														
	AÑOS														
	1968			1969			1970			1971			1972		
	07H00	13H00	19H00	07H00	13H00	19H00	07H00	13H00	19H00	07H00	13H00	19H00	07H00	13H00	19H00
ENERO	1,1	2,5	1,0	0,3	3,9	1,2	1,5	2,9	1,1	2,2	3,2	2,5	1,2	2,8	1,7
FEBRERO	0,4	2,8	0,7				2,3	2,8	2,0	1,7	2,5	1,4	1,3	2,6	1,3
MARZO		2,4	0,8				1,7	3,4	2,0	0,1	2,0	0,8	1,4	2,6	1,8
ABRIL	0,1	2,0	0,0	1,5	2,3	1,0				1,4	2,2	1,5	1,3	2,6	2,0
MAYO	0,6	3,3	0,3	0,2	2,3	1,7	2,2	3,2	2,6	1,8	2,6	2,1	1,2	2,3	1,2
JUNIO	0,3	3,4	0,4	0,3	1,9	0,7	1,8	2,8	2,4	2,1	2,5	2,4	1,3	2,4	1,2
JULIO	0,7	2,3	1,0	0,4	1,3	0,9	1,8	3,1	2,4	2,0	2,6	2,5	2,0	2,5	1,9
AGOSTO	0,2	3,0	1,4	0,4	2,0	0,4	1,0	3,2	2,4	2,0	2,9	2,3	0,6	2,4	1,4
SEPTIEMBRE	1,9	3,1	1,1	0,2	2,1	2,4	2,4	3,4	2,6	4,4	2,8	1,2			
OCTUBRE	1,0	3,1	0,6	0,6	3,5	1,4	1,7	3,3	2,6	2,3	2,9	1,9			
NOVIEMBRE	1,3	4,0	0,7	1,3	2,6	1,1	2,2	3,2	2,6	1,5	2,8	1,5			
DICIEMBRE	0,4	3,3	0,2	1,2	2,8	1,2	2,2	2,9	2,4	1,4	3,0	1,2			

Fuente y Elaboración: José Mera

Del cuadro anterior se puede obtener curvas diarias en un día típico de la velocidad del viento



Fuente y Elaboración: José Mera



Fuente y Elaboración: José Mera

De 10H00 a 14H00 se tiene velocidades entre 3 y 4 metros por segundo, que harían funcionar al generador eólico a una baja potencia. Adicionalmente se tiene referencias muy explícitas, del funcionamiento de generadores eólicos en la zona de Taisha, proporcionados por el Ministerio de Energía, con lo cual la zona es apta para la generación eólica.

III.6.1.2 Estudio de viabilidad de la instalación y control de los costos

El Estudio de viabilidad de la instalación se fundamenta en los costos.

Para la comunidad de Pitiur, se considerará exclusivamente el costo del aerogenerador, que es lo que más importa en el sistema. Ver anexo 3

A continuación se puede observar los precios de dos tipos de aerogeneradores para instalaciones micro-eólicas:

Whisper-200

Voltaje: 12, 24, 36 o 48 VDC salida

Potencia: 1000 watts-hr máximo a 24 MPH

Controlador de carga multivoltaje incluido

Precio: \$ 2,865.00 *

Inclin 3000 neo

Potencia nominal: 3000 W

Voltajes: 24 y 48v

Regulador: Incluido.

Precio: 5795 euros *

Con el primer modelo se necesitan de 7 máquinas para cumplir con la demanda, lo que haría que el precio se incremente a 20.055 dólares; mientras que con la segunda alternativa cuyo precio es menor y se requiere de dos máquinas para cumplir con la carga; se llega a un costo de 14.488 dólares.

Tomando en cuenta estos costos se puede decir que el precio de una instalación micro-eólica depende en gran medida de la carga instalada o potencia del sistema; es decir el costo por kW instalado, oscila entre 2000 y 4000 dólares.

III.6.1.3 Elección del proyectista constructor y fase de implementación

Una vez tomada la decisión de efectuar el proyecto, y de acuerdo con las ventajas proporcionadas por la empresa Bornay., se decide

*<http://www.enalmex.com/paginas/eolicoswhih80.htm>

* <http://www.bornay.com/bornaycomercial/compra.asp>

acudir a ella, para el asesoramiento especializado en la máquina que más conviene para la instalación en Pitiur.

Tomando en cuenta las características estimadas del viento, la potencia requerida y, con la ayuda de gráficos característicos de cada máquina se procede a definir el tipo y tamaño de turbina, que para este proyecto es una máquina con las siguientes características: Ver anexo 3

Hélices: 2 hélices de fibra de vidrio/carbono

Diámetro: 4 mts

Potencia nominal: 3000 W

Voltajes: 24 y 48v

Regulador: Incluido.

Alternador de imanes permanentes

Velocidad de viento para arranque: 3,5 m/s

Velocidad de viento a potencia nominal: 12 m/s

Velocidad de viento para frenado automático: 14 m/s

Peso: 125 Kgr

III.6.1.4 Gestión de la instalación (mantenimiento y gestión)

Las instalaciones micro-eólicas contratadas, han sido diseñadas con el propósito de reducir al mínimo el mantenimiento. El constructor Bornay adjunta un manual de uso y entrenamiento. Según los cuales las operaciones de mantenimiento son muy sencillas y las puede realizar el mismo usuario.

III.6.1.5 Sistema de acumulación

El sistema de acumulación o banco de baterías así como calibre de conductores y protecciones para los respectivos circuitos, se procede de manera similar al sistema fotovoltaico. Adicionalmente se va a asumir un rendimiento del aerogenerador del 50% por efectos del viento.

Cálculo de las baterías

El voltaje nominal del sistema que será de 24 Voltios,

La potencia pico del sistema al 50% es 1500 W-h/día

Factor de rendimiento de conductores igual a 0,95

Factor de rendimiento de las baterías igual a 0,9

Factor de descarga de la batería que es de 0,8

Días de almacenamiento que son 2

Voltaje nominal de la batería es 12

Con estos datos se procede a calcular la carga eléctrica del sistema:

Carga del sistema = $1500 / 24 = 62,5$ A-h/día

Carga corregida del sistema = $62,5 / 0,95 / 0,9 = 73,1$ A-h-día

Capacidad del sistema de acumulación = $73,1 \times 2 / 0,8 = 182,7$ A-h/día

Baterías en serie = $24 / 12 = 2$

El sistema de baterías para cada aerogenerador, requiere de 2 baterías de 12 V y una corriente en conjunto de 183 A-h/día.

III.7 Diseño del Sistema de conductores y protecciones.

El sistema de conductores y protecciones que se va a diseñar, sirve para cualquiera de los sistemas (eólico o fotovoltaico) por separado o unidos formando un solo conjunto.

Para realizar el diseño del calibre y tipo conductores se hace necesario conocer cierta teoría necesaria sobre conductores y protecciones.

III.7.1 Tipos de conductores.

Los conductores más conocidos y utilizados en instalaciones son los siguientes:

Desnudo de Cobre Línea de transmisión y distribución de energía eléctrica.

TWF Instalaciones donde requieren gran flexibilidad. Para aparatos, toma de motores, tableros, baterías, bancos de baterías de UPS, vehículos. Cable sometido a continuo movimiento.

TW Para circuitos de fuerza y alumbrado de edificaciones industriales, comerciales y domésticas.

THW Circuitos de fuerza, alumbrado de instalaciones que requieren gran seguridad.

TTU Circuitos de fuerza, alumbrado e instalaciones industriales. Puede ser enterrado directamente. Tension nominal: 600 Volt

ST (Concéntricos) Conexiones de lamparas, interconexión de equipos tal que faciliten su frecuente intercambio.

ASC Conductores Aluminio Desnudos Líneas aéreas de transmisión y distribución de energía eléctrica.

TW – Aluminio Para circuitos de fuerza y alumbrado principalmente en edificios industriales, comerciales, y domésticos.

III.7.2 Calibre de conductores.

El calibre de conductores se determina de acuerdo con la corriente del circuito al que se va alimentar.

La capacidad de corriente (amperios) se la calcula para 75 °C de temperatura del conductor, 25 °C de temperatura ambiente, 0.6 m/seg. de velocidad del viento, sin efecto del sol y para una conductividad IACS del 97.5%.. Estos valores varían de acuerdo con los fabricantes.

III.7.3 Protecciones.

Las protecciones de cualquier tipo de instalación son los fusibles e interruptores que sirven para proteger tanto a los equipos como a las personas de posibles fallas.

Los interruptores de acción manual, permiten cortar el flujo de corriente en caso de emergencia o para un mantenimiento preventivo de las instalaciones, que suele ser programado.

Los fusibles permiten proteger a las instalaciones contra sobrecorrientes al producirse un cortocircuito en el sistema o una falla a tierra.

En una instalación fotovoltaica o eólica a su tiempo, se requiere instalar un interruptor de acción manual para proteger al banco de

baterías y evitar que cuando se cortocircuite la batería cause daños al resto de las instalaciones. Adicionalmente se debe separar en circuitos por separado y protegidos con fusibles y porta fusibles.

III.7.4 Planos de la instalación.

Es necesario conocer un descriptivo de los sitios en los que se va a realizar las instalaciones, implantación, plantas de las viviendas, sitios especiales, etc.

III.7.5 Aplicación de cálculo de conductores y protecciones en la comunidad de Pitiur.

En los siguientes planos, se observa la distribución de las viviendas en el centro poblado, la distancia aproximada entre la escuela y cada una de las casas; así como también el plano de una vivienda tomada como tipo o modelo de las que existe en el lugar, y la escuela, las dimensiones son aproximadas.

Estos planos servirán para calcular los conductores y protecciones de los diferentes circuitos.

La comunidad de Pitiur va a ser dividida en 11 circuitos, uno para cada requerimiento (9 viviendas, la escuela y la bomba de agua).

Bajo esta consideración, se tiene que:

En los 9 circuitos de las viviendas

Energía: 700 W-h

Potencia: 230 W

Voltaje del sistema: 24 V

Corriente: 10 A

Fusible de CC para sobre corriente: 15 A

Caída de voltaje: 3%

Calibre del conductor: 10 AWG

Para cada vivienda varia la longitud del banco de baterías ubicado en la escuela hasta la vivienda misma, de la siguiente manera

Vivienda	Distancia (m)
1	35
2	42
3	30
4	20
5	35
6	20
7	35
8	45
9	60

Para el circuito de la escuela

Energía: 64 W-h

Potencia: 100 W

Voltaje del sistema: 24 V

Corriente: 4 A

Fusible de CC para sobre corriente: 10 A

Caída de voltaje: 3%

Calibre del conductor: 10 AWG

Distancia: 10 m

Para el circuito de la Bomba de agua

Energía: 1250 W-h

Potencia: 2500 W

Voltaje del sistema: 24 V

Corriente: 105 A

Fusible de CC para sobre corriente: 200 A

Caída de voltaje: 3%

Calibre del conductor: 6 AWG

Distancia: 15 m

Para el circuito de las baterías a los paneles

Energía: 7614 W-h/día

Potencia: 2830 W

Voltaje del sistema: 24 V

Corriente: 118 A

Fusible de CC para sobre corriente: 200 A

Caída de voltaje: 3%

Calibre del conductor: 6 AWG

Distancia: 25 m

Para el circuito de las baterías al aerogenerador

Potencia: 1500 W

Voltaje del sistema: 24 V

Corriente: 62,5 A

Fusible de CC para sobre corriente: 100 A

Caída de voltaje: 3%

Calibre del conductor: 8 AWG

Distancia: 45 m

CAPITULO IV

SISTEMAS HIBRIDOS

IV.1 Definición

Sistemas híbridos para la generación de energía pueden ser definidos como la asociación de dos o más fuentes de energía con el objetivo básico de generar energía eléctrica, para una determinada carga aislada de la red o integrada al sistema.

Los sistemas híbridos son normalmente compuestos por fuentes renovables cuyos recursos son prácticamente inagotables y de ser necesario se complementan con grupos de generación con motores a combustión constituyéndose en una concreta opción, compatible a nivel medio ambiental y social.

Actualmente se proyectan sistemas híbridos en los que las fuentes renovables y el almacenamiento proporcionan hasta un 80–90 % de la necesidad energética, dejando al diesel solo la función de emergencia.

IV.2 Configuración de los sistemas híbridos

Los sistemas híbridos nacen de la unión de dos o más sistemas de generación, uno convencional y uno que utilice fuentes renovables, para garantizar una base de continuidad del servicio eléctrico. La configuración típica de un sistema híbrido es la siguiente:

- una o más unidades de generación de fuentes renovables: eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica
- una o más unidades de generación convencional: diesel
- sistema de almacenaje de tipo mecánico, electroquímico o hidráulico

- sistemas de condicionamiento de la potencia: inversor, rectificadores, reguladores de carga
- sistema de regulación y control

IV.3 Ventajas comparativas

La principal ventaja de un sistema híbrido es la posibilidad del aprovechamiento conjunto y optimizado de los recursos locales disponibles, pudiendo garantizar altos niveles de calidad, confiabilidad y rendimiento. Con reducción de costos en la instalación y operación del sistema.

Los sistemas híbridos representan actualmente una solución viable para las exigencias de energía eléctrica en áreas aisladas o no electrificadas. En el pasado, de hecho, se utilizaban solo generadores diesel, que, en la modalidad operativa de baja carga, muestran una eficiencia reducida en el funcionamiento, altos costes de mantenimiento y un breve tiempo de vida de la instalación. Los sistemas híbridos permiten reducir esos problemas y aprovechar los recursos renovables existentes en el territorio, constituyendo una opción viable y favorable tanto ambiental como socialmente.

IV.4 Aplicaciones de los sistemas híbridos

Las aplicaciones más importantes de los sistemas híbridos, se las puede resumir en las siguientes:

IV.4.1 Sistemas para usuarios o comunidades aisladas

Se trata de sistemas hasta un máximo de 100 kW de potencia

IV.4.2 Sistemas híbridos insertados a redes

Se trata de sistemas renovables instalados en redes locales de media tensión, hasta la potencia en decenas de MW, con el fin de reducir las

horas de funcionamiento de los generadores diesel existentes, ahorrando combustible y reduciendo las emisiones contaminantes.

IV.4.3 Los sistemas combinados completamente renovables

Considerando las características intermitentes de las fuentes utilizadas estos sistemas se pueden utilizar en aplicaciones conectadas a la red. Estos sistemas unen las tecnologías fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica.

IV.4.4 Sistemas autosuficientes

En algunas situaciones, se pueden instalar sistemas híbridos completamente renovables, que permiten la autosuficiencia de la red eléctrica. Estos sistemas combinan una fuente continua, para cubrir la necesidad energética de base (biomasa y/o energía geotérmica), y una o más fuentes intermitentes, para cubrir los picos de potencia solicitada (hidroeléctrica, eólica, solar).

IV.5 Clases de Sistemas Híbridos

La siguiente clasificación se la realiza en función del objetivo final de la presente tesis.

A menudo el dimensionado de la instalación fotovoltaica o de la instalación eólica, por si sola, está por debajo del margen de seguridad que garantizaría la cobertura del suministro eléctrico todo el año, ya sea por razones económicas o bien porque se dispone de otra fuente de generación eléctrica que complementará la generada por la instalación.

Aun siendo el dimensionado de las instalaciones correcto, se producen puntas de consumo muy por encima de lo habitual, hay un período anormalmente largo de tiempo nublado o sin aire para mover los aerogenerador o simplemente existe

necesidades inaplazables como el bombeo de agua, que hay que garantizar en cualquier situación. Por tanto, es recomendable disponer de algún sistema de generación auxiliar que permita hacer frente con seguridad a los períodos anteriormente citados. Garantizando un estado de carga aceptable de las baterías y una prolongación de su vida útil.

En relación con lo indicado anteriormente, se puede clasificar a los sistemas híbridos de la siguiente manera:

- Los sistemas fotovoltaicos con sistemas hidráulicos
- Los sistemas fotovoltaicos con grupos electrógenos de motor a explosión.
- Los sistemas fotovoltaicos con sistemas eólicos.

IV.5.1 Sistema Solar Fotovoltaica con Minihidráulica

Cuando se plantea la posibilidad de un sistema mixto fotovoltaico e hidráulico es porque el potencial hidráulico por sí solo no es suficiente para cubrir toda la demanda de energía, ya sea porque es pequeño o bien porque es de régimen estacional o fluctuante.

En gran número de zonas, la disponibilidad de agua corriente varía según la época del año, soliendo ser abundante durante el período invierno. Por ello, la energía hidráulica se complementa perfectamente con la fotovoltaica, que tiene su máxima disponibilidad en verano.

Para poder utilizar la energía hidráulica no hay que estar situado necesariamente al lado de un río. A veces basta con un pequeño torrente, riachuelo o incluso una fuente. Un caudal pequeño puede ser suficiente, siempre que se disponga de un desnivel adecuado.

Hay modelos de turbinas que están diseñadas para determinadas combinaciones de desnivel y caudal. Las máquinas más pequeñas (y por

tanto, más baratas) son las que trabajan con poco agua y con grandes desniveles.

IV.5.1.1 Elementos de una instalación hidráulica pequeña

Los principales elementos que componen una central de generación minihidráulica son:

- *Captación*: Punto donde se deriva el agua que se utilizará con fines energéticos.
- *Filtro y reja*: Para impedir la entrada de hojas y otros residuos a la tubería.
- *Tubo de presión*: Manguera de diámetro adecuado según el caudal y capaz de resistir la presión del desnivel.
- *Válvula de paso*: Sirve para regular la carga; En instalaciones pequeñas (unifamiliares) el único sistema válido para regular la carga es el manual (cerrando la válvula de paso), o bien la disipación del excedente a través de una resistencia adecuada (mediante un dispositivo electrónico automático).
- *Turbina*: De distintas tipologías, pero provista de rodete, inyectores y generador.

IV.5.2 Sistema solar Fotovoltaica con un grupo electrógeno de pequeña potencia

Este sistema no utiliza solo fuentes renovables, pero también es el único que puede generar electricidad en cualquier momento, en cualquier lugar donde se necesite y con una gama de potencias muy amplia.

Es el sistema idóneo para funcionar como sistema auxiliar para momentos de déficit de una instalación diseñada únicamente con un sistema fotovoltaico, o bien para cubrir determinados consumos que, por su elevada potencia, se prefiere que no pasen a través del mismo.

La potencia del grupo electrógeno dependerá de la función a la que va destinado. Siendo la potencia mínima, la suma de las potencias de los aparatos que son su carga.

IV.5.2.1 Como elegir un grupo electrógeno:

La correcta elección del grupo electrógeno es fundamental para lograr el máximo aprovechamiento de la inversión, minimizando problemas y optimizando el gasto.

Conociendo el consumo en Watts de las cargas que se van a conectar al mismo tiempo, se la multiplica por un coeficiente llamado de seguridad que va del 1.4 para trabajo normal, a 1.6 para trabajo pesado; entendiéndose por pesado aquel donde el uso sea superior a tres horas continuas o con temperaturas mayores de 28 °C. Se debe elegir siempre la potencia inmediata superior al valor obtenido ya que trabaja con valores máximos.

IV.5.3 Sistema solar fotovoltaica con energía eólica

Se contempla esta posibilidad, cuando en el lugar de la instalación hay presencia de viento y sol. Estas condiciones no se dan en todas partes, por lo que es necesario conocer con detalle el potencial eólico y solar de un lugar antes de decidirse por esta opción.

No se hará referencia a los elementos de esta instalación, ya que se los ha estudiado estudiados independientemente en el capítulo II.

IV.5.3.1 Esquema de la instalación

Uno de los sistemas de generación está formado por un aerogenerador que, a través de un regulador de carga, se encarga de suministrar la energía producida a las baterías.

En paralelo, se encuentra un sistema modular de paneles fotovoltaicos que mediante su regulador de carga se conectan también a la batería.

Requiere un controlador más complejo, ya que su fiabilidad total es superior a la de los otros dos sistemas, y, por consiguiente, el regulador de carga a utilizar no será el mismo que si a usarse en una instalación fotovoltaica o eólica únicamente.

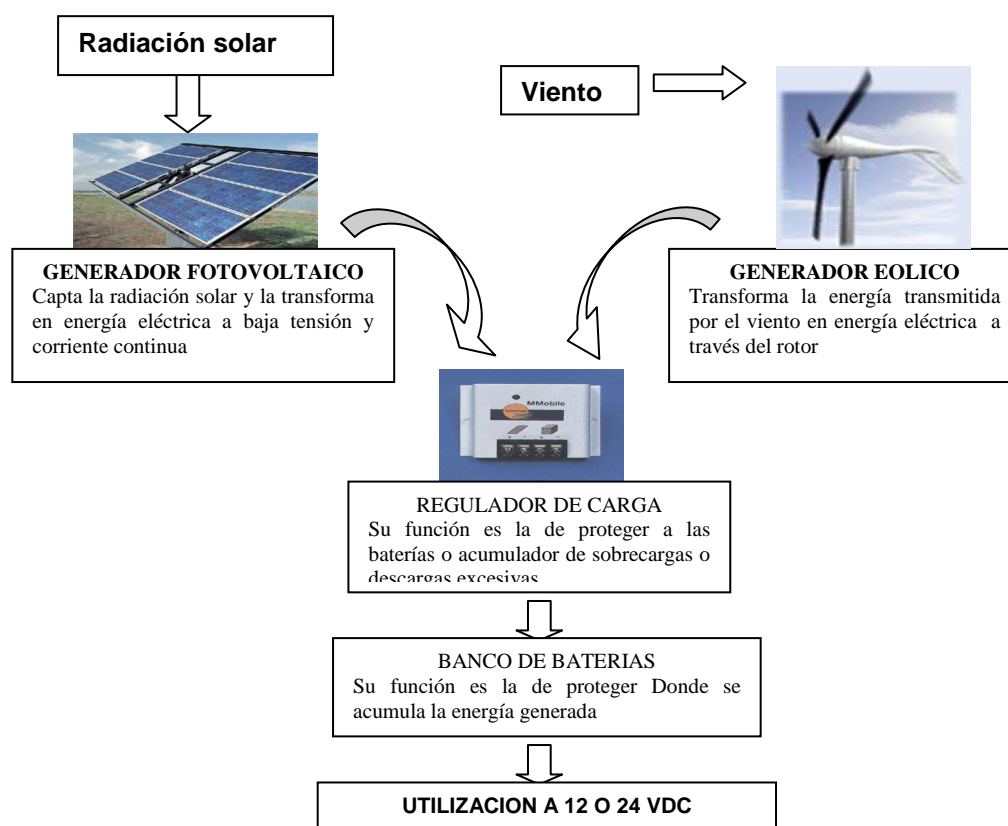


Fig. 9 Esquema de un sistema híbrido eólico-solar
Fuente y elaboración: José Mera

IV.5.3 Sistema solar fotovoltaico con energía eólica y grupo electrógeno.

Este tipo de sistema sigue los lineamientos del sistema anterior con el incremento también en paralelo de un grupo de generación de emergencia electrógeno con motor de gasolina, mediante un rectificador/cargador, se conecta a las baterías para, en casos extremos, poder cargar los acumuladores.

IV.5.3.1 Esquema de la instalación

Las tres formas de generación hablemos de: los paneles fotovoltaicos, el aerogenerador y el grupo electrógeno están conectados en paralelo al regulador de carga, pero adicionalmente el grupo electrógeno puede ser conectado a la demanda parcial o totalmente.

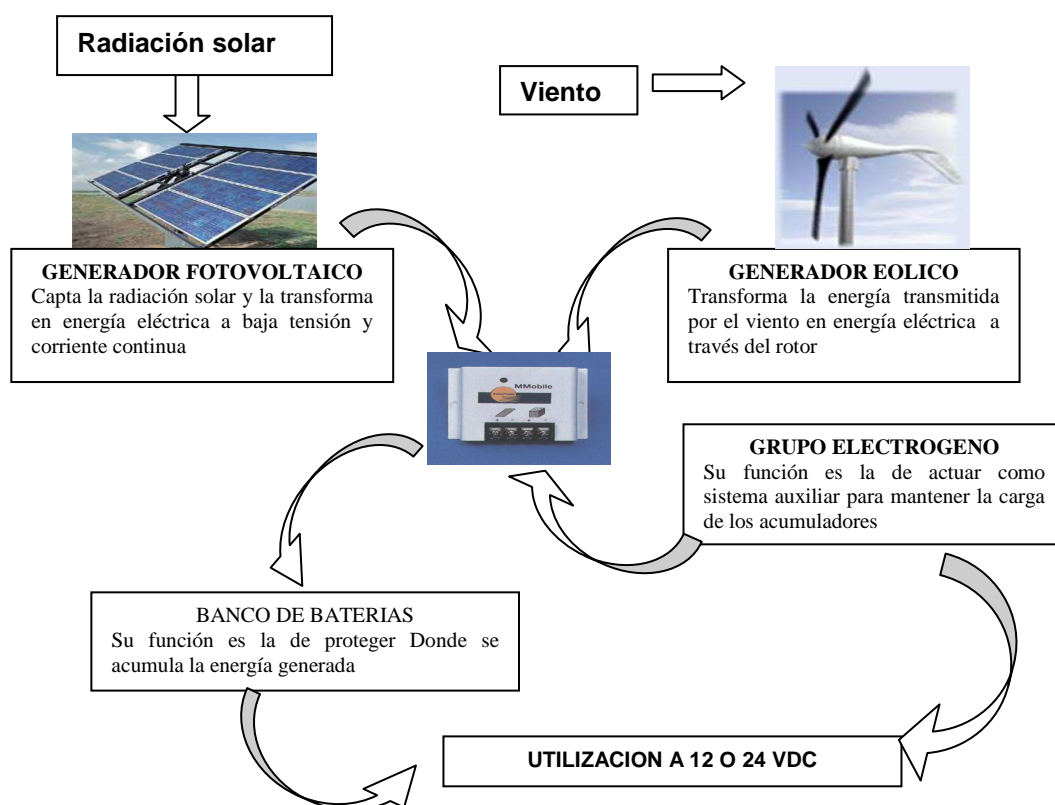


Fig. 10: Esquema de un sistema híbrido eólico-solar-grupo electrógeno
Fuente y elaboración: José Mera

IV.6 Selección de la alternativa más adecuada para la comunidad de Pitiur

Desde el punto de vista técnico y de acuerdo con lo expuesto en cada uno de los sistemas, se determina la mejor alternativa comparando la eficiencia, la factibilidad y los costos, que representa la instalación de tal o cual sistema.

En cuanto se refiere a los costos de los sistemas, esto se analizará con más detenimiento en el Capítulo VI.

La eficiencia y factibilidad de los sistemas; sin duda alguna, dependen de factores externos ocurridos a lo largo de un año.

Un sistema minihidráulico, en Pitiur no es factible de instalar por cuanto en la zona no se tiene un desnivel importante o caída de agua; provocando que su instalación sea técnicamente muy complicada, elevando los costos de la inversión.

Hablando de un sistema electrógeno, para la zona de Pitiur, teóricamente es la solución más adecuada; pero en forma práctica, este sistema se ve alterado por; la inexistencia de vías carrozables que comuniquen el sector con las zonas provistas de combustibles de todo tipo, por el incremento que sufre el combustible hasta llegar a Pitiur, situaciones analizadas ya en el Capítulo I. Provocando que estos sistemas se vuelvan demasiado costosos en el año aunque técnicamente sean muy factibles.

Los sistemas fotovoltaicos son una excelente alternativa en la zona de Pitiur, por cuanto existe una buena incidencia de rayos solares durante todo el año. La inversión de la instalación aunque costosa al inicio, prácticamente se ve recompensada al no tener un mantenimiento que amerite gastos onerosos. Por lo tanto este tipo de sistemas al ser técnicamente eficientes, y factibles de instalar

en la zona, se vuelven la primera alternativa en la solución eléctrica de la comunidad.

Analizando que los sistemas micro eólicos son muy versátiles para su instalación y conociendo que la zona de Pitiur tiene vientos moderados pero constantes durante el día, y la noche, se puede considera que los aerogeneradores son técnicamente recomendables para instalar en la zona, como una segunda alternativa de solución energética a las viviendas y escuela de la comunidad.

Tomando en cuenta el análisis de los sistemas minihidráulico, grupo electrógeno fotovoltaico y eólico por separado; se puede, para los fines consiguientes de la presente tesis, recomendar un sistema híbrido fotovoltaico-eólico.

CAPITULO V

PROPUESTA TECNICO-ECONÓMICA DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – FOTOVOLTAICO PARA LA COMUNIDAD DE PITIUR

V.1 Introducción

Las fuentes renovables de energía, a diferencia de los hidrocarburos y la energía nuclear, coexisten, se complementan y aportan su potencial energético sin contaminar el medio ambiente.

Como resultado de ello se ha realizado la evaluación de la región de Pitiur, y demuestra la posibilidad de utilizar el viento y el sol como recursos naturales explotables para obtener energía en esta localidad donde la conexión al sistema nacional interconectado resulta muy difícil de costear.

Estos resultados conducen a la adquisición de pequeños aerogeneradores, y paneles fotovoltaicos con la más avanzada tecnología en esta disciplina y ampliamente comercializados a escala mundial para diferentes usos. Su operación, casi exenta de mantenimiento, garantizará el suministro eléctrico en Pitiur, donde el potencial eólico y solar es satisfactorio.

V.2 Objetivo

Este modelo de instalación tiene por objetivo brindar al usuario un suministro de energía constante y suficiente para llevar una vida apegada en cierta forma al urbanismo, brindando un servicio seguro, confiable a un costo de la energía razonable.

V.3 Operación

Estas instalaciones pueden operarse en forma manual ó automática, dependiendo de las necesidades del uso. En el caso de un sistema de operación manual se dependerá del usuario para la puesta en marcha de los equipos, en los momentos

en que sea necesario. Si el sistema es automático cada sistema arrancará y se detendrá de acuerdo a las órdenes predeterminadas en un microprocesador.

V.4 Mantenimiento

El grado de mantenimiento necesario depende exclusivamente del tipo de baterías a utilizarse. Si se utilizan baterías estacionarias especiales de bajo mantenimiento, se incrementará el costo de la inversión, pero será menos frecuente la necesidad de limpiar los bornes y reponer electrolito. Si en lugar de éstas se opta por baterías comunes, tendrán un menor rendimiento y una mayor necesidad de mantenimiento, pero como contrapartida, el costo de inversión notablemente más bajo y la posibilidad de reciclar el banco completo cuando se haya agotado.

V.5 Sitio de emplazamiento

El régimen de radiación solar y vientos, presentan una amplia variabilidad en dependencia de la influencia temporal que a gran escala provocan los diferentes eventos meteorológicos que influyen sobre una región y que imponen sus patrones de radiación solar y viento característicos.

Los factores geográficos en la región de Pitiur constituyen el escenario donde, el viento puede atenuarse o acelerarse en extensiones relativamente pequeñas la radiación solar se ve interrumpida especialmente en la mañana, debido a la diversidad del paisaje. Su interacción determina las características reales del viento local y la incidencia de los rayos solares.

Atendiendo a las demandas sociales y a las evidencias de que el régimen de viento local es adecuado para instalar pequeñas turbinas eólicas y la radiación solar suficiente para el buen funcionamiento de un generador fotovoltaico; sin que se requieran estudios detallados y costosos para tomar esta decisión, se ha

decidido instalar un sistema híbrido eólico fotovoltaico en la zona central de la comunidad de Pitiur. Hecho comprobado por el buen funcionamiento en la zona de Taisha, de cuatro pequeños sistemas eólicos montado por el municipio y de dos generadores fotovoltaicos.

V.6 Descripción y funcionamiento del sistema híbrido.

El aerogenerador, es idóneo para un sistema híbrido de generación combinado con paneles fotovoltaicos que al complementarse en el tiempo garantizan la carga constante de las baterías que suministran la energía a los consumidores (viviendas y escuela). De esta forma se amortiguan las fluctuaciones diarias y estacionales de ambas fuentes energéticas, lo que reduce los ciclos de descarga de las baterías y extiende su vida útil.

El funcionamiento de este sistema híbrido puede describirse, de forma simplificada, con las siguientes características:

- El sistema está integrado por dos subsistemas de generación eléctrica: paneles fotovoltaicos y aerogenerador.
- En términos generales, diariamente puede manifestarse la presencia del Sol (de acuerdo con la nubosidad), del viento, o de ambos recursos energéticos.
- El banco de baterías requiere de recarga, debido al consumo de los equipos el día anterior.
- Diariamente, con la presencia de una o ambas fuentes energéticas, se inicia el proceso de recarga del banco de baterías con la entrada de los paneles fotovoltaicos, el aerogenerador o ambos simultáneamente si las demandas del sistema lo requieren. Un controlador de carga común determina la necesidad de una intensidad de carga específica, resultando

en un nivel de penetración parcial o total de cada fuente de acuerdo con su energía disponible y al régimen de carga requerido por el sistema. El proceso de carga del banco de baterías, en ausencia de una de las fuentes energéticas (Sol o viento), puede ser asumido por un mayor aporte de generación eléctrica del subsistema correspondiente a la fuente existente.

- En el caso del aerogenerador, un sofisticado sistema de regulación de carga, acoplado en el interior del mismo, controla el régimen de carga al sistema, desconectando el equipo una vez alcanzada la carga idónea. El aerogenerador desconectado queda en cortocircuito, situación en que es autofrenado, para regular el número de vueltas del rotor a un paso lento y silencioso y de esta forma evitar una sobre velocidad que pudiera provocar daños al equipo en caso de vientos fuertes.
- El regulador de carga queda comprobando la caída de voltaje de la línea y el nivel de carga de las baterías a la espera de reiniciar el proceso de recarga.

V.7 Características de los sistemas

V.7.1 Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico que se van a instalar en la escuela y de donde se alimentará a las viviendas y bomba de agua de la comunidad de Pitiur permite el funcionamiento de las cargas, como son: televisor, radio, lámparas internas y externas; así como la bomba de agua e iluminación de la escuela. Siendo este el sistema principal para la generación de energía en Pitiur.

Se utilizará un sistema de fotovoltaico que tiene los siguientes elementos:

V.7.1.1 Generador fotovoltaico

Formado con 31 paneles solares cada uno de 50 W de potencia, con lo cual se pretende generar o cubrir la demanda de 6740 W-h/día de energía.

V.7.1.2 Banco de baterías

El conjunto de paneles genera energía que es almacenada en un sistema de acumulación con una capacidad de 105 A-h/día. Este sistema consta de 2 baterías interconectadas.

V.7.1.3 Regulador de carga

Para enlazar el sistema fotovoltaico con las baterías se va a usar un controlador electrónico de capacidad 50 A.

V.7.2 Sistema micro-eólico

El sistema micro-eólico que se va a instalar en la comunidad, es un sistema secundario que permite cubrir las necesidades de energía, en ausencia de sol, especialmente en la noche; o en el mes de enero donde la radiación solar en Pitiur es muy baja.

V.7.2.1 Aerogenerador

El aerogenerador es de 3000 W de potencia, instalado sobre tiene una torre de 18 metros de altura. El diámetro del rotor es de 4 metros y tiene 2 hélices. La particularidad de este aerogenerador es que se puede abatir para realizar su mantenimiento o variar el grado de inclinación de sus hélices.

El sistema micro-eólico permitirá aportar 3000 W-h/día adicionales, aumentando la energía disponible y, por tanto, el número de horas de uso. Se va a aumentar 2 baterías al sistema de acumulación de fotovoltaico

para almacenar la energía producida por el sistema micro-eólico; con lo cual el sistema de acumulación para el sistema híbrido constará de 8 baterías. Con capacidad en conjunto de 105 A-h/día.

V.8 Estrategia de control

El funcionamiento del sistema híbrido es muy sencillo. Hay una red formada por dos elementos generadores (paneles fotovoltaicos, aerogenerador) y el regulador, que es el corazón de toda la instalación.

El sistema de control detectará el nivel de carga de las baterías y, a medida que no sea necesaria más energía, irá desconectando los elementos generadores. Este proceso será progresivo eliminando uno a uno los sistemas.

Si en algún momento se detecta que el nivel de carga de las baterías está por debajo del 65%, automáticamente se conectará algún sistema de generación para su carga.

De esta forma se obtiene un sistema aislado basado en energías renovables, que forma una red propia.

V.9 Propuesta económica

El costo de una instalación de este tipo, depende de la potencia máxima del controlador elegido, la capacidad y tipo del banco de baterías, la ubicación del emplazamiento, y algunas otras variables, como el tipo de operación.

El costo de un sistema con operación automática y de bajo mantenimiento, se duplica en relación a un sistema con operación manual.

V.9.1 Costos de un sistema híbrido

Los sistemas híbridos requieren una importante inversión de capital inicial, pero tienen unos gastos de mantenimiento bajos.

El análisis de todos los aspectos económicos relativos a un sistema híbrido es complejo. De hecho, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Cada aplicación tiene que ser contemplada en su contexto particular, evaluando condiciones locales como, por ejemplo, la normativa, la radiación solar, velocidad del viento, el espacio disponible, etc.

Para realizar una comparación correcta es necesario hablar de valor de la energía producida y no del costo de la energía. Esto es así porque la calidad de la energía producida por una fuente híbrida no es la misma que la de las fuentes tradicionales (por el impacto ambiental, la intermitencia de la fuente primaria de energía, etc.).

La vida útil de un generador fotovoltaico es de aproximadamente 25 años; de un aerogenerador es de 20 años.

En algunos casos, la inversión inicial se amortiza sólo por el hecho de que el costo para electrificar la zona; conexión al sistema nacional interconectado, es superior al de la instalación de un sistema híbrido. Por ello, la rentabilidad de la instalación de un sistema híbrido depende mucho de las ayudas e incentivos por parte de las administraciones públicas (CONELEC, FERUM, ONGs).

V.9.2 Precios de los componentes

En la siguiente tabla se puede observar la descripción detallada de los componentes del sistema híbrido y sus respectivos precios, con lo cual se puede observar y tener una idea de la inversión que se debe realizar para implementar el sistema en la comunidad de Pitiur. Ver anexo 4

SISTEMA HIBRIDO EOLICO-FOTOVOLTAICO COMUNIDAD DE PITIUR PROPUESTA ECONOMICA			
Componente	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Sistema fotovoltaico			
Paneles fotovoltaicos, armadura metálica, cables de conexión, errajes.	36	330	11880
Base y montaje	1	700	700
Instalación	1	400	400
Subtotal			12980
Sistema eólico			
Aerogenerador, torre, cables de conexión y regulador	1	5795	5795
Instalación	1	400	400
Subtotal			6195
Sistema de acumulación			
Baterías marca Fullman tipo estacionaria mono block de 6 elementos, cables de conexión	4	1013	4052
Subtotal			4052
Sistema de control			
Controlador de carga	2	219	438
Subtotal			438
Sistema de conductores y protecciones			
Conductores	(m)	(/m)	
6 AWG	50	0,972	48,6
8 AWG	50	0,617	30,85
10AWG	350	0,295	103,25
Subtotal			182,7
Fusibles para sobre corriente			
10 A.	1	7	7
15 A	9	8	72
100 A	2	20	40
200 A	1	50	50
Subtotal			169
Costo total de la instalación híbrida			24016,7

Cabe indicar que los precios de los componentes no incluyen IVA. Ver anexo 4

V.10 Análisis financiero

El desarrollo de un estudio económico, entre dos o más tipos de sistemas de generación eléctrica, debe considerar, el costo de operación y mantenimiento de los sistemas, vida útil de los equipos y, principalmente, todas las variables pertinentes al estudio de viabilidad económica de sistemas de generación de electricidad; y optar por el mejor para invertir, o simplemente aquel sistema donde se obtenga ganancias.

V.10.1 La decisión de invertir

Cuando se analizan las diferentes alternativas con el objetivo de decidir en cual invertir, el primer elemento debe ser considerando el retorno esperado. Obviamente, la alternativa que presenta las ganancias globales más grandes debe ser la escogida.

Con la base en los ingresos y egresos de cada alternativa, puede obtenerse un panorama general del negocio. Sin embargo, la duda aparece al evaluar los beneficios futuros de cada alternativa, y, cuando se refiere al futuro dentro de un sistema económico, siempre se incurrirá en riesgos e incertidumbres, sin embargo, cuando mayor es el nivel de información del inversionista, menores serán los riesgos a los que estará sujeto.

En cualquier proceso de análisis de inversiones, es natural comparar la posibilidad de ganancias futuras, contra los riesgos e incertidumbres relacionadas a cada alternativa. Como las ganancias de un cierto proyecto no pueden ser clasificadas como puramente determinísticas, hay la necesidad de saber todas las variables

involucradas completamente en un proceso de análisis de inversiones para, decidir la mejor alternativa para invertir.

V.10.2 El diagrama de flujo financiero

El diagrama de flujo de dinero es un gráfico que representa, en forma ordenada y de manera objetiva, todos los ingresos y egresos de cada una de las alternativas.

La figura 11, representa un ejemplo de diagrama de flujo de dinero, dónde el eje horizontal representa el tiempo, y el número sobre el eje el fin del período, en otros términos, el número 1 indica el fin del período 1, los 2 indican el fin del período 2 y así sucesivamente. El período puede definirse como cualquier intervalo de tiempo, sea éste de un día, un mes, un año, etc.

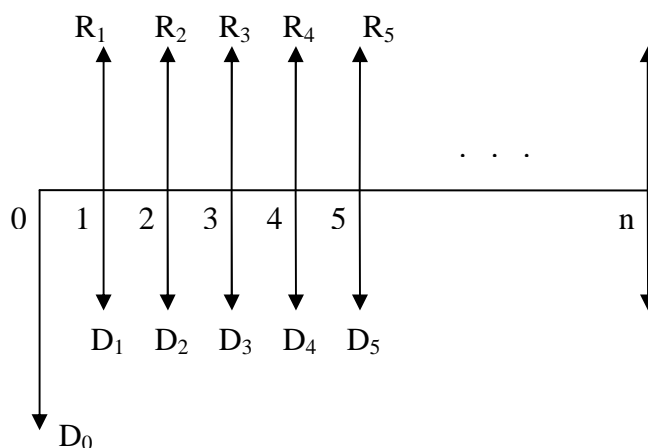


Fig. 11 diagrama de flujo del dinero
Fuente y elaboración: José Mera

Las flechas hacia arriba indican los ingresos (R), mientras las flechas hacia abajo indican los egresos (D). Otra representación de flujo de dinero puede darse a través de una tabla.

Periodo K	Ingresos R	Egresos D
0	0	D ₀
1	R ₁	D ₁
2	R ₂	D ₂
3	R ₃	D ₃
4	R ₄	D ₄
5	R ₅	D ₅
...
n	R _n	D _n

En los análisis económicos, se considera normalmente que el egreso realizado en el período 0 se refiere a la inversión inicial (I), y que en ese período no hay ninguna comprobación de cualquier ingreso.

La caja líquida del proyecto se define como la diferencia entre los ingresos y los egresos verificados al fin de cada período.

V.10.3 El valor temporal del dinero.

En cualquiera de los sistemas económicos, expuestos a la inflación, hay una clara preferencia por la liquidez de capital, en función, principalmente de la pérdida del poder adquisitivo de la moneda en el curso de tiempo, en caso de que la remuneración adicional no sea verificada.

Existe la necesidad de una relación de equivalencia entre un valor monetario en el presente y un valor monetario en el futuro. Para eso, debe conocerse el período de tiempo, y un porcentaje impuesto al retorno esperado, normalmente conocido como el porcentaje de interés, o tasa de descuento. A partir de esas relaciones, la matemática financiera permite calcular la equivalencia entre un valor presente (VP) y un valor futuro (VF), separados por un intervalo de tiempo (n), siendo aplicado una tasa de interés cualquiera (i).

$$VP = VF \frac{1}{(1 + i)^n}$$

De una manera similar, el valor futuro relacionado con una cantidad en presente

$$VF = VP (1 + i)^n$$

V.10.4 El horizonte de planeación

El horizonte de la planificación depende de varios factores, como la capacidad financiera de los inversionistas, la política de inversión, entre otros.

Cuando se comparan dos o más alternativas, ellas son consideradas dos opciones básicas de planear los horizontes: iguales y diferente entre las alternativas. En el caso de alternativas con diferentes tiempos de vida útil, y analizados bajo un mismo horizonte de la planificación, se suponen los reemplazos, de los materiales de vidas útiles más cortas para que el sistema opere normalmente hasta el fin del período considerado.

V.10.5 El atractivo financiero de las alternativas (taza de interés)

Un factor fundamental para volver atractiva financieramente la inversión es la tasa de interés empleada para el análisis. Esa tasa es conocida como la tasa mínima atractiva (TMA) siendo prohibitiva la decisión de invertir en un negocio con una tasa inferior a TMA. En otras palabras, un capital invertido a una tasa superior a TMA representa un valor mayor al valor recibido por el mismo capital con tasa TMA; ese excedente se denomina de ganancia residual.

V.10.6 Indicadores financieros

Los indicadores financieros demuestran la viabilidad de una inversión, comparando dos o más alternativas. Varios indicadores se presentan, para

finalmente, decidir cual o cuales se adaptan al análisis propuesto en esta tesis.

V.10.6.1 El valor presente neto

El criterio del valor presente líquido (VPL) es el más reconocido en la literatura financiera, por ser el método más sólido para analizar inversiones. Uno de sus atractivos es la facilidad comprensiva y desarrollo del análisis que consiste básicamente en concentrarse todos los costos presentes en el flujo del dinero de un proyecto en el valor cero, haciendo uso del impuesto mínimo atractivo.

Este método basado en las ecuaciones anteriores de VP y VF, representan la serie de valores futuros traídos al presente.

El método de VPL genera varias interpretaciones, de acuerdo con en el tipo del análisis que se quiera desarrollar. Esos análisis, no se discuten a fondo en la matemática financiera pero en el presente trabajo se hace ciertos comentarios por considerarlos aplicables a los sistemas de generación de electricidad.

- Una primera variación del método se aplica a un caso dónde el inversionista quiere comparar dos alternativas que generarán las mismas ganancias, siendo necesario, por tanto, el estudio de los costos más pequeños a lo largo del horizonte de planificación considerado. En ese caso, todas los términos de la ecuación pueden considerarse simplemente gastos; siendo VPL, el costo total del proyecto. Consecuentemente cuanto menor sea VPL más atractiva es la inversión. Algunas referencias del área de ingeniería

denominan VPL, presentada esa variación, como el costo del ciclo de vida (CCV) del proyecto. Esta aclaración se usará en el análisis del presente proyecto.

- La segunda variación, más general, puede aplicarse a una situación donde el propietario del dinero invierte en una cierta alternativa que, a lo largo del horizonte de la planificación, tenga ingresos y egresos distribuidos bajo los formularios de anualidades y costos de valores no uniformes. La solución consideraría el flujo del dinero en efectivo, representando los egresos con signo negativo, además de la inversión inicial, y los ingresos con signo positivo. La conclusión alcanzada es que el negocio es atractivo si $VPL > 0$ y no es atractivo para $VPL < 0$ y cuando $VPL = 0$ es indiferente invertir.

V.10.6.2 Índice beneficio/costo

El índice beneficio/costo (IBC) es un indicador que demuestra cuanto se puede ganar por unidad de capital invertido en un negocio. Es la relación existente entre VPL de ingresos con VPL de egresos.

$$IBC = \left| \frac{VPL_R}{VPL_D} \right|$$

Como se puede observar fácilmente el valor de IBC será mayor que uno cuando VPL del proyecto sea mayor que cero ($VPL_R > VPL_D$). Por tanto la referencia básica del indicador IBC es que el proyecto merece continuar con el análisis solo cuando $IBC > 1$.

V.10.6.3 Tasa interna de retorno.

Por definición, la tasa interna de retorno (TIR) es aquella que hace que el VPL se igual a cero. Ella debe ser la tasa que hace que la ecuación $VPL = I + \sum VP_a$ sea cero; en este caso TMA se sustituye por la TIR, siendo en esta condición que se presenta el límite superior de la rentabilidad, o sea, el negocio sería atractivo al aplicar una tasa menor que la TIR y que cuando más próxima se encuentre a la TMA escogida para el proyecto, mayor será el riesgo de inversión.

V.10.6.4 Ventajas y desventajas de los indicadores financieros.

A continuación se observa un cuadro de las ventajas y desventajas al utilizar cada uno de los indicadores financieros descritos anteriormente.

Método	Ventajas	Desventajas
VPL	Método simple y criterioso por considerar el valor temporal del dinero. Conocido como el mejor indicador financiero	Puede presentar resultados poco satisfactorios con relación al riesgo de un proyecto, principalmente si la TMA no fue bien definida.
IBC	Auxilia el cálculo del retorno adicional sobre la inversión	Aisladamente no ofrece una alternativa real de rentabilidad de la inversión.
TIR	Indica conjuntamente al retorno esperado el riesgo de un proyecto	Soluciones muy complicadas y no aplicables en todos los casos.

V.10.7 Características de los componentes de los sistemas

Algunos parámetros de los sistemas de generación de energía están directamente relacionados con su competitividad económica, como por

ejemplo la implementación, mantenimiento y operación, tiempo de vida útil de sus principales componentes, entre otros.

La reducida experiencia en implementación, operación y mantenimiento de sistemas híbridos con fuentes solar y eólica en Ecuador e inclusive en el mundo se presenta como una dificultad para establecer índices precisos de costos en conjunto de ese tipo de sistemas, principalmente los costos de operación y mantenimiento.

V.10.8 Análisis financiero del sistema híbrido en la comunidad de Pitiur

Tomando en cuenta que la comunidad de Pitiur se encuentra muy alejada de la red del sistema nacional interconectado; es muy fácil suponer que se hace imposible la extensión de la red eléctrica hasta la comunidad y para una carga considerada pequeña, no es viable la construcción. El análisis financiero del proyecto se lo va a realizar comparando con una segunda alternativa, viable en la comunidad; que es la generación con un grupo electrógeno, para lo cual se analiza los costos de vida útil de cada alternativa.

Cálculo del valor presente liquido		
Gastos iniciales	Costo	Valor presente
Sistema fotovoltaico	12980	12980
Sistema eólico	6195	6195
Sistema de acumulación de baterías	4052	4052
Sistema de control	325,5	325,5
Total inversión	23552,5	23552,5
Otros gastos	Costo	Valor presente
Operación y mantenimiento anual	125	907,95
Reemplazo de baterías cada 5 años	4052	4591,69
Reemplazo del controlador cada 10 años	325,5	131,83
Total otros gastos	4502,5	5631,47
Total de valor presente liquido (VPL)		29183,97

Un sistema híbrido necesita una inversión de 29.183,97 dólares para los 20 años de vida útil de los componentes del proyecto.

Cálculo del costo de vida útil de un grupo electrógeno		
Gastos iniciales	Costo	Valor presente
Generador de 8,2KW	5600	5600
Banco de baterías	2000	2000
Instalación	400	400
Otros componentes	500	500
Bases para el montaje	400	400
		169
Total inversión	9300	9069
Otros gastos	Costo	Valor presente
Combustible anual	400	2905,45
Mantenimiento y reconstrucción año 5	25%	1400,00
Mantenimiento y reconstrucción año 10	50%	2800,00
Mantenimiento y reconstrucción año 15	75%	4200,00
Total costo de vida útil		20374,45

El costo de vida útil de un sistema electrógeno asciende a 20.374,45 dólares para el mismo horizonte de planeación de 20 años.

Existe una diferencia de 8809,52 dólares; entre generación a diesel y generación híbrida (solar-eólica). A simple vista es viable económicamente el grupo generador, en comparación con el sistema híbrido.

Para defender la viabilidad del sistema híbrido propuesto para el presente trabajo se deben considerar los siguientes aspectos.

El más importante es aquel ya analizado en el capítulo I y que se refiere a la ubicación y acceso a la comunidad de Pitiur, que imposibilitan el buen funcionamiento de un sistema a diesel; por cuanto el valor del combustible se vería incrementado en por lo menos un 100%, dependiendo del valor del transporte.

Otro aspecto importante y que justifica económicamente el presente proyecto, es la contaminación ecológica; que para el grupo a diesel es elevada, por la combustión del combustible y la consiguiente emanación de gases al ecosistema, mientras que, el sistema híbrido no contamina el ambiente.

Por otro lado los estudios de sistemas eólicos y fotovoltaicos están mejorando cada día más y se estima que para el año 2010 el costo por kW de energía alternativa va a ser altamente competitivo.

Y por último el uso de energías alternativas en nuestro país está aumentando, debido a que existe actualmente por lo menos, el incentivo del costo subsidiado. En la ley del régimen del sector eléctrico capítulo XI artículo 67 dice:

“Exonérase el pago de aranceles, demás impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país, para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras previo el informe favorable del CONELEC.

Exonérase del pago de impuesto sobre la renta, durante cinco años a partir de su instalación a las empresas que, con su inversión, instalen y operen centrales de producción de electricidad usando los recursos energéticos no convencionales señalados en el inciso anterior.”

Adicionalmente dependiendo de los proyectos y su factibilidad se puede buscar incentivos en organismos no gubernamentales que trabajan directamente en el oriente ecuatoriano para obtener subsidios en donaciones directas.

Con estos incentivos se logra que el proyecto Pitiur para los costos actuales se vuelva económicamente viable y factible de funcionar, logrando con ello cubrir las necesidades de la zona; y lo que vale más el desarrollo social de la comunidad de Pitiur.

V.10.9 Financiamiento del proyecto

En relación al financiamiento del proyecto, se puede mencionar que, éste se lo puede obtener de dos formas: uno no gubernamental con ONGs que trabajan con las comunidades indígenas; y otro realizando todo el trámite burocrático mediante la empresa distribuidora, que para el caso del proyecto Pitiur es la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

V.10.9.1 Financiamiento a nivel gubernamental

Se debe mencionar que éste es muy largo y complejo.

El FERUM Fondo de Electrificación Rural Urbano Marginal, es una oficina de canalización de información, más no una entidad financiera; es parte del Fondo de solidaridad.

El PNUD Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, en cambio financia proyectos regionales, no locales; es decir que se debe reunir varios proyectos para poder presentarlos a través de los organismos gubernamentales, no en forma personal.

Tanto el FERUM como el PNUD que son organismos que receptan proyectos de desarrollo social a todo nivel, requieren del cumplimiento de algunos pasos; entre los más importantes son:

Presentar el proyecto al municipio o consejo o junta parroquial, para el caso de Pitiur se debe presentar el proyecto a la junta parroquial de Pitiur y este a su vez presenta el proyecto al municipio de Taisha. El municipio de Taisha debe presentar el proyecto a la empresa distribuidora EERCSSA; Empresa Eléctrica Regional Centro Sur Sociedad Anónima, para que sea analizada y evaluada por su departamento de proyectos.

La empresa distribuidora EERCSSA a su vez presenta en el Fondo de Solidaridad los proyectos de mejoramiento social.

El Fondo de Solidaridad entrega los proyectos eléctricos al FERUM, los aprueba o los rechaza y regresa la cadena de respuestas hasta llegar a la comunidad.

Se debe mencionar que para presentar el proyecto se debe tomar en cuenta el porcentaje de la inversión que la comunidad asume para la ejecución del mismo, Para el caso de Pitiur alrededor del 10%

En la actualidad existe un proyecto llamado: PROYECTO DE MODERNIZACION DE LOS SECTORES ELÉCTRICOS, TELECOMUNICACIONES Y SERVICIOS RURALES “PROMEC” cuyo financiamiento se lo realiza a través del Fondo de solidaridad y que se encuentra en su fase final y con el cual, los habitantes del sector oriental ecuatoriano se han visto beneficiados al ser capacitados mediante talleres dictados por los personeros del Promec, con lo cual las Organizaciones Sociales, Indígenas y Campesinas conocen ya el procedimiento para la obtención de

financiamientos vía gobierno y saben que deben organizarse en cada comunidad para la ejecución de cada proyecto.

El tiempo estimado; de no existir inconvenientes, en la obtención del financiamiento es de 6 a 12 meses, por todo el trámite burocrático centralizado.

V.10.9.2 Financiamiento mediante ONGs

La Asociación de Indígenas del Pastaza y Morona Santiago están, agrupadas en la Federación Interprovincial de la Nacionalidad Achuar del Ecuador, FINAE y son organizaciones indígenas que a más de buscar ayuda y financiamiento a nivel gubernamental, lo hacen también con organizaciones no gubernamentales y ONGs Nacionales e internacionales, como el CONADROS, y el DED.

El organismo máximo de la FINAE es el Congreso que está integrado por cinco delegados por cada centro, cuatro directivos y los dirigentes de cada asociación. La segunda instancia es la Asamblea compuesta por los dirigentes de las asociaciones y los síndicos de cada centro. La tercera es el Consejo Directivo integrado por el Presidente, el Vicepresidente y cuatro comisiones: Salud, Educación, Tierras y Promoción de la Organización. Todo programa o proyecto debe pasar por el aval de las asociaciones y la Sede Federativa. La máxima autoridad de los centros es el Síndico quien supervisa todas sus actividades.

La sede de la Federación se encuentra en la ciudad del Puyo y dispone de una coordinación en la ciudad de Macas.

Al existir una cooperativa en la cabecera cantonal Taisha, existe la posibilidad de que la comunidad de Pitiur pueda presentar su proyecto al FINAE para a través de la cooperativa se financie un porcentaje, alrededor del 15% (4.000,00 dólares). El 85% restante el mismo FINAE se encarga de conseguirlo.

Las ONGs. no demoran en financiar los proyectos de desarrollo social, se estima que tardan entre 30 a 60 días

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1 Conclusiones

Para concluir con el desarrollo teórico del presente proyecto y luego de una minuciosa investigación y análisis de sistemas alternativos de energía, se pueden concluir lo siguiente:

- Las fuentes renovables de energía, a diferencia de los hidrocarburos y la energía nuclear, coexisten, se complementan y aportan su potencial energético sin contaminar el medio ambiente; aspecto que en la última década a sido muy preocupante para la conservación del medio ambiente y del ser humano.
- La fuente primaria de un sistema híbrido (solar-eólico) es prácticamente inagotable. Tanto el sol como el viento son fuentes perdurables en el tiempo y gratuitas en comparación con sistemas de generación convencionales a base del petróleo.
- Los sistemas híbridos se vuelen la primera alternativa de solución a problemas de energía eléctrica para comunidades alejadas de la redes de distribución eléctrica, y además se pueden conseguir casi en su totalidad mediante energías alternativas.
- El rango de potencia a partir del cual la instalación de un sistema autónomo es económicamente viable es de 4 a 6 Kw de potencia instalada y un alejamiento mínimo de las redes de distribución eléctrica de 1 o 2 Km, claro está que éstos valores dependen de varios factores tales como la orografía del terreno, espacios naturales, impacto ambiental, bien sea sobre la fauna, flora o paisajístico de las líneas de conexión.

- Se puede concluir que a más potencia instalada menor costo el Kwh generado, y se pueden reducir los costos de instalación del sistema debido a la modularidad (módulos) en la conexión de distintos sistemas de generación, consiguiendo con la operación en paralelo cubrir las necesidades de potencia.
- Se puede incrementar la potencia del sistema híbrido alternativo en etapas futuras, sin tener que modificar nada de lo ya instalado.
- Para obtener un costo comparable por kWh entre el producido por un sistema híbrido y el comprado a la red, es necesario contar con un elevado porcentaje (70 – 80%) de financiamiento mediante subvenciones.
- Si bien el costo inicial en la instalación de un sistema híbrido es elevado; se debe mencionar que su mantenimiento es nulo, no se paga por el combustible, sus componentes tienen una larga vida útil, son sistemas de fácil mantenimiento y por último tiene incentivos; con lo cual, este tipo de sistemas se vuelve rentable a lo largo del tiempo.
- El costo de vida útil de un sistema electrógeno asciende a 20.374,45 dólares, mientras que para un Sistema híbrido llega a un valor de 29183,9 dólares. Como se puede notar existe una diferencia de 8809,52 dólares que a simple vista presenta como viable económicamente el grupo generador; siempre y cuando el abastecimiento de combustible esté cercano, lo que no sucede para comunidades alejadas sin vías carrozables de comunicación que hacen el costo de vida útil se incrementa.

VI.2 Recomendaciones

Para llevar a la práctica el estudio teórico desarrollado en el presente proyecto, se hace necesario realizar las siguientes recomendaciones:

- El análisis relacionado con la aplicación de sistemas híbridos para la generación de energía eléctrica requiere de estudios detallados, principalmente en lo que se refiere a los recursos disponibles (sol y viento). Por cuanto, mientras más criterioso sea dicho análisis, mayores serán las oportunidades de obtener resultados positivos en la implementación de sistemas híbridos.
- Se hace necesario facilitar a las empresas nacionales o distribuidoras de empresas extranjeras, la importación de equipos de generación alternativos, para que exista la difusión, comercialización y se facilite la utilización en proyectos de todo tipo, porque lo que no se exhibe, no se vende. Además existiría la constante actualización de equipos más desarrollados.
- Se recomienda que el estado elimine los subsidios que aún existe en el mercado eléctrico mayorista, para facilitar la libre competencia de las energías alternativas con los sistemas tradicionales de generación.
- Un sistema híbrido bien diseñado y correctamente ejecutado, provocaría la satisfacción de los clientes y un cliente satisfecho es la mejor publicidad. Con la cual se puede extender el uso de las energías alternativas y de un sistema híbrido en particular.
- El proyecto desarrollado para la comunidad de Pitiur es factible porque, es un proyecto ciento por ciento alternativo, usa energías primarias no

contaminantes como el sol y el viento, tienen un mantenimiento casi nulo que puede ser realizado por los mismos comuneros y existe organizaciones que pueden afrontar con el financiamiento parcial o total del proyecto.