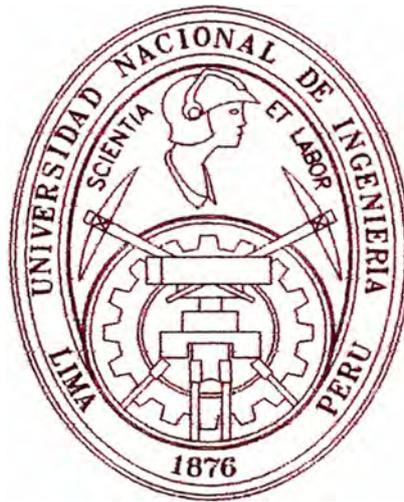


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE ENERGIAS
HIDRAULICA, SOLAR Y QUIMICA PARA LA
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN LA CCNN
DE SHIVANCORENI - CUSCO”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

JOSE ANTONIO SUPO YNOÑAN

PROMOCIÓN 1990-II

LIMA – PERU

2006

INFORME DE SUFICIENCIA

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE ENERGÍAS HIDRAÚLICA, LA SOLAR Y QUÍMICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CCNN DE SHIVANCORENI - CUSCO.

Prólogo	1
Capítulo N° 1: Introducción	3
1.1. Ubicación de la CCNN de Shivancoreni	7
1.2. Historia de la CCNN de Shivancoreni	7
1.3. Accesibilidad	11
1.4. Objetivo	12
1.5. Demanda de CCNN de Shivancoreni	12
Capítulo N° 2: Esquema Representativo de las Alternativas de Generación	
Eléctrica	13
Capítulo N° 3: Análisis Teórico de Alternativas	23
3.1. Recurso de Energía Hidráulica	23
3.2. Recurso de Energía Solar	68
3.3. Energía por Combustión Interna	91
Capítulo N° 4: Evaluación de los Potenciales Hidráulico, Solar y de	
Combustión Interna	108
4.1. Evaluación del Potencial Hidráulico	108
4.2. Evaluación del Potencial Solar	125
4.3. Evaluación del Potencial del Motor de Combustión Interna	127

de Shivancoreni	181
6.5.4. Preparación del Montaje	182
6.5.5. Montaje y Puesta en servicio	182
6.5.6. Nivelación del Terreno y Trabajos Preliminares	183
6.5.7. Instalación de los Módulos	183
6.5.8. Pruebas y Puesta en Servicio	188
6.5.9. Especificaciones de Operación y Mantenimiento de los Sistemas	188
6.5.9.1. Operación del Sistema fotovoltaico	188
6.5.9.2. Operación del Sistema Moto Generador Diesel	189
6.5.9.3. Consumo y Costo de Combustible Diesel	189
6.5.9.4. Mantenimiento Preventivo del generador	190
6.5.9.5. Mantenimiento de los Componentes del Sistema Fotovoltaico	191
6.5.9.6. Ciclo de Vida y Reemplazo de Baterías	191
6.5.9.7. Plan de Reciclaje	192
6.5.9.7.1. Reciclaje de Baterías	192
6.5.9.7.2. Reciclaje de Aceites Lubricantes	192
6.5.9.8. Control Administrativo y Cobranza	193
6.6. Sostenibilidad de los equipos Fotovoltaicos	194
Conclusiones	198
Bibliografía	201
Planos	

PROLOGO

Este estudio se centra en la necesidad de hacerles conocer a los habitantes de las zonas como las del bajo Urubamba las bondades de la naturaleza usándola apropiadamente es decir explotando sus propios recursos ya sea el hidráulico o el solar para su propio beneficio.

Capítulo N° 1: Este capítulo nos describe el entorno en el cual se va a realizar este estudio así como habla de la forma en que se han fundado y los inconvenientes que han pasado esta comunidad nativa desde su fundación, así como su organización además el objetivo central de todo este estudio. Se indica también un censo de todos los equipos eléctricos que poseen.

Capítulo N° 2: Trata de esquematizar las posibles alternativas para la generación eléctrica de la comunidad nativa de Shivancoreni

Capítulo N° 3: En este capítulo se detalla los sustentos teóricos de las alternativas de generación eléctrica planteadas como son: el recurso hidráulico, el recurso solar y el de moto generación

Capítulo N° 4: En este capítulo se evalúan los potenciales hidráulicos existentes de la comunidad nativa y se determina si cubrirá con los requerimientos de la población, se determinara también los requerimientos desde el punto de vista del recurso solar y a la vez se evaluara de que forma se empleara el moto generador existente.

Capítulo N° 5: Se realizarán de la alternativa seleccionada los cálculos correspondientes a los requerimientos de energía de parte de la población.

Capítulo N° 6: En este capítulo se presentara el modelo de electrificación propuesto detallando aspectos técnicos, recomendaciones de mantenimiento, además de una evaluación económica de esta alternativa comparándola con la existente.

CAPITULO N° 1:

INTRODUCCION

Este estudio es una necesidad como de tantas otras comunidades para tener conocimiento sobre su riqueza no explotada y que le permita a esta comunidad tener ciertas comodidades que les brinda el uso de la energía eléctrica.

La metodología empleada es la siguiente para poder calcular primero la potencia hidráulica que podrían generar las caídas de agua existentes en la zona, medimos algunos metros aguas arriba de cada caída el caudal de las respectivas caídas, y por consiguiente la potencia disponible de las caídas. Como en todo proyecto con enfoque social tuvimos limitaciones para obtener equipos que nos permitan mediciones mucho más normalizadas y adecuadas.

Aproximadamente el 60% de hogares de todo el país no cuenta con servicio eléctrico. Si excluimos Lima y los principales centros urbanos, resulta que solo una de cada 6 familias tiene electricidad. Si nos circunscribimos al área rural, se encuentra que un promedio de una de cada 25 familias tiene acceso al servicio.

Como se ve, el grado de electrificación es bajo a nivel de todo el país, y además muy desigualmente distribuido en perjuicio sobre todo de las zonas rurales.

Se explica por ello que actualmente en el área rural peruana el 90% de la población utilice leña u otros residuos vegetales, o bosta, como fuentes principales de energía. Son conocidos los problemas que el empleo de estas fuentes en tal escala puede generar (estamos hablando de una población de aproximadamente de 7 millones en 1988); deforestación sin control ni reposición de especies (con fuerte incidencia en cuanto a erosión de suelos), pérdida de numerosas horas hombre para la recolección y el traslado de la leña, empleo de la bosta como combustible y no como fertilizante, etc.

Siendo tan importante el empleo de estas fuentes tradicionales, prevenir o aliviar la ocurrencia de tales problemas supondría o bien darles un uso más racional y eficiente a las fuentes empleadas o la búsqueda de fuentes alternativas de energía

Una de las posibles fuentes alternativas es la electricidad. Desde el punto de vista de los actuales usuarios urbanos, el empleo de este tipo de energía parece algo natural, es eficiente cómoda y limpia. A menos que se asuma que los pobladores rurales tienen una preferencia especial por recolectar leña o emplear bostas como combustible, se tiene que reconocer que estas mismas ventajas de la electricidad también serán apreciadas por ellos. Obviamente el problema es como generar y distribuir suficiente electricidad al alcance de esa demanda.

Tal demanda existe aunque no con la misma fuerza con que se reclaman algunos servicios básicos (ejemplo agua), la electricidad aparece como una reivindicación central para gran parte de la población rural. Para obtenerla se organiza y presiona. El interlocutor es en la mayoría de los casos, el estado. El papel central del estado se

explica porque la dotación del servicio público de electricidad, al involucrar un gran número de usuarios y por consiguiente requerir inversiones considerables, generalmente no puede ser hecha sino con el aporte financiero estatal, que cubra total o parcialmente estos costos. Asimismo, el estado atribuye a las actividades de generación y distribución del servicio eléctrico un carácter estratégico en términos políticos, económicos y sociales, y son por ello objeto de un control o regulación más o menos explícito: la política de electrificación.

Se encuentra que por tanto, cualquier estudio de la problemática de la electrificación debe considerar tres aspectos principales:

- El contexto conformado por las fuentes energéticas existentes, alternativas a la electricidad
- El rol de los distintos sectores sociales usuarios o demandantes de la electricidad y
- El papel del estado

Puede afirmarse que mientras lo referido a la situación de las fuentes alternativas de energía esta relativamente mas estudiada, lo concerniente al rol del estado y las acciones de la población son temas poco trabajados.

Interesa establecer en que forma estas políticas han incidido o inciden en:

- El uso de determinado tipo de tecnología de generación, transmisión y distribución
- El costo que supone esa elección de tecnología y el costo de alternativas posibles

- La forma como las políticas adoptadas implican determinados tipos de gestión de la electrificación por parte del estado y la población usuaria y la posibilidad de formas alternativas

El tema es importante por varias razones. En primer lugar y como ya se ha mencionado, las actividades de electrificación suponen grandes inversiones por parte del estado, además de involucrar directamente a numerosas familias. Sin embargo, a pesar de esta evidente importancia, prácticamente no existen estudios que analicen el tema desde el punto de vista de las políticas implementadas, y sus efectos. Por otro lado a pesar de la significativa asignación de recursos al sector electricidad, la ampliación de la cobertura del servicio sigue siendo muy lenta, sobre todo en el área rural. Si bien puede argumentarse que los recursos asignados, aunque significativos son insuficientes, una de las hipótesis principales de este trabajo es que no se trata solo de un problema de dinero: la lenta expansión del servicio también se debe a razones de gestión institucional y de concepción técnica. Hay aspectos que tiene que ver con la forma como el estado define el problema, elabora sus programas y ejecuta sus acciones y que deben ser descritos y analizados críticamente. Esta investigación busca contribuir a tal descripción y análisis. A partir de los mismos, se esbozan algunas alternativas de políticas.

Respecto a lo referido en este informe se hará un análisis de los recursos naturales y también del uso de la energía no renovable para proveer de energía eléctrica a las comunidades nativas del Bajo Urubamba que es en este caso la CCNN de Shivancoreni la cual se encuentran en el departamento del Cusco en el Bajo Urubamba.

El presente trabajo trata de evaluar la viabilidad para generar energía eléctrica con el uso de los recursos hidráulicos (con Turbina Hidráulica Mitchell Banki) o la energía solar (Paneles acumuladores de energía) también la posibilidad de la energía eólica pero por no tener en esa zona suficiente material sobre los estudios de las velocidades de los vientos no se considerara y estos compararlos con el uso de los Moto generadores de combustión interna (Petróleo como fuente generadora de energía).

1.1. Ubicación de la Comunidad Nativa de Shivancoreni

La CCNN de Shivancoreni esta ubicada en el distrito de Echarati, Provincia de La Convención, Departamento del Cusco en la margen derecha del Río Camisea.

1.2. Historia de la Comunidad Nativa de Shivancoreni

Fue formada en Junio de 1958 con una población de 314 habitantes a iniciativa del Instituto Lingüístico de Verano que es un instituto norte americano quienes a su vez fundaron y formaron la Escuela Bilingüe que funciona hasta el momento pero ya dependiente del Ministerio de educación a través de la USE de Quillabamba.

Tiene actividades tradicionales como la caza y pesca y combina la agricultura de autoconsumo con la de subsistencia. Dentro de los productos que cultiva esta la yuca, col, caña, camote y variedad de frutos papaya, piña, lima dulce, pomelos y otros. Dentro de los cultivos conocidos esta el cacao, café, achote, arroz, además crían gallinas esencialmente para la venta.

Respecto a su organización esta formada así:

Asamblea General

Junta Directiva, la que esta formada por:

Jefe

Sub Jefe

Secretario

Tesorero

Vocales

Cuenta con Registro Civil, tiene su Teniente Gobernador y su Promotor de Salud.

Posee los siguientes servicios:

Centro Educativo Inicial

Escuela Primaria

Posta Médica

Tienen corriente por medio de un Moto generador

Agua, la que abastece a la comunidad por medio de un pequeño reservorio ubicado en una parte alta lo que permite distribuir el recurso por gravedad.

Entre los años 1973 – 1974 mediante el SINAMOS la comunidad fue reconocida como Comunidad Nativa, el año 1984 la empresa americana Shell llega a la zona para realizar exploraciones sísmicas con la finalidad de encontrar pozos de petróleo sin lograr su objetivo pero descubriendo a su vez Gas y como ese no era su misión luego se retira sellando antes el pozo encontrado. Al llegar esta empresa hizo uso de medios y equipos que causaron un impacto social en la comunidad como es el uso de un moto generador además de construir carreteras de acceso. Luego de dejar la zona la empresa Shell la cual había construido un campamento el cual tenía todas las

comodidades que ellos requerían y como compensación a la Comunidad le dejan algunos de los enseres y el moto generador que por una mala manipulación sufrió una descompostura (falla). Esta compensación fue entregada por Shell mediante un Acta de Entrega de los mismos con lo que les daba derecho a su uso y obtener los beneficios que conllevan.

El año 1986 la ONG CEDIA apoya a la CCNN para su proceso de titulación cosa que a su vez iba a demorar algunos años pero que al final se logró este fin.

En 1987 PetroPerú realiza un inventario de todos los equipos y enseres que dejó la empresa Shell y dentro de las cosas encuentra el Moto Generador el cual estaba malogrado y sin uso solicitando a la comunidad su permiso para llevarlo a su base más cercana con el fin de arreglarlo y devolvérselo funcionando correctamente.

En el año 1989 la CCNN le solicita a CEDIA que tome cartas en el asunto con el fin de apoyarlos y gestionar la recuperación del Moto Generador ya que hasta ese momento el compromiso que quedó por escrito de parte de PetroPerú no se había cumplido.

En 1991 después de largas gestiones se logra recuperar un Moto Generador de similares características ya que el original no se logró ubicar. Dos años después en 1993 se hace una primera prueba del equipo comprobando que estaba en óptimas condiciones aunque aun no es utilizado por el poblado.

En 1997 se hacen las primeras instalaciones para lo cual con el apoyo del SENATHI realizan un plan de capacitación de algunos pobladores sobre el funcionamiento y mantenimiento del Moto Generador.

Entre 1998 y 1999 todo el tendido de redes e instalación de conexiones domiciliarias quedaron concluidas. Cabe mencionar que el cableado necesario para la instalación de estas redes se logra que la empresa Shell sea la que financie como parte de la compensación a la que la comunidad era acreedora, así que en forma conjunta ellos y la comunidad que aportó la postería (shunko) por medio de la cual se colocarían los cables logrando así el abastecimiento de energía a las viviendas como se muestra en la figura 1.



Fig.1 Portería para el tendido de redes existente

En esta comunidad como en tantas otras de la zona sufren de problemas económicos tanto en los rubros de alimentos, vestido, educación, y a esto se ha sumado el rubro de gasto en combustible para el moto generador cuyo consumo es de 2 galones por hora, y el costo del galón de combustible en la zona es de

16 S./galón. La comunidad ha restringido el uso del equipo primero los días lunes. Miércoles y viernes en el horario de 6:30 p.m. a 8:30 p.m.

En el año de 1989 la comunidad adquiere una antena parabólica con la finalidad de ver televisión (noticias) y ver videos con su VHS hasta que a mediados del año 2000 se interrumpe las señales de televisión que llegaban (canales 2, 4 y 5) por el hecho de que el sistema de los canales fue cambiado de analógico a digital quedando temporalmente sin uso estos equipos.

En el mes de Febrero del año 2002 la comunidad suscribe un convenio con la empresa PLUSPETROL con la finalidad de que la empresa realice exploración sísmica en parte de su territorio por un espacio de 6 meses, a cambio de este permiso la empresa asigna una compensación dentro del acuerdo y a la vez se establece un plan de inversión a fin de darle buen uso al recurso. La comunidad en varias asambleas decide cuales son sus prioridades la primera de ellas era la generación de energía eléctrica, y como punto de inicio para tal efecto se plantea la necesidad de hacer un estudio de factibilidad para esta generación solicitando a la empresa que asuma estos gastos. Dentro del acuerdo se plantea que CEDIA sea la encargada de la ejecución de los estudios de factibilidad técnica y socio económica.

1.3. Accesibilidad

Por la ubicación geográfica de estos dos centros poblados el acceso a estos lugares demora entre 3 a 4 días, vía la selva central por medio de las lanchas de motor fuera de borda conocidas como Pequepeque, esto para el común de las personas pudiendo llegar en un día vía helicópteros, pero la idea es no perturbar la tranquilidad de los moradores de estas zonas

1.4. Objetivo

Demostrar la viabilidad técnica, social, económica, financiera y ambiental para la provisión de energía eléctrica aprovechando los recursos energéticos autónomos.

1.5. Demanda de CCNN de Shivancoreni

Número de Familias y Censo Poblacional actualizado al 2003

Familias: 46

Habitantes: 314

Número de Viviendas: 46

Promedio habitantes por vivienda: 6 ó 7

- De las 41 familias que viven en Shivankoreni (sin contar las 05 familias residentes en Tushma), 29 cuentan con un foco, 4 con dos focos, 01 familia con un fluorescente, 03 familias con un foco y un fluorescente, 02 familias con 02 fluorescentes.
- De las 46 familias, 21 cuentan con una (01) radio grabadora, 02 familias cuentan con dos (02) radio grabadoras, una (01) familia cuenta con dos radios y una familia cuenta con cuatro (04) radio grabadoras y dos (02) radios.
- De las 46 familias, 17 No cuentan ni con una radio ni con una grabadora.
- La potencia promedio por familia en cuanto al uso de focos/ fluorescentes es aproximadamente de 50 w, lo que hace multiplicado por las 41 familias (sin contar las 05 de Tushma) hacen un aproximado de 2 KW.
- De las 27 radio grabadoras existentes en Shivankoreni, cuatro (04) de ellas necesitan una potencia de 50W, dos (02) de 20 w y diecisiete (17) de 27 w.

La potencia promedio por familia en cuanto al uso de la radio y/o radio grabadora es de 37 W.

CAPITULO N° 2:

ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LAS ALTERNATIVAS DE GENERACION ELECTRICA

La energía es la sustancia primordial de toda actividad humana en el sentido más amplio de la palabra ya que se podría decir que la energía mueve nuestros cuerpos, cocina nuestros alimentos, calienta e ilumina nuestros hogares, mueve los vehículos, etc., pero esta energía no proviene de la misma fuente sino que dependiendo de las necesidades y la utilidad que vayamos a darle utilizamos un tipo u otro.

Para tener unos datos que puedan servirnos de referencia podemos decir:

* Que la energía consumida por el hombre proviene en aproximadamente en 80 % de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo) cuyo principal problema es que su utilización masiva conduce al agotamiento de las reservas y supone una amenaza al medio ambiente (por el calentamiento de la Tierra y la acidificación del ciclo del agua).

* La distribución en el consumo de esta energía es muy desigual, por un lado en la economías de mercado de los países industrializados se consumen 56000 KWh por

habitante al año, mientras que en los países subdesarrollados, como los países del centro de África el valor no alcanza los 700 KWh (un valor 80 veces inferior al de las economías más desarrolladas y que se sitúa por debajo de los límites necesarios para la supervivencia estimados por la UNESCO). Una cuarta parte de la población mundial consume $\frac{3}{4}$ partes de las energías primarias del mundo.

* La localización geográfica de los combustibles fósiles es desigual basta decir que más de la mitad de las reservas conocidas de petróleo se encuentran localizadas en el Oriente Medio. Estas desigualdades en la distribución geográfica son causas de creciente inestabilidad geopolítica.

Por tanto, en su conjunto, el sistema energético actual presenta problemas que hacen impensable su funcionamiento a largo plazo como base de un desarrollo sostenible y en consecuencia es preciso encontrar alternativas. Sin embargo la búsqueda de alternativas no solo ha venido provocada por los puntos reseñados anteriormente, sino que además ha tenido mucha importancia las consecuencias negativas que para el conjunto de la sociedad han provocado las distintas fuentes de energía:

- Deforestación de los bosques
- Contaminación de la Atmósfera
- Contaminación de los recursos naturales, ríos, océanos
- Ruidos ambientales

Como característica del mapa energético actual se pueden reseñar los siguientes datos:

- a) Los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas) fuente de energía limitada representa en términos de energía primaria el 78 % del total.

- b) Casi un tercio de la energía primaria se destina a la producción de la electricidad.
- c) El 40 % de la electricidad producida proviene del carbón, mientras que el petróleo y la energía nuclear solo cubren el 13 % cada una.
- d) El consumo de energía primaria muestra grandes diferencias entre unos países y otros. Estas diferencias se muestran más significativas cuando hablamos solo del consumo de electricidad ya que la demanda de este tipo de energía aumenta en función del nivel de desarrollo de los países.

Es importante resaltar los siguientes problemas que puede generar la estructura energética actual:

- a) **Agotamiento de Combustibles Fósiles:** El consumo energético actual está fuertemente ligado a los combustibles fósiles. El ritmo de consumo es tal que en un año la población consume lo que la naturaleza tarda un millón de años en producir. En un intento de cuantificar la posibilidad de agotamiento de estos combustibles puede decirse que el agotamiento del petróleo y el gas natural será una realidad estructural en un par de generaciones, y respecto al carbón aun teniendo algunas reservas menos limitadas su utilización estará condicionada a la evolución del efecto contaminante e invernadero que esta produce.
- b) **Efecto Invernadero:** La quema de combustibles fósiles en general y del carbón en particular se traduce en emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Estas emisiones han hecho que la concentración de este gas pase de unas 280 partes por millón a comienzos del siglo hasta 360 en la actualidad y de continuar el consumo podría duplicarse a mediados del siglo próximo. El efecto que estas emisiones es que generaría un calentamiento global de la Tierra a una velocidad

que no tiene precedentes en la historia. Según los científicos esto produciría consecuencias desastrosas para la humanidad: elevación del nivel del mar, aumento de sequías y pérdida de muchos ecosistemas que no podrían adaptarse a un cambio tan rápido.

- c) **La Lluvia Acida:** La quema de combustibles fósiles libera una gran cantidad de óxidos de azufre y nitrógeno que reaccionan con el radical OH atmosférico originando ácidos (nítrico y sulfúrico) que se incorporan a las nubes, nieve, etc., y se precipitan sobre la tierra incrementando la acidificación del agua en general. Esta precipitación daña la vegetación, acelera la contaminación de la tierra y agua y corroe casi todo lo que encuentra a su paso. Por otro lado estos ácidos una vez incorporados al agua subterránea son casi imposibles de eliminar.
- d) **La Deforestación:** La mitad de toda la madera que se corta en el mundo se utiliza como combustible. Debido a que el ritmo de extracción es muy superior al de producción, las reservas de leña en muchas zonas disminuye a un ritmo acelerado.
- e) **Las Tensiones Sociales:** La concentración de recursos energéticos en unos pocos lugares, el enorme desequilibrio entre países ricos y pobres y el fuerte impacto producido por la implantación de ciertas tecnologías (complejos hidroeléctricos, centrales térmicas, centrales nucleares) en lugares próximos a poblaciones son los causantes de un panorama de tensiones sociales.

En resumen, a la vista del panorama energético descrito y de los problemas enumerados parece que la estructura energética sobre la que se sustenta la sociedad actual está algo tocada. Por ello, es preciso buscar y encontrar alternativas. La

solución como siempre no vendrá en forma brusca, pero lo que si puede decirse es que las energías renovables tendrán un peso superior en unos cuantos años al que tienen en la actualidad.

Las agencias de desarrollo en general han prestado poca atención al problema de las fuentes y el empleo de energías en las zonas rurales. Aparentemente este énfasis parte de un diagnóstico de la situación en el área rural como problemática sobretudo a nivel de las actividades agrícolas y/o pecuarias como tales, resultando prioritario asegurar la producción y con ello la subsistencia de las familias campesinas.

No esta en discusión la importancia que tiene el hecho de que el campesino tenga un nivel de producción que asegure su sobrevivencia y la de su familia; sin embargo se va haciendo mas evidente que una vez satisfecha estas necesidades; su producción (por lo menos parte de ella) podría en algunos casos recibir mayores precios en el mercado si tiene un mínimo de valor agregado. Factor esencial para añadir tal valor es el empleo de alguna forma de energía.

Si bien va apareciendo con más claridad la necesidad de considerar a la energía como una variable que tiene un rol importante en el desarrollo rural, el conocimiento mas preciso de los patrones de su empleo, sus efectos a nivel de la economía familiar y el entorno ecológico, etc., no son todavía comprendidos. Si ha de haber una intervención de organismos de desarrollo público y/o privados en torno a esta problemática, una de las tareas iniciales es definirla y también sistematizar aquellas experiencias relevantes que se hallan dado al respecto.

La problemática de las fuentes y el empleo de energía en el área rural tiene características distintas según nos refiramos al consumo de energía por parte de hogares o a su consumo en otras actividades aparte de las domesticas. En el caso del

consumo de los hogares, se sabe que aproximadamente el 90% de la población de las zonas rurales utiliza la biomasa (leña, bosta, residuos vegetales) como su principal fuente de energía. Su empleo es casi exclusivamente para cocción de los alimentos y se obtiene por canales no comerciales.

Si el objetivo fuera aliviar el problema energético rural desde el punto de vista de consumo doméstico, sería necesario ocuparse por ello principalmente de aspectos tales como el manejo racional del recurso forestal o del uso eficiente de la energía generada por la combustión de la leña (cocinas mejoradas).

Sin embargo si se enfoca el problema de las fuentes de energía desde el punto de vista de su empleo para otros fines que el doméstico (la agroindustria), hay que necesariamente que tomar en consideración otras fuentes energéticas.

Con el fin de normar y fomentar la electrificación en estas zonas el congreso de la república el 30 de Mayo del 2002 ha dado la Ley de Electrificación Rural y de Localidades Aisladas y de Frontera N° 27744 donde en su artículo N° 9 indica que se declara de interés nacional el aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables de origen solar, eólico, geotérmico, hidráulico y biomasa existente en el territorio nacional; así como su empleo preferente y previo a la obtención de un desarrollo sostenible en las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera.

Existen por un lado las fuentes no convencionales (solar, geotérmica, biogas, eólica, entre otras) cuyo potencial de empleo en algunas zonas es particularmente importante (caso la energía solar en el altiplano o la eólica en la costa norte). El uso más intensivo de estas fuentes viene siendo objeto de estudios y experimentos pero en general no hay todavía un nivel tecnológico adecuado ni un grado de difusión de su

empleo que permita someterlas a un juicio más definitivo sobre sus posibilidades técnicas y económicas. Por parte de las fuentes convencionales se tiene el carbón mineral, el gas, el petróleo y la hidroenergía.

Por la ubicación geográfica de la CCNN de Shivancoreni para la posibilidad de generación para su propio uso de energía eléctrica con recursos propios se presentan las siguientes posibilidades:

- Energía Eólica
- Energía Hidráulica
- Energía Solar
- Energía por Gas Natural
- Energía por Motor de Combustión Interna

En referencia a las posibilidades respecto a generación de energía eléctrica por medio del empleo de la **energía eólica** se tendrá que considerar primero que la predominancia diaria de los vientos en el país permite la utilización de dispositivos eólicos especialmente en la región costera norte que es barrida por los vientos del sur (velocidad promedio: 5 m/seg.) o en la sierra montañosa o de altiplanicie (en que los vientos presentan promedios superiores y a su vez son mas constantes) pudiendo ser aprovechados de día y de noche. En la siguiente Tabla N° 1 se detallan los lugares que tienen velocidades medias de vientos mayores de 5 m/seg.

DEPARTAMENTO	LUGAR	VELOCIDAD PROMEDIO (M/SEG)
Piura	Talara	8.8
	Constante	5.9
	Parachique	5.5
	Yasila	5.9
	Tablazo 1	5.3
	Isilla	5.0
Lambayeque	Chiclayo	5.1
La Libertad	Trujillo	5.0
	Marca Huamachuco	5.3
Arequipa	Punta Atico	6.7
Puno	Desaguadero	4.5

Tabla N° 1 Velocidades Medias de algunos Departamentos del Perú

Para que los dispositivos eólicos tengan justificación su instalación el viento en la zona debe ser prácticamente constante y la velocidad de los vientos debe tener en promedio una magnitud de por lo menos 5 m/seg. Como en primer lugar el lugar donde esta ubicado Shivancoreni no cumple con estos perfiles además de no tener ningún tipo de registro de la medición de los vientos que descartado esta opción para la generación de energía eléctrica.

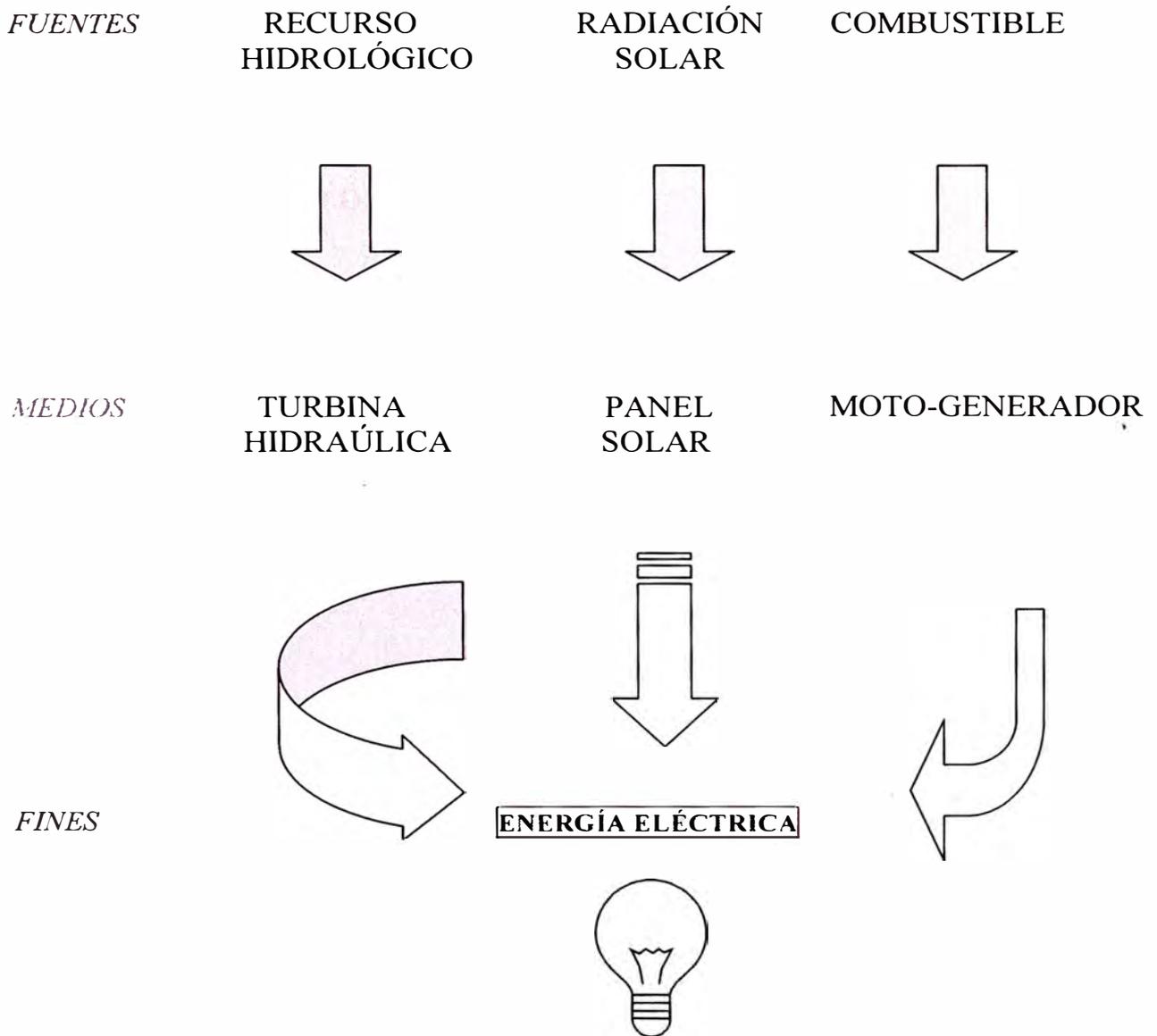
En referencia al uso o empleo del **Gas Natural** como medio para la generación de energía eléctrica para Shivancoreni este relativamente que cerca al punto de

extracción en Camisea pero físicamente son varios kilómetros de separación lo que nos lleva a considerar lo siguiente primero que para el uso del Gas Natural se tendría primero que precisar que se generara la energía eléctrica con una turbina a gas o adaptando un motor que use el gas como combustible. Luego lo que tendría que generar es alrededor de 10 KW por lo que la infraestructura, tubería y demás equipos y accesorios generarían una inversión no justificable.

Esto nos lleva a tener como posibles fuentes generadoras de energía eléctrica a la energía hidráulica, energía solar y la energía por combustión interna. Estas probabilidades las esquematizamos de la siguiente manera.

Las alternativas de solución presentadas se reducen a este esquema de la Figura 2 que trata de explicar cuales son los pasos a seguir para la obtención de la energía eléctrica la que permitirá gozar de todas las ventajas que conlleva este fin como es el de poder acceder a medios de comunicación como son los radios y televisores, también les permitirá gozar de iluminación durante la noche para estudiar, continuar con labores domésticas inconclusas, inclusive generar fuentes de trabajo como son los comercios.

Fig.2 ALTERNATIVAS DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA



CAPITULO N° 3:

ANALISIS TEORICO DE ALTERNATIVAS

Dentro de las posibles fuentes de energía para generar corriente eléctrica están las tres que se han tomado en cuenta de las cuales se detallaran sus respectivos alcances teóricos

3.1 Recurso de Energía Hidráulica

La hidrogenación de energía en pequeña escala (en potencias por debajo de los 500 KW) constituye una alternativa a la solución del problema del suministro de energía en regiones aisladas, especialmente en los países en vías de desarrollo. Sin embargo es frecuente que durante su planeamiento se incurra en prolongados periodos de estudio, lo que se traduce en una elevación del costo del proyecto. Para que los proyectos puedan ser identificados, diseñados y ejecutados en el periodo mas corto para satisfacer una cierta demanda eléctrica, se requiere la adopción de una metodología apropiada que sea considerablemente mas simple que la utilizada en los

grandes proyectos hidroeléctricos. De este modo la selección del esquema hidroeléctrico mas conveniente garantizara una operación adecuada de la pequeña micro central y posibilitar la obtención del máximo beneficio del proyecto en sus aspectos técnico, social y económico.

Los sistemas de mini generación son una pequeña contribución en el suministro a la red, particularmente en el rango de 300 KW a 10 MW. Algunas veces los valores extremos de este rango suelen recibir el nombre de generación en pequeña escala. Los sistemas de micro generación son aun más pequeños y por lo general no suministran energía eléctrica a las redes nacionales. Se usan en áreas apartadas donde no llega la red y en algunos casos proveen de electricidad a pequeñas industrias y comunidades rurales. Su rango en potencia varia desde 200 Watts (suficiente para la provisión de iluminación domestica o a un grupo de casas mediante un sistema de carga de baterías) hasta 300 KW; este último puede usarse en pequeños talleres y para el abastecimiento de una mini red local independiente que no sea parte de la red nacional.

Hay dos sistemas de micro generación estos son:

- * Sistema de Derivación
- * Sistema de Embalse

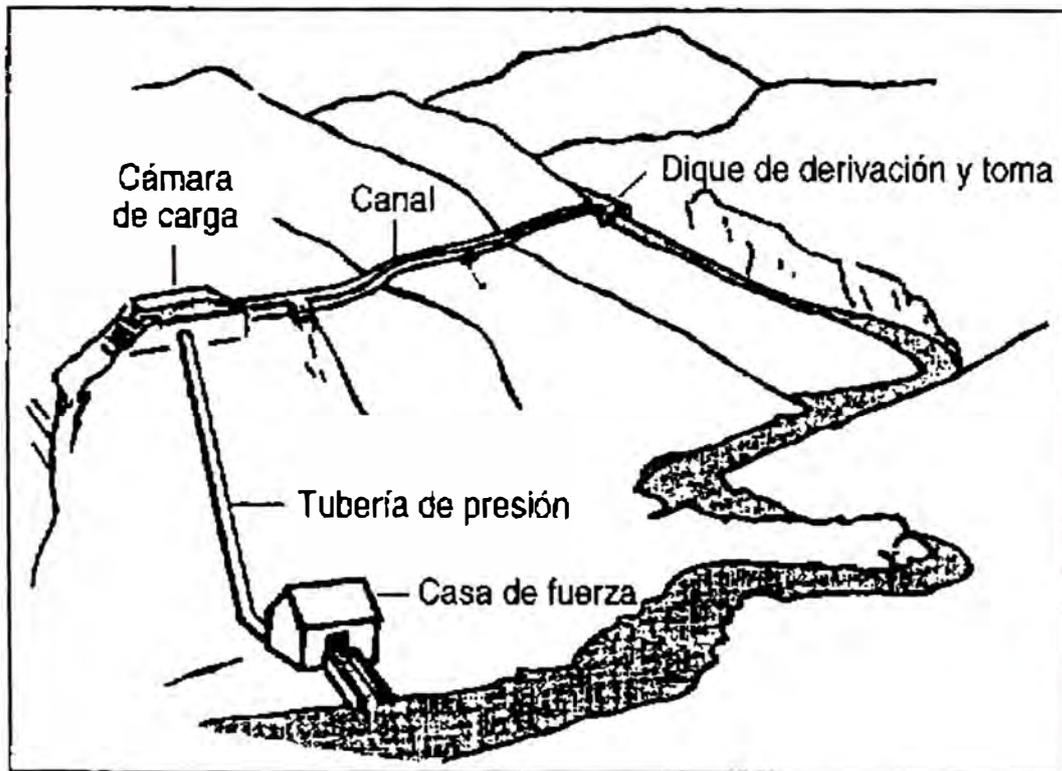


Fig. 3 Sistema de Derivación

Un **sistema de derivación** no detiene el caudal del río sino que desvía parte del caudal a un canal y una tubería y luego hacia una turbina. La gran mayoría de los sistemas de micro generación son del tipo de derivación (Fig. 3). La desventaja de este método es que el agua no se puede almacenar de una estación de lluvia a una estación seca del año. La ventaja es que el sistema se puede construir localmente a un bajo costo y su simplicidad proporciona una mejor confiabilidad a largo plazo. Los sistemas de derivación son preferibles desde el punto de vista de daños ambientales, dado que las características estacionales del flujo de aguas debajo de la instalación no son afectadas y tampoco hay necesidad de inundar los valles ubicados aguas arriba de la instalación.

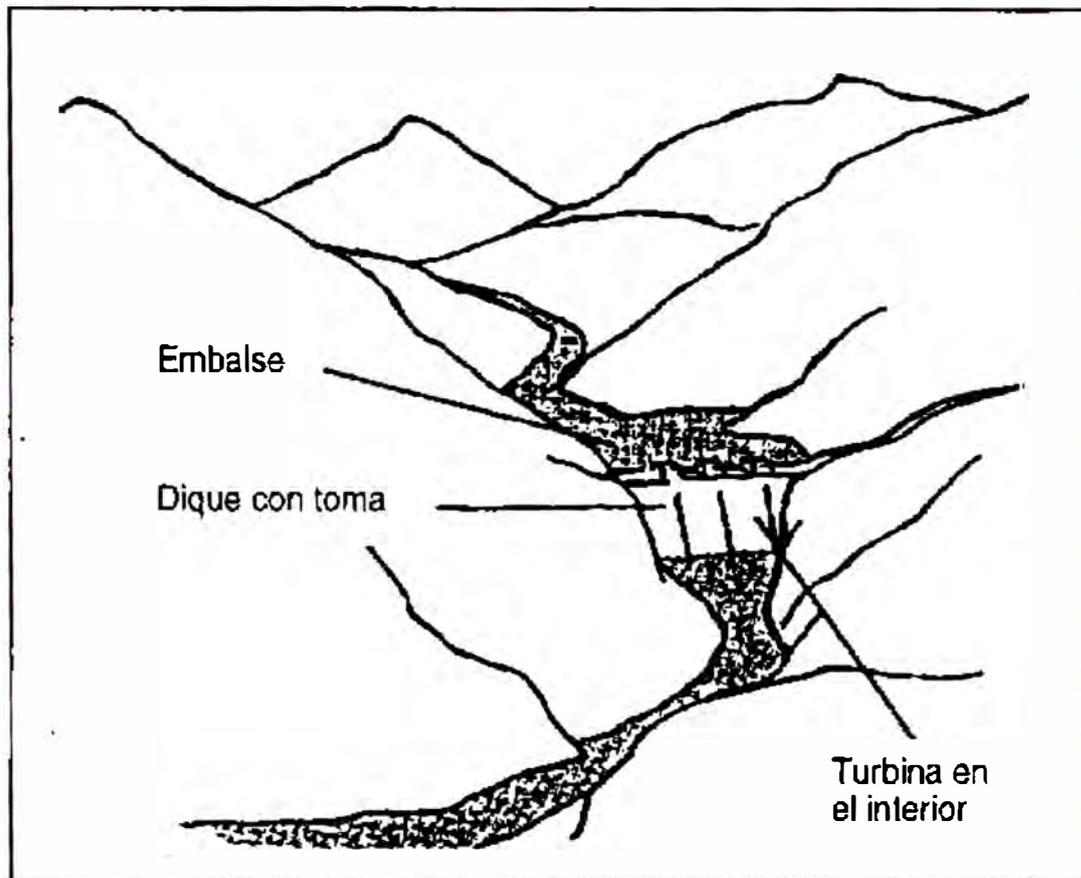


Fig.4 Sistema de Embalse

Un **sistema de embalse** hace uso de un dique para detener el caudal del río, formándose un reservorio de agua desde donde fluye el agua hacia las turbinas cuando se necesita energía (Fig.4). La ventaja de este método es que el agua puede acumularse durante la estación de lluvias y luego generar potencia durante los periodos secos del año. Los sistemas de embalse de diques tienen la desventaja de ser más costosos. En ellos se pueden encontrar problemas muy serios por ejemplo los reservorios se pueden llenar de sedimentos después de algunos años. Cuando esto sucede se encuentra a menudo que el dragado del reservorio (para limpiarlo) es demasiado caro y el sistema termina por generar menos energía de la esperada.

Componentes Principales de un Sistema Típico de Micro Generación

El azud desvía el caudal de agua a través de una abertura al costado del río (abertura de la toma) hacia un canal abierto. Para separar las partículas de arena del agua se usa un desarenador. El canal sigue los contornos del cerro con el fin de mantener la elevación del agua derivada. A continuación el agua ingresa a un depósito (Cámara de Carga) y luego pasa a una tubería cerrada (tubería forzada) la cual está conectada a una máquina hidráulica conocida como Turbina. La rotación del eje del rodete puede usarse para mover un artefacto mecánico o también para accionar un generador eléctrico. La máquina y artefactos que van a ser abastecidos de energía por el sistema de hidrogenación son conocidos como la carga (Fig. 5).

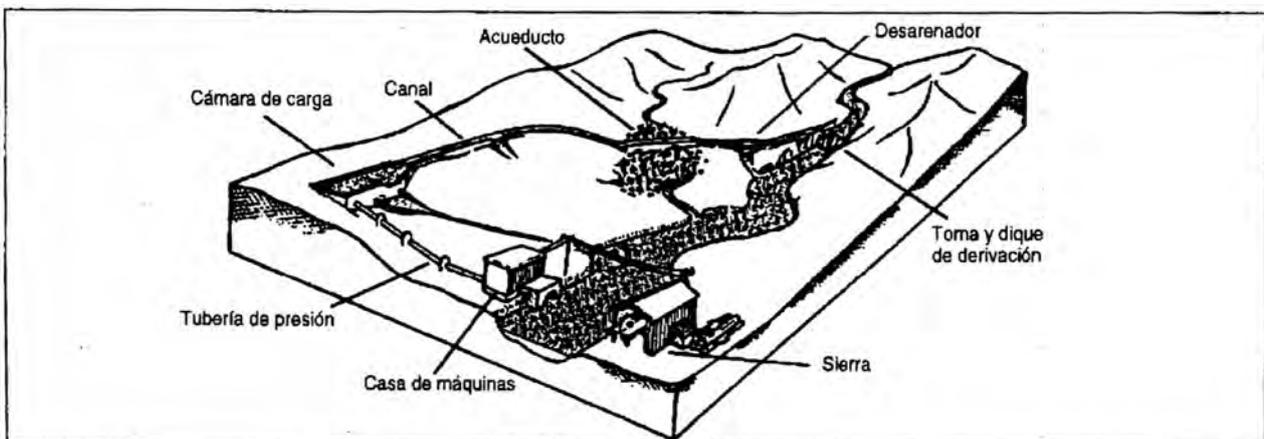


Fig. 5 Componentes Principales de un Sistema de Micro Generación

Existen por supuesto muchas variaciones para este tipo de diseño por ejemplo la sierra puede ser accionada directamente por el eje rotativo de la turbina sin necesidad de electricidad. Otra posibilidad es eliminar el canal y conectar la tubería directamente a la turbina desde el primer desarenador. Variantes como las expuestas dependerán de las características del lugar particular de los requerimientos del usuario y de los costos.

Energía a partir del Agua

Un hidrosistema requiere de un caudal de agua y una diferencia de alturas (conocida como salto – Fig. 6) para producir potencia útil. Se trata de un sistema de conversión de energía es decir se toma energía en forma de caudal y salto y se entrega energía en forma de electricidad o energía mecánica en el eje. Ningún sistema de conversión puede entregar la misma cantidad de energía útil como la que absorbe pues una parte de la energía se pierde en el sistema mismo en forma de fricción, calor, ruido, etc.

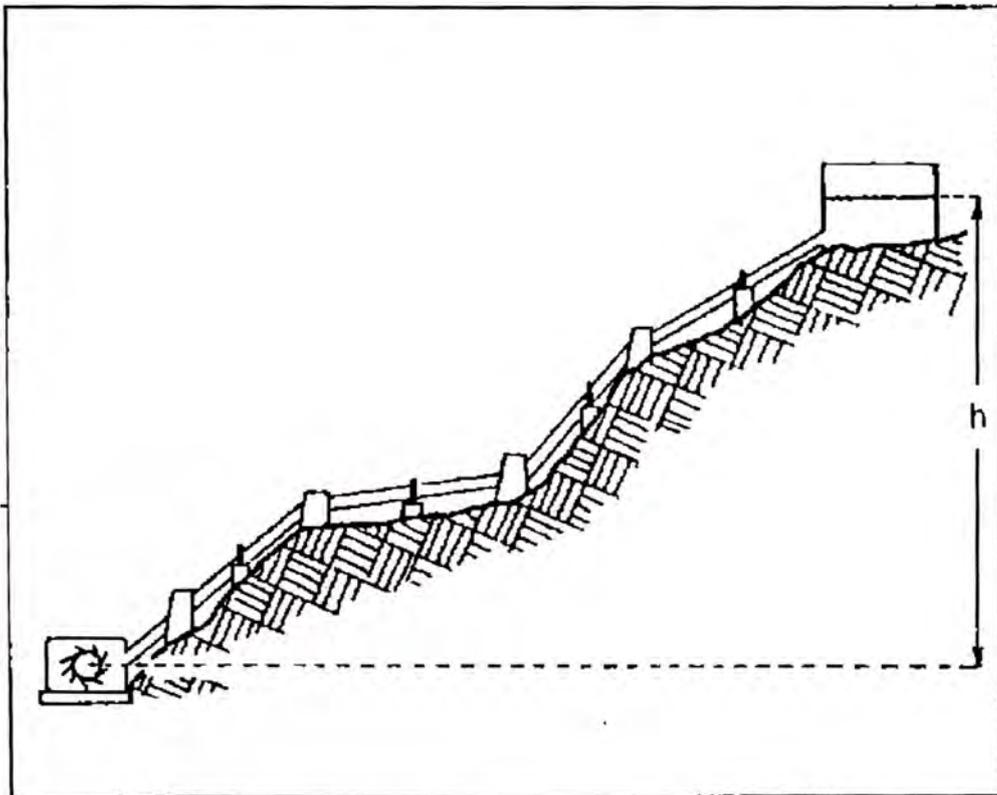


Fig. 6 Salto Generador de Potencia Útil

La ecuación de conversión es:

$$\text{Potencia de Entrada} = \text{Potencia de Salida} + \text{Pérdidas}$$

O también:

$$\boxed{\text{Potencia de Salida} = \text{Potencia de Entrada} \times \text{Eficiencia de Conversión}}$$

La ecuación de arriba se expresa por lo general de una manera ligeramente diferente.

La potencia de entrada o potencia total disponible en el sistema hidráulico es la potencia disponible (P disp). La potencia útil entregada es la potencia neta (P neta).

La eficiencia total del sistema se representa por η_0 .

$$\boxed{P \text{ neta} = P \text{ disp} \times \eta_0} \text{ (KW)}$$

La potencia disponible es igual al salto disponible (h disp) multiplicado por el caudal (Q) y también multiplicado por el factor de 10 obteniéndose la ecuación fundamental de potencia hidráulica:

$$\boxed{P \text{ neta} = 10 \times h \text{ disp} \times Q \times \eta_0} \text{ (KW)}$$

Donde el salto esta en metros y el caudal en metros cúbicos por segundo

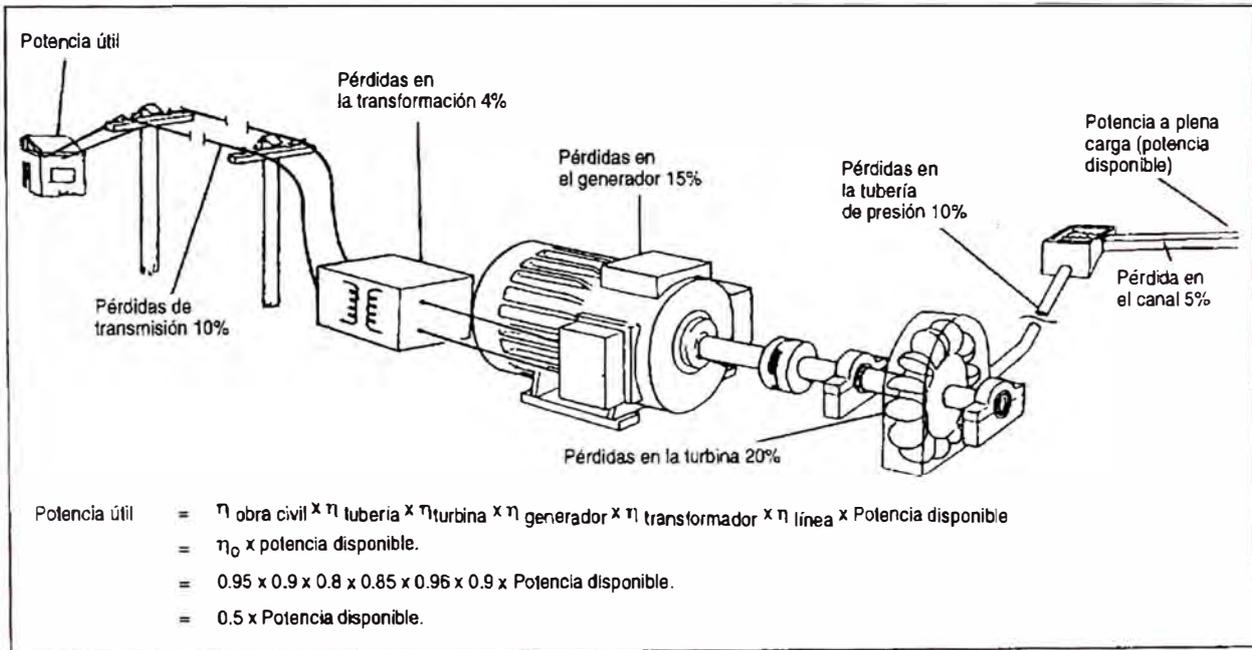


Fig. 7 Componentes de la Eficiencia Total del Sistema

Se considera que el agua tiene una densidad de 1000 kg/m^3 y la aceleración de la gravedad es de 9.8 m/s^2 . La potencia producida en la turbina será mucho menor que la potencia disponible debido a las pérdidas por fricción en la tubería y en la turbina. La potencia de salida del generador es menor nuevamente debido a la ineficiencia del sistema de transmisión y generador; mas aun las pérdidas en el transporte de la energía harán al final que el usuario reciba la mitad de la potencia disponible del sistema. La eficiencia total del sistema (η_0) Fig. 7, en realidad varía entre 0.4 y 0.6. La potencia recibida por el consumidor o potencia neta es:

$$P_{\text{neta}} = 9.8 \times h_{\text{disp}} \times Q \times \eta_0 \quad (\text{KW})$$

Para cálculos rápidos se redondea la gravedad a 10 aproximadamente además la potencia neta se estima a menudo asumiendo que η_0 es 0.5 de modo que redondeando:

$$P_{\text{neta}} = 5 \times h_{\text{disp}} \times Q \quad (\text{KW}) \text{ o}$$

$$P_{\text{neta}} = 4.90 \times h_{\text{disp}} \times Q \quad (\text{KW}) \text{ (Sin redondeo)}$$

TURBINA HIDRAÚLICA DE FLUJO TRANSVERSAL

Este es un análisis teórico básico de la turbina hidráulica de flujo transversal y tiene la finalidad de contribuir a una mejor comprensión de la mecánica de su funcionamiento, facilitar su cálculo y diseño básico y a predecir su comportamiento. Esta es una herramienta útil para el análisis de los resultados y se espera estar así en condiciones de construir y producir unidades normalizadas eficientes y de bajo costo dentro del marco de su utilización en las micro centrales hidroeléctricas.

Esta turbina puede jugar un rol muy importante en el aprovechamiento económico de saltos de baja potencia y contribuir de este modo al desarrollo socio económico y a la solución de los problemas de suministro de energía de las zonas rurales apartadas de nuestro país.

La electrificación de centros poblados en áreas rurales apartadas con muy baja demanda de energía, como es el caso de la sierra y poblados de la selva peruana, representa un problema técnico y socioeconómico de solución no convencional dado que la alternativa de interconectar estos centros a las redes de distribución de energía resultaría antieconómica.

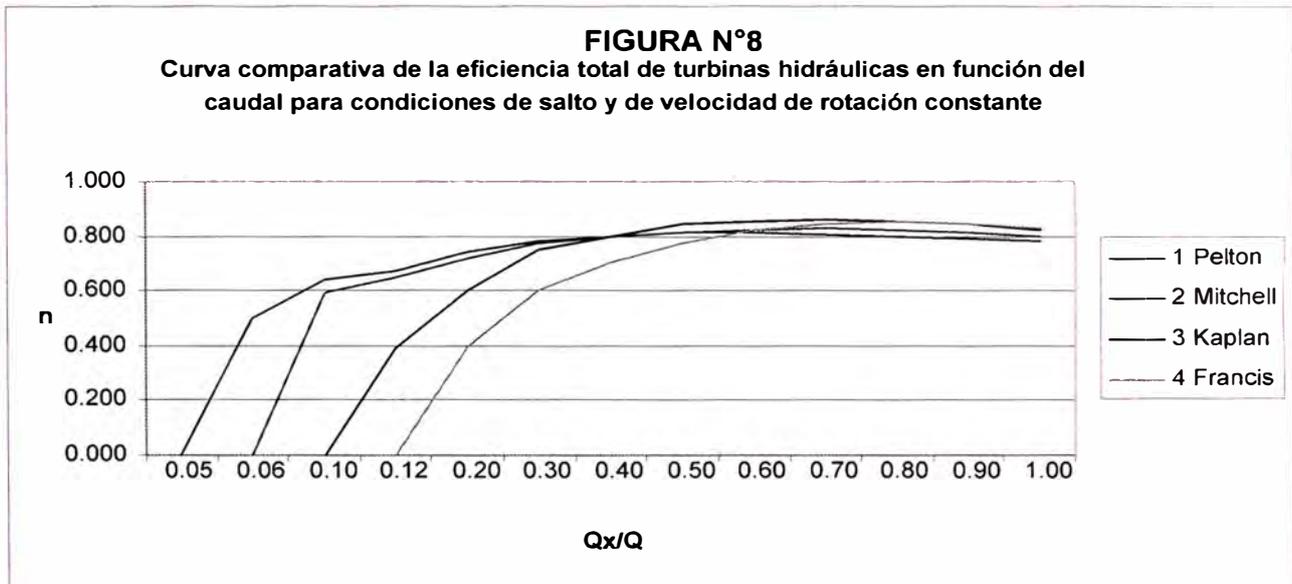
Existiendo en nuestras serranías y zonas de la selva innumerables recursos hidráulicos de baja potencia aún desaprovechados y considerando como impostergable el integrar económico y socialmente a grandes sectores humanos de la nación, es necesario impulsar y desarrollar la utilización de micro centrales

hidráulicas normalizadas, cuya característica básica es la de estar compuesta por equipos normalizados de modo que puedan ser adaptados a diferentes saltos y caudales sin sufrir modificaciones apreciables. Esto se puede lograr utilizando transmisiones sencillas (fajas, cadenas de bicicleta, etc.), entre la turbina y el generador de manera de adaptar la velocidad de la turbina al salto hidráulico disponible sin variar la velocidad de rotación del generador.

En general, la utilización de micro centrales normalizadas permitirá el desarrollo social y económico de las regiones apartadas, si es que se apoya la construcción de la mayor parte de sus componentes en talleres regionales (en forma artesanal), tendiendo en lo posible a su sistematización para su producción en serie.

Los saltos hidráulicos de baja potencia se caracterizan por poseer, en la mayoría de los casos, altura pequeña y caudales pequeños y fluctuantes a lo largo del año. El aprovechamiento económico de estos saltos requiere de la selección de turbinas capaces de operar con buena eficiencia dentro de un amplio rango de caudales y alturas variables, es decir, que ofrezcan curvas de eficiencia v.s. versus caudal bastantes chatas o con tendencias horizontales (Fig.8). Dentro de las turbinas modernas que cumplen con este requisito podemos enumerar a las siguientes:

- a) Turbinas Tangenciales: PELTON
- b) Turbinas Axiales: KAPLAN
- c) Turbina de flujo transversal: MITCHELL-BANKI



Las turbinas tangenciales Pelton son aptas para operar con grandes caídas y pequeños caudales, es decir que operan eficientemente en condiciones extremas. Presentan además la dificultad de su construcción que requiere de una tecnología medianamente avanzada.

Las turbinas axiales Kaplan, operan con bajas caídas pero necesitan de grandes caudales para trabajar eficientemente.

Finalmente, las turbinas de flujo transversal en su versión Mitchell-Banki se la puede considerar como la más apta para operar en las micro centrales de nuestro medio, tanto por su poca dificultad en el cálculo y diseño como por la facilidad de su construcción, operación y servicio.

Antecedentes

La turbina de flujo transversal fue inventada y patentada por A.G.M. Mitchell en 1903, en Australia. Posteriormente el profesor Donat Banki de la Universidad Técnica de Budapest la desarrolló y difundió mediante una serie de artículos entre 1917 y 1919. En la actualidad la turbina ha sido perfeccionada tanto hidráulica como

mecánicamente por la casa Ossberger de Baviera Alemania presentándola como turbina Mitchell-Ossberger.

Hoy en día la turbina de flujo transversal es muy poco conocida si se la compara con las tradicionales Pelton, Francis y Kaplan.

En el área andina son muy valiosos los diseños y estudios experimentales de estas turbinas dentro del rango de 0.5 KW a 3 KW, realizados por el Grupo de Desarrollo Rural de la Universidad de los Andes en Bogotá.

En el Perú, en 1961, A. F. Coz Pancorbo propone un método de cálculo y diseño con una unidad de 33 KW. En 1967, la E.E.A.A. de Lima diseñan y construyen una turbina de 12 KW para la micro central de Milloc y una de 120 KW para la microcentral de de Marcapomacocha.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA TURBINA

Conformación de la Turbina

Su conformación no difiere de las demás turbinas hidráulicas y consta básicamente de las siguientes partes:

- a) **Tobera o Inyector.**- este elemento posee sección rectangular y su función es la de acelerar el agua y dirigirla hacia el rotor bajo un cierto ángulo. En las turbinas de diseño moderno la tobera consta además de una compuerta de regulación la cual puede ser de espesor constante para máquinas de mediana eficiencia (fig. 9.b) o de perfil aerodinámico para máquinas de alta eficiencia (fig. 9.c). En el caso de las turbinas de bajo costo puede eliminarse dicha compuerta (fig. 9.a).

- b) **El rotor.**- este posee una forma cilíndrica o de tambor, compuesto esencialmente por un par de discos entre los cuales se fijan periféricamente un cierto número de álabes de gran envergadura, los que pueden ser de espesor constante o perfilado. La característica cilíndrica del motor permite que esta turbina pueda trabajar dentro de grandes rangos de variación de caudal con sólo darle al motor la longitud conveniente.
- c) **La carcasa.**- su fin es cubrir al rotor y soportarlo, ya que los cojinetes van montados en sus partes laterales.
- d) **El tubo de aspiración.**- este elemento no es fundamental (fig.9.d). Posee forma cilíndrica y su función es recuperar, en el caso de saltos pequeños, parte de la altura libre de montaje entre la parte inferior del rotor y el nivel del canal de evacuación (fig.10.d). En este caso la carcasa debe ser hermética a fin de mantener una cierta presión interna para impedir que el agua inunde al rotor. En las turbinas Mitchell-Ossberger esto se logra instalando una válvula automática de resorte.

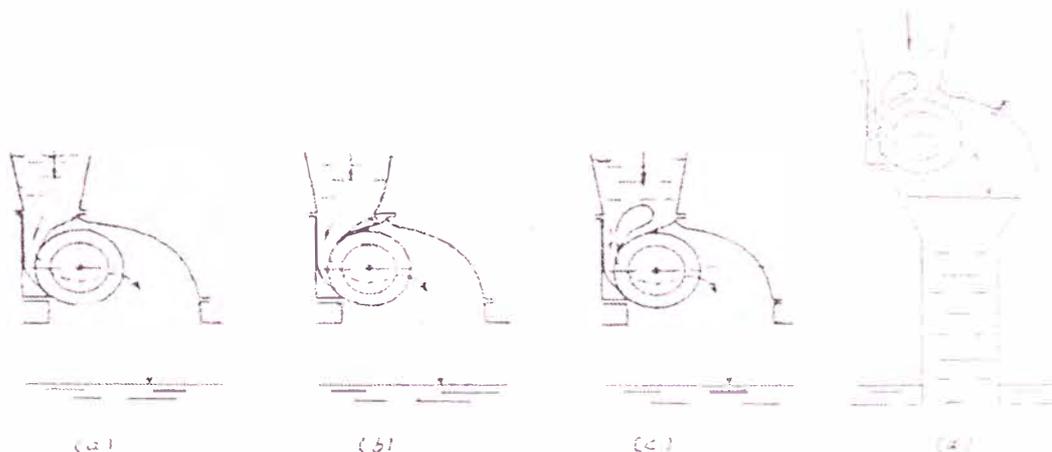


FIG. 9 Alternativas Constructivas de Turbinas de Flujo Transversal

- a) Mitchell – Banki (sin compuerta de regulación)
- b) Mitchell – Banki (con compuerta de regulación lateral)
- c) Mitchell – Ossberger (inyector subdividido por compuerta de regulación)
- d) Mitchel – Ossberger (tubo de succión)

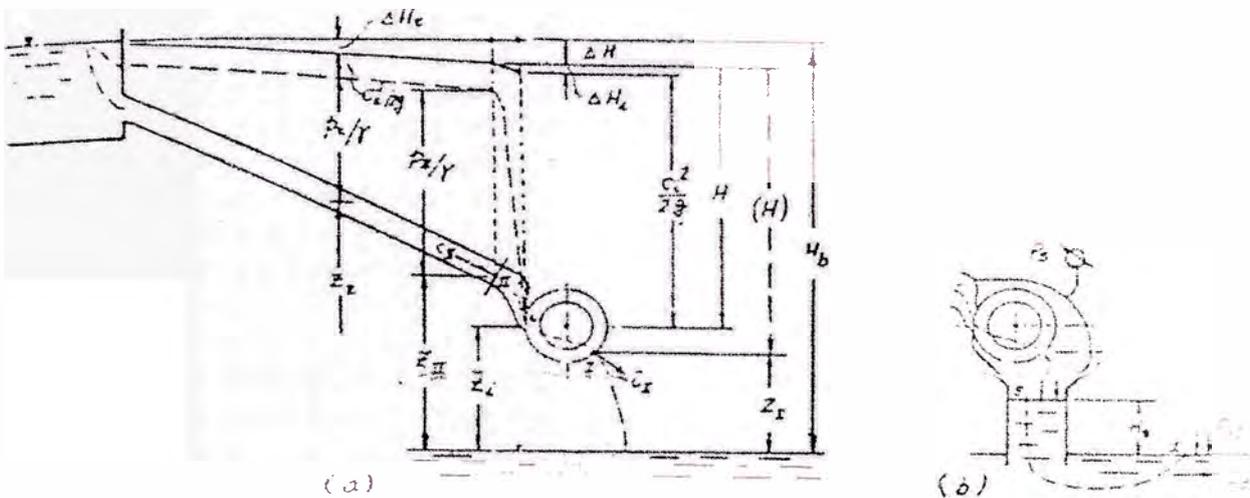


FIG. 10 Esquema Disposición de la Turbina

(a) A presión atmosférica

(b) Con tubo de succión

Principios de funcionamiento

Dentro de las familias de las turbomáquinas, la turbina de flujo transversal puede describirse en forma general como una turbina de impulso, de admisión parcial, de doble efecto, de flujo radial centrípeto-centrífugo, siendo su principal característica

la de un amplio chorro de agua de sección rectangular incide dos veces, cruzando por su interior, sobre los álabes del rotor (fig.11).

La diferencia fundamental respecto a otras turbinas es que no hay deflexión axial del agua, la cual se mueve sobre planos perpendiculares al eje del rotor.

Este tipo de turbina puede ser calificada como un tipo de turbina límite entre impulso y reacción debido a que la presión estática en los canales del rotor no excede la presión estática en los canales del rotor no exceda la presión atmosférica, a pesar de estar llenos de agua.

El proceso de trabajo (fig.11) se inicia cuando un cierto caudal de agua ingresa al inyector donde, prescindiendo de algunas pérdidas, se transforma la energía potencial del agua en energía cinética.

Luego de un primer efecto, el chorro de agua que sale del inyector incide parcialmente bajo un cierto ángulo, en dirección centrípeta y por lo general a presión atmosférica, sobre un sector de la periferia externa del rotor, cediendo alrededor de un 75% de su energía. A continuación el agua cruza transversalmente por el interior del rotor y sin tocar el eje (característica fundamental de la cual deriva el nombre de la turbina) e incide por segunda vez sobre un sector de la periferie interna y en dirección centrífuga, cediendo la energía restante.

Debido a este doble efecto la turbina posee un doble escalonamiento de velocidad y de transferencia de energía.

Finalmente, el agua abandona el rotor y pasa al canal de evacuación después de recorrer la altura libre de caída entre el rotor y el nivel de dicho canal. Como ya se mencionó en el párrafo anterior, es posible recuperar parte de esa altura, ya sea colocando la turbina muy cerca al nivel del agua lo cual tiene sus inconvenientes por el peligro de anegamiento del rotor o bien instalándola a una altura conveniente añadiéndole un tubo de aspiración cilíndrico dentro del cual se crea una cierta depresión, debido a que el agua, durante el funcionamiento de la turbina, arrastra (a modo de eyector) al aire encerrado dentro de la carcasa. El posible anegamiento del rotor puede impedirse mediante válvulas de flotador o válvulas automáticas de resorte como en la versión Mitchell-Ossberger. (fig.9.d).

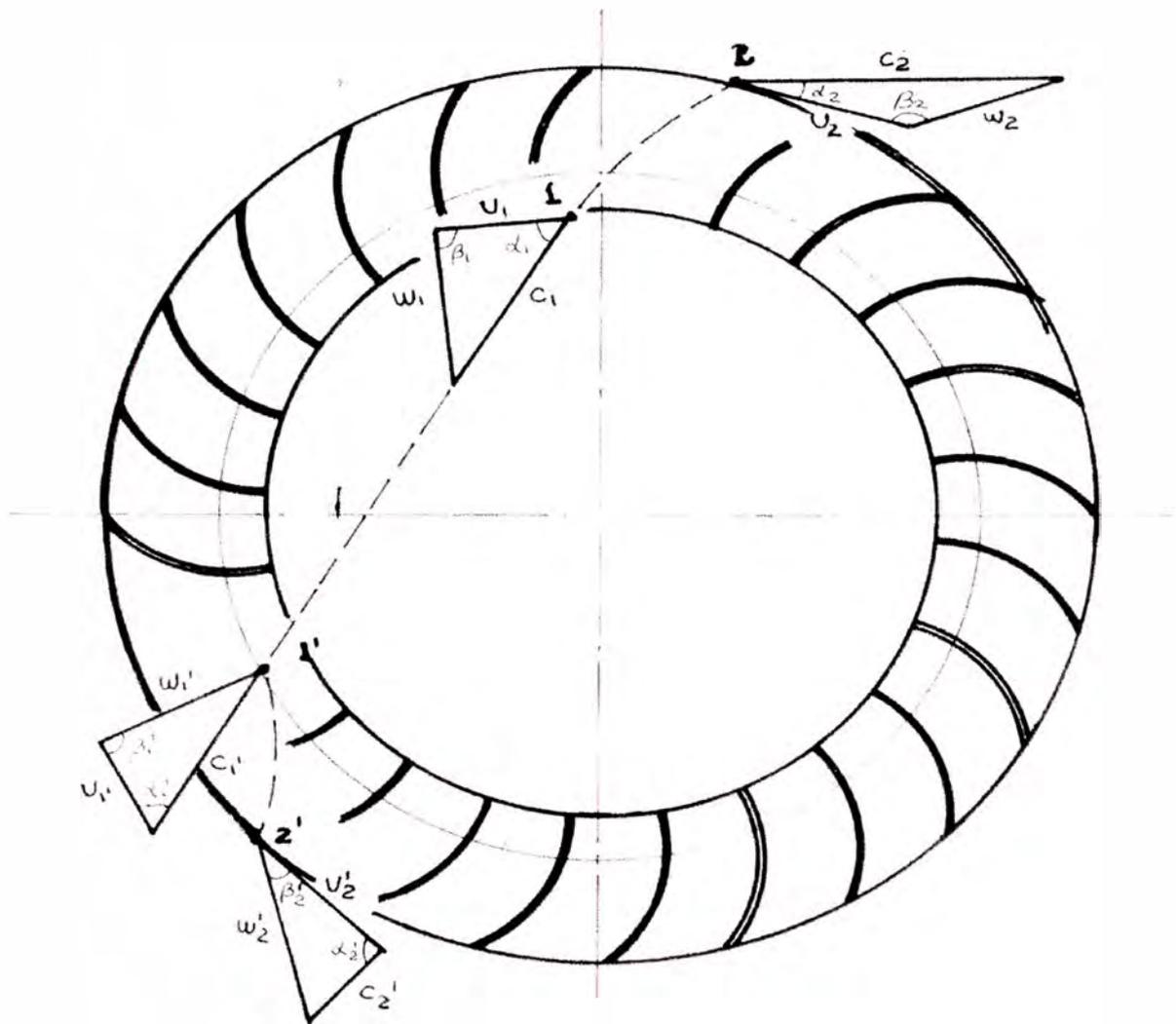


FIG. 11 Diagrama de Velocidades en el Rodete

Campo de Utilización

Las turbinas de flujo transversal se pueden utilizar para el aprovechamiento económico de saltos hidráulicos de baja potencia cuyas características varían generalmente dentro de los siguientes valores:

- Salto: $H = 1$ a 100 m.
- Caudal: $Q = 0.025$ a 0.2 m³/seg.

Con estos valores se pueden obtener potencias entre 2 a 300 HP (1.5 a 225 KW) para eficiencias totales de $\eta = 60$ a 85%. Sin embargo desarrollos recientes permiten utilizarla para saltos hasta de 200 m., con caudales de 0.4 m³/s., llegando a obtener potencias de hasta 1000 HP (750 KW).

De acuerdo a la magnitud del salto hidráulico y del diámetro del rotor pueden obtenerse velocidades de rotación que fluctúan entre $N = 60$ a 2000 RPM. Referente al número específico de revoluciones, este varía para este tipo de turbinas entre $N_s = 40$ a 150. Por esta razón la turbina de flujo transversal moderna puede clasificarse como una turbomáquina que cubre los campos de aplicación de la turbina Pelton de varios chorros y de la turbina Francis lenta (fig.12).

De este modo las turbinas de flujo transversal tanto por su conformación simple y de fácil construcción como por su operación y servicios sencillos y económicos, se convierten en unidades recomendables para su utilización en molinos, instalaciones de bombeo de agua, y especialmente en micro centrales.

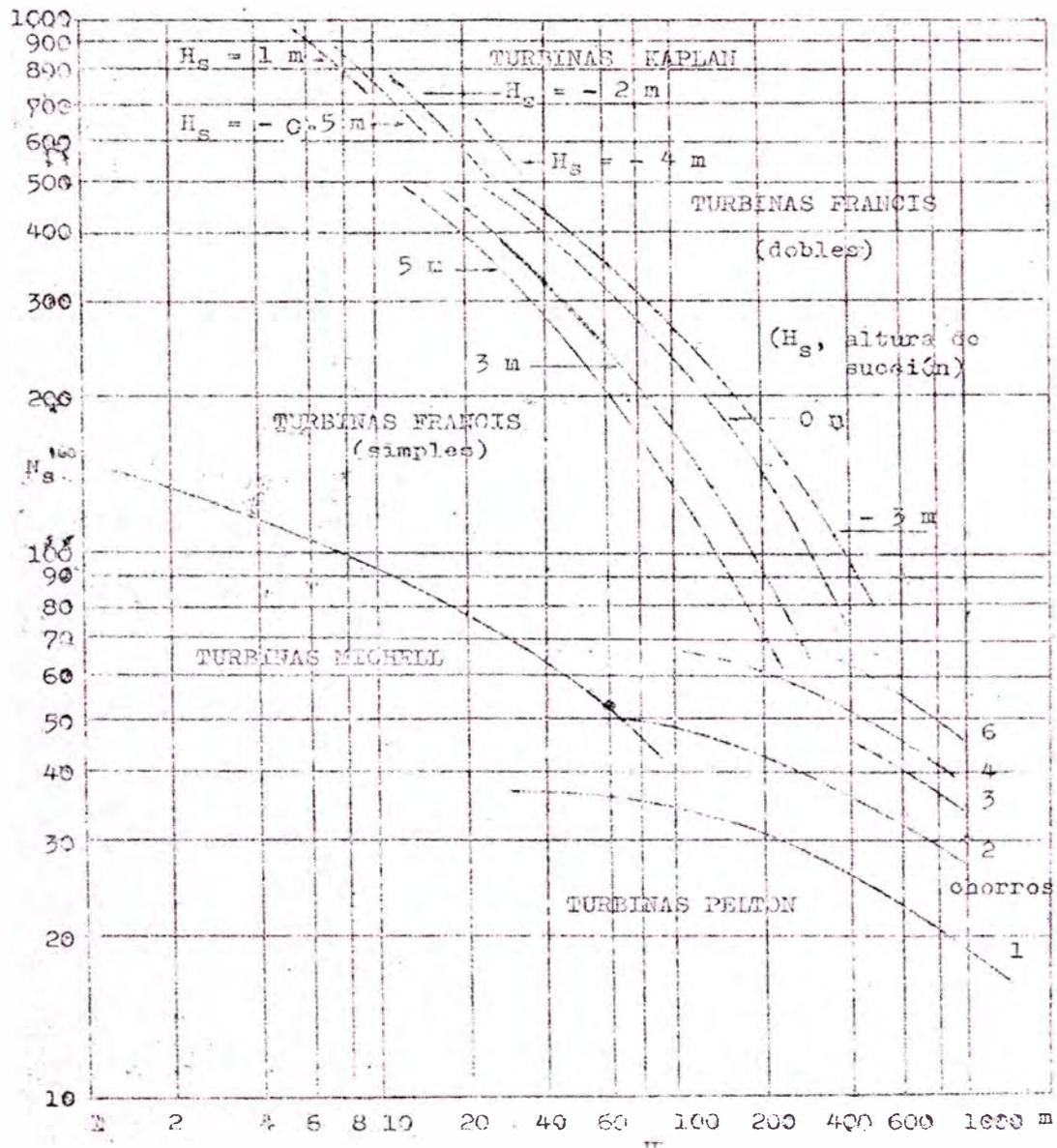


FIG. 12 Cuadro de NS (N° Revoluciones) VS Salto (H)

A continuación mostraremos esquemas de instalación de las diferentes partes de una turbina Mitchell – Banki (Fig. 13).

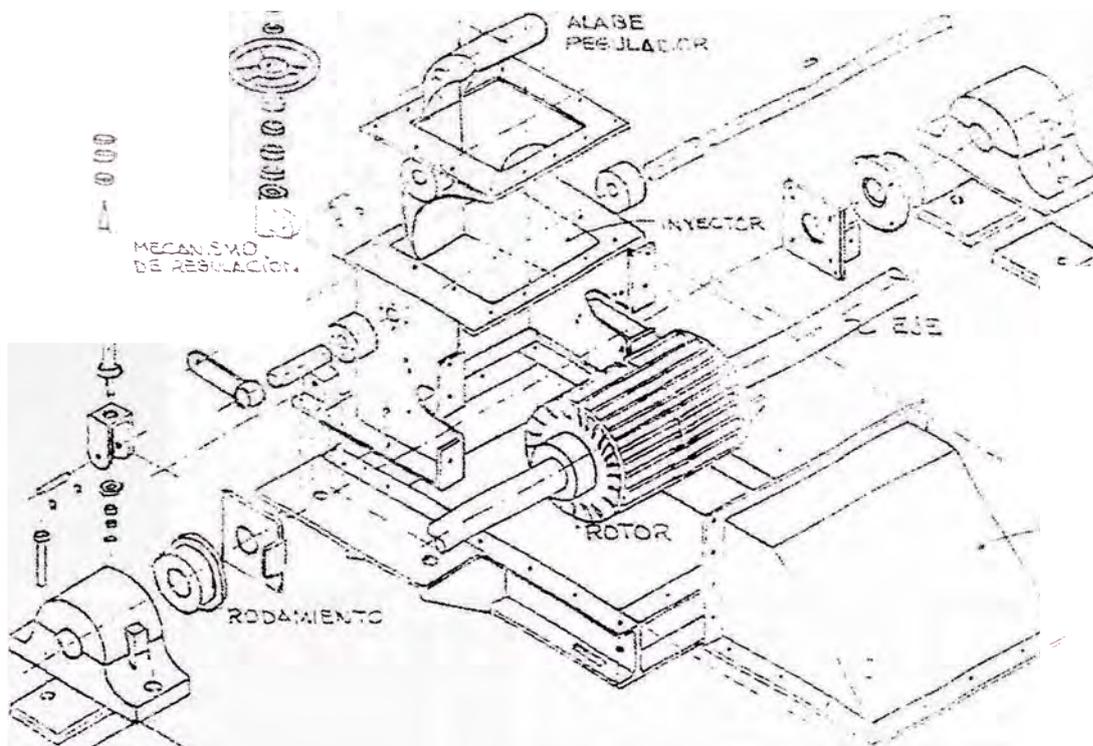


Fig. 13 Esquema de Despiece de una Turbina Mitchell - Banki

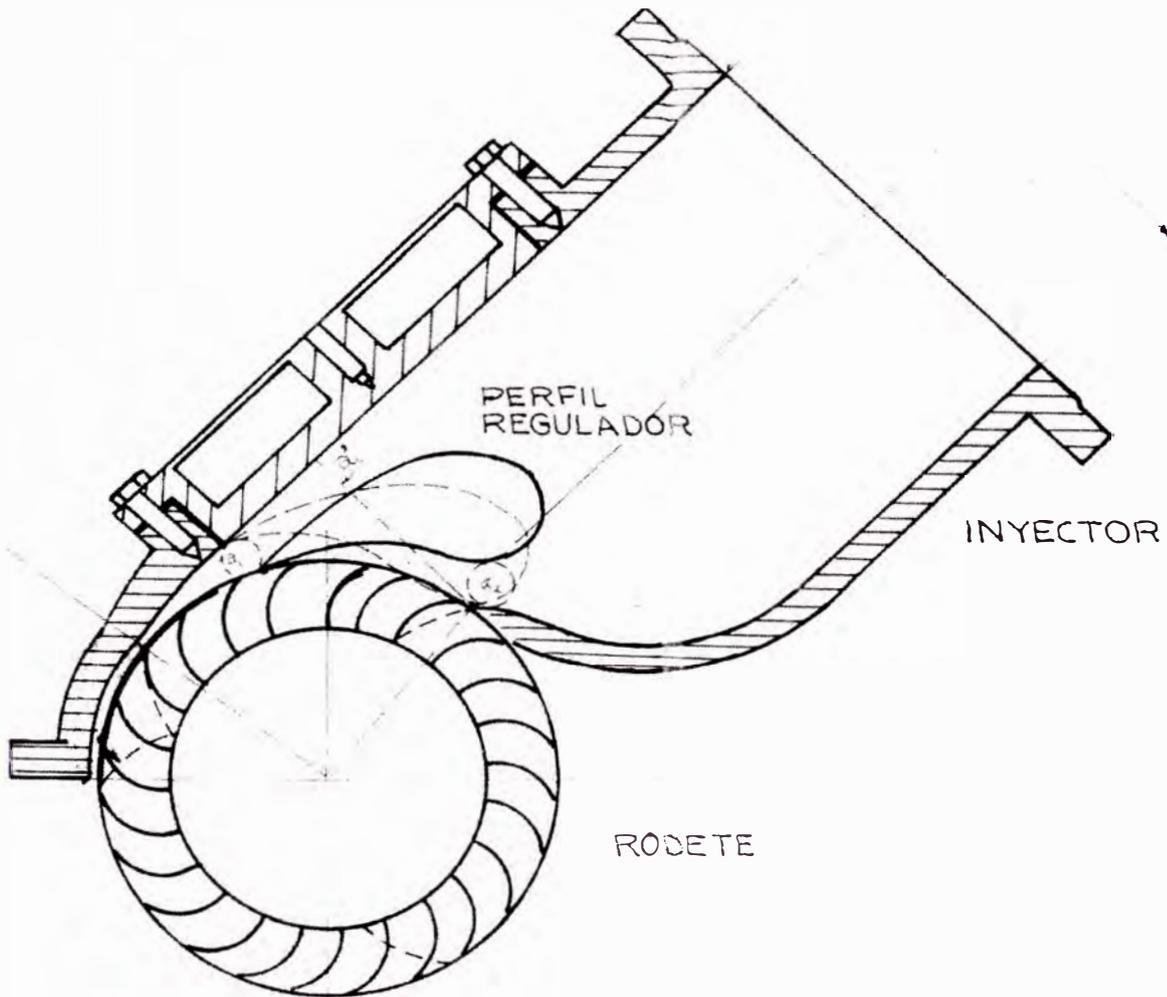


Fig. 14 Esquema de Perfil de la Disposición del Rodete, Inyector y Perfil Regulador

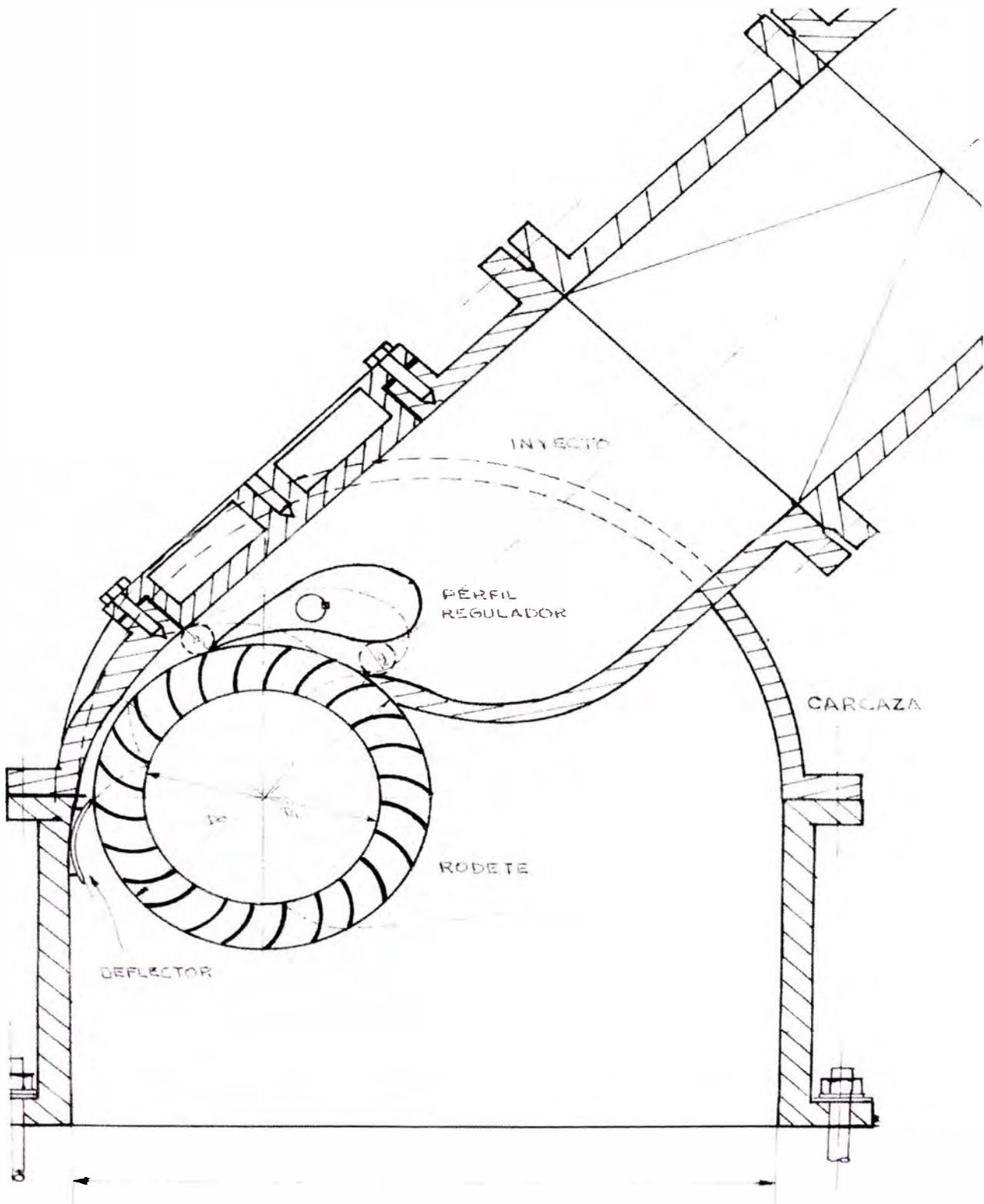
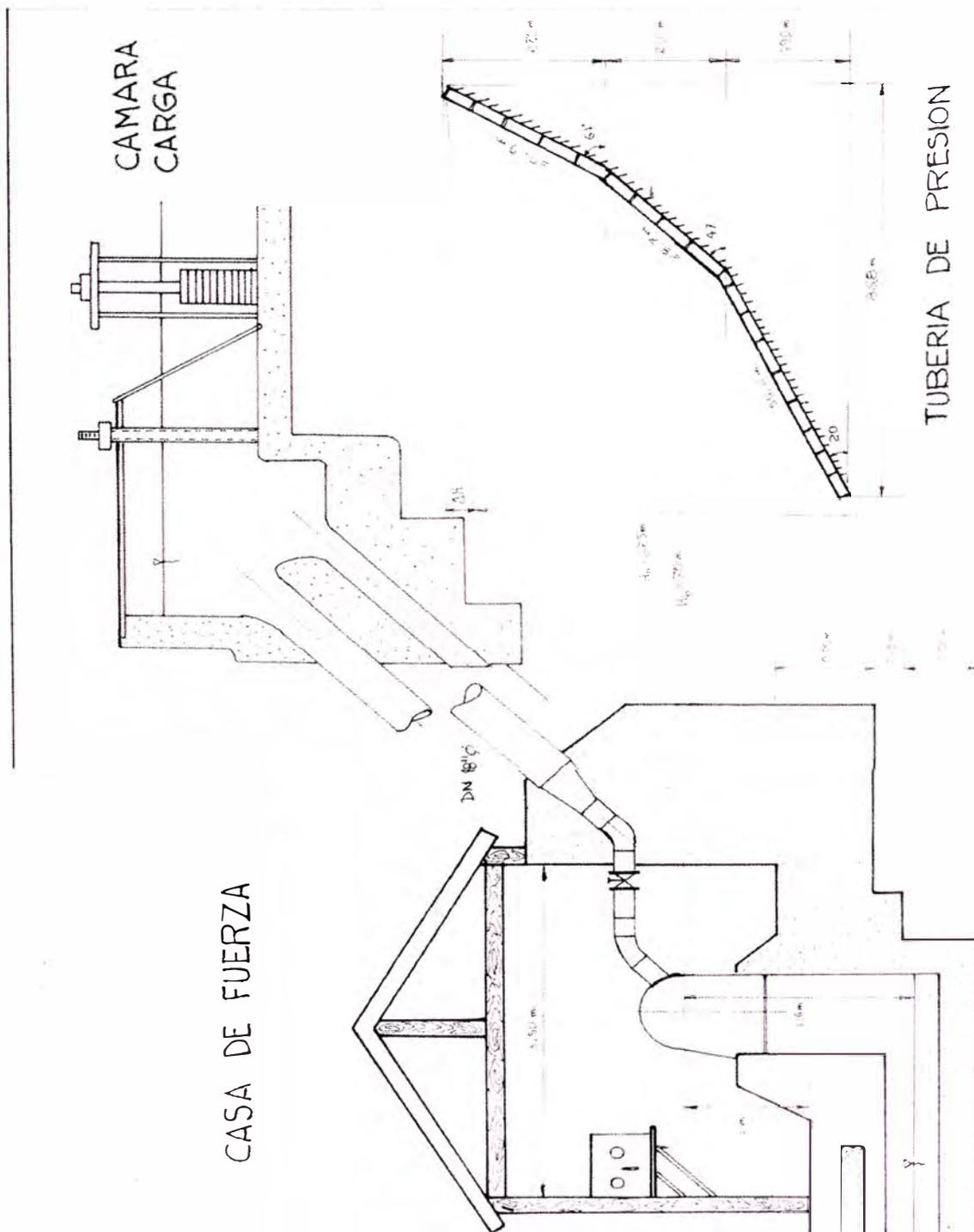


Fig. 15 Esquema de Turbina Mitchell y Carcaza

Fig. 16 Esquema de la Mini - Central Hidroeléctrica con Turbina Mitchell



ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA

Potencia de la Turbina

La potencia desarrollada por la turbina está dada por la relación:

$$P = \gamma \times Q \times H \times \eta$$

P = Potencia (Watts)

γ = Densidad del Agua (1000 kg/m³)

Q = Caudal (m³/s)

H = Altura (m)

η = Eficiencia Total de la Turbina (-)

Densidad del Agua γ (kg/m³):

La densidad del agua se considera porque es el fluido por medio del cual se genera la energía eléctrica y equivale a 1000 kg/m³ por lo que este parámetro es un valor constante para el cálculo de la potencia final.

Altura H (metros):

Este parámetro es la distancia vertical medida en una caída de agua, para nuestro caso en las caídas presentes en las dos comunidades nativas visitadas obtuvimos los datos con mediciones hechas directamente en los sitios con cinta métrica lo suficientemente larga para obtener esos datos por lo que para nuestro caso estos datos en cada caída serían conocidos.

Potencia P (Watts):

Es el resultado final de los anteriores parámetros y del caudal lo que nos va a dar como resultado la potencia que pueda ser generada en esta caída, este valor nos va a servir para comparar si lo que se pueda generar en estas caídas pueda satisfacer las necesidades mínimas de las dos comunidades nativas. Este valor se mide en Watts.

Caudal Q (m³/s):

En razón de que el caudal de los ríos varía a lo largo del año, realizar una medida del caudal instantáneo resulta un registro aislado cuya utilidad es relativamente pequeña.

Es probable que algunas veces no exista información para hacer un estudio de hidrología, entonces nos veremos forzados a recolectar nuestros propios datos a partir de mediciones instantáneas del caudal. Lo ideal es hacer mediciones a diario aunque también se usan mediciones semanales y mensuales.

Los métodos para medición del caudal son:

- Método de la solución de sal
- Método del recipiente
- Método del área y velocidad
- Método de la sección de control y regla graduada
- Método del vertedero de pared delgada

Es necesario estudiar las características de estos métodos a fin de utilizarlos adecuadamente aprovechando las ventajas que ofrecen en cada caso particular.

Método de la solución de sal

Este método es fácil de usar y bastante preciso. Las mediciones bien efectuadas darán errores menores al 5% y permiten hacer las estimaciones de potencia y cálculos posteriores.

Este método se basa en el cambio de conductividad del agua ($\text{ohm}^{-1} = \text{Siemens}$) al cambiar el grado de concentración de sal. De este modo si disolvemos una masa (M) de sal en un balde y vertemos la mezcla en una corriente de agua, dándole el tiempo necesario para diluirse, provocaremos el incremento de la conductividad que puede ser medido mediante un conductivímetro.

Como podemos imaginar dicho incremento de la conductividad dura un cierto tiempo y no es uniforme durante ese lapso. Es decir habrá pequeños incrementos al inicio y al final del paso de la nube de sal, mientras que habrá un máximo en una situación intermedia.

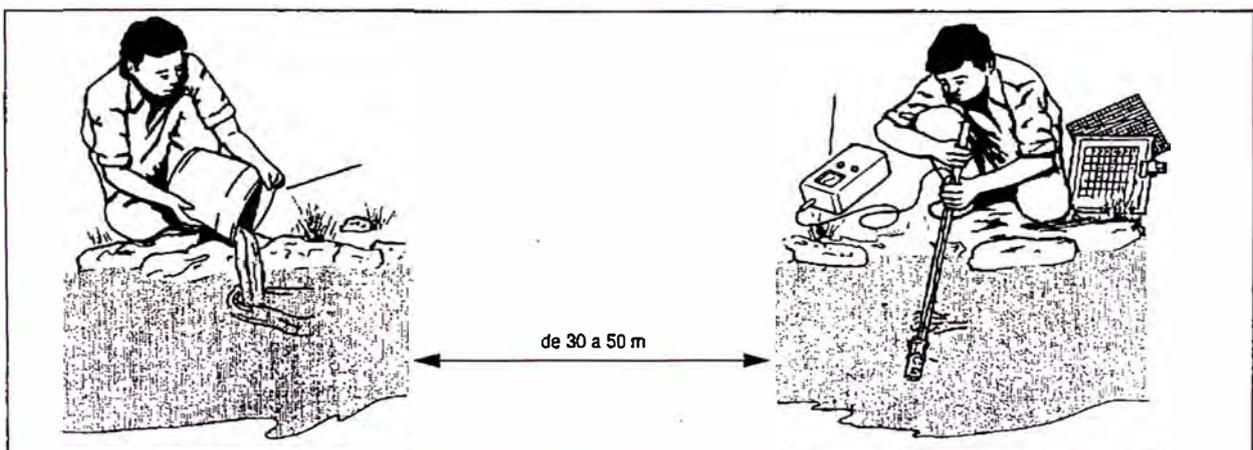


Fig. 17 Método de la Solución de Sal

Si hacemos mediciones de conductividad en Siemens (S) o micro siemens (μS) (Fig. 17), cada lapso corto (por ejemplo de 5 seg.) desde que se inicia el paso de la nube de

sal hasta el paso total de la misma y luego se grafica conductividad versus tiempo se encontrara una curva mas o menos uniforme de distribución.

Matemáticamente es demostrable que el caudal del río o quebrada en cuestión se puede calcular con la siguiente expresión, que relaciona el caudal con la masa de sal y el área bajo la curva obtenida y corregida por un factor K (Fig. 18).

$$Q = K \times M / A$$

Donde:

Q : Caudal (litros / seg.)

M : Masa de sal (miligramos)

K : Factor de conversión ($\mu\text{S} / (\text{mg}/\text{lt})$) Como se puede observar en la grafica el factor varia respecto a la temperatura

A : Área bajo la curva ($\mu\text{S seg.}$)

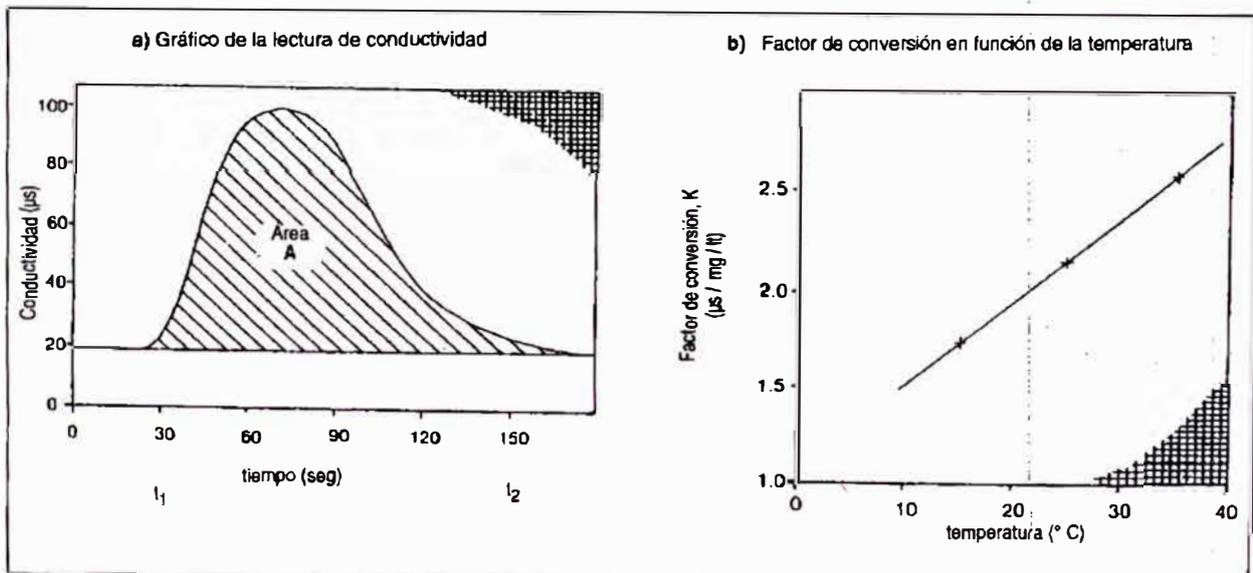


Fig. 18 Área bajo la curva y factor de corrección

Procedimiento

- Haga indagaciones sobre el caudal aproximado. Resulta conveniente ver el río o quebrada antes de planear las mediciones para llevar las cantidades adecuadas de

sal. La recomendación es usar aproximadamente 100 gr., de sal por cada 0.10 m³/s.

- b) Tomar una cierta cantidad de sal de mesa y secarla a fin de eliminar el error del peso por humedad. Luego pesar pequeñas cantidades en bolsas plásticas siguiendo la regla de 100 gr., por cada 0.10 m³/s.
- c) Medir la temperatura del agua y registrarla.
- d) Escoger un tramo del río o quebrada donde halla una velocidad más o menos uniforme. Evitar los remansos porque estos retrasan el paso de la nube de sal afectando las medidas.
- e) Una persona A disolverá la solución de una primera bolsita de sal en un balde de unos 10 o 12 litros de capacidad y lo llenara con agua hasta no más de los $\frac{3}{4}$ de su capacidad.
- f) Seleccione el lugar de aplicación de la solución y el de la ubicación del medidor de conductividad. La distancia entre ambos puntos puede ir de 30 a 50 metros.
- g) Coloque el medidor de conductividad y un reloj con precisión de segundos y prepare su registro para tomar datos.
- h) Ordene la aplicación de la solución y observe el medidor hasta que empiece a elevarse la conductividad.
- i) Registre los valores de la conductividad cada 5 segundos.

Procesamiento de Resultados

- a) Graficar conductividad versus tiempo.
- b) Calcular el área encerrada por la curva y trazar una línea recta que une la conductividad base (primer punto leído) con el último punto.
- c) Encontrar el factor de corrección en $\mu\text{S} / (\text{mg}/\text{lt})$.

d) Utilizar la expresión $Q = K \times (M / A)$

Recomendaciones

- Si el medidor de conductividad se satura cambie de escala.
- Si el paso de la nube de sal ha sido muy rápido, use una distancia mayor.
- La solución debe ser lo suficientemente agitada para obtener una buena dilución antes de verter al río.
- El grafico resultante debe tener una forma más o menos regular como la siguiente figura 19 (e).
- Tener cuidado con las unidades en el momento de hacer los cálculos.

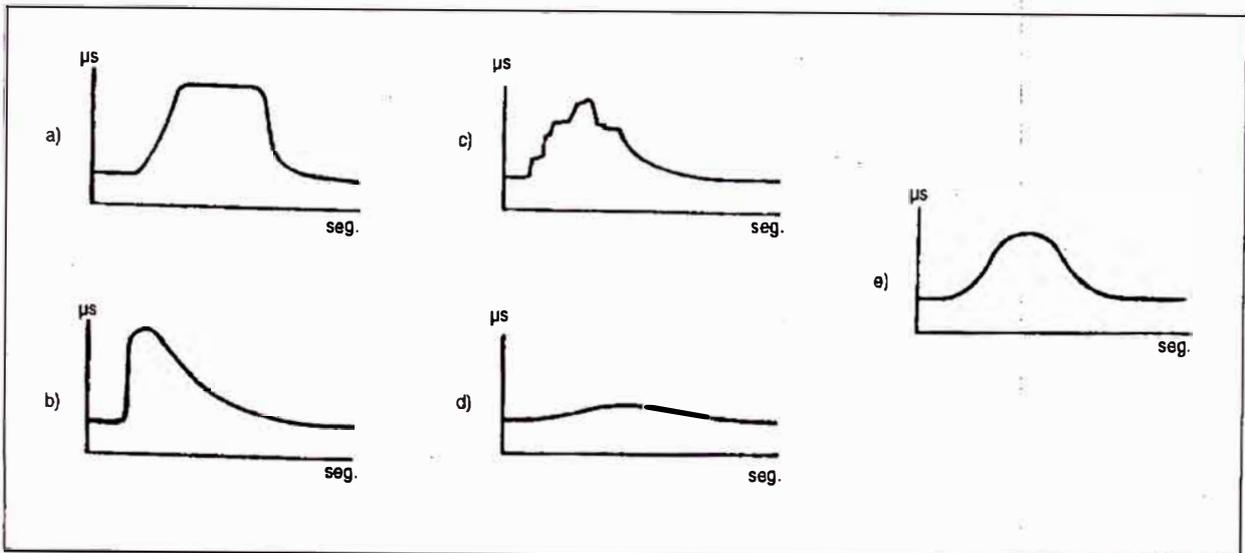


Fig. 19 Ejemplo de malas lecturas (a, b, c y d) y de buena lectura (e).

Método del Recipiente

El método del recipiente es una manera simple de medir el caudal. Todo el caudal a medir es desviado hacia un balde o barril y se anota el tiempo que toma llenarlo. El volumen del envase se conoce y el resultado del caudal se obtiene dividiendo el

volumen sobre el tiempo de llenado. La desventaja de este método es que todo el caudal debe ser canalizado o entubado al envase. A menudo es necesario construir una pequeña presa temporal. Este método resulta práctico para caudales pequeños.

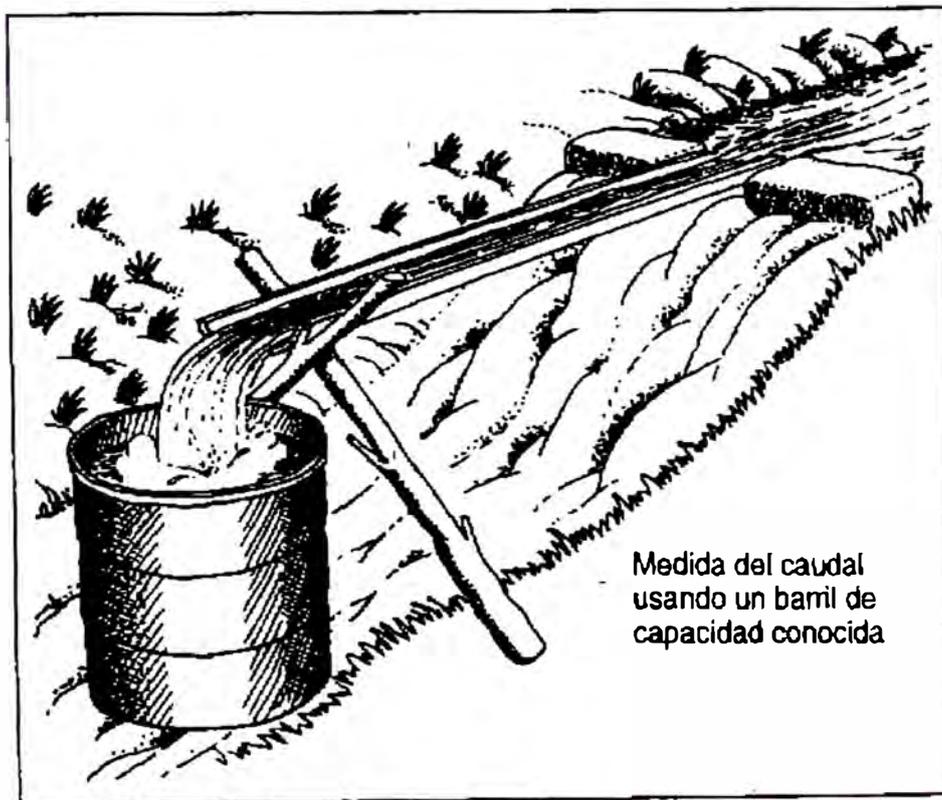


Fig.20 Método del Recipiente

Método del Área y Velocidad

Este método se basa en el principio de continuidad. Para un fluido de densidad constante fluyendo a través del área de una sección conocida, el producto del área de la sección por la velocidad media serán constantes.

$$\boxed{\text{Área} \times V \text{ media} = Q = \text{Constante (m}^3/\text{s)}}$$

Donde:

V_m = Velocidad Promedio del agua en la corriente

Este producto es igual al caudal volumétrico (Q) en m^3/s .

El Flotador

Se dibuja el perfil de la sección del lecho del río y se establece una sección promedio (Fig. 21). Utilizamos una serie de flotadores, podría ser una serie de pedazos de madera, para medir el tiempo que se demora en recorrer una longitud preestablecida del río. Los resultados son promediados y se obtiene la velocidad superficial del flujo de agua. Esta velocidad deberá ser reducida por un factor de corrección para hallar la velocidad media de la sección. Este factor depende de la profundidad de la corriente. Multiplicando el área de la sección promedio por la velocidad del caudal promediada y corregida, se obtiene un estimado del valor del volumen del agua que fluye. Las imprecisiones de este método son obvias.

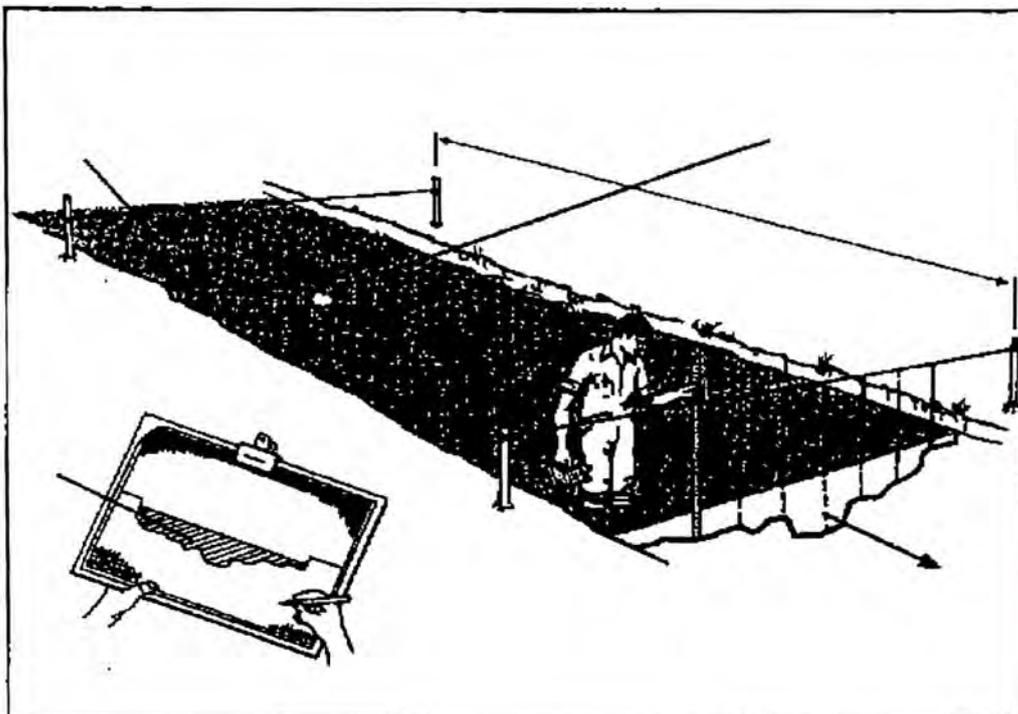


Fig. 21 Perfil de la Sección del Lecho del Río

A menos que se considere un canal de pendiente suave y regular, obtener un valor preciso del área de la sección de la corriente de agua será muy difícil y tedioso.

La velocidad promedio obtenida no es la velocidad media de la corriente, ya que el flotador está en la superficie del agua y el factor de corrección solo es una aproximación.

En general escoja la mayor sección posible del arroyo que tenga orillas paralelas con un área de la sección transversal uniforme a lo largo de esta longitud. Una sección de fondo rocoso con obstáculos al flujo, como piedras grandes, llevara a resultados erróneos.

Medidores de corriente y correntómetros

También llamados molinetes, consisten en un mango con una hélice o copas conectadas al final. La hélice rota libremente y la velocidad de rotación está relacionada con la velocidad del agua. Un contador mecánico registra el número de revoluciones del propulsor que se ubica a la profundidad deseada. Otros aparatos más sofisticados utilizan impulsos eléctricos. Con estos medidores es posible tomar muchas lecturas en una corriente y calcular la velocidad media.

Los medidores de corriente son suministrados con una fórmula que relaciona la velocidad de rotación del instrumento con la velocidad de la corriente. Generalmente estos aparatos son usados para medir velocidades de 1.2 a 5 m/s con un error probable del 2 %.

Al igual que otros medidores de velocidad, el molinete debe ser sumergido bajo el agua. A menudo el fabricante coloca una marca en el mango del medidor para indicar la profundidad de los álabes.

Método de la sección de control y regla graduada

Es similar al método del vertedero. Se diferencia en que la característica física de la sección es utilizada para controlar la relación entre el tirante de agua y el caudal. El tirante de agua se refiere a la profundidad de esta en la sección. Una sección de control se ubica donde un cambio dado en el caudal se traduce en un cambio apreciable en el tirante de agua en la sección de control (Fig. 22). Deberá evitarse una sección de control ancha porque los cambios en el caudal resultarían en cambios pequeños en el tirante.

Si algún objeto obstruye la sección de control o la erosión hace que la pendiente cambie, entonces las lecturas siguientes no serán válidas. El medidor, típicamente un listón de madera graduado, deberá estar situado donde sea factible leerlo y no este expuesto a daños

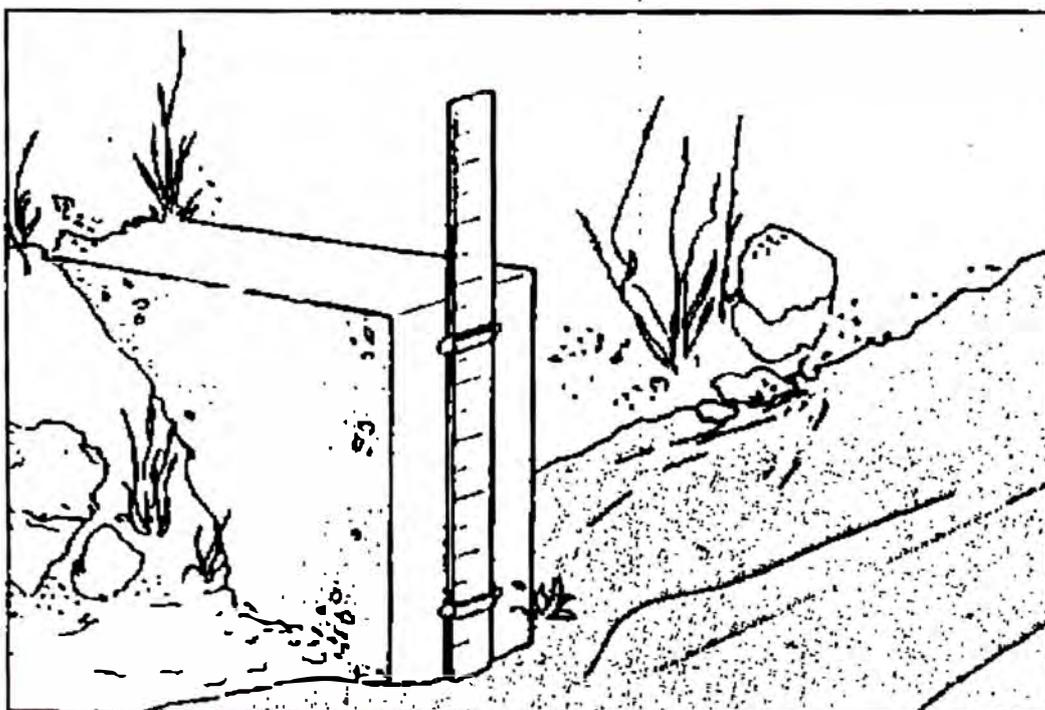


Fig. 22 Método de la Sección de Control y Regla Graduada

Nótese que este método es valido para comparar un caudal con otro, pero un caudal de referencia debe ser conocido y relacionado con la tabla graduada de modo de obtener una estimación cuantitativa del caudal.

Método del vertedero de pared delgada

Un vertedero es una estructura similar a un muro de baja altura ubicado a lo ancho de un río o canal. Un vertedero de medición de caudal tiene una muesca a través de la cual toda el agua de la corriente fluye. Los vertederos son generalmente estructuras temporales y son diseñados de modo que la descarga volumétrica pueda ser leída directamente o determinada por una simple lectura de la diferencia de altura entre el nivel de agua antes del vertedero y el vértice o cresta de este.

Para alcanzar mejores resultados hay que utilizar vertederos de pared delgada y además evitar que el sedimento se acumule tras ellos (Fig. 23). Estos vertederos se hacen de plancha de acero.

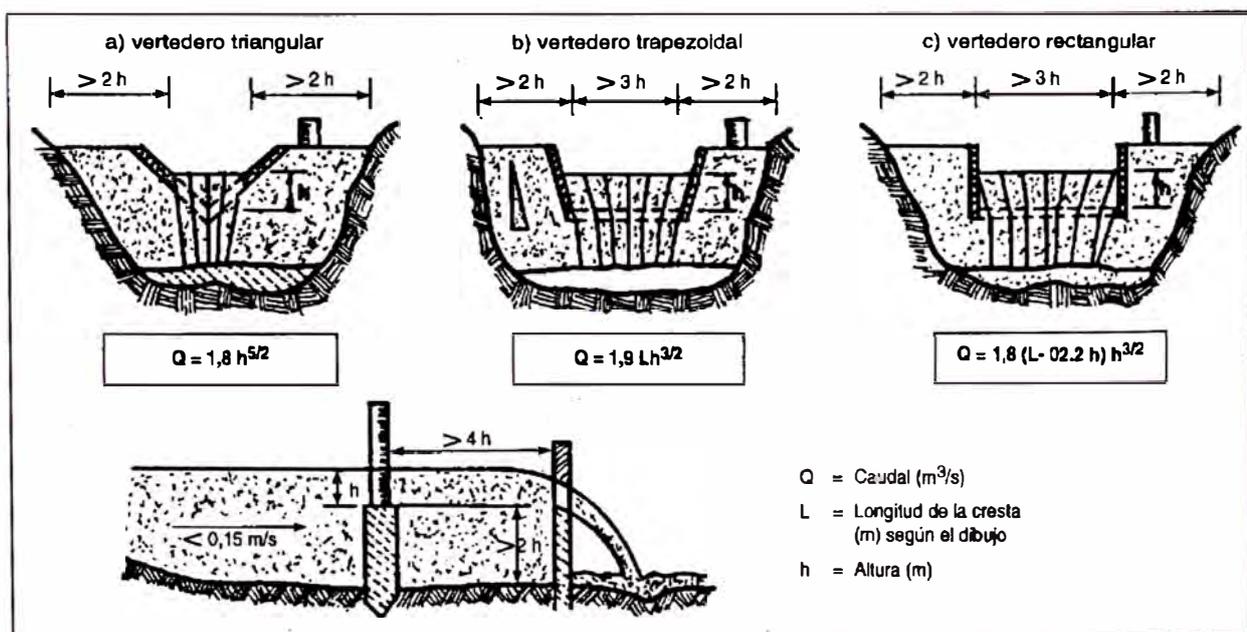


Fig. 23 Metodo del Vertedero

Hay tres tipos de vertedero de uso más frecuente (Fig. 24):

- Vertedero Triangular: que mide descargas pequeñas con mayor precisión que los otros tipos.
- Vertedero Trapezoidal: llamado Cipoletti. Este puede compensar las contracciones de los bordes con caudales reducidos lo cual introduce errores en los vertederos rectangulares. La fórmula para calcular la descarga se simplifica al eliminar el factor de corrección en los vertederos rectangulares.
- Vertedero Rectangular: que permite medir descargas mayores y su ancho puede ser cambiado para diferentes caudales

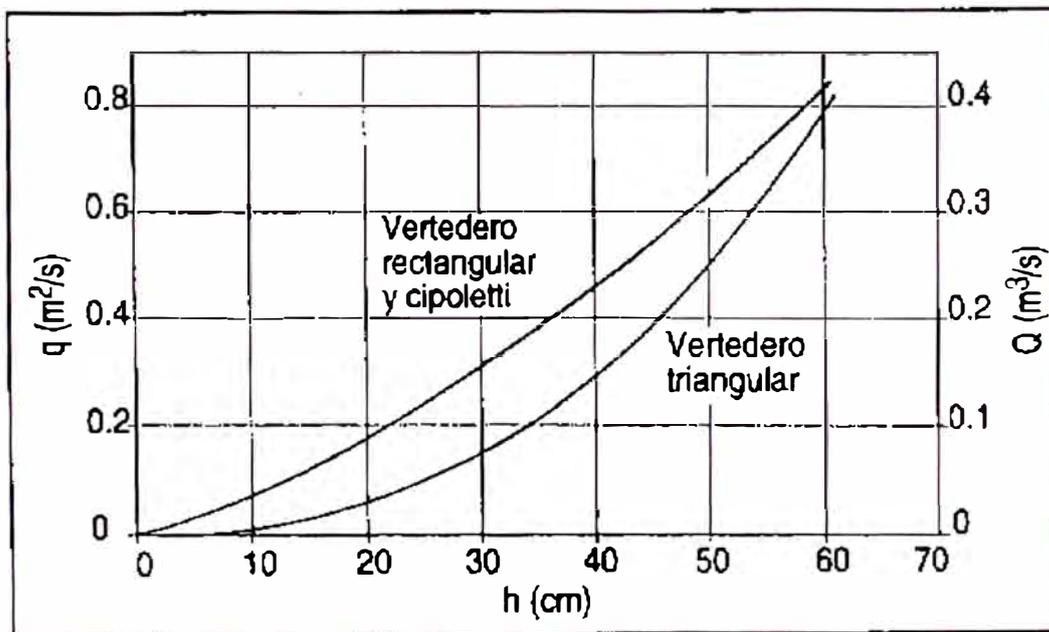


Fig. 24 Gráfico del caudal versus altura para los tres tipos de vertederos

Los vertederos pueden ser de madera o metal y están siempre orientados perpendicularmente al sentido de la corriente. Hay que ubicar el vertedero en un punto donde la corriente sea uniforme y este libre de remolinos. La distancia del

fondo del lecho del río y la cresta del vertedero aguas arriba, de este, deberá ser al menos dos veces la altura máxima a medirse (carga del vertedero). No debe haber ninguna obstrucción al paso del agua cerca del vertedero y los lados de este deben estar perfectamente sellados a fin de evitar fugas y goteos. Para ello puede emplearse una lámina plástica. La cresta del vertedero deberá ser lo suficientemente alta como para permitir que el agua caiga libremente dejando un espacio bajo el chorro.

Las crestas de vertederos trapezoidales y rectangulares deben estar a nivel. Los vertederos triangulares pueden usarse con un amplio rango de ángulos de vértice (el ángulo de 90° es el mas usado). Las ecuaciones para la mayoría de vertederos de pared delgada por lo general no son precisas para alturas muy pequeñas (menores de 5 cm.)

En comparación con otros el vertedero triangular puede medir un rango mayor de caudales. La cresta del vertedero debe ser lo suficientemente ancha para recibir la mayor descarga esperada. Por eso es necesario conocer los probables valores del caudal antes de seleccionar o diseñar un vertedero. Si se encuentran velocidades de corriente superiores a 0.15 m/s, será necesario corregir la cresta por el efecto de la velocidad de aproximación.

Cuando se construya un vertedero temporal simple, los problemas de sellado pueden ser solucionados pegando una lamina plástica que se pone corriente arriba del vertedero y se sujeta con arena y rocas.

Las desventajas del vertedero incluyen:

- Si la cresta es muy ancha o profunda la fórmula tiende a subestimar la descarga.
- Si la velocidad de aproximación es muy alta, la descarga es también subestimada.

Hidrología

La cantidad de agua que escurre en un río varía a lo largo del año. Esta variación del caudal obedece a múltiples factores entre los que destacan: el área de la cuenca, las condiciones climáticas existentes, la topografía del terreno y las características geológicas del terreno.

Las mediciones ocasionales del caudal son referencias importantes que deben tomarse en cuenta, pero por si solas no son suficientes para informarnos si el año será muy seco o muy lluvioso o a que niveles de caudal puede bajar el río en época de estiaje y hasta que niveles podría subir en tiempo de avenidas.

Un estudio hidrológico de la cuenca podría contestar estas preguntas y muchas otras debido a que la hidrología no es una ciencia exacta por lo general las respuestas se dan en forma probabilística de ocurrencia.

El Ciclo Hidrológico

El transporte de agua del mar a la atmósfera por efecto de la evaporación debido a la radiación solar; luego estas masas de vapor de agua son transportadas por acción de los vientos a tierra firme donde el agua se precipita en forma de lluvia o nieve (en zonas frías). Una vez en la tierra, parte del agua corre por los ríos y otra parte es absorbida por el terreno y se infiltra hasta los niveles inferiores a la napa freática. El agua en esta zona se mueve lentamente hacia acuíferos o el mar (Fig. 25).

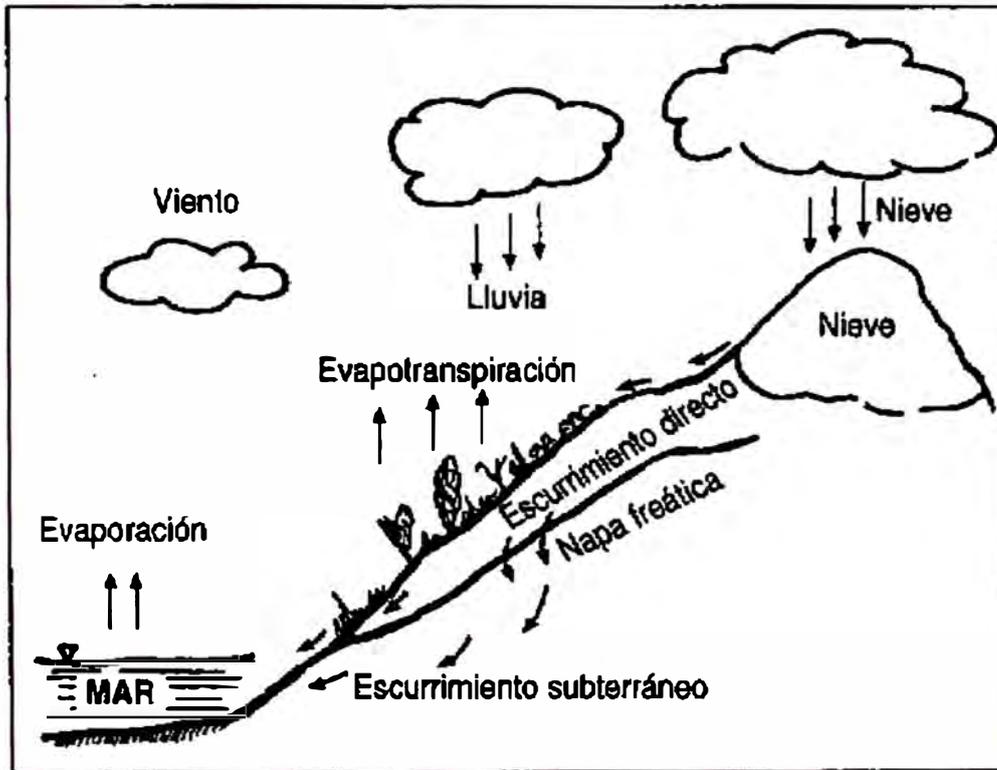


Fig. 25 Ciclo Hidrológico

El agua absorbida por el terreno también es absorbida por las plantas regresando en algunos casos a la atmósfera debido a la transpiración.

El agua de la superficie regresa en parte a la atmósfera por efectos de la evaporación.

La mayor parte del agua llega al mar por medio de los ríos, los cuales captan agua de las precipitaciones. El agua del subsuelo, que se mueve mas lentamente, llega una parte a los ríos y otra al mar completando el ciclo.

Análisis Estadístico de la Información Hidrométrica

El registro de la variación del caudal a lo largo del año se toma de las estaciones de aforo, las cuales están ubicados en los cauces de los principales ríos (Fig. 26).

En muchas de estas estaciones se tomas los datos en forma interdiaria. Un registro de aforos de varios años resulta de gran utilidad para poder predecir las variaciones estacionales del caudal.

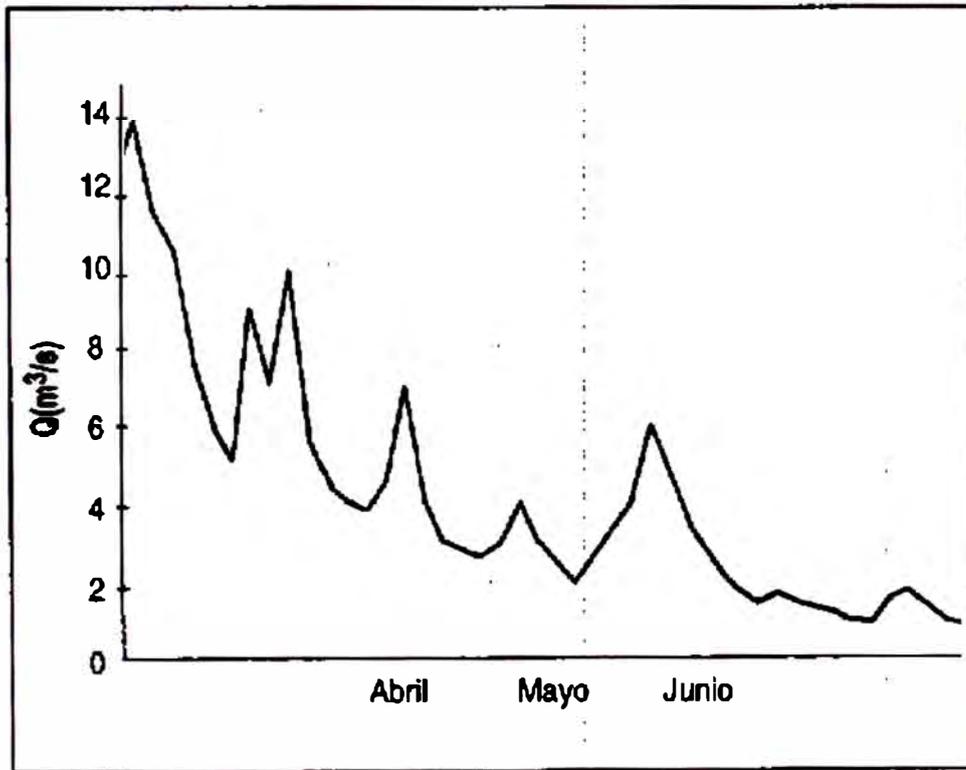


Fig. 26 Análisis Estadístico de la Información Hidrométrica

En caso de no contarse con esta información se puede realizar una estimación de los caudales sobre la base de información meteorológica en la cuenca tal como se explique en el siguiente cuadro (Fig. 27).

Día	Abril	Mayo Q (m^3/s)	Junio
1	12.0	7.0	3.0
3	14.0	4.0	2.3
5	11.5	3.0	1.8
7	10.3	2.8	1.4
9	7.7	2.6	1.8
11	6.0	3.0	1.5
13	5.0	4.0	1.3
15	9.0	3.0	1.2
17	7.0	2.4	1.0
19	10.0	2.0	1.0
21	5.5	2.6	1.5
23	4.5	3.4	1.9
25	4.0	4.0	1.4
27	3.8	6.0	1.0
29	4.4	4.6	0.9
31	—	3.3	—

Fig. 27 Datos de Caudales aforados

Este análisis consiste en elaborar primero tablas de frecuencias absolutas y relativas agrupando los datos en clases o rangos. La tabla de frecuencias relativas acumulativas representa en buena cuenta la curva de duración de caudales como veremos a continuación en la figura 28.

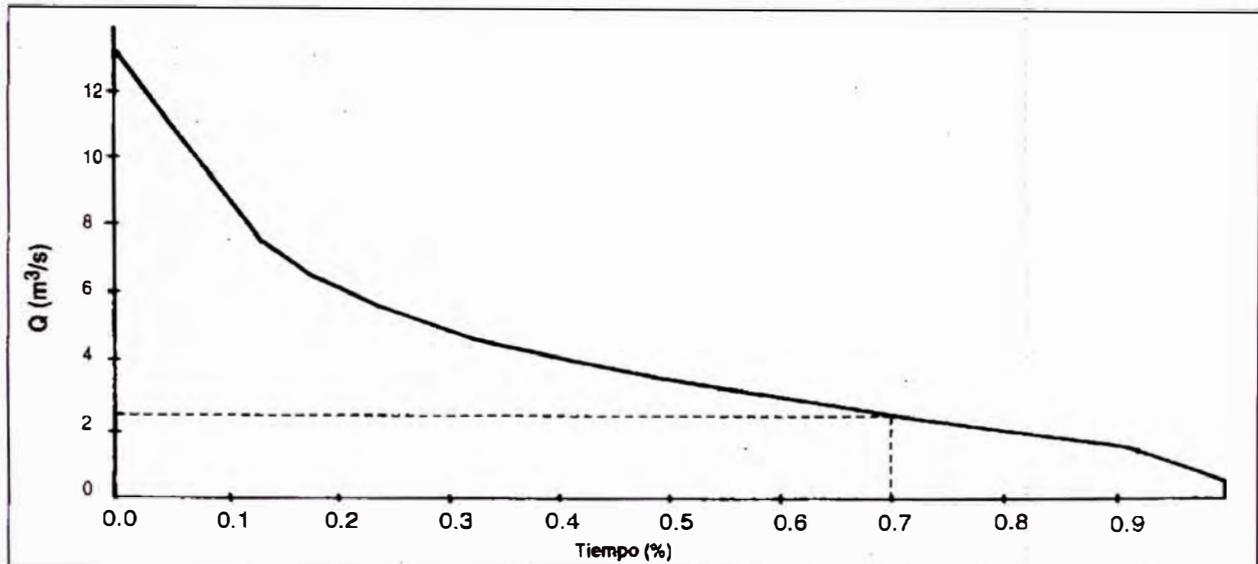


Fig. 28 Curva de Duración de caudales

Histograma de frecuencias de caudales

A fin de entender el proceso en la tabla de caudales aforados se dan los datos de aforos interdiarios de un determinado río tomado durante tres meses.

En la siguiente tabla (Fig. 29) se pueden observar el procesamiento estadístico de los datos. En la primera columna se encuentran los rangos de caudales; en la segunda la frecuencia absoluta de cada rango; en la tercera la frecuencia relativa en términos de porcentaje. En la primera columna los datos han sido ordenados de mayor a menos a fin de facilitar la interpretación de la curva de duración y la gráfica de la misma.

$(Q_i - Q_{i-1})$	F	fr (%)	Duración (%)
14 - 13	1	2.2	2.2
13 - 12	1	2.2	4.3
12 - 11	1	2.2	6.5
11 - 10	1	2.2	8.7
10 - 9	1	2.2	10.9
9 - 8	1	2.2	13.0
8 - 7	1	2.2	15.2
7 - 6	2	4.3	19.6
6 - 5	3	6.5	26.1
5 - 4	4	8.7	34.8
4 - 3	7	15.2	50.0
3 - 2	9	19.6	69.6
2 - 1	10	21.7	91.3
1 - 0	4	8.7	100.0

Fig. 29 Frecuencia absoluta, relativa y duración de caudales

Curva de Duración de caudales

Nos da la probabilidad como un porcentaje de tiempo de todo el periodo de aforos, en el cual el caudal es igual o menor al caudal correspondiente a dicho porcentaje de tiempo.

En términos prácticos, la frecuencia relativa acumulativa viene a ser la duración en términos de porcentaje.

Para calcular la frecuencia relativa para cada rango se divide el número de ocurrencias entre el número total de aforos:

$$Fr (\%) = (f / N) \times 100$$

El caudal medio se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_m = \sum Q_i \times fr / 100$$

Aunque lo mas relevante para el análisis hidrológico es la curva de duración, la curva de frecuencias relativas (Fig. 30), también tiene cierta importancia ya que nos permite visualizar a priori la mayor o menor concentración de datos (aforos para cada caudal o rango de caudales).

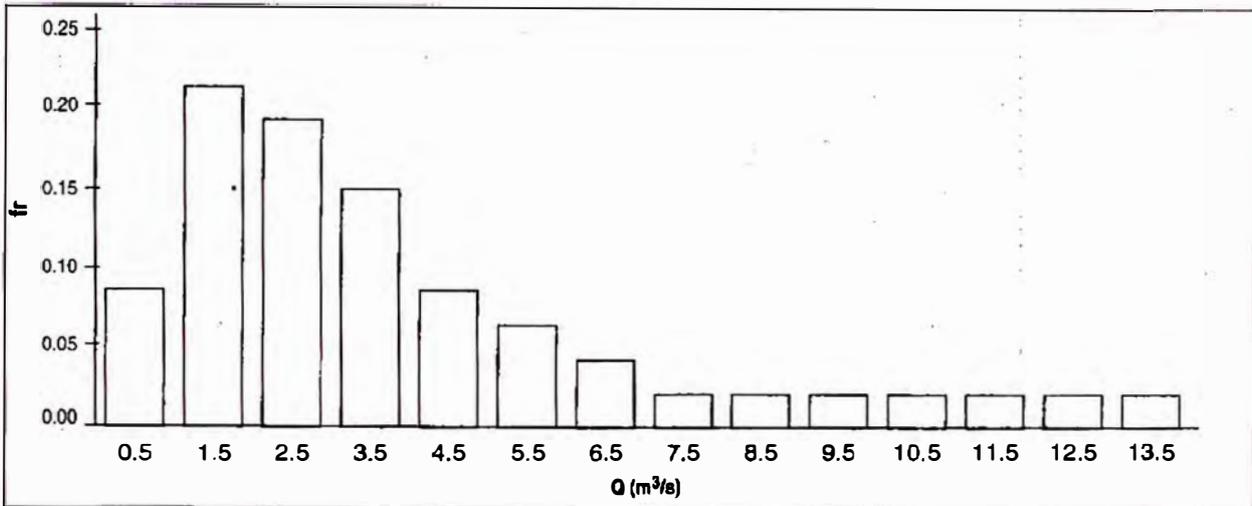


Fig. 30 Histograma de frecuencias Relativas

Una vez obtenida la curva de duración dependerá del proyectista decidir sobre el caudal de diseño. Evidentemente que si queremos que la central trabaje al 100 % de tiempo a plena carga el caudal de diseño será muy pequeño. Ahora si esto no es importante y queremos que trabaje un 70 % del tiempo a plena carga el caudal de diseño será mucho mayor.

Además del caudal de diseño hay que analizar el tipo de turbina que se utilizará.

En la siguiente tabla se apreciara las diferentes potencias posibles de obtener según diferentes valores de caudal de diseño y a la vez el periodo que el equipo esta funcionando a plena carga (duración).

Si multiplicamos potencia por duración obtendremos la energía total generada al año para los diferentes caudales de diseño:

$$\boxed{\text{Energía} = (\text{Pot} \times \text{Duración} \times 8760) / 100} \quad [\text{KW h} / \text{año}]$$

Curva de Duración de Potencias

En algunos casos, es importante conocer la cantidad de energía posible de generar utilizando uno u otro caudal de diseño; es decir saber cuantos KWh al año podría generar. Un caso típico podría ser por ejemplo si la red nacional asegura la compra de toda la energía producida. Esto significa que debemos de buscar un caudal tal que produzca un máximo de KWh al año sin importar si se produce en 6 u 8 meses. Incluso durante los meses restantes la central podría estar parada.

Para trazar la curva de duración de potencias (Fig. 31) hasta convertir el eje de ordenadas de la curva de duración en eje de potencias multiplicando por $\gamma \times H \times \eta$ puesto que la potencia es $P = \gamma \times Q \times H \times \eta$. Conservando los valores del eje de las ordenadas podemos graficar una curva de duración de potencias como la siguiente:

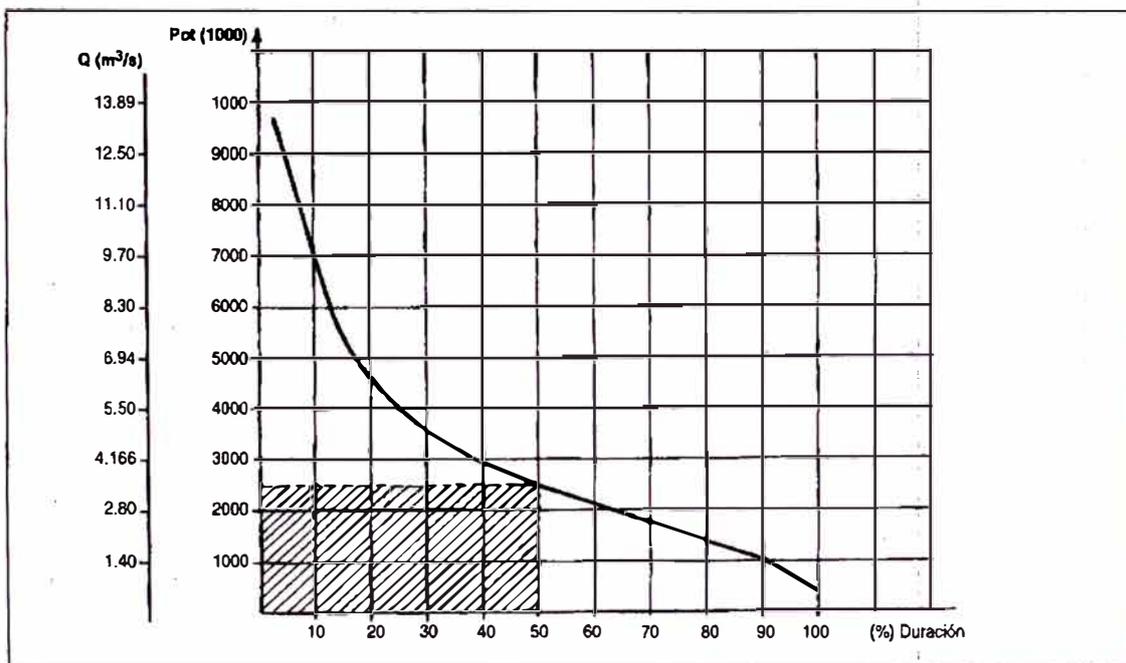


Fig. 31 Curva de Duración y de Potencias

Características de las Cuencas

Las características físicas de las cuencas tienen una influencia importante en el escurrimiento del agua.

Área de la Cuenca

El área de cuenca es un dato muy importante en todo estudio de hidrología. Una cuenca de gran área tendrá una tendencia menor a tener picos pronunciados en los caudales de avenida que una cuenca pequeña. Además, en una cuenca de mayor área los valores del escurrimiento mínimo en el año serán mayores que en pequeñas cuencas debido a una mayor cantidad de acuíferos subterráneos y a la menor influencia de lluvias locales. El área de la cuenca se puede calcular utilizando mapas topográficos que muestren curvas de nivel.

Debe tomarse en cuenta que los límites topográficos trazados en el mapa son solo hipotéticos, ya que debido a características geológicas del subsuelo puede ocurrir que parte del agua subterránea de una cuenca se filtre hacia otra adyacente (Fig. 32) contribuyendo a aumentar el escurrimiento de esta última.

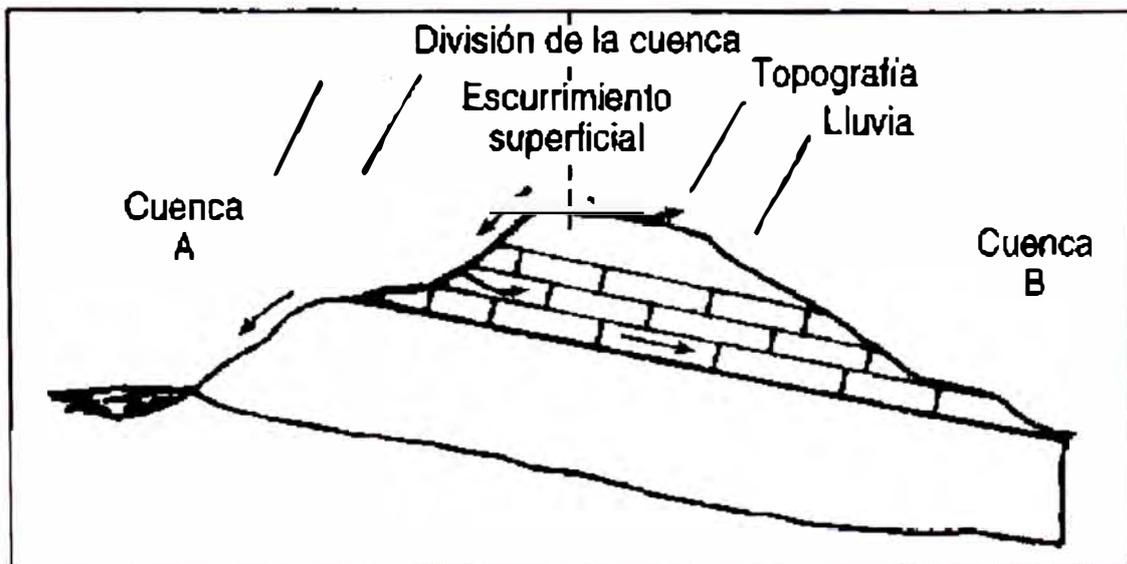


Fig. 32 Influencia de las características geológicas del subsuelo en el escurrimiento

Forma de la Cuenca

La forma de la cuenca influirá también en el escurrimiento. Se muestra a continuación tres formas de cuenca, considerando similares condiciones climáticas e igual área. Luego de las lluvias intensas la cuenca Fig. 33 (b) tendrá mayor tendencia a un rápido aumento de los caudales que las cuencas Fig. 33 (a) y (c). De igual modo, la disminución del caudal. De igual modo la disminución en el caudal de la cuenca Fig. 33 (b) será mas rápida que en las otras dos.

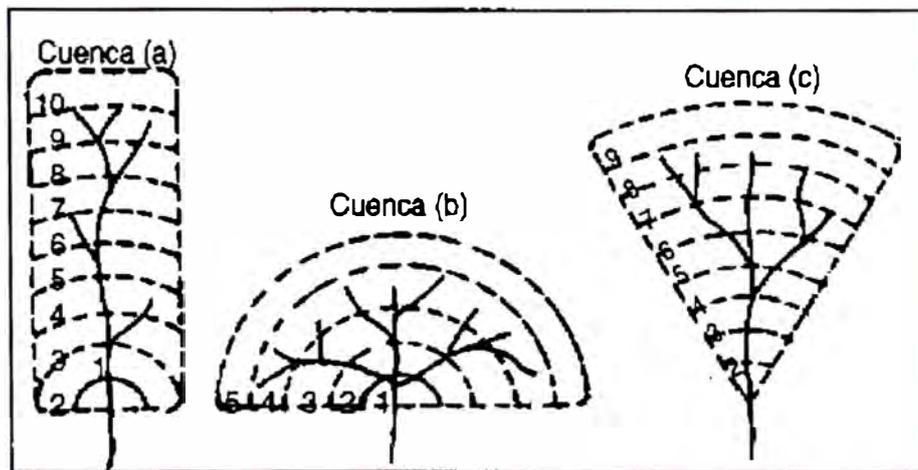


Fig. 33 Influencia de la forma de la cuenca

Pendiente de la Cuenca

Una cuenca con mayor pendiente hará que el escurrimiento del agua sea mas rápido causando caudales de avenida mas pronunciados.

Lagos y Reservorios

La presencia de lagos y reservorios hace que el escurrimiento del agua en la cuenca sea mas uniforme; evita que el caudal del río baje excesivamente en épocas de estiaje y de modo inverso, impide los grandes caudales de avenida durante las temporadas de lluvias.

Información Meteorológica

La hidrología de una cuenca depende en primer lugar de las condiciones climáticas. Entre estas destacan precipitación, humedad, temperatura ambiental, radiación solar y velocidad del viento. Todas afectan de una u otra manera la evaporación y la transpiración de las plantas.

3.2 Recurso de Energía Solar

La denominación “*Fotovoltaica*” engloba al grupo de tecnologías que permiten la conversión directa de la luz solar en energía eléctrica mediante un dispositivo electrónico llamado *Célula Solar*.

La historia de la energía solar fotovoltaica no se extiende muchos siglos atrás. Aunque parezca extraño en la primera mitad del siglo XIX cuando un físico francés Edmund Bequerel, descubre el efecto fotovoltaico. Sin embargo como ocurre en la mayoría de los avances de la ciencia, la tecnología disponible en aquella época no permite que se diseñe una célula solar.

Después de este descubrimiento se suceden una serie de hechos históricos que han permitido el desarrollo de los conocimientos y la tecnología asociada con la energía fotovoltaica, estos hechos son los siguientes:

- En 1883 se descubre que la tensión entre electrodos inmersos en un electrolito depende de la luz solar.
- En 1902 interpretación teórica por A. Einstein con base a la hipótesis de la teoría cuántica de Plank.
- En 1941 se desarrolla con selenio el primer dispositivo que puede ser llamado célula solar, su eficiencia alcanza tan solo el 1 %.

- En 1954 los investigadores Chapin, Fuller, y Pearson desarrollan la primera célula solar capaz de convertir con eficiencia la energía solar en energía eléctrica.
- En 1955 la compañía norteamericana Western Electric comercializa por primera vez, células solares.
- En 1958 debido a que la tecnología fotovoltaica se encontraba muy ligada a la carrera espacial, es en este año cuando se lanza al espacio el Vanguard I, el primer satélite que dispone de un modulo solar fotovoltaico para alimentar a un transmisor de 5 mW. A partir de este momento los aparatos espaciales incorporan células solares en su tecnología.

A partir de la década de los 60 se comienza a desarrollar y a investigar masivamente la tecnología asociada a la energía fotovoltaica. En 1986 se realiza una propuesta para emplazar paneles solares en orbitas y transmitir la energía a receptores terrestres en frecuencias de microondas. En los años sucesivos se realizan los primeros desarrollados terrestres y es en la década de los 80 cuando se investiga en nuevas aplicaciones.

En los últimos años se han hecho muchos estudios para cuantificar aspectos ligados a la generación de energía. Los siguientes cuadros muestran un estudio comparativo entre cinco tecnologías de producción de electricidad: una fotovoltaica, otra nuclear y tres de combustión de carbón. Los aspectos estudiados han sido:

- Emisión de dióxido de carbono
- Emisión de oxido de azufre
- Superficie de tierra ocupada para generar electricidad
- Consumo de agua para esta generación

Las cifras que acompañan a los cuadros de las figuras 34, 35, 36 y 37 son bastante significativas de la situación en la que nos encontramos y ponen de manifiesto lo siguiente:

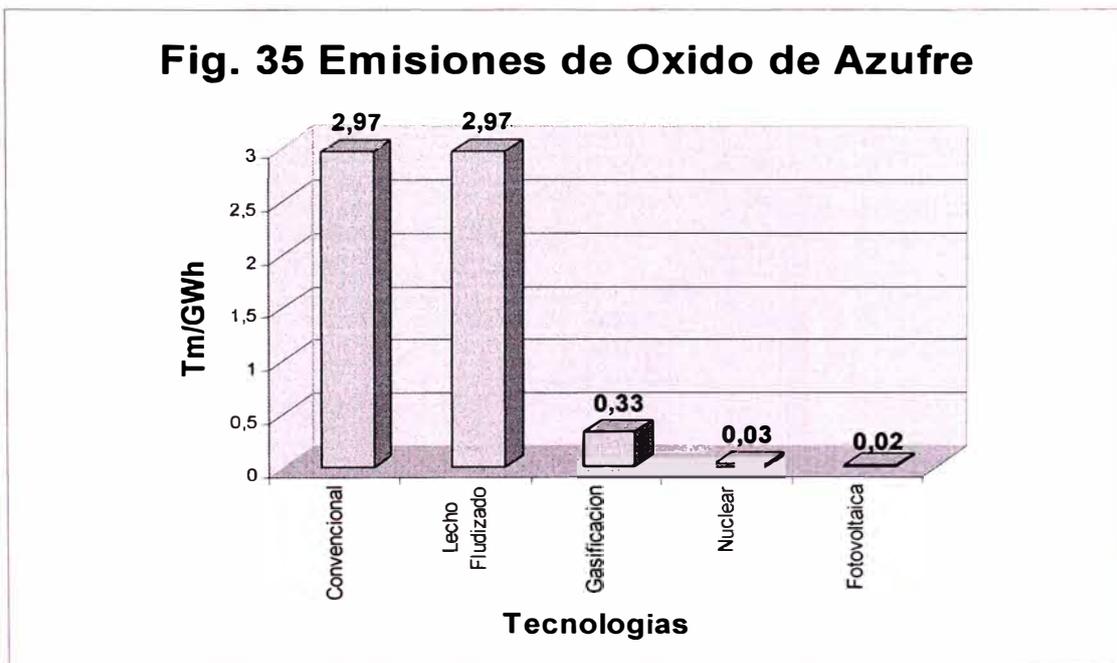
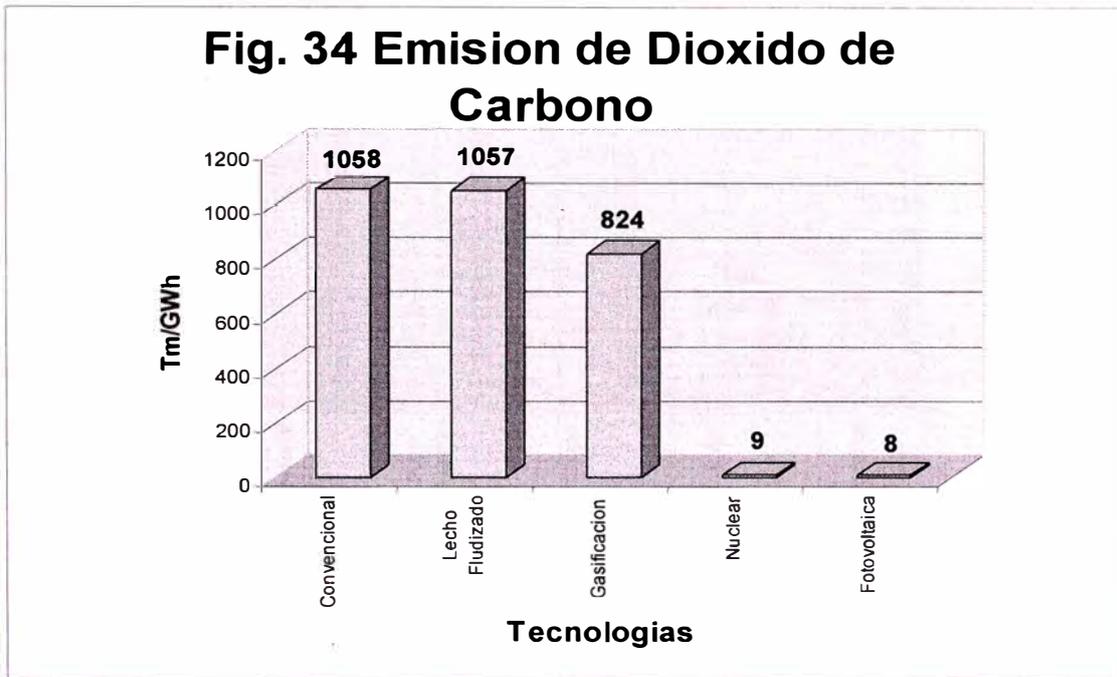


Fig. 36 Superficie de area ocupada para generar Electricidad

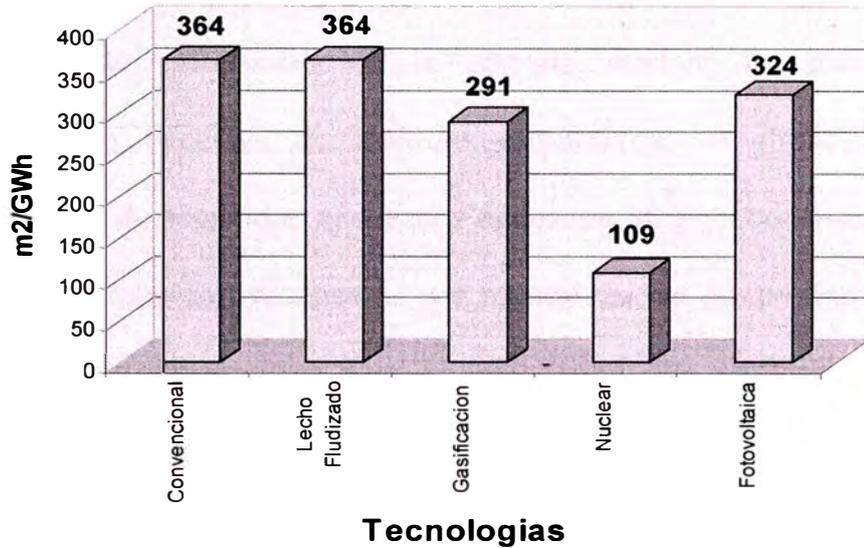
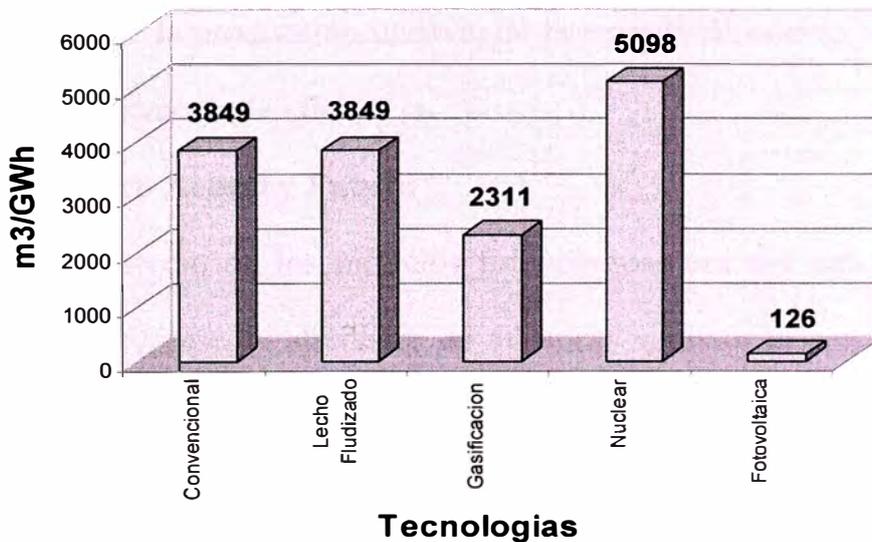


Fig. 37 Consumo de agua para generar Electricidad



- La combustión del carbón, ya sea con una u otra tecnología, esta sumamente ligada al efecto invernadero. Las nuevas tecnologías de combustión limpia solo constituyen una respuesta al problema de la lluvia ácida, pero no restringen las emisiones de dióxido de carbono.
- La creciente utilización de la energía nuclear ha traído consigo la acumulación excesiva de residuos radiactivos, su almacenaje no aporta condiciones de seguridad absoluta y necesitan un gran consumo de agua.
- La energía solar fotovoltaica es por naturaleza, no contaminante, no requiere agua aunque si superficie para su instalación. Sin embargo, esto último no entraña ningún problema.

Por ultimo, hay que hacer un breve comentario sobre la rentabilidad de la utilización masiva de este tipo de energía.

Según los recientes estudios se puede afirmar que el tiempo que un generador fotovoltaico tarda en devolver la energía que ha sido necesaria para su construcción esta entre los 3 y 6 años y prevén que esta cifra se reduzca en los próximos años como consecuencia de la producción masiva, de la entrada de nuevas tecnologías de fabricación y del aumento de la eficiencia.

Mercado Fotovoltaico Actual y Futuro

En su comienzo el precio de los módulos fotovoltaicos era del orden de 50 \$/W fotovoltaico, lo que representa alrededor de 50 veces superior el correspondiente a las tecnologías convencionales. En 1994 el coste se situó alrededor de 5 \$/W fotovoltaico, debido a que los niveles de demanda en este campo no son todavía, lo suficientemente importantes, ya que el mercado se sitúa en aplicaciones de escasa comercialización como relojes, juguetes, redes eléctricas y sistemas de

comunicaciones en lugares aislados, deprimidos o países pobres, etc., las inversiones en tecnología no crecen de forma que puedan abaratare los costos de una forma significativa. Para conseguir que aumente la demanda y como consecuencia se abaraten los precios de la tecnología se buscan nuevas aplicaciones que van creciendo día a día. Parece que el mercado se orienta hacia aplicaciones como bombeo de agua y electrificaciones de lugares aislados, puesto que es en este sector donde la tecnología fotovoltaica presenta la mejor solución en términos económicos. La evolución por sectores del mercado fotovoltaico mundial en los últimos años expresados en millones de vatios fotovoltaicos se representa en la siguiente Tabla N° 2.

Sector	1984	1989	1995
Telecomunicaciones	4	9	15
Bombeo	0.4	1	10
Lugares aislados	3	10	35
Conexiones a Red	6	0.5	16

Tabla N° 2 Evolución del Mercado Fotovoltaico

Los avances tecnológicos han hecho que la eficiencia de las células solares mejore considerablemente. Las eficiencias para células de laboratorio han crecido desde 15.5% en 1974 hasta 35% en 1995 y para células industriales se ha pasado desde el 9% hasta el 20%.

Todo este panorama energético visto hasta el momento sitúa a la energía solar fotovoltaica en un lugar de privilegio frente al resto de las fuentes de energía. Sin embargo no todo son puntos a su favor. Para poner de manifiesto esto nos vale las siguientes cifras:

- Para que la energía solar fotovoltaica presente una cuota de participación significativa por ejemplo el 2%, la potencia fotovoltaica instalada en el mundo tendría que incrementar su participación en un factor del orden de 2000.
- Aun en el caso hipotético de que la energía generada por todas las fuentes de electricidad permaneciese constante, la potencia fotovoltaica instalada tendría que crecer a un ritmo al 150% anual durante un periodo de unos 10 años.

La siguiente Tabla N° 3 pone de manifiesto los posibles escenarios de producción fotovoltaica, expresado en millones de vatios fotovoltaicos por año, para los años 2000 y 2015 diferenciando entre países desarrollados o ricos y países en vías de desarrollo o pobres.

Sector	Año 2000		Año 2015	
	P. Ricos	P. Pobres	P. Ricos	P. Pobres
Telecomunicaciones	15	10	15	60
Bombeo	--	25	--	100
Lugares Aislados	--	60	--	500
Conexiones a Red	40	20	1000	600

Tabla N° 3 Posibles escenarios para la Producción fotovoltaica

Nociones Generales de la Célula Solar

Estructura de la Célula Solar

La célula solar es el dispositivo fotovoltaico más importante para la conversión directa de energía solar en energía eléctrica. Este fenómeno de conversión de las radiaciones solares en energía eléctrica es conocido como *efecto fotovoltaico*.

El efecto fotovoltaico se produce cuando la luz solar incide sobre materiales semiconductores, los fotones que constituyen la luz solar transmiten su energía a los electrones de valencia de los átomos que conforman la estructura del material semiconductor y de este modo pueden romper su ligazón con los átomos respectivos. El movimiento de estos electrones genera una corriente eléctrica en el semiconductor capaz de circular por el circuito externo al que está conectado (Fig. 38).

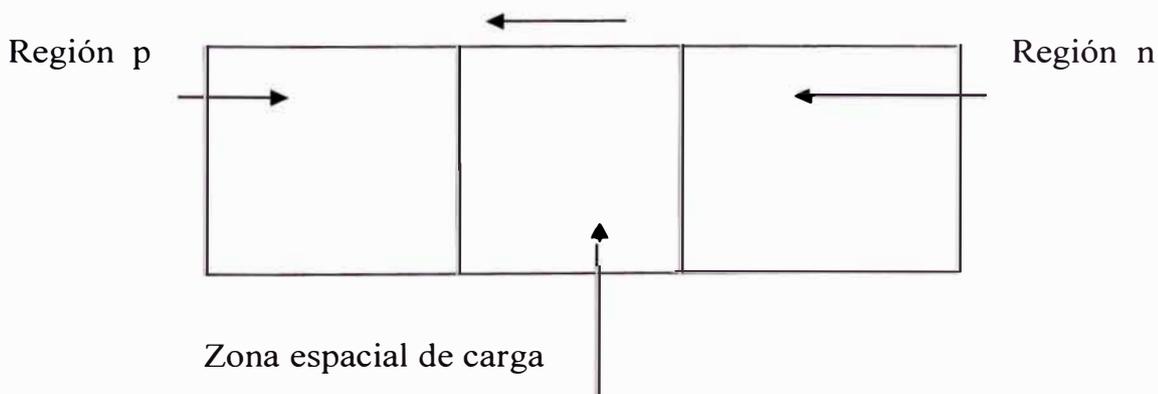


Fig. 38 Estructura de la unión pn

La estructura básica de una célula solar consta de una unión de dos cristales semiconductores dopados con características opuestas, es decir una región tipo n (que es un material con una gran concentración de electrones) y una región tipo p (que consiste en un material con una falta de electrones o con una concentración alta de huecos). Estas diferencias de concentraciones existen en las dos zonas, al poner en unión las dos regiones crean en la región denominada *zona espacial de carga* un

campo eléctrico E , orientado de la región n a la región p , que consigue mantener en equilibrio en el movimiento de cargas eléctricas. Este campo evita que haya un flujo de portadores de un lado a otro de la unión con lo que la corriente es nula. El conjunto de estas dos regiones se denomina *unión pn*.

A modo de ejemplo una unión pn podría realizarse del siguiente modo, utilizando como material base con el que se va a realizar la estructura de célula solar un cristal de silicio (el silicio tiene 4 electrones de valencia), una parte de este se doparía con átomos de boro (que tiene 3 electrones de valencia) con lo que esa zona quedaría falta de electrones o lo que es lo mismo, con una concentración elevada de huecos y se habría creado la *región p*, a la otra parte del semiconductor se le añadirían átomos de fósforo (que tiene 5 electrones de valencia) con lo que esta zona quedaría con una alta concentración de electrones es decir se habría creado la *región n*.

Las células más difundidas son las de silicio y en la práctica la unión se realiza introduciendo una capa de fósforo en una oblea de silicio que previamente ha sido impurificada totalmente con boro. La unión conseguida suele ser muy superficial y la anchura de la capa n difundida es del orden de 0.2 a 0.5 μm .

Principios de Funcionamiento de la Célula Solar

Una vez obtenida una unión pn puede conectarse esta a un circuito eléctrico y observar su funcionamiento. Si se dispone de una célula solar, conectada a una carga externa, al incidir sobre aquella los fotones de la luz solar (Fig. 39), estos transmiten su energía de modo que puedan generarse portadores. Los portadores al circular por el circuito externo crean una diferencia de potencial en la carga y generan una corriente eléctrica que sale al exterior por el terminal positivo y vuelve a la célula por el negativo.

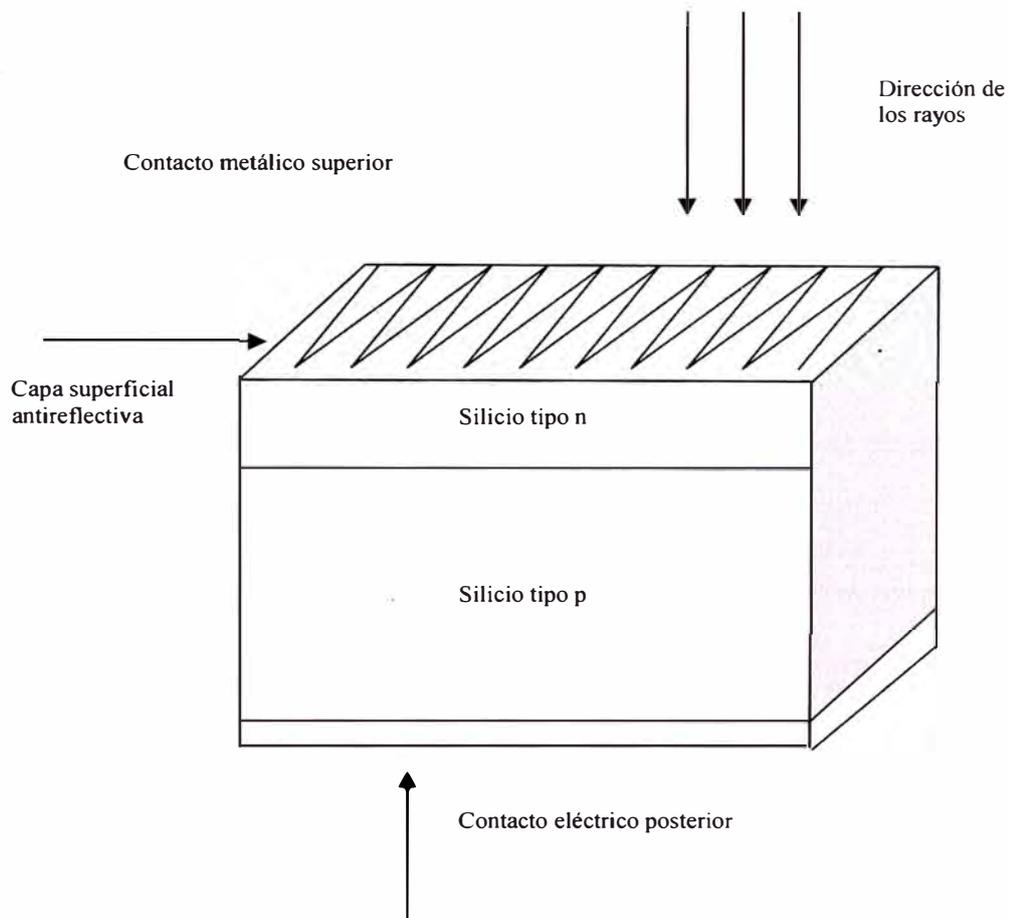


Fig. 39 Estructura práctica de una célula convencional

Para simplificar los procesos que se originan en la célula podrían resumirse en los siguientes:

- Los fotones que inciden sobre la célula con energía superior al ancho de banda prohibida generan pares electrón hueco que pueden actuar como portadores de corriente.

- La diferencia de potencial interna de la unión pn es la causante de la separación de los portadores antes de que estos puedan recombinarse y por tanto de la circulación de corriente por la carga exterior.
- La presencia de un voltaje externo produce fenómenos de recombinación de portadores que se traducen en pérdidas por ser una corriente que circula en sentido contrario a la generada por la iluminación (Fig. 40).

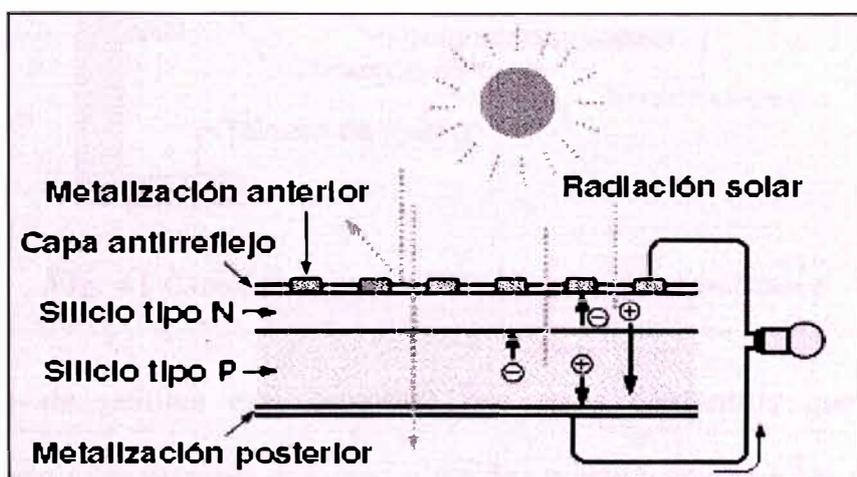


Fig. 40 Flujo de Electrones de Célula Fotovoltaica

Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

Un panel fotovoltaico está formado por un conjunto de células solares conectadas eléctricamente entre sí en serie y paralelo hasta conseguir el voltaje adecuado para su utilización.

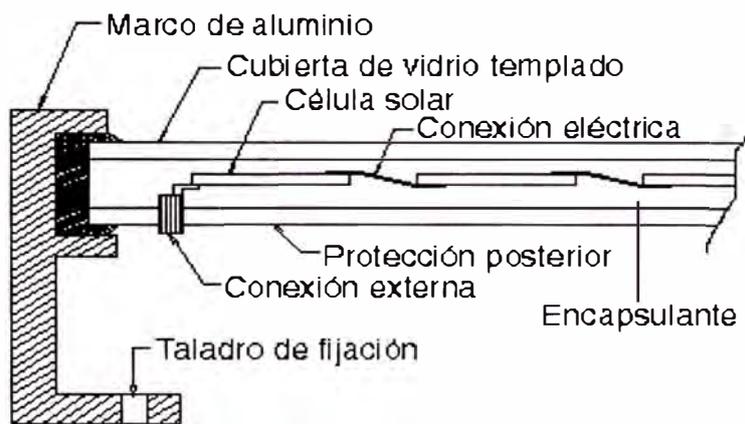


Fig. 41 Corte transversal de un panel fotovoltaico

Este conjunto de células está envuelto por unos elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que los soportan.

Los elementos son los siguientes (Fig. 41):

Encapsulante, constituido por un material que debe presentar una buena transmisión a la radiación y una degradabilidad baja a la acción de los rayos solares.

Cubierta exterior de vidrio templado, que aparte de facilitar al máximo la transmisión luminosa, debe resistir las condiciones climatológicas más adversas y soportar cambios bruscos de temperatura.

Cubierta posterior, constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre los intersticios de las células, haciendo que vuelvan a incidir otra vez sobre estas.

Marco de metal, normalmente de aluminio, que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto, y que lleva los elementos necesarios (generalmente taladros) para el montaje del panel sobre la estructura soporte.

Caja de terminales: incorpora los bornes para la conexión del módulo.

Diodo de protección: impiden daños por sombras parciales en la superficie del panel.

Los paneles fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas de silicio monocristalino o policristalino. La diferencia entre una y otra radica en el procedimiento de fabricación. Las células de silicio monocristalino se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Una vez que el material se encuentra en estado líquido se le introduce una varilla con un "cristal germen" de silicio, que se va haciendo recrecer con nuevos átomos procedentes del líquido, que quedan ordenados siguiendo la estructura del cristal. De esta forma se obtiene una monocristal dopado, que luego se corta en obleas de aproximadamente 3 décimas de milímetro de grosor.

Estas obleas se introducen después en hornos especiales, dentro de los cuales se difunden átomos de fósforo que se depositan sobre una cara y alcanzan una cierta profundidad en su superficie. Posteriormente, y antes de realizar la serigrafía para las interconexiones superficiales, se recubren con un tratamiento antireflexivo de bióxido de titanio o zirconio.

En las células policristalinas, en lugar de partir de un monocristal, se deja solidificar lentamente sobre un molde la pasta de silicio, con lo cual se obtiene un sólido

formado por muchos pequeños cristales de silicio, que pueden cortarse luego en finas obleas policristalinas.

Principios de radiación Solar

La radiación proveniente del sol es la principal fuente de energía en el sistema tierra –atmósfera- océano, de ahí su importancia sobre la vida orgánica sobre nuestro planeta.

La radiación solar puede ser definida como la energía emitida por el sol, que se propaga en todas direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Estas ondas conforman el llamado espectro que está compuesto por rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio.

La radiación solar que llega a la parte superior de la atmósfera sufre, en su trayectoria hacia la tierra diferentes procesos de atenuación y sobre la superficie terrestre se clasifica o tiene los siguientes componentes:

- Radiación Directa
- Radiación Difusa
- Radiación Global
- Radiación Reflejada

La radiación solar incidente o global es aquella radiación procedente del sol que incide sobre la superficie terrestre (directa y difusa). La radiación directa es la que llega a la superficie de la tierra en forma de rayos provenientes del sol sin cambios de dirección. Mientras que la difusa proviene de otras direcciones (distintas a la del

disco solar) debido a la reflexión y dispersión que producen en la radiación solar la atmósfera y las nubes.

Las cantidades de radiación incidente se expresan generalmente en términos de irradiancia o irradiación. La irradiación no es sino la energía que en forma de radiación se integra o totaliza durante cierto tiempo en una superficie o zona. Sus unidades son J/m^2 o cal/cm^2 (llamado Langley: Ly) o KWh/m^2 . Mientras que irradiancia se define como la potencia de la radiación o energía instantánea que se emite o incide en cierta superficie o zona, sus unidades son W/m^2 .

Evaluación de la Energía Solar en el Perú

El planeamiento de la utilización de la energía solar es uno de los importantes usos de los datos de radiación y en la actualidad se ha incrementado el interés por conocer la disponibilidad de este recurso a nivel nacional con el fin de que sirva de base para la aplicación de tecnologías que utilizan la energía solar como fuente de energía.

El planeamiento comprende la estimación del rendimiento futuro del equipo solar, lo que comúnmente se conoce como evaluación del recurso. En su forma más simple, ello comprendería la estimación de la radiación global horizontal anual y mensual sobre una región particular y decidir por ejemplo, si sobre esa base es viable el servicio de calentamiento de agua doméstica. En tal sentido una buena solución y herramienta para esto se ha convertido el Atlas de Energía Solar del Perú que representa una urgente respuesta a la necesidad por impulsar el uso masivo de la energía solar proporcionando la información necesaria sobre la posibilidad así como de la distribución de este recurso en nuestro territorio.

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS

1.-SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS

Los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFA) son un conjunto de elementos interconectados entre sí con el fin de proporcionar energía eléctrica a una determinada carga/s, entendiéndose como cargas los elementos de iluminación, equipos de telecomunicación, frigoríficos, etc.

Suelen tener los siguientes elementos (aunque esto será visto con más detalle en el siguiente punto): generador, acumulador y carga.

Los SFA son diseñados con el fin de proporcionar la energía eléctrica a las cargas que la necesitan. Y esta es una de las primeras limitaciones que existen en el diseño de SFA, ya que es difícil calcular el consumo energético de cada una de las cargas. Uno de los métodos seguidos es averiguar el valor de la potencia de cada una de las cargas que compondrán el SFA y multiplicarlo por el número de horas de funcionamiento al día (suponiendo el consumo de energía constante a lo largo del tiempo para cada una de las cargas) aunque este método también da lugar a la incertidumbre ya que es difícil determinar el número de horas que cada carga pueda funcionar y éste número de horas variará según las épocas del año,

En los SFA dado el precio, algo más elevado, del Kwh. fotovoltaico que el obtenido de la red eléctrica convencional, es necesario una optimización del consumo energético de las cargas, como ejemplo se debe considerar que en ningún SFA deberían utilizarse luminarias incandescentes ya que son más eficiente los tubos fosforescentes que presentan una relación entre lúmenes/vatio consumido más óptima para estos sistemas.

Los poseedores de SFA deben de estar concientizados de que el consumo energético que realicen será el que su reserva energética les permita, a diferencia de los consumidores de energía eléctrica de la red que podrán consumir la energía eléctrica que ellos puedan pagar.

Otra consideración en el diseño de estos sistemas tener conocimiento del principal 'input' de los Sistemas Fotovoltaicos, es decir la Radiación Solar. Este dato puede ser obtenido de un instituto de meteorología.

Otro elemento a tener en cuenta en el diseño es el dimensionamiento de los acumuladores de energía.

2.- ELEMENTOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO (SFA).

Aquí se presentan los dos tipos de esquemas de sistemas fotovoltaicos autónomos según sea el carácter de las cargas:

Este esquema (Fig. 42 y 43) es utilizado cuando las cargas necesitan corriente continua: Iluminación, equipos de **corriente continua**, frigoríficos especiales etc.

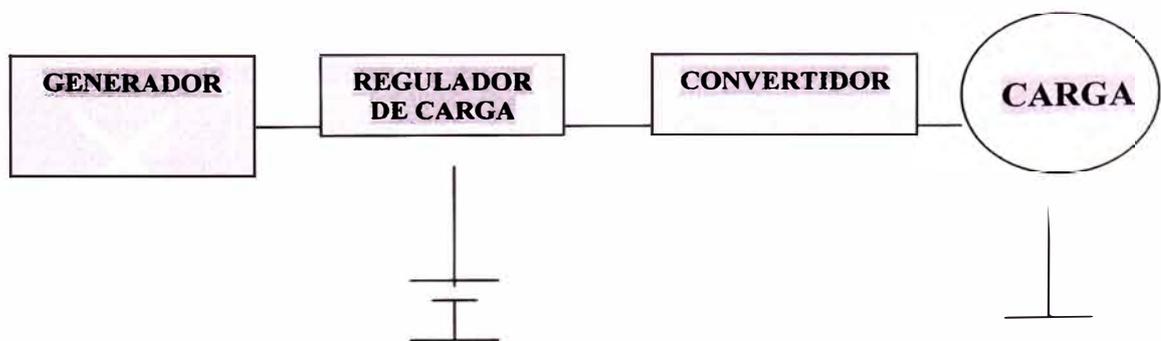


Fig. 42 Esquema de Generación a Corriente continua

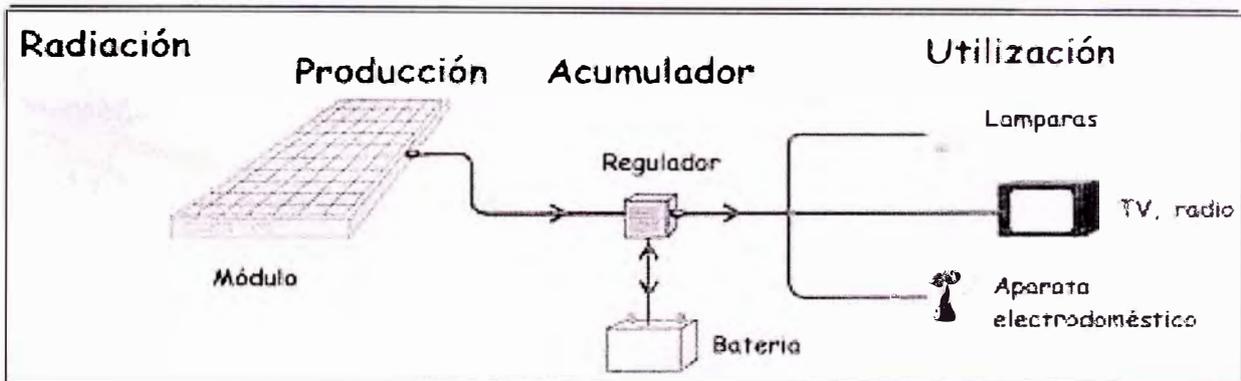


Fig. 43 Disposición de Equipos a Corriente Continua

El siguiente esquema se utiliza cuando las cargas necesitan **corriente alterna** (Fig. 44 y 45), tales como motores en bombeo, electrodomésticos en general, etc.

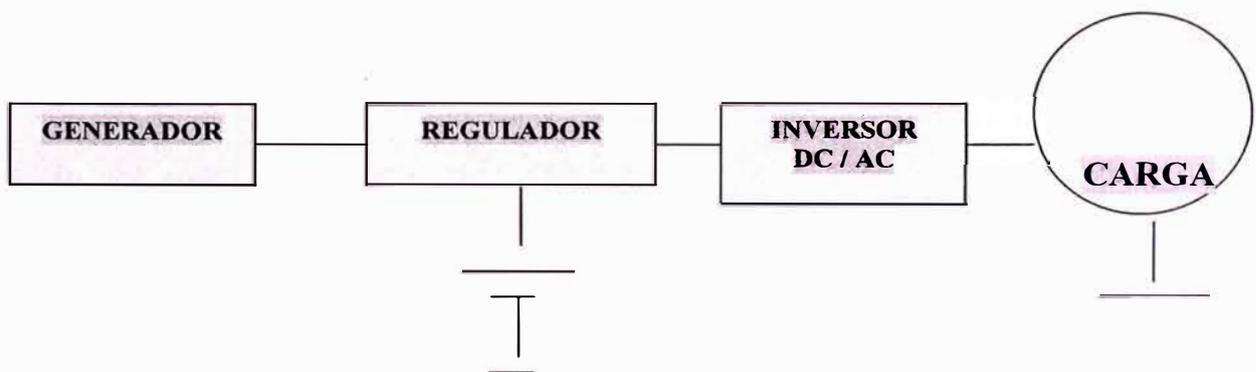


Fig. 44 Esquema de Generación a Corriente Alterna

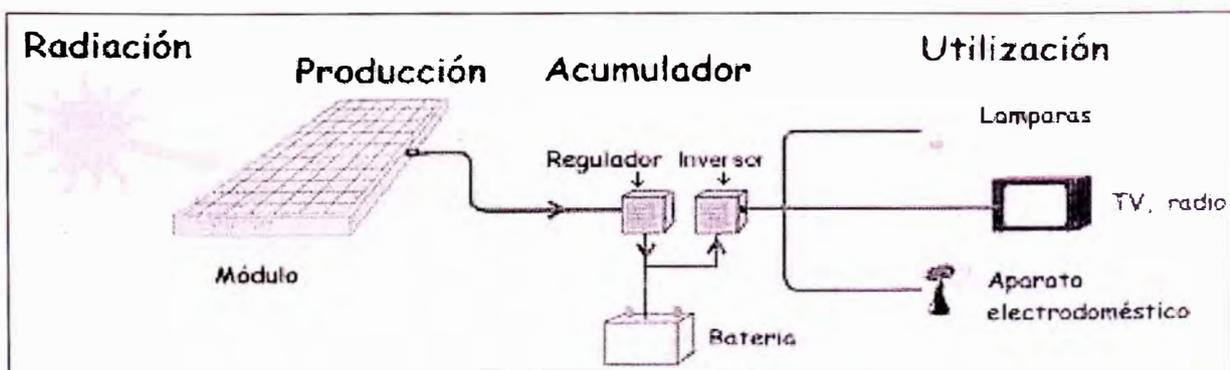


Fig. 45 Disposición de Equipos a Corriente Alterna

Los elementos principales de estos sistemas son los siguientes:

* **Generador Fotovoltaico:** Que nos producirá la energía eléctrica a partir de la Radiación Solar incidente en el.

* **Elementos acumuladores de energía:** tales como baterías, pilas, etc.

El sentido de la introducción de las baterías en los SFA está en la adaptación de los diferentes ritmos de producción y demanda de energía eléctrica, almacenando energía en los momentos en los que la producción es mayor que la demanda y cediendo energía en los momentos en que ocurre la situación contraria.

Hay cuatro tipos de baterías en los Sistemas Fotovoltaicos:

- 1.- Níquel-Cadmio
- 2.- Plomo-ácido.
- 3.- Níquel-hierro.
- 4.- Sodio-Sulfuro.

La capacidad de una batería viene medida en Amperios por hora (Ah) que es la cantidad de corriente de descarga disponible durante un tiempo determinado. Pero esta capacidad es válida solamente para una temperatura específica y profundidad de descarga.

Las baterías más usadas son las de Plomo-Ácido, Estas baterías deben estar diseñadas para suministrar una gran corriente durante un periodo de tiempo corto. Suelen tener una vida útil de unos 4-5 años, y esta está estrechamente ligada con la profundidad de descarga a la cual se ve sometida es decir a cuanta energía sobre su capacidad nominal se le "pide" sobre su capacidad nominal, en cada ciclo de carga y

descarga. En las baterías de Plomo-Ácido, la vida útil será mayor cuanto menor sea la descarga de estas baterías en cada ciclo de carga-descarga.

* **Regulador de carga:** Sumisión es preservar la vida de las baterías para evitar situaciones de sobrecarga y sobre descarga a fin de alargar la vida de estas.

Por lo tanto controlará los procesos de carga y descarga de la batería en función de la generación y el consumo de la energía.

* **Convertidores DC-DC:** Llamados también seguidores del punto de máxima potencia. ya que un generador entrega una tensión y corriente dependiendo de la carga conectada, y estos valores de tensión y corriente no coinciden generalmente con la máxima potencia que el generador podría ceder a la carga y este es el motivo de la inclusión de estos convertidores.

* **Inversores (convertidores DC-AC):** Conectados a los SFA cuando se tienen cargas que requieran de corriente alterna. Los inversores están compuestos por dos etapas: una sintetizadora y otra filtradora. La etapa sintetizadora produce una onda de impulsos a partir de una tensión DC y la etapa filtradora se ocupa de eliminar los armónicos indeseados de la onda de impulsos para tener a la salida de esta etapa una señal totalmente senoidal.

La Selva Central del Perú y los trópicos húmedos amazónicos reciben altas tasas de radiación solar. Existen tantos árboles que ocultan el sol, sin embargo, que en un momento se pensó que sería difícil explotar directamente la energía solar. No obstante, en la actualidad se considera que tales esfuerzos podrían impulsar el desarrollo integrado de la Selva Central.

La generación fotovoltaica es una tecnología que consiste en la conversión directa de la energía solar en energía eléctrica mediante celdas con superficie de silicio mono y policristalino que actúan como semiconductores. Probablemente pueda satisfacer en un futuro cercano la limitada demanda de electricidad de zonas rurales o alejadas. Los adelantos tecnológicos que se producen día a día en los países desarrollados han reducido el costo de la energía producida por paneles fotovoltaicos más de cinco veces con relación al costo del año 1976. En consecuencia, la producción se ha incrementado, los productos son de mejor calidad y los procesos de fabricación son ahora automatizados y emplean materiales más económicos. En el desarrollo integrado de la Selva Central, la generación fotovoltaica tiene su lugar, particularmente en la provisión de energía para telecomunicaciones y televisión, así como para el bombeo de agua y servicios eléctricos domiciliarios en lugares alejados.

Electrificación Rural Casi la totalidad de las comunidades rurales de la amazonía del Perú carecen de energía eléctrica, algunas comunidades han intentado utilizar los generadores a diesel o a gasolina, sin embargo la experiencia ha demostrado que sin una continua provisión de combustible, sin mecánicos o sin repuestos estos generadores duran muy poco.

Por otra parte pretender utilizar el tendido eléctrico es posible solo a las comunidades muy cercanas a las ciudades, pero a la mayoría de las comunidades rurales es imposible llegar, por los costos que significa el mantenimiento de las redes debido a las características ambientales y geográficas de la región.

Mediante la Energía Solar, se puede suministrar electricidad en cantidades para su uso en los principales servicios.

NO HAY COSTO DE COMBUSTIBLE.- Los paneles solares solo necesitan luz solar y considerando que los paneles tienen un promedio de 25 años de vida se está adquiriendo dos décadas y medio de electricidad.

FÁCIL DE MANTENER.- Los paneles solares no tienen partes móviles, el mantenimiento es fácil por que se limita a la limpieza ocasional de la superficie del panel, revisión de conexiones eléctricas y de las baterías.

MODULAR.- Se puede producir pequeñas cantidades de energía con un panel o grandes fuentes de energía con cientos de paneles, esto significa que los sistemas pueden ser diseñados para satisfacer las necesidades energéticas inmediatas y luego ser expandidos a medida que los requerimientos energéticos se incrementen.

ALTA CONFIABILIDAD.- Los sistemas eléctrico solares son altamente confiables, los módulos solares tienen una larga vida útil y dependen directamente del sol. además estos sistemas tienen un record comprobado de seguridad cuanto a la instalación, a la operación y al mantenimiento.

Por tal motivo la disposición de los equipos en un sistema para captar energía solar y convertirla en energía eléctrica tendrá la siguiente disposición (Fig. 46).

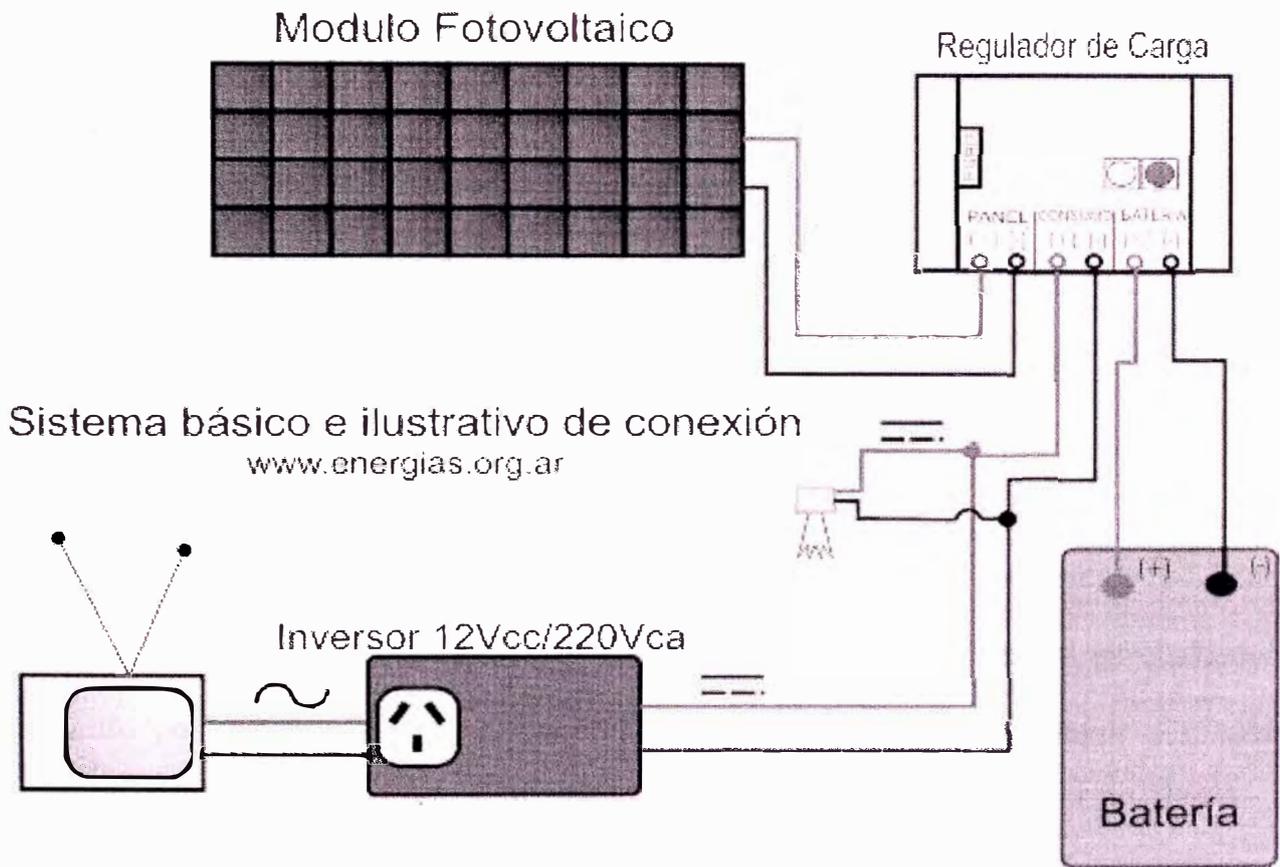


Fig. 46 Sistema Básico de una Disposición Fotovoltaica

3.3 Energía por Combustión Interna

MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

El diseño de los motores de combustión interna es un proceso creativo, científico y completo que consiste fundamentalmente en la solución de problemas de carácter constructivo y productivo. Por todo esto el desarrollo de los motores sólo es posible con la participación de un número amplio de especialistas.

En la práctica casi es imposible crear un motor que satisfaga completamente todas las exigencias inherentes a los motores y que estos puedan ser instalados en cualquier vehículo por así decirlo, sólo es posible crear un motor que en mayor o menor medida corresponda a condiciones concretas de empleo.

Ante todo, delante de un constructor está el problema de desarrollar justamente un motor que mejor satisfaga los requerimientos establecidos en función de su aplicación concreta y de las condiciones de operatividad.

Hasta hace algunos años el proceso de desarrollo de un motor hasta iniciar su producción en serie duraba generalmente 5 a 10 años. Ahora con el empleo de la informática los plazos se han reducido de 2 a 3 veces.

Generalmente los fabricantes de motores buscan que su modelo recientemente desarrollado se encuentre en producción hasta 10 o más años. Por consiguiente los proyectistas deberán tomar todas las precauciones para que el motor no sufra envejecimiento moral en todo ese tiempo, sino más bien pueda seguir compitiendo

con otros modelos de generaciones más jóvenes con sólo algunas modificaciones o modernizaciones de sus sistemas y componentes básicos. Siguiendo este principio los motores de combustión interna actualmente se proyectan para tener múltiples aplicaciones con tan sólo hacer variaciones insignificantes en el diseño básico. El diseño básico incluye la sobrealimentación ya sea mecánica o por turbina a gas.

El desarrollo (diseño) de un motor de combustión interna empieza con el establecimiento del campo de aplicación y la determinación de sus principales parámetros (potencia, régimen de velocidad, disposición de cilindros, tipo de refrigeración, etc.). Luego viene la etapa del ante proyecto, el mismo que necesariamente deberá incluir cálculos y gráficos que sean útiles para su análisis, discusión y corrección, a cargo de un comité de expertos, incluyendo por supuesto a quienes interesa sobre manera la producción de dicho motor.

Después de la aprobación del proyecto, viene el desarrollo del proyecto técnico detallado en donde se deberán incluir obligatoriamente planos de todas las piezas así como los planos de ensamble de conjuntos, grupos y agregados del motor. El proyecto en esta etapa obligatoriamente un informe técnico con los cálculos finales y con todas las fundamentaciones técnica que ameriten la construcción del motor. Particularmente se deberá incidir en las peculiaridades del diseño respecto a lo convencional.

La construcción de un motor empieza con la fabricación de un prototipo; el mismo que en algunos casos es monocilíndrico pero de tamaño natural.

La etapa siguiente corresponde a la experimentación del prototipo con el objeto de afinar el proceso de trabajo y detectar fallas y desgastes que son intolerables en un motor producido en serie.

La fabricación tanto del prototipo como del modelo final corre a cargo de un comité de expertos tecnológicos quienes deberán satisfacer los requerimientos técnicos de cada pieza elaborada por los diseñadores. Esta actividad implica una estrecha colaboración y coordinación entre los diseñadores y tecnólogos.

Motor de Combustión Interna

Un motor de combustión interna es una máquina térmica que transforma la energía producida por la combustión de un combustible (diesel, gasolina u otras) en energía mecánica o sea de movimiento del eje, lo que en nuestro caso al ser acoplado este eje a un generador este a su vez transforma el movimiento en energía eléctrica.

La combustión juega un rol importante en el caso de las máquinas térmicas y de acuerdo a que la sustancia de trabajo, participe o no del proceso de combustión, estas se clasifican en máquinas de combustión externa, caso de las plantas a vapor (ciclo Clausius – Rankine) y máquinas de combustión interna caso de la turbina a gas de ciclo abierto (ciclo Joule – Brayton).

Dentro de las máquinas térmicas de combustión interna se tiene aun una segunda clasificación según que el ciclo se efectúe como una sucesión de procesos como en el caso de la turbina a gas en donde cada uno de los procesos se efectúa mientras la sustancia fluye a través del compresor, combustor, turbina, etc., o que todos los procesos se efectúen alternativamente en un mismo dispositivo, en cuyo caso el ciclo no obedece, estrictamente a las condiciones dadas para los procesos FEES. A las

máquinas térmicas que obedecen a la última descripción se les denomina motores de combustión interna.

El análisis termodinámico de las máquinas de combustión interna, bajo las consideraciones de un ciclo teórico, requiere de la prescindencia del cambio químico ocurrido, con la sustancia de trabajo, durante el proceso de combustión. Esta suposición es admisible en el caso de las turbinas a gas de ciclo abierto, por cuanto la relación aire combustible es bastante elevada en consideración a la temperatura máxima alcanzable, lo que determina que las propiedades de los productos de la combustión no sean muy diferentes de las correspondientes al aire aspirado. En el caso de los motores de combustión interna esta suposición es apenas justificable por cuanto la relación aire combustible determina que las propiedades de los productos sean algo diferentes de las correspondientes al aire aspirado, esta consideración deberá tenerse en cuenta al comparar el comportamiento de un motor real con el de su ciclo teórico correspondiente.

Descripción del funcionamiento teórico de un motor de explosión de 4 tiempos

La realización física de un motor de explosión puede presentar diferentes variantes, una de ellas (la más frecuentemente adoptada) es la de cuatro tiempos que pasaremos a describir en la Tabla N° 4:

TABLA N° 4 MOTOR IDEAL DE EXPLOSIÓN DE CUATRO TIEMPOS

PISTÓN DE - A	VÁLVULA ABIERTA	DESCRIPCIÓN	DENOMINA- CIÓN	PROCESO TÉRMICO	CICLO N°	N° REVOLU- CIONES
PMS - PMI	V.A.	Se admite la mezcla aire combustible	Admisión	-	I	1/2
PMI - PMS	-	El desplazamiento del pistón comprime la mezcla	Compresión	1 - 2	II	1
- PMS -	-	El combustible se quema instantáneamente (explota)	Combustión o explosión	2 - 3	-	-
PMS - PMI	-	Los gases se expanden	Expansión	3 - 4	III	1 1/2
PMI - PMS	V.E.	Se expulsan los gases al exterior	Escape	-	IV	2

Como se puede observar, un motor de cuatro tiempos requiere dos revoluciones por cada ciclo termodinámico.

Para que un motor real pueda cumplir con este ciclo se requerirá:

- a) Que no haya pérdidas en la admisión de tal forma que el proceso de ingreso de la mezcla al cilindro sea a la presión atmosférica.
- b) Que las paredes del cilindro y del pistón sean perfectamente adiabáticas.
- c) Que el combustible se quemara completamente en un tiempo cero al llegar el émbolo al p.m.s.

- d) Que no halla pérdidas en el escape de tal forma que la expulsión se lleve a cabo a la presión atmosférica.

Ciclo Diesel

La importancia del ciclo diesel radica en que en el ciclo ideal o teórico de los motores de combustión interna de encendido por compresión denominados también motores diesel o de combustión a presión constante.

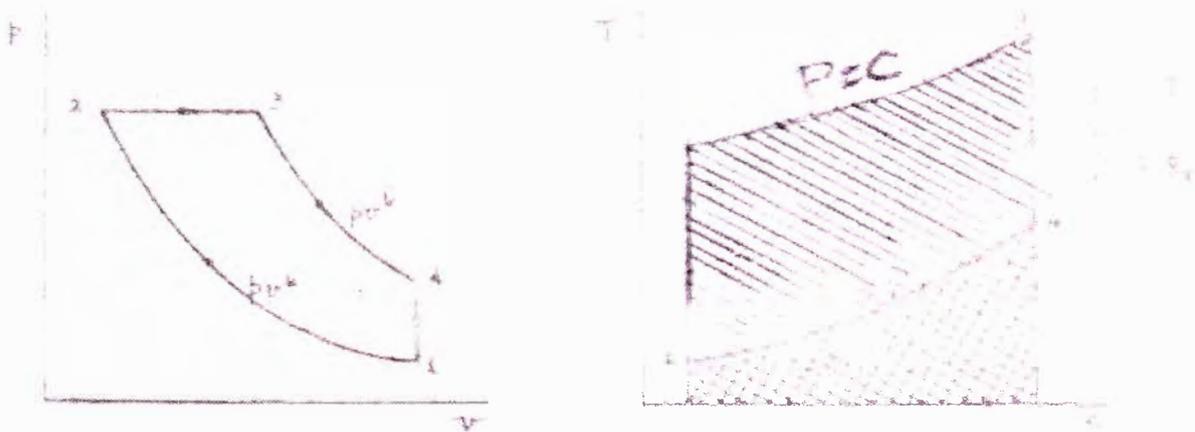


Fig. 47 Ciclo Diesel Curvas $P - v$ y $T - s$

Durante este ciclo, la sustancia de trabajo se encuentra en la fase gas y no habiendo cambio de fase, su comportamiento se considera de gas ideal para todo el rango de presiones y temperaturas del mismo.

Los procesos del ciclo de la figura anterior son:

1-2: Compresión adiabática reversible

2-3: Calentamiento isobárico mediante la transferencia de calor q_A

3-4: Expansión adiabática hasta alcanzar el volumen específico inicial.

4-1: Enfriamiento isométrico hasta el estado inicial, mediante la transferencia de calor q_B

Presión y temperatura mínimas del ciclo: estado 1

Presión y temperatura máximas del ciclo: estado 3

En la figura anterior (T-S) apreciamos la magnitud relativa de los calores transferidos:

q_A durante el proceso 2-3 (isobárico)

$$ds = dh - vdp$$

$vdp = 0$ por ser un proceso isobárico

$Tds = dq$ por ser un proceso irreversible

$$dq = dh$$

Luego:

$$q_A = 2q_3 = h_3 - h_2 = C_p (T_3 - T_2)$$

q_B durante el proceso isométrico 4-1

$$Tds = dv + pdv$$

$Pdv = 0$ por ser un proceso isométrico

$Tds = dq$ por ser un proceso reversible

$$Dq = dU$$

$$4q_1 = U_1 - U_4$$

$$q_B = -4q_1 = C_v (T_4 - T_1)$$

La eficiencia del ciclo será:

$$\eta = 1 - q_b/q_a$$

Entonces:

$$\eta_D = 1 - (T_4 - T_1) / k (T_3 - T_2)$$

donde $k = C_p / C_v$

Otras definciones en el análisis de M.C.I.

1 Diagrama Indicado:

Se denomina así al diagrama P-V del ciclo real ocurrido en un motor de combustión interna (Fig. 48). El área encerrada por el diagrama representa:

$$W = \int p \times dv$$

Y es el trabajo neto realmente entregado por los gases encerrados en el cilindro, al pistón del motor.

El diagrama indicado es diferente del diagrama P-V correspondiente al ciclo teórico por cuanto:

Los procesos de compresión y expansión no son realmente adiabáticos y menos reversibles

Los procesos de combustión no son a volumen constante, ni a presión constante, caso del motor diesel

Durante el proceso de admisión la presión dentro del cilindro es inferior a la atmosférica pues debe crearse una cierta succión para favorecer el ingreso del gas

Durante el proceso de expulsión la presión dentro del cilindro es superior a la atmosférica para vencer las resistencias impuestas a la salida de los gases

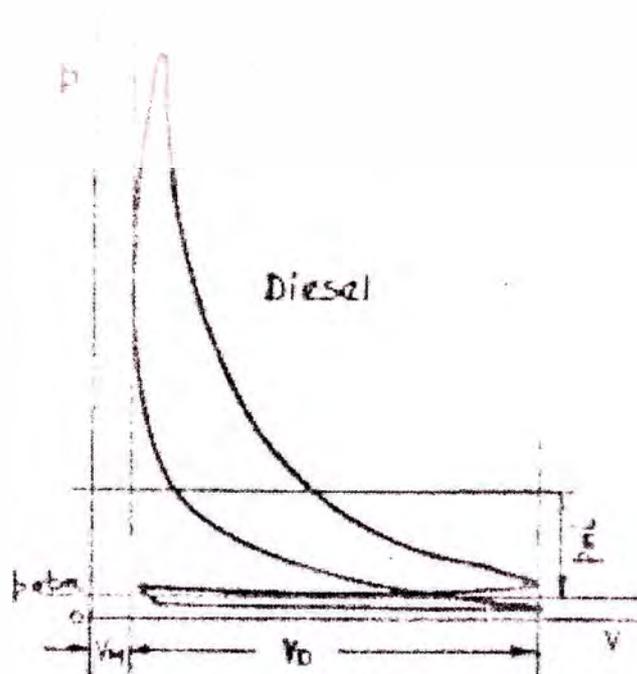


Fig. 48 Diagrama Indicado del Ciclo Real Diesel

2 Trabajo Indicado

Es el trabajo realmente efectuado por los gases, dentro del cilindro, sobre el pistón; se determina mediante la integración mecánica con un integrador del área del diagrama indicado.

3 Presión Media Indicada

Presión constante hipotética que actuando durante la carrera de expansión realizaría un trabajo equivalente al trabajo indicado (Fig. 49).

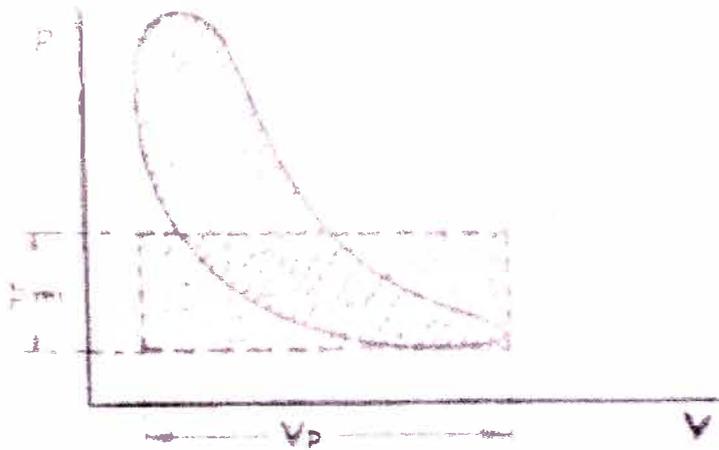


Fig. 49 Presión Media Indicada (pmi)

$$P_{mi} = \left(\int p_i \times dV \right) / VD$$

4 Potencia Indicada

Es la potencia realmente entregada por los gases en el motor.

Su determinación se hace ordinariamente por intermedio de la presión media indicada. Para un motor de n cilindros y N RPM se determina mediante:

$$WI = (p_{mi} \times VD \times N') / 60$$

Donde:

p_{mi} : presión media indicada (KN/m²)

VD : volumen de desplazamiento de un cilindro (m³)

N' = número de ciclos por minuto

$N' = N$ (RPM) para motores de dos tiempos

$N' = N / 2$ para motores de 4 tiempos

WI = Potencia indicada (KW)

5 Factor de Diagrama

Es la relación del diagrama indicado y el área de diagrama teórico. Es también la relación entre el trabajo indicado y el correspondiente trabajo neto del ciclo teórico o de comparación.

Es decir que si por ejemplo el factor de diagrama es de 0.8 u 80%, el trabajo real efectuado por los gases es el 80% del trabajo neto correspondiente al ciclo teórico.

6 Potencia de Freno

También denominado potencia al eje, es la potencia entregada por el motor en el eje de salida, es por consiguiente igual a la potencia indicada disminuida en las pérdidas mecánicas (es decir la energía consumida para vencer los rozamientos y mover los elementos auxiliares del motor).

$$W_e = W_I - W_f$$

La potencia de freno se determina mediante dispositivos denominados dinamómetros.

7 Eficiencia Mecánica

Es la relación entre la potencia al eje y la potencia indicada. Representa la eficiencia del motor para convertir mecánicamente la potencia indicada entregada por los gases en potencia mecánica útil en el eje de salida del motor.

$$\eta_M = W_e / W_I$$

Nota: Cuando las potencias indicadas y mecánicas se expresan en HP (0.736 KW) se denominan respectivamente, IHP y BHP.

En la práctica, la magnitud del rendimiento mecánico puede variar dependiendo también del tipo y campo de aplicación del motor:

Para motores de encendido por chispa	$\eta_M = 0.7 - 0.9$
Para motores diesel de 4 tiempos y de aspiración natural	$\eta_M = 0.7 - 0.82$
Para motores diesel sobre alimentados	$\eta_M = 0.80 - 0.90$
Para motores de gas	$\eta_M = 0.75 - 0.85$

8 Cilindrada

Es el volumen de desplazamiento total de un motor, esto es el producto del VD de un cilindro multiplicado por el N° de cilindros. Ordinariamente se expresan en cm³, así por ejemplo en un Toyota 2000 la cilindrada es de 2000 cm³ es decir que el volumen de desplazamiento es $VD = 500 \text{ cm}^3$.

9 Eficiencia Volumétrica

Es la relación entre la masa de aire aspirada por el cilindro y la masa de aire que en las condiciones ambientales cabría en el volumen desplazado VD.

10 Número Octano

Es una forma de medir arbitrariamente la capacidad antidetonante de un combustible. Cuando hablamos de la eficiencia de un motor de explosión dijimos que ésta aumentaba la relación de compresión y también que esta última no podía ser aumentado libremente sin que se presente el fenómeno denominado “detonación”.

Cada combustible puede trabajar sólo hasta una cierta relación de compresión sin detonar. La determinación indirecta de esta relación de compresión se hace mediante el número octano u octanaje.

La determinación experimental del octanaje de un combustible se hace con el siguiente criterio:

Se toma como base de comparación dos combustibles, el isoctano de relativamente buena propiedad antidetonante y se le adjudica el número octano 100 y el n-eptano de baja calidad antidetonante al que se le adjudica el número 0.

Se observa la máxima relación de compresión con la que puede trabajar el combustible cuyo octanaje se desea determinar. Se mezclan diferentes proporciones de isoctano y n-eptano hasta lograr una mezcla de igual comportamiento antidetonante que el combustible en cuestión.

El número de octano del combustible será igual al porcentaje de isoctano presente en la mezcla.

11 Número Cetano

El número cetano es a los combustibles diesel lo que el número octano es a los combustibles para motores de explosión y mide en este caso la cualidad de ignición o autoencendido de un combustible diesel.

En los motores diesel el combustible debe auto encenderse al ingresar en el cilindro y encontrar el aire en su interior a una cierta presión y temperatura, el número cetano mide la cualidad de ignición del combustible.

Su determinación se hace en forma similar a la del número octano, tomado en este caso, como referencias al cetano $C_{16}H_{34}$ (número cetano 100) y alfa metilnaftaleno $C_{11}H_{10}$ (número cetano 0).

Así un combustible con número cetano 70 tendrá la misma cualidad de ignición que una mezcla de 70% de cetano $C_{16}H_{34}$ y 30% de alfa metilnaftaleno $C_{11}H_{10}$.

Esquemas Estructurales de los Motores de Combustión Interna

A continuación presentamos algunos de los esquemas estructurales más difundidas en la práctica de construcción de motores de combustión interna.

Dependiendo de la disposición de los cilindros, los motores pueden ser en línea, horizontales, en cuadrado, en triángulo, en H, en I, en X, en W, en U y radiales.

En el campo automotor se emplean motores en línea, en V y horizontales. (figura 50, 51 y 52).

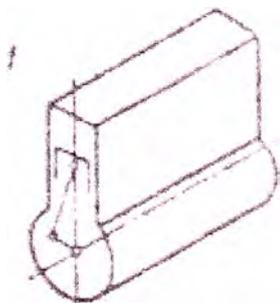


Fig. 50 Motor en Línea



Fig. 51 Motor en V

Los motores de uso ferroviario generalmente son en línea, en triángulo, en V, en cuadrado y en I (figura 52, 53 y 54). Para aplicaciones marinas los motores son en línea, en V, en X, en W y H (figura 55, 56 y 57).

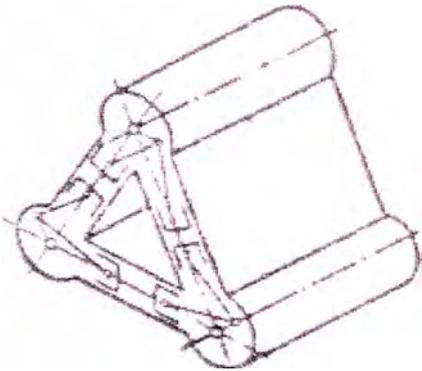


Fig. 52 Motor en Triangulo

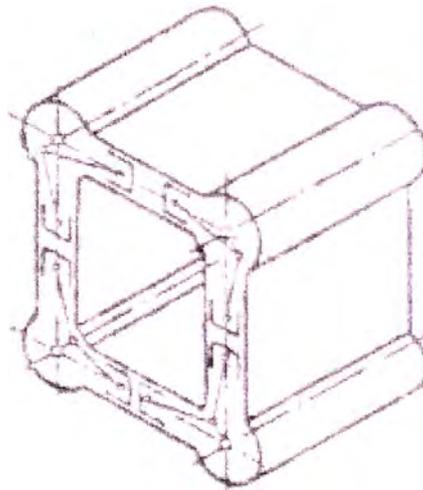


Fig. 53 Motor tp. Cuadrado

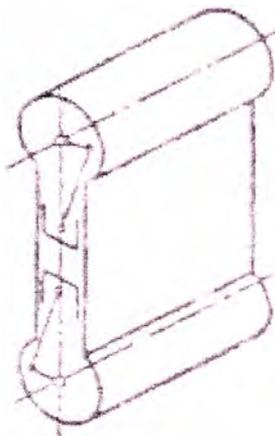


Fig. 54 Motor en I

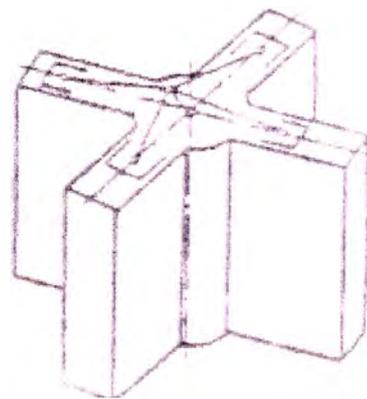


Fig. 55 Motor en X

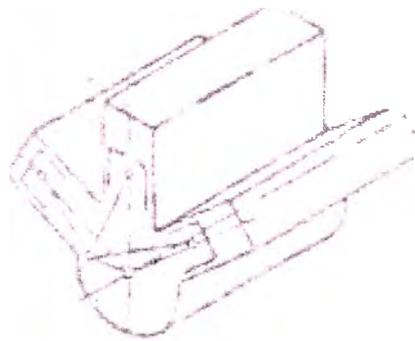


Fig. 56 Motor en W

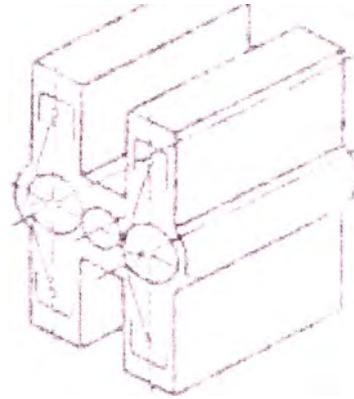


Fig. 57 Motor en H

Para las plantas térmicas estacionarias de potencias pequeñas y medianas se emplean motores en línea y en V. Para Plantas térmicas de gran potencia se usan motores en línea, en V, en H, en I y en triángulo.

Los motores en línea se caracterizan por ser muy simples en su construcción y de fabricación relativamente fácil.

Una gran ventaja de los motores en V respecto a los motores en línea para iguales potencias es su menor longitud y a veces altura, consiguiendo de este modo mayor rigidez de piezas tan importantes como el cárter, cilindros, culata y cigüeñal. Frecuentemente el ángulo entre hileras de cilindros es de $45^\circ - 90^\circ$. Dicho grado se establece a partir del campo de aplicación del motor, de los requerimientos dimensionales y del orden de trabajo de los cilindros ubicados en una misma fila, allí donde el principal requerimiento es menor tamaño y sobre todo, menor altura, este ángulo puede ser inclusive menor de 90° . Las mismas ventajas ofrecen los motores en X es su pequeña longitud. En este caso se complica el diseño de las piezas del

mecanismo de biela-manivela, del cuerpo y del mecanismo de distribución; los ángulos entre los ejes de los cilindros pueden ser iguales o diferentes.

Los motores radiales (figura 58) se emplearon ampliamente en la aviación hasta fines de la década del 50 que fueron desplazados por los motores a reacción y a turbopropulsor, siendo su aplicación actualmente muy reducida en avionetas de uso agrícola y también en algunas embarcaciones marinas.

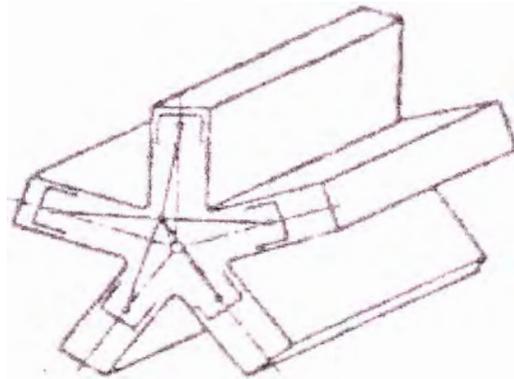


Fig. 58 Motor Radial

Es importante resaltar la aplicación desde mucho tiempo atrás de los motores de dos tiempos con pistones opuestos y con uno o más ejes. Estos motores se caracterizan por tener una gran potencia con dimensiones reducidas. Algunos elementos de estos motores como el cuerpo, son complicados y de difícil acceso para su mantenimiento. En estos tipos de motores, unos de los pistones cumplen el proceso de admisión mientras que el otro el escape, aún más el pistón, que realiza el escape se ve bañada por los gases y se encuentra en condiciones extremas de trabajo.

En nuestro caso se emplearán motores diesel de 4 tiempos de baja potencia.

CAPITULO N° 4:

EVALUACION DE LOS POTENCIALES HIDRAULICO, SOLAR Y DE COMBUSTION INTERNA

4.1. Evaluación del Potencial Hidráulico

Para el cálculo de la potencia que generaría las caídas de agua se empleará la siguiente fórmula:

$$P = \gamma \times Q \times H \times \eta$$

Se consideran los siguientes datos:

$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$ (Densidad del agua)

$\eta = 0.50$ (Eficiencia Total del Sistema).

Se considerara por redondeo 9.8 a 10 m/s² la aceleracion de la gravedad.

Con lo que la fórmula queda de la siguiente manera:

$$P = 500 \times Q \times H \text{ (Watts) o}$$

$$P = 5 \times Q \times H \text{ (Kw)}$$

Las variables Q y H deben estar en:

Q (m³/s)

H (m)

Luego hay que considerar lo siguiente:

Se va a hallar los caudales en cada punto de medición.

Se determinara el caudal para tres caídas de la comunidad

- Kapararoato 1
- Kapararoato 2
- Nariz del Diablo

Se determinara en cada caso el método de medición de caudal a emplear en cada caso

CAÍDA KAPARAROATO 1

En la caída de la quebrada de Kapararoato 1, se tomaron los siguientes datos:

H = 18.57 m (Altura medida de la caída)

Ubicación de la caída

18L UTM

Coordenada: 0725450

Ordenada: 8706518

BGR: 328°

Datos tomados el día 28 de Febrero de 2005

De acuerdo a lo observado de esta caída se empleara el método del recipiente para lo cual se usara un cilindro con una capacidad de 55 galones que equivale a 0.2082 m³, y se tomara 3 mediciones de tiempo por día de medición, estas mediciones se iniciaron el 1 de febrero del 2004 hasta el 29 de enero del 2005, obteniendo los

siguientes resultados, lo que nos muestra una Tabla N° 6 con un caudal mensual medido por el método del recipiente, además su grafica respectiva (Fig. 59).

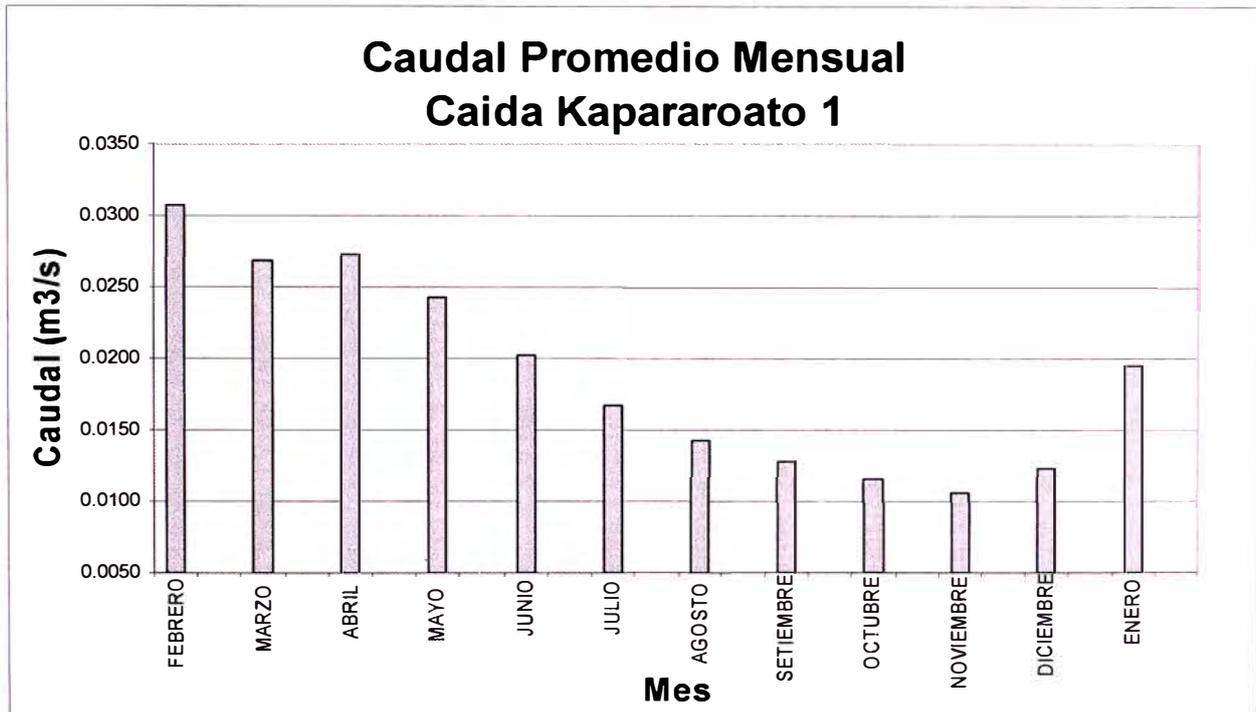


Fig. 59 Caudal Promedio Mensual

Luego la Tabla N° 5 de frecuencias que nos indica que para este caso se ha tomado 66 lecturas, lo que nos lleva a su gráfica de frecuencias (Fig. 60) y su curva de duración. En esta última se ha de decidir cual es el caudal a emplearse para su diseño.

CAIDA KAPARAROATO 1

TABLA N° 6 METODO DEL RECIPIENTE

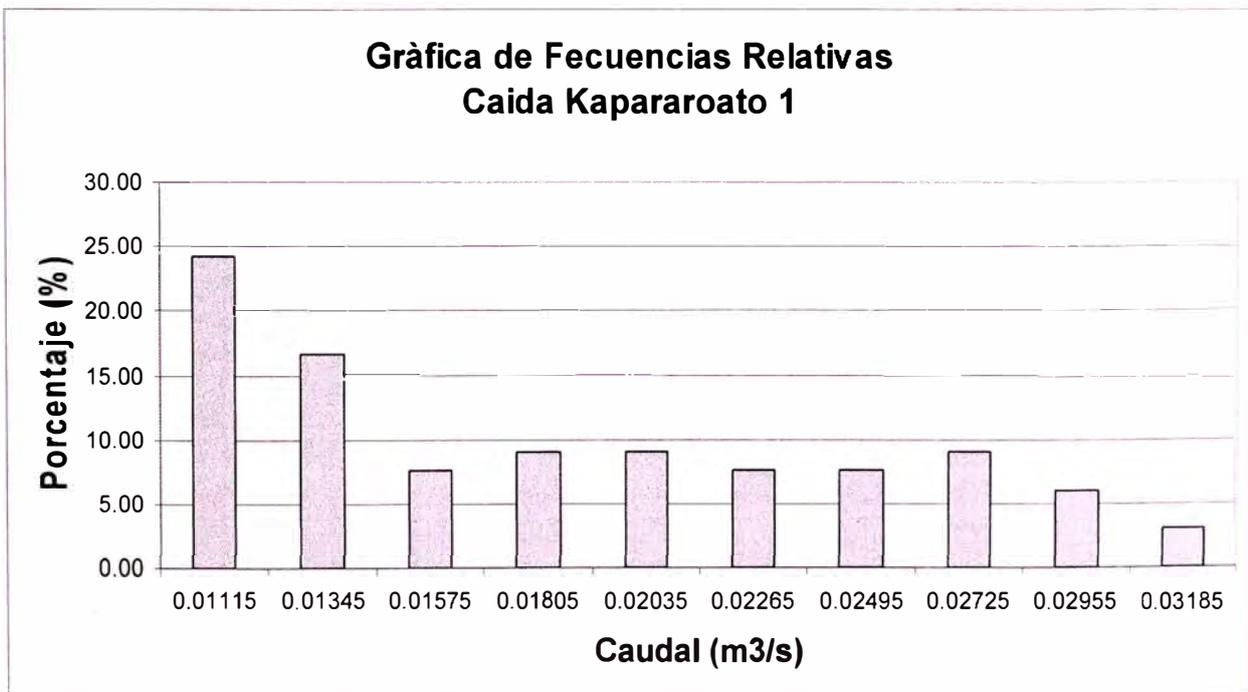
Dia de Medicion	FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SETIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO	
	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal
1	7.20	0.0289			7.51	0.0277																		
2			7.10	0.0293			8.51	0.0245			11.52	0.0181	12.88	0.0162			18.64	0.0112	19.05	0.0109			11.21	0.0186
3									9.64	0.0216					15.68	0.0133					15.48	0.0134		
4																								
5																								
6													13.68	0.0152					19.54	0.0107			10.98	0.0190
7					7.20	0.0289			10.25	0.0203							18.54	0.0112						
8	6.95	0.0300					8.93	0.0233			12.59	0.0165									16.87	0.0123		
9			7.35	0.0283											15.36	0.0136								
10																								
11																			19.47	0.0107			10.57	0.0197
12									9.71	0.0214			15.42	0.0135										
13					7.91	0.0263											18.02	0.0116			16.84	0.0124		
14							8.47	0.0246			12.66	0.0164												
15	6.80	0.0306																						
16			8.20	0.0254											16.58	0.0126							11.71	0.0178
17																			19.97	0.0104				
18									10.65	0.0195			14.62	0.0142							17.54	0.0119		
19					7.94	0.0262											17.49	0.0119						
20							8.66	0.0240			13.58	0.0153												
21																								
22																								
23	6.54	0.0318	8.80	0.0237											17.01	0.0122			20.15	0.0103			10.47	0.0199
24													15.42	0.0135										
25									11.25	0.0185											17.47	0.0119		
26																	17.56	0.0119						
27					7.55	0.0276					11.95	0.0174												
28	6.44	0.0323					8.32	0.0250																
29													16.32	0.0128	16.98	0.0123			19.77	0.0105			9.54	0.0218
30			7.58	0.0275					10.37	0.0201							17.55	0.0119			17.4	0.0120		
31																								
Promedio de Caudal	0.0307		0.0268		0.0274		0.0243		0.0202		0.0168		0.0142		0.0128		0.0116		0.0106		0.0123		0.0195	

Tabla N° 5 Frecuencias de Caída Kapararoato 1

H=18.57 m

18.57

Item	Rango de Caudales		Caudal				Potencia (Watts)
			Marca Clase	Frecuencia	Frec. Relativa (%)	Duración (%)	
1	0.0100	0.0123	0.01115	16	24.24	100.00	103.53
2	0.0123	0.0146	0.01345	11	16.67	75.76	124.88
3	0.0146	0.0169	0.01575	5	7.58	59.09	146.24
4	0.0169	0.0192	0.01805	6	9.09	51.52	167.59
5	0.0192	0.0215	0.02035	6	9.09	42.42	188.95
6	0.0215	0.0238	0.02265	5	7.58	33.33	210.31
7	0.0238	0.0261	0.02495	5	7.58	25.76	231.66
8	0.0261	0.0284	0.02725	6	9.09	18.18	253.02
9	0.0284	0.0307	0.02955	4	6.06	9.09	274.37
10	0.0307	0.0330	0.03185	2	3.03	3.03	295.73
				66			

**Fig. 60 Frecuencias Relativas en Kapararoato 1**

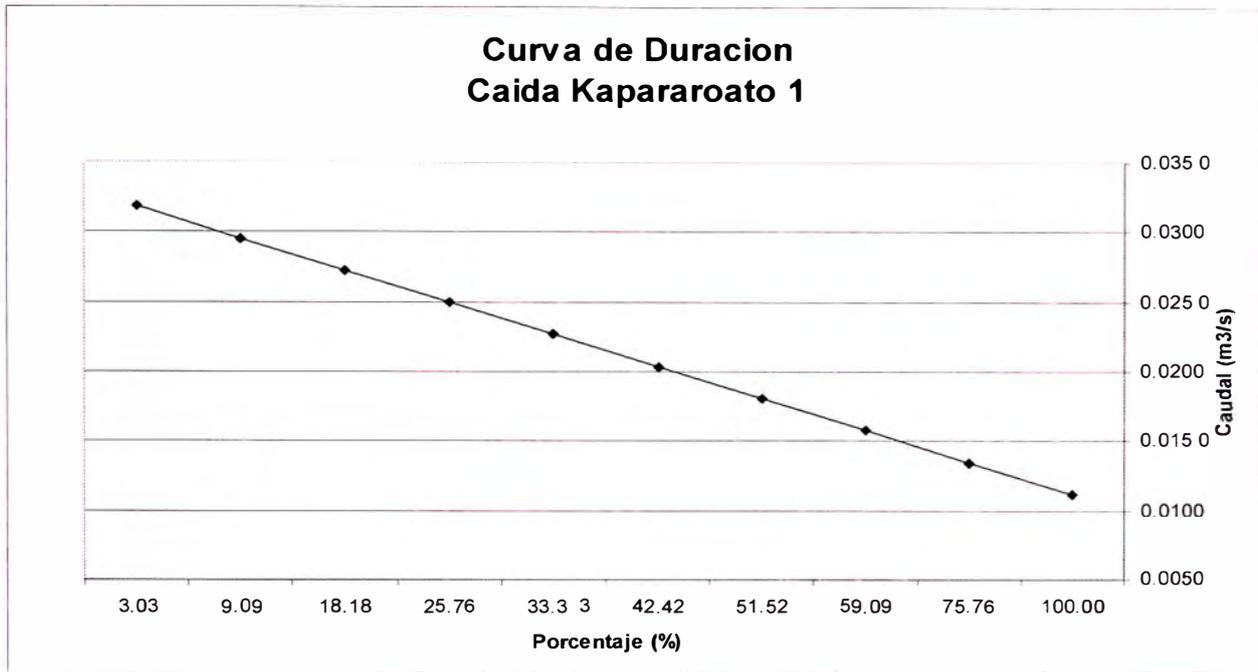


Fig. 61 Curva de Duración de Kapararoato 1

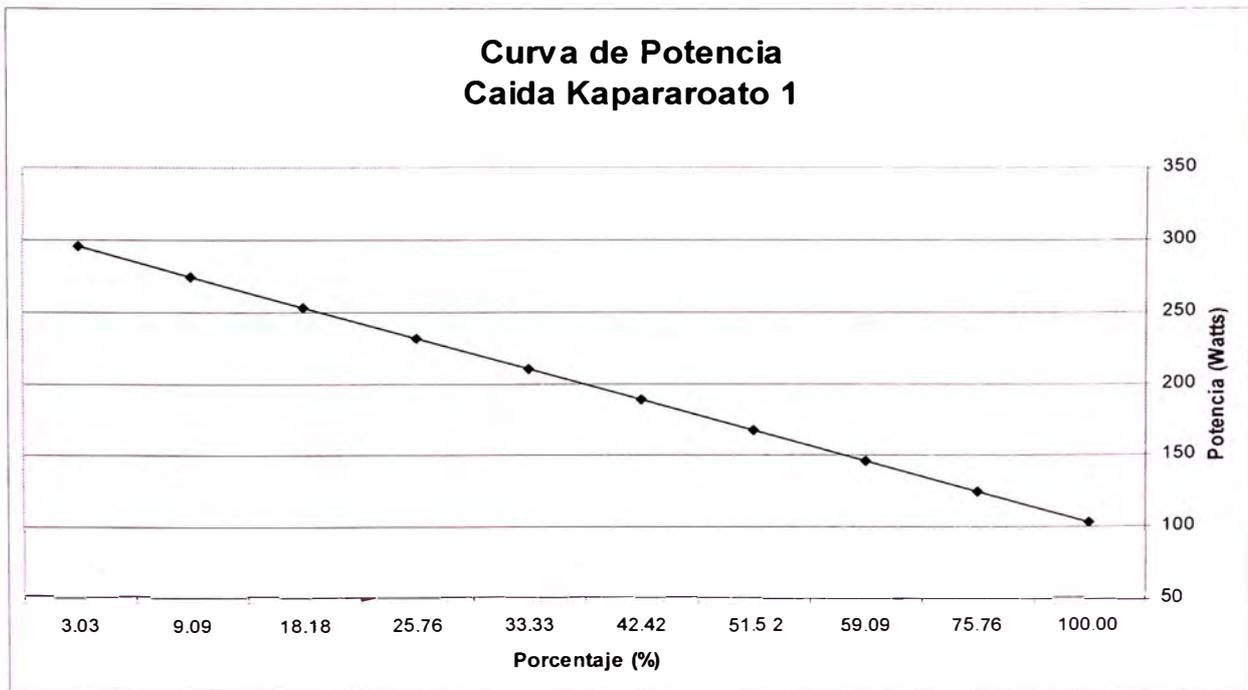


Fig. 62 Curva de Potencia Kapararoato 1

Como necesitamos que esta genere electricidad ininterrumpidamente usaremos el caudal de $0.01115 \text{ m}^3/\text{s}$, el que por consiguiente nos genera una potencia neta de 103.57 Watts.

$$Q \text{ total Kap.1} = 0.01115 \text{ m}^3/\text{s}$$

La potencia había quedado reducida a la siguiente fórmula:

$$P = 500 \times Q \times H \quad (\text{Watts})$$

Como:

$$Q \text{ total Kap.1} = 0.01115 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 18.57 \text{ m}$$

Entonces:

$$P = 500 \times 0.0115 \times 18.57 = 103.57 \text{ Watts}$$

$$P = 103.57 \text{ Watts}$$

Potencia que seria generada a lo largo de todo el año y que seria la neta disponible en este punto después de la caída en Kapararoato 1.

CAÍDA KAPARAROATO 2

En la caída de la quebrada de Kapararoato 2, se encuentra pasando Tushma a 400 metros de Kapararoato aguas abajo, se tomaron los siguientes datos:

$$H = 35 \text{ m (Altura medida de la caída)}$$

Ubicación de la caída

18L UTM

Punto 1

Coordenada: 0724273

Ordenada: 8706275

BGR: 115°

Punto 2

Coordenada: 0724291

Ordenada: 8706316

BGR: 115°

Datos tomados el día 1 de Marzo de 2004

Como de la misma forma anterior en la caída de Kapararato 2 se pretende que también la potencia que se genere sea en forma permanente.

De los datos tomados durante el año 2005, para calcular el caudal por el método del recipiente nos ha generado la Tabla N° 7 de datos de tiempos y caudales y su gráfica de caudal promedio mensual (Fig.63).

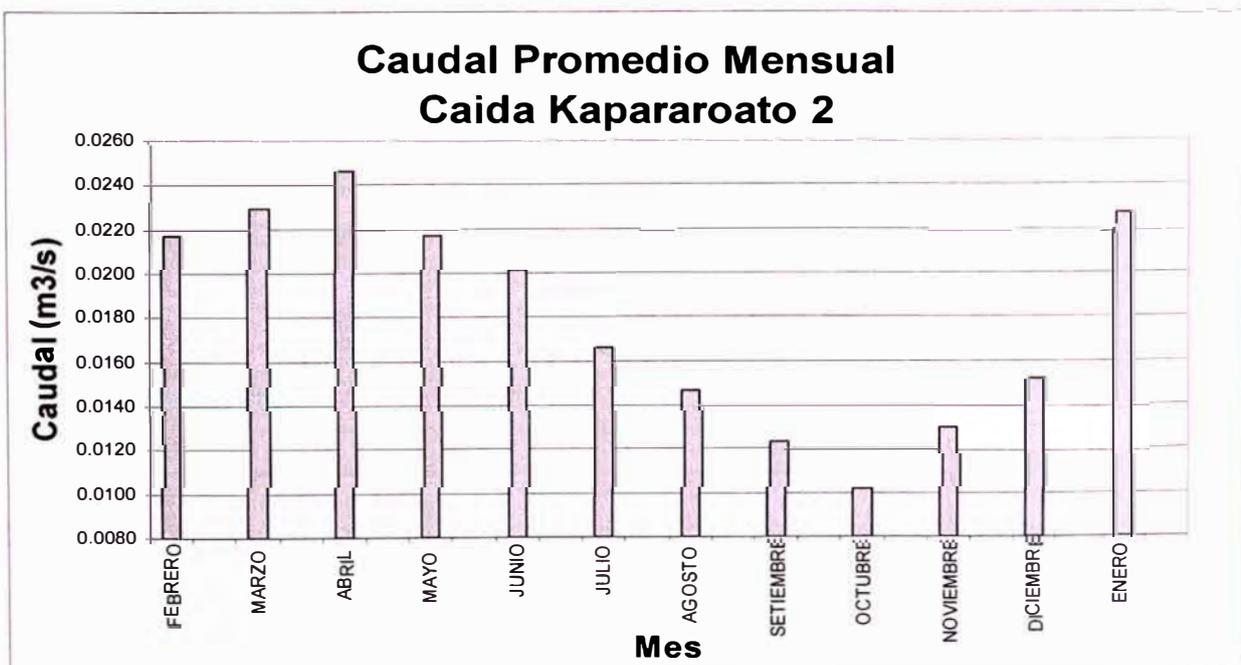


Fig. 63 Caudal Promedio Mensual Kapararato 2

CAIDA KAPARAROATO 2

TABLA Nº 7 METODO DEL RECIPIENTE

Dia de Medicion	FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SETIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO		
	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	Tiempo	Caudal	
1	9.31	0.0224			8.25	0.0252			9.64	0.0216					16.48	0.0126									
2			9.25	0.0225			9.41	0.0221			11.87	0.0175	13.05	0.0160			19.54	0.0107	16.58	0.0126	14.35	0.0145	9.58	0.0217	
3																									
4																									
5																									
6																									
7	9.51	0.0219			8.15	0.0255	9.54	0.0218	10.47	0.0199	11.96	0.0174			16.28	0.0128			16.21	0.0128			8.97	0.0232	
8			9.12	0.0228									14.22	0.0146			20.47	0.0102			13.24	0.0157			
9																									
10																									
11																									
12									10.23	0.0204					17.05	0.0122			15.64	0.0133			9.54	0.0218	
13	9.88	0.0211			8.84	0.0236	9.84	0.0212			12.85	0.0162													
14													13.76	0.0151			20.84	0.0100			13.84	0.0150			
15			9.05	0.0230																					
16																									
17															17.63	0.0118			15.47	0.0135					
18									10.74	0.0194													9.47	0.0220	
19					8.94	0.0233	9.63	0.0216			12.57	0.0166	14.71	0.0142											
20	9.95	0.0209															21.54	0.0097			13.25	0.0157			
21			9.04	0.0230																					
22															16.01	0.0130									
23																									
24							9.75	0.0214	10.91	0.0191	13.04	0.0160							16.08	0.0129			9.14	0.0228	
25	9.43	0.0221											14.52	0.0143											
26			8.88	0.0234													19.58	0.0106			13.72	0.0152			
27					8.23	0.0253																			
28																									
29							9.45	0.0220	10.21	0.0204	12.74	0.0163			17.94	0.0116									
30			9.15	0.0228									15.06	0.0138					15.77	0.0132	14.05	0.0148	8.37	0.0249	
31																	20.36	0.0102							
Promedio de Caudal	0.0217		0.0229		0.0246		0.0217		0.0201		0.0167		0.0147		0.0123		0.0102		0.0131		0.0152		0.0227		

También se obtiene la Tabla N° 6 de frecuencias de caudales (Fig. 64), de Duración (Fig. 65) y potencias (Fig. 66) que me permitirán graficar la curva de potencia y la curva de duración de la que definimos el caudal de diseño el cual es $0.00985 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla N° 6 Frecuencias de Caída Kapararoato 2

H= 35 m

35

Item	Rango de Caudales		Caudal				Potencia (Watts)
			Marca Clase	Frecuencia	Frec. Relativa (%)	Duración (%)	
1	0.0090	0.0107	0.00985	5	7.14	100.00	172.38
2	0.0107	0.0124	0.01155	4	5.71	92.86	202.13
3	0.0124	0.0141	0.01325	10	14.29	87.14	231.88
4	0.0141	0.0158	0.01495	10	14.29	72.86	261.63
5	0.0158	0.0175	0.01665	6	8.57	58.57	291.38
6	0.0175	0.0192	0.01835	2	2.86	50.00	321.13
7	0.0192	0.0209	0.02005	4	5.71	47.14	350.88
8	0.0209	0.0226	0.02175	15	21.43	41.43	380.63
9	0.0226	0.0243	0.02345	10	14.29	20.00	410.38
10	0.0243	0.0260	0.02515	4	5.71	5.71	440.13
				70			

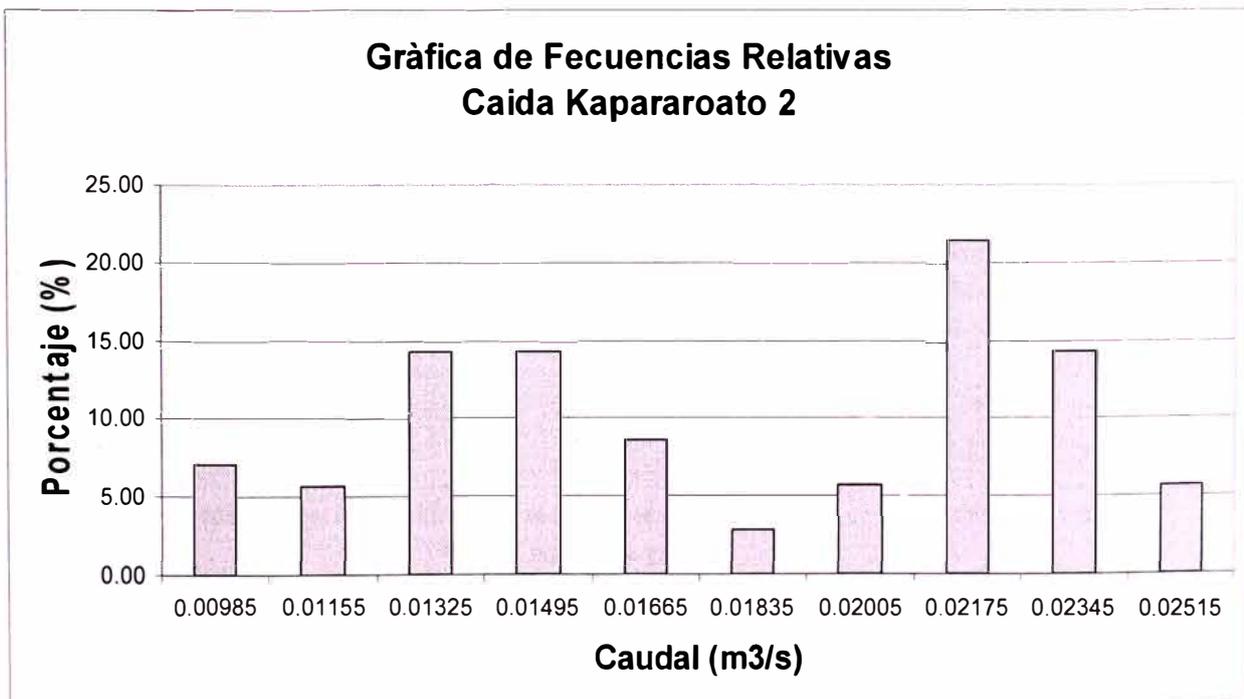


Fig. 64 Frecuencias Relativas Kapararoato 2

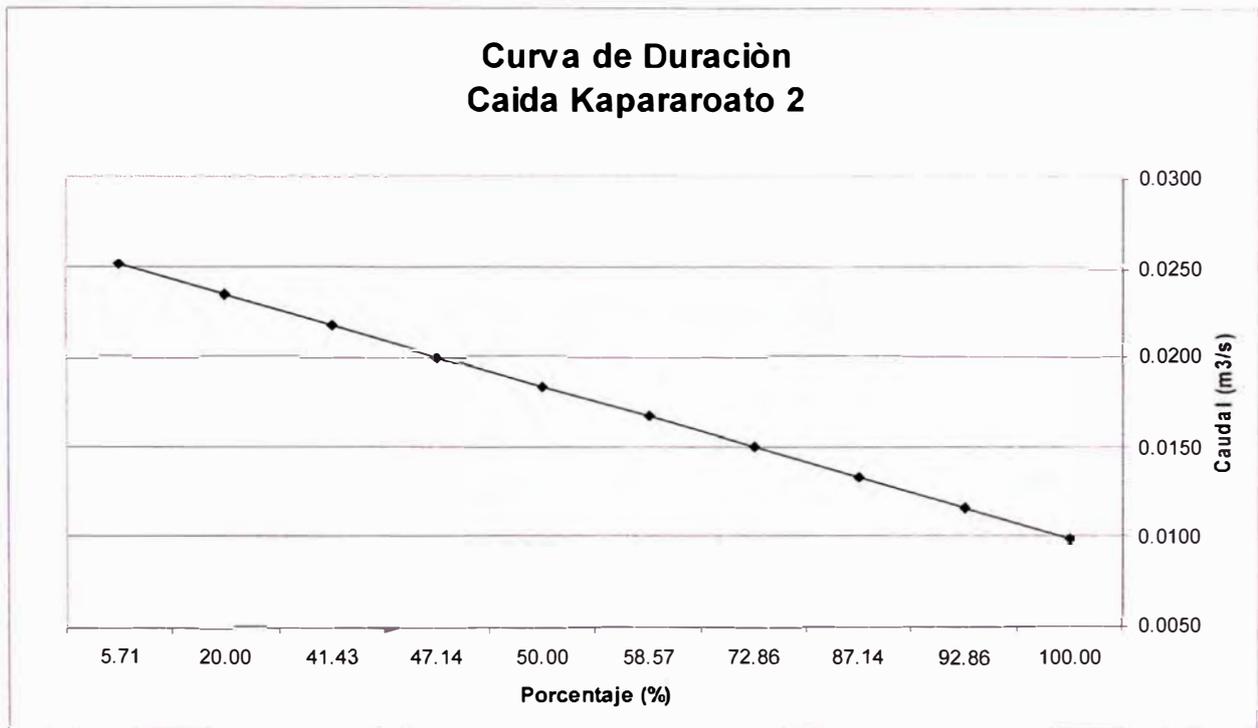


Fig. 65 Curva de Duración Kapararoato 2

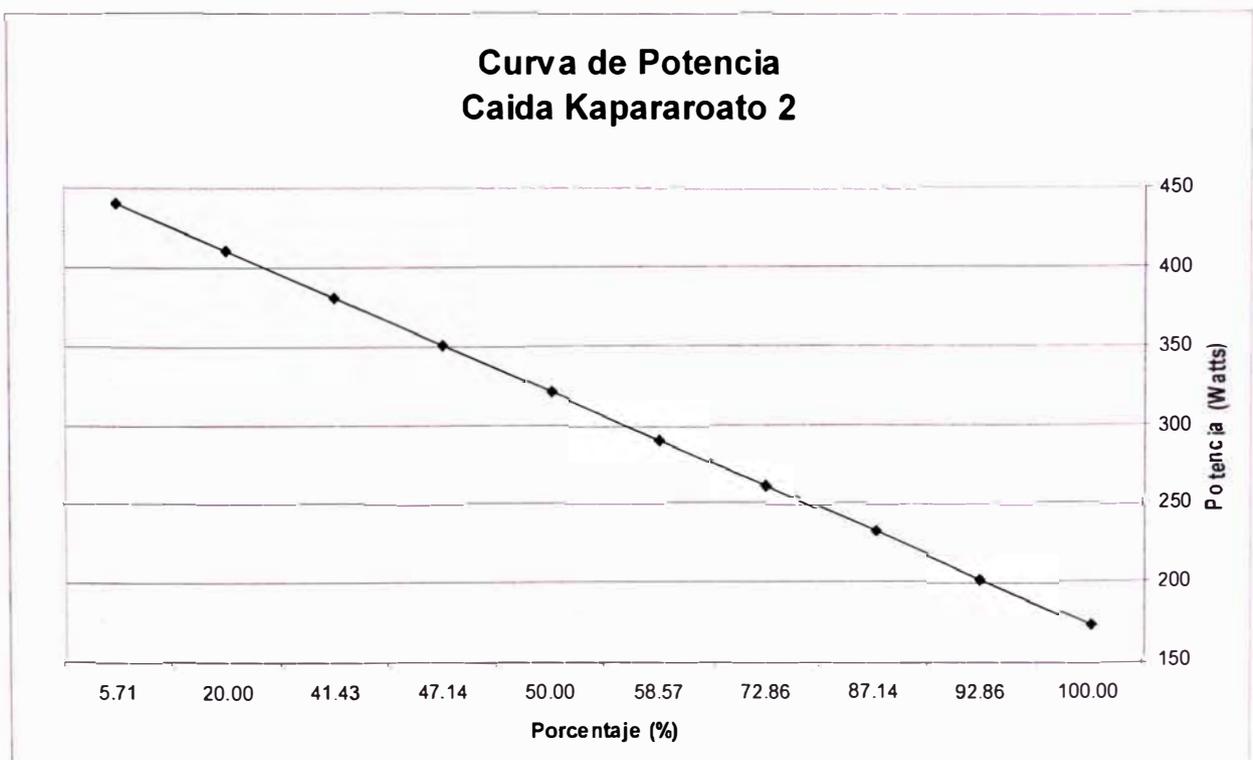


Fig. 66 Curva de potencia Kapararoato 2

La potencia había quedado reducida a la siguiente fórmula:

$$P = 500 \times Q \times H$$

Como:

$$Q \text{ total Kap.2} = 0.00985 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 35 \text{ m}$$

Entonces:

$$P = 500 \times 0.00985 \times 35 = 172.38 \text{ Watts}$$

$$P = 172.38 \text{ Watts}$$

Potencia neta disponible que seria generada en forma constante después de la caída de Kapararoato 2.

CAÍDA NARIZ DEL DIABLO

En la caída de la quebrada de Nariz del Diablo, se tomaron los siguientes datos:

$$H = 9 \text{ m (Altura medida de la caída)}$$

Ubicación de la caída

18L UTM

Coordenada: 0726265

Ordenada: 8705365

BGR: 23°

Datos tomados el día 1 de Marzo de 2004

Para este caso se decidió emplear el método del área y velocidad debido a que se observo que era un caudal relativamente mayor al de los anteriores.

Se eligió una sección de la caída con las siguientes características (Fig. 67):

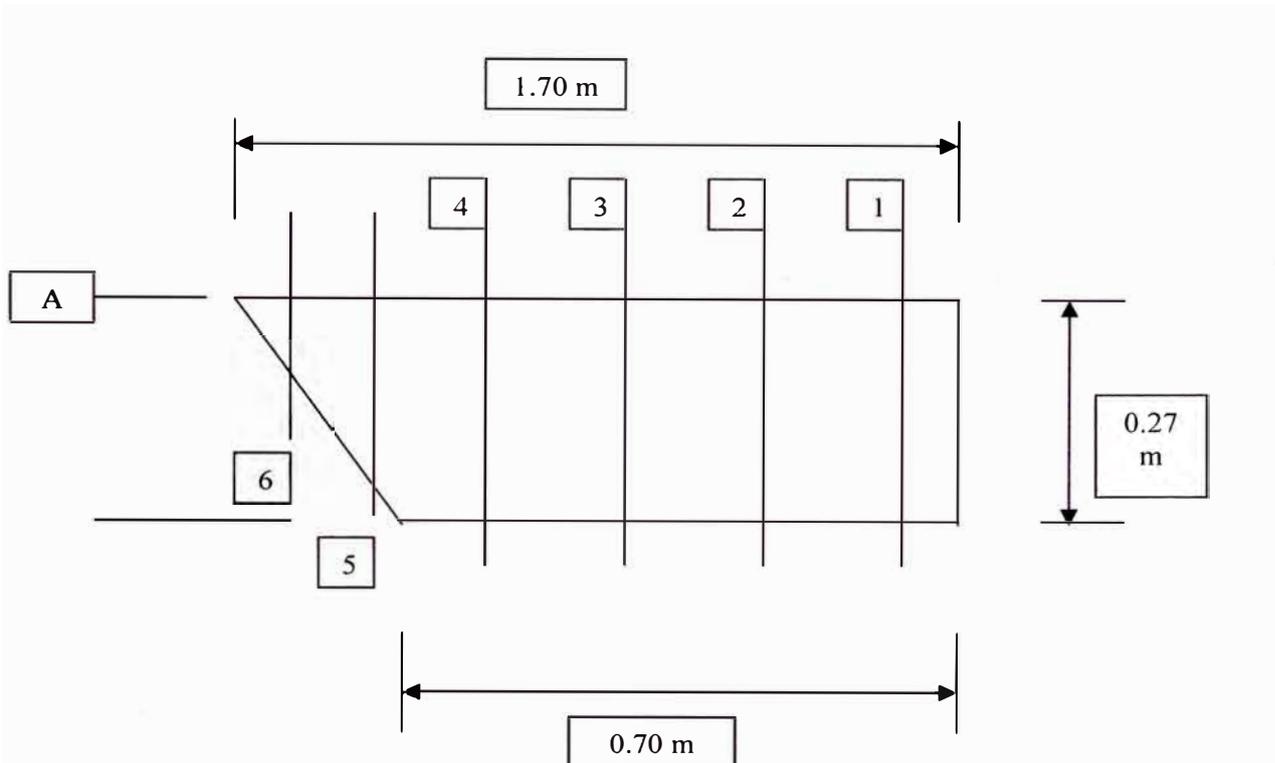


Fig. 67 Sección Característica de la corriente

Para esto se considero una longitud de la sección del cauce de 3 m., a lo largo del cual se realizaran la toma de tiempos del flotador en los puntos A1, A2, A3, A4, A5 y A6. Se considerará que en cada punto la distribución de las velocidades es de acuerdo a un flujo laminar dependiendo de la profundidad, lo que asemejaría un perfil parabólico de las siguientes características: $Veloc = (Prof. / a)^{1/2}$

Para cada punto A se determinara la constante “a” con la velocidad y la profundidad correspondiente a ese punto. Esto nos permitirá hallar las velocidades para cada punto a lo largo de la profundidad respectiva (Fig. 68).

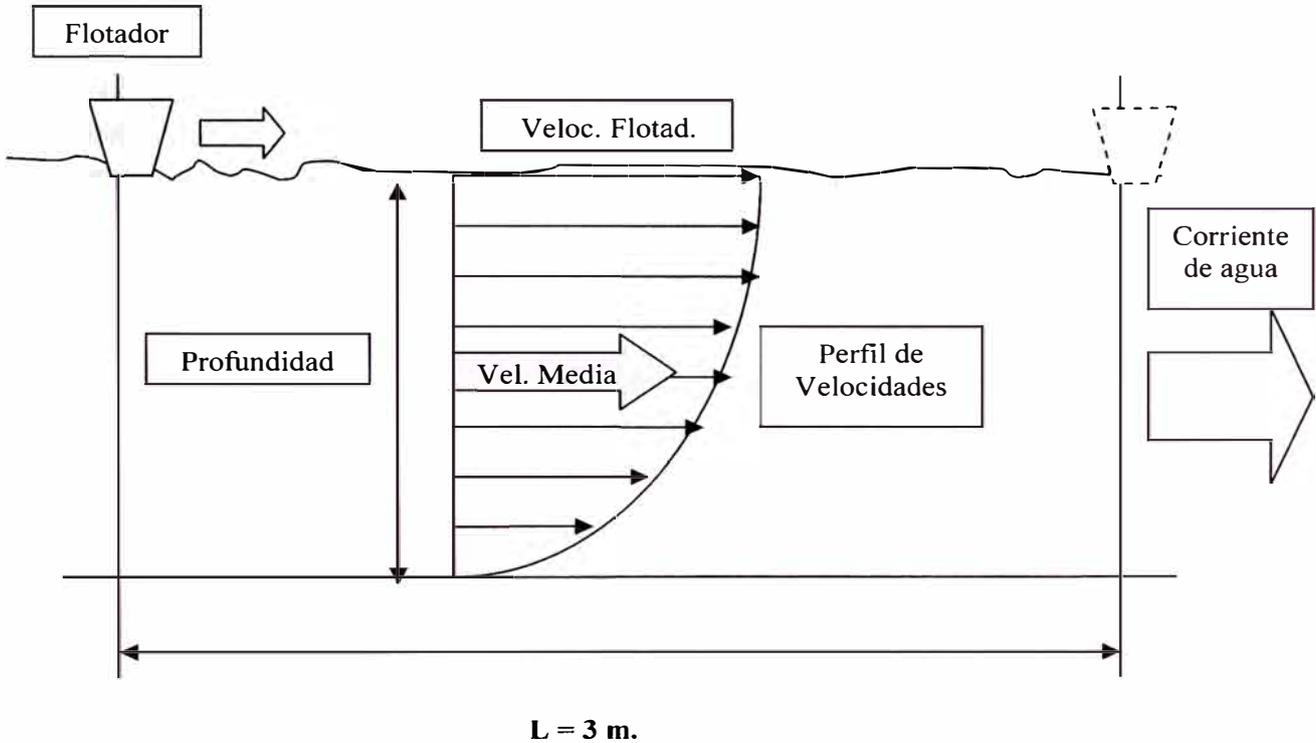


Fig.68 Determinación de Velocidades del Flotador

Procedemos hallar la velocidad promedio del agua

$$V_{\text{prom}} = \sum V_i / n$$

Donde:

V_i : Velocidad Superficial (m/s)

n : Número de puntos tomados (-)

Con esto obtenemos lo siguiente:

Se determinara en cada día la velocidad media la cual se especifica en las siguientes tablas: Cálculo de las Velocidades Superficiales del Flotador y Determinación de las Velocidades Promedio por Punto que se indica a continuación en las Tablas N° 9 y 10.

TABLA N° 9 CÁLCULO DE LAS VELOCIDADES SUPERFICIALES DEL FLOTADOR

ITEM	Distancia (m)	Tiempo Promedio (Seg)	Velocidad (m/s)
A1	3.00	4.3478	0.690
A2	3.00	4.8465	0.619
A3	3.00	3.9630	0.757
A4	3.00	4.2735	0.702
A5	3.00	4.4183	0.679
A6	3.00	4.9180	0.610

TABLA N° 10 DETERMINACION DE LA VELOCIDAD PROMEDIO POR PUNTO

PUNTO: A1

$$\text{Veloc.} = (\text{Prof.} / 0.5671)^{1/2}$$

ITEM	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)
1	0.01	0.133	0.477
2	0.05	0.297	
3	0.09	0.398	
4	0.13	0.479	
5	0.17	0.548	
6	0.21	0.609	
7	0.25	0.664	
8	0.27	0.690	

PUNTO: A2

$$\text{Veloc.} = (\text{Prof.} / 0.7047)^{1/2}$$

ITEM	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)
1	0.01	0.119	0.428
2	0.05	0.266	
3	0.09	0.357	
4	0.13	0.430	
5	0.17	0.491	
6	0.21	0.546	
7	0.25	0.596	
8	0.27	0.619	

PUNTO: A3

$$\text{Veloc.} = (\text{Prof.} / 0.4712)^{1/2}$$

ITEM	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)
1	0.01	0.146	0.523
2	0.05	0.326	
3	0.09	0.437	
4	0.13	0.525	
5	0.17	0.601	
6	0.21	0.668	
7	0.25	0.728	
8	0.27	0.757	

PUNTO: A4

Veloc. = (Prof. / 0.5478)^{1/2}

ITEM	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)
1	0.01	0.135	0.485
2	0.05	0.302	
3	0.09	0.405	
4	0.13	0.487	
5	0.17	0.557	
6	0.21	0.619	
7	0.25	0.676	
8	0.27	0.702	

PUNTO: A5

Veloc. = (Prof. / 0.4338)^{1/2}

ITEM	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)
1	0.01	0.152	0.479
2	0.04	0.304	
3	0.07	0.402	
4	0.10	0.480	
5	0.13	0.547	
6	0.16	0.607	
7	0.19	0.662	
8	0.20	0.679	

PUNTO: A6

Veloc. = (Prof. / 0.2687)^{1/2}

ITEM	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)
1	0.01	0.193	0.433
2	0.02	0.273	
3	0.03	0.334	
4	0.04	0.386	
5	0.05	0.431	
6	0.06	0.473	
7	0.07	0.510	
8	0.08	0.546	
9	0.09	0.579	
10	0.10	0.610	

$$\text{Velocidad Media} = \Sigma \text{Veloc. Promedio} / 6$$

$$\text{Velocidad Media} = 0.471 \quad \text{m/s}$$

Área Total de la Sección elegida

La sección transversal de la caída de agua elegida es una sección regular conocida por lo que fácilmente se hallará el área de la sección con la fórmula del área del paralelogramo:

$$A_{\text{secc.reg.total}} = 0.27 \times (1.70 + 0.70) / 2 = 0.32 \text{ m}^2$$

Por último hallamos el caudal del día de la caída de agua de Nariz del diablo de la siguiente forma:

$$Q_{\text{total ND}} = A_{\text{secc.reg}} \times V_{\text{media}}$$

La potencia había quedado reducida a la siguiente fórmula:

$$P = 500 \times Q \times H$$

Todo esto nos lleva a mostrar lo siguiente: La Tabla N° 8 de Caudales de Febrero del 2005 a Enero del 2005 a consecuencia de las mediciones realizadas a lo largo de este tiempo por el método del área y velocidad descrita, así como una Gráfica del Caudal Promedio Mensual (Fig.69)

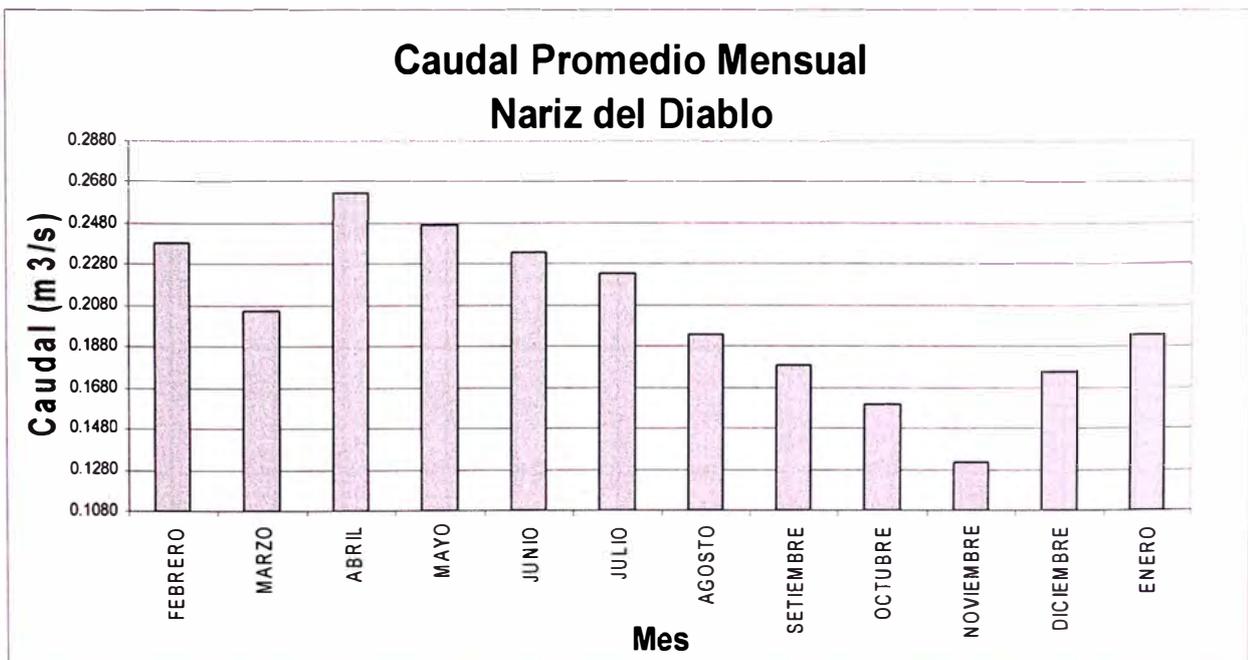


Fig. 69 Caudal Promedio Mensual Nariz del Diablo

CAIDA NARIZ DEL DIABLO

TABLA N° 8 METODO DEL AREA Y VELOCIDAD

Dia de Medicion	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
	Caudal (m³/s)											
1		0.1507		0.2473		0.2284		0.1842		0.1384		
2	0.2371		0.2568		0.2381		0.1947		0.1642		0.1643	
3												0.1866
4												
5												
6								0.1786		0.1327		
7			0.2647	0.2518	0.2341	0.2189	0.1986					
8	0.2214	0.1946							0.1693			0.1941
9											0.1680	
10												
11												
12					0.2381		0.2071	0.1699		0.1322		
13			0.2681			0.2235						0.1874
14				0.2434								
15	0.2510	0.2439							0.1581		0.1765	
16												
17								0.1841				
18					0.2355	0.2247	0.1836			0.1254		0.1978
19				0.2417								
20											0.1811	
21	0.2411	0.1742	0.2641						0.1611			
22												
23					0.2289		0.1911	0.1799				
24				0.2510		0.2276				0.1270		0.2011
25											0.1856	
26		0.2517										
27	0.2437								0.1549			
28			0.2598									
29					0.2298		0.1864					
30		0.2187		0.2476		0.2184		0.1742		0.1342	0.1799	
31									0.1523			0.1947
Promedio de Caudal	0.2389	0.2056	0.2627	0.2471	0.2341	0.2236	0.1936	0.1785	0.1600	0.1317	0.1759	0.1936

Luego se presentara la Tabla N° 11 de frecuencias de caudal de la caída Nariz del Diablo y su gráfica de frecuencias relativas, Curva de Potencias y Curva de Duración (Fig. 70, 71 y 72)

Tabla N° 11 Frecuencias de Caudal de Caída Nariz del Diablo

H= 9 m

9

Item	Rango de Caudales		Caudal				Potencia (Watts)
			Marca Clase	Frecuencia	Frec. Relativa (%)	Duración (%)	
1	0.1250	0.1394	0.1322	6	8.57	100.00	594.90
2	0.1394	0.1538	0.1466	2	2.86	91.43	659.70
3	0.1538	0.1682	0.1610	6	8.57	88.57	724.50
4	0.1682	0.1826	0.1754	9	12.86	80.00	789.30
5	0.1826	0.1970	0.1898	12	17.14	67.14	854.10
6	0.1970	0.2114	0.2042	4	5.71	50.00	918.90
7	0.2114	0.2258	0.2186	6	8.57	44.29	983.70
8	0.2258	0.2402	0.2330	9	12.86	35.71	1048.50
9	0.2402	0.2546	0.2474	11	15.71	22.86	1113.30
10	0.2546	0.2690	0.2618	5	7.14	7.14	1178.10
				70			

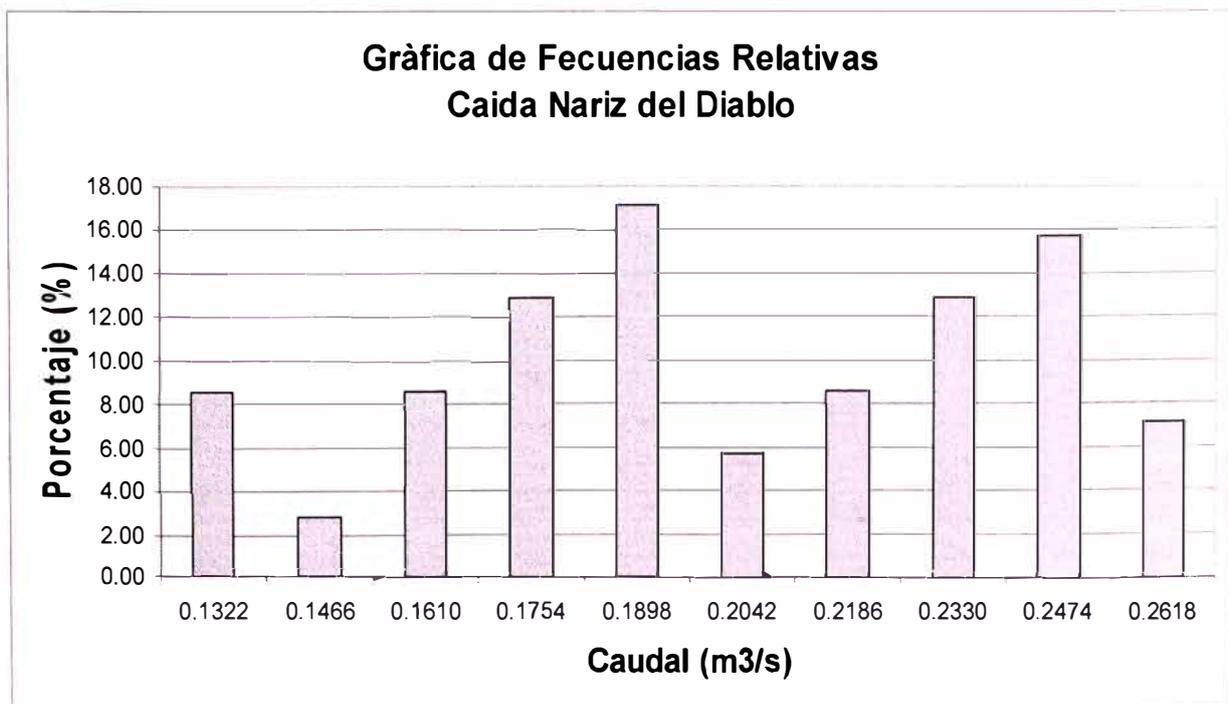


Fig. 70 Grafica de Frecuencias relativas de Nariz del Diablo

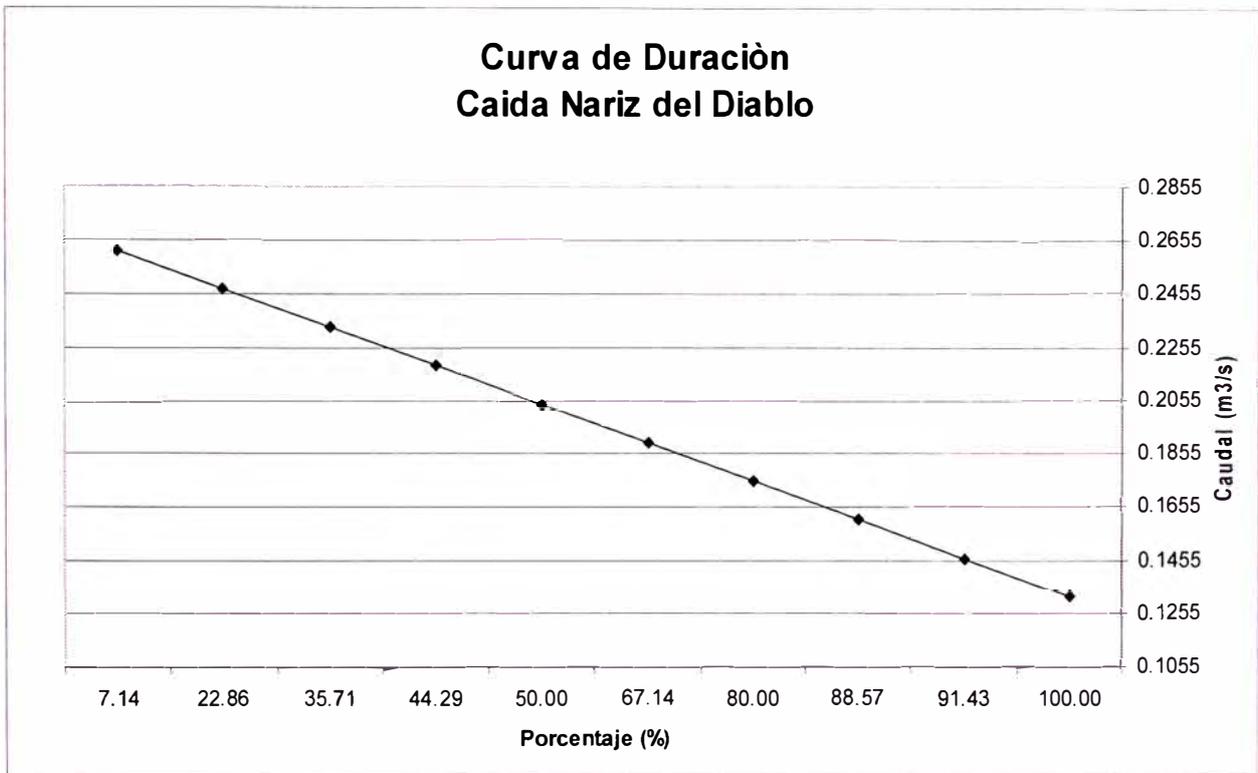


Fig. 71 Curva de Duración de Nariz del Diablo

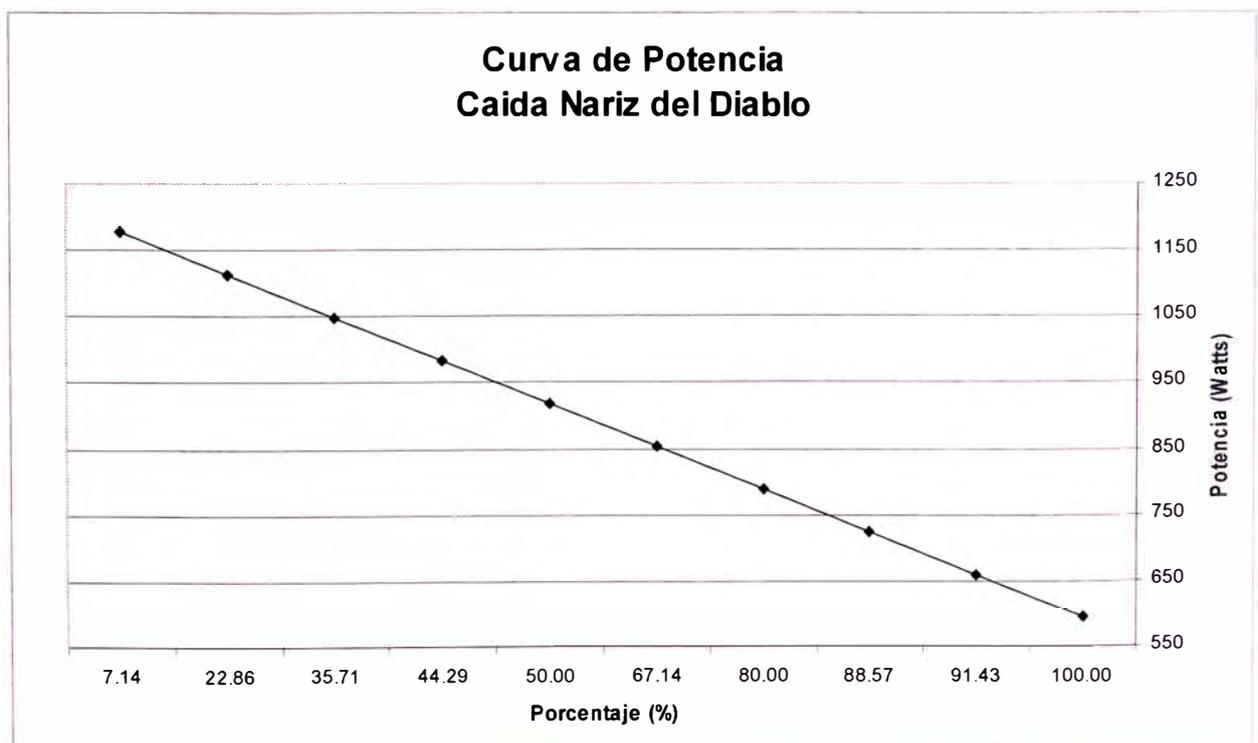


Fig. 72 Curva de Potencia de Nariz del Diablo

Basado en estas gráficas y considerando que la generación debe ser permanente o sea con una frecuencia de duración del 100% y un caudal de 0.1322 m³/s nos lleva a determinar que la potencia que pueda generar la Caída denominada Nariz del Diablo va a ser de 594.90 Watts.

En conclusión; de estas tres caídas de agua situadas a los alrededores de la Comunidad Nativa de Shivancoreni estas pueden ofrecer una potencia disponible permanente según lo indicado en la Tabla N° 12

Tabla N° 12 Potencia Disponible de las caídas de Shivancoreni

ITEM	Caída	Altura (m)	Caudal (m³/s)	Potencia (Watts)
1	Kapararoato 1	18.57	0.01115	103.57
2	Kapararoato 2	35.00	0.00985	172.38
3	Nariz del Diablo	9.00	0.13220	594.90

4.2. Evaluación del Potencial Solar

Según la información recabada de la última edición del Atlas Solar del Perú elaborado por el SENAMHI del Junio del 2003. La irradiación solar es una de las variables más importantes, por ser la fuente de energía utilizada en la gran mayoría de los procesos en nuestro planeta. No obstante la importancia de esta variable, su medición es escasa debido a los altos costos del instrumental de precisión requerido así como de su mantenimiento, por lo que la red de medición en el Perú, como en muchos otros países es limitada. De otro lado, la gran variabilidad topográfica y climática del territorio peruano obliga a tener que considerar redes más densas y bien

distribuidas a nivel nacional para una evaluación más precisa y detallada de este recurso.

En este contexto se hace necesario utilizar herramientas para la generación de datos de irradiación solar en zonas que no disponen de estos, recurriendo a diferentes métodos que permitan estimar esta variable en función de otras variables o parámetros conocidos o de mas fácil medición, como son la heliofania y temperaturas, las cuales son regularmente medidas en las estaciones meteorológicas más comunes.

Con el Plano del promedio Anual de la Energía Solar permite conocer las zonas potenciales para el aprovechamiento energético en el Perú o en cualquier parte de este, a partir del cual se optimizara el dimensionamiento y diseño de los equipos que utilizan esta fuente de energía.

Esta información constituye un valioso aporte para los sectores productivos público y privado en el Perú con la finalidad de promover la inversión e investigación en el uso de la energía solar como fuente alterna renovable y no contaminante.

Del plano obtenemos el siguiente dato:

Irradiación solar promedio anual en la zona de CCNN de Shivancoreni es de 4.75
Kw h / m²

Con este dato se efectuaran todos los cálculos para determinar los equipos fotovoltaicos necesarios.

4.3. Evaluación del Motor de Combustión Interna

Este moto generador fue activo de la empresa Shell que estuvo trabajando en la zona en búsqueda de petróleo pero que en vez de hallar lo que pretendía ubicar encontró un gran yacimiento de Gas Natural.

Después de muchas gestiones se logra que la Shell entregue un moto generador el cual entre 1998 y 1999 incluyendo las redes de distribución domiciliarias queda operativo.

El moto generador o grupo electrógeno de 10 KW esta compuesto por:

Un Motor Diesel Ruggerini de fabricación italiana de las siguientes características:

Modelo:	RP 368
Construcción:	2 cilindros
Potencia continua:	18 HP
Velocidad:	1800 RPM
Enfriamiento:	Por Aire
Arranque:	Eléctrico
Consumo de Combustible:	2 galones/hora de Diesel 2

El Generador Algesa tiene las siguientes características:

Potencia:	10KW
Velocidad:	1800 RPM
Tensión:	230 V
Frecuencia:	60 HZ
Número de Fases:	3 Φ

Este proporciona corriente electrica a la población los días lunes, miércoles y viernes de 6:30 p.m. a 8:30 p.m., alimentando las casas de los pobladores que lo utilizan dentro de sus limitaciones para iluminación y uso de radios o televisores.

CAPITULO N° 5:

CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGIA

La comunidad nativa de Shivancoreni como la mayoría de las comunidades esta relegada en la política gubernamental de no ser por la ayuda de organizaciones no gubernamentales, estas seguirían relegadas al olvido y sus jóvenes soñando en tener la más mínima oportunidad para salir de su pueblo y buscar un futuro distinto al que les rodea.

Dentro de los estudios hechos en poblaciones selváticas y de la sierra e inclusive en la costa donde las condiciones son de pobreza, un núcleo familiar posee un televisor, una radio y un par de fluorescentes, necesidades que con el tiempo tienden a aumentar.

5.1. Evaluación de la Demanda Actual de Energía

Número de Familias y Censo Poblacional actualizado al 2003

Familias: 41

Habitantes: 314

Número de Viviendas: 41

Promedio habitantes por vivienda: 6 ó 7

Cargas Especiales: 4

**TABLA N° 13 CARGAS DE VIVIENDAS DE
CCNN DE SHIVANCORENI**

Item	Familia	Nro. Miemb.	POTENCIA EN CORRIENTE ALTERNA							Total Potencia Instalada
			DEMANDA INSTALADA (WATTS)							
			Focos/Fluorescentes			Radio Grabadora				
			N°	Pot. (W)	Pot. Total (W)	N°	Pot. (W)	Pot. Total (W)		
1	Luis Miqueas Demetrio	6	2 fc.	50	100	1 r	50	50	150	
2	Juan Miqueas Torres	9	3 fc.	48	144	1 r	50	50	194	
3	Lucio Caristo	8	2 fc.	100	200	1 r	50	50	250	
4	Julio Vásquez	6	1 fc.	25	25	1 r	50	50	75	
5	Levi Caristo	4	1 fc.	50	50	2 r	34	68	118	
6	Jaime Italiano	5	1 fc.	50	50	1 r	20	20	70	
7	Carlos Italiano	14	1 fc.	50	50	1 r	20	20	70	
8	Martín Bazan Pérez	7	1 fluo.	48	48	0	0	0	48	
9	Miguel Chacami	5	1 fc.	50	50	2 r/g	27	54	553	
			1 fluo.	48	48	1 r/g	23	23		
			3 fluo.	75	225	2 r	20	40		
						1 r/g	13	13		
						1 Amplc.	100	100		
10	Esteban Italiano	6	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
11	Elvira Aladino	7	2 fc.	50	100	0	0	0	100	
12	Efraín Italiano	8	1 fluo.	22	22	1 r/g	27	27	49	
13	Eleuterio Gonzáles	4	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
14	Pedro Italiano	4	1 fc.	50	50	0	0	0	50	
15	Jacobo Romano	9	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
16	Isabel Aladino	4	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
17	Valentín Pogenti	6	1 fc.	50	50	0	0	0	50	
18	Mario Italiano	10	3 fluo.	48	144	1 r/g	27	27	171	
19	Alfonso Aladino	7	0	0	0	0	0	0	0	
20	Tito Italiano	6	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
21	Abraham Italiano	3	2 fluo.	48	96	0	0	0	96	
22	Fabián Romano	9	2 fluo.	48	96	0	0	0	96	
23	Yuri Moreno	3	1 fc.	50	50	0	0	0	50	
24	Antonio Pascal	13	1 fc.	50	50	0	0	0	50	
25	Gerónimo Pascal	8	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
26	Bárbara Sebastián	3	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
27	Atahualpa Sankovate	7	2 fc.	50	100	0	0	0	100	
28	Cupertino Caya	5	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
29	Remigio Caya	4	1 fc.	50	50	2 r/g	29	58	108	
30	Samuel Ortega	9	1 fc.	50	50	0	0	0	50	
31	Rosa Pascal	3	1 fc.	50	50	0	0	0	50	
32	José Rivas	7	1 fc.	50	50	0	0	0	50	
33	Juan Aladino	4	1 fc.	50	50	0	0	0	50	
34	Justo Pascal	6	1 fluo.	48	48	1 r/g	27	27	75	
35	Wilfredo Pascal	9	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
36	Filemon Pascal	3	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
37	Marcial Aladino	6	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
38	Almi Aladino	3	0	0	0	0	0	0	0	
39	Camilo Chiri	7	1 fc.	50	50	0	0	0	50	
40	Alejo Cárdenas	6	1 fc.	50	50	1 r/g	27	27	77	
41	Venturo Tenteyo	6	0	0	0	0	0	0	0	
Potencia Instalada (Watts)									3,697	

TABLA N° 14 CARGAS ESPECIALES

Item	Lugares	POTENCIA EN CORRIENTE ALTERNA						Potencia Total (Watts)
		Focos/Fluorescentes			Equipo Electrónico / Motores para equipos			
		N°	Pot. (W)	Pot. Total (W)	N°	Pot. (W)	Pot. Total (W)	
1	Posta Medica	5 fc.	50	250				272
		1 fluo.	22	22				
2	Local Comunal	7 fc.	50	350	Tv 37"	200	200	1109
		8 fluo.	48	384	1 VHS	100	100	
					1 r/g	50	50	
					1 receptor	25	25	
3	Cedia	6 fc.	50	300				550
		1 TV	150	150				
		1 VHS	100	100				
4	Taller de Costura	2 fc.	50	100	4	100	400	500
Potencia Instalada (Watts)							2,431	

Las Tablas N° 13 y 14 cuadros nos muestran una demanda de potencia actual instalada en toda la comunidad nativa de Shivancoreni la cual corresponde a una corriente alterna.

Viviendas (41) 3,697 W

Cargas Especiales (4) 2,431 W

Total de Potencia Instalada 6,128 Watts

Se acuerdo a esto podemos observar que según lo establecidos para cada caída de agua se generará según lo calculado y comparando lo requerido podemos observar lo siguiente en la Tabla N° 15:

Tabla N° 15 Comparación de Potencias requerida y Generada

ITEM	Caída	Altura (m)	Caudal (m³/s)	Potencia Generada (Watts)	Potencia Requerida (Watts)
1	Kapararoato 1	18.57	0.01115	103.57	6,128.00
2	Kapararoato 2	35.00	0.00985	172.38	6,128.00
3	Nariz del Diablo	9.00	0.13220	594.90	6,128.00

Ninguna de las caídas cubre con satisfacer las necesidades de potencia de la comunidad por lo que han de ser desechadas como opción.

5.2. Evaluación de la Demanda Proyectada de Energía

Según la tendencia de crecimiento de la población esta es pequeña e incluso los jóvenes tienen el sueño de emigrar a la ciudad, por lo que se considerara al índice de crecimiento solo del 1 % anual, además se proyectará para un periodo de 20 años.

Hay que considerar la siguiente fórmula para determinar el crecimiento de los requerimientos de potencia de la comunidad.

$$Pf = Po \times (1+i)^n$$

$$Po = 6,128 \text{ Watts}$$

$$i = 0.01 \text{ (índice de crecimiento estimado poblacional anual)}$$

$$n = 20 \text{ años}$$

$$Pf = 7,477.32 \text{ Watts}$$

Ahora, según esto la población ha de necesitar una fuente de generación eléctrica que cubra con la cantidad de 7,477.32 Watts a una tensión de 220 voltios de corriente alterna.

CAPITULO N° 6:

MODELO DE ELECTRIFICACION RURAL PROPUESTO

Definido que a nivel de generación hidráulica no se va a poder satisfacer las necesidades de potencia de la comunidad se tomará como segunda opción el empleo de la energía solar por medio de los paneles solares.

La realidad de la comunidad nativa de Shivancoreni es la ya mencionada, actualmente ellos poseen una carga ya instalada de 6,128 Kw, potencia que es proporcionada por un motogenerador de 10 Kw, que por medio del tendido de redes se distribuye la carga requerido a cada una de las 41 familias, bajo un régimen de uso nocturno y durante la semana solamente los días lunes, miércoles y viernes de 6:30 p.m. a 8:30 p.m.

Lo adecuado y recomendable es no desperdiciar nada de los bienes y equipos que se posea por lo que se seguirá usando la red existente pero ahora solo para el uso de alumbrado publico, colocando en cada poste una unidad de alumbrado posiblemente de sodio de 50W además las cargas especiales correspondientes a la posta medica

272W, local comunal con 1,109W, local CEDIA con 550W y Taller de costura con 500W todas a tensión de 220 voltios también permanecerán en la red.

Las viviendas tendrán que desconectarse de la red para adecuar a cada una de ellas para la instalación de su correspondiente kit solar.

Lo siguiente que se tiene que definir es que las viviendas tendrán que adecuarse respecto a sus equipos de alumbrado, radio y televisión ya que la alimentación será una alimentación con corriente continúa.

CÀLCULO DE SISTEMAS DE PANELES SOLARES PARA LA ZONA DE LA COMUNIDAD

El uso que se le dará a la energía eléctrica es primordialmente doméstica por lo que se considerará las siguientes cargas típicas de la Tabla N° 16

VIVIENDA RURAL TÍPICA

TABLA N° 16 CARGAS TÍPICAS

<u>ITEM</u>	<u>CARGA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>VOLTAJE</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>POTENCIA TOTAL</u>
01	Foco	02	12 V	08 W	16 W
02	Radio	01	12 V	10 W	10 W
03	Televisión	01	12 V	14 W	14 W

CARACTERÍSTICAS DE UTILIZACIÓN

Régimen : Nocturno

Uso : Diario, durante todo el año

TABLA N° 17 NUNERO. DE HORAS DE UTILIZACIÓN

<u>ITEM</u>	<u>CARGA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>POTENCIA TOTAL</u>	<u>VERANO</u>	<u>INVIERNO</u>
01	Foco	02	16 W	03 horas	04 horas
02	Radio	01	10 W	06 horas	06 horas
03	Televisión	01	14 W	03 horas	03 horas

Nota:

- La carga 01 representa la luz en la habitación común la que permanece prendida durante todo el tiempo de la misma forma la que se coloca fuera de la vivienda.
- La radio representa la utilización durante todo el período.
- La televisión representa un equipo de 14" en blanco y negro, a ser utilizada durante todo el periodo del tiempo.

TABLA N° 18 ENERGÍA REQUERIDA

<u>ITEM</u>	<u>CARGA</u>	<u>VERANO</u>	<u>INVIERNO</u>
01	Foco	48 Wh	64 Wh
02	Radio	60 Wh	60 Wh
03	Televisión	42 Wh	42 Wh
TOTAL		140 Wh	166 Wh

- Energía neta requerida sin las pérdidas del sistema que se añadirán.

Cálculo de Energía suministrada por el panel

Temperatura máxima de la zona : 40 °C

Temperatura mínima en invierno : 12 °C

Temperatura promedio verano : 30 °C

Irradiación solar de la zona

Según datos proporcionados del Atlas de Energía Solar del Perú de Junio del 2003 elaborados por el SENAMHI y por encargo del MEM, la irradiación solar promedio en la zona a la que corresponde la CCNN de Shivancoreni que se indican en la Tabla N° 19:

TABLA N° 19 IRRADIACION SOLAR EN LA ZONA DE SHIVANCORENI

MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Irrad. Solar (KWh/m ²)	4.75	5.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	5.25	5.25	4.75	4.25

La irradiación correspondiente con la que se trabajara es la promedio de las correspondientes a los tres meses de peor radiación.

Luego:

$$\text{Irradiación Solar } Sh. = (4.75 + 4.75 + 4.25) / 3 = 4.58 \text{ Kwh/m}^2$$

TABLA N° 20 ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS

<u>ITEM</u>	<u>CARGA</u>	<u>EFICIENCIA</u>
01	Cable	98 %
02	Batería	90 %
TOTAL (η cab. + bater.)		88.20 %

TABLA N° 21 ENERGÍA REQUERIDA BRUTA

Energía Bruta Req. = (Energía Requerida) / (η cab. + bater.)

<u>ITEM</u>	<u>CARGA</u>	<u>VERANO</u>	<u>INVIERNO</u>
01	Energía	158.73 Wh	188.21 Wh

CALCULO DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL PANEL

$$P_t = P_p [1 - \delta (T_a + kR - T_d)]$$

Donde:

P_t : Potencia Total de salida del panel en la zona

P_p : Potencia Pico neto dado por el fabricante

δ : Coeficiente de degradación ($\delta = 0.005$, para Tecnología Siemens)

- T_a : Temperatura en condiciones adversas
 K : Coeficiente que varía según la fuerza del viento ($k = 0.3$ viento regular)
 T_d : Temperatura de diseño del panel para su máx. pot. de salida de $25\text{ }^\circ\text{C}$
 R : 80 mW/cm^2 para zonas con nubes pasajeras

Luego para condiciones adversas en verano se considerara $T_a = 40^\circ\text{C}$ y en invierno

$T_a = 12^\circ\text{C}$

Reemplazando:

Verano:

$$P_t = 50[1 - 0.005(40 + \langle 0.3 \rangle \langle 80 \rangle - 25)]$$

$P_t = 40.25\text{ Wp}$

De salida en verano en condiciones adversas.

Invierno:

$$P_t = 50[1 - 0.005(12 + \langle 0.3 \rangle \langle 80 \rangle - 25)]$$

$P_t = 47.25\text{ Wp}$

De salida en invierno en condiciones adversas

Cálculo del número de horas con sol

$$\text{Nro. horas} = \frac{\text{Irrad. zona}}{1\text{ sol}} = \frac{4.58\text{ kWh/m}^2}{1\text{ kW/m}^2} = 4.58 \text{ horas de sol diaria promedio en condiciones adversas}$$

Por lo tanto los resultados se indican en la Tabla N° 22:

**TABLA N° 22 ENERGÍA SUMINISTRADA POR EL PANEL EN
CONDICIONES ADVERSAS**

<u>ITEM</u>	<u>CARGA</u>	<u>VERANO</u>	<u>INVIERNO</u>
01	Energía Panel	184.35 Wh	216.41 Wh

Se observa por los resultados que la generación de energía cubre el consumo de las cargas.

CÁLCULO DE LAS BATERÍAS:

Número de días requerida sin recarga: 3 Días

En invierno se da la peor condición y se da el mayor consumo.

Capacidad de la batería = (4 noches)x(166 Wh) = 664 Wh/d

Asumiendo una descarga del 80% de la batería

Capacidad de la batería = (4 noches)x(166 Wh) = 830 Wh/d

0.8

Por lo tanto la reserva de la batería será de 830 Wh/d como mínimo.

Entonces:

Baterías estacionarias de Plomo Acido profundidad (0.70)

Baterías con placas de Plomo Calcio profundidad (0.50)

Baterías de Plomo Acido uso automotriz profundidad (0.30)

Asumiendo una profundidad de descarga de la batería del 80%

De Catálogo de baterías Sonnenschein vemos:

$$V = 12 \text{ V}$$

$$E = 90 \text{ Ah} \quad (\text{C100 Modelo AESL080})$$

$$E_t = (12 \text{ V}) \times (90 \text{ Ah}) = 1080 \text{ Wh}$$

Entonces:

$$E_T = (1080 \text{ Wh/d}) \times (0.8) = 864 \text{ Wh}$$

Número de días de Independencia

$$\text{NDI} = E_T / \text{Energía Req. Invierno}$$

$$\text{NDI} = (864 \text{ Wh}) / (166 \text{ Wh/día}) = 5.20$$

Concluimos que la batería elegida tendrá una independencia de 5.20 noches

Equivalente a 4.20 días sin sol.

6.1 Diagrama y Disposición del Modelo Propuesto

La disposición del modelo propuesto es como el esquema que se describe a continuación considerando que las cargas se distribuirán como se indica a continuación (Fig. 73 y 74):

- Un fluorescente en el interior de la vivienda
- Una toma para el uso de un radio
- Una toma para el uso de un televisor
- Un fluorescente en el exterior de la vivienda

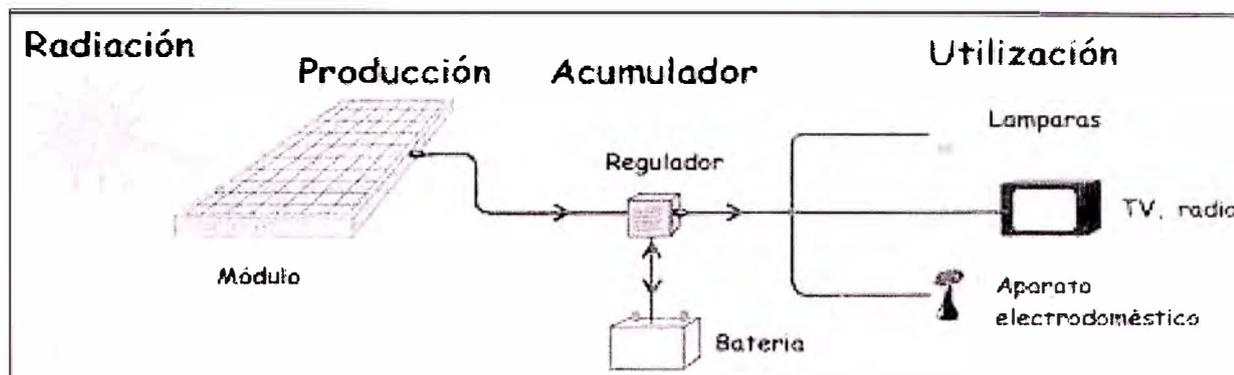


Fig. 73 Disposición de Equipos en Corriente Continua

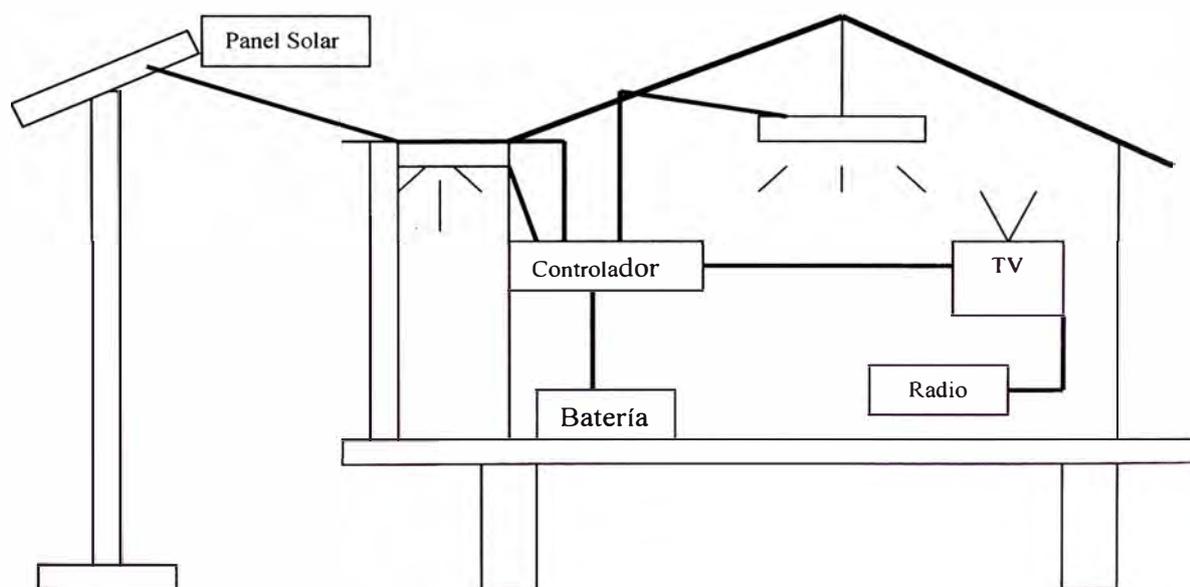


Fig. 74 Modelo Propuesto

Diagrama de disposición de las cargas y equipos en Vivienda

6.2 Aspecto Económico

6.2.1 Presupuesto del Proyecto

Para el costeo del proyecto se tiene que tomar en cuenta que los equipos en la mayoría de los casos nos serán vendidos pero puestos en la capital, los que devendría en los gastos de transporte a la CCNN de Shivancoreni y complementario a estos los gastos correspondientes a montaje e instalación de los mismos

Hay tres categorías principales de costos relacionados con la instalación de los equipos en la comunidad estos son:

6.2.1.1 Costo de Equipo Fotovoltaicos

El costo del los equipos fotovoltaicos de acuerdo a las características propias de la zona tanto en lo referente a la radiación como a las condiciones climáticas se proponen equipos y elementos que permitirán sacar el mejor provecho de las condiciones presentes estos son:

Ref.:	Suministro Sistema Fotovoltaico					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO (US \$)	PRECIO PARCIAL (US \$)	PRECIO TOTAL (US \$)
1.	OFERTA BASICA Sistema Solar (Zona Cusco – Selva)					
1.1	Panel Solar SM 50 de 50Watts (16.6VDC - 3.05 ADC).	U	1	340.00	340.00	340.00
1.2	Controlador Fotovoltaico marca Steca (Alemania) Alpha y/o Solsum 8.8 de 8 amp., capacidad lado de carga, protección contra polaridad invertida de baterías, paneles solares y la carga. Selección automática 12 o 24 VDC con protección contra descargas profundas de baterías y otros.	U	1	60.00	60.00	60.00
1.3	Batería marca Sonnenschein (Alemana) modelo S212/85 de 85 AH en un régimen de descarga de 100 horas, 4000 ciclos de vida a un 20% de profundidad de descarga diaria, 12 VDC nominales especiales para aplicación Fotovoltaica.	U	1	135.00	135.00	135.00
1.4	Caja de fusibles especial de 4 salidas.	U	1	30.00	30.00	30.00
1.5	Cableado para interconexión eléctrica entre paneles solares, de paneles solares estas a controlador a banco de baterías a base de cable vulcanizado 2 x 10 AWG, cable mellizo 2 x N° 14 y grampas.	Cjto.	1	40.00	40.00	40.00
1.6	Soporte de aluminio tipo H sobre plano horizontal fabricado a base de perfiles regulares para 2 paneles SM 50 el ángulo de inclinación podrá variar entre 10° - 15 ° y 20°.	Cjto.	1	55.00	55.00	55.00
1.7	Convertor DC/DC SOLSUM VC; 12-24 VDC /12.0 - 9.0 - 7.5 - 6.0 y 3.0 VDC.	Unid.	1	25.00	25.00	25.00
1.8	Lámpara SOLSUM de 11 W/12 VDC	Cjto.	2	16.00	32.00	32.00
1.9	Interruptor de baquelita adosable C/ rondana de madera	Cjto.	2	4.00	8.00	8.00
Sub Total x 01 Sistema					US\$	725.00
Sub Total x 41 Sistema para Shivancoreni					US\$	29,725.00
I.G.V. (19%)						5,647.75
TOTAL x 41 Sistemas					US\$	35,372.75

6.2.1.2 Costos de proyecto que no están relacionados con el equipo

El costo transporte se considerara el 20 % del costo total de los equipos sin impuestos, el cual ascenderá a la siguiente cantidad (Tabla N° 23):

COSTO DE TRANSPORTE PARA LA COMUNIDAD		
CCNN	COSTO EQUIPOS	COSTO TRANSP.
SHIVANCORENI	35,372.75	7,074.55

Tabla N° 23 Costos de Transporte a la CCNN de Shivancoreni

6.2.1.3 Montaje e instalación locales

Los trabajos a realizar en la comunidad se realizaran por personas especializadas en la instalación de paneles solares pero en lo que se refiere a el apoyo de personal operativo este puede ser tomado con personal de la zona que a la vez le permitirá conocer de alguna manera las características de los equipos y poder participar de alguna forma en el mantenimiento que se le de a los mismos.

TABLA N° 24 COSTO DE MANO DE OBRA Y OTROS GASTOS CCNN SHIVANCORENI

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD PERSONAS	N° DIAS	PRECIO UNITARIO (\$)	COSTO (\$)
1	Ingeniero	HH	2	30	33.33	1,999.80
2	Capataz	HH	1	30	28.71	861.30
3	Operario	HH	10	30	23.81	7,143.00
4	Viáticos	UN	13	30	20.00	7,800.00
					TOTAL	\$17,804.10

En la CCNN de Shivancoreni los costos totales correspondientes son los siguientes:

a) Costos de Equipos FV	\$ 35,372.75
b) Costo de Transportes	\$ 7,074.55
c) Costo de mano de Obra y otros	\$ <u>17,804.10</u>
Total	\$ 60,251.40

Para la adquisición de paneles solares para cada vivienda de uso exclusivamente domiciliario, el monto asciende para las 41 casas de la comunidad a \$ 60,251.40 dólares americanos.

6.2.2 Análisis Económico de Alternativa

Se determinara el Valor Actual neto de las inversiones a realizar tanto para los sistemas fotovoltaicos autónomos como el del grupo electrógeno generador y comparar cual de las dos alternativas es económicamente mas adecuada a lo largo del tiempo de vida de los paneles solares (25 años).

Para el análisis de este caso vamos a tener que considerar los datos ya sabidos y emplear en forma adecuada los existentes.

a. Determinación del VAN de los Paneles Solares

El costo de adquisición de los paneles solares completos solo para viviendas para nuestro caso es de \$35,372.75 (costo paneles más baterías).

Cada 5 años se renovarán todas las baterías a un costo de \$6,586.65 pero estos costos son actuales y a futuro serán a 5 años: \$11,607.93 a 10 años: \$20,457.14 a 15 años: \$36,052.46 y a 20 años: \$63,536.76, además se considerara una amortización anual de \$170.00.

Se considerará 12% el valor del interés anual que requiere este análisis (interés bancario).

A continuación observaremos el flujo de dinero en el lapso de 25 años.

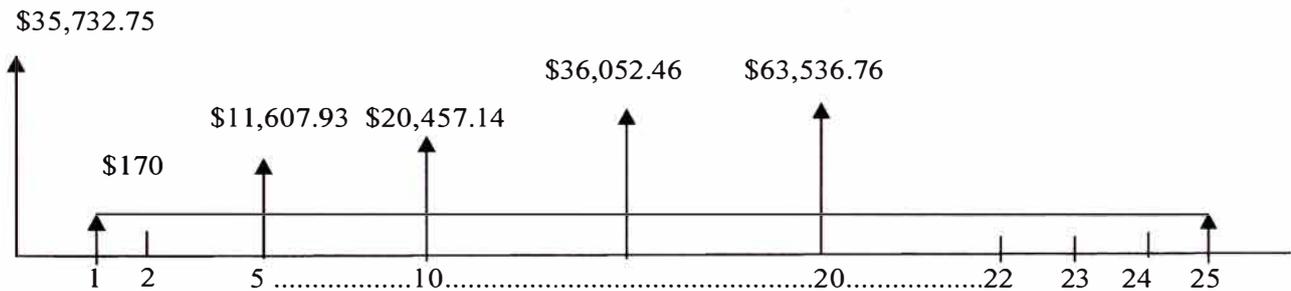


Fig. 75 Distribución de Salidas de dinero de Paneles Solares

Para el análisis de este caso primero vamos a verificar el valor del VAN (Valor Actual Neto) que es el valor equivalente de todos los desembolsos traídos al tiempo presente y así poder compara este valor respecto a otro y el más adecuado será el que menos valor tenga (Fig. 75).

$$\text{VAN 1} = 35372.75 + 63536.76 (1 / (1 + i)^{20}) + 36052.46 (1 / (1 + i)^{15}) + 20457.14 (1 / (1 + i)^{10}) + 11607.93 (1 / (1 + i)^5) + 170 (((1 + i)^{25} - 1) / i (1 + i)^{25})$$

$$\text{VAN 1} = 35372.75 + 63536.76 (1 / (1 + 0.12)^{20}) + 36052.46 (1 / (1 + 0.12)^{15}) + 20457.14 (1 / (1 + 0.12)^{10}) + 11607.93 (1 / (1 + 0.12)^5) + 170 (((1 + 0.12)^{25} - 1) / i (1 + 0.12)^{25})$$

$$\text{VAN 1} = 35372.75 + 6586.65 + 6586.65 + 6586.65 + 6586.65 + 170 (7.24)$$

$$\text{VAN 1} = 35372.75 + 6586.65 + 6586.65 + 6586.65 + 6586.65 + 1230.77$$

$$\text{VAN 1} = \$ 62,950.12$$

Para este caso todos los gastos traídos al presente equivalen a \$ 62,950.12

b. Determinación del VAN del Moto Generador

El costo de adquisición en este caso es el siguiente \$ 11,539.41 que es el valor del moto generador existente junto a sus redes de distribución y tablero.

En comparación a los paneles solares el moto generador tiene un tiempo de vida útil que varía entre los 5 a 8 años dependiendo del uso, del mantenimiento que se la da y otras pautas más por lo que vamos a considerarlo como que debe tener 5 años de vida útil. Esto nos llevará a que cada 5 años reemplacemos el moto generador gastando en valor presente \$ 9,322.60, las compras de reemplazo se realizarán en los años 5, 10, 15 y 20 por lo que estos gastos serán en el año 5: \$ 16,429.61, año 10: \$ 28,654.58, año 15: \$ 51,027.86 y año 20: \$ 89,928.53, estos cuatro monto traídos al presente cada uno de ellos equivale a \$ 9,322.60

El costo del consumo de combustible será de 1,422.22 \$/año además se considerará un gasto de mantenimiento mano de obra y otros de 717.28 \$/año los que nos lleva a un gasto de todo este rubro de 2,139.51 \$/año.

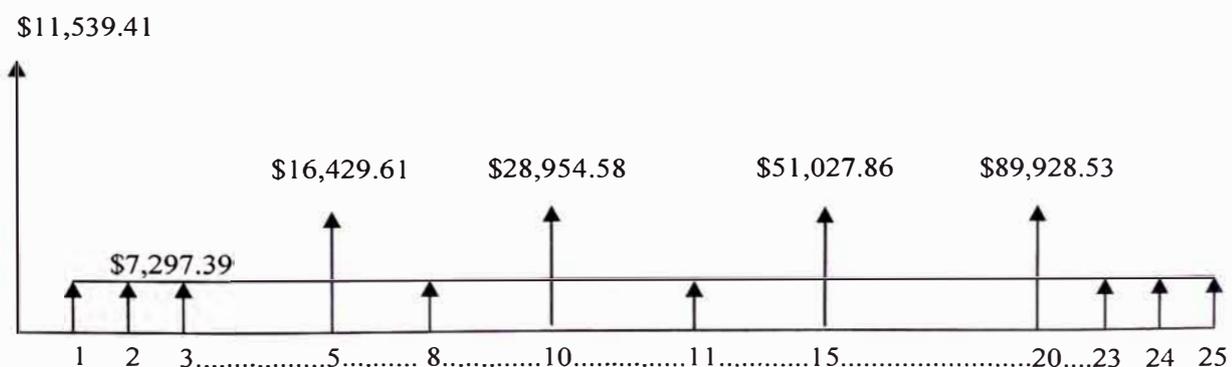


Fig. 76 Distribución de egresos de dinero de Moto generador

Ahora de todos estos gastos vamos a determinar su VAN (Valor Actual Neto).

$$\begin{aligned} \text{VAN 2} = & 14203.01 + 16429.61 (1 / (1+i)^5) + 28954.58 (1 / (1+i)^{10}) + \\ & + 51027.86 (1 / (1+i)^{15}) + 89928.53 (1 / (1+i)^{20}) + \\ & + 2139.51 (((1+i)^{25} - 1) / i (1+i)^{25}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VAN 2} = & 14203.01 + 16429.61 (1 / (1+0.12)^5) + 28954.58 (1 / (1+0.12)^{10}) + \\ & + 51027.86 (1 / (1+0.12)^{15}) + 89928.53 (1 / (1+0.12)^{20}) + \\ & + 2139.51 (((1+0.12)^{25} - 1) / 0.12 (1+0.12)^{25}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VAN 2} = & 14203.01 + 9322.60 + 9322.60 + 9322.60 + 9360.22 + \\ & 2139.51 ((21.23 - 1) / (0.13 (21.23))) \end{aligned}$$

$$\text{VAN 2} = 14203.01 + 37290.40 + 7297.39 (20.23 / 2.76)$$

$$\text{VAN 2} = \$ 104,974.66$$

El valor del VAN en este caso es de \$ 104,974.66 dólares americanos.

Luego podemos comparar los valores del VAN tanto de la alternativa de paneles solares como de la del Moto generador son:

Alternativa Panel Solar: VAN 1 = \$ 62,950.12

Alternativa Moto generador: VAN 2 = \$ 104,974.66

Estos valores nos demuestran que para el caso de Shivancoreni la alternativa que menores gastos van a ser la de los Paneles Solares VAN1 por lo tanto económicamente es la más adecuada a comparación de la del Moto generador VAN2.

6.2.2.1 Comparación de Alternativas más Económicas entre los Equipos Fotovoltaicos y el Moto Generador Diesel

Para realizar este análisis se tendrán presentes todos los gastos que se realizaran a lo largo del tiempo de vida útil de los paneles solares en comparación con el grupo generador diesel. Han de ser considerados los gastos de mantenimiento, compra de repuestos así como lo referente a costos de mano de obra y transporte de equipos y viáticos del personal especialista que llegue a realizar visitas técnicas o de inspección.

Respecto al equipo generador diesel se tendrá en cuenta para este análisis los gastos de combustible diesel así como la compra de aceites y filtros y la renovación del generador cumplido su ciclo de vida cada 5 años.

A continuación podemos observar en la tabla donde se detallan los gastos realizados para los dos sistemas tanto Fotovoltaico como Grupo Generador Diesel de los que nos lleva a la conclusión que para los equipos la inversión durante 25 años será:

Sistema Fotovoltaico	\$ 65,969.35
Sistema Generador Diesel	\$ 104,981.06

Esto nos demuestra que a la larga la generación eléctrica por medio de paneles solares es mucho más adecuada y económicamente factible que la generación por medio de un grupo generador diesel que satisfaga los mismos requerimientos de energía para la comunidad de Shivancoreni.

A continuación mostramos la Tabla N° 25 que hace las comparaciones de los gastos de los dos sistemas.

TABLA N° 25 EVALUACION ECONOMICA DE SISTEMA FOTOVOLTAICO Y DIESEL

Vida útil	25	años
Tasa de descuento	12%	anual
Inflación del combustible	4.50%	anual
Horas de funcionamiento por día (todos los días del año)	4	horas
Horas de funcionamiento por años	1460	horas

Costo durante toda la vida útil del sistema Fotovoltaico

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Inversión US \$/año	Factor	Total 25 años (US \$)
1	Costo del sistema instalado					
	SFD	US \$		862.75	41	35,372.75
	Generador	US \$		-	1	-
	Redes	US \$				
2	Consumo de combustible	gal/h				
3	MO anuales	US \$		70.00	25	1,750.00
4	Reemplazo de baterías (5, 10, 15y 20 años)	US \$	41	160.65	4	26,346.60
5	Otros Mantenimiento y repuestos	US \$		100.00	25	2,500.00

Energía Total en vida útil
Costo durante vida útil

Kwh 74,825

\$65,969.35

Costo de energía

US \$ /
Kwh 0.8816

Horas de funcionamiento por día (solo 3 días a la semana)	4	horas
Horas de funcionamiento por años	576	horas

Costo durante toda la vida útil del sistema Diesel

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Inversión US \$/año	Factor	Total 25 años (US \$)
1	Costo del sistema instalado					
	SFD	US \$		-	1	-
	Generador (reemplazo a los 5,10, 15 y 20 años)	US \$		6,659.00	5	33,295.00
	Redes y tablero	US \$		4,906.43	1	4,906.43
2	Consumo de combustible	gal/h	2.00	1,422.22	25	35,555.56
3	MO anuales	US \$		200.00	25	5,000.00
4	Reemplazo de baterías (5, 10, 15, 20 y 25 años)	US \$		-	0	-
5	Otros (aceites, filtros, repuestos, redes)	US \$		517.28	25	12,932.10
6	Instalación y transporte con 5 años	US \$		2,663.60	5	13,318.00

Energía Total en vida útil
Costo durante vida útil

Kwh 115,200

\$105,007.09

Costo de energía

US \$ /
Kwh 0.9115

Para complementar los costos del Grupo Generador Electrónico se adjuntarán los presupuestos que respaldan los costos considerados en la comparación de alternativas.



R.U.C. :	CEDIA
Direc:	
Dist :	
Telf :	5753208
Att :	ING. JOSE SUPO
Ref :	COTIZACION DE MATERIALES

**COTIZACION
JM-246-06**

R.U.C.: 20206018411

Lima, 27 de Marzo del 2006

Nos es grato cotizarle a continuación la relación de materiales de acuerdo a su requerimiento

ÍTEM	MATRICULA	MARCA	UNID	CANT	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE ENTREGA	PRECIO NETO UNIT. US\$	PRECIO TOTAL US\$
1	5217208GGG		UN	300	AISLADOR. PORCEL. TP-CARRETE. 220V. CL. 53. 1.	INMEDIATA	0,452	135,59
2	5467452GGG		UN	300	PORTALINEA A0G0. HORIZONTAL SIMPLE. SIN AISLADOR.	2 SEMANAS	1,732	519,71
3	6511206GGG		UN	80	INTERRUPTOR TERMOMAG. BIP. TERMICO FIJO 220V 16A. 10(6) KA.	INMEDIATA	5,100	408,00
4	6512222GGG		UN	20	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO. 3X32A. 220V. CURVA B FIJO.	INMEDIATA	6,400	128,00
5	5021207CEL		MT	1.100	CONDUCTOR SOLIDO TW UNIPOLAR ROJO 1X10 MM2 750V.	INMEDIATA	0,357	392,70
6	5021165CEP		MT	300	CONDUCTOR SOLIDO TW UNIPOLAR NEGRO 1X6 MM2 750V.	INMEDIATA	0,175	52,53
7	5021125CEP		MT	200	CONDUCTOR SOLIDO TW UNIPOLAR NEGRO 1X4 MM2 750V.	INMEDIATA	0,122	24,36
8	5021089CEP		MT	200	CONDUCTOR SOLIDO TW UNIPOLAR VERDE 1X2.5 MM2 750V.	INMEDIATA	0,086	17,25
							SUB TOTAL	1.678,13
							I.G.V. 19,00%	318,84
							TOTAL US\$	1.996,98

- | | |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Condiciones de pago | : CONTADO. |
| Validez de la oferta | : 7 DÍAS |
| Lugar de entrega | : EN NUESTROS ALMACENES |
| Garantía | : 12 MESES EN BUENAS CONDICIONES DE INSTALACIÓN |
| Observaciones | : CUALQUIER MODIFICACION EN LOS METRADOS O ITEMS EN LA ORDEN DE COMPRA PODRÍA VARIAR LOS PRECIOS OFERTADOS |

ATENTAMENTE,

Juan Mejia Flores
 División Contratistas
 Fono : 276-3939 - Anexo 2682
 FAX : 276-3939 - Anexo 2688
 E mail: jmejia@tecsur.com.pe

DIESEL CENTRO S.A.

Av. Dansey 740 – Lima 1
Teléfono: 423-8712
Telefax: 425-1121
E mail: dicesa@terra.com.pe

Cot. N° 006-481

Lima 31 de marzo de 2006

Señores:

ONG Centro de Desarrollo Indígena Amazónico

Atn: Sr. José Supo

Estimados Señores,

De acuerdo a su solicitud por e-mail, nos es grato someter a su consideración nuestra Cotización por:

Grupo Electrónico de 10 KW compuesto de

Un motor diesel RUGGERINI de fabricación italiana y de las siguientes características:

Modelo	RP 368
Construcción	2 cilindros
Potencia continua	18 HP
Velocidad	1800 RPM
Enfriamiento	por aire
Arranque	eléctrico
Consumo de combustible	180 grs/HP/h (3.24 Lt/h)

Un generador de fabricación americana de las siguientes características:

Potencia	10 KW
Velocidad	1800 RPM
Tensión	230 V
Frecuencia	60 ciclos
Número de fases	3 o 1

Un tablero de control con voltímetro y llave interruptora

Una base común de fierro para el grupo Electrónico con acoplamiento directo del Generador al motor.

PRECIO DEL GRUPO	monofásico	trifásico
Puesto Almacén Lima (inc. IGV)	US\$ 6,451.00	US\$ 6,659.00

Condiciones comerciales:

Tiempo de entrega	1 semana
Forma de pago	al contado contra entrega

En espera que nuestra Oferta, merezca su aprobación, quedamos de ustedes.

Atentamente

DIESEL CENTRO S.A.

Ing° Otto Hofer
GERENTE

CE-YE-SA

INGENIERIA ELECTRICA

Av. Enrique Meiggs 255-257 Pque. Internacional de la Industria y Comercio Callao
e-mail: ceyesaindustria@millicom.com.pe Telfs.: 451-7936 452-4565 Fax: 451-7272 451-0617

Ppto. N° : 256/06

CEDIA (Centro De Desarrollo Del Indígena Amazónico)

Ing. José Supo

TABLERO DE DISTRIBUCION "TD", 220VAC, 3Ø, 60Hz

Estimados Señores:

En atención a su amable solicitud de cotización, nos es grato alcanzarles nuestro presupuesto por el suministro de la referencia con las especificaciones técnicas y condiciones comerciales siguientes:

1. GABINETE:

• **Características Constructivas:**

Gabinete metálico importado RITTAL/Alemania del tipo mural para adosar con las siguientes características:

Caja fabricada de una sola pieza; superficie metálica con tratamiento anticorrosivo en tres fases: fosfatizado, imprimación por electroforesis (inmersión anodina) y texturizado en RAL 7032.

La puerta dispone de listones perforados a ambos lados en vertical para una fijación rápida de mazos de cables; ángulo de abertura de la puerta de 130°; empaquetadura de cierre de poliuretano altamente elástica, que proporciona una estanqueidad segura; sistema de cierre de puerta de Bombin de doble paletón

Placa de montaje de fierro galvanizado de profundidad de montaje ajustable.

Posibilidad de conexión de puesta a tierra en la caja, puerta y placa de montaje.

Placa de entrada de cables en la parte **inferior y superior**.

Los Gabinetes tienen las siguientes aprobaciones: UL, CSA, TUV, VDE, Bureau Veritas, etc.

• **Dimensiones Aproximada:**

- Altura = 600mm
- Ancho = 380mm
- Prof. = 210mm

2. CONEXIONADO INTERNO:

Mediante accesorios de conexión trifásicos para DX con sus respectivos terminales y protectores finales; conductores de cobre cableados del tipo TW para el conexionado de fuerza, con bornes Legrand para la alimentación del IG Todo el cableado se encontrará perfectamente identificado con rótulos y marcadores de bornes Legrand.

3. OTROS ACCESORIOS

- Rotulo Acrílico con la designación del Tablero
- Bornera de Tierra de 8x16mm² + 1x25mm²
- Directorio
- Rotulo de Señal de Peligro

4. CARACTERISTICAS TECNICAS

- Tensión de Aislamiento : 600VAC
- Tensión de Servicio : 220VAC
- Bornera de Tierra : 100A (12x2mm)

5. EQUIPAMIENTO

CANT.	DESCRIPCION	MARCA
1	INTERRUPTOR GENERAL INTERRUPTOR AUTOMATICO DX 3x50A TIPO C 20KA/230V LEXIC	LEGRAND
6	CIRCUITOS DERIVADOS INTERRUPTOR AUTOMATICO DX 3x32A TIPO C 25KA/230V LEXIC	LEGRAND
1	INTERRUPTOR AUTOMATICO DX 2x20A TIPO C 25KA/230V LEXIC	LEGRAND
3	TERMINAL ENTRADA 6-35MM ² TP	LEGRAND
1	PROTECC FINAL P/PEINE CONEXIÓN	LEGRAND
2	TAPA CIEGA P/1 MODULO (ESPACIO DE RESERVA)	LEGRAND
	CUADRO DE MEDICION	
1	VOLTIMETRO DE CUADRO 0-300V 96*96mm	ISKRA
1	AMPERIMETRO DE CUADRO 0-50/5A 96*96mm	ISKRA
2	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE ASK31.4 50/5A 1.5VA	ISKRA
1	CONMUTADOR AMPERIMETRICO 1P/2TRF 16A 0-R-S-T	EFE SEMITRANS
1	CONMUTADOR VOLTIMETRICO 3F/3h, F/F, 16A [V3/10E]	EFE SEMITRANS
3	BORNE PORTAFUSIBLE 4MM ² 5x20-30 800V S/INDIC. LUMINOSO	LEGRAND
4	BORNE CORTOCIRCUITABLE 6mm ² 500V UGSK/S	LEGRAND
2	ESLABÓN PUENTEADOR PARA 2 BORNES UGSK/S	LEGRAND
2	TAPA FINAL PARA BORNE UGSK/S	LEGRAND
2	SEPARADOR PARA BORNE UGSK/S C/ENTALLADURA	LEGRAND
1	BORNE DE TIERRA 4mm ² USLKG 5	LEGRAND

Nota: Las Capacidades de los Interruptores está referida según la Norma IEC 60947-2

INFORMACIÓN TÉCNICA

Se entregará la siguiente información técnica: En Formato Impreso y en Formato Electrónico

Antes del proceso de fabricación del Tablero, para su aprobación:

- Planos preliminares Eléctricos y Mecánicos

Con la entrega del Tablero:

- Planos Eléctricos y Mecánicos
- Lista de Equipos y componentes del Tablero
- Catálogos y Manuales
- Protocolo de Pruebas del Tablero
- Lista de Recomendaciones Antes de la Puesta en Servicio del Tablero

OFERTA ECONOMICA

ITEM	CANT	DESCRIPCION	V.V. UNIT (U.S.\$)	V.V. PARCIAL (U.S.\$)
1	1	TABLERO DE DISTRIBUCION "TD"		722
		NOTA : Estos valores no incluyen I.G.V.		

CONDICIONES COMERCIALES

Validez de oferta : 15 Días.

Forma de pago : 50% con su Orden de Compra y saldo con aviso de término de Fabricación.

Plazo de entrega : Una Semana, después de recibida su Orden de Compra y planos preliminares aprobados y pago inicial.

Garantía : 12 Meses.

Lugar de entrega : Nuestra planta.

Embalaje : Cartón.

A la espera de sus gratas órdenes, quedamos de Ustedes,

Atentamente,

José Antonio Alcalde Talavera.

Además, podemos analizar ahora en los siguientes Tabla (26 Y 27) y gráficos los montos a invertir en los sistemas Fotovoltaicos y Moto generador.

TABLA Nº 26 COSTO EN 25 AÑOS DE LOS PANELES SOLARES Y DE LOS MOTOGENERADORES

	DOLARES (\$)
PANEL SOLAR	\$65,969.35
MOTOGENERADOR	\$105,007.08



Fig. 76 Costo Comparativo de los Paneles Solares y Moto Generadores

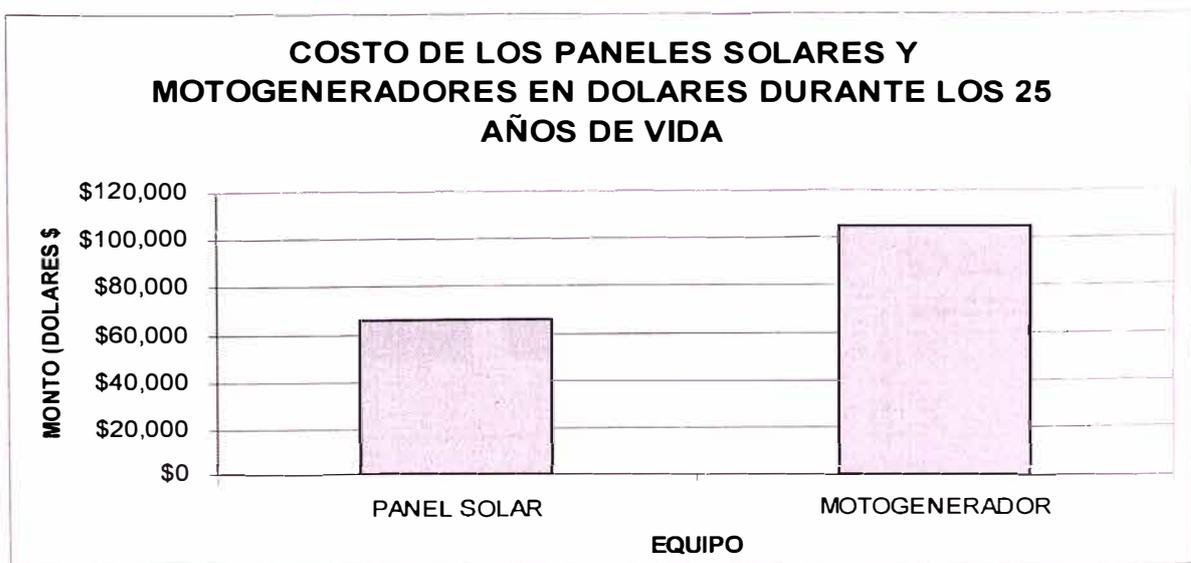


Fig. 77 Gráfico de Barras Comparación de Costos de paneles Solares y Moto Generadores

Podemos también observar los costo por Kwh de ambos sistemas que nos dan el siguiente resultado.

TABLA N° 27 COSTO DE LOS KWH DE LOS PANELES SOLARES Y DE LOS MOTOGENERADORES

	\$ / KWH
PANEL SOLAR	0.8816
MOTOGENERADOR	0.9115
	1.7932

	PORCENTAJE (%)
PANEL SOLAR	49%
MOTOGENERADOR	51%
	100%

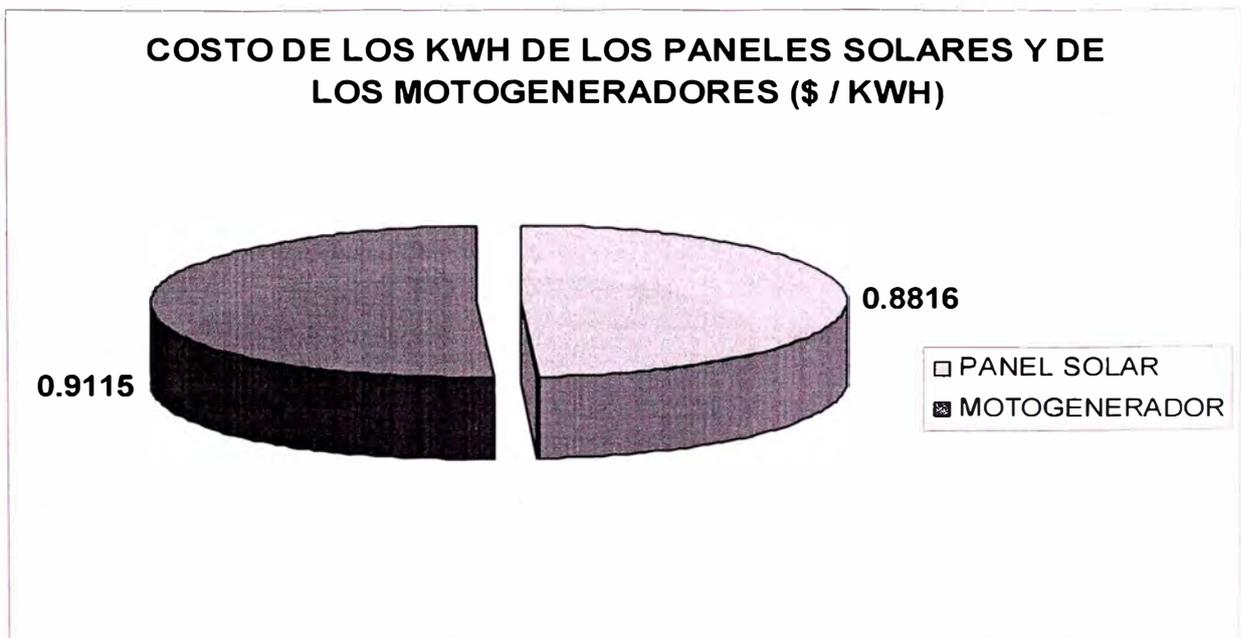


Fig. 78 Comparación de Costos de los \$/Kwh de los Paneles Solares y Moto Generadores

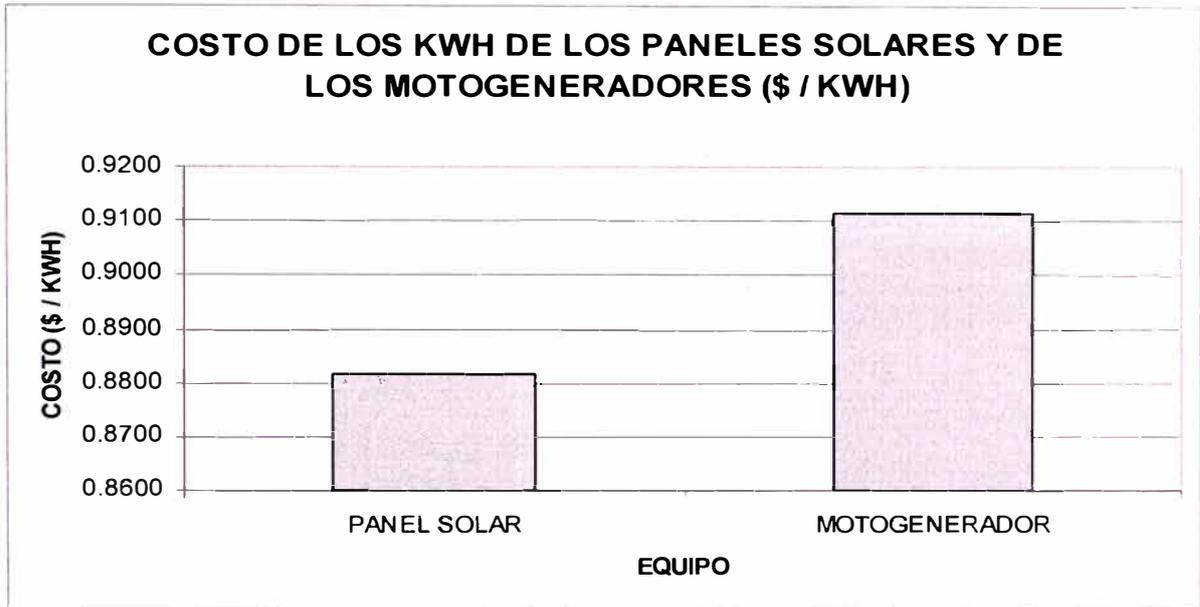


Fig. 79 Gráfico de Barras de los costos de los de Kwh de los Paneles Solares y Moto Generadores

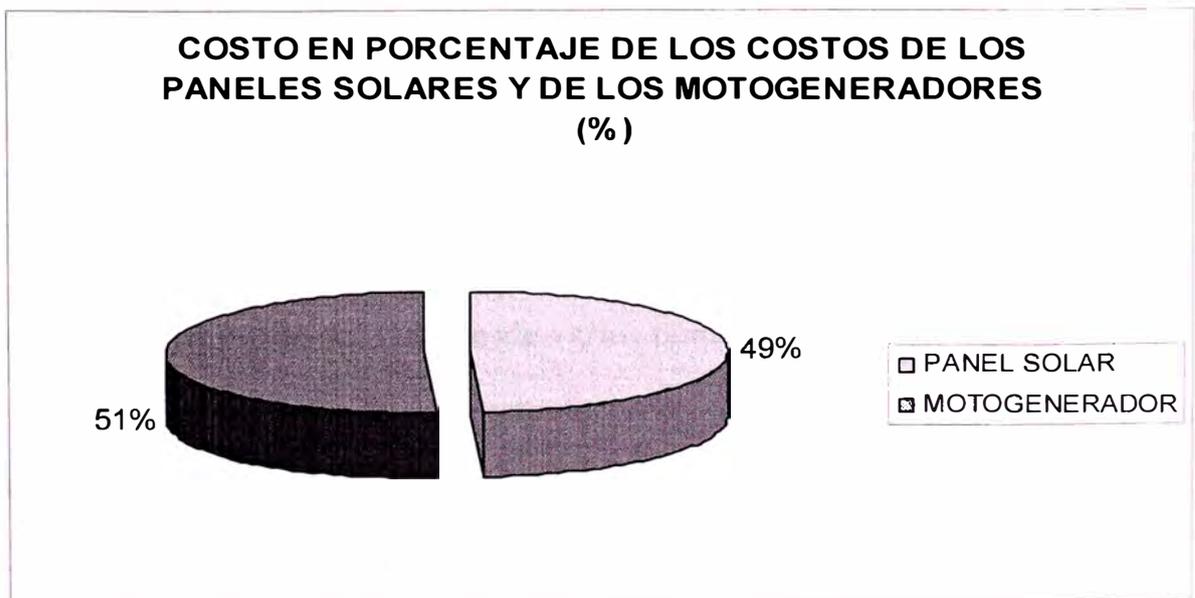


Fig. 80 Porcentaje de los Costos de los Paneles Solares y de los Moto Generadores

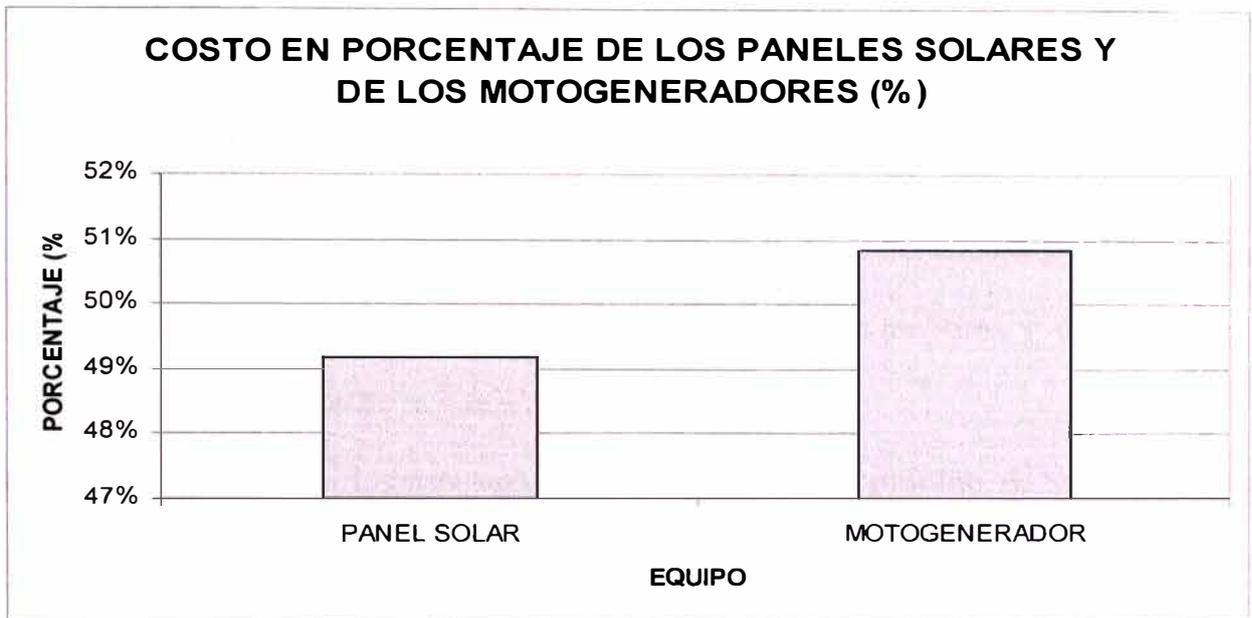


Fig. 81 Costo en Porcentaje de los Paneles Solares y Moto Generadores

De estos gráficos (Fig. 76, 77, 78, 79, 80 y 81) y esquemas podemos concluir que a nivel de costos es mucho más factible el sistema Fotovoltaico claro que para esto ayuda una variable importante como es la de la irradiación de la zona.

6.3 Aspecto Social

El impacto social que pueda recaer sobre la CCNN de Shivancoreni ubicada en la selva del Cusco puede ser vista desde varios puntos de vista pero el más importante es la de los mismos pobladores de este rincón de nuestro Perú, hay personas a las que les cuesta mucho acostumbrarse a las cosas que para nosotros son algo común como un radio, una televisión o luz por la noche lo que alargaría nuestra jornada diaria.

Inclusive dentro de la comunidad hay 46 familias pero 5 de ellas se han rehusado en forma drástica en querer participar y gozar de los beneficios de la electricidad ya que ellos indican que, “no necesitan nada más del mundo porque la selva les da un lugar

donde vivir, frutos de que alimentarse así como peces y animales de los cuales proveerse de comida y abrigo”

Pero no hay que cerrar los ojos ante el constante y permanente avance de la civilización que acarrea con ella aspectos negativos pero adecuadamente conducidos pueden sobrellevarse, mas aun los beneficios van a ser mayores y con el tiempo permitirán el desarrollo de la zona.

Experiencias en otros lugares nos permiten conocer la opinión de otras personas sobre lo que ha significado este tipo de sistema en su vida cotidiana.

En Nicaragua, publicado por Relaciones Publicas de FISE el 15/02/06 en www.fise.gob.ni/servicios/noticias/ver.asp?codigo=320, nos dicen:

En los últimos años se ha ido generando importantes estudios a favor de las energías renovables, que ofrecen un ahorro económico, un alto grado de autonomía y una posibilidad para el uso de una energía limpia, silenciosa, que genera menor impacto negativo al ambiente. Hablamos de la Energía Solar, como solución práctica para zonas rurales alejadas del país.

La escasa electrificación en nuestro sector rural, ha sido un verdadero freno para la promoción de acciones educativas, campañas de salud y proyectos de agua potable entre otras, convirtiéndose de hecho en un elemento común y negativo que no permite el desarrollo de estas actividades.

Razón por la cual el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), entidad gubernamental que trabaja en la reducción de la pobreza en Nicaragua, está facilitando la implementación de sistemas fotovoltaicos en proyectos de

infraestructura social como escuelas y puestos de salud ubicados en comunidades aisladas y en zonas no electrificadas, ampliando y mejorando así estos servicios que demanda la población.

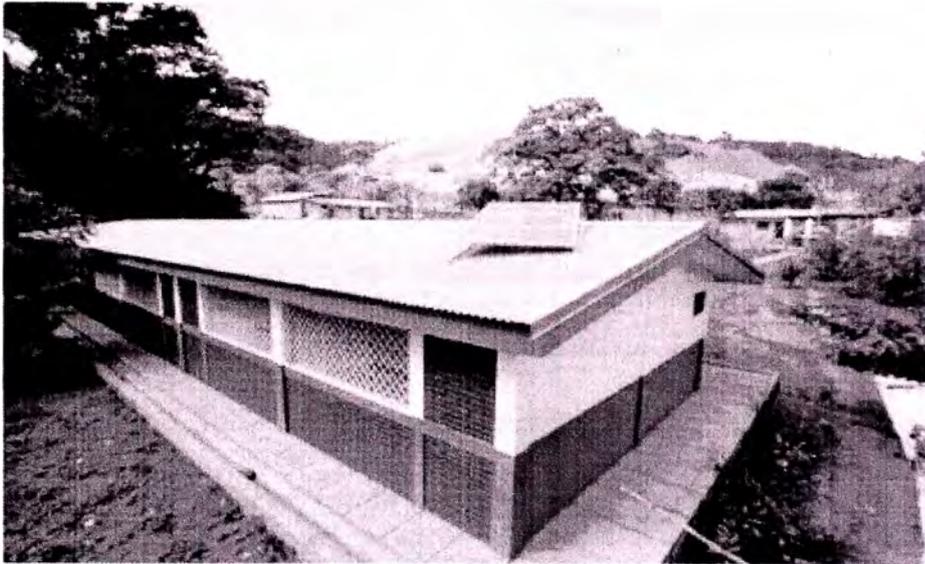


Fig.82 Panel instalado en una escuela

Con este tipo de proyecto se contribuye a la electrificación de escuelas (Fig.82) y puestos de salud, para que tengan un notable impacto en la prestación de servicios a nuevos usuarios y también brindar una mejor calidad a los ya existentes, con una cantidad de recursos muy inferior a la equivalente de nuevas construcciones para llegar al mismo número de beneficiarios.

Esta nueva iniciativa del FISE, se está realizando mediante un proyecto piloto, financiado por la Organización de Países Exportadores de Petróleo OPEP., lo que ha posibilitado la instalación de sistemas de paneles solares en 30 escuelas y 12 puestos de salud en los municipios de San Sebastián de Yalí, Condega, Muy Muy, Esquipulas, Boaco, Comalapa, Acoyapa, Nueva Guinea. Un ejemplo de los beneficios que trae este proyecto lo tenemos en la comunidad El Bijagual.

Para muestra un botón, en la comunidad de Bijagual, situada a 10 Km de San Sebastián de Yali, departamento de Jinotega, se instalaron paneles solares, en la escuela y puesto de salud, lo que ha hecho posible la iluminación de estos centros de servicio público, ampliando la realización de sus actividades de día y noche. Obras que han sido de gran beneficio tanto para estudiantes, docentes y para las personas que demandan atención de salud.

Este sistema cuenta con módulos fotovoltaicos, inversor central, regulador de carga, baterías y el cableado, elementos que garantizan la máxima eficiencia en la conversión de energía solar en energía eléctrica. Para su mantenimiento óptimo fueron capacitados, profesores, alumnos y padres de familias, en el uso y manejo del mismo.

El impacto de éste sistema de energía es notable, mas de 240 niños y niñas que estudian en este centro educativo sienten la diferencia, cifras que esperan aumentar este año, al ampliarse el horario escolar hasta por la noche. Iniciativa que dará mayor oportunidad de prepararse a la población que trabaja en el campo durante el día.

La satisfacción y entusiasmo de beneficiarios es notoria, no es para menos, pasar de los candiles y velas a la electricidad para poder impartir clases, hace la diferencia.

“Ahora podemos planear por la noche, e impartir clases utilizando materiales audiovisuales para reforzar conocimientos, además incluimos este año al pensum académico clases de danza. Antes para poder realizar una actividad cultural teníamos que buscar una batería de camión, y con ello lograr encender una

grabadora, pues otro tipo de batería no servía”, expreso emocionada la Directora del Centro, Marianela Moreno, ahora además, experta en el manejo de paneles solares.

Sentimiento compartido con padres de familias y alumnos del centro, niños y niñas que en su mayoría tienen que realizar grandes caminatas para recibir el pan de la enseñanza, se sienten feliz con este proyecto.

“Ojala que a partir de este año incluyan la secundaria, para poder continuar mis estudios porque en el día tengo que cortar café, y ahora con la luz en la escuela podemos estudiar de noche. Este proyecto ha sido muy importante para nosotros porque también en la noche juego mi deporte favorito en la cancha”, nos dice sonriente la niña Gey Mariel Rodríguez Zeledón, quien acaba de culminar su sexto grado.

La electrificación ha sido un gran logro para la comunidad el Bijagual. El puesto de salud ubicado contiguo a la escuela, es otro ejemplo palpable de lo útil que es este sistema de energía, la atención de los niños aumento en un 155%, pasando de 1,126 a 2873, después de la instalación de los paneles solares, y en los adultos de 3,334 a 8,680 personas atendidas, lo que significa un incremento del 160 por ciento.

El poder mantener vacunas en refrigeración es otro gran logro, permitió aplicar 3,644 vacunas contra el sarampión, Penta Valente, rubéola, entre otros. Además se instaló un nuevo servicio, como es la nebulización.

Las nuevas vidas ya no llegaron a la luz de las velas y candiles, ... “Usted no tiene idea como nos viene apoyar esta energía; cuando teníamos emergencias con partos durante la noche, teníamos que realizar el trabajo con foco, candiles o candelas, ahora lo hacemos con la luz generada por los paneles solares. Hasta los informes los hago por la noche así tengo mas tiempo para atender a mas de 60 pacientes que vienen a diario”, afirmó Nereida Olivas, enfermera del centro.

Las anécdotas son interminables, lo cierto es que para esta comunidad la electrificación de su escuela y puesto de salud ha sido el bum, porque han mejorado su calidad de vida, y las esperanzas de un mejor futuro de las nuevas generaciones son más promisorias.

En Colombia publicado por Gloria Luz Gómez Ochoa por medio de www.elcolombiano.com/antioquia/RegionesAntioqueñas/BajoCauca/zaraenprove.htm, nos dice que:

Con fiesta, aplausos y mucha alegría recibieron los habitantes de la vereda Naranjal las plantas de energía fotovoltaicas. Pasaron 25 años en la oscuridad. Hace 20 días encendieron la luz en la noche y se vieron las caras

Con el río al frente, en medio de árboles y maleza, se levantan ranchos de madera, paja y piso de tierra. Allí viven decenas de familias, tan aisladas, que para obtener energía sólo les es posible a través de un panel solar.

“El primer día nos dio mucha contentura”, recuerda Berenice Zapata. Las gallinas y los cerdos también se trasnocharon, al ver que en cada una de las viviendas una lámpara emanaba luz, relatan los habitantes.

“Pese a los avances de la tecnología todavía queda mucha gente que no puede encender la radio para escuchar música”, cuenta Wilson Flores, arquitecto de la Secretaría de Planeación.

En convenio con ISA, el municipio entregó 330 plantas solares para mejorar la calidad de vida de los habitantes de sectores alejados y donde las primarias de la luz no pueden instalarse. “De esta manera favorecemos a personas de muy escasos recursos que, además, no tendrían con que pagar los servicios públicos”, aclara el alcalde, Freddy Andrés Pineda.

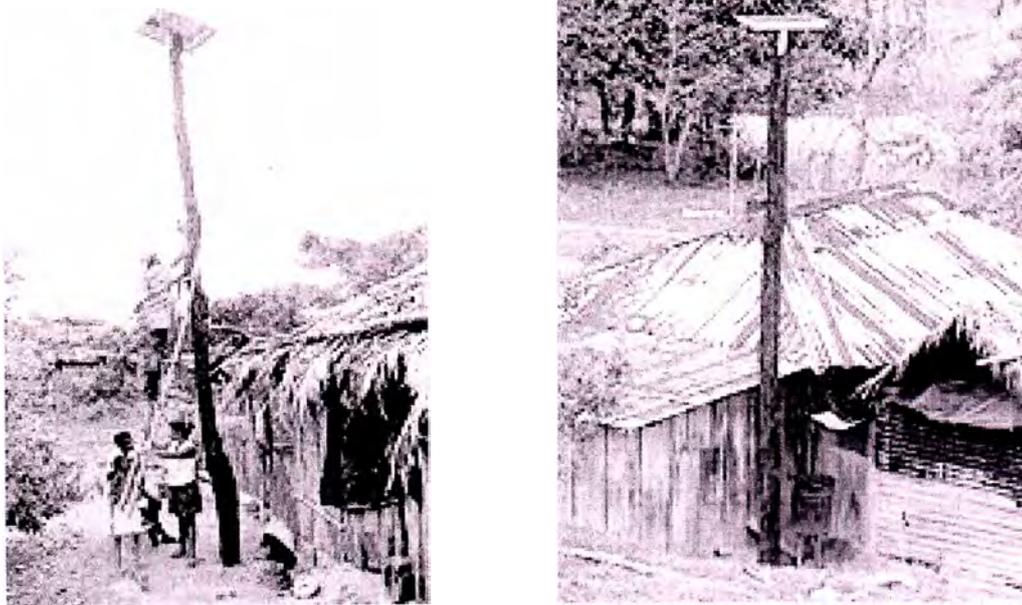


Fig. 83 Instalación de Paneles Solares en el Naranjal, Colombia

La vereda Naranjal, al igual que San Acevedo, Quebrada Pato, La Estrella y La Uno, está ahora más cerca de la civilización. Con la energía que se toma de la luz solar y se traslada por cables a una batería, se puede encender un televisor en blanco y negro, la radio o una grabadora y la luz de una lámpara.

“Ahora sí nos pueden comprar televisor”, le sentencia Mary Luz a su hermana mayor. Reunirse por las noches, sentados en los corredores de tierra de sus casas, es hoy un entretenimiento del que antes no disfrutaban. Además, “eso contribuye para que niños y jóvenes puedan estudiar”, sostiene el jefe de núcleo del municipio. Pero para las amas de casa, cocinar con leña, calentar la plancha en las brasas, sigue siendo parte de su cotidianidad. “Esas plantas no mueven una nevera ni un fogón”, se lamenta Berenice, para quien las plantas solares son una garantía para mantener entretenidos a sus clientes.

En su casa tiene una pequeña tienda y, al frente, cubierta con hojas de palma, una mesa de billar es la única diversión de los pobladores. “Uno si quisiera tener luz permanentemente, pero ni siquiera tenemos agua” advierte Luz Dary Zapata.

En el Municipio de El Bagre, el programa que lidera el Fondo Nacional de Regalías, FNR, de paneles solares para familias de escasos recursos y alejadas de los centros urbanos, beneficia a 200 hogares de las veredas San Cayetano (23), La Bonga (105), Negras Intermedias (24) y en la Borrachera (48).

“Esto ha generado un impacto social muy grande, porque es gente que ha carecido de energía toda la vida”, destaca la directora del Banco de Proyectos, Hanes Osorio. En el proyecto se invirtieron 480 millones de pesos, y se crearon comités de mantenimiento.

6.4 Aspecto Ambiental

El principal agente contaminante que emite un motor diesel corresponde al material particulado, el cual es de bajo micronaje, con diámetros promedio del orden de dos micras, siendo así perfectamente respirable. Además su composición mayoritaria es

de hidrocarburos policíclicos aromáticos de alto poder cancerígeno, asociados a partículas de carbón por estar absorbidos a éstos

Composición de los gases de escape y la razón de estos contaminantes:

Los productos normales de una combustión completa, como la que debería desarrollarse en el interior de un motor diesel, son el bióxido de carbono CO₂ y el agua H₂O. Sin embargo, existen una serie de productos contaminantes que se emiten debido a la combustión incompleta y a efectos secundarios.

Productos de la combustión incompleta son:

- Hidrocarburos no quemados: Parafinas, olefinas, materias aromáticas.
- Hidrocarburos parcialmente quemados: aldehidos, cetonas, ácidos carbónicos, monóxido de carbono.
- Productos térmicos de craqueo y productos resultantes: Acetileno, etileno, hidrógeno, hollín, hidrógenos de carbono policíclicos.

Productos secundarios de la combustión:

- Del nitrógeno del aire: óxidos azoicos.
- De los aditivos del combustible: Óxidos de plomo, haluros de plomo.
- De las impurezas del combustible: óxidos de azufre.

Oxidantes:

Mediante la reacción secundaria fotoquímica se forman, bajo la acción de la luz solar y a partir de los componentes de los gases de escape, los llamados oxidantes: peróxidos orgánicos, ozono, nitratos de peroxiacilo.

Como sabemos estos contaminantes provocan letales consecuencias a la salud humanas, así como presentan efectos nocivos en el medioambiente. También, los generadores diesel incurren en el derramamiento de aceite deteriorando los elementos circundantes, este riesgo está presente durante el transporte de combustible diesel y los aceites lubricantes.

Estos factores son importantes, especialmente en la cuenca del río Amazonas que presenta áreas medioambientales sensibles y con un frágil ecosistema, que es nuestra misión proteger.

6.4.1 Cálculo y Análisis de Emisiones del Moto Generador Diesel

6.4.1.1 Reducción de Gases de Efecto Invernadero

Las emisiones diesel contienen grandes cantidades de anhídrido carbónico. El anhídrido carbónico es el que tiene mayor efecto invernadero y que contribuye peligrosamente al calentamiento global.

El Calentamiento global es uno de los mayores problemas atmosféricos que afecta a la humanidad y todos los gobiernos del mundo están de acuerdo en conseguir el equilibrio con la finalidad de evitar sus evidentes efectos climáticos. En 1997 con la firma del Protocolo de Kyoto todos los países incluido el Perú estuvieron de acuerdo en su efecto al cambio del clima y se plantearon como objetivo desarrollar

alternativas con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y por consiguiente, el impacto de estos gases en el cambio del clima.

Entre las acciones acordadas a ser realizadas por los países firmantes fueron las de tomar las medidas políticas determinantes de acuerdo con sus condiciones nacionales, realizando acciones como la promoción, investigación, desarrollo y uso de nuevas tecnologías renovables, nuevas formas de energía, de tecnologías de eliminación del anhídrido carbónico y avanzadas e innovadoras tecnologías medio ambiental limpias.

En la región de Loreto, donde se instalaran los sistemas piloto tenemos información de 3,000 comunidades rurales sin el acceso a electricidad. Unas 146 localidades cuentan con pequeños generadores diesel que proporciona electricidad por períodos limitados de tiempo (algunas horas de la noche). En todo el Perú existen 70,000 comunidades similares.

Con los datos proporcionados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), el consumo de combustible para el generador diesel de 10 kW en Shivancoreni que operaría durante 4 horas por día es 2 galones por hora. En un período de 25 años el consumo total de combustible será de 28,800 galones de petróleo o sea 109,008 litros.

Las emisiones asociadas de dióxido de carbono (CO₂) se calcula que generan 2.716 kg., de CO₂ por litro y 99% oxidación de derivados de petróleo. Estos factores se tomaron de la tabla A1 y 3.1, respectivamente, en el libro “Workbook for Calculating Greenhouse Gas Reductions from Projects Using Renewable Energy”, publicado por la “Australian International Greenhouse Partnership” para calcular las reducciones de gas de efecto Invernadero.

En el cuadro adjunto se observaran la cantidad de emisiones de sustancias nocivas para nuestro medio ambiente de los cuales se ha cuantificado la emisión de CO₂ (Dióxido de carbono) en toneladas al año que producirá el moto generador de la CCNN de Shivancoreni.

6.4.1.2 Cálculo de Emisiones

Establecemos el escenario de Shivancoreni: (se puede observar en el cuadro de emisiones), donde usan su moto-generador 3 días por semana durante 4 horas diarias.

Los resultados son los siguientes:

Comunidad Shivancoreni: 118.4 TON de CO₂ durante los 25 años.

Nota:

En Loreto los generadores que operan en centros poblados se han identificado 146 con potencias menores de 500 kW., funcionan 5 horas por día y con cargas de 50 a 75%. Esta información proporcionada por E. Ferreyros S.A. que es el distribuidor peruano de los productos Caterpillar y Solarex.

Utilizando datos de dos proveedores de generadores diesel Caterpillar y Detroit Diesel, se ha calculado que los rangos de consumo de combustible es de 3.25 a 3.95 kW por el litro a 100% carga, es decir el consumo promedio de combustible es 3.6 kW por litro.

Con este factor, realizamos el cálculo del consumo de combustible específico de cada uno de los 146 generadores diesel identificados. El consumo de combustible total resultante al 100% de la carga es 3.766 litros por hora. Sin embargo los generadores operan solo entre 50 a 75% de la carga. Con los datos del fabricante, se ha determinado que el consumo promedio de combustible de los 146 generadores diesel

operando con 50% - 75% de carga serían entonces 2.410 Kg., de CO₂ por litros por hora. Tomamos este valor para calcular las emisiones de CO₂ de los generadores usando el factor de 2.716 kg., CO₂ por litro y 99% oxidaciones de residuos de combustible.

Resultados similares obtuvieron utilizando información de fabricantes de generadores Detroit Diesel y de la Agencia de Protección del ambiente americana.

Asumiendo que 150 comunidades en Perú, de 70,000 comunidades rurales en Perú, las emisiones CO₂ durante 20 años serían casi 1 millón de toneladas. Utilizando las mismas premisas anteriores, calculamos las emisiones en veinte años de contaminante y resultaron las siguientes cantidades de sustancias:

Óxidos Nitrosos (NO_x) 21'072,106 kg

Partículas en Suspensión (humo) 806,237 kg

Hidrocarburos (HC) 2'795,710 kg

Dióxido de Azufre (SO₂) 1'044,444 kg

Monóxido de Carbono (CO) 29'757,479 kg.

6.4.1.3 Impacto Ambiental y Mitigación

Por lo descrito anteriormente, el Impacto Ambiental desarrollado por el proyecto es altamente desfavorable si es enteramente moto-generador y si fuera íntegramente panel solar generaría una gran reducción de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente, asimismo la total reducción de los derrames de combustibles, lubricantes y/o carburantes por la aplicación del plan de reciclaje, durante la etapa de funcionamiento.

Los impactos negativos tendrán medidas de control para evitar la mitigación neutralizando sus efectos, cumpliendo el Código de medio Ambiente y Recursos Naturales, la flora y fauna no se verán afectados, todo residuo será adecuadamente reciclado. Para el efecto se prepararán planes ante cualquier contingencia a fin de evitar riesgos ambientales.

La fortaleza del proyecto de ser íntegramente paneles solares es esta mitigación del impacto ambiental pues no existirá riesgo a la integridad física de las personas ni influenciará sobre el ecosistema en su área de instalación.

6.5 Aspecto Técnico

Desde al punto de vista técnico, la comunidad de Shivancoreni va a ser alimentada de energía eléctrica de dos formas, primero la red existente se mantendrá y será provista de luminarias de 50W de sodio en cada poste existente, además se mantendrán conectadas las cargas especiales como son:

- Posta Médica 272 W
- Local Comunal 1,109 W
- Local CEDIA 550 W
- Taller de Costura 500 W

Total esta trabajarán a una tensión de 220 voltios en corriente alterna.

Todas las viviendas que inicialmente se alimentaban de la red se desconectarán para pasar a que en cada una de ellas que sean instaladas el nuevo sistema fotovoltaico autónomo y domiciliario, que trabajara con una potencia controlada pero a diferencia de la anterior que podrán conectarse diariamente por 4 horas pero todos estos equipos

trabajaran a un voltaje de 12 voltios en corriente continua. Para evitar accidentes y confusiones no podrán trabajar mezclando los dos tipos de corrientes.

A continuación se presentaran las hojas con datos técnicos de todos los equipos a instalar en la CCNN de Shivancoreni.

MOTO-GENERADOR

GENERADOR (ALTERNADOR)

Marca del Generador	STMAFORD
Modelo	STM
Tipo de Conexión	Trifásica
Tensión de Salida	220 Voltios
Frecuencia	60 Herzt
Potencia Activa	10 KW
Potencia Aparente	8.0 KVA
Número de Revoluciones por minuto	1800 RPM
Tipo de Acople	Directo al eje del motor

MOTOR DIESEL RUGGERINI

Marca	LISTER PETTER
Modelo	TR1
Potencia Continua	18 HP
Numero de Revolucione por minuto	1800 RPM
Número de Cilindros	2

Tipo de Combustible	Petróleo
Consumo al 100% de carga	2 gal/hora
Consumo de aceite	Menor de 0.75% del consumo de combustible a plena carga
Arranque	Eléctrico

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

Tensión de Trabajo: 220 Voltios

Tipo de Conexión: Trifásica

Frecuencia: 60 Hz

Modelo: TD

1. GABINETE:

- Características Constructivas:
- Dimensiones Aproximada:

- Altura = 600mm
- Ancho = 380mm
- Prof. = 210mm

Gabinete metálico importado RITTAL/Alemania del tipo mural para adosar

2. CONEXIONADO INTERNO:

Mediante accesorios de conexión trifásicos para DX con sus respectivos terminales y protectores finales; conductores de cobre cableados del tipo TW para el conexionado de fuerza, con bornes Legrand para la alimentación del IG.

Todo el cableado se encontrará perfectamente identificado con rótulos y marcadores de bornes Legrand.

3. OTROS ACCESORIOS

- Rotulo Acrílico con la designación del Tablero
- Bornera de Tierra de 8x16mm² + 1x25mm²
- Directorio
- Rotulo de Señal de Peligro

4. CARACTERISTICAS TECNICAS

- Tensión de Aislamiento : 600VAC
- Tensión de Servicio : 220VAC
- Bornera de Tierra : 100A (12x2mm)

5. EQUIPAMIENTO

CANT.	DESCRIPCION	MARCA
	INTERRRUPTOR GENERAL	
1	INTERRUPTOR AUTOMATICO DX 3x50A TIPO C 20KA/230V LEXIC	LEGRAND
	CIRCUITOS DERIVADOS	
6	INTERRUPTOR AUTOMATICO DX 3x32A TIPO C 25KA/230V LEXIC	LEGRAND
1	INTERRUPTOR AUTOMATICO DX 2x20A TIPO C 25KA/230V LEXIC	LEGRAND
3	TERMINAL ENTRADA 6-35MM ² TP	LEGRAND
1	PROTECC FINAL P/PEINE CONEXIÓN	LEGRAND
2	TAPA CIEGA P/1 MODULO (ESPACIO DE RESERVA)	LEGRAND
	CUADRO DE MEDICION	
1	VOLTIMETRO DE CUADRO 0-300V 96*96mm	ISKRA
1	AMPERIMETRO DE CUADRO 0-50/5A 96*96mm	ISKRA
2	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE ASK31.4 50/5A 1.5VA	ISKRA
1	CONMUTADOR AMPERIMETRICO 1P/2TRF 16A 0-R-S-T	EFE SEMITRANS
1	CONMUTADOR VOLTIMETRICO 3F/3h, F/F, 16A [V3/10E]	EFE SEMITRANS
3	BORNE PORTAFUSIBLE 4MM ² 5x20-30 800V S/INDIC. LUMINOSO	LEGRAND
4	BORNE CORTOCIRCUITABLE 6mm ² 500V UGSK/S	LEGRAND
2	ESLABÓN PUENTEADOR PARA 2 BORNES UGSK/S	LEGRAND
2	TAPA FINAL PARA BORNE UGSK/S	LEGRAND
2	SEPARADOR PARA BORNE UGSK/S C/ENTALLADURA	LEGRAND
1	BORNE DE TIERRA 4mm ² USLKG 5	LEGRAND

Nota: Las Capacidades de los Interruptores está referida según la Norma IEC

CABLES DE DISTRIBUCIÓN:

CABLE CPI 10 MM2	10 MM2 - CEPER Temp. de operación 60°C. Dos conductores de cobre electrolito recocido flexible cableado en haz, protegido con PVC. Trabajan hasta 500 Voltios
CABLE VULCANIZANTE	3 x 4 MM2 - INDECO Temp. de operación 60 °C. Conductor de Cobre electrolito recocido sólido aislado con PVC: Tres conductores Color plomo del PVC que aislamiento.

MÓDULO FOTOVOLTAICO**VIVIENDA TÍPICA:****MÓDULO INTEGRADO SM-50**

El Sistema incluye un Módulo RPS-50 diseñado para proporcionar cargas de 184.35 Wh por día en verano y 216.41 Wh en invierno, utilizando un sistema de batería, elementos electrónicos cargador integrados.

En condiciones de operación normal la carga provendrá de la batería, en tanto que el sistema fotovoltaico las recargará con la energía disponible en el día.

BATERIA

Las baterías son la parte central de los sistemas para la comunidad de shivancoreni.

La selección, control de carga y mantenimiento de las baterías son muy importantes, por ello se cumplen las siguientes características:

Alta capacidad cíclica (con un moderado ciclo de descarga profunda por día), Bajo mantenimiento (por escasez de operadores capacitados en las zonas).

Alta eficiencia

Alta confiabilidad

Flexibilidad de instalación

Largo período de vida

Costo reducido

Reciclable (Para la región medio ambiental sensible amazónica).

Marco de batería	SONNENSCHHEIN
Modelo	S 12/85. Cabe destacar que la que las baterías sonnenschein están diseñadas específicamente para trabajar en sistemas fotovoltaicos
Numero de ciclos de carga/ descarga	Mas de 4000 ciclos para un 20% de descarga DOD
Tipo de batería	Sellada libre de mantenimiento, aplicación fotovoltaica.
Procedencia	Alemania
Capacidad	100 AH en un régimen de descarga de 100 horas
Certificado de calidad	SI
Electrolito	Gelizado

CELDA FOTOVOLTAICA

Marca	SIEMENS
Descripción	Consiste en 01 módulo fotovoltaico, para un sistema de 12 V.
Modelo	SM50
Procedencia	Estados Unidos
Tecnología de celda	Monocristalina
Certificado de calidad ISO	SI
Garantía	25 años al 80 % de plena carga
Placa de parámetros eléctricos	Potencia a condiciones STC Voltaje a Potencia Máxima Intensidad de corriente en cortocircuito Intensidad de Corriente a potencia máxima.
Marco	De aluminio liviano, incluye orificios preformados para su fácil instalación

CONTROLADOR DE CARGA SOLAR

Marca	MORNINGSTAR
Modelo	PROSTAR 12
Capacidad	12 amperios del lado solar 8 amp., del lado de la carga
Tipo	DE estado sólido, sellado y tropicalizado.
Procedencia	Estados Unidos

Multímetro	Si, muestra los siguientes parámetros, Voltaje de Batería, corriente de lado solar, corriente del lado de la carga.
Indicadores	Luces indicadoras tipo LED para las siguientes condiciones: Baterías bajas Baterías recargándose Baterías cargadas.

CAJA DE DISTRIBUCIÓN Y PROTECCIÓN:

Caja de conexiones portafusibles para fusibles tipo vidrio o porcelana	8 entradas / salidas
Fusibles para Icc.	16 fusibles tipo vidrio de 5ª de capacidad.
Calibre Máximo	6 AWG
Temperatura	64°C a 75°C

CONVERSOR DE VOLTAJE DC / DC

Dispositivo electrónico que convierte los 12 Vcc de la batería a pequeños voltajes según voltaje de las cargas a utilizar.

Voltaje de entrada	5V - 30 V El voltaje de entrada deberá ser mayor en 2V, que la salida mínima de salida
Voltaje de salida	3V / 6V / 7.5V / 9V / 12V
Consumo propio	2mA. (V entrada = 12V)
Corriente de salida	< 1500 mA Máxima corriente que depende de la entrada y Salida de voltaje.

LUMINARIA:

Corriente nominal	920
Voltaje nominal	10,5V - 14,5V
Potencia nominal	11 W
Flujo luminoso (12V)	550 Lm
Eficiencia luminosa (12V)	50 Lm/ W
Vida útil	6 000 horas
Ciclos de encendido y apagado	100 000
Temperatura de operación	-5 °C a 40 °C
Dimensiones	16 x 5,5
Peso	0,135 kg.
Socket	E27 / bayonet
Performance	Color blanco 2 700k

CABLES DE DISTRIBUCIÓN Y ALIMENTACIÓN:

CABLE NMT (STJO)	<p>2 x 12 AWG (10 metros) - INDECO Temp. de operación 60°C. Dos conductores de cobre electrolito recocido flexible cableado en haz, aislados con PVC. Trenzados con relleno de PVC. (Para conectar desde el panel fotovoltaico a controlador de carga.)</p>
--------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

CABLE TW	2 x 12 AWG (08 metros) - INDECO Temp. de operación 60 °C. Conductor de Cobre electrolítico recocido sólido aislado con PVC: (Para conectar desde la batería a controlador de carga).
----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MATERIALES DIVERSOS:

Terminales de cable de 10 A	Para conexión a baterías
Cinta aislante marca 3M	Para diversas instalaciones
Perfil de aluminio de 2" x 2"	Para los soportes de paneles
Perno inoxidable de 3/4 x 1"	Instalación de equipos
Tornillo para madera de 3/4 " x 2 "	Instalación de soporte
Arandela plana	Para ajustar
Arandela de presión	Para ajusta
Grapa para madera	Fijar cables
Herramientas (Técnico)	

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS

POZO A TIERRA	01 unidad
01 Electrodo disipador de energía	5/8" x 2.4 metros
03 terminales de presión	De 5/8"
05 dosis química de gel	Torgel u otro de calidad
01 caja de concreto preformado	Para pozo de tierra

6.5.1 Consideraciones Generales sobre el Montaje

Para que el proyecto sea adecuadamente ejecutado se necesitará una organización con una estructura jerárquicamente clara. La dirección del proyecto estará a cargo de la ONG CEDIA, que se encargará de la gerencia del proyecto, así como integrar los

representantes de las entidades que contribuirán a la ejecución de este proyecto. La supervisión estará a cargo del gerente del proyecto.

El contratista principal será la ONG CEDIA u otra a seleccionar que sea habilitado para diseñar e instalar los sistemas de módulos fotovoltaicos, u otra opción, asimismo se encargará de todos los aspectos técnicos del proyecto. La garantía de los equipos será de cuanto menos 2 años.

El contratista principal seleccionará personal adecuadamente especializada para las labores encomendadas, especialmente para los trabajos de campo, las que se realicen en la zona del proyecto.

6.5.2 Ejecución del Proyecto – Contratista y Sub contratista

La gerencia técnica del proyecto estará a cargo de la ONG CEDIA u otra habilitada, que se encargará de lo siguiente:

- Establecimiento y cumplimiento del cronograma del proyecto
- Compra de los componentes y mantenimiento del flujo de caja
- Preparación de informes sobre la marcha del proyecto y coordinación con el gerente del proyecto

Los trabajos locales serán realizados por el personal especialista, incluirán las siguientes tareas:

- Montaje y pruebas de los módulos de energía eléctrica SM 50 y equipos electrónicos.
- Preparación del sitio e instalación de los sistemas fotovoltaicos
- Diseño de interconexión en campo, instalación y puesta en servicio de los sistemas

- Operación y mantenimiento de los sistemas.

El contratista principal tendrá un Ingeniero del proyecto a tiempo completo durante todo el periodo de ejecución del proyecto y recurrirá también a servicios técnicos internos. Se encargará también de supervisar las tareas de montaje e instalación en la localidad, en coordinación con las autoridades locales.

6.5.3 Instalación de los Sistemas Fotovoltaicos en la Comunidad de Shivancoreni

La ejecución del proyecto se llevará alrededor de (01) mese y cubrirá tres etapas principales:

- Diseño técnico en el terreno y preparación de la localidad.
- Montaje y pruebas del sistema de generación de energía en las comunidades.
- Instalación y puesta en servicio de los sistemas.

Las principales tareas de cada una de estas etapas se describen a continuación:

FASE I.- Diseño técnico en la comunidad y preparación de la localidad

- 1) Preparación del diseño técnico definitivo en el terreno
- 2) Preparación de un proyecto de plan de operación y facturación
- 3) Obtención de compromisos firmes de tal manera que el suministro de equipos y materiales a instalar se encuentren en stop y listas para su utilización.
- 4) Seminarios comunitarios para informar a la población local y establecer normas (prohibición del uso de cocinas eléctricas, horas de utilización de la energía, etc.)
- 5) Coordinación con las autoridades locales.

FASE II.- Instalación y puesta en servicio de los sistemas.

- Instalación del sistema fotovoltaico en la comunidad de Shivancoreni.

6.5.4 Preparación para el Montaje

El diseño de los sistemas fotovoltaicos para este proyecto en forma de módulos de energía eléctrica facilita el traslado y su instalación en los distintos sitios así como para ampliación futura.

Como todas las tareas de mantenimiento de estos sistemas se realizarán en la comunidad local, es indispensable que los participantes locales intervengan tanto en la fabricación como en la instalación de los sistemas. Sin embargo, como gran parte de la tecnología es especializada, es necesario mantener un alto grado de participación del contratista principal.

La coordinación del proyecto será la función primordial del gerente del proyecto, que se encargará de la preparación del plan de producción y control de calidad y planes para pruebas en fábrica.

Durante la fase de instalación, los Ingeniero del proyecto se encargará de la supervisión general de las cuadrillas de montaje, preparando los cronogramas de instalación y los planes de pruebas para la puesta en servicio.

6.5.5 Montaje y Puerta en Servicio

La fase de instalación en cada localidad abarca cuatro tareas:

- 1) Preparación del lugar
- 2) Instalación de los módulos de energía (batería y equipos de control)
- 3) Instalación del sistema fotovoltaico
- 4) Puesta en servicio del sistema

En esta etapa se diseñará el plan de capacitación a la comunidad.

6.5.6 Nivelación del Terreno y Trabajos preliminares

Para los módulos se necesitan cimientos sencillos de hormigón; los módulos no son particularmente sensibles a la nivelación del terreno. Las estructuras de montaje del sistema fotovoltaico requieren un mínimo de materiales importantes (especialmente hormigón y vigas estructurales de madera para cada vivienda), con la resistencia necesaria para que el sistema pueda funcionar aunque se produzcan vientos fuertes.

Aunque no es necesario que el campo donde se vaya a instalar el sistema fotovoltaico esté completamente nivelado, las estructuras deberá estar razonablemente nivelado de este a oeste y con pendiente descendiente hacia el norte, con una orientación norte-sur.

Como el sitio está bastante cerca del ecuador, la sombra proyectada por las hileras no influirá mucho y se necesitará un campo de sistemas fotovoltaicos mas pequeños que en un lugar situado a una latitud más alta.

6.5.7 Instalación de los Módulos

Los paneles solares se colocaran sobre el poste de madera y todos los demás equipos como el controlador, caja de distribución y la batería se instalarán dentro de la vivienda.

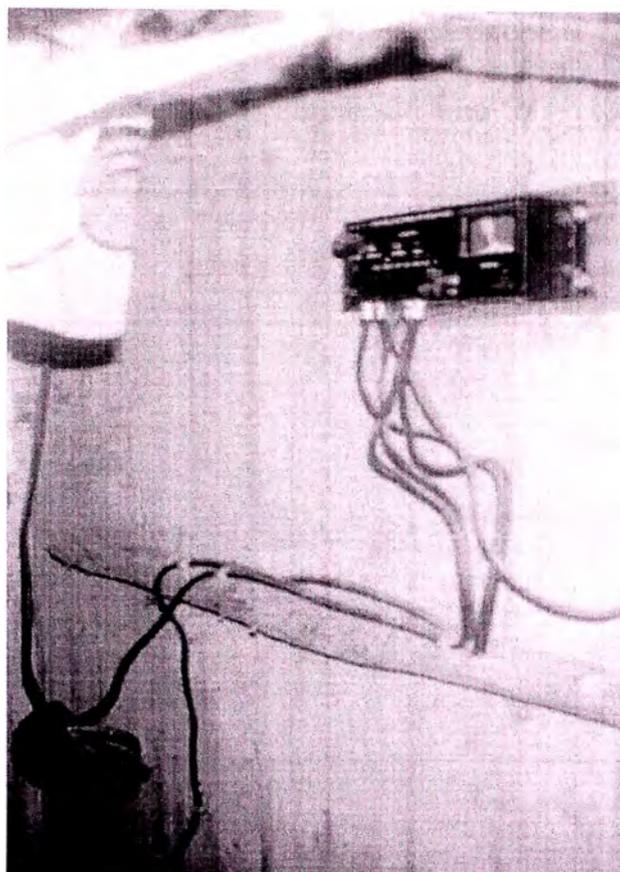


Fig. 84 Controlador

Tanto los paneles, baterías y modulo del sistema electrónico (Fig. 84) serán ensamblado y sometido a pruebas completas antes de la instalación. Este proceso llevará solamente un par de días después que lleguen los módulos al lugar.

La estructura del sistema fotovoltaico se montará sobre cada viga de madera previamente acondicionada para las viviendas.

Ahora en el momento de realizar la instalación del panel se tendrá que considerar que además de las condiciones atmosféricas hay otro parámetro que afecta radicalmente a la incidencia de la radiación sobre un captador solar, este es el **movimiento aparente del sol** a lo largo del día y a lo largo del año, como se grafica en la siguiente figura.

Se dice "aparente" porque en realidad la Tierra es la que está girando y no el Sol. La Tierra tiene dos tipos de movimientos: uno alrededor de su propio eje (llamado

movimiento rotacional) el cual da lugar al día y la noche y el otro; es alrededor del sol (llamado movimiento traslacional) siguiendo una trayectoria elíptica, el cual da lugar a las estaciones del año.

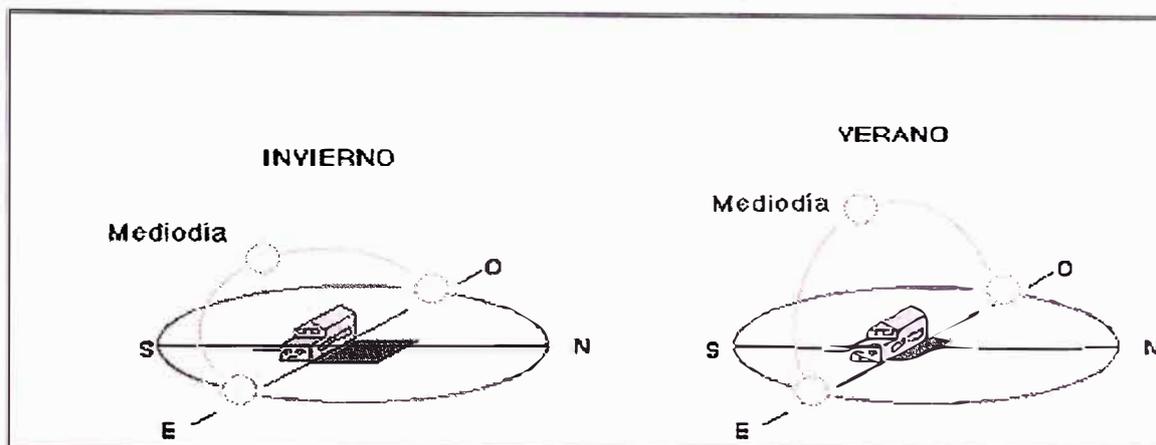


Fig. 85 Movimiento aparente del sol en la bóveda celeste en función de la hora del día y la época del año

Un arreglo fotovoltaico recibe la máxima insolación cuando se mantiene apuntando directamente al sol. Esto requeriría el ajuste de dos ángulos del arreglo: el azimut para seguir el movimiento diario del sol de este a oeste, y el ángulo de elevación para seguir el movimiento anual de la trayectoria solar en la dirección norte-sur.

La máxima energía se obtiene cuando los rayos solares llegan perpendiculares a la superficie del captador. En el caso de arreglos fotovoltaicos la perpendicularidad entre las superficies de los módulos y los rayos solares solo se puede conseguir si las estructuras de montaje del arreglo se mueven siguiendo al Sol.

Existen estructuras de soporte del arreglo que ajustan automáticamente el azimut y/o la elevación. Estas estructuras de montaje se llaman **seguidores**. Generalmente el ángulo de elevación del arreglo es fijo. En algunos casos se usan seguidores azimutales. Dependiendo de la latitud del lugar, los seguidores azimutales pueden incrementar la insolación promedio anual en un 15-25%.

En el caso de que no se tenga un seguidor solar, el arreglo se monta en una estructura fija como se muestra en la figura que sigue. Este montaje tiene la ventaja de ser muy sencillo. Debido a que el ángulo de elevación del Sol cambia durante el año, se debe tener un criterio de selección del ángulo óptimo del arreglo que garantice la máxima producción de energía eléctrica. En el hemisferio Norte el Sol se declina hacia el Sur, por lo cual se requiere que los arreglos fijos se coloquen inclinados (respecto de la horizontal) viendo hacia el Sur (Fig.85 y 86).

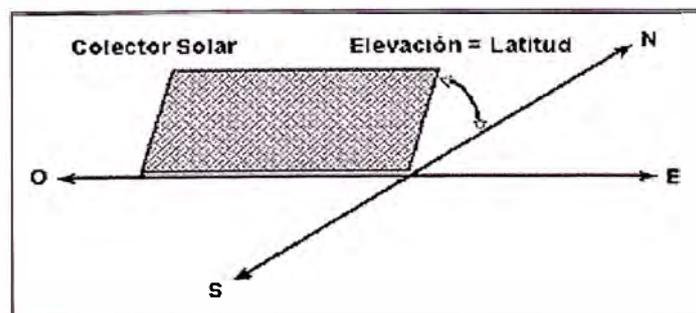


Fig. 86 Orientación de una estructura fija para maximizar la captación de radiación solar a lo largo del año

Regla de Mano:

- La inclinación del arreglo se selecciona para satisfacer la demanda requerida durante todo el año.
- Si se desea la máxima cantidad de energía al año, la inclinación del arreglo deberá de ser igual al valor de la latitud del lugar.

Se ha visto que la energía que entrega un módulo o arreglo fotovoltaico depende de la irradiancia y la temperatura. Es posible estimar la energía eléctrica (en kWh/día) que se espera de un arreglo de cierta potencia nominal utilizando las siguientes aproximaciones:

1. Los módulos fotovoltaicos instalados en una estructura anclada al suelo trabajan aproximadamente 55°C durante el día, 30°C por encima de las condiciones estándares de prueba (25°C). Esto significa que la capacidad real del arreglo es aproximadamente 15% menor que su potencia nominal. Es decir, su capacidad real es 85% de la capacidad nominal.
2. La energía eléctrica (kWh) esperada es el producto de la capacidad real del arreglo (en kW) por la insolación (en horas solares pico) al ángulo de elevación del arreglo. La energía fotovoltaica generada varía con la época del año, de acuerdo a los cambios en los niveles de insolación.

Si se usa un seguidor azimutal, la energía disponible se aumenta entre un 15 y 25%.

6.5.8 Pruebas y Puesta en Servicio

- Una vez instalados los módulos de energía y conectados al panel fotovoltaico para toda la comunidad, se realizarán pruebas del sistema, individualmente (el sistema fotovoltaico) y después en total coordinación con la comunidad.
- La capacitación se realizara durante la etapa de instalación y puesta en servicio. Una vez realizada la prueba con carga completa se entregará el sistema.

6.5.9 Especificaciones de Operación y Mantenimiento de los Sistemas

6.5.9.1 Operación del Sistema Fotovoltaico

Cada sistema de panel fotovoltaico de cada vivienda suministrará electricidad de calidad en corriente continua para las cargas a utilizar durante 4 horas de 7 p.m. a 10 p.m., utilizando toda la carga a la vez pero si en caso no fuera utilizada entonces se incrementaría el tiempo de utilización.

El sistema funciona principalmente con la batería cargada durante la noche. Cuando se dispone de energía del sistema fotovoltaico, se usa para compensar la carga y recargar la batería.

El costo de operación principal corresponde al funcionamiento es fija (limitada).

Este sistema de moto-generator sólo será empleado en cargas especiales en la comunidad de Shivancoreni, estas cargas especiales son las correspondientes al Taller de costura, local comunal, local Cedia y posta médica.

6.5.9.2 Operación del Sistema Moto –Generador Diesel

Los moto-generadores se limitarán a trabajar de 2 a 4 horas por día, durante 2 días a la semana (los que serían los fines de semana) o según sea necesario según requerimientos de las cargas que están conectadas a la red.

Se suministrará energía eléctrica para abastecer la necesidad solamente de las cargas y la corriente entregada será trifásica, esta carga se distribuirá a partir del tablero desde donde se instalará equipos de control y protección.

El costo de operación principal corresponde al funcionamiento del moto-generador diesel es fija (limitada), el generador debe suministrar la electricidad a los dos talleres los que en carga no sobrepasan su carga nominal, por lo que el generador se usará proporcionalmente menos.

Los gastos de funcionamiento del generador diesel pueden desglosarse en dos categorías: combustibles y mantenimiento. Además del costo de operación del generador.

6.5.9.3 Consumo y Costo de Combustible Diesel

Este sistema el cual es de uso exclusivo de las cargas especiales. Consideremos que se usará el moto-generador por dos días a la semana durante 4 horas por día y sabiendo que este motor consume 2 GAL/hora siendo el generador de 10 KW de potencia activa nominal entonces la energía eléctrica que produce es de 40 kWh por día, este equipo consumiría al año 1,152 gal/año

El costo del combustible varía considerablemente según el costo del combustible bruto y el costo de entrega (transporte), de modo que el costo de combustible entregado, es US \$4.90 (16 soles por galón), (tipo de cambio US \$ 1 = 3.24 soles).

6.5.9.4 Mantenimiento Preventivo del Generador

La principal tarea de mantenimiento que necesita el generador es el cambio de aceite, que debe hacerse cada 250 horas. Como el motor funciona menos de tres horas por día, el generador necesitará solamente cuatro cambios de aceite por año aproximadamente.

Cada 2.000 ó 3.000 horas se debe reacondicionar la parte superior del motor (descarbonizado). Como estos motores funcionan con cargas fuertes, eso no constituirá un gran problema, de modo que se usa la cifra mayor. Eso se traduce en un reacondicionamiento de este tipo cada tres años. Se necesita un reacondicionamiento completo a intervalos de 6.000 a 10.000 horas.

También en este caso, como los motores funcionan con carga completa, la cifra mas alta es la más apropiada, de modo que se necesitará un reacondicionamiento completo cada diez años. La vida útil de un generador diesel es de 20.000 a 40.000 horas, de modo que el generador durará fácilmente toda la vida útil del sistema, debido a que trabajará menos horas.

Los gastos de mantenimiento del generador ascienden por lo general a US \$1.50 por hora de operación, al año trabajaría 384 h/año aproximadamente, de modo que el costo total es de alrededor de US \$576 al año para la comunidad. Esta cifra incluye mano de obra y piezas de repuesto pequeñas (filtro de aire y de combustible, baterías de arranque nuevas, etc.)

Este generador de 10 Kw, usa alrededor de 5 litros de aceite lubricante en cada cambio de aceite. Con cuatro cambios de aceite por año a US\$1.50 el litro, el costo del aceite será US\$90 por año.

6.5.9.5 Mantenimiento de los Componentes del Sistema Fotovoltaico

Las tareas de mantenimiento de las baterías o sistemas fotovoltaico pueden realizarse cada cinco meses y consisten principalmente en examinar las conexiones y realizar inspecciones de cada elemento del sistema fotovoltaico.

Se preverá el desbroce de arbustos (Cercano donde esté instalado el sistema fotovoltaico, eso se debe hacer regularmente para que no proyecten sombra sobre el sistema fotovoltaico). Esta tarea puede encomendarse a cada jefe de familia previa orientación.

6.5.9.6 Ciclo de Vida y Reemplazo de Baterías

Las baterías de los módulos fotovoltaicos deben cambiarse cada cinco años, aproximadamente, estas baterías carecen de mantenimiento. A fin de que se disponga de fondos para hacerlo, se sugiere abrir una cuenta en custodia y depositar cada año un quinto del costo del reemplazo de las baterías. Este dinero se puede depositar en una cuenta separada y devengar intereses durante el periodo de custodia. Cuando llegue el momento de reemplazar las baterías, se retirará los fondos y se usarán para comprar las baterías nuevas.

El depósito en custodia para las baterías debe basarse en un porcentaje de los ingresos, en vez de una cantidad fija. De esta forma, si hay que reemplazar las baterías antes debido a la disminución del ciclado (debido a un aumento de la carga), ya se dispondrá de los fondos necesarios como consecuencia del aumento de los ingresos. Asimismo, si se logra que las baterías duren más, entonces el incremento del depósito se incrementaría y no habría problemas para cambiar las baterías

6.5.9.7 Plan de Reciclaje

El sistema fotovoltaico y el moto generador tiene dos componentes principales que se deben reciclar para no ocasionar perjuicios al medio ambiente: las baterías y el aceite lubricante usado.

6.5.9.7.1 Reciclaje de baterías

Las baterías están hechas principalmente de plomo, de modo que es fundamental que se desechen correctamente a fin de no ocasionar perjuicios al medio ambiente cuando se compren a instalen baterías nuevas.

Esta tarea se efectuará retirando la batería completa utilizada por cada vivienda y que unidas serán llevados íntegramente y sellados hasta el centro de reciclaje ubicado en la Oroya (sugerido), en la planta de la Doe Run Perú, principal exportador del plomo del país El incentivo financiero para reciclar consiste en que las baterías usadas tiene un valor de recuperación considerable. El coordinador responsable (representante de la comunidad efectuará arreglos para usar una parte o la totalidad del valor de recuperación para pagar el transporte y la instalación de las baterías nuevas y el transporte de las baterías viejas hasta el centro de reciclaje. Este arreglo generalmente se hace con el distribuidor de las baterías cuando se compran las baterías nuevas.

6.5.9.7.2 Reciclaje de Lubricantes

El desechar el aceite lubricante usado de generadores diesel siempre ha sido un problema con los generadores remotos. Se saca aceite usado cada vez que se cambia

De un generador de 200 kW con un cárter de aceite de 30 litros se sacan anualmente 1.000 litros de aceite usado, o sea cinco barriles llenos. Debido a la drástica reducción de las horas de funcionamiento en un Sistema Híbrido, el aceite se cambia solamente cuatro veces por año. La producción total de aceite usado es de 60 litros por año en la localidad donde se generan 300 kWh por día y 120 litros por año en la localidad más grande. El aceite usado normalmente se desecha con uno de los tres métodos siguientes:

- Transportándose a un centro de reciclaje.
- Dejándolo caer gota a gota en el combustible del generador para que se queme.
- Vertiéndolo en el suelo.

Evidentemente, el último método es totalmente inaceptable por razones ambientales. El segundo también es inaceptable debido a que aumenta las emisiones del generador, de modo que la única opción razonable es recoger el aceite y llevarlo a un centro de reciclaje (en Iquitos). Como se produce poco aceite, eso se puede hacer fácilmente una vez por año, durante una de las visitas para entregar aceite o para tareas de mantenimiento.

El coordinador responsable de la comunidad debe contar con un procedimiento por escrito para que se encarguen del mantenimiento con una lista de control para cerciorarse de que se recicle el aceite de esta forma.

6.5.9.8 Control Administrativo y Cobranza

Aunque no se necesita un operador del sistema a tiempo completo, ciertas tareas, como conexiones, recaudaciones y administración general, deben realizarse regularmente.

La administración podría estar a cargo de un microempresa local. La localidad podría tener su propia microempresa, para poder garantizar a futuro la renovación de los componentes del sistema.

Para ello se sugiere la creación de un pequeño aserradero con las siguientes características:

La administración del sistema abarca las siguientes tareas:

- Recaudaciones: Se efectuara por medio de un plan de cobranzas a una tarifa adecuada y autorizada por la administración de la comunidad, en forma periódica mensual.
- Administración del mantenimiento eléctrico del sistema,... etc.
- Administración del depósito en custodia y reemplazo de la batería al cabo de cinco años
- Planificación física y financiera de ampliaciones futuras para responder al aumento de la demanda.

6.6 Sostenibilidad de los Equipos Fotovoltaicos

Para la sostenibilidad de los sistemas fotovoltaicos en el tiempo se está considerando la implantación de un pequeño aserradero, así como un pequeño taller de carpintería y costura, independiente del proyecto de generación eléctrica cuya instalación y operatividad depende de los recursos de cada comunidad y que le traería ingresos propios y por ende podría sostener la renovación y manteniendo de los equipos una vez que estos se hayan instalado y estén operativos.

Pero esta instalación de los pequeños aserraderos tiene una serie de inconveniencias que ha continuación se detallan y que es necesario tener en cuenta para su implementación.

Los pequeños aserraderos portátiles básicamente buscan, satisfacer varias necesidades:

- Estimular el desarrollo rural con el uso de pequeños aserraderos en zonas forestales rurales para trozar la madera *in situ*, lo que crea más empleo, da un producto de valor agregado, así como productos maderables que cumplen con los requerimientos locales..
- Evitar las repercusiones nefastas de las operaciones de madereo en gran escala, habilitando a la comunidad que son los dueños de los bosques para que generen ingresos que provengan de zonas pequeñas (aserrío de gran valor, en lugar de zonas grandes) madereo de poco valor.
- Promover el manejo forestal sostenible haciendo que la comunidad aprecien mejor los valores maderables y no maderables de sus bosques, y entregándoles medios para su manejo eficaz.

Problemas de funcionamiento

Algunos de los problemas de funcionamiento que se podrían presentar a futuro si no existe una previa concientización y capacitación de las comunidades son:

- los aserraderos tienen otras obligaciones que cumplir, tales como la agricultura, la familia, costumbres, otros negocios o actividades lo que significaba que los aserraderos funcionarían solamente a tiempo parcial;
- Dificultad para operar aserraderos comunitarios, ya sea por existir fricción dentro de la comunidad misma, o por falta de liderazgo y responsabilidad.

- Diferentes éticas comerciales de aquellas en la comunidad, la conducción de negocios para satisfacer las necesidades básicas o sociales, más bien que para maximizar las ganancias.
- Conflictos sociales locales, política, religión, disputas sobre la propiedad de la tierra, o envidia a alguien por alcanzar más poder o riqueza que otros.
- Recursos forestales limitados en las propias tierras del aserrador o en aquellas de otros.
- La llegada de la nueva tecnología, y la consiguiente riqueza y conocimientos, pueden trastornar las estructuras tradicionales, y crear nuevas tensiones.
- Los aserraderos portátiles pueden cambiar el uso y el valor de la tierra, derechos de usuario a la amplitud de la comunidad. A medida que los árboles en un territorio adquieren valor en efectivo, ya sea por la explotación forestal de pequeña o mayor escala, hay siempre la tendencia a ejercer la propiedad absoluta, y a restringir a otros los derechos de uso.

Dada esta situación es obvio que habría que tener en cuenta la necesidad de cambio en la costumbre de la comunidad.

Cambio de tecnología

Las motosierras tronzadoras cortan volúmenes de madera mucho más pequeños que los aserraderos móviles, y habitualmente se utilizan con mucho menos intensidad.

La motosierra tronzadora aborda también varios de los problemas de funcionamiento antedichos. El hecho de ser más barato y más portátil que los aserraderos móviles, se adapta mejor al tiempo del que disponen los campesinos para cortar la madera, así como a una ética comercial diferente. Su costo está dentro de los medios de los particulares (y las comunidades) por lo que se torna en una herramienta y

responsabilidad de una sola persona. El equipo puede llevarse fácilmente a casa al término de una jornada, en lugar de dejarlo en el bosque. Esto en sí es una gran ventaja, si el aserrador no sabe cuándo podrá regresar a su trabajo, o si le preocupa el vandalismo o hurto. De igual importancia es que si se presentan conflictos sociales, como celos/envidia o disputas sobre las tierras, el equipo puede trasladarse hasta que se resuelva la situación.

Por otro lado, hay que reconocer que las motosierras tronzadoras, por lo general, no son una herramienta apropiada para la producción de cantidades importantes de madera, o para una actividad de aserrío a tiempo completo. Esto, en su derecho, debiera ser el papel que desempeñe el aserradero móvil, que posee un motor y sistema de aserrado más eficiente. Los aserradores de motosierras tronzadoras que han evolucionado a aserraderos más grandes han considerado a la motosierra tronzadora como una herramienta de aprendizaje invaluable, cuya experiencia ha contribuido enormemente al éxito de la actividad comercial más grande.

Sugerencias:

Se deberán implementar cursos de talleres utilizando técnicas básicas de planificación participativa, tales como discusión de grupo (generalmente segregado por género), identificación y análisis de problemas, y formulación de planes de acción comunitarios. Posteriormente se podrían implementar una herramienta de Diagnóstico Rural Participativo.

CONCLUSIONES

1. Se demuestra que hay viabilidad técnica, económica y ambiental para que de la misma comunidad se pueda proveer con la explotación de sus propios recursos naturales de energía eléctrica que satisfaga parte de sus necesidades y a la vez mejore sus condiciones de vida a la par de la época en que estamos viviendo.
2. Para la comunidad de Shivancoreni se utilizarán unidades modulares fotovoltaicas de 50 Watts pico para cada vivienda por ser este sistema el más económicamente factible y que menos impacto provoca en el medio ambiente que lo rodea.
3. En Shivancoreni por ser muy costoso su uso las viviendas pasarán a usar paneles solares si así lo creen conveniente quedando el generador actual con las redes existentes para suministrar energía a las cargas especiales (local comunal, local Cedia, posta medica y costura)

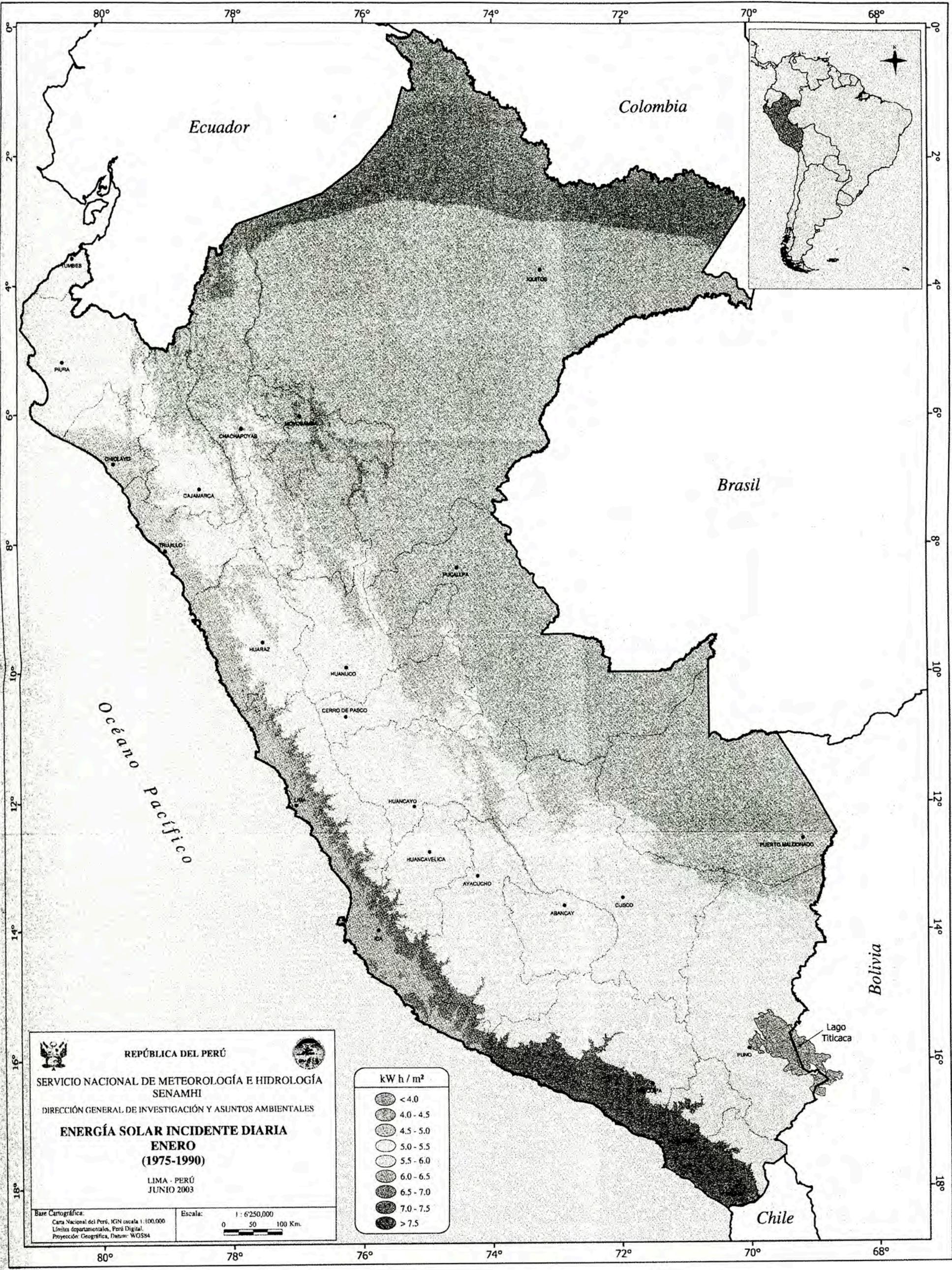
4. Para el sostenimiento de las instalaciones eléctricas en el tiempo se recomienda instalar un pequeño aserradero portátil que le permita generar ingresos económicos y poder renovar sus equipos adquiridos.
5. Referente a los paneles solares se tendrá que capacitar al personal o darles alcances para poder utilizar adecuadamente sin riesgo para ellos. De la misma forma para el aserradero.
6. El sistema fotovoltaico le lleva una gran ventaja a los sistemas moto-generadores respecto a los temas de contaminación ambiental. Shivancoreni contamina el ambiente produciendo 11.84 TON/año de CO₂, algo que verdaderamente nos tiene que preocupar a todos ya que en un futuro no lejano de 25 años sólo esta comunidad producirá 296 TON de CO₂.
7. En el aspecto social la comunidad tendrá un avance significativo en su estilo de vida y le generará confort y evitará la emigración de sus pobladores jóvenes.
8. Los gráficos nos demuestran plenamente cual es la ventaja de las alternativas de los paneles solares respecto a los moto generadores. El costo de los Kwh son menores en los sistemas fotovoltaicos que en los sistemas con moto generadores y en nuestro caso el costo de Kwh será de 0.8816 \$ / kwh para los paneles a comparación de los 09115 \$ / Kwh de los moto generadores además la diferencia radica que los paneles trabajaran todo el tiempo en cambio el grupo generador solamente 3 días a la semana.
9. El análisis económico demuestra que tan ventajosos económicamente son los sistemas fotovoltaicos que los moto generadores, obteniéndose para el caso de Shivancoreni un VAN 1 = \$ 62,950.12 que es más ventajoso que el grupo generador con el que se obtiene un VAN 2 = \$ 104,974.66. En conclusión por

costos durante el ciclo de vida de los paneles solares estos resultan más rentables que la opción del grupo generador.

BIBLIOGRAFIA

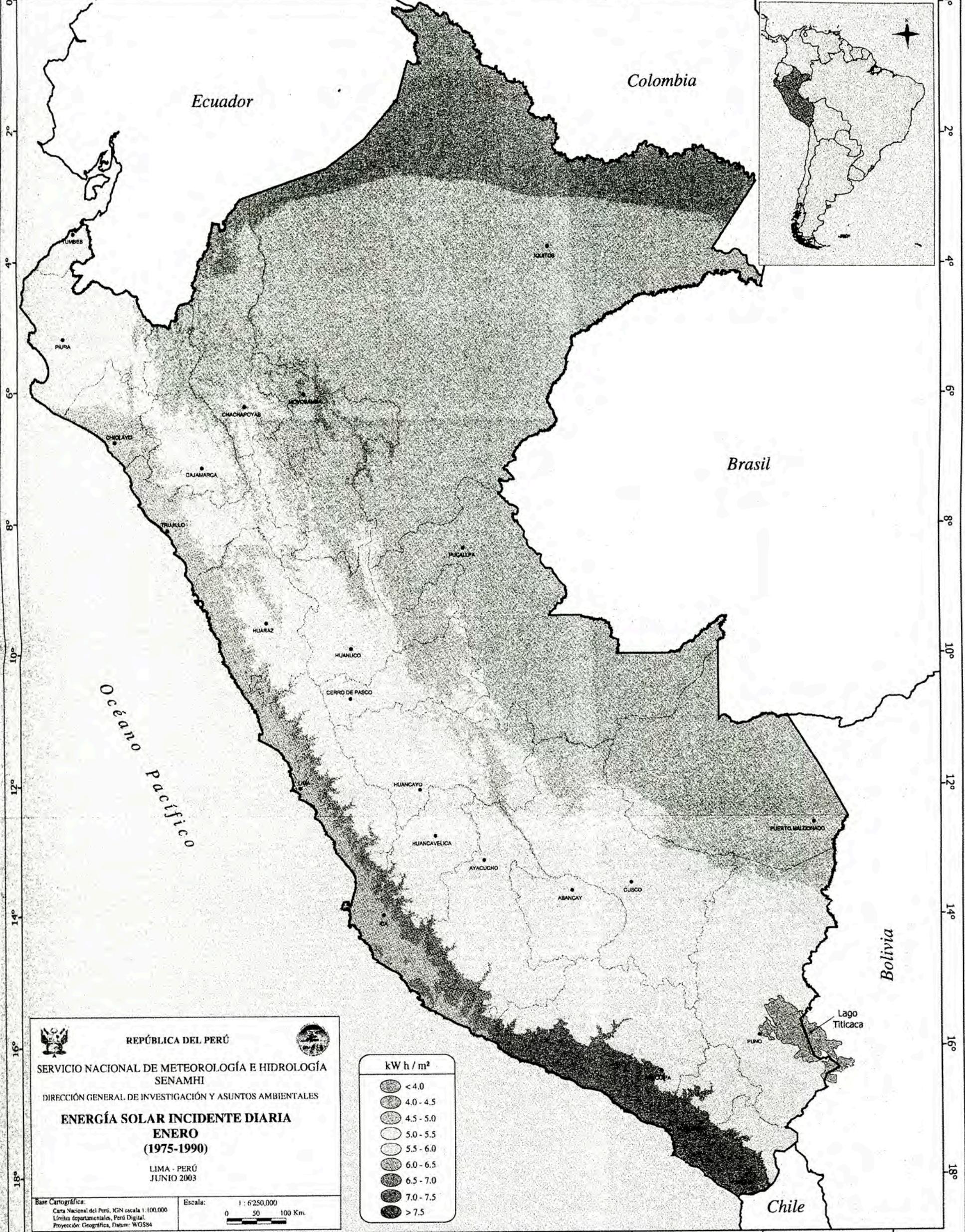
1. CABALLERO BUSTAMANTE “Informativo Económico Financiero”, 1ra Quincena Julio 2006, año XXXIII, N° 5, pag. B4
2. CARRASCO, Alonso “Aspectos de la Electrificación Rural en el Perú” ITDG, 1997, Cajamarca, Perú.
3. CARRASCO, Alonso “La Electricidad en el Perú” ITDG, 1990, Lima, Perú.
4. CHAVEZ, Adalberto “Diseño y Dimensionado de Sistemas Solares Fotovoltaicos Autónomos” CubaEnergia, 2003 Cuba
5. COZ PANCORBO, Federico “Diseño de una Turbina Mitchell –Banki” Tesis de Competencia Profesional, UNI, 1961 Lima Perú.
6. COZ PANCORBO, Federico “Folleto sobre parámetros generales de diseño de las Turbinas Hidráulicas de Flujo Transversal” IV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y Ramas afines, 4 al 9 de Julio de 1977 Lima Perú.
7. COZ PANCORBO, Federico “Manual de Mini y Micro Centrales Hidráulicas” 1995, Lima, Perú.
8. ECOLOGISTAS EN ACCION “Propuesta para el desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica” Mayo 2005, España.
9. ESPINOZA, Rafael “Electrificación Fotovoltaica Insular” Centro de Energías Renovables UNI, 1999 Lima Perú.
10. ESPINOZA, Rafael “Utilización de Energía Fotovoltaica en Comunidad de la Amazonia” CER, VII Simposio de Energía Solar, Asociación Peruana de Energía Solar, 2000 Lima Perú.
11. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA “Termodinámica Aplicada” UNI, 1988 Lima Perú.
12. GONZALES, R. Y PIAY, J. “La Potencia Predominante de un Sistema Fotovoltaico” Censolar, 2000, Sevilla España [http: // www.fotovoltaica.com / ppred1.pdf](http://www.fotovoltaica.com/ppred1.pdf)
13. INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA “Texto del Segundo Seminario Internacional sobre Tecnologías de Motores de Combustión Interna”, UNI, 1991 Lima, Perú.

14. ITDG “Agua, Energía y Desarrollo Rural”, 1989 Lima, Perú.
15. KADAMBI, V. y PRASSAD, Manohar “Conversión de Energía” Primera Edición, 1984, Balderas Distrito Federal de México, México.
16. MANUAL DE USO DE LA ENERGÍA SOLAR 2000 Lima Perú.
17. MANFRED HORN, M Y ESPINOZA, Rafael “Modelos de Gestión en la Electrificación Rural con Energía Solar Fotovoltaica en el Perú”, UNI, 2001 Lima Perú.
18. MATAIX, Claudio “Máquinas Hidráulicas” 2da Edición, 1985 Ciudad de México, México.
19. MEM “Modelo de Administración de la Energía Electrica no Convencional con Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios”, 2000 Lima Perú, http://www.minem.gob.pe/dep/renovab/20PropADINELSA_DEP.pdf
20. MUNARES TAPIA, Carlos César “Dinámica de Propulsión y Economía de Combustible del Vehículo” 2da Edición, 1989 Lima Perú.
21. OSSERBERGER - TURBINENFABRIX Prospecto Comercial, Weissenburg / Bayern, Alemania.
22. PROYECTO DE LEY “Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales, Aisladas y de Frontera” Congreso de la Republica, 2006 Lima Perú.
23. PROYECTO DE NORMA TECNICA PERUANA PNTP 399.403 2003 “Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp – Configuración y Método para la Determinación de la Eficiencia Energética del Sistema” 1ra edición Indecopi, 2003 Lima Perú.
24. SANCHEZ CAMPOS, Teodoro “La Sostenibilidad de Proyectos Fotovoltaicos Rurales” ITDG, 1999 Lima Perú.
25. SENAMHI Y MEM “Atlas de Energía Solar del Perú” Junio 2003, Lima, Perú.
26. SOLUCIONES ENERGETICAS “Sistemas Fotovoltaicos” 2000, <http://saecsaenergiasolar.com/fotovoltaico/introducción/>
27. SHEPHERD “Principles of Turbomachinery” Mc Millan, 5ta Edición, 1965.



80° 78° 76° 74° 72° 70° 68°

80° 78° 76° 74° 72° 70° 68°



Ecuador

Colombia

Brasil

Bolivia

Chile

Océano Pacífico


REPÚBLICA DEL PERÚ


SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES

ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
ENERO
(1975-1990)

LIMA - PERÚ
 JUNIO 2003

Base Cartográfica:
 Carta Nacional del Perú, IGN escala 1:100,000
 Límites departamentales, Perú Digital.
 Proyección: Geográfica, Datum: WGS84

Escala: 1:6250,000
 0 50 100 Km.

kWh/m ²	
	< 4.0
	4.0 - 4.5
	4.5 - 5.0
	5.0 - 5.5
	5.5 - 6.0
	6.0 - 6.5
	6.5 - 7.0
	7.0 - 7.5
	> 7.5

LIMBES

PIURA

CHICLAYO

CHACHAPOYAS

CAJAMARCA

TRUJILLO

HUARAZ

HUANUCO

CERRO DE PASCO

HUANCAYO

HUANCAYELICA

AYACUCHO

ABANCAY

CUSCO

PUERTO MALDONADO

PUNO

Lago Titicaca

ISLATCO

SECHURA

PUCALLPA

LIMA

ICA

TACNA

MORONA

AREQUIPA

MAYO

MOQUEGUA

AYLA

CHOTA

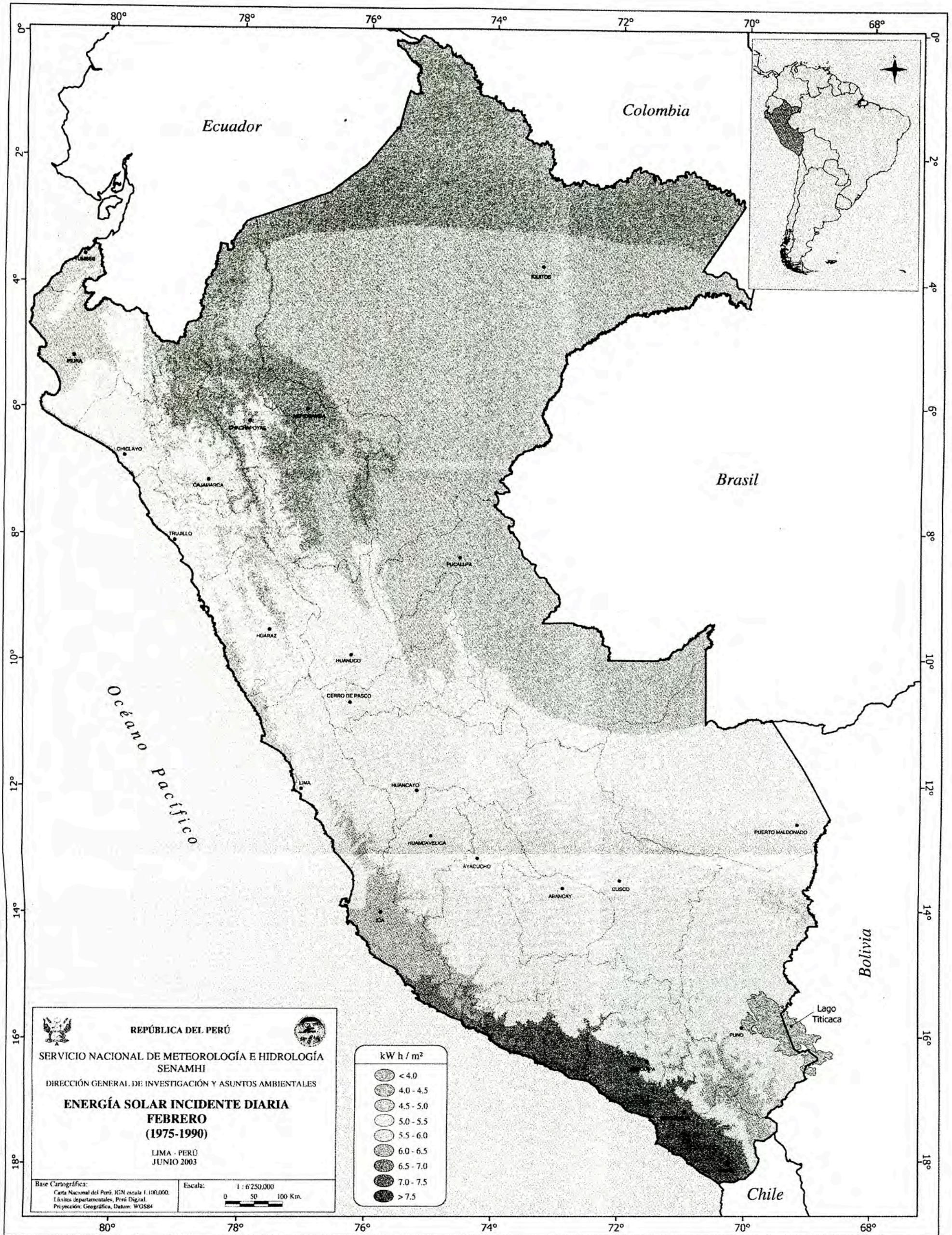
EL CAJON

CHOTA

CHOTA

CHOTA

CHOTA



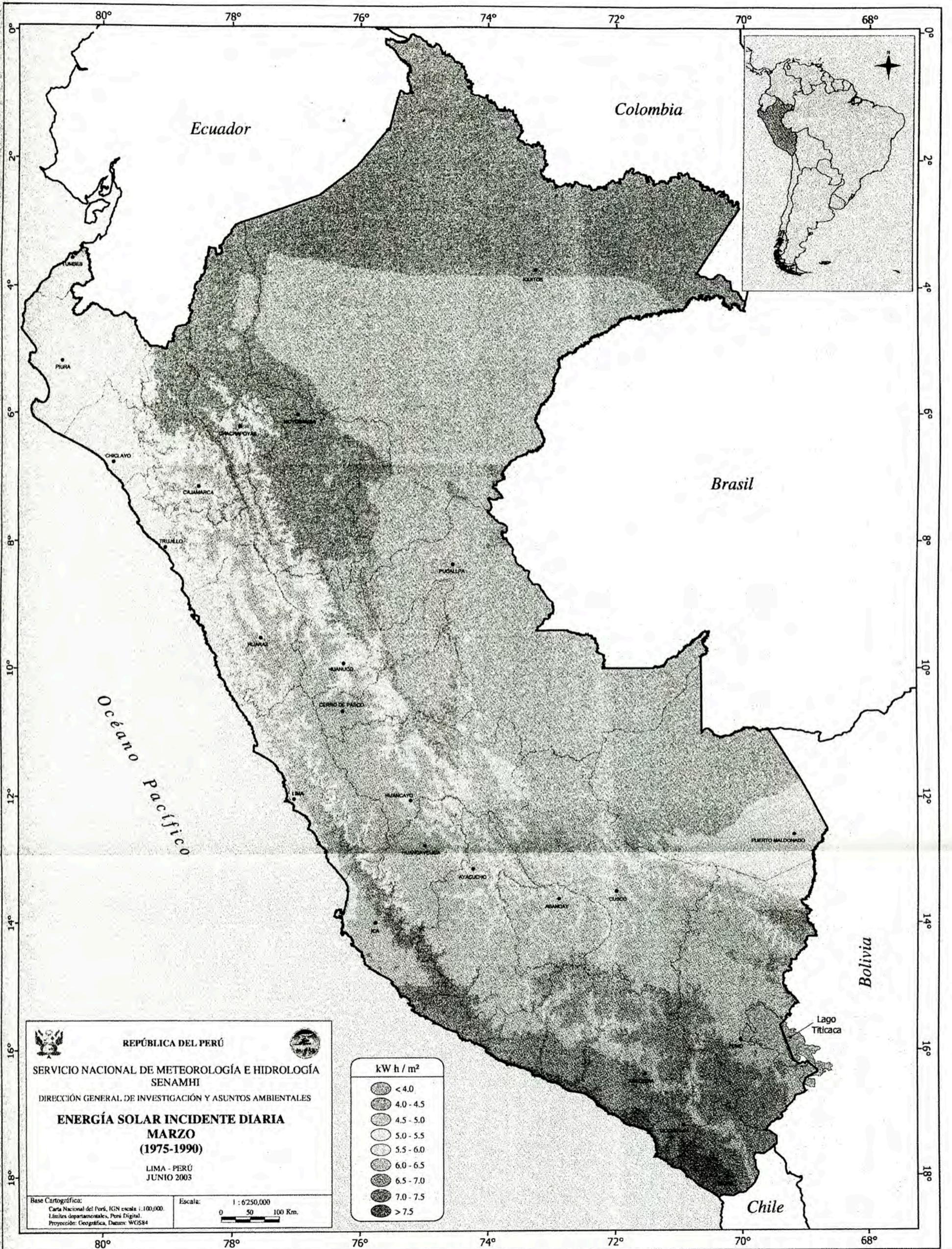

REPÚBLICA DEL PERÚ

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES
ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
FEBRERO
(1975-1990)
 LIMA - PERÚ
 JUNIO 2003

Base Cartográfica:
 Carta Nacional del Perú, IGN escala 1:100,000.
 Límites departamentales, Perú Digital.
 Proyección: Geográfica, Datum: WGS84

Escala: 1 : 6250,000
 0 50 100 Km.

kWh / m ²	
	<math>< 4.0</math>
	4.0 - 4.5
	4.5 - 5.0
	5.0 - 5.5
	5.5 - 6.0
	6.0 - 6.5
	6.5 - 7.0
	7.0 - 7.5
	> 7.5




REPÚBLICA DEL PERÚ

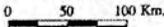

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES

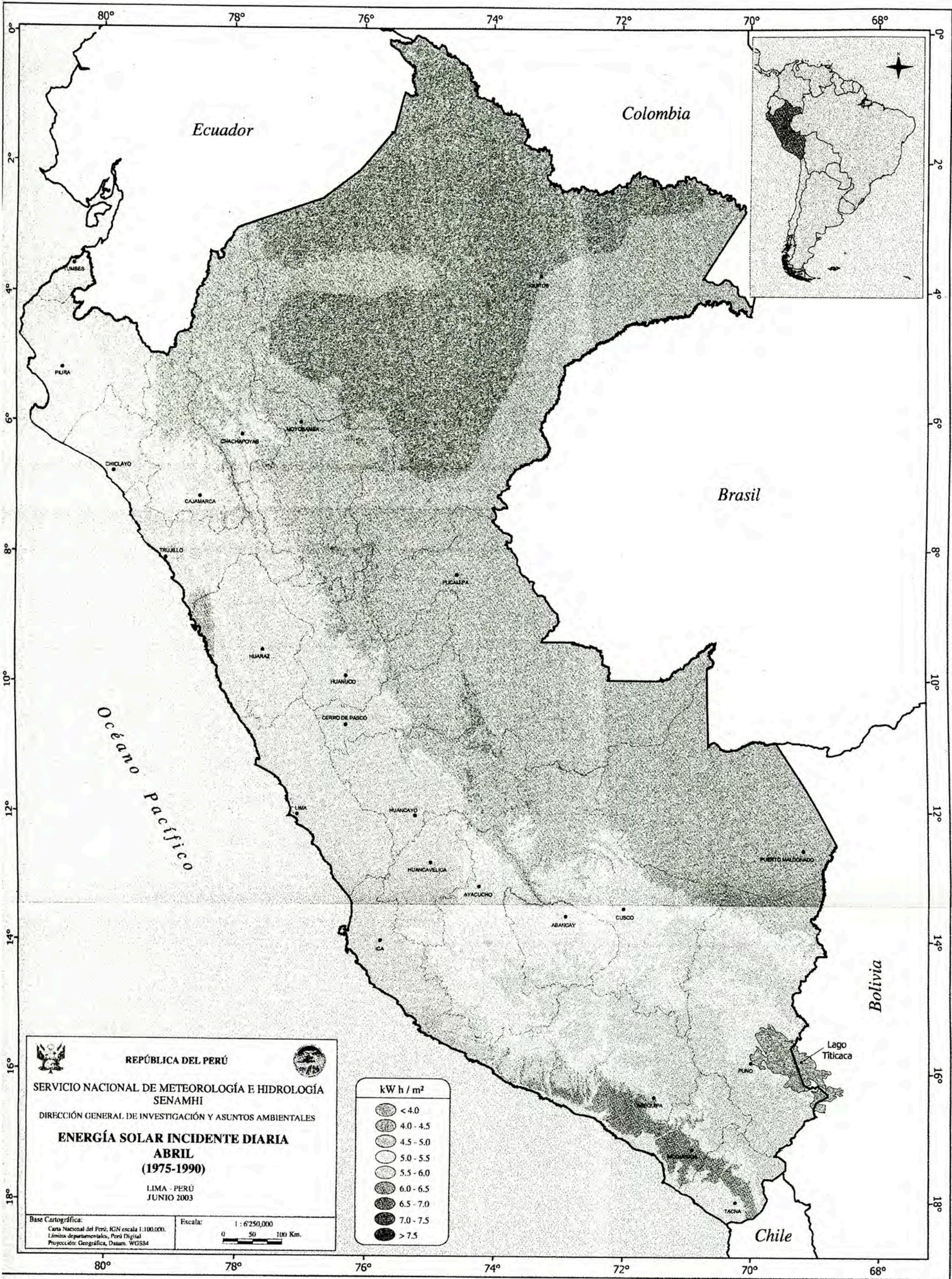
ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
MARZO
(1975-1990)

LIMA - PERÚ
 JUNIO 2003

Base Cartográfica:
 Carta Nacional del Perú, IGN escala 1:100,000.
 Límites departamentales, Pona Digital.
 Proyección: Geográfica, Datum: WGS84

kWh / m ²	
	<math>< 4.0</math>
	4.0 - 4.5
	4.5 - 5.0
	5.0 - 5.5
	5.5 - 6.0
	6.0 - 6.5
	6.5 - 7.0
	7.0 - 7.5
	> 7.5

Escala: 1 : 6250,000




80° 78° 76° 74° 72° 70° 68°

0° 2° 4° 6° 8° 10° 12° 14° 16° 18°

0° 2° 4° 6° 8° 10° 12° 14° 16° 18°

Ecuador

Colombia

Brasil

Océano Pacífico

Bolivia

Chile



REPÚBLICA DEL PERÚ

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES

**ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
ABRIL
(1975-1990)**

LIMA - PERÚ
JUNIO 2003

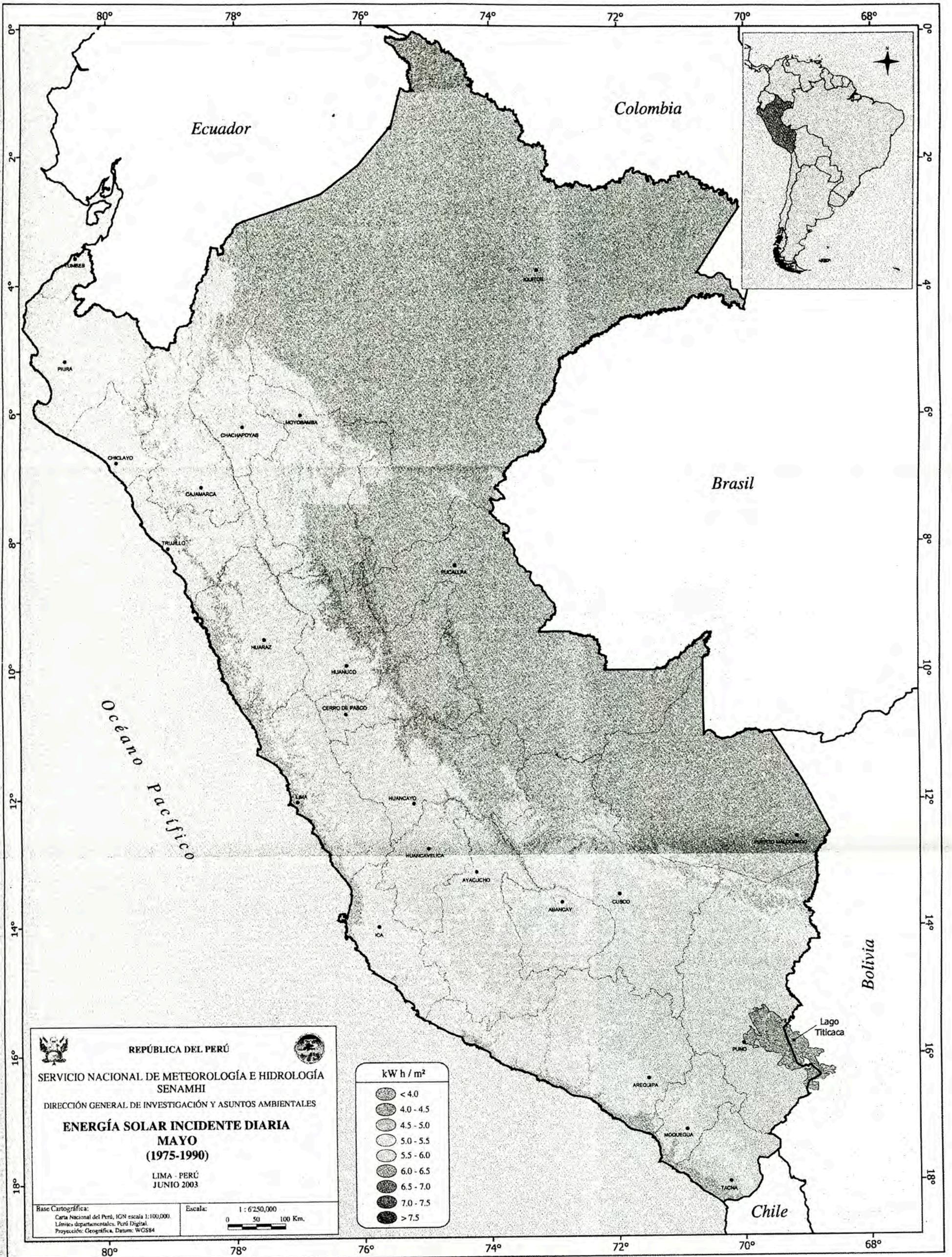
kWh / m²

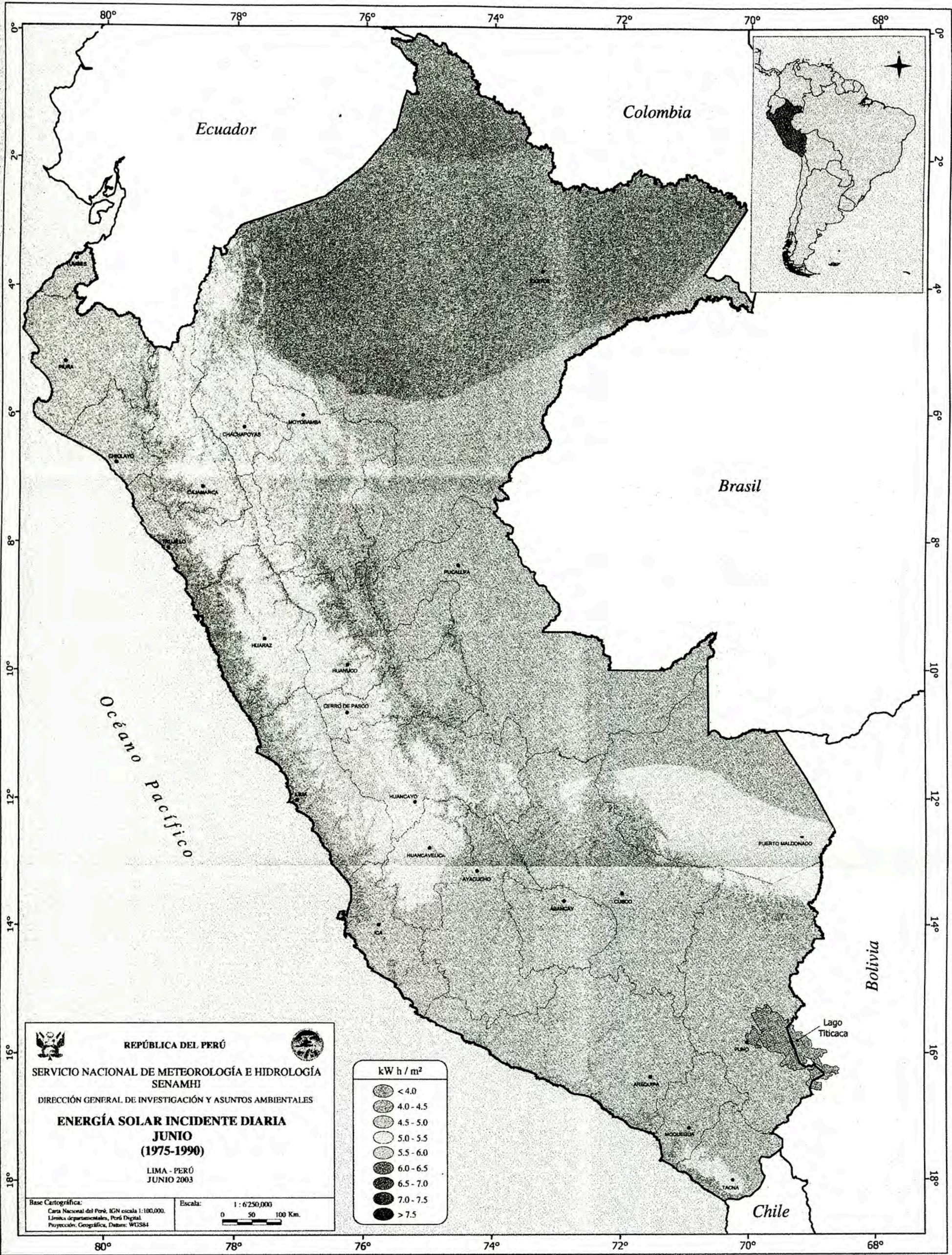
- <math>< 4.0</math>
- 4.0 - 4.5
- 4.5 - 5.0
- 5.0 - 5.5
- 5.5 - 6.0
- 6.0 - 6.5
- 6.5 - 7.0
- 7.0 - 7.5
- > 7.5

Base Cartográfica:
Carta Nacional del Perú, IGN escala 1:100,000.
Límites departamentales, Perú Digital
Proyección: Geográfica, Datum: WGS84

Escala: 1 : 6250,000
0 50 100 Km.

80° 78° 76° 74° 72° 70° 68°






REPÚBLICA DEL PERÚ


SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES

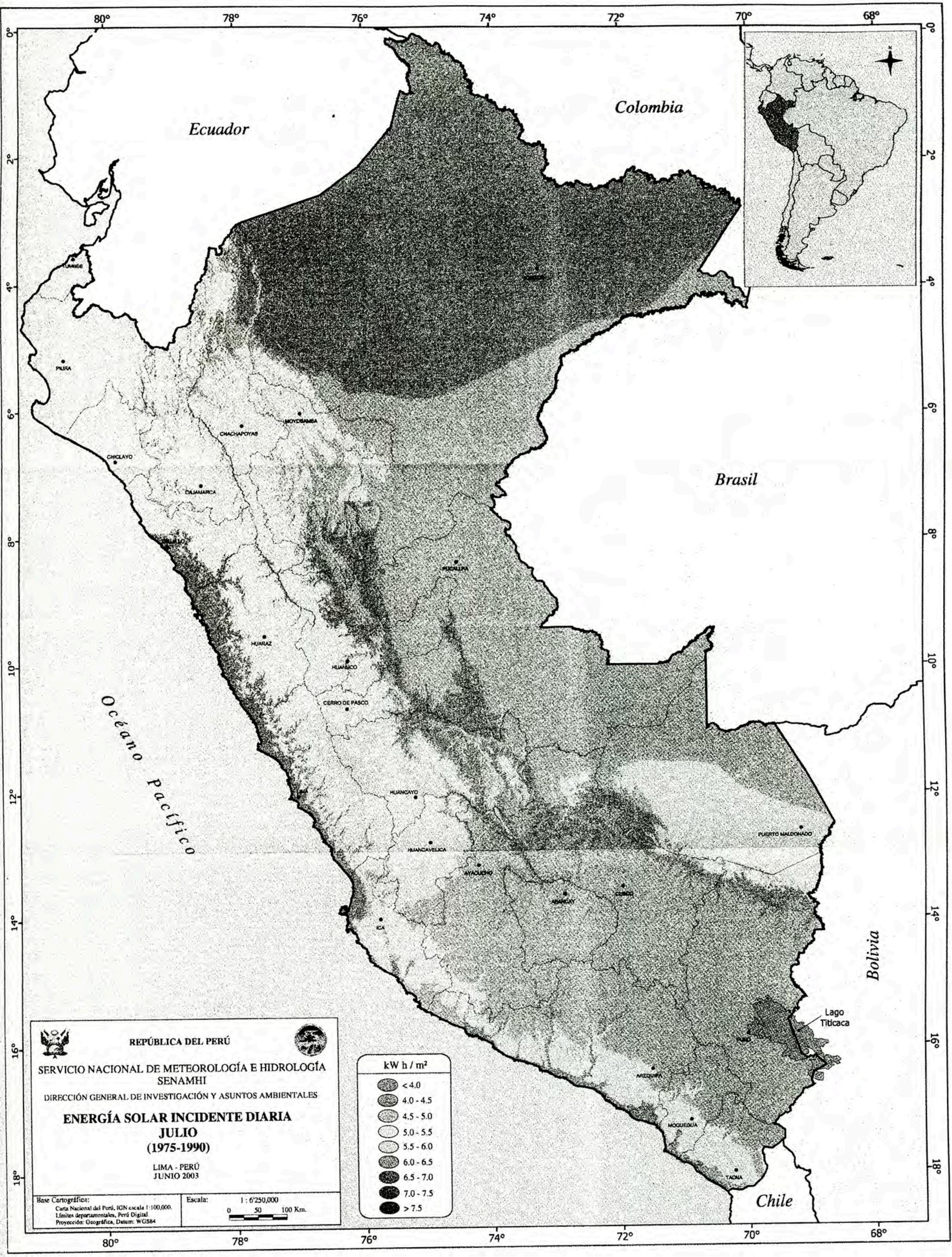
ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
JUNIO
(1975-1990)

LIMA - PERÚ
 JUNIO 2003

Base Cartográfica:
 Carta Nacional del Perú, IGN escala 1:100,000.
 Límites departamentales, Perú Digital
 Proyección: Geográfica, Datum: WGS84

kWh / m ²	
	< 4.0
	4.0 - 4.5
	4.5 - 5.0
	5.0 - 5.5
	5.5 - 6.0
	6.0 - 6.5
	6.5 - 7.0
	7.0 - 7.5
	> 7.5

Escala: 1 : 6250,000
 0 50 100 Km.



80° 78° 76° 74° 72° 70° 68°

0° 2° 4° 6° 8° 10° 12° 14° 16° 18°

0° 2° 4° 6° 8° 10° 12° 14° 16° 18°

Ecuador

Colombia

Brasil

Bolivia

Chile

Océano Pacífico

Lago Titicaca

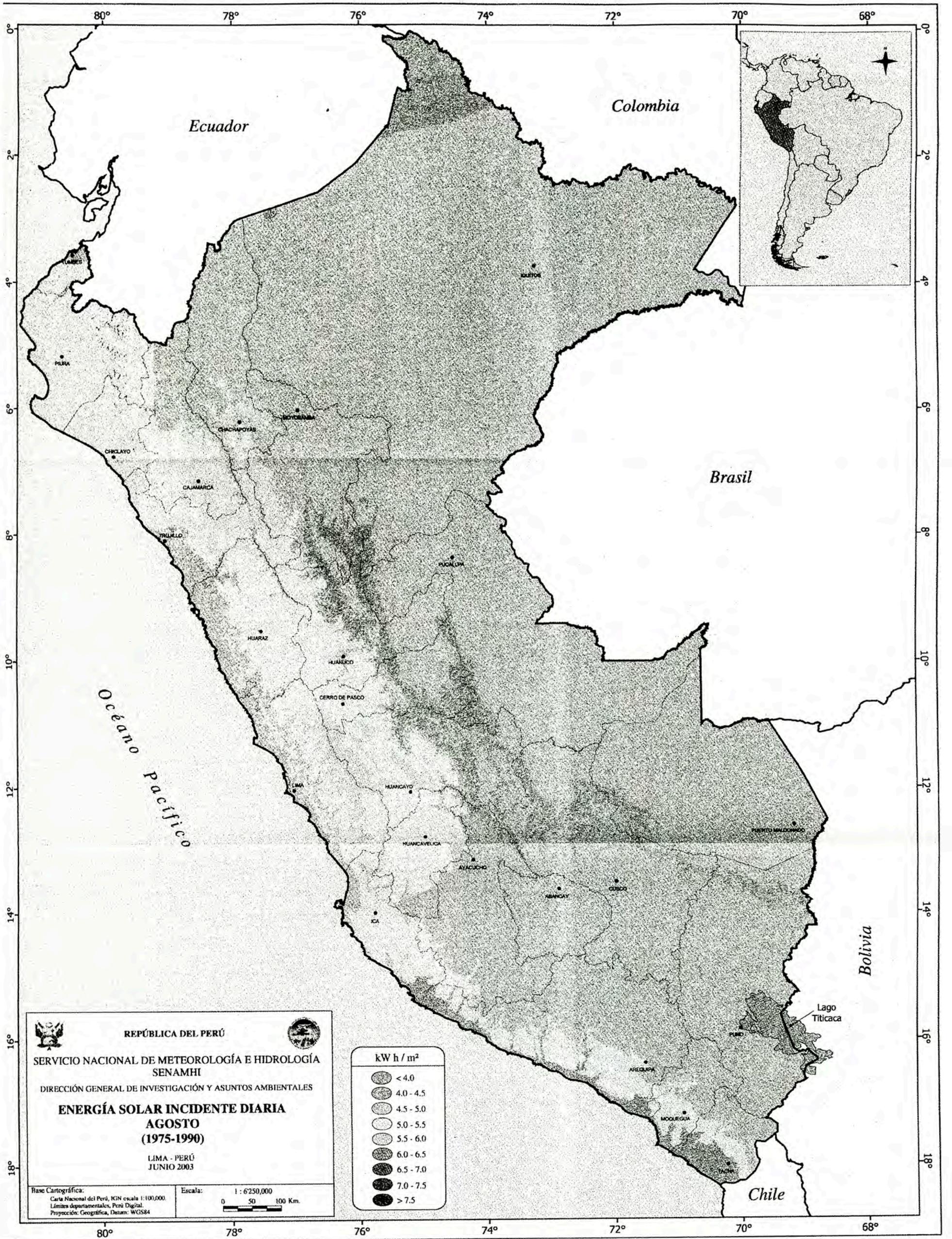

REPÚBLICA DEL PERÚ
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES
ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
JULIO
(1975-1990)
 LIMA - PERÚ
 JUNIO 2003

Base Cartográfica:
 Carta Nacional del Perú, IGN escala 1:100,000.
 Límites departamentales, Perú Digital
 Proyección: Geográfica, Datum: WGS84

Escala: 1 : 6250,000
 0 50 100 Km.

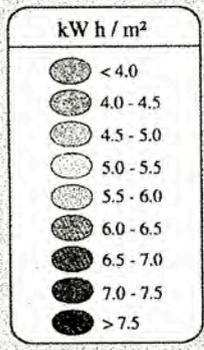
kWh / m ²	
	< 4.0
	4.0 - 4.5
	4.5 - 5.0
	5.0 - 5.5
	5.5 - 6.0
	6.0 - 6.5
	6.5 - 7.0
	7.0 - 7.5
	> 7.5

80° 78° 76° 74° 72° 70° 68°

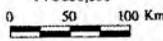


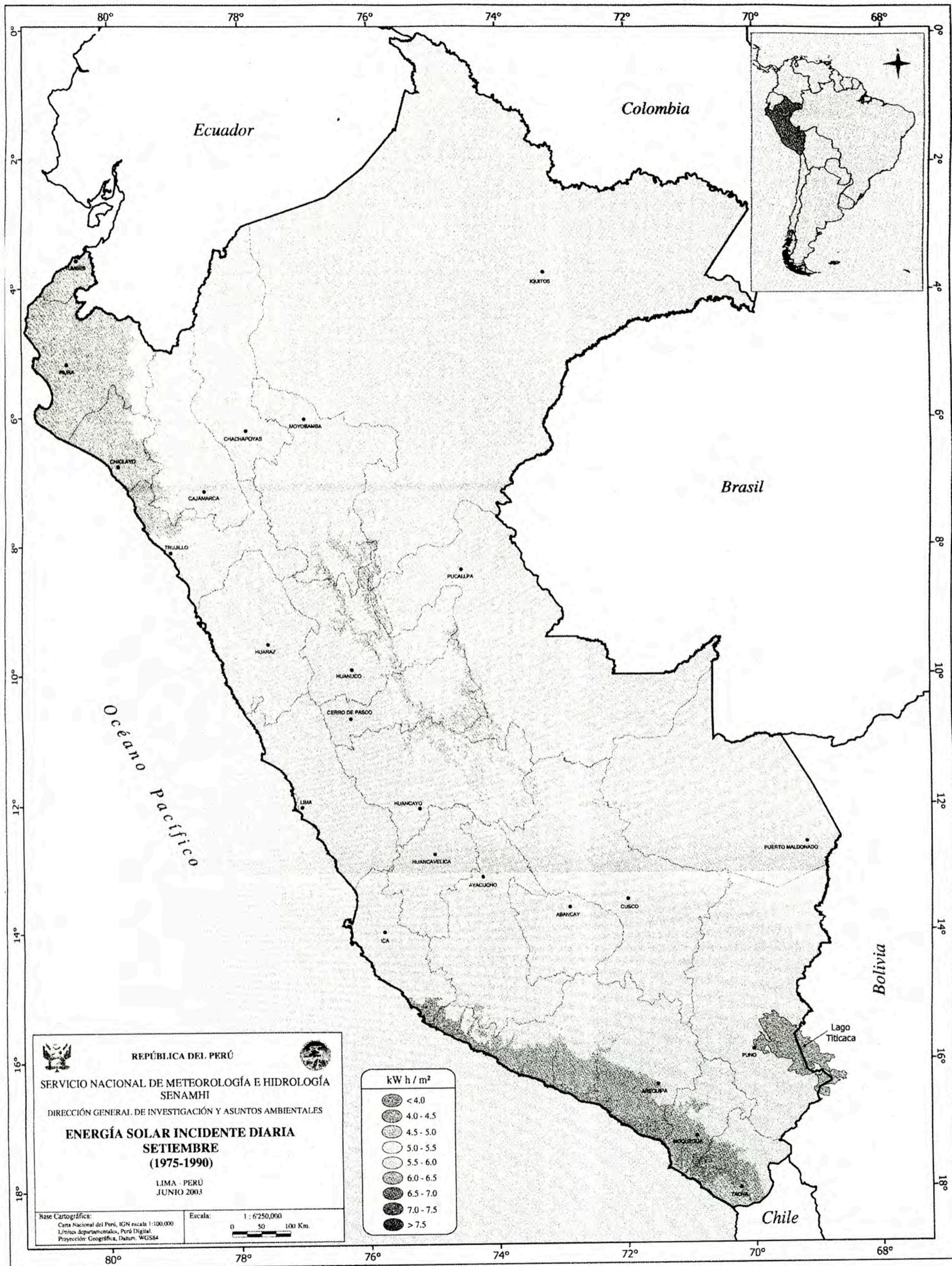

REPÚBLICA DEL PERÚ

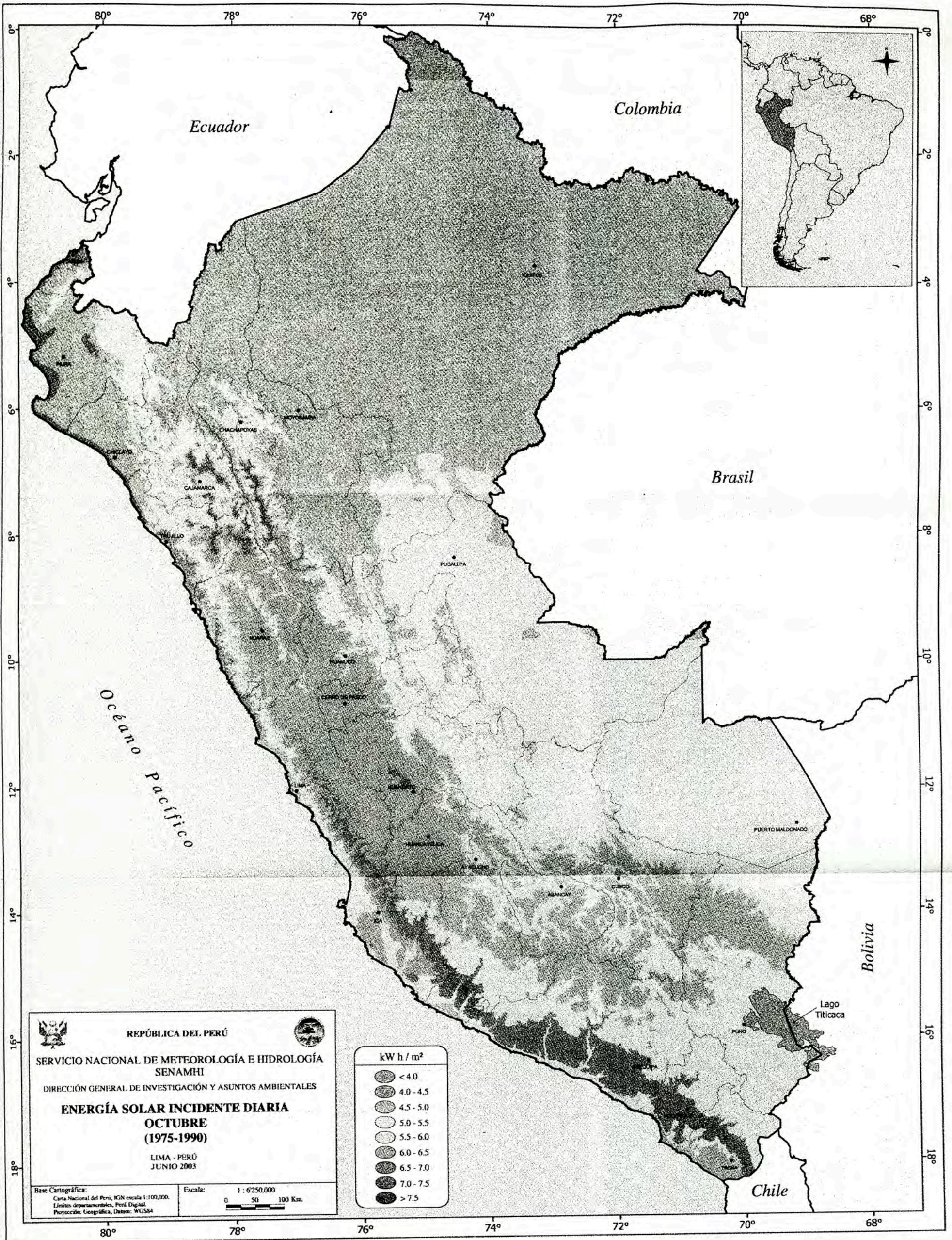

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES
ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
AGOSTO
(1975-1990)
 LIMA - PERÚ
 JUNIO 2003



Base Cartográfica:
 Carta Nacional del Perú, IGN escala 1:100,000.
 Límites departamentales, Perú Digital.
 Proyección: Geográfica, Datum: WGS84

Escala: 1 : 6'250,000




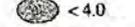
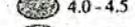
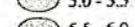
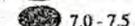
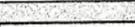


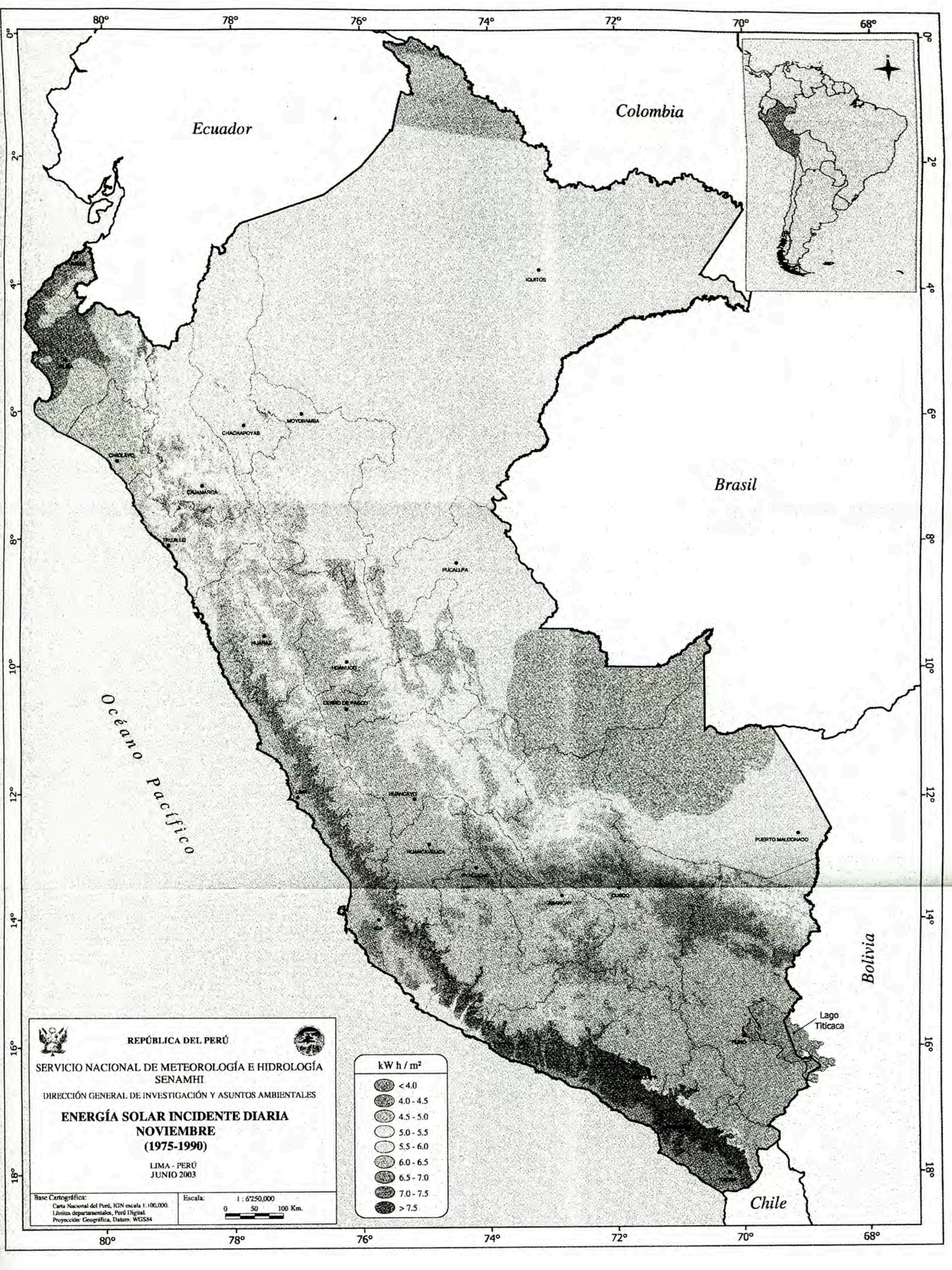

REPÚBLICA DEL PERÚ


SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES
ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
OCTUBRE
(1975-1990)
 LIMA - PERÚ
 JUNIO 2003

Base Cartográfica:
 Carta Nacional del Perú, IGN escala 1:100,000.
 Límites departamentales, Perú Digital.
 Proyección: Geográfica, Datum: WGS84

Escala: 1 : 6250,000
 0 50 100 Km.

kWh / m ²	
	< 4.0
	4.0 - 4.5
	4.5 - 5.0
	5.0 - 5.5
	5.5 - 6.0
	6.0 - 6.5
	6.5 - 7.0
	7.0 - 7.5
	> 7.5



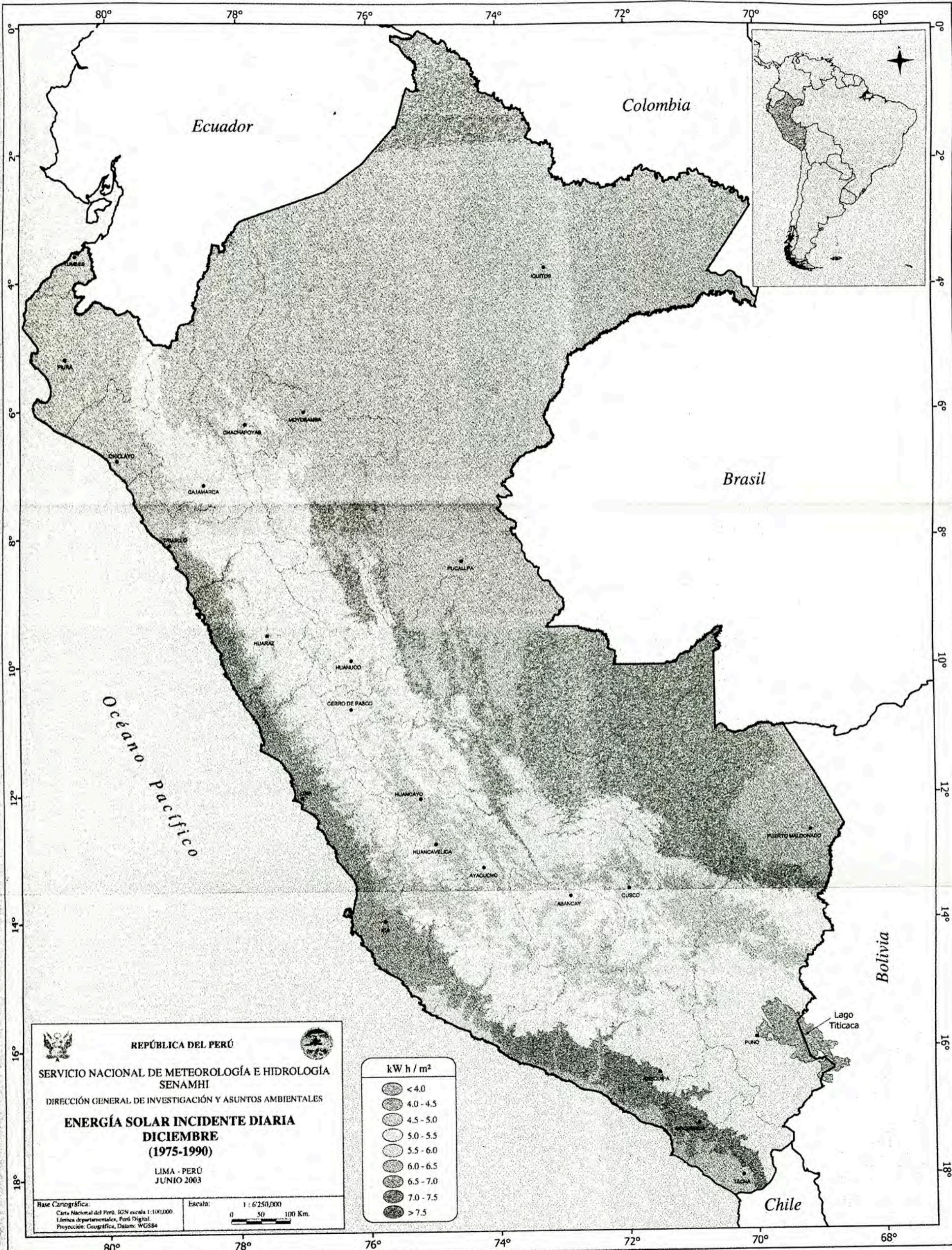

REPÚBLICA DEL PERÚ


SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES
ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
NOVIEMBRE
(1975-1990)
 LIMA - PERÚ
 JUNIO 2003

Base Cartográfica:
 Carta Nacional del Perú, IGN escala 1:100,000.
 Límites departamentales, Perú Digital.
 Proyección Geográfica, Datum: WGS84

Escala: 1 : 6250,000
 0 50 100 Km.

kWh / m ²	
	< 4.0
	4.0 - 4.5
	4.5 - 5.0
	5.0 - 5.5
	5.5 - 6.0
	6.0 - 6.5
	6.5 - 7.0
	7.0 - 7.5
	> 7.5



Ecuador

Colombia

Brasil

Océano Pacífico

Bolivia

Chile

Lago Titicaca

PUNO

TACNA

AREQUIPA

QUITO

MOYOBAMBA

SHACHAPOYAS

CAJAMARCA

CHICLAYO

PIURA

TUMBES

PUCALLPA

HUARAZ

HUANUCO

CERRO DE PASCO

HUANCAYO

HUANCAYUECA

AYACUCHO

ABANCAY

CUSCO

PUERTO MALDONADO

0°

2°

4°

6°

8°

10°

12°

14°

16°

18°

80°

78°

76°

74°

72°

70°

68°

80°

78°

76°

74°

72°

70°

68°