

T/621.3/073

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

TESIS

TITULO

**“LA NECESIDAD DEL USO DE LOS MÓDULOS
FOTOVOLTAICOS, COMO GENERACIÓN
ELÉCTRICA PARA EL BOMBEO DE AGUA
POTABLE EN ZONAS RURALES, EN
COMPARACIÓN ECONÓMICA Y TÉCNICA A LA
GENERACIÓN DIESEL TRADICIONAL”**

1703



PRESENTADO POR

BACH. RUBÉN FERNANDO ORTEGA UGALDI

ASESOR

Ing. CESAR RODRÍGUEZ ABURTO

SEPTIEMBRE DEL 2000

A Dios por enseñarme que las actitudes buenas y los esfuerzos en pro de las personas que mas necesidad tienen, es la recompensa de tener una vida sana y una alma tranquila para poder hacerlo mejor.

Agradezco a mis padres Rubén y Maria por el gran esfuerzo que han realizado durante toda su vida para ver realizado este gran sueño de verme profesional. Y este Proyecto de Tesis se lo dedico a ellos.

A mis hermanos que con los ejemplos de superación, esfuerzo y gran dedicación que día a día realizan, para ser cada vez mejores profesionales, el gran agradecimiento por animarme y encaminar los senderos de la moral y buenas costumbres.

A Karin, mi novia, que en los momentos de infortunio estuvo a mi lado para decirme, "yo se que tu puedes".

A mis amigos Juan Pretel., Luis Cruzado, Toribio Matos, Roberth Sotomayor, Juan Cruz, Edgar Mejia, y todos aquellos que durante mi estadía en la Universidad supieron tener convicción para tomar decisiones.

ÍNDICE

- » ÍNDICE.
- » INTRODUCCIÓN.

CAPITULO I

1. ELECTRIFICACIÓN RURAL CON FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES.
2. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN EL PERU.
 - 2.1 LA TRANSFORMACIÓN ESTRUCTURAL DEL SECTOR ELÉCTRICO.
 - 2.2 EL PLAN DE ELECTRIFICACIÓN NACIONAL.
 - 2.3 OPORTUNIDADES QUE OFRECE EL NUEVO ENTORNO LEGAL PARA EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PERU.
 - 2.3.1 MARCO INSTITUCIONAL.
 - 2.3.2 MARCO LEGAL.
 - 2.3.3 FINANCIAMIENTO.
 - 2.3.4 PERSPECTIVAS.
3. DEFINICIONES PRINCIPALES.
 - 3.1 ENERGÍAS RENOVABLES.
 - 3.2 ENERGÍA SOLAR.
 - 3.3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

3.3.1 EL ÁTOMO Y SUS NIVELES DE ENERGÍA.

3.3.2 ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA CÉLULA
SOLAR FOTOVOLTAICA

CAPITULO II

1. ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍA SOLAR EN LA
REGIÓN GRAU.
 - 1.1 INTRODUCCIÓN.
 - 1.2 PANORAMA DE ELECTRIFICACIÓN EN LA REGIÓN
GRAU.
 - 1.3 ETAPAS Y CRITERIOS EN LA EJECUCIÓN DE
PROYECTOS.
2. IMPACTO OBTENIDO CON LA ELECTRIFICACIÓN DE
ZONAS RURALES Y LOCALES COMUNALES.

CAPITULO III

1. BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO.
 - 1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO
 - 1.2 EXPERIENCIA DEL MEDIO PIURA.
 - 1.3 EL BOMBEO SOLAR.
2. DISEÑO DEL PROYECTO "LA MARIPOSA - HUAN"
 - 2.1 ESTUDIO DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA.

- 2.2 ESTUDIO DE LA DEMANDA ACTUAL DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SU DISTRIBUCIÓN A LO LARGO DEL DIA.
- 2.3 CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DEL CASERÍO.
- 2.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE " LA MARIPOSA – HUAN".
 - 2.4.1 LA NORIA
 - 2.4.2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO
 - 2.4.3 LÍNEA DE IMPULSIÓN Y DE DISTRIBUCIÓN.
 - 2.4.4 CAUDAL DE BOMBEO
 - 2.4.5 ALTURA DE BOMBEO
 - 2.4.6 POTENCIA INSTALADA Y NUMERO DE PANELES INSTALADOS.
 - 2.4.7 SELECCIÓN DE LA ELECTROBOMBA
 - 2.4.8 ESQUEMAS ELÉCTRICOS

CAPITULO IV

- 1. MODELO TRADICIONAL DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DIESEL PARA BOMBEO DE AGUA.
- 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA BOMBEO DE AGUA POTABLE "LA MARIPOSA-HUAN".
 - 2.1 LA NORIA.
 - 2.2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.

- 2.3 LÍNEA DE IMPULSIÓN Y DE DISTRIBUCIÓN.
- 2.4 CAUDAL DE BOMBEO.
- 2.5 ALTURA DE BOMBEO
- 2.6 POTENCIA INSTALADA PARA LA SELECCIÓN DEL GENERADOR DIESEL.
- 2.7 SELECCIÓN DE LA ELECTROBOMBA.
- 2.8 ESQUEMAS ELÉCTRICOS.

CAPITULO V

- 1. ELABORACIÓN DEL PROYECTO Y SUS REQUERIMIENTOS PARA DEFINIR COSTOS EN AMBOS SISTEMAS DE GENERACIÓN.
- 2. CÁLCULOS DEL VALOR ACTUAL NETO PARA LA JUSTIFICACIÓN DE LA RENTABILIDAD EN AMBOS SISTEMAS.
 - 2.1 VALOR ACTUAL NETO PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.
 - 2.2 VALOR ACTUAL NETO PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DIESEL.
- 3. CALCULO DE LA TASA DE RETORNO DE INTERÉS PARA LA JUSTIFICACIÓN EN LA RENTABILIDAD EN AMBOS MODELOS.

- 3.1 TASA DE RETORNO DE INTERÉS PARA EL MODELO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.
- 3.2 TASA DE RETORNO DE INTERÉS PARA EL MODELO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DIESEL.
4. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE AMBOS SISTEMAS, FACTIBILIDAD DE COSTOS Y OPERACIÓN.
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

1. ESQUEMA DEL SISTEMA EÓLICO COMUNAL.
2. ESQUEMA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO COMUNAL.
3. ESQUEMA DE CASAS CON ELECTRICIDAD SOLAR.
4. ESQUEMAS DE SISTEMAS EÓLICOS COMUNALES.
5. DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA RIEGO TECNIFICADO.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Perú tiene un índice de electrificación del 70%⁽¹⁾ y se ha fijado como meta que para el año 2000 alcanzar un 78%. Sin embargo, a pesar de que se seguirá incrementando el tendido de redes, debido a la difícil geografía del país, se ha determinado que siempre habrá un 5 a 12% de la población, que vivirá en zonas rurales aisladas y que nunca tendrán acceso a la electricidad de la red.

Teniendo en consideración esta situación se ha determinado que una de las alternativas para satisfacer las necesidades de este grupo poblacional, es la utilización de las energías renovables, ya que luego de las evaluaciones correspondientes se determinó que ya son competitivas en lugares aislados, alejados y dispersos. Hasta la fecha, la alternativa energética que mas viene utilizando para este tipo de localidades son los pequeños grupos electrógenos; sin embargo, debido a que los combustibles en la actualidad ya no son subsidiados, sus costos de operación se han incrementado de manera importante, lo que se complica aún mas con lo molesto y costoso que resulta el traslado a localidades tan lejanas, a donde a veces no llegan las carreteras. Esta es la razón por la

¹ Evaluación del MEM en el año 1997.

cual estos grupos electrógenos son utilizados por las poblaciones que los poseen con menor frecuencia y en muchos casos solo son encendidos en las festividades mas importantes de la localidad.

Teniendo en consideración las perspectivas que tienen las energías renovables, principalmente la solar y eólica, y preocupado por la búsqueda de alternativas de suministro de energía, con menos daños a la ecología y una mejor accesibilidad tanto económica como técnica al poblador rural, se ha diseñado este proyecto que justifica la absoluta rentabilidad en estos sistemas flexibles a mediano plazo y la facilidad de operatividad, la cual puede ser realizada por el poblador.

CAPITULO I

1. *ELECTRIFICACIÓN RURAL CON FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES*

Las energías renovables han sido ampliamente utilizadas desde el comienzo de la civilización. Su importancia ha ido decreciendo a partir de la revolución industrial y hoy en día representa el 18% de la producción general de energía, repartidas entre la BIOMASA tradicional no comercializada (11%), las Centrales Hidroeléctricas convencionales (5%) y las "LAS NUEVAS ENERGÍAS RENOVABLES" (2%). Estas últimas incluyen la BIOMASA comercializada, las minicentrales hidroeléctricas, la energías solar, la energía eólica, geotérmica y otras menores.

Los combustibles fósiles han sido el motor del desarrollo durante los últimos 200 años y en la actualidad contribuyen con un 77% a la producción mundial de energía. Todo hace suponer que el predominio de los combustibles fósiles continuará bastantes decenios. Sin embargo el carbón, el petróleo y el gas natural, tienen recursos necesariamente limitados y tendrán que ser sustituidos a largo plazo. Por otra parte, consideraciones medio

ambientales, particularmente el temor al cambio climático por efecto invernadero, hacen deseable la disminución del uso de estos combustibles.

Las energías renovables, tienen recursos prácticamente ilimitados. Pero, por tratarse de energías difusas, sus costos son relativamente altos, frente a los combustibles fósiles. Debido a que los precios de estos últimos, tienden a aumentar conforme vayan disminuyendo este recurso a mediano plazo por la limitación de estas reservas, por lo tanto; todo hace pensar en la creciente importancia de las energías renovables. Si se tuviera en cuenta los costos externos, como los internos, la competitividad de estas últimas sería mucho más evidente.

Después de la famosa conferencia del medio ambiente en Río de Janeiro, los países participantes adquirieron el serio compromiso de reducir la emisión de CO₂ en el planeta. Como consecuencia de este compromiso, la generación de energía ambientalmente sana, la energía eólica ha cobrado una fuerza y una acogida enorme, particularmente en los países de Europa, en EE.UU. y en la India; la energía solar presenta una creciente demanda en países sudamericanos como ARGENTINA, CHILE, PERU y el BRASIL. En ALEMANIA, por ejemplo, en 1988, la potencia de energía eólica era menor de 380 Mw. En diciembre de

1996 sobrepaso los 1500 MW y estadísticamente se proyecta un crecimiento exponencial en los próximos años.

ANTECEDENTE ENERGÉTICO:

El **SOL** es la principal fuente de energía de nuestro sistema planetario. La superficie emite al espacio una radiación electromagnética de una magnitud casi inmensurable, que puede calcularse en 4×10^{23} Kw. De otra enorme producción, la tierra recoge unos 127,500 miles de millones de Kw. en el lado con luz o lo que es equivalente a 1 Kw/m^2 . Esta energía recorre la atmósfera y la hidrosfera antes de regresar al espacio. Todos los procesos vitales se mantienen por la energía que los organismos retienen de este flujo para emplearla en su propio metabolismo y en su medio de vida.

El hombre no ha sido una excepción. Nuestros antepasados tomaban la energía que les daban las plantas, las cuales crecían y dependían de las que le brindaba el sol.

El hombre primitivo solo disponía de la energía que le brindaba su fuerza muscular. Se calcula que el consumo de energía en aquellos tiempos era de unos 8 MJxpersona al día, equivalente a unas 2000 calorías diarias por habitante.

Se dieron grandes pasos cuando el hombre dominó el fuego, hace aproximadamente un millón de años. El hombre se hace cazador y su consumo estimado es de unos 20 MJ x persona al día.

Luego aprendió a aprovechar la fuerza de los animales de tiro, durante la revolución agrícola, hace unos 8000 años, pasando a un consumo de 10000 calorías diarias debido al gasto de los animales domésticos y al fuego. Pero el principio permaneció inalterado. La madera con la que el hombre alimentaba sus fuegos y el alimento que le daba a sus animales y que al mismo consumía eran energía solar reconstituida.

Después, el hombre se dio cuenta de la energía que tenían los ríos, causada por el agua en movimiento y la utilizó como medio de transporte. Cuando el agua estaba quieta, como en los lagos había que trabajar con la energía muscular. Hasta que el hombre descubrió que el viento lo podía arrastrar. Con la energía del viento, el hombre además de navegar, hacia los 1400 DC., mediante la aparición en Persia de los molinos de viento, pudo sacar agua de los pozos y triturar alimentos. Se estima que en esos tiempos el consumo energético por persona al día eran unos 110MJ.

En 1804 la maquina a vapor convirti6 el carb6n en fuerza motriz de la industria. La locomotora de vapor revoluciono el transporte. En la d6cada de 1850, la maquina de parafina cre6 un mercado para la incipiente industria petrol6fera. Para 1890 la bombilla el6ctrica y el motor el6ctrico dieron lugar a las industrias electrot6cnicas y a la energ6a el6ctrica. El motor el6ctrico y el dinamo permitieron la amplia distribuci6n de la energ6a el6ctrica y sustituyeron r6pidamente al pesado motor de vapor como fuente de energ6a en la industria. El motor de combusti6n interna, condujo directamente al autom6vil y al avi6n. Esta nueva tecnolog6a dio lugar a lo que se ha denominado "segunda revoluci6n industrial".

Durante las d6cadas de 1950 y 1960, el consumo de energ6a aumento vertiginosamente en los pa6ses industriales, duplic6ndose cada cinco a6os aproximadamente. Este aumento se debi6 a factores como el desarrollo de la energ6a nuclear, la expansi6n de las redes de energ6a el6ctrica y los sistemas de gasoductos a escala continental. A partir de entonces se pudieron emplear grandes cantidades de energ6a en el transporte, la industria y la agricultura. Parec6a que se hab6an superado todas las limitaciones naturales.

Durante los años 70 el consumo de energía se estanco relativamente, debido en parte a la necesidad de ahorrar petróleo y a una reducción general de expansión económica. Los países industriales predicen ahora el estancamiento de su consumo de energía, al tiempo que siguen aumentando las necesidades del tercer mundo. Actualmente en los países desarrollados el consumo promedio de energía diario por persona se estima en 597 MJ (150000 calorías). Por otro lado, la búsqueda de combustibles por parte de los países desarrollados, ocupa una cantidad enorme de tiempo y trabajo, y causa con frecuencia graves daños a la vegetación.

Las radiaciones de un cuerpo son proporcionales a su temperatura. El calor que se emana procedente de los combustibles fósiles y de las reacciones nucleares no proviene del sol. Es calor adicional, contaminación térmica, que aumenta la temperatura de la atmósfera. En consecuencia, la temperatura media de la tierra debe aumentar para mantener el equilibrio de la radiación. Este aumento de temperatura tiene catastróficas consecuencias y se conoce como efecto invernadero, el cual produce descongelamiento glacial, cambios climáticos, alteraciones en el uso de los suelos, etc.

La vía para una mayor prosperidad ya no es el aumento de la producción de energía, sino unos procesos de producción y unos estilos de vida mas económicos energéticamente y menos destructores del medio ambiente.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN EL PERU.

2.1 LA TRANSFORMACIÓN ESTRUCTURAL DEL SECTOR ELÉCTRICO.

En el sector eléctrico también ha sido necesario desplegar múltiples esfuerzos para revertir gradualmente la situación difícil que se presento a principios de la década de los 90 y que tuvo como principales características negativas el agudo déficit de oferta, la ineficiencia y el desequilibrio económico empresarial y la reducida cobertura eléctrica.

Inicialmente se adoptaron medidas de emergencia tendientes a eliminar un déficit de potencia instalada mayor al 30% en el país y posteriormente, con el objetivo de resolver integralmente el problema energético se emprendió la transformación estructural del sector mediante la promulgación de la ley de Concesiones Eléctricas, el establecimiento de un nuevo sistema de precios de

electricidad (libres para actividades en competencia y regulados para el servicio público) y el inicio del proceso de privatización. Estas medidas, orientadas a favorecer la iniciativa empresarial privada, permitieron consolidar la subdivisión de las actividades eléctricas (generación, transmisión y distribución), afianzar gradualmente el esquema de competencia y mejorar la calidad del suministro y al atención al usuario. Bajo el nuevo marco normativo, la actividad eléctrica se conceptualiza como un negocio en el que puede intervenir cualquier inversionista privado para obtener rentabilidad, contrastando este enfoque con el de servicio social que origino en décadas pasadas el mantenimiento de tarifas que no cubrían los costos, la existencia de subsidios cruzados y la injerencia política en la gestión empresarial.

Esta transformación implicó también, la división de empresas públicas integradas, y monopolios caso *ELECTRO PERÚ S.A.* y el cambio hacia una estructura competitiva en la que actualmente interactúan 32 empresas eléctricas privadas y en vías de privatización.

Tal vez el único efecto no deseado del cambio estructural fue la desactivación de una serie de dependencias o áreas empresariales dedicadas a la ampliación de la frontera eléctrica y a la investigación y

promoción del uso de las energías renovables en el país. Para cubrir en parte ese vacío, en agosto de 1993, se creó la *Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas*, la misma que inició el *Plan de Electrificación Nacional*, retomándose el impulso a la actividad de extensión del servicio eléctrico hacia áreas rurales y dentro de este marco a la promoción y el uso de las energías renovables.

2.2 EL PLAN DE ELECTRIFICACIÓN NACIONAL

Con la conceptualización y ejecución del Programa de Electrificación Nacional, el estado peruano empezó a revertir de manera gradual y sostenida el bajo nivel de cobertura eléctrica y la conceptualización del servicio en áreas urbanas con el objetivo de brindar a los pueblos del interior del país, el acceso a la energía como un medio para acelerar su desarrollo y mejorar su calidad de vida.

Aunque se ha logrado importantes avances en los últimos años, aún cerca del 35% de la población total, y el 80% a nivel de zonas rurales y aisladas carece del servicio de electricidad.

En vista que en el Perú, todavía están desprovistos de energía centros poblados de mediano tamaño (capitales distritales y hasta en casos extremos capitales de

provincia), cuya ubicación geográfica es relativamente cercana a los sistemas existentes, la estrategia básica empleada en el programa es la extensión de los sistemas interconectados con la construcción de líneas de transmisión, sub-transmisión y redes de distribución, puesto que cuando es viable técnica y económicamente, definitivamente esta es la mejor solución. Asimismo, en zonas que cuentan con recursos hídricos aprovechables, se viene instalando minicentrales hidráulicas que suministran energía a sistemas eléctricos integrados por grupos de localidades ubicadas en el área de influencia. Actualmente el Ministerio de Energía y minas viene desarrollando un programa masivo de instalaciones de Micro centrales Hidroeléctricas en zonas alejadas con potencial hídrico.

Sin embargo, en lo que se refiere a zonas aisladas y remotas sin recursos hídricos, en las zonas que se aloja una población aproximada de *4 millones de habitantes*, la dotación de infraestructura energética es excesivamente costosa si se basa en la extensión de los sistemas interconectados.

2.3 OPORTUNIDADES QUE OFRECE EL NUEVO ENTORNO LEGAL PARA EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PERÚ.

El nuevo entorno presenta oportunidades para el desarrollo de las energías renovables en el Perú. Los elementos principales de este nuevo marco situacional y los efectos positivos en el desarrollo de las energías renovables se resumen a continuación.

2.3.1 MARCO INSTITUCIONAL

Se ha definido claramente los roles de las entidades nacionales en lo relativo a las energías renovables, habiendo asumido la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas la coordinación general.

Además, en el Perú existe un buen grupo de entidades (CENERGIA, PAE, UNIVERSIDADES, ONG's, etc.), que inicialmente estuvieron realizando esfuerzos independientes y sin un buen nivel de coordinación que permita articular las acciones para optimizar los resultados. Este factor está empezando a ser revertido, y se está convirtiendo gradualmente, en una ventaja debido a que la variada experiencia

acumulada por todos los entes esta siendo puesto a servicio del interés común.

2.3.2 MARCO LEGAL.

El estado peruano, con el objetivo de promover la participación del sector privado en diversas formas, adicionalmente a la promulgación de dispositivos específicos para el sector eléctrico, ha establecido mecanismos y procedimientos para otorgar concesiones de servicios públicos e infraestructura al sector privado. Estos mecanismos contenidos en los Decretos Legislativos N° 758 y 839 permiten transferir al sector privado la administración y explotación de instalaciones existentes o co-financiar instalaciones nuevas.

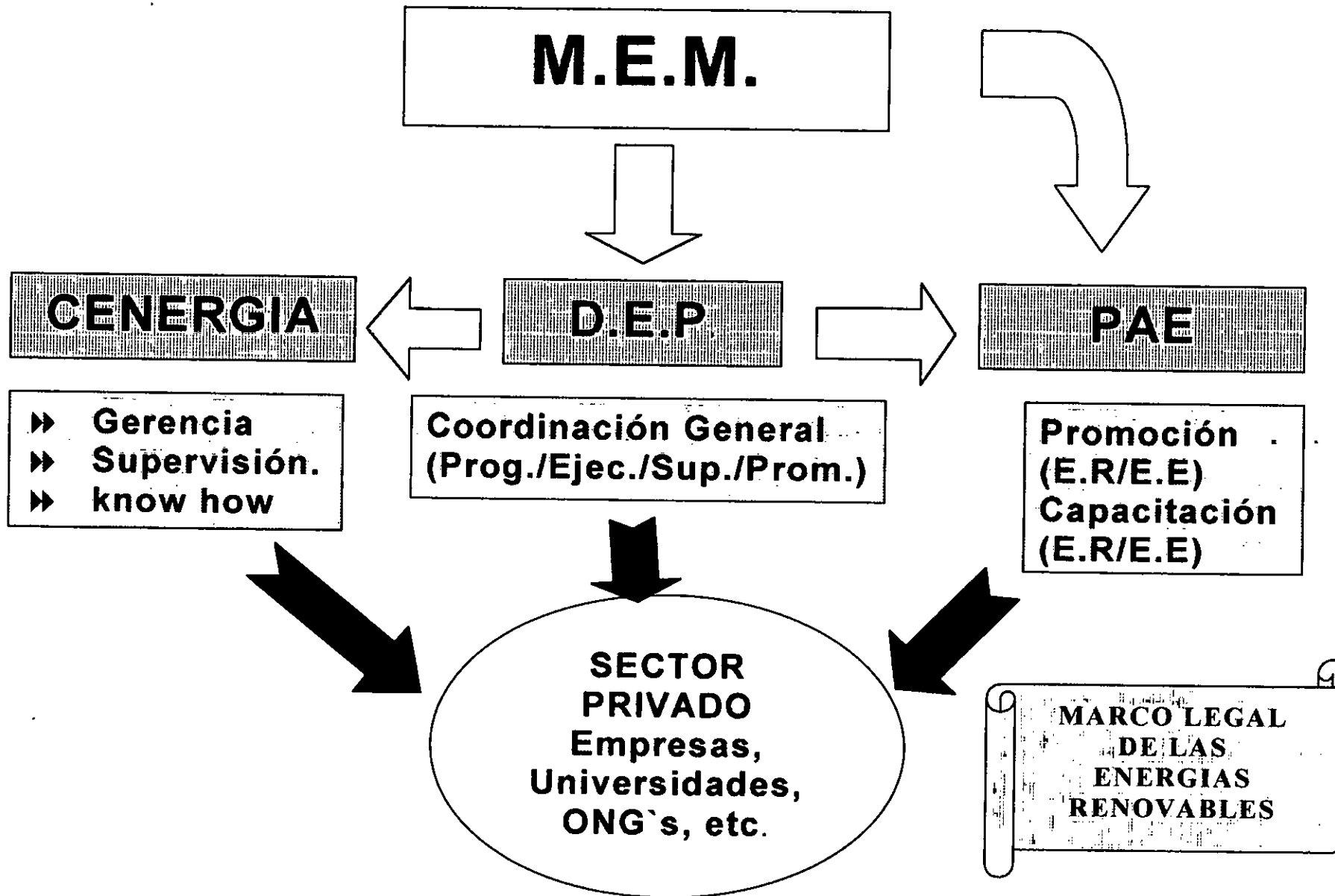
Bajo este marco es posible entregar, previa licitación, al sector privado, concesiones para dar el servicio de energía eléctrica (con renovables), en determinada circunscripción geográfica, aportando el Estado la cantidad de recursos requeridos para hacer viable la participación de empresas privadas. Así mismo es posible co-financiar proyectos de energía Eólica a gran escala para inyección de energía a los sistemas interconectados.

1703



Por otro lado se ha concluido la ley de

de los esquemas de inversión, administrativa, operación y mantenimiento de los sistemas instalados y por instalarse se ha contemplado para el corto plazo la gestión de asistencia técnica especializada



para el monitoreo , seguimiento y perfeccionamiento de los proyectos piloto implementados.

En cuanto a la fase operativa, tal como se indica anteriormente, las áreas de influencia de nuestro sistema interconectado abarcan básicamente los departamentos de la costa y sierra; existiendo una vasta zona del país desabastecida de energía eléctrica, debiendo implementarse programas de suministro de energía con renovables para estas áreas. Los departamentos, cuyas localidades remotas se pretende electrificar con fuentes renovables son: Amazonas, Loreto, San Martín, Pasco, Ucayali, Madre de Dios, Cusco y Puno, en los cuales se tiene 700,000 viviendas sin suministro eléctrico y más de 100,000 con suministro a base de grupo Diesel.

La inversión requerida para atender las localidades sin servicio es del orden de los US\$ 420.00 millones.

De acuerdo a las funciones a la misión del Ministerio de energía y Minas, que incluyen el fomento, promoción y fiscalización del desarrollo y la utilización de las fuentes de energía no convencionales, con los proyectos efectuados se esta

incluyendo la implementación de nuevas y mas ambiciosos proyectos de localidades aisladas.

3.- DEFINICIONES PRINCIPALES.

3.1 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables, también llamadas, energías alternativas, se pueden definir como aquellas fuentes que en forma periódica se ponen a disposición del hombre para que este aproveche como energía útil, satisfaga sus necesidades y mejore su calidad de vida. A diferencia de los combustibles fósiles como el petróleo, carbón, gas y uranio, de los que existen unas determinadas cantidades agotables, las energías alternativas son inagotables ya que en su origen proceden directa o indirectamente del sol. De la cantidad total de radiación solar recibida por la tierra, un 50% aproximadamente es absorbida por la atmósfera y el resto es la que alcanza la superficie terrestre. De esta, el 28% se emplea en evaporar el agua, el 15%, es reflejada en el suelo, el 5% es absorbida por este, el 1,7% es utilizada por la vegetación submarina y el restante 0,3% es utilizada por la flora terrestre. Los efectos de estas diferentes aplicaciones constituyen fuentes de recursos para el hombre, y se les ha denominado energías renovables.

3.2 ENERGÍA SOLAR

La energía solar, es la que da origen a todas las fuentes de energía de que hoy disponemos; exceptuando la nuclear, la geotérmica y la mareomotriz.

Esta se manifiesta en forma de calor y luz, pero no tiene el inconveniente de no ser continua debido a la rotación de la tierra.

La mayor radiación se encuentra en la zonas costeras, en las zonas montañosas disminuye, a excepción de los altiplanos.

Para su transformación se utiliza colectores solares que lo concentran y lo hacen mas intenso (energía solar térmica), o algunos materiales que absorben las radiaciones electromagnéticas del sol y liberan electrones capaces de producir energía eléctrica (energía solar fotovoltaica).

La Energía Solar Térmica; resulta evidente para cualquiera que un objeto que se deja al sol termina por calentarse. Las aplicaciones Solares térmicas se basan en ese mismo principio y se usa fundamentalmente en calentamiento de agua mediante colectores que recogen la radiación del sol.

Se estima que el 30% de la energía que se consume a nivel residencial se emplea en calentar agua para aseo personal, lavado de ropa y cocina.

En el caso de la calefacción, las dificultades técnicas estriban en que se necesita cuando menos radiación existe, mientras que hay un exceso de energía en épocas de mayor radiación.

3.3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

3.3.1 EL ÁTOMO Y SUS NIVELES DE ENERGÍA.

Las células solares modernas están fabricadas con unos materiales con propiedades electrónicas específicas denominadas semiconductores. Las células solares funcionan gracias a algunas de esas propiedades que es necesario conocer para adquirir una buena comprensión del funcionamiento de una célula solar.

Aunque la teoría atómica y complicada, hemos aprendido que los electrones que se encuentran orbitando electrones del núcleo atómico no pueden tener cualquier energía sino solamente unos valores determinados que denominamos niveles energéticos a los que se le pone el nombre: 1s, 2s2p, 3s etc. Los Electrones en un átomo solo pueden tomar energías concretas. Se dice que sus niveles están cuantizados.

3.3.2 ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA CÉLULA SOLAR.

"Un semiconductor, sin estructura pn aunque se ilumine no provoca la circulación de corriente eléctrica"
(Fig. A).

Con una teoría simple de semiconductores, sabemos que en un semiconductor, un fotón puede ser absorbido para crear un par electrón hueco. Es cierto que este es el principio del proceso de conversión fotovoltaica pero no basta con poner dos cables a un semiconductor y ponerlo al sol para que circule una corriente eléctrica.

LA CÉLULA SOLAR.

La unión *pn* hace posible la circulación de la corriente eléctrica gracias, a la presencia de un campo eléctrico.

Para conseguir la extracción de corriente es necesario fabricar una unión *pn* que consiste en fabricar un semiconductor en el que una zona sea de semiconductor tipo *p* y la otra tipo *n*. Debemos mencionar que esta fabricación no consiste en pegar un semiconductor *p* a otro *n* sino, que debe hacerse de manera que la red cristalina del semiconductor no se interponga al pasar de una región a otra. Es necesario, pues, el empleo de tecnologías especiales. Las mas habituales son, por ejemplo, la difusión de dopantes

FIG.A

UN SEMICONDUCTOR SIN ESTRUCTURA PN, AUNQUE SE ILUMINE NO PROVOCA LA CIRCULACIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA.

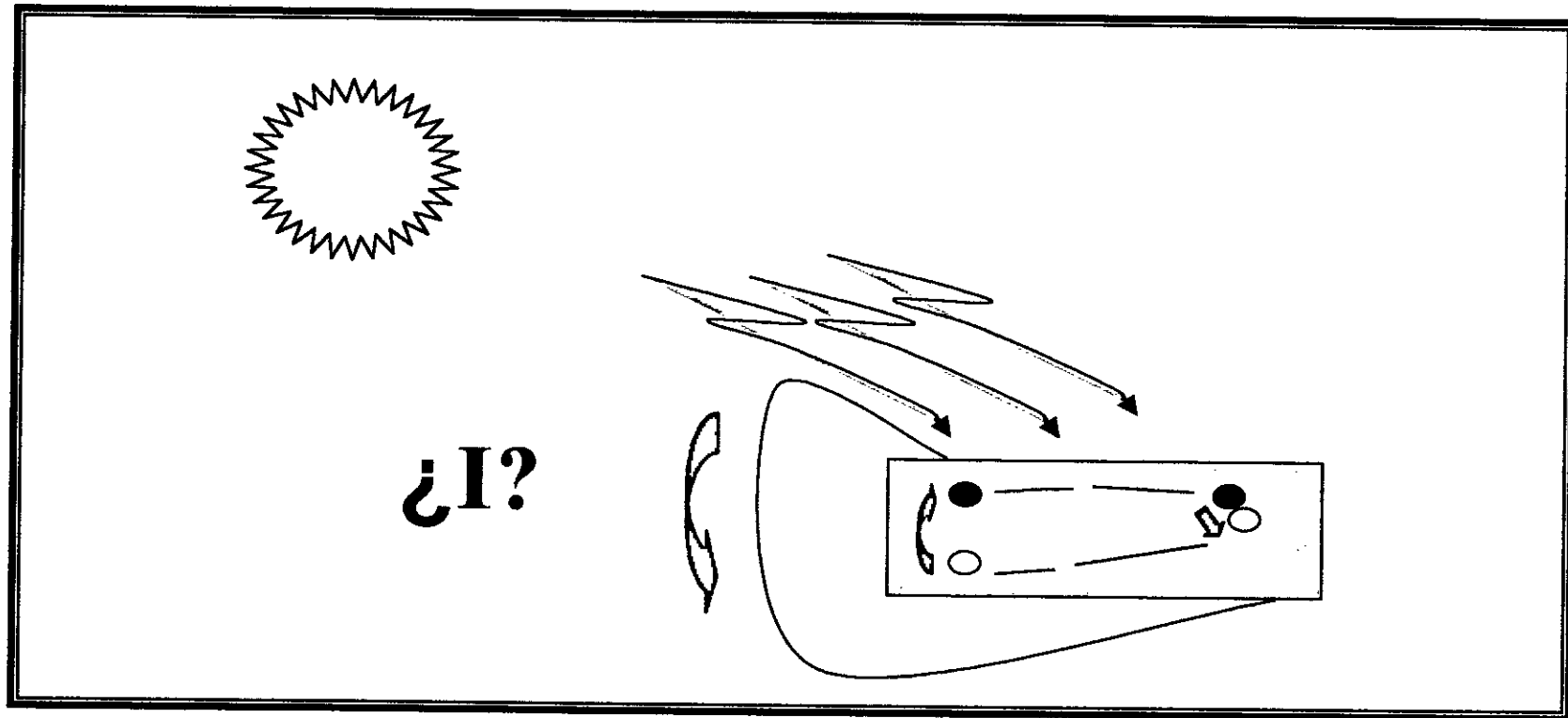
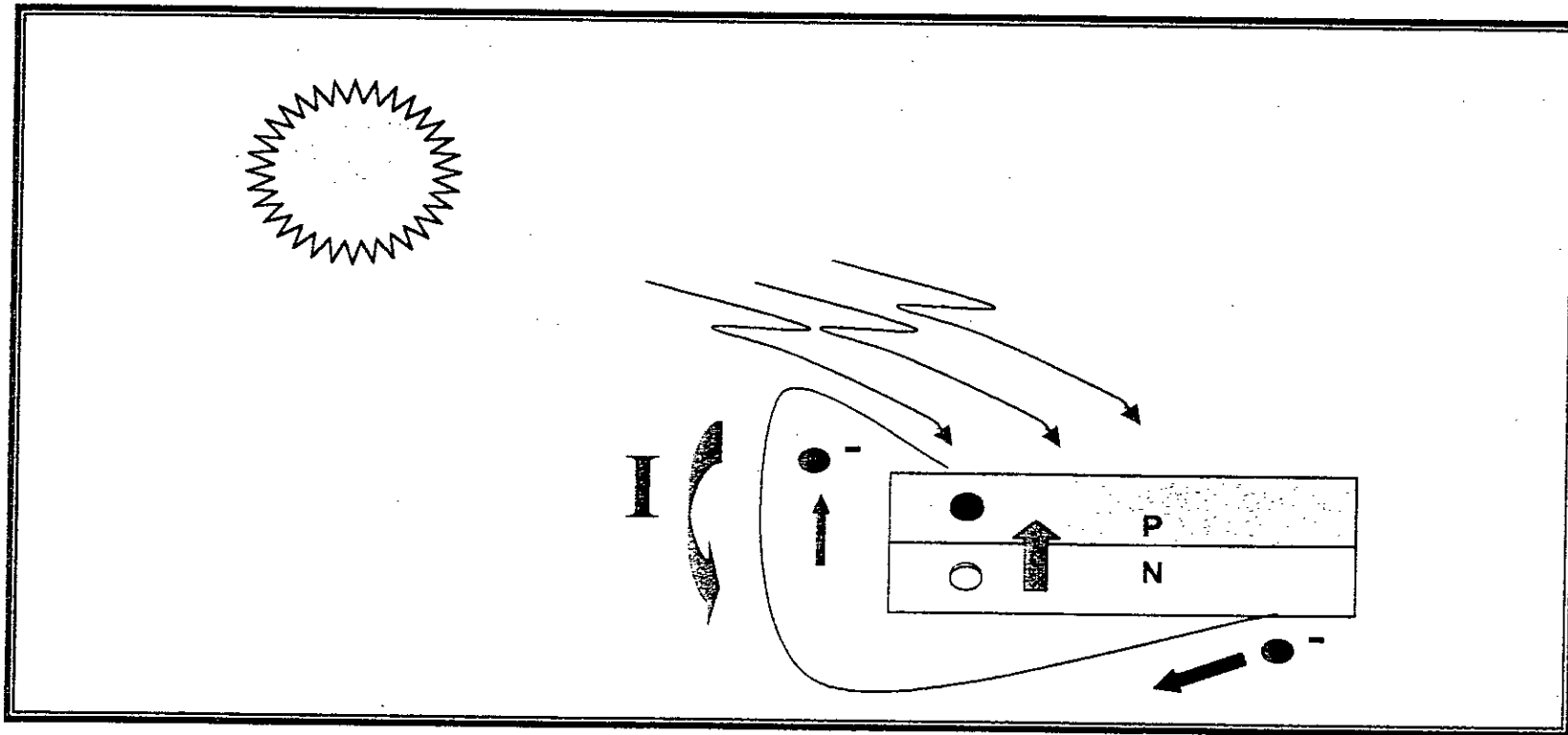


FIG. B

LA UNIÓN PN HACE POSIBLE LA CIRCULACIÓN DE LA CORRIENTE ELECTRIZADA GRACIAS A LA PRESENCIA DE UN CUERPO ELÉCTRICO.



para las células de silicio y las técnicas de epitaxia en fase líquida y de compuestos metalorgánicos (MOCVD) para células de arsénico de galio.

"Mencionare que la existencia de la unión pn hace posible la presencia de un cuerpo eléctrico en la célula, con la dirección del lado n al lado p que separa los pares electrón-hueco: Los huecos, carga positiva, los dirige hacia el contacto del lado p lo que provoca la extracción de un electrón desde el metal que constituye el contacto; los electrones, cargas negativas, los dirige hacia el contacto de lado n inyectándolos en el metal. Esto hace posible el mantenimiento de una corriente eléctrica por el circuito exterior y en definitiva el funcionamiento de la célula como generador fotovoltaico."(Fig.B).

CONCEPTO GENÉRICO.

El Sol emite radiaciones electromagnéticas que al ser absorbidas por la superficie de determinados materiales liberan electrones capaces de producir directamente energía eléctrica. Estos sistemas se han denominado fotovoltaicos y se caracterizan por un grado de autonomía respecto al clima, lugar geográfico y otros condicionantes que pocas fuentes energéticas pueden

alcanzar, siendo especialmente bajo su impacto ambiental.

Frente a las energías convencionales, la energía fotovoltaica presenta la característica de ser una fuente ilimitada de energía, es decir, renovable. Se caracteriza además por su carácter ubico (aunque no con la misma intensidad en todo momento), pudiendo ser aprovechada en cualquier parte de la superficie del planeta.

Esta ubicuidad posibilita un rango de aplicaciones extremadamente amplio, limitando apenas por la potencia necesaria. La versatilidad e independencia frente a la Red Eléctrica queda reflejada en el amplio rango de aplicaciones que puede cubrir la energía solar fotovoltaica y que representa la posibilidad de aumentar el grado de autoabastecimiento, ya que permite además, reducirlos costos de distribución en las zonas aisladas.

La sensibilidad social con los problemas del medio ambiente y los tremendos impactos ambientales que sobre el entorno producen otras fuentes de energía (lluvia ácida, efecto invernadero, residuos radioactivos, accidentes nucleares) son otro factor que propicia su uso.

CAPITULO II

1.- *ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍA SOLAR EN LA REGIÓN GRAU.*

1.1 INTRODUCCIÓN:

Actualmente las aplicaciones de energía solar para pequeñas necesidades energéticas en las zonas rurales, es una opción comprobada. Experiencias en otros países y en el mismo Perú, han demostrado que la instalación de sistemas solares fotovoltaicos, mejoran la calidad de vida de la población, el rendimiento de los escolares, permite realizar tareas y labores manuales en locales comunales y domicilios, así como pequeñas actividades industriales. Desde un punto de vista técnico se tiene que estos sistemas una gran confiabilidad y mantenimiento mínimo necesario, limitado al control del agua de la batería y, algunas veces, a la limpieza de los módulos fotovoltaicos. Igualmente, los sistemas de abastecimiento de agua con energía solar, presentan grandes ventajas de manejo. Para poblaciones menores de 2000 habitantes, y fuentes de agua a profundidades menores de 30 mts., la energía solar

es altamente competitiva, confiable y de muy bajo mantenimiento.

Mediante encuestas y visitas a campo, se ha determinado las necesidades energéticas de los pobladores de los caseríos de la costa y de la sierra, y el costo que actualmente tienen que asumir para cubrirlas. Se puede concluir que el gasto mensual es de **25 a 40 soles**, dependiendo de la distancia a los centros poblados, con las baterías automotrices y lámparas de kerosene, para una calidad de electrificación baja

El uso masivo de la energía solar en la Región Grau, es de fecha reciente, iniciado por la experiencia del proyecto de electrificación rural con energía solar en la zona del Medio Piura, ejecutado por el **Laboratorio de Energía de la Universidad de Piura**, con el objetivo de electrificar postas medicas, instalar los sistemas de bombeo de agua y dar servicio de iluminación a promotoras de salud.

A la luz de los resultados obtenidos, se ha iniciado una serie de proyectos, a nivel privado y público, con el objeto de resolver problemas de carácter primario en la electrificación.

1.2 PANORAMA DE ELECTRIFICACIÓN:

La Región Grau comprende los departamentos de Piura y Tumbes que desde años anteriores, han tenido un mínimo crecimiento en su grado de electrificación. Hasta hace 10 años, el abastecimiento energético de las ciudades principales había sido basado en las plantas Térmicas de Piura, Sullana, Paita, Tumbes y otras mas pequeñas en los distintos puntos de la Región. Luego, vino la interconexión con el sistema Centro-Norte, con lo cual la confiabilidad el servicio eléctrico domestico, comercial e industrial ha mejorado. La política de electrificación para esta región parece seguir la siguiente estrategia, según fuentes de la D.E.P.:

- ▶ *Reforzar la generación térmica en las ciudades que cuentan ya con estos sistemas.*
- ▶ *Desarrollar sistemas aislados que maduren y luego alcancen suficiente demanda para su interconexión, caso de Chulucanas, Morropon, etc; con la línea de 60 KV, ya ejecutada.*

Particularmente se tiene en cartera los siguientes proyectos:

- ▶ La interconexión de la Central de QUIROZ con el sistema nacional, a través de las ciudades Las Lomas, Tambogrande, etc.
- ▶ Extensión de la línea del Bajo Piura hasta Sechura, que actualmente tiene generación aislada.

Y en el futuro, dado los excedentes de energía de la Central de Quiroz y la central de Cicacate, en la misma zona, se esta pensando en un proyecto de extensión de una línea de 22,9 Kv. A lo largo de la frontera. Por ahora, no hay mayores indicios sobre esta iniciativa.

Para caseríos aislados de Ayabaca, Morropon y Huancabamba, no hay un plan conocido de electrificación, ya que se tiene las siguientes dificultades:

- ☐ Zona poco Accesible.
- ☐ Bajo consumo de energía eléctrica.
- ☐ Gran dispersión y grandes distancias a los centros poblados.

Lo cual, como se puede prever, conllevaría a costos de electrificación relativamente altos, que ninguna empresa eléctrica particular podría solventar, ni usuarios pagar.

<u>PROYECTOS EJECUTADOS</u>		
<i>UBICACIÓN</i>	<i>CAN./UNID.</i>	<i>POBLACIÓN BENEFICIADA</i>
Central Eólica Piloto Malabrigo	250 Kw.	
Instalación en zonas de frontera	207 Mod.	1242
Localidad insular (Los Uros)	44 Mod.	220
Comunidades Nativas y otros	62 Mod.	434
Isla del Lago Titicaca-Taquile	70 Mod.	350
<u>PROYECTOS EN EJECUCIÓN</u>		
<i>UBICACIÓN</i>	<i>CAN./UNID.</i>	<i>POBLACIÓN BENEFICIADA</i>
Central solar de carga de baterías de uso comunal HUANCHO LIMA/ PUNO	1	170 FAMILIAS
Implementación de las Centrales Eólicas de San Nicolás y San Juan de Marcona-Zona Sur	2	Para la Interconexión
Módulos Fotovoltaicos para locales comunales a Nivel Nacional	1210	12000

Fuente : MEM. - Dirección Ejecutiva de Proyectos

Por lo cual, en estos caseríos, se continuara con los siguientes fuentes de energía eléctrica:

- » Grupos Electrógenos de 100, 200 y 500 Kw., para localidades de mediano tamaño, administrados por el municipio local.
- » Uso tradicional de baterías y kerosene para iluminación, radio y TV para caseríos de pequeñas poblaciones.

1.3 ETAPAS Y CRITERIOS EN LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS:

La universidad de Piura, ha tratado de que en cada proyecto de electrificación con energía solar se incluya una pequeña normativa de calidad para que las instalaciones sean confiables y duraderas. Se ha seguido un procedimiento base general para la ejecución de los proyectos, que consiste en lo siguiente:

- a) *Estudio de las condiciones técnicas de los locales a electrificar:* Características constructivas, áreas físicas, necesidades de iluminación de acuerdo al uso, posibilidad de integración en un sistema central, etc.
- b) *Estudio del recurso solar:* puede ser calculado en forma aproximada según las horas del sol

disponibles, si no se tienen mayores datos meteorológicos, y comparadas con las que tiene la ciudad de Piura, de la cual se conoce su potencial solar, por ejemplo, con la Estación de la Universidad de Piura. Las características de la radiación solar entre la costa y la sierra son diferentes: En la costa los niveles son menores, pero mas continuos a lo largo del año; en la sierra, en general se tiene mayor valor de radiación solar, pero con mayor nubosidad, tendencias que se compensan mutuamente.

- c) Determinación de la demanda eléctrica y diseño de un diagrama de carga para cada centro. Dependerá en las horas de uso así como su distribución a lo largo del día.
- d) Determinación del equipamiento de generación de energía y los utilizadores de energía. Se calcula en base al anterior punto.
- e) Diseño de las instalaciones eléctricas a detalle; distribución eléctrica, dimensionamiento de conductores, tableros de control, sistemas de protección, puestas a tierra, etc.
- f) Búsqueda del equipamiento adecuado (Por compra directa o licitación pública).

- g) Fase de instalación del equipamiento fotovoltaico; verificación del cumplimiento de las normas eléctricas nacionales y de seguridad.
- h) Capacidad básica de técnicos locales para el manejo y mantenimiento de los equipos.
- i) Fase de seguimiento técnico y social.

2.- IMPACTO OBTENIDO CON LA ELECTRIFICACIÓN DE LOCALES COMUNALES. ⁽¹⁾

Durante el año de 1995, en 11 localidades del país se instalaron 7 módulos fotovoltaicos y 4 módulos eólicos.

El equipamiento instalado en cada local comunal consta básicamente de un generador eléctrico, compuesto por 6 módulos fotovoltaicos (0,4 KWp en total), o un generador de 1 Kw. Con 4 o 6 baterías con su correspondiente sistema de control, que permite como mínimo 5 horas de funcionamiento de 8 lámparas fluorescentes compactas para iluminar interiores, un fluorescente recto para exterior, un televisor a color de 21" y una antena parabólica; un VHS y un radio transmisor - receptor. Es necesario mencionar que en 2 de las 11 localidades se instalaron módulos de alumbrado público

(1) Informe del PAE en el seminario Internacional de la CIER-PCIER año 1997

consistente en 2 paneles de 50 Wp y 2 luminarias en las plazas principales de estas pequeñas localidades. En las figuras continuas se puede observar el diagrama de los módulos comunales eólicos y solares.

Además de los módulos eólicos y solares instalados en diversas localidades, se han instalado módulos productivos con energías renovables, los mismos que se han vinculado en forma directa con alguna actividad productiva o de servicios de la localidad. Es necesario indicar en forma concreta los verdaderos aspectos de impacto que tiene la instalación de servicios de generación eléctrica con energías renovables y son los siguientes:

1. La población de las comunidades donde se han instalado los módulos, así como las localidades vecinas, están convencidas que esta tecnología puede ser utilizada sin problemas. Este efecto demostrativo ha originado que algunas familias hayan comprado sus paneles fotovoltaicos para sus domicilios, habiéndose iniciado de esta manera el efecto multiplicativo que se busca. Gracias al equipo instalado, que los saca de su aislamiento ancestral, los pobladores de estas áreas rurales aisladas tienen una razón menos para migrar del campo a la ciudad.

2. El equipo de TV., VHS y antena parabólica, que permite la transmisión en directo de los 7 canales de televisión nacionales, estimula el aprendizaje del castellano de niños y adultos. Los profesores y promotores del Ministerio de Educación, utilizan estos equipos para pasar videos educativos. Gracias a los programas que ven, se ha dinamizado la practica de los deportes entre la juventud, incluso se están practicando algunos deportes que no conocían.
3. Se promueve una mayor comunicación entre los miembros de la comunidad quienes se reúnen en el local comunal todas las noches gracias a la iluminación y al gran atractivo que tiene la televisión. Las autoridades disponen de mayor tiempo para sus reuniones de trabajo y facilita el trabajo de los clubes de madres y centros de salud.
4. Los dirigentes de la comunidad acuerdan de manera conjunta y democrática la programación de televisión para niños y adultos. Esta practica los ha motivado y ha mejorado la organización comunal para emprender otro tipo de actividades.
5. Ha permitido una integración con las comunidades campesinas vecinas que acuden a ver los programas de televisión los días sábados y domingos (en

especial los partidos de fútbol), quienes vienen motivando a sus respectivas autoridades a que instalen módulos similares y se muestran dispuestos a contribuir para ello.

6. Los promotores rurales del Ministerio de Agricultura, muestran videos sobre agricultura y ganadería. El poblador rural adquiere familiaridad con tecnología moderna y control de plagas que antes estaban fuera de su alcance. Gracias a estas instalaciones los promotores rurales del Ministerio de Salud realizan sus campañas de prevención durante la noche, ya que durante el día el campesino esta en el campo.
7. El radio transmisor receptor ayuda en casos de emergencia medica y seguridad, así como para obtener información sobre insumos para la agricultura o ganadería e incluso permiten realizar pedidos por radio. también permite conocer los precios de mercado de sus productos, con lo cual la comunidad esta adquiriendo una nueva visión empresarial. Como los módulos comunales tienen radio-receptores estos se comunican entre si para intercambiar experiencias y ayudarse a solucionar problemas del tipo técnico.

8. Los módulos comunales productivos están enseñando que las energías renovables no solo sirven para la generación eléctrica sino también para fines productivos.

CAPITULO III

1. **BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO**

Los sistemas de bombeo solar fotovoltaico, comienzan lentamente a ser utilizados en el suministro de agua potable en comunidades rurales, donde las aguas superficiales están contaminadas o existe una carencia estacional del vital elemento. Son rentables, como lo veremos mas adelante, a pesar de su inversión inicial, donde no existe red convencional eléctrica y el agua debe ser extraída desde pozos de 15 a 40 metros de profundidad y la población que es atendida con el servicio no sobrepasa las 100 a 150 familias.

1.1 **OBJETIVOS DEL PROYECTO.**

El proyecto para dotar de agua potable al caserío de muestra de 10 caseríos del medio Piura, obedece a los siguientes objetivos:

- ☀ Satisfacer una necesidad primaria de la población suministrándoles agua de buena calidad en cantidad suficiente y en lugares de fácil acceso.

- ☀ Hacer de los sistemas de bombeo instalados, medios de aprendizaje e investigación mediante la implementación de sistemas de monitoreo.
- ☀ Demostrar la madurez tecnológica de los sistemas de bombeo fotovoltaico.
- ☀ Introducir el uso de la energía solar fotovoltaica en las zonas rurales de la región.
- ☀ Medir el grado de aceptación de la tecnología por parte de la población.
- ☀ Crear un interés en las autoridades locales y en los usuarios potenciales mostrando esta tecnología como una alternativa técnica y económicamente viable.
- ☀ Contribuir al desarrollo sostenible de un mercado de energía solar fotovoltaica.

1.2 EXPERIENCIA DEL MEDIO PIURA.

La Universidad de Piura, a través del **Área Departamental de Ciencias Biomédicas** viene trabajando desde hace algunos años en un programa piloto de servicio medico-social, denominado "Aplicación de la atención primaria de salud en zona rural de influencia universitaria".

La zona en que vienen trabajando la constituyen 10 caseríos ubicados en el valle del Medio Piura, en la margen derecha del río Piura. En cada lugar se ha construido

postas médicas con el fin de facilitar las acciones propias de un programa de atención primaria de salud.

Como parte de este programa, entre los años 1995 y 1996 el Laboratorio de Energía de la Universidad ejecuto el proyecto denominado "Electrificación rural con energía solar fotovoltaica en el medio Piura", que contó con el financiamiento de la *Secretaría Española de Cooperación Internacional (SECIPI)* y que tuvo como objetivos electrificar y dotar de agua potable a las 10 postas médicas y suministrar agua potable a dos caseríos, usando para ello la energía solar fotovoltaica como fuente de electricidad suministrada a las postas y a los sistemas de bombeo de agua.

De las experiencias relacionadas con la implementación de los sistemas de abastecimiento de agua potable para los caseríos del Medio Piura trata el siguiente artículo que a continuación desarrollare.

1.3 EL BOMBEO SOLAR.

Desde los años 70 los fabricantes de bombas solares han mejorado sus productos a tal grado que podemos decir que actualmente la tecnología del bombeo solar fotovoltaico es una alternativa que debe tomarse en cuenta ya que ofrece algunas ventajas comparativas con respecto a otras

tecnologías tradicionales de bombeo (manual, eólico y diesel). Entre las ventajas que ofrece podemos citar las siguientes:

- ☀ Al haber pocas partes en movimiento, el mantenimiento se reduce a un mínimo aumentando la confiabilidad del sistema.
- ☀ Podemos decir que estos sistemas funcionan prácticamente en forma autónoma requiriendo una mínima intervención del parte del operador
- ☀ Casi siempre la hora de mayor demanda coincide con la hora de mayor radiación solar momento en que la bomba trabaja a su máxima potencia.
- ☀ El precio de los paneles fotovoltaicos en los últimos años haciendo que los sistemas de bombeo fotovoltaico resulten económicos para un número cada vez mayor de aplicaciones.
- ☀ Son sistemas flexibles, ya que una misma bomba puede aumentar su capacidad si aumentamos el numero de paneles del sistema.
- ☀ El bombeo solar fotovoltaico utiliza un fuente limpia de energía que no contamina el medio ambiente.

El bombeo solar encuentra sus principales aplicaciones en sistemas de abastecimiento de agua a

poblaciones, en explotaciones ganaderas y en el riego de cultivos.

La adopción de esta tecnología dependerá sobre todo, de factores económicos y de algunos factores cualitativos que es necesario evaluar antes de tomar una decisión. Mientras mas grandes sean los requerimientos de bombeo, medidos por el consumo de agua ($m^3/día$), y por la altura total de bombeo (m) el sistema requerirá mayor energía y por lo tanto una mayor cantidad de paneles fotovoltaicos, encareciendo cada vez más el sistema hasta el punto que puede resultar poco económico.

Por otro lado, existen otros factores diferentes a los económicos que pueden influir en la decisión de escoger un sistema de bombeo solar .

En zonas muy alejadas y de difícil acceso la alternativa del bombeo diesel pierde atraktividad por ser menos confiable debido a que pueden presentarse problemas en el abastecimiento del combustible, demoras en el mantenimiento – *ya sea por falta de repuestos o por que no existe el servicio técnico especializado* – trayendo como consecuencia el desabastecimiento de agua.

2. DISEÑO DEL PROYECTO "LA MARIPOSA -HUAN"

En la *figura 2-A*, muestra la ubicación geográfica de los caseríos beneficiados con el proyecto, la *tabla 1*, muestra la población de cada caserío, sus fuentes habituales de agua, al consumo actual de agua, y el consumo de diseño del proyecto.

Para decidir que caseríos se beneficiaran con los sistemas de abastecimiento de agua potable se realizaron las siguientes acciones previas:

2.1 ESTUDIO DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Como resultado de este estudio se identificaron tres fuentes posibles de agua:

- a) El Río Piura.
- b) El sistema de canales del Proyecto Chira-Piura
- c) Aguas subterráneas a nivel freático.

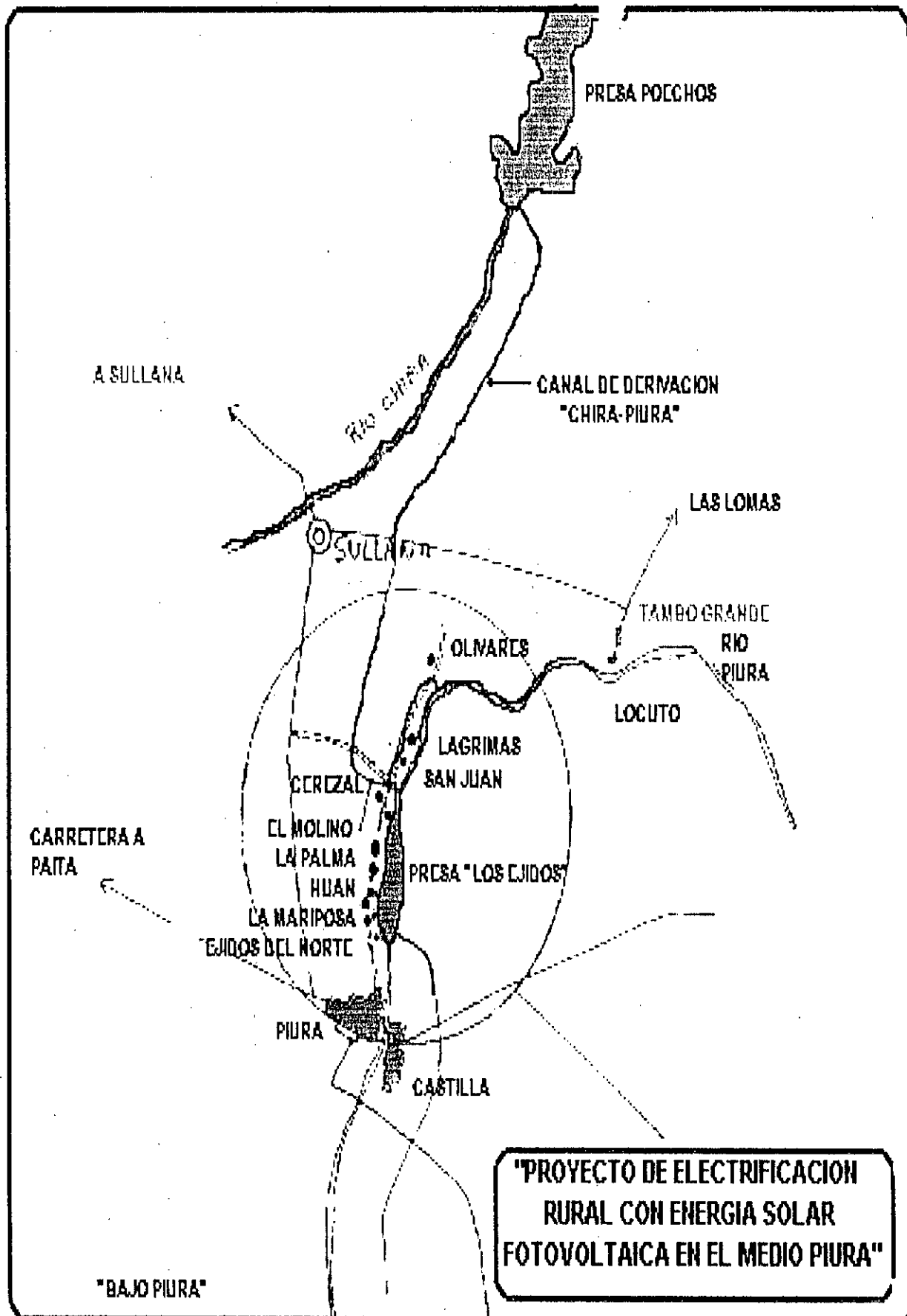
Las aguas del río Piura como fuente de suministro de agua se descartaron por el hecho de estar muy alejado de los caseríos y por ser una fuente poco confiable en cuanto a lo siguiente:

- Seguridad del equipo de bombeo por el riesgo de inundaciones.
- Desabastecimiento de agua en la succión de la bomba.
- Contaminación del agua en épocas de sequías, y
- Por lo complicado del tratamiento posterior para potabilizarla.

En cuanto al sistema de canales del proyecto Chira-Piura se determino que es la fuente mas ventajosa para los caseríos de Olivares, Lagrimas de Curumuy, San Juan de Curumuy, Cerezal, El Molino, Santa Sara y la Palma.

Para determinar la factibilidad de las aguas subterráneas a nivel freático se realizaron perforaciones con equipo manual, en cuatro caseríos; **La Mariposa, Huan, La Palma, El Molino y Santa Sara**. En la Mariposa se encontró agua de buena calidad a 12 metros de profundidad. En Huan, La Palma y el Molino se encontró agua a profundidades entre 12 y 17 metros, pero de una calidad no adecuada para consumo humano. En Santa Sara se perforo hasta 15 metros sin encontrar agua.

La posibilidad de abastecerse de agua de pozos profundos se descarto por no contar con los recursos técnicos ni económicos.



"PROYECTO DE ELECTRIFICACION RURAL CON ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL MEDIO PIURA"

"BAJO PIURA"

2.2 ESTUDIO DE LA DEMANDA ACTUAL DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, Y SU DISTRIBUCIÓN A LO LARGO DEL DIA.

Según la ubicación geográfica de los caseríos del Medio Piura la población se abastece de agua del río o de los canales del Proyecto Chira-Piura, transportándola en acémilas y recorriendo distancias entre 50 y 2000 metros.

Con el fin de conocer el consumo de agua de la población y los momentos del día en que la recogen, se midió, en la fuente de abastecimiento, la hora y la cantidad de agua que recoge cada familia. Los resultados se muestran en la tabla 1.

El levantamiento topográfico de la zona permitió conocer la distribución de las viviendas y su ubicación con respecto a las posibles fuentes de agua.

Con la elaboración de los proyectos de suministros de agua potable y la información de los estudios anteriores, se elaboraron proyectos definitivos para dar agua potable a los locales médicos y a la población de los 10 caseríos del medio Piura.

TABLA # 1

CASERÍO	Nº DE HABITANTES	FUENTE DE AGUA	CONSUMO ACTUAL	CONSUMO DE DISEÑO
EJIDOS DEL NORTE	450	RÍO PIURA		40 L / hab. / DIA
LA MARIPOSA	350	RÍO PIURA	15 L / hab. / DIA	40 L / hab. / DIA
EJIDOS DE HUAN	1500	NORIAS	19.4 L / hab. / DIA	40 L / hab. / DIA
LA PALMA	400	RÍO PIURA	29.5 L / hab. / DIA	40 L / hab. / DIA
EL MOLINO	300	RÍO PIURA	28.6 L / hab. / DIA	40 L / hab. / DIA
SANTA SARA	320	RÍO PIURA	15.4 L / hab. / DIA	40 L / hab. / DIA
CEREZAL	400	CANAL DE RIEGO CHIRA-PIURA	30 L / hab. / DIA	40 L / hab. / DIA
SAN JUAN DE CURUMUY	350	CANAL DE RIEGO CHIRA-PIURA	34 L / hab. / DIA	40 L / hab. / DIA
CURUMUY - LAGRIMAS	1200	CANAL DE RIEGO CHIRA-PIURA	32 L / hab. / DIA	40 L / hab. / DIA
OLIVARES - SAN FERNANDO	1100	CANAL DE RIEGO CHIRA-PIURA	27 L / hab. / DIA	40 L / hab. / DIA
TOTAL	6370			

FUENTE : Área Departamental de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad de Piura.

2.3 CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DEL CASERÍO.⁽¹⁾

Los caseríos beneficiados⁽¹⁾ fueron seleccionados, aplicando los criterios siguientes:

- ↻ Presupuesto disponible.
- ↻ Condiciones geográficas adecuadas.
- ↻ Participación inicial de la población.
- ↻ Posibilidad de aplicar diferencias tecnológicas de bombeo fotovoltaico.
- ↻ Posibilidad de aplicar técnicas diferentes en cuanto a la forma de potabilizar el agua.

Con relación a la disponibilidad de recursos monetarias, fue necesario escoger las poblaciones, de manera que los sistemas que se pusieran tuvieran un costo acorde al presupuesto designado para este fin. En este aspecto influyo el número de habitantes beneficiados, por su relación con el consumo de agua, y las condiciones topográficas adecuadas que permitan abaratar las obras civiles y ajustar la altura de bombeo a la mínima indispensable. También se considero que las poblaciones a considerar tuvieran diferencias socioculturales.

Esto fue un poco difícil porque todas las poblaciones son muy parecidas, aunque se notaron algunas diferencias

⁽¹⁾Departamento de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - Universidad de Piura .

determinadas por la menor o mayor cercanía de los caseríos a la zona urbana de Piura.

También se midió el grado de participación y organización de la gente y se tomo como un factor decisivo para seleccionar a los beneficiados. La manera de hacer esto fue cuando se pidió a cada caserío formar un comité de agua potable y se puso como actividad primera, participar en las actividades relacionadas con la búsqueda de agua a niveles freáticos. De hecho en las perforaciones de exploración los primeros 6 metros fueron excavados a palana por la población. Hubieron caseríos que tuvieron mayor iniciativa en estas actividades aunque al final todos hicieron el trabajo.

Se seleccionaron lugares que permitieron utilizar tecnologías diferentes. Por un lado se uso una bomba sumergible con motor trifásico de corriente alterna que toma energía de un adecuado arreglo de paneles y es acondicionada por un inversor diseñado especialmente; y por otro lado una electrobomba de superficie con motor de corriente continua alimentando directamente de los paneles.

En cuanto a la forma de potabilizar el agua, un sistema se abastece de una Noria en cuyo caso el agua sale "casi" lista para el consumo; y el otro toma agua de un

canal, siendo necesario someterla a una serie de tratamientos físicos y químicos.

Evaluando los criterios antes mencionados, se decidió dotar de agua potable a los caseríos de San Juan y La Mariposa. También se considero suministrar agua a la posta medica y a tres centros educativos del caserío Ejidos de Huan desde el sistema de al Mariposa.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE "LA MARIPOSA-HUAN".

Las figuras 2.4.a y 2.4.b muestran las componentes principales del sistema de bombeo fotovoltaico. La Mariposa-Huan. A continuación se describen brevemente las características de cada componente:

2.4.1 LA NORIA.

Constituye la fuente de abastecimiento de agua. Tiene un diámetro de 2,4 metros y una profundidad hasta el nivel de agua de 10 metros.

La profundidad del agua es de 1,5 metros, con lo cual la capacidad de almacenamiento de agua filtrada es de aproximadamente $6,8 \text{ m}^3$. La Noria es de concreto armado y sus dimensiones responden a la necesidad de contar con una capacidad diaria de almacenamiento, que como hemos visto es de $6,8 \text{ m}^3$

FIG. 2.4 – A

BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO “ LA MARIPOSA ”

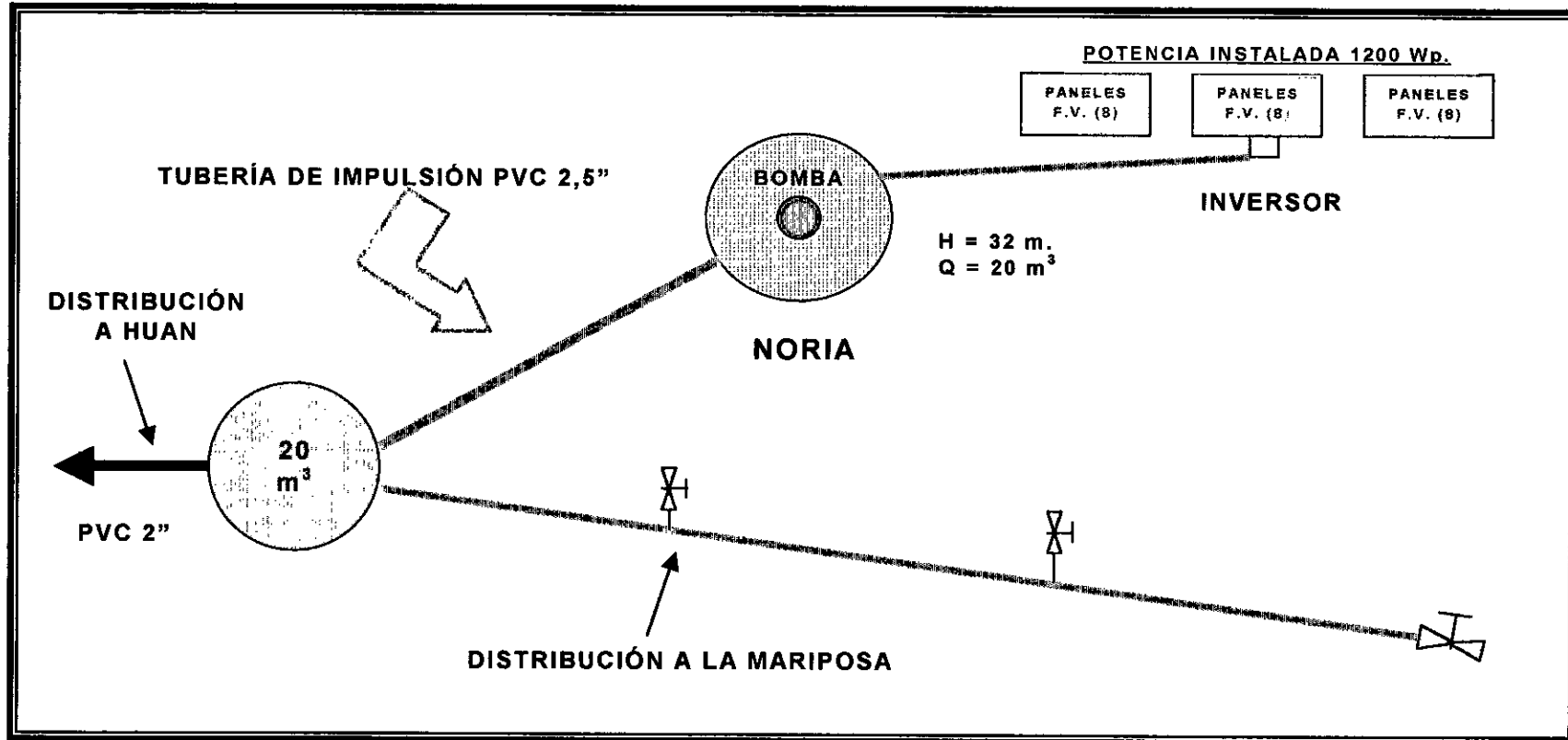
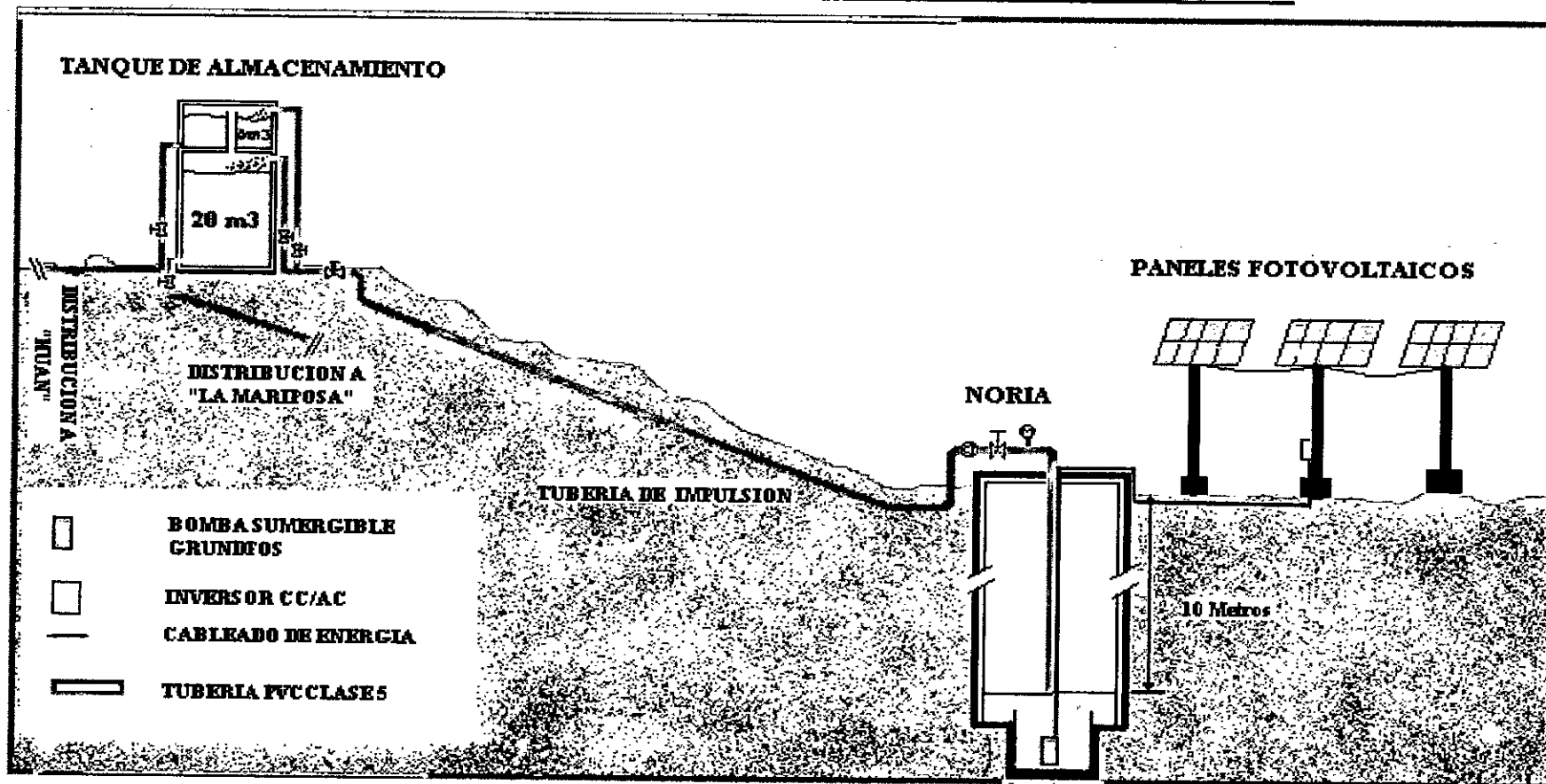


FIG. 2.4 - B

BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO "LA MARIPOSA - HUAN"



con el fin de compensar la tasa de recuperación de la Noria que podría resultar menor que la tasa de bombeo.

2.4.2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

El Tanque de almacenamiento esta fabricado en concreto armado de tipo apoyado y forma cilíndrica, construido sobre una loma a 450 metros de la Noria.

La forma y dimensiones obedecen a razones económicas; se buscó un lugar alto que permitiera dar la "presión suficiente" a la red de distribución e hiciera factible que sea del tipo apoyado, además aprovechar los encofrados que se usaron en la construcción de la Noria .

La "presión suficiente" a la red es un factor importante a tener en cuenta, ya que su valor influye en la altura total de bombeo, que como hemos dicho debe ser lo mas baja posible con el fin de que el sistema de bombeo resulte económico.

Con este propósito, se hizo el diseño de manera que el pilón exista una presión equivalente a 5m., suficiente para abastecer al usuario de forma satisfactoria y para permitir conexiones futuras a las viviendas.

Como se puede observar en la figura 2.4.b, el tanque tiene dos compartimentos, el inferior de 20 m³ de capacidad, que abastece a La Mariposa y el superior de 6 m³ que abastece a Huan. Esto se hizo así con el fin de ganar la altura necesaria para poder abastecer a los usuarios de Huan.

2.4.3 LÍNEA DE IMPULSIÓN Y DE DISTRIBUCIÓN.

Se utilizó para la impulsión , 450 metros de tubería de PVC clase 5 de 2,5" de diámetro y para la línea de distribución a La Mariposa tubería de PVC clase 5 de 2" de diámetro.

Para abastecer a Huan, se tendió una línea de distribución de 1600 metros, usando tubería de PVC para desagüe de 2" de diámetro.

La línea de distribución, abastece en La Mariposa a 5 pilones y a la posta medica; y en Huan a dos pilones para ser usados por 2 colegios de educación inicial, a la posta médica y a un colegio de educación primaria.

2.4.4 CAUDAL DE BOMBEO.

En sistemas de bombeo solar el caudal bombeado (lts/seg), no es constante a lo largo del

día, ya que depende en cada momento de la intensidad de la radiación solar. En este caso se habla de caudal acumulado en un día, que se mide en $\text{m}^3/\text{día}$. Este valor se determina en función de la cantidad de usuarios a los que se les asigna una tasa adecuada de consumo, que en este caso fue de $40 \text{ m}^3/\text{día}/\text{habitante}$, valor adoptado tomando en cuenta el consumo habitual medido y las recomendaciones de las OMS para zonas rurales.

Tomando en cuenta estas consideraciones el, caudal de diseño fue de $14 \text{ m}^3/\text{día}$ para La Mariposa y $6 \text{ m}^3/\text{día}$ para Huan con lo cual, el caudal que debe suministrar la bomba es de $20 \text{ m}^3 /\text{día}$ respectivamente.

2.4.5 ALTURA DE BOMBEO.

Para Este caso el diseño es simplemente un diseño matemático, el cual fue determinado por la diferencia entre los niveles de agua de la Noria y el tanque de almacenamiento cuando este se ha llenado, mas las perdidas de carga por rozamientos en la línea de impulsión.

La altura de diseño para esta caso fue de 32 metros.

2.4.6 *POTENCIA INSTALADA Y NUMERO DE PANELES INSTALADOS.*

Para determinar la potencia instalada es necesario calcular la energía necesaria para elevar una determinada cantidad de agua.

Esta energía (Hidráulica), es directamente proporcional al volumen de agua elevado (V) en m³ y a la altura de elevación (h) en metros. La unidad de energía mas conveniente es el Kw.-h.

Esta energía hidráulica (E) se calcula con la siguiente expresión:

$$E = V * h / 367 \text{ (Kwh.)}$$

E = energía Hidráulica.

V = Volumen de agua en m³

h = Altura de elevación

Para La Mariposa se necesita una energía hidráulica de 1,74 Kw.-h.

Para determinar la energía que se debe suministrar a la electro bomba (Ec) podemos usar la siguiente expresión:

$$E_c = E / \gamma_g \quad (\text{Kwh.})$$

E = Energía Eléctrica.

γ_g = Eficiencia global.

Por lo cual se define como γ_g el rendimiento global que tiene en cuenta las pérdidas hidráulicas de la bomba y las pérdidas eléctricas del motor. Este rendimiento para efectos de un dimensionamiento preliminar, puede tomarse igual a **0.58**. Con este valor la energía para alimentar a la bomba sería de **3 Kw.-h.**

Entre el arreglo de paneles y la bomba, existe un inversor que acondiciona la energía de los paneles para alimentar adecuadamente a la electro bomba. Este dispositivo consume una cierta cantidad de energía determinada por su rendimiento (γ_i), que suele ser de **95%**.

Teniendo en cuenta estas pérdidas, la energía que debe suministrar el arreglo de paneles solares se determina con la siguiente expresión:

$$E_p = E_c / \gamma_y \quad (\text{Kwh.})$$

La energía que debe suministrar el arreglo de paneles será por lo tanto de **3,16 Kw.-h.**

Los paneles que se utilizaron dan una potencia teórica de 50 Wp. Con las condiciones ambientales de Piura, se ha comprobado que estos paneles pueden dar en promedio una energía diaria de 0,150 kWp-h.

Por lo tanto dividiendo la energía necesaria (E_p) entre este valor, obtenemos el número de paneles necesarios que resulta ser de 21.

Como las condiciones de alimentación del inversor de la electro bomba exigen un voltaje en vacío de 155 Vcc, es necesario que el arreglo de los paneles sea en grupos de ocho conectados en serie, por lo tanto el número real de paneles necesarios debe ser igual o mayor al calculado y ser múltiplo de 8, por lo tanto el número real de paneles necesarios es 24, instalados en grupos de 8 conectados en paralelo, y los paneles de cada grupo conectados en serie.

2.4.7 SELECCIÓN DE LA ELECTRO BOMBA.

Una vez hallada la potencia instalada el siguiente paso fue el de buscar la electro bomba adecuada. Se decidió utilizar en este caso la tecnología desarrollada por la firma *Grundfos*, que ofrece electro bombas sumergibles multietápicas con motor trifásico en corriente alterna alimentado por un inversor variador de frecuencia que acondiciona la energía suministrada por los paneles.

En las figuras 2.4.c y 2.4.d, se muestran los ábacos que sirvieron para seleccionar la bomba apropiada en función de los requerimientos de bombeo, de los niveles de radiación existentes y de la energía necesaria.

En resumen el equipo de bombeo solar fotovoltaico para *La Mariposa* es el siguiente:

- 📖 01 Electro bomba sumergible, marca GRUNDFOS, modelo SP 5A-7., de corriente alterna, con inversor - variador de frecuencia SA 1500.
- 📖 24 paneles de 50 Wp Y-50 , marca ISOFOTON, (3 grupos de 8 paneles).

SISTEMAS SOLARES DE BOMBEO

Los sistemas solares de Bombeo GRUNDFOS estan especialmente diseñados para el suministro de agua y riego en areas donde no existe suministro de energia electrica. Los aspectos fundamentales de estos sistemas son el minimo mantenimiento y una larga vida util.

La curva muestra la capacidad de un sistema de 1800 Wp. El area sombreada es aplicable para valores de Wp menores.

La curva esta basada en:

- Una irradiacion es superficie inclinada $H_i=6$ Kw h/m² dia.
- Una irradiacion en superficie horizontal $H_h=5.5$ Kw h/m² dia.
- Una temperatura media ambiente de 30 °C.
- 20° de latitud norte.
- Un angulo de inclinacion de 20°

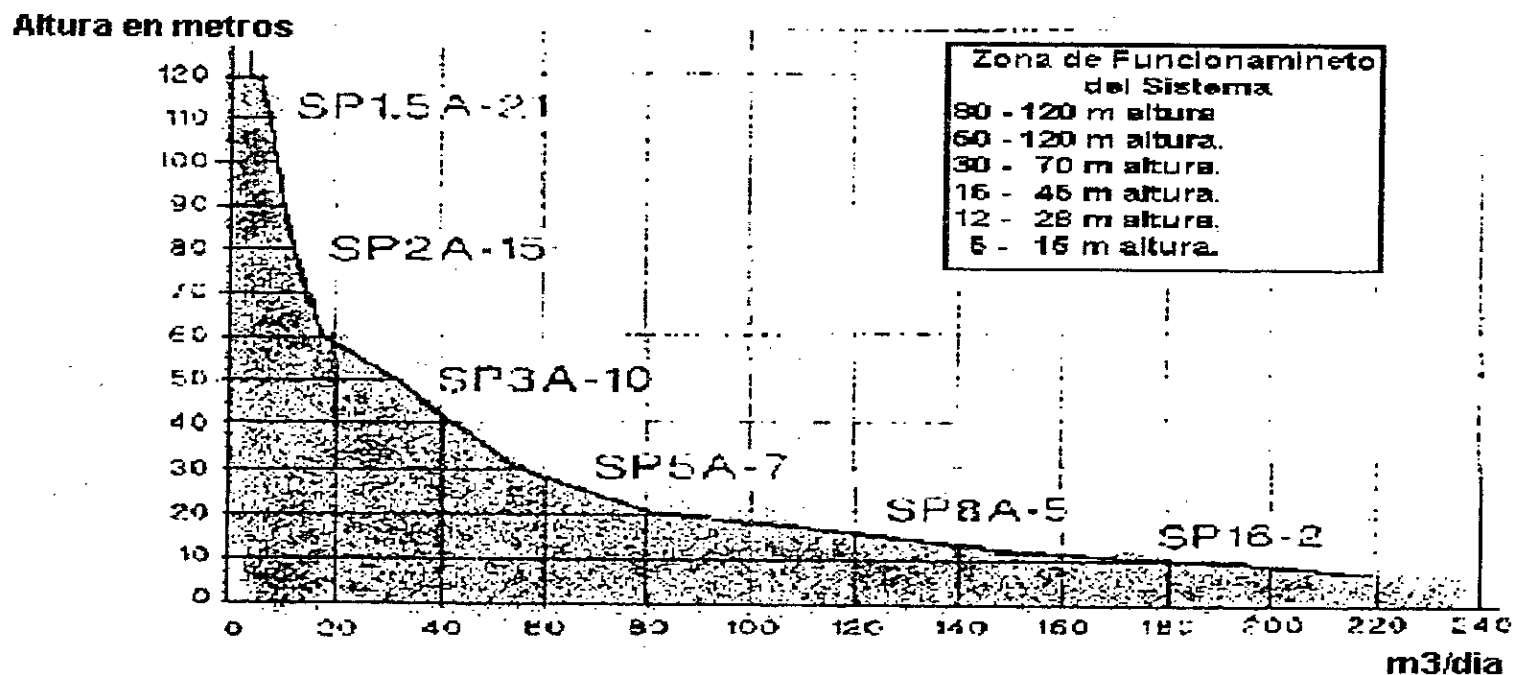
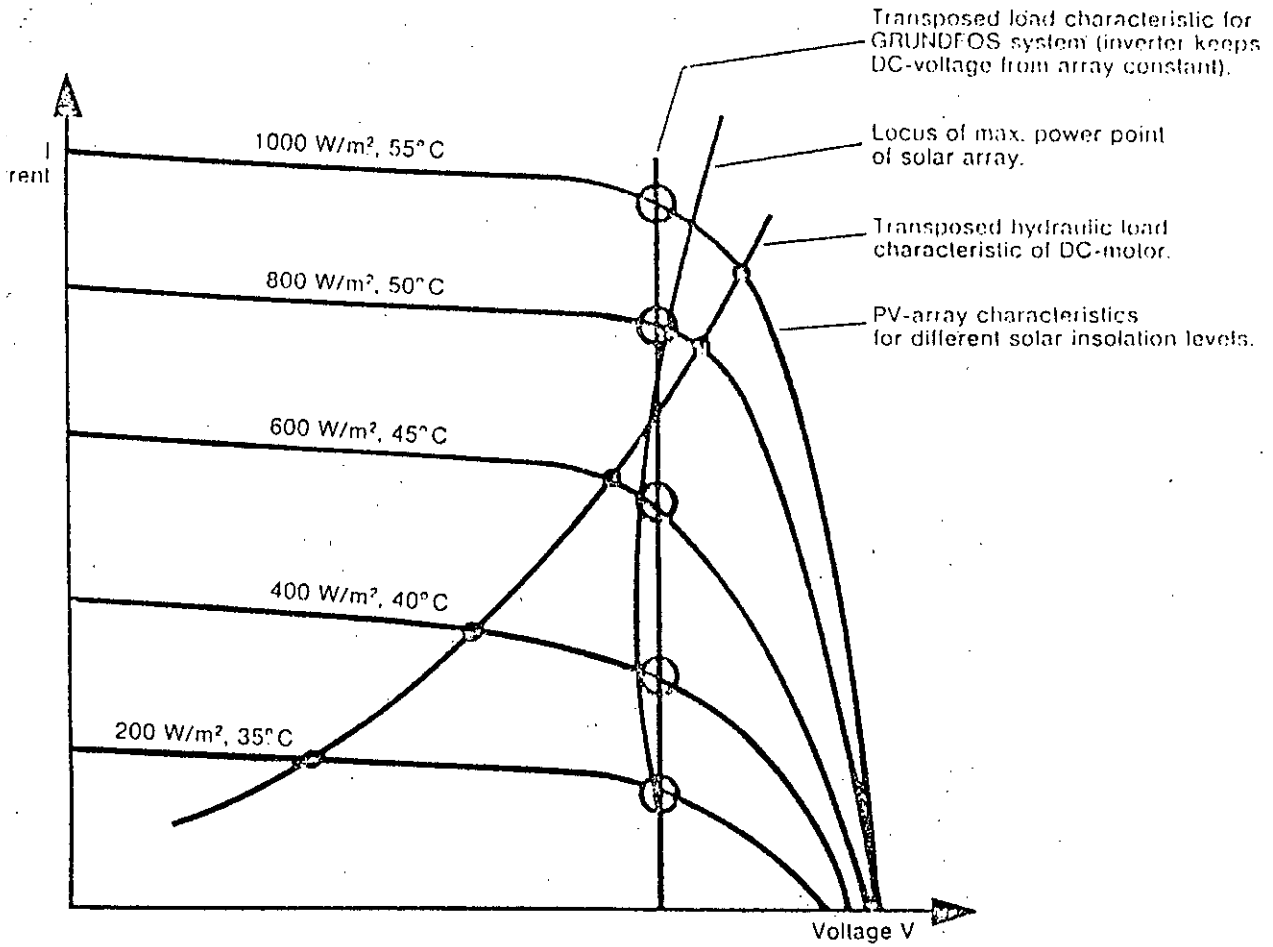


Fig. 3

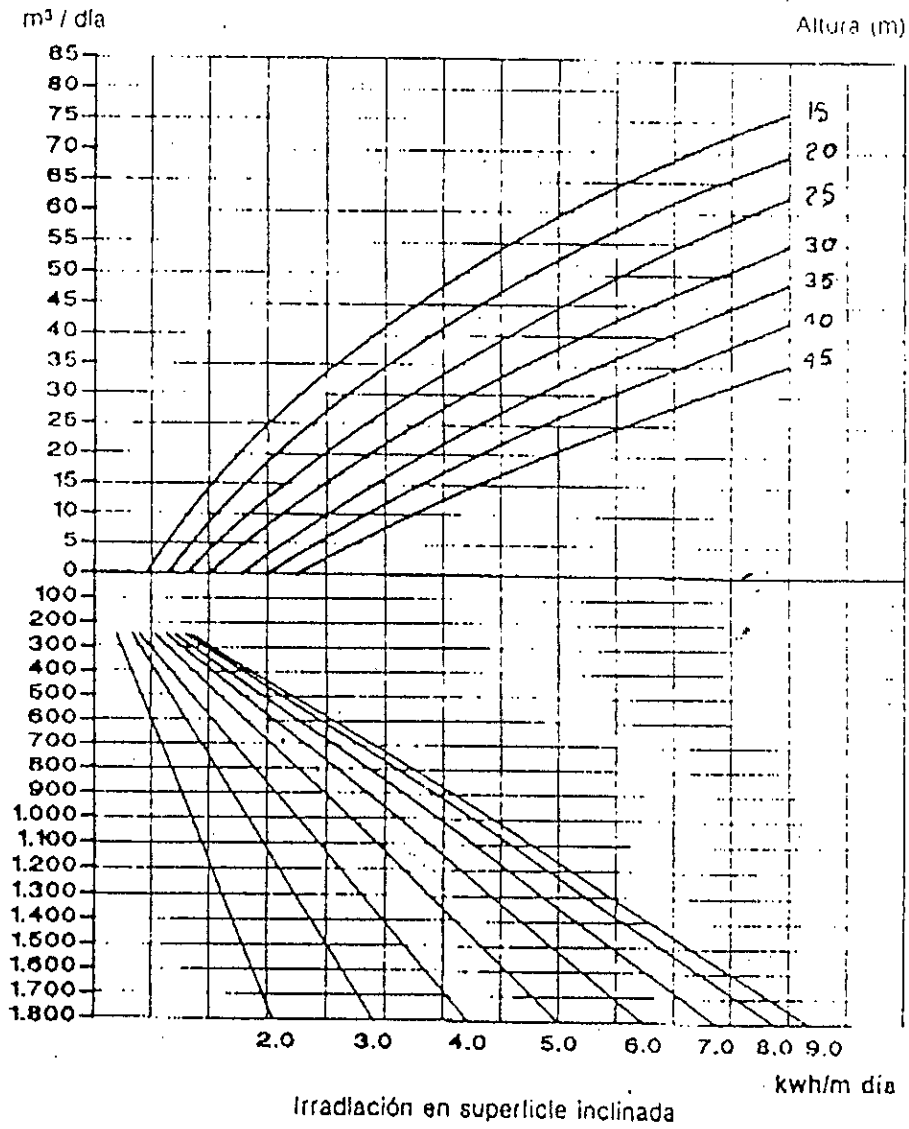


○ Operating points GRUNDFOS system.

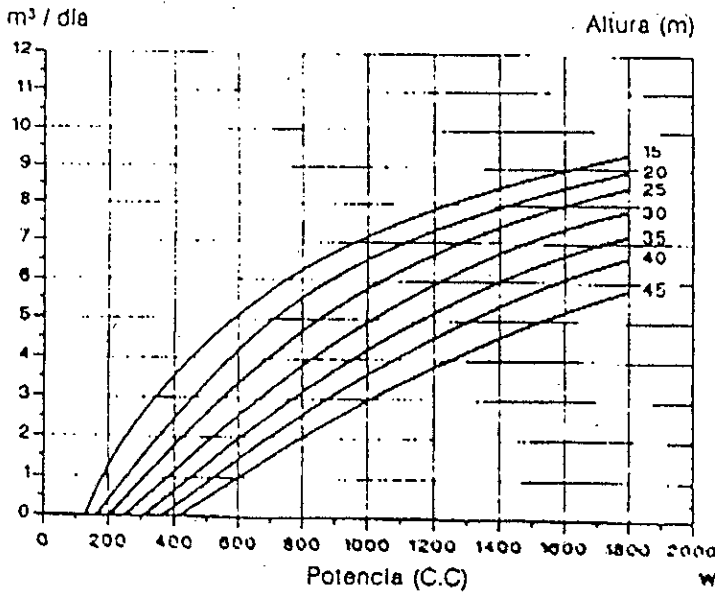
● Operating points DC-motor system.

Comparison of characteristics for GRUNDFOS system and systems with DC-motor.

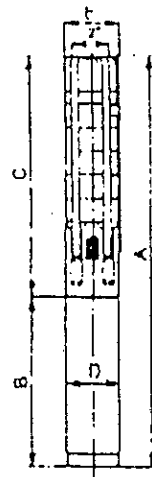
Rendimiento del Sistema SP5A-7



Capacidad Instantánea



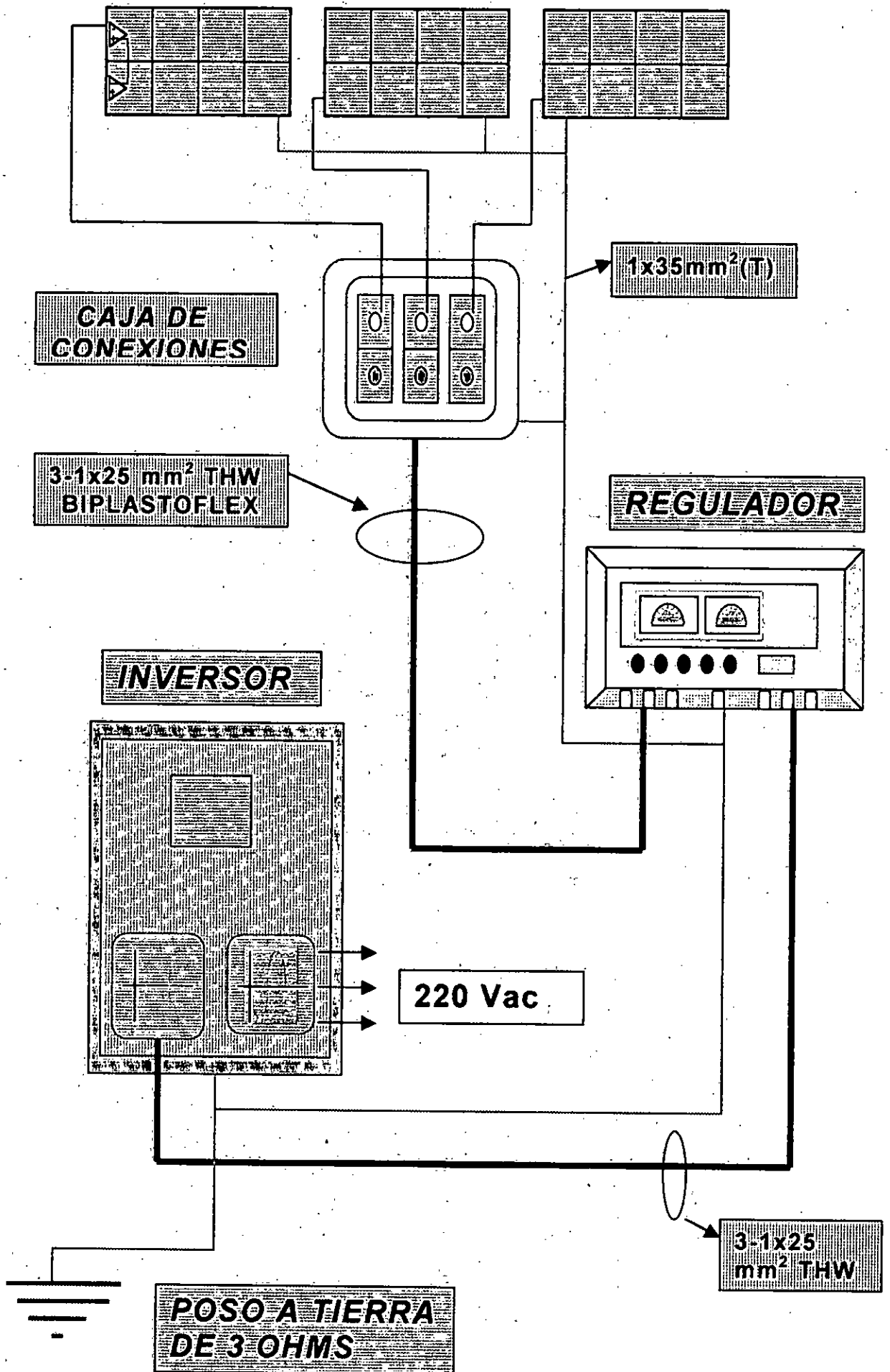
Dimensiones



A	B	C	D	100
60	250	150	100	100

Diametro máximo del pozo 4" (102 mm)

CAMPO FOTOVOLTAICO MODULOS DE 50 Wp



CAPITULO IV

1. **MODELO CONVENCIONAL DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DIESEL, PARA BOMBEO DE AGUA.**

Comprendiendo la objetividad de este estudio comparativo, y para el efecto de comparación, el dimensionamiento del proyecto en todas sus etapas serán similares al ejecutado para el bombeo fotovoltaico con la excepción del modelo eléctrico de alimentación y sus anexos.

Consecutivamente se hará referencia de los requerimientos para la construcción y puesta en ejecución de un modelo tradicional de bombeo de agua, por generación diesel.

2.4.1 **LA NORIA.**

Constituye la fuente de abastecimiento de agua. Tiene un diámetro de 2,4 metros y una profundidad hasta el nivel de agua de 10 metros.

La profundidad del agua es de 1,5 metros, con lo cual la capacidad de almacenamiento de agua filtrada es de aproximadamente $6,8 \text{ m}^3$. La Noria es de concreto armado y sus dimensiones responden a la necesidad de contar con una capacidad diaria de

almacenamiento, que como hemos visto es de $6,8 \text{ m}^3$ con el fin de compensar la tasa de recuperación de la Noria que podría resultar menor que la tasa de bombeo.

Junto a la Noria se construirá una caseta de control y maniobra para la instalación del generador y se pueda tener al acceso solo al personal autorizado y capacitado para el buen manejo de esta maquinaria. A la vez esta caseta servirá de protección para posibles hurtos que se pudieran realizar.

2.4.8 **TANQUE DE ALMACENAMIENTO.**

El Tanque de almacenamiento esta fabricado en concreto armado de tipo apoyado y forma cilíndrica, construido sobre una loma a 450 metros de la Noria.

La forma y dimensiones obedecen a razones económicas - **suponiendo el caso de accesibilidad para este supuesto** - se buscaría un lugar alto que permitiera dar la "presión suficiente" a la red de distribución e hiciera factible que sea del tipo apoyado, además aprovechar los encofrados que se usaron en la construcción de la Noria .

La "presión suficiente" a la red es un factor importante a tener en cuenta, ya que su valor influye en la altura total de bombeo, que como hemos dicho debe ser lo mas baja posible con el fin de que el sistema de bombeo resulte económico.

Con este propósito, se hizo el diseño de manera que el pilón exista una presión equivalente a 5 m, suficiente para abastecer al usuario de forma satisfactoria y para permitir conexiones futuras a las viviendas.

Como se puede observar en la figura 2.4.b, el tanque tiene dos compartimentos, el inferior de 20 m³ de capacidad, que abastece a La Mariposa y el superior de 6 m³ que abastece a Huan. Esto se hizo así con el fin de ganar la altura necesaria para poder abastecer a los usuarios de Huan.

2.4.9 LÍNEA DE IMPULSIÓN Y DE DISTRIBUCIÓN.

Se utilizó para la impulsión , 450 metros de tubería de PVC clase 5 de 2,5" de diámetro y para la línea de distribución a La Mariposa tubería de PVC clase 5 de 2" de diámetro.

Para abastecer a Huan se tendió una línea de distribución de 1600 metros usando tubería de PVC para desagüe de 2" de diámetro.

Suponiendo una exacta alimentación como la del proyecto con bombeo fotovoltaico. La línea de distribución abastece en la Mariposa a 5 pilones y a la posta medica; y en Huan a dos pilones para ser usados por 2 colegios de educación inicial, a la posta medica y a un colegio de educación primaria.

2.4.10 CAUDAL DE BOMBEO.

En sistemas de bombeo por un generador diesel, el caudal bombeado (lts/seg), es dependiente de la necesidad del usuario a lo largo del día. En este caso se habla de caudal acumulado en un día, que se mide en m³/día. Este valor se determina en función de la cantidad de usuarios a los que se les asigna una tasa adecuada de consumo, que en este caso fue de 40 m³/día/habitante, valor adoptado tomando en cuenta el consumo habitual medido y las recomendaciones de las OMS para zonas rurales.

Tomando en cuenta estas consideraciones, el caudal de diseño fue de 14 m³/día para La Mariposa y 6 m³/día para Huan con lo cual el caudal que debe

suministrar la bomba es de 20 m³/día respectivamente.

2.4.11 ALTURA DE BOMBEO.

Para este caso el diseño es simplemente un diseño matemático el cual fue determinado por la diferencia entre los niveles de agua de la Noria y el tanque de almacenamiento cuando este esta lleno, mas las perdidas de carga por rozamientos en la línea de impulsión.

La altura de diseño para esta caso fue de 32 metros.

2.4.12 POTENCIA INSTALADA Y SELECCIÓN DE GENERADOR DIESEL.

Para determinar la potencia instalada es necesario calcular la energía necesaria para elevar una determinada cantidad de agua.

Esta energía (Hidráulica) es directamente proporcional al volumen de agua elevado (V) en m³ y a la altura de elevación (h) en metros. La unidad de energía mas conveniente es el Kw.-h.

Esta energía hidráulica (E) se calcula con la siguiente expresión:

$$E = V \cdot h / 367 \text{ (Kwh.)}$$

E = energía Hidráulica.

V = Volumen de agua en m³

h = Altura de elevación

Para La Mariposa se necesita una energía hidráulica de 1,74 Kw.-h.

Para determinar la energía que se debe suministrar a la electro bomba (Ec) podemos usar la siguiente expresión:

$$E_c = E / \gamma_g \text{ (Kwh.)}$$

E = Energía Eléctrica.

γ_g = Eficiencia global.

Por lo cual se define como γ_g el rendimiento global que tiene en cuenta las perdidas hidráulicas de la bomba y las perdidas eléctricas del motor. Este rendimiento, para efectos de un dimensionamiento preliminar puede tomarse igual a 0.58. Con este valor la energía para alimentar a la bomba seria de 3 Kw.-h.

Teniendo en cuenta estas perdidas, la energía que debe suministrar el generador diesel se determina con la siguiente expresión.

$$E_p = E_c / \gamma_y \quad (\text{Kwh.})$$

2.4.13 SELECCIÓN DE LA ELECTRO BOMBA.

Una vez hallada la potencia instalada el siguiente paso fue el de buscar la electro bomba adecuada. Se decidió utilizar en este caso la tecnología desarrollada por la firma *Grundfos*, que ofrece electro bombas sumergibles multietápicas con motor trifásico en corriente alterna.

En las figuras 2.4.c y 2.4.d, se muestran los ábacos que sirvieron para seleccionar la bomba apropiada en función de los requerimientos de bombeo, y de la energía necesaria.

En resumen el equipo de bombeo por generación de energía eléctrica Diesel, para *La Mariposa* es el siguiente:

- 01 Electrobomba sumergible, marca GRUNDFOS, modelo SP 5A-7., de corriente alterna.
- 01 Grupo Electrónico Industrial de la marca Crosland
- 01 Tablero de Mando y control de Nivel del Tanque Elevado.
- 01 Caseta de Vigilancia y maniobra de 4 m² construido de material noble.

CAPITULO V

1. ELABORACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS PARA DEFINIR COSTOS EN AMBOS SISTEMAS DE GENERACIÓN.

1.1 REQUERIMIENTOS DEL EQUIPAMIENTO PARA EL SISTEMA POR GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Con este sistema de generación eléctrica, con los materiales y equipos necesarios para su operación, tanto en el sistema eléctrico como en el sistema sanitario, se realizará una lista de los requerimientos tanto en mano de obra como en materiales, los cuales se detalla a continuación:

- Construcción de Tanque de Almacenamiento de agua de dimensiones de 2,4 de diámetro y 4 metros de altura de concreto armado.
- Construcción de un pozo (NORIA) de 12 metros de profundidad por 2,4 de diámetro.
- Adquisición de Bomba Hidráulica Multietápica de la marca GRUNDFOS SP 5A-7 con Inversor de Voltaje SA 1500.

- Adquisición de Paneles Fotovoltaicos de 50 Wp Y – 50 de marca ISOFOTON.
- Adquisición de Soportes con regulación angular para los módulos fotovoltaicos de F°G° de Fabrica.
- Adquisición de 450 metros de tubería, Clase 5 de 2,5" de diámetro para la impulsión.
- Adquisición de 400 metros de tubería, clase 5 de 2" de diámetro para alimentación a La Mariposa.
- Adquisición de 1600 metros de tubería , clase 5 de 2" de diámetros para la alimentación a Huan.
- Adquisición de accesorios varios y 7 pilones.
- Mano de Obra la cual consta de:
 - a) Perforación de pozo a partir de los 6 metros de profundidad (Los primeros metros lo excavó la comunidad).
 - b) Construcción de Tanque de almacenamiento. (Lo realizó la comunidad).
 - c) Instalación de Soporte metálico y módulos fotovoltaicos esto estuvo encargado en su totalidad por la Universidad de Piura.
 - d) Instalación de la bomba e Inversor y cableado de Fuerza y Control a cargo de la Universidad de Piura.

- e) Instalación de tuberías y acabados sanitarios a cargo de la comunidad.
- f) Gastos administrativos y supervisión.

Los datos referentes en la **Tabla N° 2**, nos indican los valores en dólares americanos para la inversión inicial del proyecto. Es necesario comprender que la vida útil de este sistema es de **20 años**, por ende existirán gastos variables para el soporte del sistema, los cuales se mencionan para el calculo de inversión y estos son:

Mantenimiento; el cual se realizo con charlas de capacitación a la comunidad y un monitoreo el cual aproximadamente dura 1 mes. Hay que comprender que el mantenimiento se refiere al sistema fotovoltaico, cuyo cuadro se adjunta.

Esto por un costo de **US\$ 100.00** (Cien dólares americanos).

También se realizaran gastos de mantenimiento de la ,Electrobomba y gabinete de control de inversión el cual se realizara cada 12 meses (comprendiendo un gasto posible por cambio de retenes, engrasado, etc).

Esto por un costo de **US\$ 50.00** (Cincuenta dólares americanos).

TABLA N° 2

ítem	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO USS \$.	P.PARCIAL USS \$
01	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA	Gbl.	01	1080.00	1080.00
02	POSO DE AGUA.	Gbl.	01	835.00	835.00
03	TUBERÍA DE 2 1/2" CLASE 5 PVC.	M	450	0.21	94.50
04	TUBERÍA DE 2" CLASE 5 PVC.	M	2000	0.18	360.00
05	SOPORTE METÁLICO PARA MÓDULOS FOTVOLTAICOS.	Unidad	03	720.00	2160.00
06	MÓDULOS FOTVOLTAICOS DE 50 Wp, Y-50, MARCA ISOFOTON.	Unidad	24	275.00	6600.00
07	ELECTRO BOMBA DE AGUA SP 5A-7 CON INVERSOR SA 1500 (CC/AC).	Gbl.	01	2445.00	2445.00
08	PILONES Y ACCESORIOS	Gbl.	01	185.00	185.00
09	MANO DE OBRA	Gbl.	01	1200.00	1200.00
10	GASTOS GENERALES	Gbl.	01	1000.00	1000.00
	COSTO TOTAL			USS \$	15959.50

FUENTE : UNIVERSIDAD DE PIURA.

Cabe mencionar que los datos registrados son similares a casi todas las obras realizadas por la Universidad de Piura en los proyectos que se les encargo realizar.

Los estudios de Nivel freático de los suelos de las comunidades beneficiadas, fueron realizados por la misma Universidad, con perforaciones que en algunos casos (comunidades) no fueron implementados sistemas de bombeo solar por no tener acceso a suelos con nivel freático menores a 17 metros o el nivel de contaminación de las aguas cercanas (ríos, lagunas o acequias), no cumplían los niveles de pureza requeridos, para que estos sistemas sean eficientes y económicos.

Las comparaciones estadísticas se verifican en los cuadros adjuntos.

1.2 REQUERIMIENTO DEL EQUIPAMIENTO PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN DIESEL

Con este sistema de generación eléctrica, con los materiales y equipos necesarios para su operación, tanto en el sistema eléctrico como en el sistema sanitario, se realizara una lista de los requerimientos tanto en mano de obra como en materiales, los cuales detallo a continuación:

TABLA N° 3

ítem	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO USS \$.	P.PARCIAL USS \$
01	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA	Gbl.	01	1080.00	1080.00
02	POSO DE AGUA.	Gbl.	01	835.00	835.00
03	CASETA DE VIGILANCIA Y MANIOBRA	Gbl.	01	850.00	850.00
04	TUBERÍA DE 2 1/2" CLASE 5 PVC.	M	450	0.35	157.50
05	TUBERÍA DE 2" CLASE 5 PVC.	M	2000	0.27	540.00
06	GENERADOR ELÉCTRICO DE 5 Kw. (Incluye tablero de arranque y control).	Unidad	01	7170.00	7170.00
07	ELECTRO BOMBA DE AGUA SP 5A-7 /AC	Unidad	01	1145.00	1145.00
08	PILONES Y ACCESORIOS	Gbl.	01	185.00	185.00
09	MANO DE OBRA	Gbl.	01	700.00	700.00
10	GASTOS GENERALES	Gbl.	01	1000.00	1000.00
	COSTO TOTAL			USS \$	13662.50

- Construcción de Tanque de Almacenamiento de agua de dimensiones de 2,4 de diámetro y 4 metros de altura de concreto armado.
- Construcción de un pozo (NORIA) de 12 metros de profundidad por 2,4 de diámetro.
- Adquisición de Bomba Hidráulica Multietápica de la marca GRUNDFOS SP 5A-7 / AC.
- Adquisición de Generador Diesel de 5 Kw. CROSLAND, con tablero de control de arranque.
- Construcción de caseta de vigilancia y maniobra de material noble.
- Adquisición de 450 metros de tubería, Clase 5 de 2,5" de diámetro para la impulsión.
- Adquisición de 400 metros de tubería, clase 5 de 2" de diámetro para alimentación a La Mariposa.
- Adquisición de 1600 metros de tubería , clase 5 de 2" de diámetros para la alimentación a Huan.
- Adquisición de accesorios varios y 7 pilones.
- Mano de Obra la cual consta de:

a) Perforación de pozo a partir de los 6 metros de profundidad (Los primeros metros lo excavo la comunidad).

- b) Construcción de Tanque de almacenamiento. (Lo realizo la comunidad).
- c) Construcción de Caseta de vigilancia y maniobra (Lo realizo la comunidad).
- d) Instalación de la bomba y cableado de Fuerza y Control a cargo de la Universidad de Piura.
- e) Instalación de tuberías y acabados sanitarios a cargo de la comunidad.
- f) Gastos administrativos y supervisión.

Los datos, que se señalan en la tabla N° 3, nos indican los valores en dólares americanos para la inversión inicial del proyecto. Es necesario comprender que la vida útil de este sistema es de **20 años**, por ende existirán gastos variables para el soporte del sistema, los cuales se mencionan para el calculo de inversión y estos son:

Gastos Variables.

Consumo de combustible al mes (Diesel 2 - 2 galones diarios por 8 horas al día).	US\$ 108.00
Aceite y Engrase (mensual)	US\$ 20.00
Pago a personal (Técnico) permanente para maniobras del generador (mensual).	US\$ 120.00

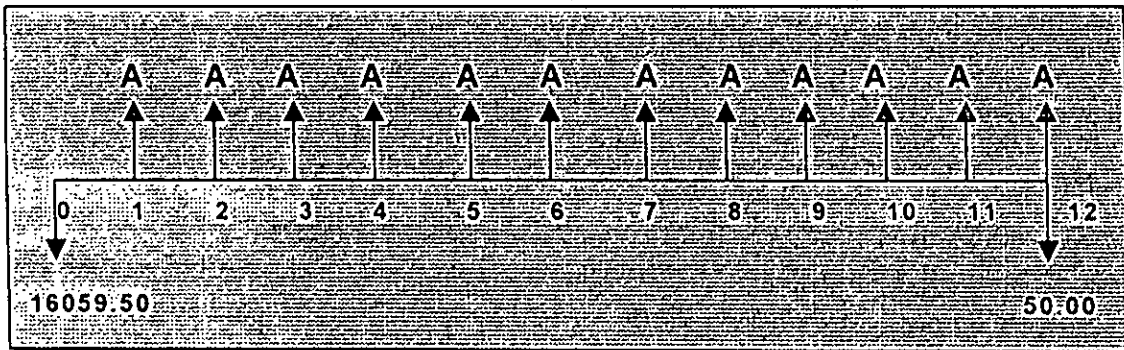
Cambio de acumulador (Batería) para el generador al año.	US\$	30.00
Repuestos (anual)	US\$	150.00
Mantenimiento de la Electrobomba (anual).	US\$	50.00

Cabe mencionar que los datos registrados en este tipo de generación eléctrica, para usos de extracción de agua potable en este dimensionamiento, son similares a obras realizadas en nuestro país, las cuales ya están tipificadas en las sedes pertinentes (PAE, CENERGIA, etc).

2. CÁLCULOS DEL VALOR ACTUAL NETO PARA LA JUSTIFICACIÓN DE LA RENTABILIDAD EN AMBOS MODELOS.

2.1 VALOR ACTUAL NETO PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.

Tenemos como inversión inicial fija la cantidad de US\$ 15959.50, a la cual se le agregara el monto por capacitación que es US\$ 100.00 dándonos como resultado la cantidad de US\$ 16059.50.



Para nuestro proyecto es necesario tomar valores determinados los cuales, pudieran rentabilizar nuestra inversión. Entonces tomaremos valores comerciales y mas comunes para este tipo de transacción, como es:

INTERÉS ANUAL 20%

Esto quiere decir que como inversionista desearía ganar el 20 % de mi inversión actual.

Del diagrama de flujo mensual, determinamos los montos mensuales, el cual debe ser pagado por la comunidad.

El primer paso es llevar a **Valor Actual** todos mis gastos generados en un año, que es el tiempo en el cual yo deseo recuperar mi inversión.

Los US\$ 50.00, de mantenimiento lo llevo al V.A. con la siguiente formula:

$$\text{V.A.} = \frac{Cn}{(1+i)^n} \quad n=\text{años}$$

Nos daría como resultado : **US\$ 41.67**

Luego mi inversión inicial sería:

$$\boxed{I_0 = 16059.5 + 41.67} \quad \longrightarrow \quad \boxed{I_0 = 16101.17}$$

Si la inversión es afecta de una utilidad de 20% anual entonces el costo actual es de :

$$\boxed{\text{US\$ } 19321.40}$$

Ahora hallo mis flujos mensuales, los cuales la comunidad debe asumirlos durante un año.

Sabemos que el interés anual es del 20%, entonces mi interés mensual será:

$$\boxed{i_m = (1 + i)^n - 1} \quad \longrightarrow \quad \boxed{i_m = 0.015\%}$$

$n = \text{meses}$
 $n = 1/12$

Luego :

$$19321.40 = \{a / (1+0.015)\} + \{a / (1+0.015)^2\} + \dots + \{a / (1+0.015)^{12}\}$$

$$\boxed{a = 1771.38 \text{ (US\$)}}$$

a = Flujo mensual.

Luego hallamos el VAN:

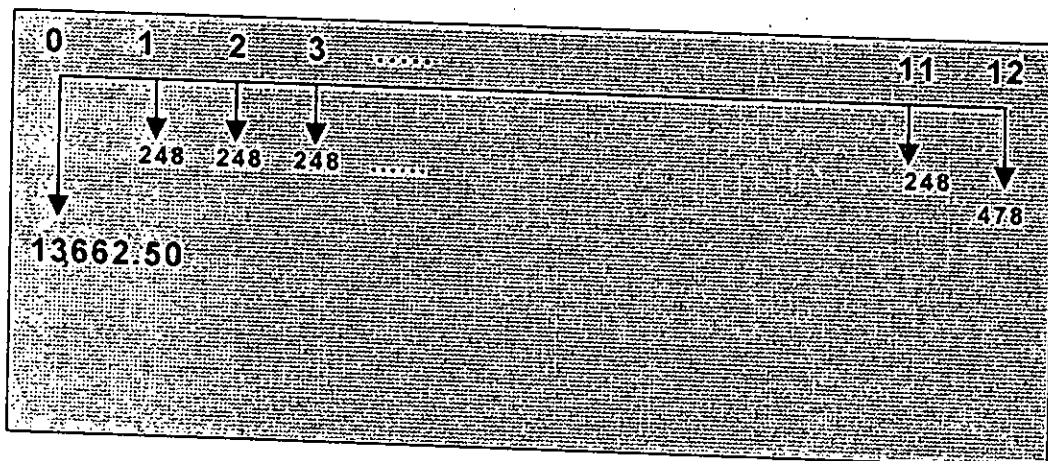
$$VAN = -16101.17 + 1771.38 (FAS \frac{0.015}{12})$$

$$VAN = 3220.28 (US\$)$$

$VAN > 0$ Es rentable.

2.2 VALOR ACTUAL NETO PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DIESEL.

Nuestro diagrama siguiente nos indicara los costos mensuales los cuales llevaremos a Valor Actual para determinar nuestros Costos de Inversión Iniciales, para este modelo es el siguiente:



El Valor Actual será:

$$\text{V.A.} = \text{Gastos Fijos} + \text{Gastos Variables}$$

$$\text{Gastos Fijos} = 13662.50$$

$$\text{Gastos Variables} = 248x(\text{FAS}_{11}^{0.015}) + 478x(\text{FAS}_{12}^{0.015})$$

$$I_0 = 13662.50 + 2897.43$$

$$I_0 = 16559.93$$

Entonces hallaremos los flujos mensuales, sabiendo que debemos tener una utilidad del 20% anual.

Entonces nuestra inversión será de **US\$ 19871.92**

Al igual que el anterior modelo nuestro interés mensual será; de 0,015 %.

$$19871.92 = a \times \text{FAS}_{12}^{0.015}$$

$$a = 1821.85 \text{ (US\$)}$$

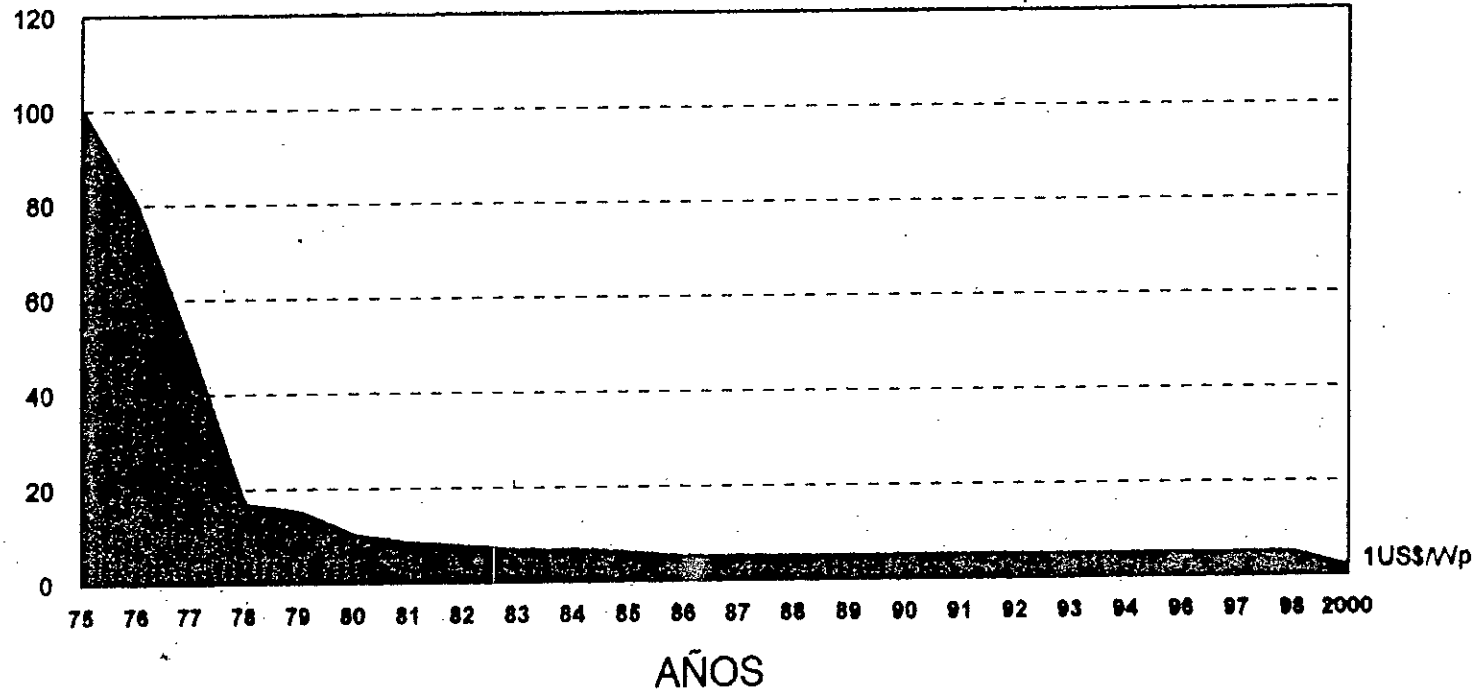
a = flujo mensual.

CUADRO RESUMEN DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

<i>PERIODICIDAD</i>	PANELES	BATERÍAS	LÁMPARAS Y CABLEADOS
DIARIA		<ul style="list-style-type: none"> ➤ COMPROBACIÓN DEL INDICADOR DE CARGA EN TIEMPO SOLEADO ➤ COMPROBACIÓN DEL ESTADO DE CARGA. 	
MENSUAL	<ul style="list-style-type: none"> ➤ LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE DE LOS MÓDULOS. ➤ VERIFICAR AUSENCIA DE SOMBRAS. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ COMPROBACIÓN DE NIVEL ELECTROLÍTICO. ➤ COMPROBACIÓN DEL ESTADO DE LOS BORNES. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ INSPECCIÓN DE LÁMPARAS Y FLUORESCENTES.
SEMESTRAL	<ul style="list-style-type: none"> ➤ COMPROBACIÓN DE LA ESTANQUEIDAD DE LAS CAJAS DE CONEXIONES. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ RECARGA DE BATERÍAS DE RESERVA 	
ANUAL			<ul style="list-style-type: none"> ➤ COMPROBACIÓN DEL ESTADO DEL CABLEADO. ➤ AJUSTE DE LOS CONTACTOS.

EVOLUCION Y TENDENCIAS DE LOS COSTOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS A NIVEL MUNDIAL

US\$ / Watio pico



FUENTE: U.S. ENERGY DEPARTMENT 1995.

Luego hallamos el VAN:

$$\text{VAN} = -18059.93 + 1821.85 \left(\text{FAS} \frac{0.015}{12} \right)$$

$$\text{VAN} = 1811.98 \text{ (US\$)}$$

VAN > 0 Es rentable.

3. CÁLCULOS DE LA TASA DE RETORNO DE INTERÉS PARA LA JUSTIFICACIÓN DE LA RENTABILIDAD EN AMBOS MODELOS.

3.1 TASA DE RETORNO DE INTERÉS PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.

Luego para hallar la Tasa de Retorno de Interés (TIR), que nos indicara el rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. Esto quiere decir, igualar el VAN a cero.

Entonces igualando a cero obtendremos:

$$9.08961 = \left\{ \frac{(1+TIR)^{12} - 1}{TIR (1+TIR)^{12}} \right\}$$

$$\text{Con TIR (5\%)} = 8.8632$$

$$\text{Con TIR (4\%)} = 9.3850$$

Interpolando obtenemos :

$$TIR = 4.237\%$$

TIR > 0, Entonces es rentable.

3.2 TASA DE RETORNO DE INTERÉS PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DIESEL.

Luego para hallar la Tasa de Retorno de Interés (TIR), que nos indicara el rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. Esto quiere decir, igualar el VAN a cero.

Entonces igualando a cero obtendremos:

$$9.08962 = \left\{ \frac{(1+TIR)^{12} - 1}{TIR (1+TIR)^{12}} \right\}$$

$$\text{Con TIR (5\%)} = 8.8627$$

$$\text{Con TIR (4\%)} = 9.3811$$

Interpolando obtenemos :

$$\text{TIR} = 4.221\%$$

$\text{TIR} > 0$, Entonces es rentable.

4. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE AMBOS SISTEMAS, FACTIBILIDAD EN COSTOS Y OPERACIÓN.

Con las operaciones financieras realizadas para los sistemas en comparación, debemos tener bien en consideración la verdadera definición del Valor Neto de actualización (VAN), entonces quiere decir:

"Que las empresas invierten en diferentes activos reales, estos incluyen activos tangibles como maquinaria y activos intangibles, tales como contratos de gestión y patentes. El objeto de la decisión de inversión, o presupuesto de capital, es encontrar activos reales cuyo valor supere su coste".

Entonces ya maduro nuestro real concepto de una inversión, se analiza los datos de los modelos a consideración:

- a) Debemos considerar que ambos proyectos han sido proyectados con una vida útil de 20 años (De acuerdo a los estándares de fabricación), ya que en los últimos años, la tecnología de punta, ha mejorado la calidad del producto para ambos sistemas.
- b) A simple consideración de la inversión actual de los costos de Instalación, y puesta en operación del sistema fotovoltaico (US\$ 16059.50), es mucho mas alto que el de la Instalación y puesta en operación al sistema Diesel (US\$ 13662.50).
- c) Pero son costos actuales en el mes cero. Si deseamos actualizar el costo de operación en un año – *Un año estará a concesión del inversionista* – y agregando nuestra utilidad que se ha estimado en 0.015% de interés mensual (20% anual), obtenemos como Valor Actual en el sistema de energía Solar la cantidad invertida de US\$ 19321.40, y para el sistema Diesel la cantidad de US\$ 19871.92.
- d) Los flujos mensuales (ósea, pagos que la comunidad rural debe hacer al inversionista), en el caso de la generación solar es de US\$ 1771.38 y en el caso de generación diesel es de US\$ 1821.85.

Entonces sabiendo que la comunidad esta integrada por 120 familias, quiere decir que cada jefe de familia o familia debe pagar la cantidad mensual de:

Pago mensual familiar Sistema Fotovoltaico *US\$ 14.76 (S/. 51.36^o)*

Pago mensual familiar Sistema Diesel *US\$ 15.20 (S/. 53.20^o)*

- e) Como vemos las cuotas mensuales varían en un porcentaje pequeño pero no benéfico para el poblador, por considerar un gasto según la condición económica y social de la comunidad rural. Este valor nos indica que durante el tiempo que el inversionista recupere su inversión y obtenga una utilidad comercial se hará cargo de los costos (Costos programados e indicados anteriormente), que pudiera generar los sistemas y el poblador deberá cancelar mensualmente estos montos.
- f) En cada uno de los modelos se hallo el Valor Actual Neto y la Tasa de Retorno de Interés, los cuales nos dieron como rentables ambos sistemas.

Sistema Fotovoltaico : VAN = 3220.28 (US\$).

TIR = 4.237 %

Sistema Diesel : VAN = 1811.98 (US\$).

TIR = 4.221%

^o Cambio S/. 3.50 por dólar

Pero como inversionista me inclinaría al que tenga mayor rentabilidad (VAN). En este caso el Sistema Fotovoltaico a pesar que mi TIR, en ambos casos, sean casi iguales y rentables.

- g) Como hemos visto la concepción financiera y de inversión nos indican que ambos pueden ser rentables para el inversionista, pero los nuevos sistemas de energías renovables ya son competitivos.
- h) Pero como en toda inversión existe el inversionista como el que invierte, en este caso la comunidad rural, al obtener la concesión de las instalaciones (a partir del segundo año de operatividad), como ya hemos visto anteriormente las cuotas mensuales en el sistema de generación diesel (US\$ 248.00 / aproximadamente US\$ 2.03 por poblador al mes), no sería rentable para la comunidad durante los 20 años de la vida útil del sistema. En cambio para el sistema Solar solo se realizará gastos anuales (US\$ 50.00 / aproximadamente US\$ 0.035 centavos al mes). Y este sí sería rentable para la comunidad durante su vida útil del sistema.
- i) Así mismo, los costos anuales del sistema diesel en comparación a los costos quinquenales del sistema

solar afianzarían el aprovechamiento y la inversión de estos nuevos sistemas competitivos.

- j) En relación a la comparación técnica; en el sistema Diesel, como hemos visto en el primer año estará a cargo del inversionista el cual tendrá que contratar a un operario para las maniobras de arranque, estabilidad y funcionamiento del generador diesel; así como la vigilancia durante el horario de trabajo del sistema de generación (8 horas aproximadamente). Esta operación por ser un equipo electro-mecánico deberá ser operado por un técnico que tenga conocimiento en estos sistemas de generación y no por cualquier persona o de la comunidad rural.

Esto por dos motivos puntuales; el primero por que la población rural en un buen promedio se dedica a la agricultura y no cuenta con el tiempo disponible necesario. El segundo motivo es el grado de instrucción del poblador y técnicamente no esta calificado para este tipo de labores, si en caso se tecnificara este personal tendría que cumplir un horario estricto y sepa solucionar problemas que se susciten en cualquier momento de operación del sistema.

- k) En el sistema de generación eléctrica con grupo electrógeno, el mantenimiento en caso de reparación o cambio de repuestos es necesario contratar personal calificado y que nos garantice su trabajo. Esta dificultad se incrementaría dependiendo de la lejanía y poco acceso a la población rural. En cambio el mantenimiento para el sistema de generación alterna – fotovoltaico – el mantenimiento se reduce solo a una simple limpieza de paneles, ajuste de conexiones y labores que en el cuadro de mantenimiento se indica. Estas labores lo puede realizar la comunidad un día domingo, o el día que organizadamente lo definan, el como se realiza, se practico en la charla de capacitación (teórica y practica), la cual no tiene un costo adicional por ser de beneficio común.
- l) El sistema de Generación Eléctrica por módulos Fotovoltaicos véase por cualquier ángulo, ya es un sistema competitivo y una gran opción para que las comunidades alejadas obtengan un gran avance en la utilización de agua potable para el consumo y todas sus necesidades.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se puede concluir, que existe un efecto multiplicador de los proyectos de electrificación con energía solar. No se ha querido nombrar las iniciativas privadas que pueden sumar un buen número de módulos solares.
- La experiencia demuestra que se tiene dos caminos para la resolución de problemas con la electrificación solar: un papel lo debe cumplir el estado (gobiernos regionales), con el fin de llegar hacia los lugares donde la inversión privada no estará presente, para la electrificación comunal y doméstica en algunos casos; por otro lado, se demuestra que los fondos rotativos, o venta de energía, o alquiler de equipos, o generación diesel, es una opción factible para el inversionista pero no para el usuario.
- La calidad de los equipos e instalaciones en energía solar, están garantizadas por los proveedores, pero de todas formas se necesita una normatividad que respete estándares de calidad y de seguridad en los equipos e instalación.
- A pesar de ser un negocio próspero y que los involucrados en este sistema obtengan beneficios mutuos, existen todavía factores que pueda garantizar

la sostenibilidad de los proyectos de generación solar, como es el ***SUBSIDIO SOSTENIBLE A LA PERSONA***. Quiere Decir, cuando el estado decide cubrir a fondo perdido parte del costo de construcción de alguna obra de infraestructura social, para alguna comunidad pobre exigiendo previamente que se constituya una empresa privada local, que se encargue de su operación, mantenimiento, facturación y cobranza en dicha comunidad. El subsidio sería depositado como garantía en el sistema financiero, con lo cual la empresa local automáticamente adquiere la calidad de ***sujeto de crédito***, financiándose así el costo total del proyecto.

En otras palabra, este subsidio se otorgaría *si y solo si* : (i) la comunidad posee los ingresos suficientes para cubrir el total de los costos de operación y mantenimiento de los sistemas y, el costo de facturación y cobranza, sin lo cual la inversión del estado se volverá inevitable en un desperdicio de recursos, (ii) la comunidad tiene la voluntad firme de cubrir por lo menos estos costos y se compromete a hacerlo formalmente, y (iii) constituye la empresa privada que asumirá este servicio y de facturación y cobranza a los propios usuarios. En caso contrario, es

preferible canalizar el subsidio hacia otra comunidad o actividad. Es también evidente que las comunidades no son uniformes en cuanto a pobreza, pero se preferiría adoptar un mecanismo de subsidio a la persona "comunidad" que a las personas individuales en ella, por los mayores costos necesarios para discriminar entre dichas personas.

- Los resultados de estos proyectos han despertado interés en los diferentes Ministerios del Perú, quienes al ver estos, tienen ventajas en comparación a los grupos electrógenos en zonas rurales aisladas, han comenzado a tenerlos en consideración para sus futuras obras de infraestructura, por lo que se puede concluir que estos proyectos han cumplido con su objetivo: dinamizar la utilización de Energía Renovables en el Perú.
- Los sistemas están funcionando satisfactoriamente. En la Mariposa se esta bombeando ente 14 y 18 m³/día, que es suficiente para tener un abastecimiento normal durante todo el día. En este lugar el sistema ha sido entregado a la comunidad para su administración.
- En los sistemas solares es creciente el interés que muestran las curvas de inversión, ya que estos

sistemas gradualmente están disminuyendo en los costos de adquisición de equipos, por lo cual se avizora un futuro prometedor en las Energías Renovables.

BIBLIOGRAFÍA

- ***“BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO : EXPERIENCIA EN EL MEDIO PIURA”.***

Autor: Ing. Coronado Ramos, Juan
Área Departamental de Ingeniería
Mecánica - Eléctrica.
Universidad de Piura – Perú.
Julio de 1997.

- ***“EXPERIENCIA DE ELECTRIFICACIÓN DE LOCALES COMUNALES CON ENERGÍA SOLAR Y EÓLICA EN EL PERU”.***

Autor: Romaní C., Julio
Jefe del proyecto para Ahorro de Energía
(PAE)
Lima – Perú.
Julio de 1997.

➤ ***“EXPERIENCIAS INTERNACIONALES DEL DESARROLLO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON FUENTES RENOVABLES”.***

Autor: Byron Chiliquina.

Organización Latinoamericana de Energía.

Lima – Perú.

Julio de 1997

➤ ***“PROYECTOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON RECURSOS NO CONVENCIONALES”.***

Autor: Comisión de Integración Eléctrica Regional – CIER.

Montevideo - Uruguay

Comité Nacional Peruano de la CIER - PCIER.

Lima – Perú.

Julio de 1997.

➤ ***“EL VIENTO”. UNA ALTERNATIVA ENERGÉTICA SANA.***

Autor: Arango Botero, Jorge

Interconexión Eléctrica S.A.

Medellín – Colombia.

Julio de 1997.

➤ ***“ENERGÍA RENOVABLE EN UN ENTORNO DE CAMBIO DE POLÍTICA”***

Autor : Ministerio de Energía y Minas
Dirección Ejecutiva de Proyectos
Lima – Perú.
1997.

➤ ***“APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA INDUSTRIA TURÍSTICA”***

Autor: Solar Energy Industries Association.
New York City
June 1997.

➤ ***“EL MUNDO DE LAS TURBINAS EÓLICAS”***

Autor: MICON ARGENTINA S.A.
Buenos Aires – Argentina
1997.

➤ ***“EL BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO EN COMUNIDADES CAMPESINAS Y NUEVAS APLICACIONES PRODUCTIVAS EN LA AGRICULTURA DE ZONAS ÁRIDAS USANDO RIEGO TECNIFICADO”***

Autor: Prof. Dr. Raúl Sapiain Araya
Centro de Energías Renovables
Universidad de Tarapacá - Chile.
Septiembre de 1998.

➤ ***“ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO”***

Autor: Universidad Nacional de
Educación a Distancia. Fac. de
Ingeniería Eléctrica, Electrónica y
Control - Madrid.
1997 – 1998.

➤ ***“PROGRAMAS DE ELECTRIFICACIÓN EN ZONAS RURALES Y AISLADAS”.***

Autor: Servicios de Asesoría empresarial
MARCOS ALEGRE A.
Representantes de ILZRO.
Lima - Perú.
1997.

➤ ***“GENERACIÓN ELÉCTRICA POR BIOMASA
COMERCIALIZADA”.***

Autor: Energía Verde S.A.
Empresa Filial Chilgener S.A.
Valparaíso - Chile.
1998.

➤ ***“INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE
ENERGÍA”***

Autor: Instituto para la Diversificación y
Ahorro de la Energía (IDAE)
Ministerio de Industria y Energía
Madrid – España.
[http:// www.idae.es/](http://www.idae.es/)
1998.

ANEXO

SISTEMA EOLICO

PARARAYOS

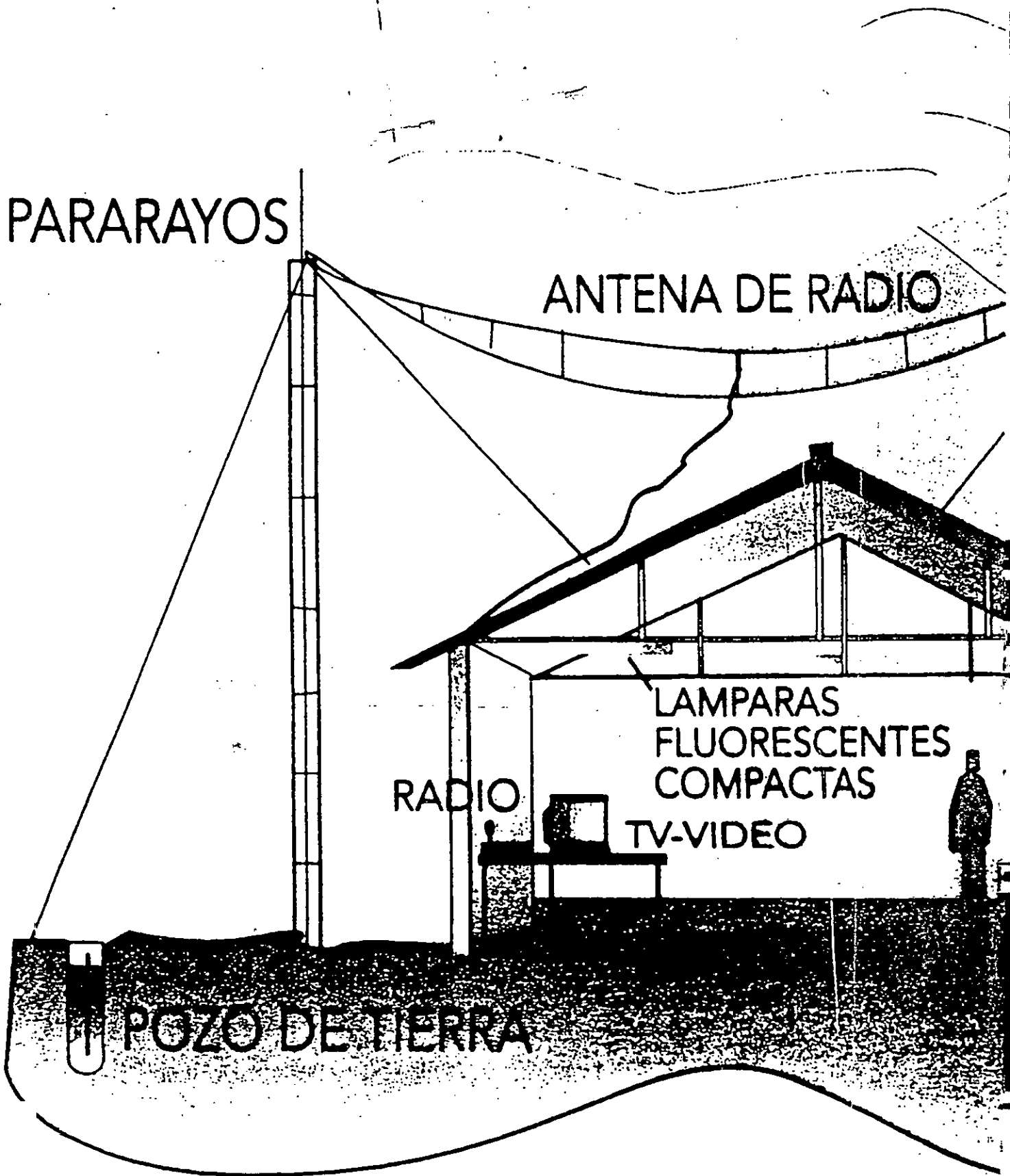
ANTENA DE RADIO

RADIO

LAMPARAS
FLUORESCENTES
COMPACTAS

TV-VIDEO

POZO DE TIERRA



O COMUNAL

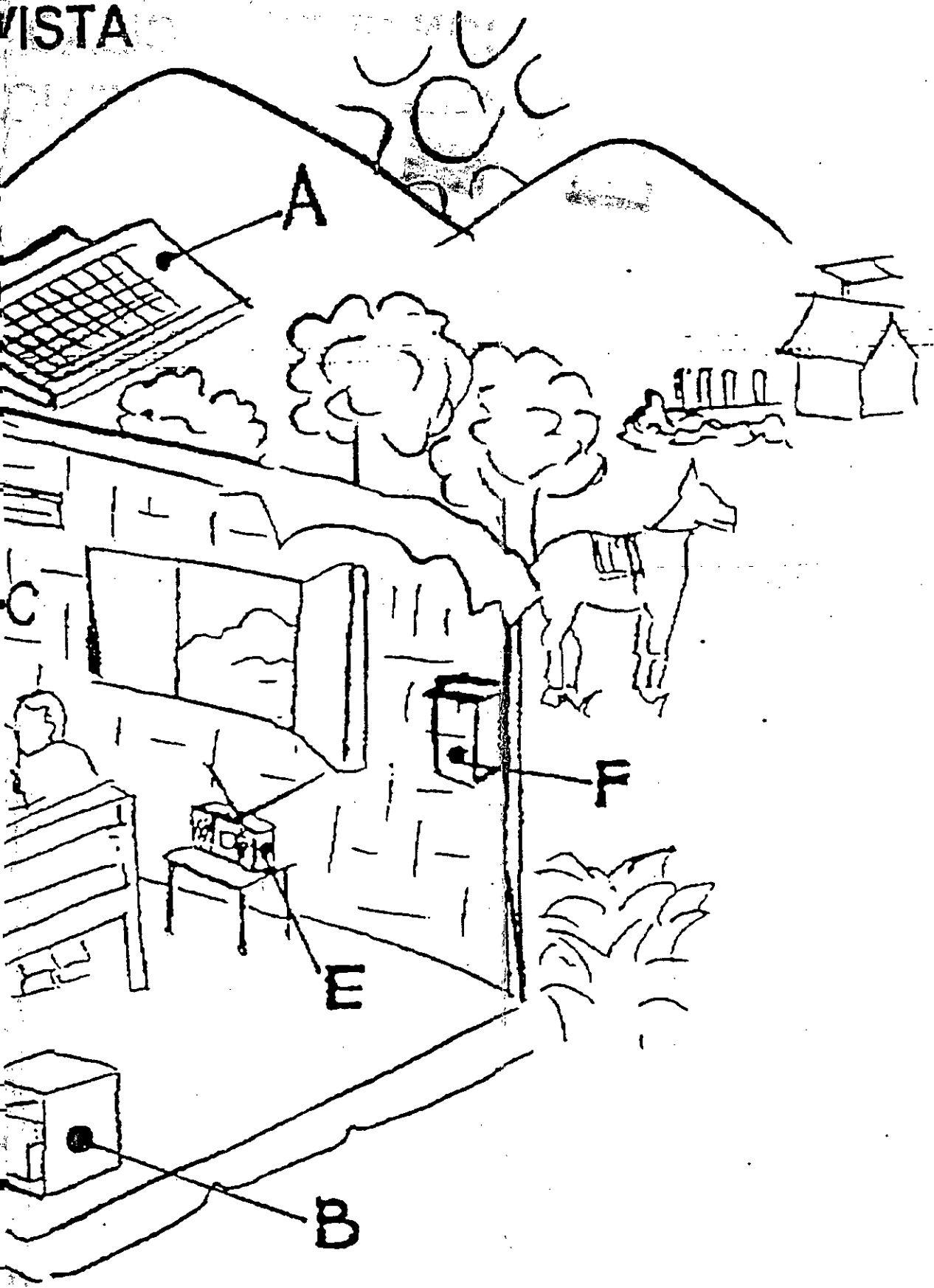


CASAS CON ELECTRICIDAD SOLAR PROYECTADA POR 1 PANEL FOTOVOLTAICO



- A. 01 PANEL FOTOVOLTAICO
- B. 01 BATERIA SOLAR
- C. 03 FLUORESCENTES COMPACTOS

VISTA



D. 01 TVB/N 12 VDC

E. 01 RADIO RECEPTOR

F. 01 CONTROLADOR

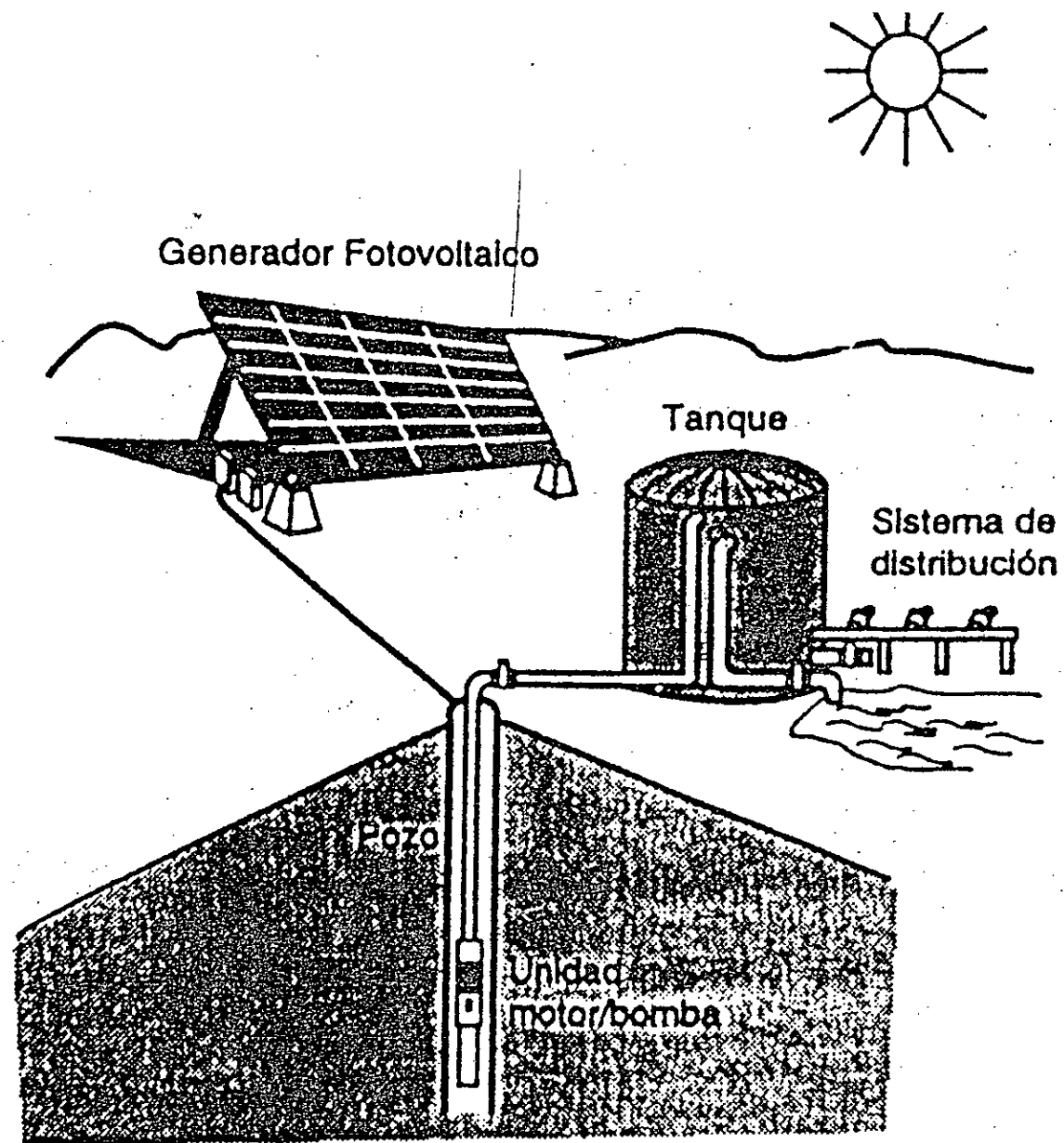
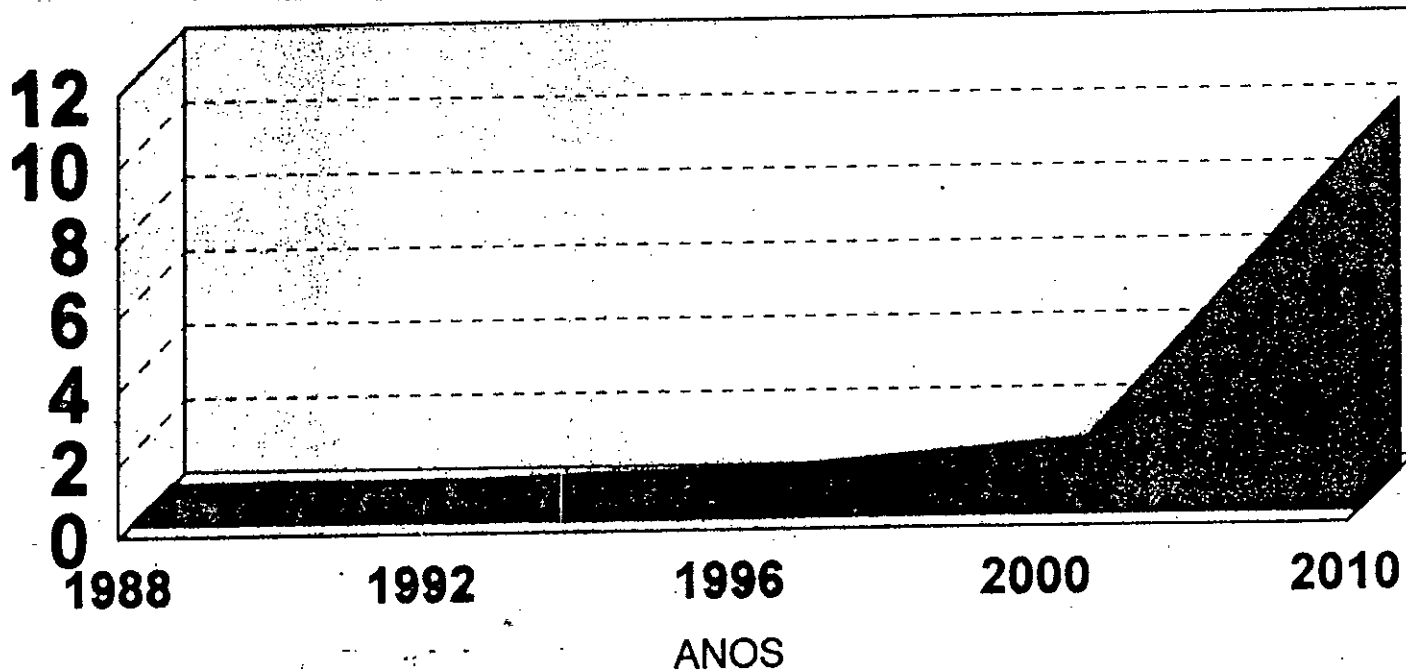


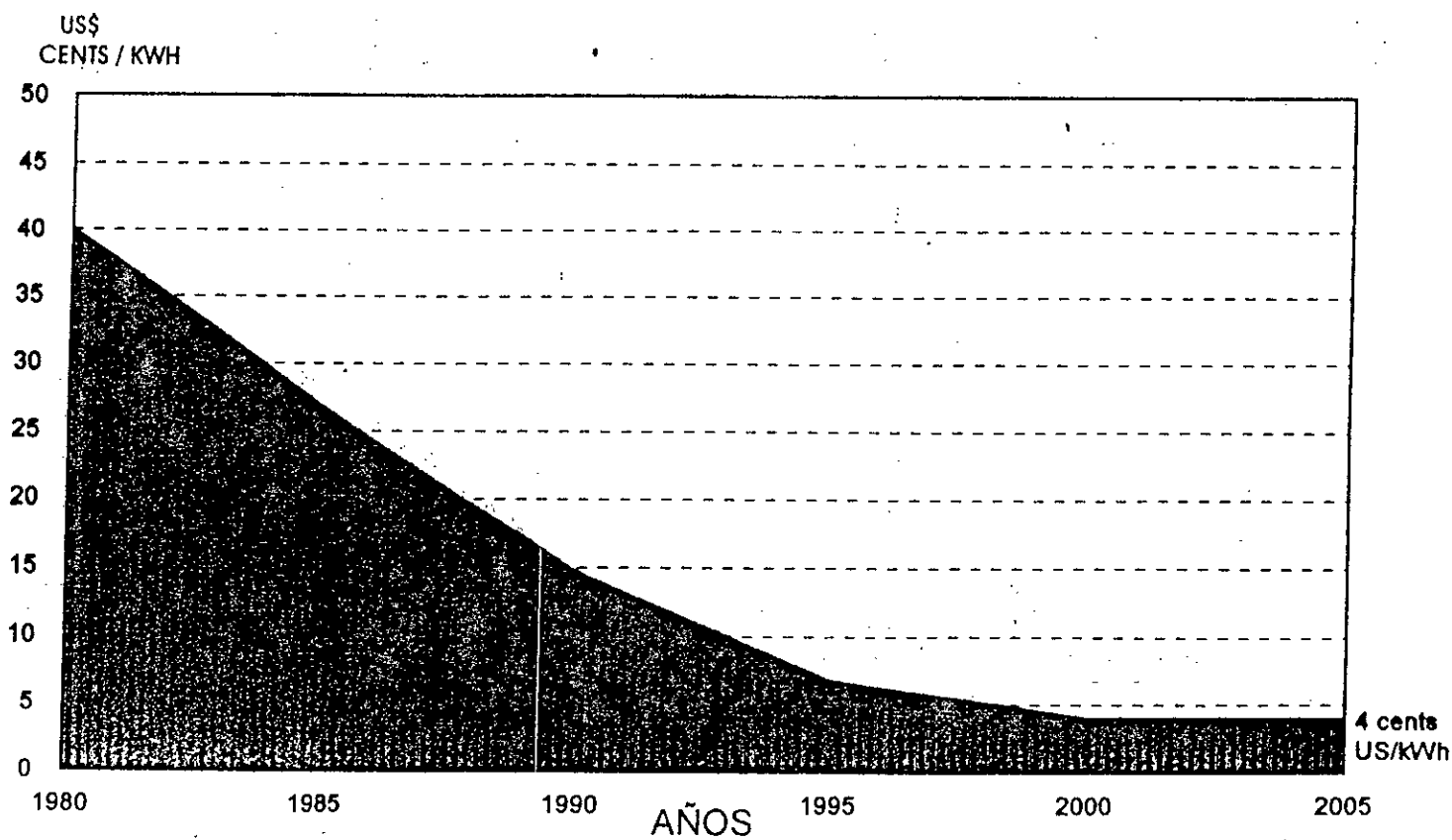
Fig. 1 Diagrama de un sistema de bombeo fotovoltaico

CRECIMIENTO MUNDIAL DE E. FOTOVOLTAICA EN MW

MILES



EVOLUCION Y TENDENCIAS DE LOS COSTOS DEL kW-h ENERGIA EOLICA (*) A NIVEL MUNDIAL



(*) PARA AEROGENERADORES DE GRAN CAPACIDAD

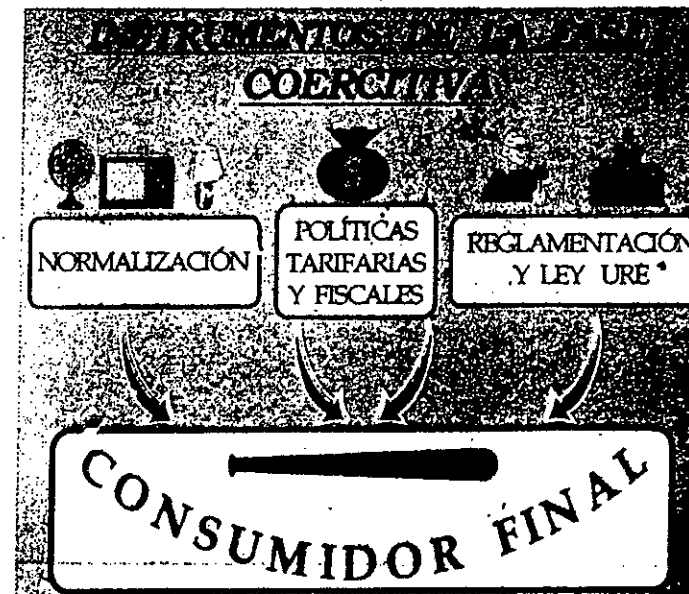
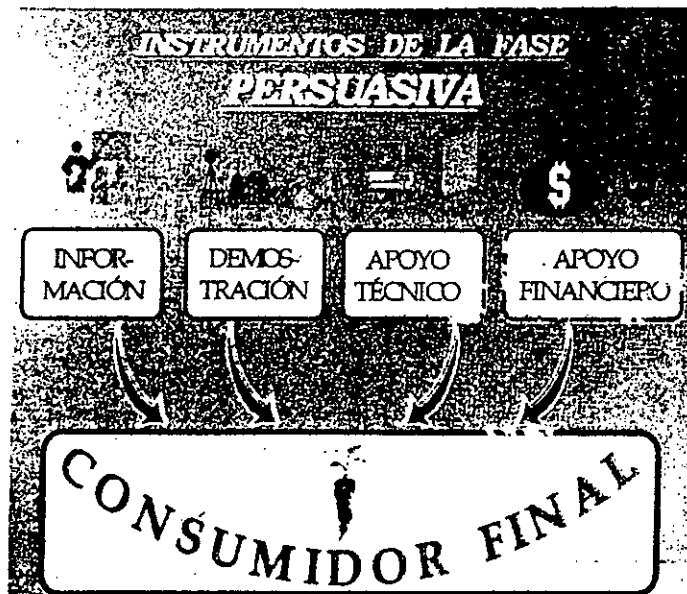
FUENTE: CENTER FOR RENEWABLE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. D.O.E. 1994.

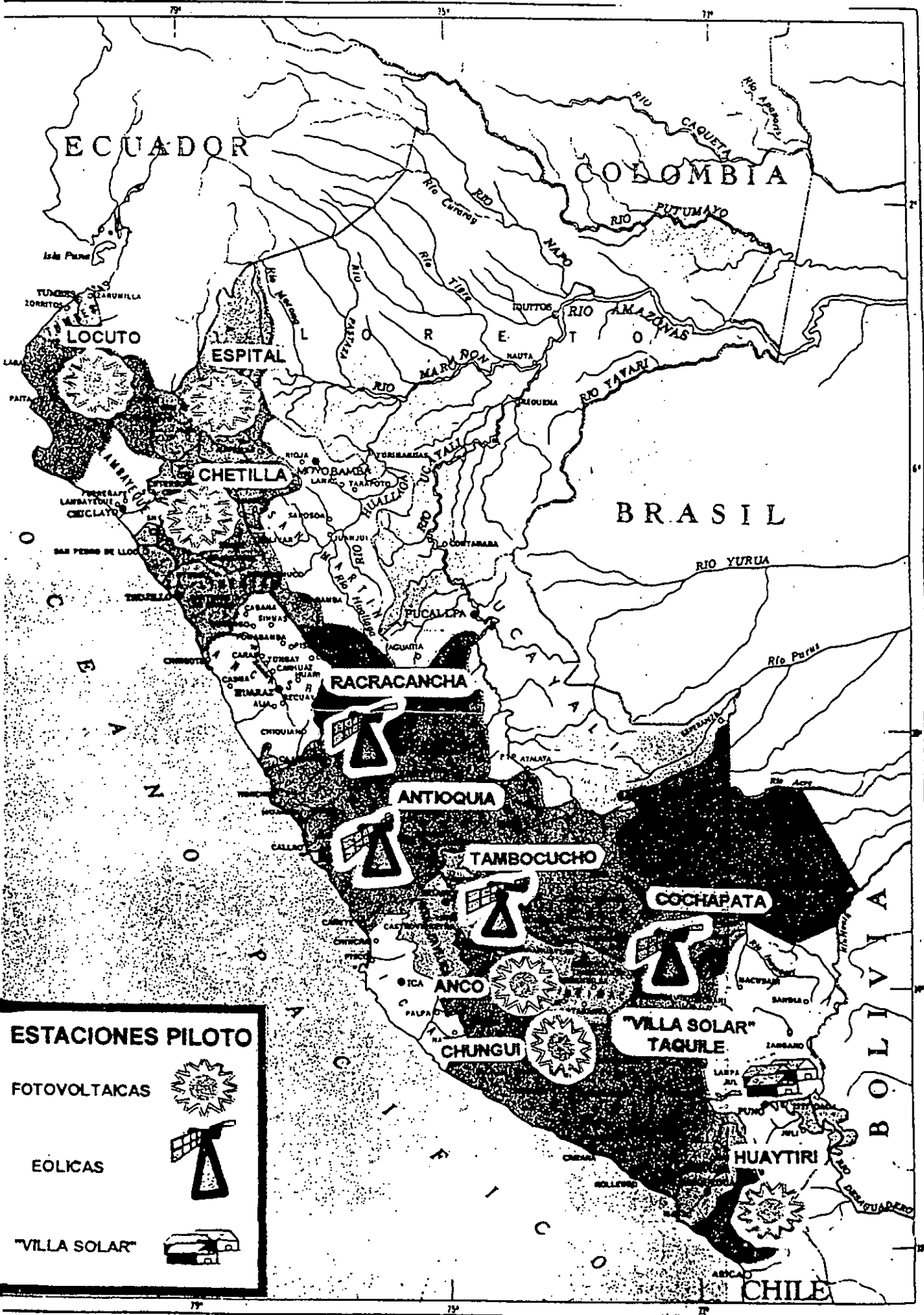
FASE PERSUASIVA

OBSTACULO	INSTRUMENTO
Ignorancia	Información
Escepticismo	Demostración
Falta de recurso tecnológico	Apoyo técnico
Falta de recurso financiero	Apoyo financiero

FASE COERCITIVA

OBSTACULO	INSTRUMENTO
Anarquía en el mercado	Estandarización y normalización
Falta de incentivos	Política tarifaria y fiscal
Reticencia o terquedad	Reglamentación y legislación





ECUADOR

COLOMBIA

BRASIL

BOLIVIA

CHILE

ESTACIONES PILOTO

FOTOVOLTAICAS



EÓLICAS



"VILLA SOLAR"



LOCUTO

ESPITAL

CHETILLA

RACRACANCHA

ANTIOQUIA

TAMBOCUCHO

COCHAPATA

ANCO

CHUNGUI

"VILLA SOLAR"
TAQUILE

HUAYTIRI

TUNCES
ZORRITOS

LAMBAYEQUE
CHICLAYO

SAN PEDRO DE LLOCO

TRUJILLO

CHIBOTE

CHIMOTE

MOQUEGUA

CALLAO

PISCO

AREQUIPA

AYACUCHO

WASHINGTÓN

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

MOYOBAMBA

YANAHUAS

CHICLAYO

TRUJILLO

AREQUIPA

AYACUCHO

WASHINGTÓN

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

AYACUCHO

AREQUIPA

7°

6°

5°

4°

3°

78°

75°

72°

77°

74°

71°