85
29

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA POR MEDIO SOLAR

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

AURELIO OLIVERA CASTAÑEDA
ESPIRIDION MARTINEZ DIAZ
GABRIEL VILLARREAL CASTILLO
JUAN ESTEBAN SANTIAGO PADILLA
MARIO ESTRADA REYNOSO
RAUL GALICIA DIAZ

DIRECTOR DE TESIS

ING. J. V. LEDUC RUBIO

MEXICO, D. F. 1987

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

PAGINA.

DEDICATORIAS.

AGRADECIMIENTOS.

RECONOCIMIENTOS.

INTRODUCCION. 1

CAPITULO I. GENERACION ELECTRICA MEDIANTE ENERGIA SOLAR. 3

Aspectos Generales. 3

Energía Solar. 8

Instrumental de Medición. 9

Distribución Geográfica de Radiación Solar en el País. 16

Captadores Solares. 18

Sistemas de Orientación. 21

Energía Eólica. 26

Condiciones de Eolicidad en la República Mexicana. 29

Medición de la Velocidad del Viento. 37

Máquinas Conversoras de Energía Eólica. 40

Cantidad de Energía que puede ser extraida del Viento. 43

Energía Mareomotriz. 47

Energía de la Biomasa. 48

Energía de las pequeñas caídas de Agua. 50

PAGINA.

CAPITULO II. SISTEMAS PARA GENERAR CON ENERGIA SOLAR. 52

Sistemas Directos. 53

Convertidores Fotovoltaícos. 53

Convertidores Fototérmicos. 57

Convertidores Fototiomicos. 59

Sistemas Indirectos. 60

Producción Fotoquímica de Electricidad. 63

Estanques Solares. 65

CAPITULO III. DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACION SOLAR. 68

Localización Geográfica. 69

Elementos. 81

Paneles Fotovoltaícos. 81

Baterías. 82

Convertidores AC/DC (Inversores). 87

Reguladores. 89

Transformador. 90

Diseño de la Carga Eléctrica. 91

Cálculo Eléctrico del Generador Solar. 104

Mantenimiento. 108

Telefonía Rural. 109

CAPITULO IV. OTROS METODOS COMBINADOS CON LA ENERGIA SOLAR. 111

Justificación. 111

PAGINA.

Condiciones Eólica de la Zona. 112

Selección del Aerogenerador. 119

Sistema de Emergencia. 123

CAPITULO V. APLICACION Y EJEMPLOS. 124

Rediseño. 124

Cálculo Económico. 129

CONCLUSIONES. 134

APENDICE. 137

BIBLIOGRAFIA. 138

I N T R O D U C C I O N

Las condiciones del sector energético mundial, han obligado a las naciones a desarrollar estrategias que permitan la transición de la era de los hidrocarburos a otras fuentes de energía. Estas otras fuentes son las denominadas fuentes renovables, las cuales representan la alternativa para la generación y utilización de energía en forma significativa, de tal manera que se complementen y que a la postre substituyan en gran medida a los recursos petroleros que actualmente se utilizan.

México es un país que utiliza en su gran mayoría el petróleo como fuente primaria y aunque cuenta con combustibles fósiles, debe establecer una política energética enfocada hacia las fuentes renovables; de hecho existe una diversificación en cuanto a las fuentes primarias de energía como son plantas de almacenamiento de agua, carbón, fuentes naturales de vapor de agua, etc. Pero que aún no llegan a representar una solución viable a la problemática energética.

Además, debido a la distribución de la población en el territorio nacional, se presentan grandes problemas para el abastecimiento de energía a zonas rurales, ya que por su lejanía de las líneas de transmisión, falta de infraestructura, carencia de mano de obra calificada y el bajo número de usuarios potenciales,

hacen poco rentable la dotación de energía de estas poblaciones, por lo que difícilmente dispondrán de este servicio a partir de las fuentes y vías de distribución convencionales.

CAPITULO I

GENERACION ELECTRICA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES

ASPECTOS GENERALES.

La principal fuente de energía del planeta es el Sol, el cual suministra a la Tierra cerca de 173 billones de kilowats, es decir, 30 000 veces el consumo total de los países industrializados. Esta energía llega continuamente a la Tierra en forma de radiación infrarroja, ultravioleta y luz visible. Sin embargo, el 30% de esta energía se refleja al espacio exterior en forma de radiación de onda corta y el 47% se refleja en forma de radiación de onda larga. El 23% restante se acumula en el planeta, principalmente en forma de calor en el agua de los mares y provoca la evaporación y precipitación pluvial además de cambios climatológicos que mantienen al planeta a una temperatura anual promedio de 20°C. Una fracción ínfima de la energía solar (el 0.02%) conduce a la fotosíntesis, proceso por el cual las plantas fijan el bióxido de carbono de la atmósfera para sintetizar carbohidratos. Los combustibles fósiles representan la acumulación, durante 600 millones de años, de la energía solar almacenada en materiales orgánicos.

Si no existiera atmósfera, la cantidad de radiación solar que llegaría a la Tierra, dependería únicamente del ángulo de in-

cidencia de los rayos del Sol y de la duración del día; ambos - factores varían en el año y con la altitud.

En realidad, la atmósfera terrestre no puede ser ignorada, ya que la radiación solar fuera de la atmósfera alcanza un valor de 1 400 Watts/m^2 pero durante su paso a través de la atmósfera- esparcialmente absorbida y reflejada en forma difusa por el aire, vapor de agua, polvo y las nubes, aunque se produce una pérdida- considerable por irradiación al espacio, una parte importante - alcanza a la superficie terrestre en forma de radiación difusa - de onda larga. La proporción de esta radiación, en el total de- radiación recibida, varía marcadamente con la altitud solar, el- contenido del polvo, humedad de la atmósfera, cantidad y tipo de nubes.

De aquí surge la necesidad de investigar y aplicar las mencionadas fuentes renovables como son la energía proveniente del- sol en forma directa o en sus formas indirectas como son las - energía del viento y de la biomasa, además de la energía de las- pequeñas caídas de agua y de la mareomotriz, que representan hoy en día las mejores posibilidades de aplicación en países que, como México buscan satisfacer la creciente demanda de su población, y para las que se tiene la tecnología y los recursos humanos suficientes.

Uno de los primeros pasos para el desarrollo de sistemas con este tipo de fuentes renovables consiste en diseñar e implementar proyectos piloto para estudiar su comportamiento y factibilidad. En este caso en particular se plantea el diseño de un sistema híbrico basado en la energía solar y eólica.

Con esta finalidad el estudio realizado en el presente trabajo muestra el estado en que se encuentran actualmente las diversas fuentes de energía renovables, haciendo énfasis en las fuentes solar y eólica.

Posteriormente, en base en lo anterior se realiza el diseño del sistema antes mencionado, así como sus características de funcionamiento y operación.

Finalmente se indican una serie de conclusiones, así como sugerencias basadas en el trabajo realizado, que se puedan tomar como puntos de apoyo en el futuro.

En general se piensa que la intensidad de radiación solar aumenta con la altitud, ciertamente a mayor altura la longitud de la trayectoria de los rayos solares en cualquier distancia cenital se reduce, y por lo tanto, la pérdida de energía solar por irradiación de la atmósfera al espacio es menor.

La energía solar radiante, está compuesta por varias clases de energía, que se distinguen entre sí por la magnitud de su respectiva longitud de onda, las que más interesan desde el punto de vista de este trabajo en orden decreciente de longitud de onda son: La infrarroja, luminosa y ultravioleta, de ellas el Sol emite en mayor cantidad energía luminosa, siendo también luz la que en mayor cantidad se recibe en el límite exterior de la atmósfera, debido a su alta temperatura, si su temperatura fuera comparable a la de la Tierra, entonces radiaría principalmente energía calorífica.

En el interior de la atmósfera la energía radiante de ciertas longitudes de onda, está sujeta a efectos de dispersión, refracción e inclusive absorción, particularmente la de aquellas que bien puede llamarse letales, como son la ultravioleta y la infrarroja.

La cantidad total de energía que se recibe por unidad de superficie y de tiempo en la superficie de la Tierra, llamada insolación, y que está principalmente compuesta de luz, es parcialmente absorbida por la Tierra, parcialmente, porque como ya se indicó en las nubes, la superficie terrestre refleja una parte de ella, según sea su naturaleza, por ejemplo: la nieve de 80% a 90% de la energía incidente, la superficie acuosa refleja sólamente el 40%, la arena entre 10% y 20%, los bosques y tierras cultivadas alrededor del 5%. Lo importante de la energía inci--

dente que es absorbida por la superficie del planeta, es que es-vuelta a irradiar, pero dada la baja temperatura de la superfi--cie terrestre, su radiación no será luminosa sino calorífica.

El sol, como causante directo de muchos fenómenos meteorológicos, es también causante de la existencia de los vientos, - aunque no es el causante único.

Los vientos que por siglos han impulsado embarcaciones y - los molinos de viento, son generados por la rotación de la Tie--rra y el desplazamiento ascendente y descendente de masas de aire al ser calentadas por el Sol.

Los movimientos del aire se originan como una consecuencia de las diferencias de la presión atmosférica en la superficie - del globo terrestre; según la ley de Buys Ballot los vientos soplan de las zonas de alta presión en dirección a las de baja presión; de acuerdo con la ley de Stephenson, la velocidad de ese - movimiento de traslación está en razón directa a la diferencia - de presiones entre las áreas donde se origina la corriente de - aire y a la que se dirige.

El movimiento o circulación de la atmósfera con resultados de desigual calentamiento en la Tierra, es profundamente influída por el efecto de rotación de la Tierra, el cual es alrededor-de 1 600 km/h en el Ecuador, decreciendo a cero en los polos y -

por la proporción de la Tierra con respecto a áreas de mar, localización de continentes y zonas montañosas.

ENERGIA SOLAR.

La energía que genera el Sol es resultado de las reacciones termonucleares en su seno, reacciones que convierten el hidrógeno en helio. Esta energía se propaga desde el núcleo hacia la superficie del sol de tal modo que, cuando es emitida al espacio interplanetario tiene una distribución espectral en el cual el máximo está situado en el centro del espectro visible (que es el detectado por el ojo humano), éste se prolonga desde 3 a 4 micras aproximadamente de longitud de onda.

La radiación del espectro del Sol se encuentra dividido en tres zonas: la primera, la ultravioleta, que se manifiesta en las longitudes de onda más pequeñas, donde es absorbido casi en su totalidad por una capa atmosférica que va de los 20 a 35 km. de altura, quedando dentro de esta zona el ozono; la segunda, la infrarroja localizada en la parte derecha del espectro, ésta es absorbida por gases entre los que se encuentra ozono, vapor de agua y bióxido de carbono como los más importantes y por último la zona del espectro visible en la posición central, aportando la mayor cantidad de energía del sol, teniendo en cuenta la presencia de partículas neutras así como las cargadas eléctricamente (iones) en la atmósfera, las que no permiten el paso directo-

de dicha energía.

La intensidad solar varía con respecto a la localización - geográfica, hora del día, estación del año, cantidad de nubes y- polvo en la atmósfera. Esta es medida comúnmente en langléys(Ly) por minuto, un langley equivale a una caloría de energía de ra-- diación por centímetro cuadrado.

INSTRUMENTOS DE MEDICION.

La energía solar recibida en el espacio exterior de la tie- rra sobre la atmósfera es comúnmente llamada constante solar - equivalente a 2 cal/cm^2/min, partiendo de ésta se puede estimar- en forma aproximada durante un período de tiempo o en cualquier- momento la cantidad de radiación solar.

La forma de medición directa es más veraz, y los metereólo- gos han tenido activados instrumentos perfeccionados, registran- do radiaciones solares durante algunas décadas. Los instrumen-- tos para medición y registro de la energía solar se clasifican - en: los que dan lecturas instantáneas, los que miden la radia- - ción total y por último los de radiación directa.

Las mediciones son realizadas en tres tipos de superficie: horizontal, vertical o inclinada dependiendo del instrumento uti- lizado. Para llevar a cabo ésta, es necesario tomar lecturas -

termoeléctricas al incrementarse la temperatura del sensor solar y calorimétricas directas.

Los instrumentos más importantes, utilizados con el objeto de medir la cantidad de energía que llega a la superficie terrestre son los siguientes: pirheliómetros y piranómetros, por medio de los cuales se miden la radiación directa, difusa y global en la zona en la que se realizan dichas mediciones. Estos instrumentos cuentan con elementos sensores (termopilas), los cuales con el paso del tiempo pueden variar sus características, siendo necesario determinar periódicamente su constante de calibración. El método de calibración tradicionalmente utilizado es el llamado método de comparación, para llevarlo a cabo debe tenerse un pirheliómetro de referencia que cuenta con las siguientes características: alta precisión validada internacionalmente, este instrumento sólo debe ser utilizado durante las calibraciones anuales así como la calibración internacional efectuada cada cuatro años. La calibración debe efectuarse en condiciones metereológicas que garanticen una intensidad de radiación la cual no presente variaciones detectables actinométricas dentro del área de observación.

La respuesta del pirheliómetro la da en unidades de corriente eléctrica (mA), estos valores son convertidos en intensidad de radiación de la forma siguiente:

$$Io_A = Ko_A \ (i)^2 \ ; \ [cal/cm^2/min] \qquad (1)$$

donde:

$$\bar{I}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{6} i_j^{(I)} \ i_j^{(D)} \ ; \ [(mA)^2]$$

ko_A = [cal/cm^2/min/(mA)^2] = Constante de calibración del pirheliómetro de referencia.

$i_j^{(D)}$, $i_j^{(I)}$ = La señal del pirheliómetro de referencia correspondiente a la termopila (dato de laboratorio).

Intensidad de radiación directa medida por el pirheliómetro a calibrar.

$$I_{ph} = \frac{\bar{L}}{k_{ph} \ [\ 1-0.002(\bar{T} - 20) \ ]} \qquad (2)$$

donde:

$$\bar{L} = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} D_j \ ; \ [mV]$$

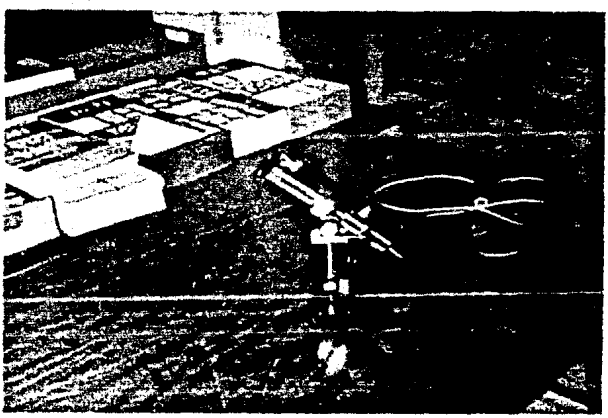
$$\bar{T} = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} T_j \ ; \ [°C]$$

y kph, la constante de calibración a determinar.

Si dentro del área de calibración no hay diferencias en la

intensidad de la radiación solar, debe cumplirse. $I_A = I_{ph}$. Por tanto igualando (1) con (2) y despejando k_{ph} se tiene:

$$K_{ph} = \frac{\bar{L}}{I_{oA}\ [\ I-0.002(\bar{T} - 20)\ ]}$$



Pirheliómetro

Para el piranómetro la calibración se realiza de la siguiente manera: durante dos minutos se registra radiación global a continuación se interpone entre el sol y el sensor una pantalla que proyecta sombra a éste último, eliminando la componente-

de radiación directa durante este tiempo, después, se vuelve a - registrar radiación global durante dos minutos más. Cuando es-- tos sensores están conectados a graficadores, la gráfica que se- obtiene tiene la forma de una muesca en el registro de radiación global, cuya profundidad es proporcional al valor de la radia- - ción directa.

Los resultados obtenidos se procesan de la siguiente forma:

$$\bar{G}_1 = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{4} Gj \; ; \; [mV]$$

$$\bar{d} = \frac{1}{4} \sum_{j=5}^{8} dj \; ; \; [mV]$$

$$\bar{G}_2 = \frac{1}{4} \sum_{j=9}^{12} G_j \; ; \; [mV]$$

$$\bar{G} = \frac{1}{2} (\bar{G}_1 + \bar{G}_2) \; ; \; [mV]$$

Si kpr es la constante de calibración del piranómetro en cuestión, entonces la intensidad de la radiación global (I_G) y de la radiación difusa (I_d) se obtienen de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$I_G = \frac{\bar{G}}{kpr} \qquad (4)$$

$$I_d = \frac{\bar{d}}{kpr}$$

Si por I_D representamos la intensidad de la radiación directa se tiene.

$$I_G = I_D \cos Zo + I_d \qquad (5)$$

Donde Zo es el ángulo zenital, el cual depende del momento de la observación, de la latitud del lugar y de la época del año. Por tanto se tiene, despejando I_D de la ecuación (5).

$$I_D = \frac{1}{\cos Zo} \left[I_G - I_d \right] \qquad (6)$$

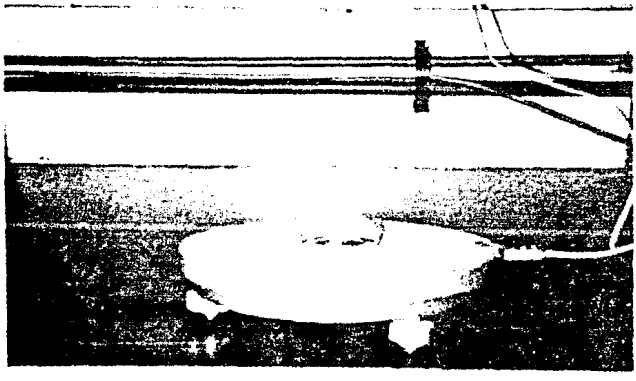
Igualando la ecuación (6) con la ecuación (1), substituyendo en la ecuación (4) y despejando kpr obtenemos.

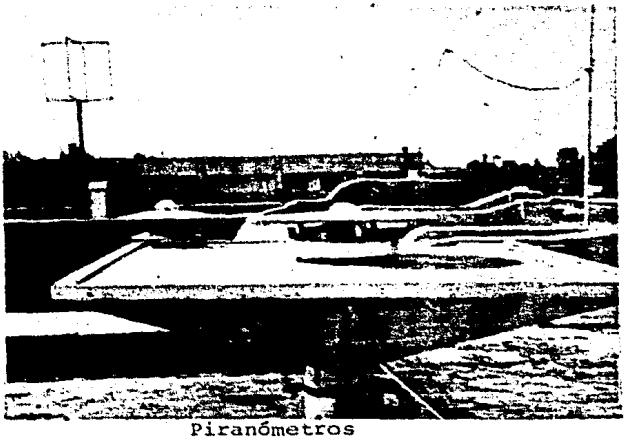
$$Kpr = \frac{1}{I_{oA} \cos Zo} \left[\bar{G} - \bar{d} \right] \qquad (7)$$

El ángulo zenital se calcula de la siguiente manera.

$$\cos Zo = \operatorname{sen}\varphi \operatorname{sen}\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$

Donde es la latitud del lugar en el cual se llevaron a - cabo las observaciones, la declinación media del día, T el período de rotación de la Tierra y t es la hora de la observación- contado a partir del medio día.



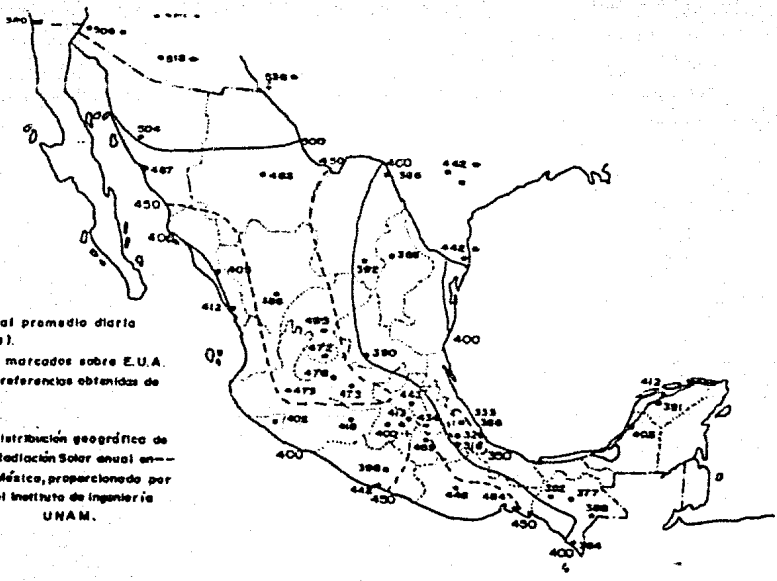


Piranómetros

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE RADIACION SOLAR EN EL PAIS.

Considerando que más de la mitad del territorio mexicano - recibe 400 Lt/día en el año, lo convierte en un país donde el - uso de la energía solar representa una fuente importante de energía en la actualidad, como se ilustra en la siguiente figura, se tiene un mapa de la República Mexicana en donde se marca la radiación solar anual sobre una superficie horizontal, donde aproximadamente el 70% del territorio recibe más de 400 Ly/día en el año, siendo las zonas de mayor concentración de energía del norte de Sonora y Chihuahua, presentando una incidencia mayor de - 500 Ly/día en el año.

Existen otras dos regiones con más de 400 Ly/día en el año, la primera comprende los estudios de Durango, Zacatecas, Aguascalientes, la mayor parte de Guanajuato y Jalisco, la segunda comprende una parte del estado de Puebla y Oaxaca.

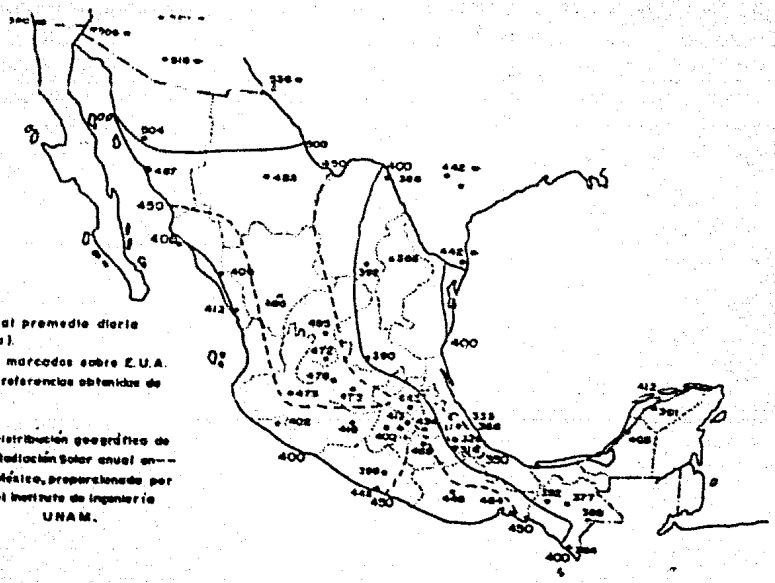


ANUAL

Radiación total promedio diaria (Langleys/día).

• Los valores marcados sobre E.U.A. se tomaron de referencias obtenidas de ese país.

Mapa [redacted].- Distribución geográfica de Radiación Solar anual en México, proporcionado por el Instituto de Ingeniería UNAM.



ANUAL

Radiación total promedio diario (Langleys/día).

* Los valores marcados sobre E.U.A. se tomaron de referencias obtenidas de esa país.

Mapa [redacted].- Distribución geográfica de Radiación Solar anual en México, proporcionado por el Instituto de Ingeniería UNAM.

CAPTADORES SOLARES.

La radiación solar puede ser captada en dos formas para - producir altas temperaturas: primero, si se tiene una superficie captadora con una o varias cubiertas de vidrio o plástico transparente a la luz solar, el segundo por enfoque de la radiación - solar desde una gran área hacia un observador de menor área.

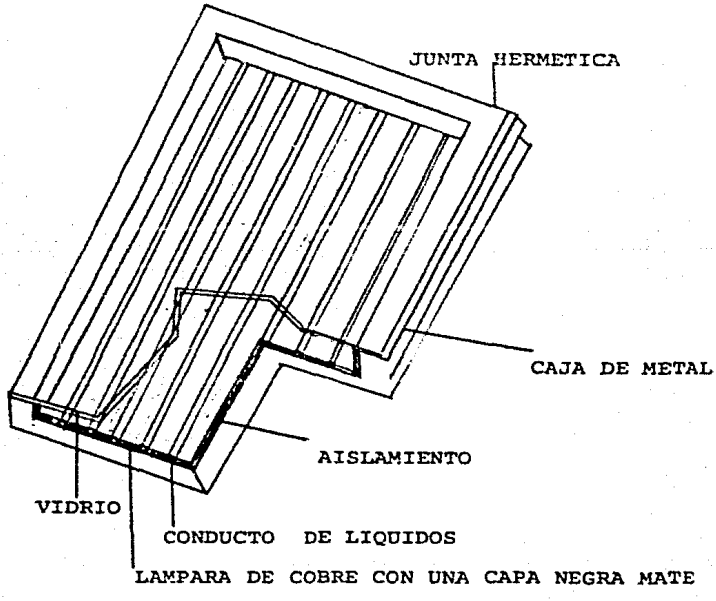
Los captadores solares se clasifican en: captadores planos y captadores de enfoque. El captador plano está hecho usualmente de acero, cobre o aluminio el que pintado de negro mate o se- le apliquen diversos óxidos para concentrar la energía, la superficie receptora deberá ser lo más obscura como sea posible, para que pueda absorber alrededor del 95% de la radiación y solamente refleje una mínima cantidad.

Al absorber la radiación, se manifiesta un incremento de - temperatura la que se transfiere en forma de calor a un fluido,- usualmente aire o agua. Al mismo tiempo el captador presenta - pérdidas de calor en su alrededor, por convección, por conduc- - ción y por radiación infrarroja.

El captador puede ser colocado en forma horizontal, verti-- cal o inclinada y está construido de la siguiente manera: la lámina absorbente puede ser colocada en una caja de madera, de - plástico o de un metal muy ligero con el fin de disminuir las -

pérdidas de calor por conducción térmica, y cubiertas con mate-- rial aislante.

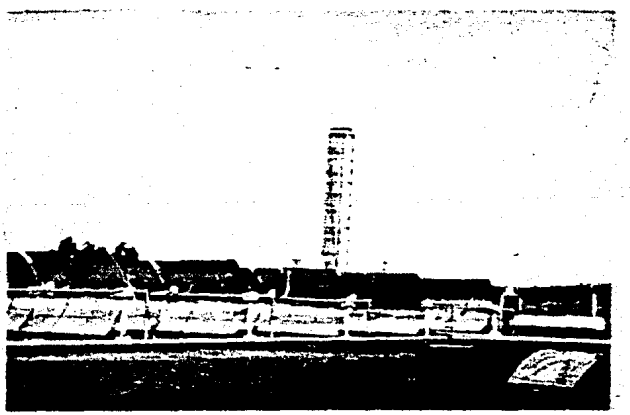
Las cubiertas de vidrio o plástico transportante reducen - las pérdidas de calor por convección y radiación. Cuando son - usados varias cubiertas transparentes, éstas son colocados con - una separación de 1 pulgada entre sí para minimizar la circula-- ción de aire entre las cubiertas y de esta forma se reducen las- pérdidas por convección. A continuación se muestra un captador - plano:



CAPTADOR PLANO

Captador de enfoque: con este captador es fácil obtener temperaturas más altas que las obtenidas con captadores planos, este tipo de captador solamente aprovecha la radiación directa del sol. La radiación solar enfocada con espejos parabólicos circulares logra producir temperaturas arriba de 3500°C dependiendo de la perfección óptica del captador parabólico.

El enfoque puede ser logrado con lentes de vidrio o plástico, también suele contenerse por medio de espejos, de geometría variada, en la siguiente figura se muestra un captador de enfoque.



Colectores Parabólicos

SISTEMAS DE ORIENTACION.

El rastreo del Sol se puede realizar por medio de un mecanismo de relojería, sin embargo, este método solo se puede utilizar en unidades de poca concentración solar, dicho mecanismo mantiene la dirección del Sol así como su ángulo de captación con un cierto margen de error. Para un rastreo más preciso se deben utilizar dispositivos de control que contengan sensores actinométricos. Estos dispositivos se mueven con un desplazamiento de base y los sensores retroalimentan al sistema para corregir errores causados por el viento o por el mecanismo de transmisión, las técnicas empleadas para seguir al Sol se marcan en tres categorías generales.

1. Sistemas en donde el concentrador como el receptor giran.

2. Sistemas en los cuales el concentrador permanece fijo y el receptor se mueve siguiendo el punto o línea focal.

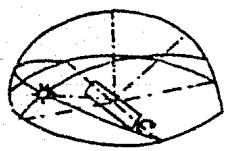
3. Sistemas heliostáticos en los que los espejos se orientan para enfocar la radiación, receptor estacionario.

ORIENTACION SOBRE UN EJE.

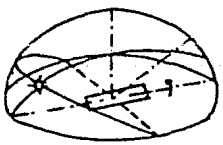
La orientación se puede hacer, siguiendo al Sol de oriente a poniente o puede orientarse hacia el sur, y siguiendo el movi-

miento del Sol sobre el eje Norte-Sur. En ambos casos el eje de rotación del concentrador estará siempre perpendicularmente al - movimiento del Sol y es según ese eje se denomina comúnmente el- colector que rastrea el Sol de Oriente a Poniente, estará monta- do sobre el eje Norte-Sur y viceversa para el otro caso. Si el- eje de un colector montado en la orientación Norte-Sur se incli- na hasta quedar paralelo al eje de rotación de la Tierra se ob-- tendrá la llamada montura polar, la que permite una mayor reco-- lección de energía dentro de esta categoría. A continuación se- ilustran las orientaciones mencionadas.

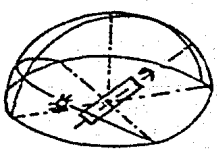
MONTAJES



ORIENTE-PONIENTE



NORTE-SUR



POLAR

Montaje de colectores orientales sobre un eje y su relación con el movimiento solar.

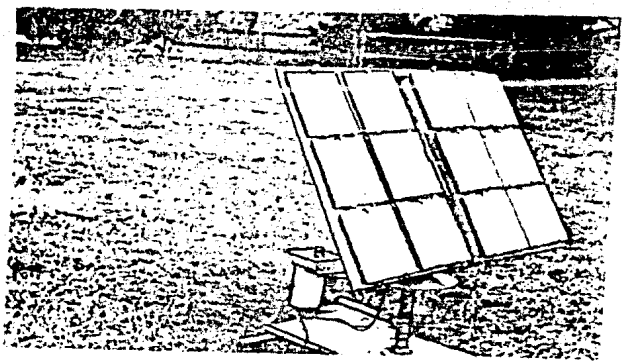
ORIENTACION SOBRE DOS EJES.

Con el fin de obtener fácilmente razones de concentraciones mayores, los colectores deben ser capaces de rastrear el Sol en dos dimensiones, girando sobre dos ejes independientes. Estos son montados usualmente en forma ecuatorial o azimutal. La montura ecuatorial presenta ciertas ventajas ya que el espejo gira sobre un eje paralelo al eje de rotación terrestre, rastreando el movimiento del Sol sobre ese eje.

El cambio de la posición del Sol, significa un máximo de un cuarto de grado al día y este se puede compensar con un ligero ajuste, en el eje de declinación del espejo. Los demás montajes requieren de rastreo activo en los dos ejes, sin embargo, la montura azimutal es más práctica debido a su simpleza mecánica conteniendo eje vertical y eje horizontal.

ORIENTACION POR MEDIO DE HELIOSTATOS.

A continuación se presenta un sistema heliostático automático constituído por: páneles solares, receptor solar, unidad de memoria (cabeza rastreadora), control electrónico, motor de manejo de paso, unidad de manejo y espejo rastreador.



Para iniciar el funcionamiento del sistema, el conjunto se monta en el sentido azimutal, el reflejo del espejo rastreador - deberá apuntar a la avertura del receptor solar, el que captará- cualquier movimiento del haz de luz que le incide, posteriormente cambiará al modo automático y la unidad de memoria grabará el dato. Si el ángulo de incidencia cambia, la memoria origina una señal que al ser captada por la unidad electrónica, ésta manda - una señal a los motores para que el panel gire así como el reflejo del espejo rastreador se coloque nuevamente en la avertura - del receptor solar.

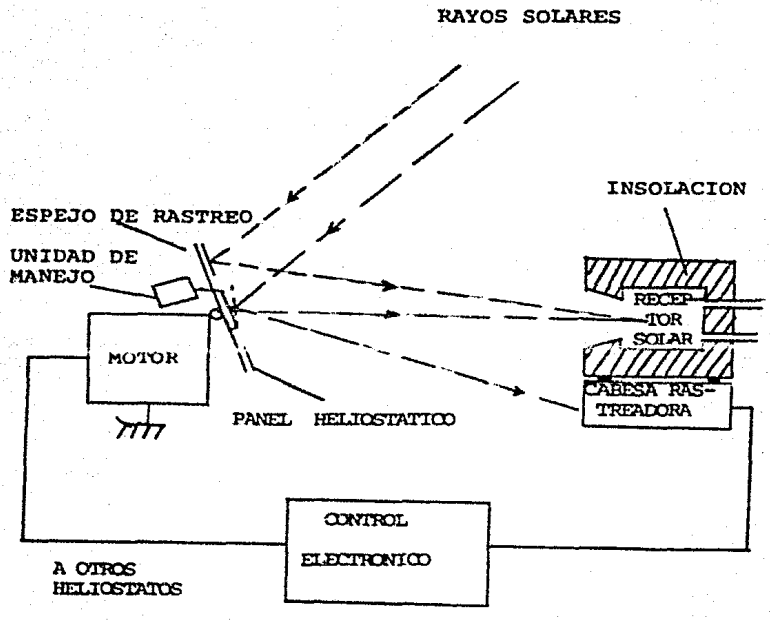
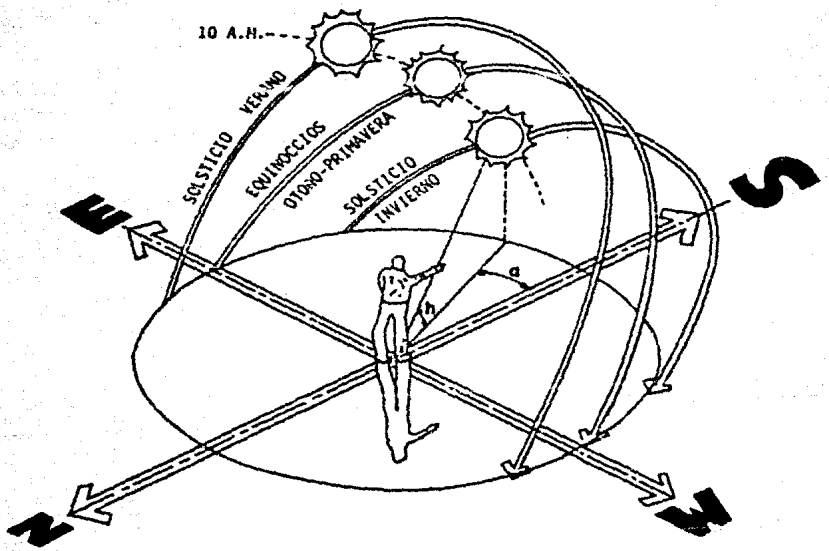


DIAGRAMA A BLOQUES DEL SISTEMA

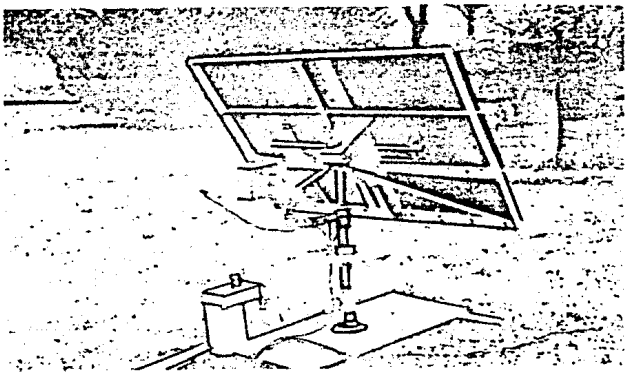
Para los días nublados, la cabeza rastreadora recabará datos del día anterior logrando de esta manera el rastreo y como consecuencia la mayor incidencia de los rayos solares sobre los páneles. El sistema cuenta con una veleta dándole estabilidad debido a efectos de viento, cuenta con dos motores uno para el movimiento horizontal y otro para el vertical.

RUTA DEL SOL SOBRE EL HORIZONTE



RECORRIDO Y POSICION DEL SOL DE ACUERDO
A LAS ESTACIONES DEL AÑO.

El sistema de heliostatos cuenta con un reloj electrónico, cuyo propósito es de dar una temporización al control electrónico, para que durante el transcurso de la noche el heliostato regrese a su posición original.



ENERGIA EOLICA.

La energía útil de los vientos es proporcional al cubo de su velocidad. Así, las zonas de mayor latitud como Escocia son las que más pueden beneficiarse con este recurso. Sin embargo, nuestro país cuenta con zonas muy favorables para aprovechar la energía de los vientos como "La Ventosa" del estado de Oaxaca, donde se alcanza velocidades de 20-25 km/h, y es posible insta--

lar sistemas de aerogeneradores de alta capacidad de generación. En general, las zonas de la República donde puede aprovecharse - más la energía eólica son en las planicies cercanas a las costas. A pesar de no contar con una política general respecto al aprove-- chamiento de esta fuente, se ha desarrollado una industria local de producción doméstica de aerogeneradores y aerobombas. Por - otra parte, el Instituto de Investigaciones Eléctricas está elaborando un atlas eólico de la República Mexicana en colaboración con el Servicio Metereológico Nacional, con el fin de conocer el comportamiento del viento en nuestro territorio.

El futuro de la energía eólica como fuente de generación - eléctrica depende de una serie de factores técnicos y políticos, así como de los precios de los combustibles.

De éstos, los factores técnicos son los que hasta ahora se manifiestan más claramente. Los sistemas conversores de energía eólica son técnicamente factibles y existe toda una rama indus-- trial que diseña, construye, vende y opera estos sistemas.

Podemos decir que el desarrollo de los sistemas converso-- res de energía eólica cubre dos generaciones. La primera, en la que se desarrollaron pequeños sistemas aplicados a cubrir necesi- dades aisladas y la actual, en que se construyen eficientes má-- quinas de avanzado diseño aerodinámico aplicadas en la implemen- tación de grandes centrales eoloeléctricas.

CONDICIONES DE EOLICIDAD EN LA REPUBLICA MEXICANA.

Para la mejor comprensión del mecanismo que rige a los vientos que afectan el territorio marítimo y emergido, vecino de la República Mexicana se muestran las figuras 1 y 2 de la situación general de la atmósfera referida al esquema mundial del régimen de vientos y lluvias.

Las calmas ecuatoriales no tienen influencia en la circulación atmosférica de México, en cambio aproximadamente a los 30° de latitud en ambos hemisferios, existe una faja llamada anticiclónica donde, en lo general, no hay movimientos importantes de aire y se caracteriza la zona por la presencia de calmas.

Tampoco actúan en forma directa en nuestro país las depresiones polares que se localizan a los 60° de latitud en ambos hemisferios.

En la zona anticiclónica del hemisferio Norte, los vientos hacia el Sur, que por efecto de la rotación de la Tierra, toman la dirección NE, se manifiestan en la baja atmósfera y recibe el nombre de Alisios, que significa regulares o constantes. Al llegar a las zonas de calma ecuatoriales, sufren una inversión, se dirigen hacia el Norte, ya en la alta atmósfera, para llegar a la zona anticiclónica, donde una nueva inversión los convierte en vientos rasantes hasta las zonas de las depresiones polares.

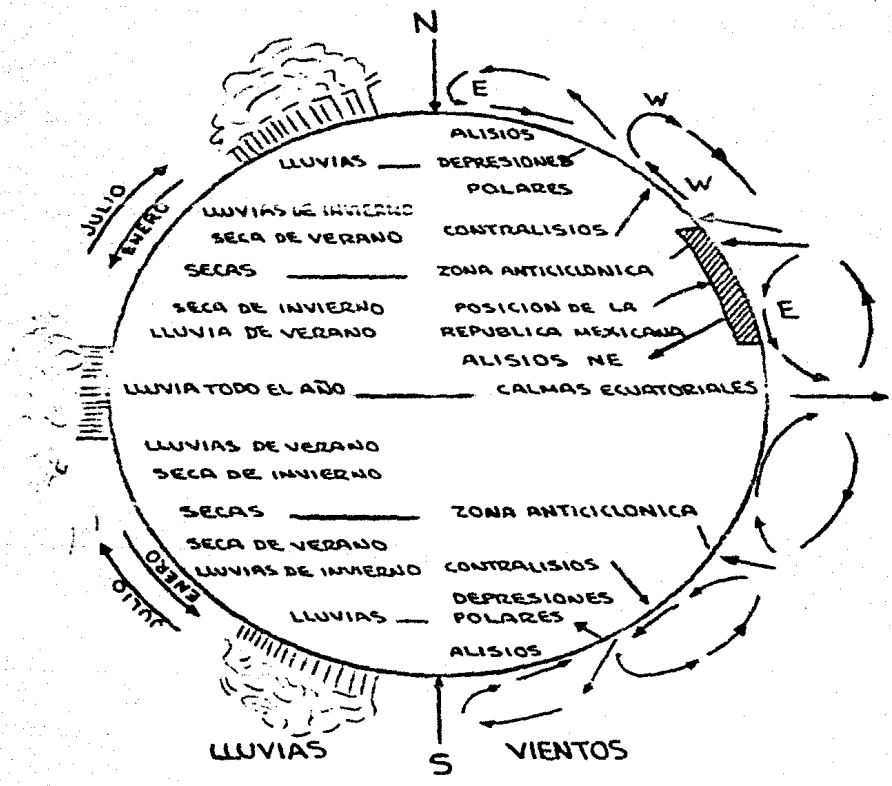


FIG. 1.- ESQUEMA MUNDIAL DEL REGIMEN DE VIENTOS Y LLUVIAS.
(TOMADO DE CLIMATOLOGIA DEL DR. PEDRO CARRASCO).

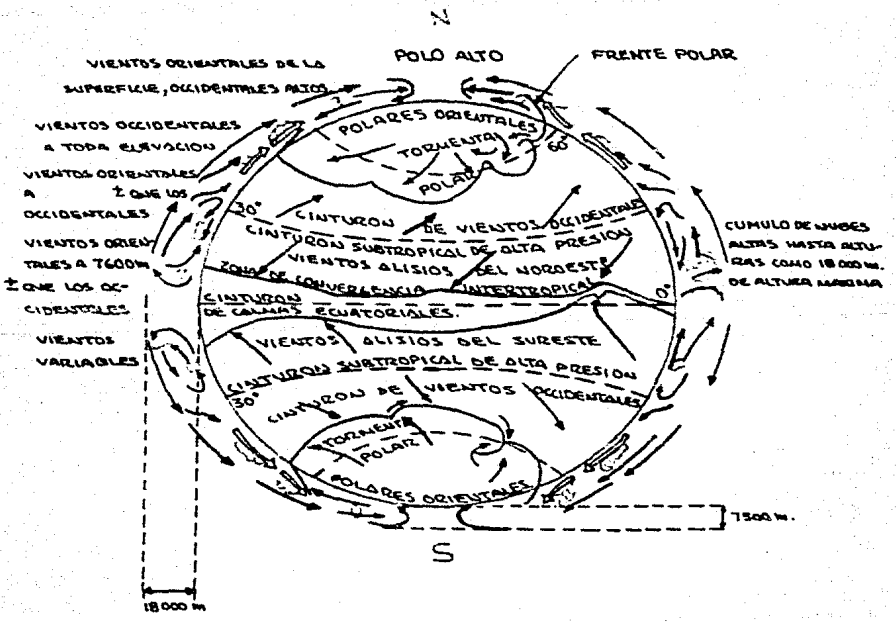


FIG.2.- CIRCULACION DEL VIENTO EN EL MUNDO

Se puede afirmar que el régimen de vientos en la República Mexicana está influido por las masas de aire del Océano Atlántico, las masas de aire del Océano Pacífico y las masas de la alta atmósfera.

La influencia de las masas del Océano Atlántico puede explicarse por el hecho de que durante los meses correspondientes a la primavera y el verano, la superficie oceánica se calienta más lentamente que las superficies continentales, provocando vientos costeros de tipo monzónico y un centro de máximas que se localiza en las cercanías de las islas Azores.

Desde allí se originan los vientos Alisios, que cruzando todo el Océano Atlántico mueven las masas de éste, calientes y cargadas de humedad. Cuando el centro de máximas se ha movido hacia el Oeste queda sobre la superficie continental, en las cercanías de Manitoba Canadá, debido a ello, durante esas épocas se le conoce con el nombre de centro de máximas de Manitoba; las masas que llegan a nuestro país desde este centro de máximas cruzan una pequeña superficie oceánica, pero en su mayor parte atraviezan áreas continentales y carecen de toda humedad.

Por lo que hace a la influencia de las masas de aire del Océano Pacífico del Norte, las corrientes de aire que las empujan se generan en latitudes superiores a la nuestra, con una dirección clara y bien marcada de Oeste a Este y Sureste, por efec-

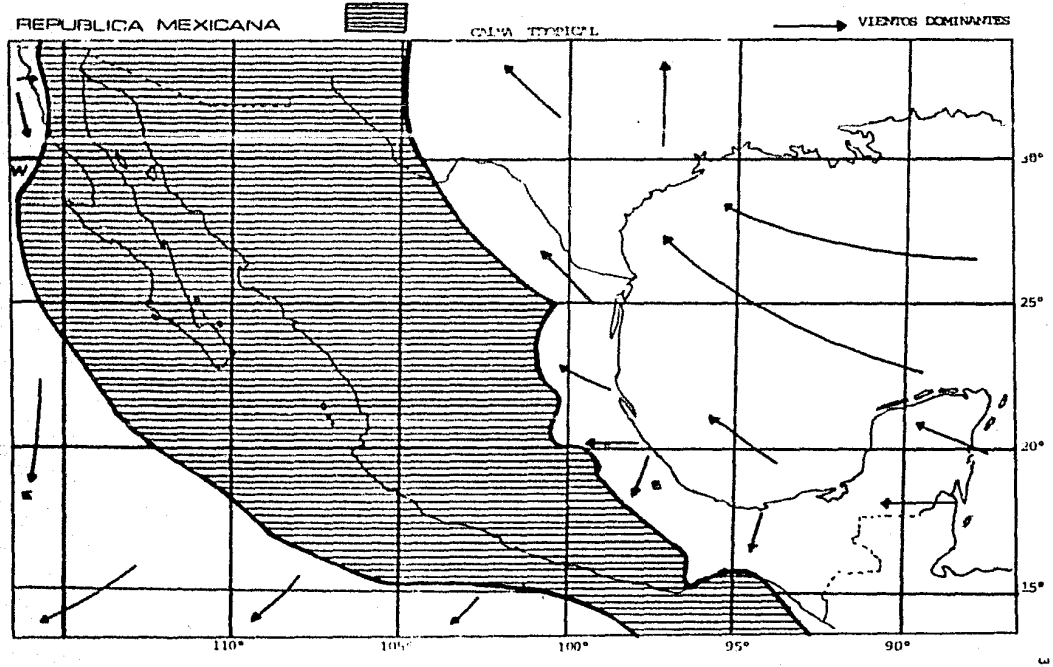
to de la rotación de Tierra se desvían aún más hacia el Sureste- e influyen en la parte Noroeste de nuestro país. Como en la mayor parte del año atraviesan la superficie continental de los - E.U. esa corriente es seca, caliente en verano, fría en invierno y no provoca lluvias.

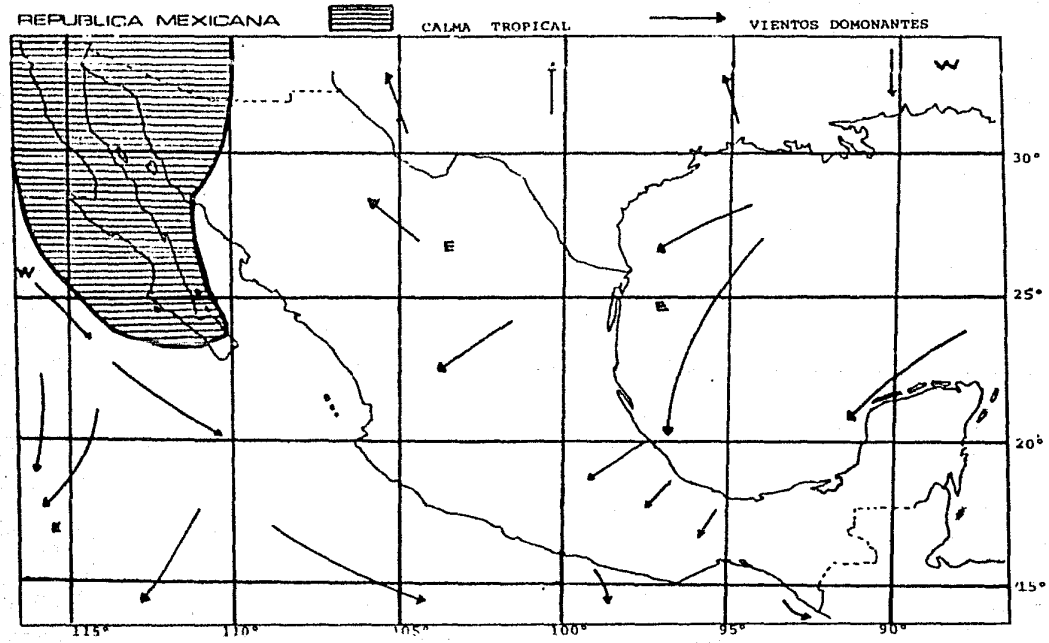
A lo largo del litoral del Pacífico, del cabo Corrientes - hasta Centro América actúa un régimen del monzón que produce lluvias en la planicie costera y vertiente Sur de las serranías, de mayo a octubre.

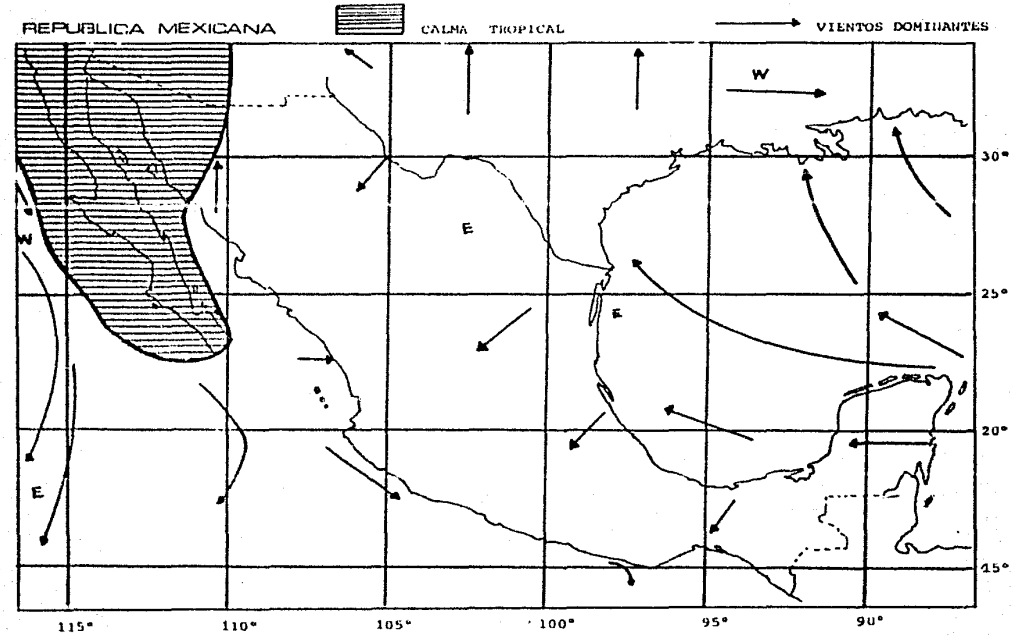
La masa de aire polar y la de alta atmósfera penetran en - nuestro país por el Norte, constituyendo un frente polar que por coincidir con la acción de la masa de aire del Pacífico, con frecuencia se confunde con ésta.

Los estudios modernos han hecho destacar la importancia de los frentes, superficies de contacto de las masas de aire en movimiento, que al recorrer sus respectivas trayectorias conservan las características originales del centro donde se formaron y - que influyen fuertemente en las modificaciones de las condicio-- nes climáticas de las zonas que atraviesan.

Las siguientes láminas, preparadas por el Dr. Jorge Vivo,- muestra el movimiento de las masas de aire y de los frentes en - las diferentes estaciones del año, así como la trayectoria de - los ciclones que afectan nuestro país.


REPUBLICA MEXICANA
CAPA TOPICAL
VIENTOS DOMINANTES
30°
25°
20°
15°
110°
105°
100°
95°
90°


REPUBLICA MEXICANA
CALMA TROPICAL
VIENTOS DOMONANTES
W
E
E
W
E
30°
25°
20°
15°
115°
110°
105°
100°
95°
90°


REPUBLICA MEXICANA
CALMA TROPICAL
VIENTOS DOMINANTES
W
E
E
W
E
30°
25°
20°
15°
115°
110°
105°
100°
95°
90°

MEDICION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

Cuando la medición de la velocidad del viento va ha ser utilizado para determinar su energía cinética en un período determinado, las mediciones tienen que ser contínuas y se requieren instrumentos precisos que registren tanto la velocidad del viento como su dirección. Estos instrumentos son el Anemómetro que registra gráficamente la velocidad del viento y el Anemoscopio que registra también gráficamente, los cambios en la dirección del viento. Por normas metereológicas estos instrumentos se deben situar como mínimo a diez metros sobre el suelo. A esta altura la energía eólica es similar en magnitud a la densidad de energía solar recibida en un período de 24 horas.

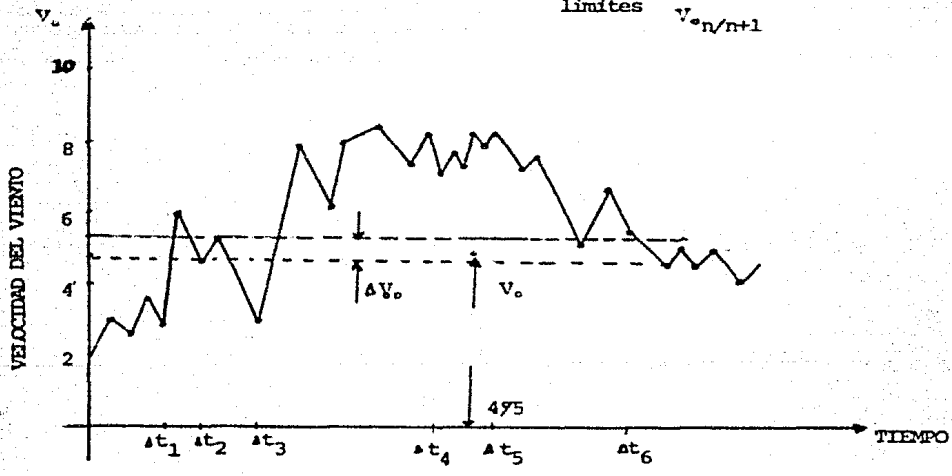
De este modo las instituciones encargadas del manejo y evaluación meteorológicas proporcionan al investigador el anemograma de velocidad del viento, el cual procesado adecuadamente, servirá para justificar o descartar la implementación de instalaciones eólicas para distintos usos.

México cuenta con una red metereológica, integrada por 87 observatorios metereológicos y 3480 estaciones climatológicas distribuidas en el territorio nacional, de esta red sólo la información de los observatorios es confiables respecto al viento para proporcionar un panorama a nivel nacional de la distribución de este recurso energético.

V_o 4/S = magnitud de una velocidad

v_o= incremento de velocidad

t = intervalo de tiempo durante el cual la velocidad se mantiene entre los limites $v_{o_{n/n+1}}$



CURVA DE DISTRIBUCION DEL VIENTO

De registros de los Anemómetros colocados por el servicio-metereológico nacional se calcularon las velocidades promedio de viento máxima y mínima, las cuales se muestran en la tabla número 1.

TABLA No. 1

No.	ESTACION	VMA Máxima (m/s)	VMA Mínima (m/s)
1	Acapulco, Gro.	21.70	10.39
2	Campeche, Camp.	42.00	9.50
3	Coatzacoalcos, Ver.	13.55	17.10
4	Colima, Col.	12.45	6.16
5	Culiacán, Sin.	12.40	4.17
6	Chapingo, Méx.	16.06	8.85
7	Chihuahua, Chih.	23.01	10.20
8	Chilpancingo, Gro.	16.90	9.20
9	Durango, Dgo.	16.73	10.48
10	Guadalajara, Jal.	20.63	5.35
11	Guanajuato, Gto.	17.00	10.73
12	Guaymas, Son.	22.20	13.10
13	Huejúcar, Jal.	4.26	2.10
14	Isla de Guadalupe, B.C.	17.23	9.02
15	Isla Ma. Madre, Nay.	15.23	4.78
16	Jalapa, Ver.	20.00	9.04
17	La Paz, B.C.	13.91	8.75
18	León, Gto.	13.94	10.22
19	Manzanillo, Col.	23.53	13.67
20	Mérida, Yuc.	19.97	13.34
21	Monterrey, N.L.	20.01	5.43
22	Morelia, Mich.	12.50	8.60
23	Oaxaca, Oax.	18.10	13.83
24	Pachuca, Hgo.	25.15	14.20
25	Progreso, Yuc.	31.00	12.59
26	Puebla, Pue.	15.10	10.49
27	Salina Cruz, Oax.	38.50	17.30
28	Querétaro, Qro.	18.90	6.20
29	Saltillo, Coah.	20.6	11.99
30	San Luis Potosí,S.L.P.	16.00	5.83
31	Soto la Marina, Tam.	24.04	7.60
32	Tampico, Tamps.	22.05	13.63
33	Tapachula, Chis.	12.04	4.42
34	Tepic, Nay.	8.09	2.33
35	Tlaxcala, Tlax.	9.24	6.48
36	Toluca, Méx.	14.32	9.17
37	Torreón, Coah.	18.08	9.66
38	Tulancingo, Hgo.	13.45	9.48
39	Tuxtla Gut., Chis.	12.76	3.71
40	Valladolid, Yuc.	18.10	15.78
41	Veracruz, Ver.	45.85	15.43
42	Zacatecas, Zac.	25.59	6.06

La tabla No. 1 da una idea de los sitios del país con mayor elocidad que pueden ser aprovechadas para propósitos de potencia de viento.

MAQUINAS CONVERSORAS DE ENERGIA EOLICA.

En general las máquinas conversoras de energía eólica (M.C.E.E.) se componen de partes mecánicas, mecanismos para controlar la velocidad del viento, sistemas de conversión de energía eléctrica y la estructura de soporte. Las partes mecánicas comprenden la flecha, el rotor, las aspas, los acoplamientos para la transmisión de potencia y en algunas máquinas mecanismos para orientación. En los sistemas de conversión de energía eléctrica se incluye el generador o el alternador.

La configuración de una M.C.E.E. depende de la forma de utilización de la energía mecánica de rotación producida y consecuentemente de las características de la carga a que se va ha aclopar.

Los parámetros que definen las características básicas de dicha máquina y de la carga acoplada son la velocidad de rotación y el par de la flecha, los cuales dependen de las características aerodinámicas del rotor y de la velocidad del viento.

Las M.C.E.E. se clasifican en dos grandes grupos que son -

las de eje vertical y de eje horizontal. Las incluidas en el primer grupo no necesitan orientarse ya que responden igualmente a todas las direcciones del viento, se caracterizan por una construcción simple y por un coeficiente de potencia más bajo que las del segundo grupo. Las de este último, aunque limitadas por su velocidad de respuesta a cambios en la dirección del viento, se caracterizan por eficiencias más altas que las del primer grupo.

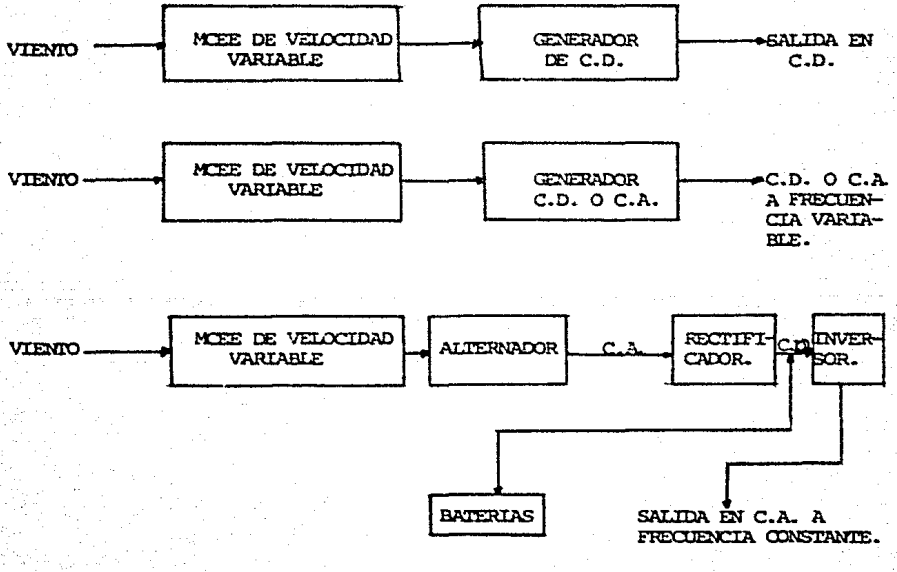
Debido a que los generadores eléctricos operan a velocidad variable o constante, la conversión a energía eléctrica es hecha basándose en una variedad de sistemas de generación que pueden producir C.D. o salidas C.A. a frecuencia constante o variable, dependiendo de donde va ser utilizada la energía generada.

Algunas de las posibilidades para generar energía eléctrica a partir de la energía eólica con salidas a corriente alterna y a frecuencia constante para ser acopladas a líneas de potencia es por medio de generadores síncronos o de inducción por medio de gobernadores electrónicos para mantener la frecuencia constante.

Las máquinas conversoras de energía eólica de tamaño grande y mediano tienen usualmente generadores de corriente alterna para que puedan ser conectadas a las líneas de distribución, ya que las máquinas conversoras de energía eólica de tamaño pequeño

usualmente tiene generadores de corriente directa.

Los siguientes esquemas muestran algunas posibilidades para generar energía eléctrica utilizando máquinas conversoras de energía eólica y sus salidas pueden ser en corriente directa o alterna.



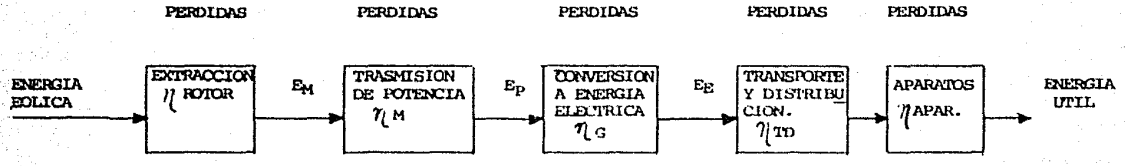
CANTIDAD DE ENERGIA QUE PUEDE SER EXTRAIDA DEL VIENTO.

Se ha mencionado anteriormente que la energía eólica es una de las formas indirectas de utilización de la energía solar a través de los efectos meteorológicos.

La cantidad de energía eólica que se puede aprovechar de la energía disponible sobre la Tierra depende de la eficiencia de los procesos a que es sometida. En el siguiente diagrama se muestran los procesos básicos por los que atraviesa dicha energía al ser convertida en energía eléctrica.

Podemos observar que la cantidad de energía eólica no es posible de aprovechar totalmente, ya que desde que el viento hace contacto con el rotor, hasta que se tiene la energía en las terminales del generador existen pérdidas; estas pérdidas por extracción son debidas al diseño del rotor; la extracción de la energía eólica por el rotor da como resultado energía mecánica de rotación, la cual hace girar la flecha del rotor y pasa posteriormente a través de un sistemas de transmisión de potencia (engranes, acoplamientos, etc.,) en el que también hay pérdidas, éstas son debidas principalmente a fricción. Al transmitirse la potencia a un sistema de conversión de energía eléctrica, éste no convierte toda esta potencia en energía eléctrica, ya que depende del tipo de generador y de los mecanismos de control considerados en el sistema o sea, las pérdidas por conversión dependen de la eficiencia del sistema de generación.

ANALISIS DEL PROCESO DE TRANSFORMACION DE ENERGIA EOLICA



Donde:

η_R = Eficiencia aerodinámica del rator.

E_M = Eficiencia del sistema mecánico de transmisión de potencia.

E_P = Transmisión de potencia o transmisión del par.

η_G = Eficiencia del sistema de conversión a energía eólica.

E_E = Energía eléctrica.

η_{TD} = Eficiencia en el transporte y la distribución de energía eléctrica.

$\eta_{APAR.}$ = Eficiencia de los aparatos (por Ej. los focos).

Ya que la fuerza del viento depende de su velocidad, según la aplicación a estudiar, solo son útiles aquellos que sobrepasan un determinado valor; de estos vientos interesa el promedio de tiempo que soplan al día, además cómo varían estos promedios a lo largo de las estaciones del año, esto permitirá saber probabilísticamente cuanta energía es posible aprovechar del viento durante cada mes o todo el año; sí se pretende bombear agua éste dato se indica en m^3/día, mes, año; si pretendemos generar electricidad la medición se hace en kwh/año.

Esta determinación tiene que ser específica para el sitio, debido a que cada lugar tiene una distribución diferente de velocidades de viento.

La energía generada en un sitio particular en un tiempo dado puede obtenerse a partir de la siguiente expresión:

$$E_G = \int_{o}^{To} \left[\int_{Vi}^{Vp} P(v)\ Cp(v)\ \tfrac{1}{2} \rho\ Abv^3 dv \right] dt$$

o también:

$$E_G = To \int_{Vi}^{Vp} P(v)\ Cp(v)\ \tfrac{1}{2} \rho\ Abv^3\ dv$$

Donde:

P (v) = Es la densidad de probabilidad de velocidad del viento para el lugar en cuestión.

Cp (v) = Coeficiente de potencial del generador analizado.

Ab = Area barrida por el rotor.

V = Velocidad del viento.

Vi y Vp = Velocidad de inicio de generación y plegado de aspas respectivamente.

ρ = Densidad del aire de acuerdo a las condiciones del lugar.

Conociendo estos valores procedemos a integrar el área bajo la curva de las curvas de frecuencia del viento y del resultado es multiplicado por el número de horas al año, encontrándose así la potencia media en kw-H año generados por el sistema conversor de energía eólica.

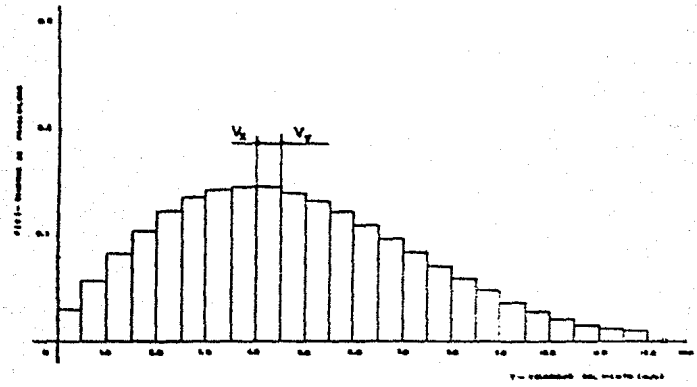


FIG. 5.3.4.- CURVA DE FUNCION DE PROBABILIDAD

ENERGIA MAREOMOTRIZ.

La energía de las mareas tiene su orígen físico en la fuerza gravitacional de la luna y se estima que la capacidad global-utilizable de esta fuente energética es de 64,000 MV. El período cíclico de las mareas implica que esta fuente energética es - renovable. Sin embargo, el costo todavía es elevado, pues el - trabajar en contacto con el agua ocasiona diversos problemas que están en vías de resolverse.

Uno de los modelos más estudiados en el de la columna de - agua oscilante (CAO). El cual consiste en un largo tubo vertical abierto al aire en su parte superior y al mar en la inferior sumergida. Cuando pasa una ola, la columna de agua asciende y - desciende en el interior del tubo, actuando lo mismo que un pistón que expulsa y succiona aire por la parte superior de la columna. Este paso de aire acciona una turbina montada sobre el - tubo y acoplada a un generador el cuál produce energía eléctrica. Se obliga al aire a fluir en una sola dirección a través de la - turbina mediante un sistema de válvulas.

Algunas (CAO) son flotantes y otras están fijas en el fondo del mar. Las de tipo submarino están menos expuestas a los - temporales, pero son mas caras de mantener, registrándose además una pérdida de energía recuperable que desciende rápidamente con la profundidad. En general, las (CAO) son fáciles de manejar de-

bido al mínimo de partes móviles.

Para obtener el máximo rendimiento de este recurso es necesario conocer el tamaño y velocidad de la ola, así como su posición. También se puede almacenar agua en una pequeña bahía y utilizarla para la producción de energía por medio de las mareas.

Llevar esta producción de energía a gran escala, no es redituable y en primera instancia se está pasando en pequeñas poblaciones que puedan ser electrificadas por este método.

México contempla un proyecto para generar 250 kilowatts, lo que resulta muy bajo, pero ideal para proporcionar electricidad a una población de alrededor de 1000 habitantes.

Todo hace suponer que en un futuro no muy lejano la producción de energía por medios marítimos será muy necesaria, pués como se indica anteriormente, el petróleo, principal fuente de electricidad está en vías de extinción.

ENERGIA DE LA BIOMASA.

Dentro de las nuevas fuentes de energía, o sea las no convencionales, la biomasa quizás sea el único energético que pueda ofrecer toda la gama de productos sustitutivos de combustible.

Por biomasa debemos entender toda la materia orgánica que existe en la naturaleza (árboles, arbustos, algas marinas, desechos agrícolas, animales, estiércol, etc.) que sea susceptible de transformarse en energía.

Con biomasa pueden generarse combustibles sólidos, gaseosos y líquidos para producir vapor y que éste a su vez produsca energía eléctrica, se recurre a un gasificador pequeño alimentado por leña, ramas de árbol, basura y residuos orgánicos.

La biosama como recurso para generar energía, difícilmente podrá sustituir a los energéticos convencionales, pero contribuirá considerablemente a descargar su demanda; su uso, es del orden del seis por ciento, ya que en la zonas rurales del país la leña es el energético fundamental. En el bosque encontramos la fuente más importante de insumos para la producción de energía a partir de la biomasa; los propios árboles, las hojas secas, las ramas que se desprenden de los árboles, los mismos aserraderos, con sus desperdicios o sobrantes, etc. Y por lo tanto es necesario asegurar la regeneración en las zonas boscosas, de donde se obtiene esta biomasa.

México no cuenta con una infraestructura para explotar la biomasa como energético en forma significativa.

Si trasladar madera y follaje de los bosques a las ciuda--

des resulta muy caro, conviene instalar en esas zonas plantas experimentales de procesamiento para ofrecer electricidad a pequeños poblados, desarrollar sistemas rurales de energía mediante la biomasa y después, si se obtienen buenos resultados, intentar crear la infraestructura necesaria en las grandes ciudades.

La biomasa que se genera a través de los bosques equivale al 12% del total de la energía que consume México, y constituye un recurso renovable que continuamente se regenera.

ENERGIA DE PEQUEÑAS CAIDAS DE AGUA.

La utilización de pequeñas corrientes y caídas de agua que no resultan de interés para la generación de electricidad a gran escala, es sumamente atractiva para la generación en pequeños o medianos poblados, los cuales por su localización geográfica y baja importancia económica no resultan susceptibles del abastecimiento de energía eléctrica por medios convencionales.

México por sus características hidrológicas es un país que cuenta con bastantes lugares en donde se pudiera aprovechar esta forma de generación. Según las estadísticas, aproximadamente de 2000 a 100,000 comunidades cuentan con algún río o arroyo en su cercanía y presentan diferentes condiciones de gasto y desnivel topográfico, por lo cual es factible la construcción -

de microsistemas de alta, mediana y baja carga. Pero esto resulta solo temporal, ya que durante la época de lluvias tales sistemas funcionarían adecuadamente e inclusive con un mayor flujo del que se puede aprovechar, pero durante las épocas de astiaje, dichos flujos disminuyen hasta el grado de hacerse prácticamente inútiles.

Por otro lado el factor económico redunda en la imposibilidad de la construcción de pequeños vasos de almacenamiento ya que por su propio tamaño y por las características climatológicas, principalmente evaporación solar, no son capaces de almacenar agua obtenida de las épocas de lluvias y de ser utilizada en las épocas de poco flujo hidráulico como se hace en las grandes centrales hidroeléctricas.

Esta característica temporal permite la utilización de este sistema en forma combinada con otros sistemas de generación autónomos o independientes, como podría ser el solar ya que cuando hay lluvia generalmente no hay sol y cuando hay sol no hay lluvia.

El medio más adecuado para aprovechar este tipo de energía serán: Ruedas hidráulicas, arietes, y algún tipo de turbina hidráulica cuyo movimiento mecánico será aprovechado en la flecha de un pequeño generador de corriente alterna, el cual suministrará de electricidad a la carga cercana más importante.

CAPITULO II

SISTEMAS PARA GENERAR CON ENERGIA SOLAR

La conversión de la energía solar en energía eléctrica representa el campo de aplicación con mayor futuro. Existen varias razones para esto, la principal una correlación natural entre la demanda diurna de energía eléctrica con la disponibilidad de radiación solar, otras son, la gran parte de la generación de electricidad se realiza por medio de plantas termoeléctricas que consumen combustibles fósiles; con la interconexión se pueden aprovechar las redes de distribución actuales, además con el desarrollo de tecnologías para la construcción de plantas termoeléctricas y nucleares se pueden adaptar para la construcción de plantas alimentadas por energía solar a gran escala, de tal forma que la haga económicamente competitiva.

Las plantas eléctricas solares pueden ser del tipo de generación directa o indirecta y diseñadas como unidades independientes que alimenten a las redes de distribución. En este caso la unidad incorporaría un subsistema de almacenamiento, para proveer energía eléctrica en los períodos de mayor carga. Otra posibilidad es el de ubicar la planta solar junto a una planta termoeléctrica existente, en este caso el equipo solar se limitará a alimentar de vapor a la turbina de la termoeléctrica, para ahorrar combustible o como auxilar para abastecer demandas pico.

Se puede también construir plantas solares a menor escala para abastecer las necesidades de pequeñas comunidades o centros industriales de consumo, que podrían programar sus actividades de acuerdo a la disponibilidad de la energía eléctrica.

SISTEMAS DIRECTOS.

CONVERTIDORES FOTOVOLTAICOS.

Una forma directa de lograr energía eléctrica, es mediante la conversión de energía emitida por la radiación solar como luz, con el aprovechamiento del efecto fotovoltáico.

Las células fotovoltáicas son las únicas fuentes de conversión directa de energía solar, éstas operan con el efecto interno, el cual consiste en el desplazamiento de cargas dentro del material al absorver los fotones.

Aparentemente, existe una amplia elección de semiconductores con el intervalo apropiado de absorción espectral, actualmente la materia más común en éstos dispositivos es el silicio. Este es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre; presenta dos formas estructurales conocidas como silicio cristalino y silicio amorfo. En el primero, los átomos están ordenados formando cristales, en el segundo, los átomos no están colocados al azar, pero si en forma irregular.

El silicio amorfo presenta mayor absorción óptica que su homólogo cristalino, razón por la cual se puede utilizar en la tecnología de película delgada. Solo se necesita una micra de grosor para absorber la radiación solar, en cambio, el silicio cristalino debe tener un grosor de un décimo de milímetro, por ser semitransparante a la luz solar. Sin embargo, las propiedades eléctricas del silicio amorfo son de menor calidad que las del cristalino.

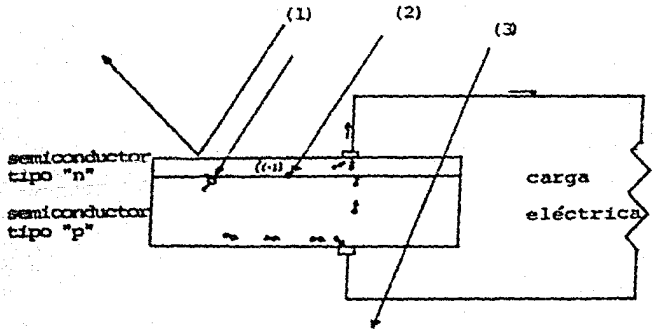
La obtención del silicio amorfo para celdas solares se realiza con base en la descomposición del silano (SiH_4). Se evacua una cámara, se le administran flujos de silano entre dos electrodos, se establece una autotensión tal, que se produce un plasma en el mismo silano; el silano se descompone y, sobre un subestrato caliente colocado entre los dos electrodos, se deposita el silicio amorfo.

Cada átomo de silicio tiene cuatro electrones en la última órbita, con los que se liga en la estructura molecular. Si se introduce una impureza tal como el fósforo o arsénico, con 5 electrones de valencia, en la estructura molecular, el material resultante tendrá un exceso de electrones, mismos que se desplazan dentro de la estructura como portadores de corriente. Este material con exceso de electrones es un semiconductor tipo "n" (negativo). Por otra parte, si al silicio puro se le introduce un elemento como Boro o Galio con tres electrones de valencia,

resulta un material con deficiencia de electrones, esto es, hay un hueco por llenar con un electrón por cada átomo de Boro o Galio. El smiconductor resultante se denomina de tipo "p" (positivo). Los huecos funcionan también como portadores de carga, ya que al llenarse resulta otro hueco en un átomo cercano.

El material de las celdas fotovoltaícas resulta de la formación de enlace entre semiconductores "p" y "n". Dichos enlaces se logran impregnando impurezas de tipo "n" sobre estructuras tipo "p" o viceversa.

El proceso fotovoltáico se muestra en la siguiente figura:



Un fotón incidente con la energía apropiada (1) libera un electrón y crea un hueco en los átomos cercanos al enlace. Los electrones se desplazan hacia el electrodo en la capa n y los huecos hacia el electrodo en la capa p, al cerrar el circuito exterior se crea un flujo de electrones del electrodo n al p. Fo-

tones con mayor energía, como el (2), además de liberar un electrón generan calor, mientras que los de mayor energía se absorben como calor o pasan a través de la fotocelda.

Las celdas se pueden producir también con enlaces de semiconductores de materiales diferentes como el sulfuro de cadmio y el sulfuro de cobre o juntando un semiconductor con un metal.

Todas las celulas solares actuales poseen en común tres características:

a) Un absorbente óptico que convierte los fotones en pares electrón-hueco;

b) Un campo eléctrico interno que separa estas cargas antes de que se recombinen;

c) Contactos con los extremos del semiconductor para la conexión con carga externa.

El rendimiento de las fotoceldas, está dictado por el hecho de que los fotones con energía menor a la requerida para liberar a los electrones, no contribuyen a la corriente fotovoltáica y, que la energía no recuperable de los fotones se disipa en el calentamiento de la celda.

En el silicio, la energía requerida para desprender un electrón de su banda de valencia es 1 eV mientras que en el arsénico de Galio (GaAs) es 1.4 eV y 2.4 en el Cds. Materiales con umbrales de energía altos, capturan mayor energía de los fotones, pero dejan pasar un gran número de fotones con baja energía. El rendimiento teórico se alcanza con 1.5 eV, pero permanece al 80% del máximo en materiales con bandas de 1 a 2.2 eV.

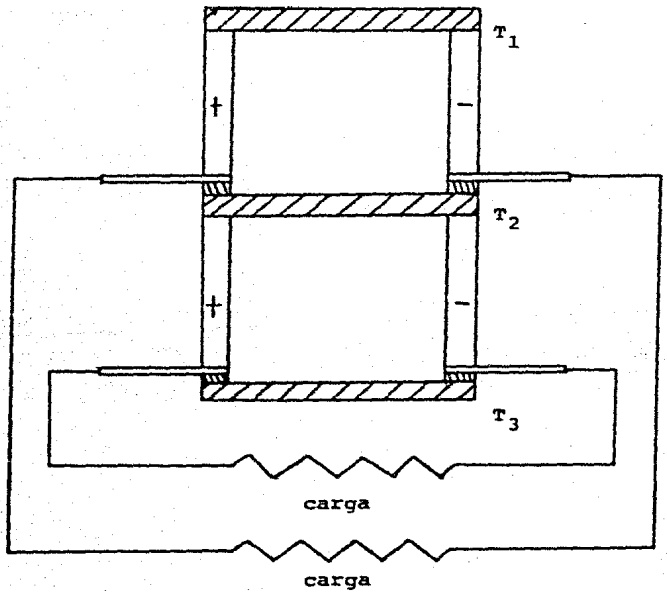
El rendimiento efectivo de las celdas cae por debajo del teórico por varias razones. La primera es la reflexión de la luz sobre la superficie de la celda o sobre los electrodos, la segunda, los electrones liberados pueden quedar en regiones donde no alcanzan a llegar a los electrodos y los que llegan van con voltajes menores al de excitación, debido a pérdidas de la resistencia interna. Y una tercera, la existencia de impurezas y otras imperfecciones en los cristales.

CONVERTIDORES FOTOTERMICOS.

Los efectos termoeléctricos para uso en la conversión de energía solar se presentan sólo con suficiente intensidad en los elementos semiconductores. La generación de una fem (fuerza electromotriz) en un par termoeléctrico, manifestada principalmente en una forma de una diferencia de potencial V a través de un circuito abierto en el par, depende de la diferencia de temperatura entre los dos extremos del metal. Este fenómeno se cono-

ce como el efecto Seebeck = dV/dT.

El valor de este coeficiente en un par termoeléctrico metálico es pequeño, pero en un par de semiconductores puede ser de varios cientos de μV/°K y varios pares en combinaciones de series o paralelo puede constituir una batería utilizable, por ejemplo:



CONDUCE LA ELECTRICIDAD Y EL CALOR

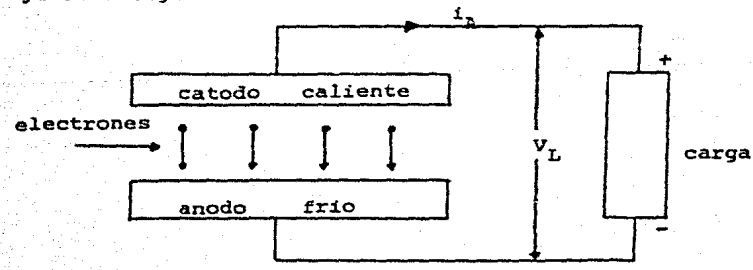
AISLANTE ELECTRICO Y CONDUCTOR TERMICO

PARES TERMOELECTRICOS EN CASCADA AQUI $T_1 > T_2 > T_3$

CONVERTIDORES FOTOIONICOS.

El uso de la emisión termoiónica como convertidor de potencia termoeléctrica fue sugerido en 1915, pero no se ha aplicado todavía a una escala apreciable. Los dispositivos fotoemisivos que utilizan la absorción de los fotones solares en un material para dar lugar a una corriente de emisión electrónica, en el vacío poseen un rendimiento cuántico demasiado bajo para ser convertidores útiles, pero cambiando los fotones en energía térmica para calentar el emisor electrónico es posible obtener un flujo electrónico más útil.

Un convertidor termoiónico elemental se muestra en la siguiente figura:



CONVERTIDOR FOTOIONICO

En donde la energía se transfiere en forma de calor al cátodo. Si la temperatura del cátodo se hace lo suficientemente alta, los electrones en él absorben suficiente energía para cau-

sarles el abandono de la superficie del metal, es decir, los electrones son emitidos y viajan a través del espacio intermedio al ánodo que entonces se carga negativamente. El cátodo debido a su deficiencia de electrones se vuelve positivo, y si una carga se conecta entre el cátodo y el ánodo se produce una corriente eléctrica. Un arreglo de dos elementos que tienen un cátodo y un ánodo se conoce como diodo.

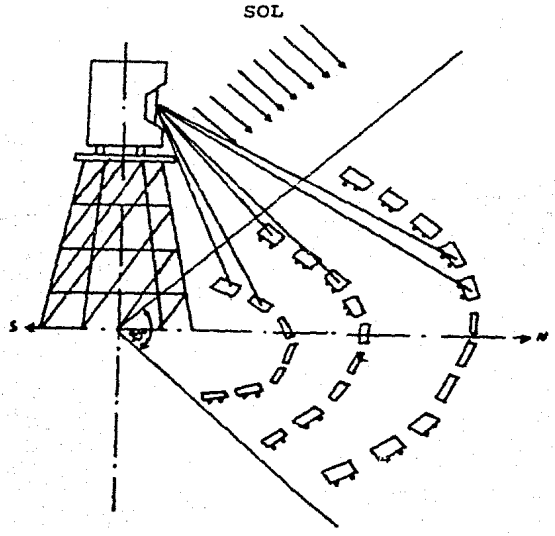
SISTEMAS INDIRECTOS.

El sistema indirecto comprende dos aspectos diferentes que son: La producción fotoquímica de electricidad y la generación de energía eléctrica por medio de la conversión termoeléctrica.

La primera etapa de la conversión termoeléctrica, la térmica, se inicia desde que se recibe el calor solar (radiación) en un captador cilíndrico-parabólico, que es transmitido al fluido, en este caso el agua, que se encuentra en el tubo ubicado en el foco del captador, convirtiendolo en vapor a alta presión; la segunda consiste en el aprovechamiento del vapor así obtenido, en una turbina, convirtiendo de esta forma la energía calorífica en energía mecánica o de movimiento. Finalmente se aprovecha la mecánica que proporciona la turbina conectada a un generador de corriente alterna, proporcionando de esta manera la energía eléctrica por conversión termoeléctrica del método indirecto. Las centrales basadas en la producción de vapor de agua por energía-

solar deben ser muy grandes para ser rentables. Esto es debido a que la proporción de energía perdida por conducción y radiación es más elevada en una pequeña instalación que en una grande.

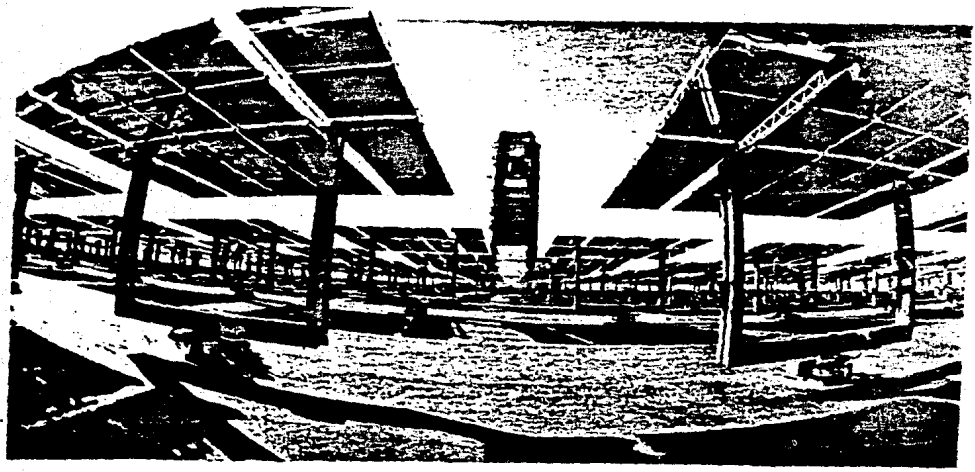
Por la experiencia de los cálculos de los hornos solares se sabe que la superficie colectora debe ser muy grande. Entonces se plantean problemas de peso y sensibilidad de viento. Estos han sido resueltos por una distribución adecuada de los espejos, como se ve en la figura siguiente.

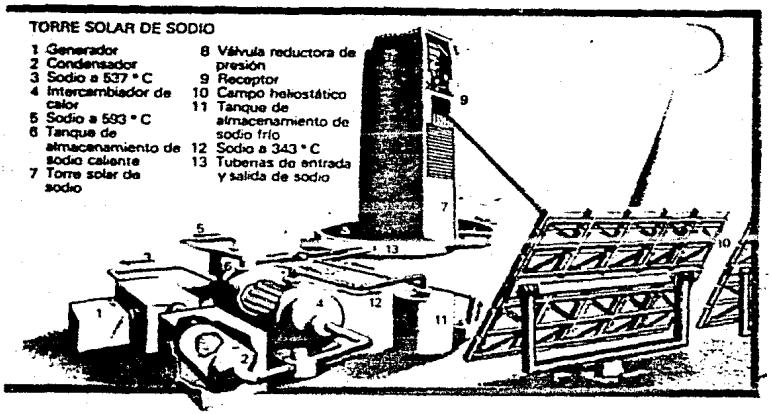


Con respecto al fluido que transfiere el calor absorbido por medio del captador solar, se pueden utilizar diversos tipos-

como: el agua, el monoclorobenzeno, el metano, el amoniaco, algunos freones y otras substancias de trabajo como hidrocarburos, - etc., siendo el mas generalizado el vapor de agua, por las ventajas que presenta como medio de transporte de energía, siendo una de las ventajas la económica, ya que existe una infinidad de - equipo de vapor en el mercado, tales como turbinas de capacidades diversas y máquinas de émbolo; así como accesorios y equipo necesarios que requieren dichas máquinas para trabajar con vapor.

El ciclo termodinámico generalmente utilizado en las conversiones termoeléctricas es el ciclo Rankie, dicho ciclo permite trabajar a intervalos de temperatura más bajos que otros ciclos (para una misma eficiencia), como el Bryton y el Stirling, - evitando de esta forma las temperaturas elevadas, lo que permite utilizar diversos tipos de materiales, beneficiando así el costo del equipo.





Arriba: Alburquerque, Nuevo México, torre térmica solar de cinco megavatios.

: El diagrama muestra una planta de energía solar similar a la de Alburquerque, que emplea un sistema de intercambio de calor por sodio circulante. El sodio caliente admite calor con mucha más presteza que el agua, lo cual lo convierte en un medio ideal para la transmisión de calor. El sodio calentado por el Sol transfiere su calor al gua en un intercambiador de calor. Se levanta vapor para mover una turbina eléctrica.

PRODUCCION FOTOQUIMICA DE ELECTRICIDAD.

Las limitaciones que presenta en este aspecto son las reacciones fotoquímicas que responden exclusivamente a la luz ultravioleta y a la visible, ya que normalmente se considera longitud

de onda larga que poseen los rayos infrarojos, estos no tienen - energía de suficiente intensidad para producir actividad química. Por lo tanto, menos de la mitad de la radiación solar es aprovechada en la conversión fotoquímica.

En principio la conversión fotoquímica de energía solar - puede operar en sistemas más simples y menos costosos que la fotovoltáica, teniendo como principal ventaja el almacenamiento de productos fotoquímicos para su uso posterior, cuando se desea.

Muchas substancias químicas pueden reaccionar con otras al ser expuestas a la luz solar. Las reacciones son registradas - por los principios de: Termodinámica, química cinética y fotoquímica. La termodinámica es capaz de predecir exactamente si una- reacción química dada es factible de ocurrir así como el tiempo- de duración de la reacción antes de alcanzar el estado de equilibrio. La química cinética es capaz de predecir la rapidez con - la que se efectua una reacción y trata el mecanismo de la misma.

PRINCIPIOS DE LA FOTOQUIMICA.

Cuando un rayo de luz solar pasa a través de un recipiente transparente el cual contiene muchas moléculas, una determinada- cantidad de luz pasa a través del recipiente sin cambio alguno,- pero la luz de ciertas longitudes de onda pueden ser absorbidas. La luz está compuesta de un gran número de unidades pequeñas lla-

madas fotones, cada foton con una energía definida conocida como una quantum de energía. Solamente si la molécula puede ser reacomodada para absorber una cantidad de energía, aproximadamente igual a la contenida en un fotón dado, tendrá el fotón la oportunidad de ser absorbido por la molécula.

La absorción de energía de la luz ultravioleta o visible es afectada por el desplazamiento de un electrón de su posición normal en la molécula. En la radiación infrarroja, la absorción de energía se logra por el desplazamiento de átomos dentro de la molécula o por rotación de la molécula misma.

Solamente los desplazamientos de electrónes implican energía suficiente para proveeer energía de activación y producir las reacciones químicas ordinarias. La luz solar, se extiende desde la infrarroja que tiene cerca de 8,000 A' (Angstrom) hasta la ultravioleta de 3,000 A' (Angstrom) correspondiente aproximadamente a 36,000 CAL/MOL y 5,000 CAL/MOL respectivamente.

ESTANQUES SOLARES.

Este sistema es un colector y almacenador de energía solar en forma de estanque o poza y en el que el agua presenta un alto gradiente de salinidad. Por la supresión de los procesos conectivos, puede existir una diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo del estanque de 50 a 70 grados centígrados.-

La eficiencia de colección es del 20%, aproximadamente y su costo de fabricación puede ser bajo.

Un estanque, ya sea de agua dulce o salada, absorbe radiación solar en el agua y en el material que hay en el fondo. El agua así calentada se expande y se vuelve menos densa, subiendo rápidamente a la superficie y perdiendo calor, que lanza a la atmósfera.

En el estanque solar con gradiente de sal se emplea sal disuelta para crear capas de agua de densidades diferentes; cuanta más sal, tanto más densa es el agua. La concentración de sal en la superficie es baja -habitualmente, menos del 5% de peso- y así el agua es relativamente ligera. La concentración de sal aumenta contínuamente a mayor profundidad, hasta que al llegar al fondo es muy alta: cerca del 20%.

Cuando el agua salada cerca del fondo se caliente también se expande. Sin embargo, no puede subir porque es más densa que el agua menos salada que hay arriba. Así el estanque solar es "no convector"; el agua caliente queda atrapada abajo. Las aguas de abajo pueden llegar al punto de ebullición del agua pura, y aun superarlo. La temperatura más alta registrada en un estanque solar es de 107 grados centígrados.

Cuanto más profunda sea la zona, tanto más calor almacena.

La zona más baja retiene calor durante largos períodos, casi anulando los efectos de los cambios diarios y aun estacionales. Esta capacidad de almacenamiento a bajo costo es una de las ventajas principales de los estanques solares con gradiente de sal; se puede extraer su energía de noche, así como durante el día. Aún en largos períodos de días nublados o cuando se forma una capa de hielo, se sigue disponiendo de la energía almacenada.

La viabilidad tecnológica de estos sistemas ya ha sido demostrada. Los estanques solares pueden ser utilizados para procesos industriales de concentración de sales, y para la generación de calor y electricidad. En el país se han iniciado estudios de factibilidad sobre estanques artificiales y ya existen industrias importantes en Guerrero Negro y Texcoco que utilizan estanques solares naturales.

CAPITULO III

DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACION SOLAR

En el capítulo anterior se presenta el estado actual de los diferentes sistemas de aprovechamiento solar. Estos se dividen principalmente en directos e indirectos, entre los primeros, se tiene el sistema fotovoltaíco, que es el que mejor se adapta a la situación actual del país, dado que se cuenta con la tecnología y materia prima para su construcción.

En el caso particular de México la disponivilidad de los paneles fotovoltaícos tanto importados como nacionales, permite la posibilidad de la aplicación de dicho sistema de generación, es por esto que a continuación se plantea un ejemplo práctico para una zona del país basado en los datos tanto técnicos como climatológicos reales.

El diseño considera primeramente las condiciones climatológicas de una zona específica, posteriormente se realiza un análisis de carga eléctrica para una población determinada, finalizando con el cálculo del equipo necesario en este tipo de generación.

LOCALIZACION GEOGRAFICA.

Una de las muchas zonas con grandes niveles de insolación en nuestro territorio es en el Istmo de Tehuantepec, el cual abarca la parte sureste del estado de Oaxaca y que cuenta con un promedio de 200 días despejados al año, con temperaturas promedio de 37°C y con períodos de 4 días nublados cerrados contínuos en promedio; es decir, condiciones adecuadas desde el punto de vista climatológico para la utilización de sistemas de generación a partir de la energía solar.

El estado de Oaxaca cuenta con un 94% de poblaciones de hasta 100 habitantes sin el suministro de energía eléctrica y muchas de estas poblaciones se encuentran localizadas en zonas que no cuentan con líneas de transmisión eléctrica o la lejanía de estas es grande.

En el mapa que a continuación se muestra, se encuentran localizadas las estaciones meteorológicas y se reproducen los datos correspondientes a estas, con lo que se delimita una zona en particular, la cual cuenta con las dos condiciones antes mencionadas, insolación y falta de electrificación.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA

NORMALES CLIMATOLOGICAS

OBSERVATORIO CLAVE 19-0047 SALINA CRUZ, SALINA CRUZ, OAX.

LATITUD (N) 16-10 LONGITUD (W) 095-12 ALTITUD 6 MSNM

PERIODO GENERAL DE DATOS DESDE 1941 A 1970

PARAMETROS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
------ TEMPERATURAS ------														
MAXIMA EXTREMA	30	36.0	36.5	37.5	39.2	39.6	38.7	38.2	37.7	37.4	36.2	35.7	36.0	39.6
-FECHA (DIA/AÑO)		29/49	15/49	15/57	27/57	02/62	02/62	17/62	16/54	03/55	04/67	05/65	22/48	05/05/69
PROMEDIO DE MAXIMA	30	30.6	30.9	31.8	33.1	34.1	33.0	33.3	33.6	32.2	32.0	31.4	30.8	32.2
BULBO SECO (AMBIENTE)	30	25.5	25.9	27.1	28.7	29.8	28.6	28.7	28.8	27.6	27.5	26.8	26.0	27.6
PROMEDIO DE MINIMA	30	20.7	21.1	22.4	24.3	25.1	24.0	24.0	23.9	23.3	23.0	22.2	21.4	22.9
MINIMA EXTREMA	30	12.6	13.6	16.0	18.5	19.6	19.2	19.2	19.0	16.0	18.0	16.5	13.0	12.6
-FECHA (DIA/AÑO)		01/64	01/60	01/66	06/60	19/56	17/67	05/65	05/65	10/66	29/65	30/66	12/50	01/01/64
MINIMA A LA INTEMPERIE	30	12.5	11.3	15.0	16.5	16.6	18.6	18.4	18.6	16.0	15.6	12.1	12.0	11.3
-FECHA (DIA/AÑO)		13/51	03/55	02/54	04/54	04/50	05/65	19/67	10/67	25/66	20/50	27/54	12/50	03/02/55
OSCILACION	30	9.7	9.8	9.4	8.8	9.0	9.0	9.3	9.1	8.9	9.0	9.2	9.4	9.3
------- HUMEDAD -------														
TEMPERATURA BULBO HUMEDO	30	20.2	20.9	22.6	23.9	24.5	24.7	24.2	24.3	24.2	22.7	21.3	20.9	22.8
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	30	62	64	68	68	66	74	69	70	74	67	62	62	67
EVAPORACION TOTAL														
TENSION MEDIA DEL VAPOR	30	20.2	21.6	24.1	26.3	27.0	28.4	26.5	27.1	27.5	24.9	21.8	20.6	24.6
------ PRECIPITACION ------														
TOTAL	29	4.3	3.6	2.4	0.3	37.3	264.2	176.2	190.9	259.6	95.8	22.0	4.2	1063.0
MAXIMA	29	40.3	29.1	13.7	7.4	252.9	663.5	511.7	790.2	933.4	474.6	360.5	54.1	933.4
-FECHA (AÑO)		58	47	57	68	46	69	50	69	70	47	61	69	09/70
MAXIMA EN 24 HORAS	29	23.5	22.2	13.7	7.3	118.8	368.4	243.1	194.4	206.7	264.6	107.9	49.4	368.4
-FECHA (DIA/AÑO)		24/68	07/67	12/57	12/68	11/66	19/69	14/50	31/62	26/61	18/67	03/61	06/69	19/06/69
MAXIMA EN 1 HORA	13	10.4	10.2	13.5	4.7	15.5	43.0	45.2	90.0	117.3	35.5	19.4	6.6	117.3
-FECHA (DIA/AÑO)		17/59	10/63	12/57	05/65	28/67	06/68	20/61	13/68	26/68	07/67	02/51	15/51	26/09/68
MINIMA	29	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	91.0	26.6	26.4	12.0	0.1	0.6	0.4	0.1
-FECHA (AÑO)		46	65	67	65	55	66	67	66	55	52	68	65	10/52
TOTAL HORAS INSOLACION	16	248.7	254.5	281.3	226.6	215.5	161.5	194.5	215.1	157.5	227.7	249.0	238.9	2670.4
VISIBILIDAD DOMINANTE	26	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
FRECUENCIA DE ELEMENTOS Y FENOMENOS ESPECIALES														
NUM. DIAS CON LLUVIA APREC.	29	0.50	0.57	0.59	0.53	2.93	13.14	9.75	9.60	11.40	4.75	1.03	0.65	55.24
NUM. DIAS CON LLUVIA INAP.	29	0.35	0.39	0.59	0.55	1.31	2.39	2.62	2.13	2.83	1.81	0.93	0.17	14.67
NUM. DIAS DESPEJADOS	29	23.39	21.46	22.07	18.17	14.92	5.75	4.64	5.40	2.66	12.65	20.17	22.06	171.28
NUM. DIAS MEDIO NUBLADOS	29	4.35	5.64	6.92	10.00	11.66	12.53	14.69	14.10	14.00	11.20	7.79	7.34	122.48
NUM. DIAS NUBLADOS/CERRADOS	29	1.25	1.10	2.00	1.82	4.42	13.71	11.46	11.50	13.53	7.15	2.03	1.65	71.40
NUM. DIAS CON ROCIO	28	1.00	2.14	2.16	1.29	0.25	0.71	0.93	0.90	1.33	1.05	1.31	1.95	14.96
NUM. DIAS CON GRANIZO	29	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
NUM. DIAS CON HELADAS	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON TEMP. ELEC.	29	0.00	0.14	0.11	0.07	0.92	2.67	2.67	2.30	1.73	0.31	0.30	0.00	11.22
NUM. DIAS CON NIEBLA	29	0.03	0.67	0.11	0.03	0.07	0.78	0.07	0.13	0.60	0.26	0.03	0.00	2.76
NUM. DIAS CON NEVADA	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA

NORMALES CLIMATOLOGICAS

ESTACION CLAVE 19-0976 CHICAPA, JUCHITAN DE ZARAGOZA, OAX.

LATITUD (N) 16-35 LONGITUD (W) 94-49 ALTITUD 30 MSNM DRG. S.R.N.

PERIODO GENERAL DE DATOS DESDE 1949 A 1970

PARAMETROS	AROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURAS														
MAXIMA EXTREMA	21	38.0	37.5	38.5	39.5	39.5	40.0	37.0	37.0	36.5	36.0	35.5	37.5	40.0
-FECHA (DIA/ARO)		20/54	20/63	31/52	29/69	13/41	01/63	08/63	09/66	05/57	07/54	11/49	12/51	01/06/63
PROMEDIO DE MAXIMA	21	27.9	29.4	31.5	33.9	34.5	32.6	31.6	32.4	31.1	29.7	28.9	28.0	30.9
MEDIA	21	23.5	24.4	26.2	28.4	29.2	28.0	27.5	27.9	27.1	26.1	24.9	23.9	26.4
PROMEDIO DE MINIMA	21	19.4	19.5	21.0	23.0	23.9	23.9	23.4	23.5	23.1	22.5	21.0	19.9	21.9
MINIMA EXTREMA	21	11.0	11.7	16.0	17.0	18.5	16.5	20.0	18.5	18.0	17.0	13.0	13.0	11.0
-FECHA (DIA/ARO)		11/62	03/51	23/66	15/60	09/66	15/56	02/67	19/63	26/57	20/50	16/70	15/63	11/01/62
OSCILACION	21	8.7	9.9	10.5	10.9	10.6	9.1	8.2	8.9	8.0	7.2	7.9	8.1	9.0
PRECIPITACION														
TOTAL	21	3.9	3.4	4.8	3.6	30.7	232.1	141.5	122.2	235.9	86.5	22.4	4.3	865.8
MAXIMA	21	25.0	46.4	53.0	20.0	156.9	434.6	391.1	484.0	448.7	347.2	341.2	50.1	484.0
-FECHA (ARO)		69	68	55	54	50	59	55	69	55	50	61	69	08/69
MAXIMA DEL MES EN 24 HRS.	21	25.0	46.0	53.0	12.5	47.0	179.0	145.7	184.5	166.5	138.5	112.5	46.0	184.5
-FECHA (DIA/ARO)		18/69	11/66	17/55	08/54	29/55	04/55	13/50	15/60	12/52	07/50	09/61	04/69	15/08/66
MINIMA	21	0.3	0.4	0.8	0.5	5.3	80.4	38.6	13.0	48.1	1.0	0.2	0.6	0.2
-FECHA (ARO)		60	57	57	65	70	60	67	61	53	63	62	55	11/62
EVAPORACION	21	229.9	236.9	271.3	271.5	278.5	191.9	209.5	214.5	170.9	194.7	210.5	219.7	2701.8
VISIBILIDAD DOMINANTE														
FRECUENCIA DE ELEMENTOS Y FENOMENOS ESPECIALES														
NUM. DIAS CON LLUVIAS APREC.	21	1.09	0.64	0.80	1.09	9.04	19.94	12.65	11.15	14.61	7.72	1.77	0.86	78.90
NUM. DIAS CON LLUVIAS INAP.	21	1.09	1.23	0.98	0.42	1.23	2.76	1.76	2.58	2.90	2.31	1.40	1.27	19.70
NUM. DIAS DESPEJADOS	21	14.14	19.38	19.09	16.37	14.52	7.85	6.52	12.00	7.14	10.50	14.22	13.22	151.15
NUM. DIAS NUBLADOS	21	15.47	11.61	10.89	11.57	13.09	14.66	19.80	14.95	15.66	16.44	13.95	15.81	173.41
NUM. DIAS NUBLADO/CERRADO	21	1.38	1.23	1.04	1.85	3.38	7.67	4.64	4.09	7.19	4.65	1.81	1.98	40.90
NUM. DIAS CON ROCIO	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON GRANIZO	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
NUM. DIAS CON HELADAS	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON TEMP. ELEC.	21	0.04	0.00	0.04	0.00	0.09	0.85	0.47	0.33	0.33	0.13	0.00	0.00	2.28
NUM. DIAS CON NIEBLA	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.12
NUM. DIAS CON NEVADA	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA

NORMALES CLIMATOLOGICAS

ESTACION CLAVE 19-0575 IXTEPEC, CIUDAD IXTEPEC, OAX.

LATITUD (N) 16-38 LONGITUD (W) 95-06 ALTITUD 120 MSNM ORG. S.R.H.

PERIODO GENERAL DE DATOS DESDE 1941 A 1970

PARAMETROS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
------- TEMPERATURAS -------														
MAXIMA EXTREMA	22	36.0	38.5	39.5	40.5	40.5	39.5	39.0	39.5	38.7	38.0	39.0	38.0	40.5
-FECHA (DIA/AÑO)		20/54	20/53	04/51	23/70	09/51	12/66	VS/50	18/65	01/51	24/51	23/55	01/53	VS/VS/VS
PROMEDIO DE MAXIMA	22	29.3	30.3	32.1	34.3	34.9	33.2	32.8	33.4	32.0	31.2	30.1	29.6	31.9
MEDIA	22	24.9	25.4	27.2	29.1	29.8	28.4	28.4	28.8	27.8	27.3	26.1	25.3	27.3
PROMEDIO DE MINIMA	22	20.6	20.5	22.1	23.9	24.8	24.1	24.1	24.2	23.7	23.5	22.2	21.0	22.8
MINIMA EXTREMA	22	9.0	10.5	10.0	13.5	18.5	19.0	15.0	16.0	16.3	18.0	11.0	10.2	9.0
-FECHA (DIA/AÑO)		VS/51	01/60	02/57	08/50	26/54	VS/51	10/55	20/57	19/51	25/54	06/50	07/53	VS/01/51
OSCILACION	22	8.7	9.8	10.2	10.4	10.1	9.1	8.7	9.2	8.5	7.7	7.9	8.6	9.1
------- PRECIPITACION -------														
TOTAL	29	5.1	7.8	3.3	4.6	46.3	232.3	148.1	158.9	221.3	90.7	21.4	2.7	942.2
MAXIMA	29	61.3	46.0	18.0	45.1	171.9	601.4	537.6	704.9	595.4	391.4	375.6	23.4	704.9
-FECHA (AÑO)		58	61	70	54	51	44	50	49	55	46	61	49	08/69
MAXIMA DEL MES EN 24 HRS.	29	45.5	42.6	16.0	51.0	89.5	184.0	303.0	145.5	183.0	175.8	131.2	23.0	305.0
-FECHA (DIA/AÑO)		23/58	02/61	09/70	20/54	31/51	18/52	13/50	14/66	07/55	01/45	04/61	04/69	13/07/50
MINIMA	29	0.5	0.1	0.2	0.4	0.1	42.7	2.0	74.9	26.9	0.7	0.1	0.4	0.1
-FECHA (AÑO)		43	64	58	57	63	43	44	57	53	61	65	67	VS/VS
EVAPORACION	22	197.3	188.3	224.9	237.2	241.9	174.6	197.3	177.9	159.1	186.2	184.6	184.1	2379.6
VISIBILIDAD DOMINANTE														
FRECUENCIA DE ELEMENTOS Y FENOMENOS ESPECIALES														
NUM. DIAS CON LLUVIAS APREC.	29	0.72	0.83	0.73	0.90	3.70	13.06	10.20	10.34	13.72	6.20	1.43	1.17	63.00
NUM. DIAS CON LLUVIAS INAP.	29	1.75	1.76	1.46	1.36	2.80	4.06	3.86	3.68	4.75	4.51	3.23	2.20	35.62
NUM. DIAS DESPEJADOS	29	24.72	19.10	20.03	14.76	15.36	10.66	13.03	12.86	12.10	19.62	22.60	23.96	211.00
NUM. DIAS MEDIO NUBLADOS	29	4.37	4.73	7.20	7.93	8.90	7.10	9.17	8.65	7.37	5.89	4.50	4.93	80.74
NUM. DIAS NUBLADO/CERRADO	29	1.89	4.46	3.76	5.30	6.73	12.03	8.79	9.48	10.31	5.48	2.90	2.10	73.43
NUM. DIAS CON ROCIO	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON GRANIZO	29	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
NUM. DIAS CON HELADAS	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON TAMP. ELEC.	29	0.03	0.00	0.00	0.13	0.20	0.79	0.48	0.89	0.37	0.10	0.03	0.00	3.22
NUM. DIAS CON NIEBLA	29	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.03	0.00	0.10	0.17	0.67
NUM. DIAS CON NEVADA	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA

NORMALES CLIMATOLOGICAS

ESTACION CLAVE 19-0580 JUCHITAN DE ZARAGOZA, JUCHITAN DE ZARAGOZA, OAX.

LATITUD (N) 16-26 LONGITUD (W) 95-02 ALTITUD 46 MSNM ORG. S.R.H.

PERIODO GENERAL DE DATOS DESDE 1941 A 1970

PARAMETROS	AROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
------ TEMPERATURAS ------														
MAXIMA EXTREMA	29	38.0	41.5	45.0	43.5	44.5	42.5	40.0	42.5	39.0	39.5	39.5	40.0	45.5
-FECHA (DIA/AAO)		07/53	09/46	30/44	V5/46	21/41	04/41	12/41	07/41	09/44	02/42	V5/75	07/47	V5/04/44
PROMEDIO DE MAXIMA	29	29.8	31.0	32.4	34.3	34.7	33.1	32.9	33.4	32.0	31.3	30.7	30.1	32.1
MEDIA	29	24.8	25.7	27.0	28.8	29.5	28.4	28.3	28.6	27.6	27.0	26.2	25.4	27.2
PROMEDIO DE MINIMA	29	19.9	20.4	21.7	23.4	24.4	23.8	23.7	23.8	23.2	22.8	21.8	20.7	22.4
MINIMA EXTREMA	29	10.0	12.0	14.0	16.0	19.0	17.5	19.0	19.0	18.0	16.0	14.0	11.0	10.0
-FECHA (DIA/AAO)		29/66	V5/75	10/41	V5/75	15/52	17/61	13/51	11/52	V5/75	20/50	V5/75	24/55	29/01/66
OSCILACION	29	9.9	10.6	10.7	10.9	10.3	9.3	9.2	9.4	8.7	8.5	8.9	9.4	9.7
------ PRECIPITACION ------														
TOTAL	29	3.1	4.7	6.1	2.7	38.3	210.5	138.6	151.3	232.3	92.3	21.8	6.0	908.1
MAXIMA	29	58.0	63.4	40.4	34.0	140.0	593.0	617.7	650.5	610.1	335.3	317.1	119.0	650.5
-FECHA (AAO)		58	68	57	48	46	47	50	69	70	46	61	69	06/69
MAXIMA DEL MES EN 24 HRS.	29	38.0	66.4	49.0	34.0	80.0	165.0	315.0	800.1	194.0	119.0	90.0	90.0	800.1
-FECHA (DIA/AAO)		22/56	11/68	11/57	11/48	28/56	19/47	13/50	20/55	02/46	06/50	V5/61	06/69	20/06/55
MINIMA	29	0.5	0.6	1.4	0.3	0.8	81.1	7.0	14.0	29.5	0.6	0.4	0.1	0.1
-FECHA (AAO)		44	54	70	41	60	46	46	48	53	57	43	50	12/50
EVAPORACION	29	207.6	201.9	231.7	243.0	256.1	189.2	198.7	197.0	172.5	182.6	195.8	200.8	2476.6
VISIBILIDAD DOMINANTE														
FRECUENCIA DE ELEMENTOS Y FENOMENOS ESPECIALES														
NUM. DIAS CON LLUVIAS APREC.	29	0.37	0.41	0.48	0.50	3.46	13.13	8.23	8.80	11.92	5.03	1.23	0.44	54.22
NUM. DIAS CON LLUVIAS IMAP.	29	0.55	0.62	0.48	0.16	1.20	1.80	2.04	1.86	3.14	1.62	0.66	0.44	14.79
NUM. DIAS DESPEJADOS	29	22.14	20.79	20.48	19.90	15.96	7.93	10.96	10.30	8.44	15.17	18.76	21.64	193.31
NUM. DIAS MUY NUBLADOS	29	4.60	4.38	7.10	6.34	8.24	9.20	10.80	11.90	8.89	6.79	7.33	6.34	94.57
NUM. DIAS NUBLADO/CERRADO	29	2.25	2.86	3.41	3.55	6.76	12.93	9.23	8.80	12.44	7.03	2.90	2.76	75.10
NUM. DIAS CON ROCIO	29	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.38
NUM. DIAS CON GRANIZO	29	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
NUM. DIAS CON HELADAS	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON TEMP. ELEC.	29	0.00	0.06	0.00	0.00	0.16	0.53	0.96	0.86	0.44	0.37	0.00	0.00	3.28
NUM. DIAS CON NIEBLA	29	0.03	0.03	0.10	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.10	0.10	0.00	0.03	0.45
NUM. DIAS CON NEVADA	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA

NORMALES CLIMATOLOGICAS

ESTACION CLAVE 19-0581 LAS CUEVAS (II), STA. MARIA MIXTEQUILLA, OAX.

LATITUD (N) 16-27 LONGITUD (W) 95-22 ALTITUD 76 MSNM ORG. S.R.H.

PERIODO GENERAL DE DATOS DESDE 1941 A 1970

P A R A M E T R O S	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
——— TEMPERATURAS ———														
MAXIMA EXTREMA	22	39.0	39.5	40.7	42.0	43.0	41.5	40.5	40.5	40.0	41.0	39.5	38.5	43.0
-FECHA (DIA/AÑO)		25/52	VS/VS	19/52	06/54	VS/VS	02/41	20/57	VS/53	VS/VS	08/61	VS/VS	VS/VS	VS/VS/VS
PROMEDIO DE MAXIMA	22	32.7	33.6	34.5	36.1	36.8	35.0	35.3	35.8	34.0	34.0	33.6	33.0	34.5
MEDIA	22	26.0	26.4	27.5	29.2	30.1	29.1	29.3	29.6	28.4	28.3	27.4	26.5	28.1
PROMEDIO DE MINIMA	22	19.4	19.3	20.6	22.4	23.4	23.2	23.4	23.5	22.8	22.6	21.3	20.1	21.8
MINIMA EXTREMA	22	10.0	12.0	13.0	16.0	17.0	18.0	18.0	18.0	12.0	17.3	11.5	12.0	10.0
-FECHA (DIA/AÑO)		11/62	VS/VS	19/60	VS/VS	03/51	VS/VS	VS/VS	14/68	29/67	20/50	19/70	27/63	11/01/62
OSCILACION	22	13.3	14.3	13.9	13.7	13.4	11.8	11.9	12.3	11.2	11.4	12.3	12.9	12.7
——— PRECIPITACION ———														
TOTAL	29	2.3	1.3	3.2	1.4	35.2	227.7	194.0	195.6	220.6	70.2	23.1	3.7	911.5
MAXIMA.	29	30.5	15.0	22.5	29.7	164.9	364.5	448.1	740.9	737.1	252.0	405.5	80.2	737.1
-FECHA (AÑO)		58	63	60	57	66	69	55	69	69	60	61	53	09/69
MAXIMA DEL MES EN 24 HRS.	29	20.9	14.0	22.5	25.4	85.0	320.0	168.2	200.0	320.5	90.8	120.2	80.2	320.5
-FECHA (DIA/AÑO)		19/58	11/63	17/60	21/57	18/68	19/69	09/41	19/69	04/69	17/47	04/61	12/53	04/09/69
MENIMA	29	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	32.8	9.6	13.6	10.9	0.1	0.1	0.5	0.1
-FECHA (AÑO)		VS	VS	67	61	48	46	67	63	53	61	62	61	VS/VS
EVAPORACION	22	222.4	217.7	250.6	254.3	255.4	189.8	192.6	206.1	163.2	200.7	203.4	213.5	2571.7
VISIBILIDAD DOMINANTE														
FRECUENCIA DE ELEMENTOS Y FENOMENOS ESPECIALES														
NUM. DIAS CON LLUVIAS APREC.	29	0.55	0.63	0.51	0.34	2.50	12.24	10.24	9.57	13.03	5.40	1.14	0.60	56.77
NUM. DIAS CON LLUVIAS INAP.	29	0.10	0.13	0.06	0.06	0.53	0.79	0.51	0.75	0.46	0.22	0.00	0.10	3.71
NUM. DIAS DESPEJADOS	22	25.22	22.28	23.23	22.45	16.54	10.04	13.40	15.04	10.00	17.90	22.78	25.95	226.83
NUM. DIAS MEDIO NUBLADOS	22	4.68	4.52	6.19	6.18	8.95	10.13	10.00	10.13	12.13	8.00	4.86	3.82	89.59
NUM. DIAS NUBLADO/CERRADO	22	1.09	1.52	1.57	1.36	3.50	9.81	7.59	5.81	7.86	5.09	2.36	1.21	48.75
NUM. DIAS CON ROCIO	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON GRANIZO	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON HELADAS	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON TEMP. ELEC.	29	0.06	0.06	0.24	0.48	0.96	2.93	1.72	2.78	2.03	0.96	0.35	0.07	12.64
NUM. DIAS CON NIEBLA	29	0.00	0.00	0.13	0.13	0.30	0.41	0.27	0.85	0.75	0.22	0.00	0.03	3.09
NUM. DIAS CON NEVADA	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA

NORMALES CLIMATOLOGICAS

ESTACION CLAVE 19-0583 OSTUTA, SANTO DOMINGO ZANATEPEC, OAX.

LATITUD (N) 16-30 LONGITUD (W) 94-26 ALTITUD 35 MSNM ORG. S.R.H.

PERIODO GENERAL DE DATOS DESDE 1943 A 1970

PARAMETROS	AROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
------ TEMPERATURAS ------														
MAXIMA EXTREMA	23	39.0	39.5	40.0	40.0	41.5	40.0	37.5	38.5	38.5	40.0	38.5	40.0	41.5
-FECHA (DIA/AROS)		23/49	13/53	V5/V5	V5/V5	13/58	01/60	V5/V5	V5/53	10/58	16/48	V5/V5	22/48	13/05/50
PROMEDIO DE MAXIMA	23	33.7	34.5	35.4	36.5	36.2	33.1	33.2	33.3	32.4	33.0	33.7	33.7	34.0
MEDIA	23	24.7	25.7	27.2	27.3	27.7	26.1	27.0	27.3	27.4	26.6	26.5	25.3	27.2
PROMEDIO DE MINIMA	23	16.2	17.3	19.0	22.1	23.3	23.1	22.5	22.5	22.4	20.7	18.4	17.0	20.6
MINIMA EXTREMA	23	5.0	7.5	12.0	11.0	16.0	19.5	18.0	20.0	18.0	13.0	9.3	7.0	5.0
-FECHA (DIA/AROS)		31/60	05/51	29/54	06/60	V5/V5	V5/V5	V5/48	30/66	30/60	30/68	25/54	V5/V5	31/01/60
OSCILACION	23	17.5	17.2	15.6	14.4	12.9	10.0	10.7	10.8	10.0	12.3	15.3	16.7	13.6
------ PRECIPITACION ------														
TOTAL	23	0.7	2.0	2.8	18.1	79.1	336.1	224.7	236.3	334.2	129.3	26.8	4.1	1391.7
MAXIMA	23	11.5	18.7	24.0	71.4	240.2	707.1	652.4	829.3	726.5	436.7	375.1	71.6	829.3
-FECHA (AROS)		48	52	63	57	66	48	55	69	55	60	61	55	08/49
MAXIMA DEL MES EN 24 HRS.	23	6.0	10.3	22.0	38.0	75.7	142.0	174.7	238.5	280.7	159.0	90.0	50.2	280.7
-FECHA (DIA/AROS)		07/66	03/52	15/63	15/57	08/66	13/54	16/52	03/70	28/54	30/60	V5/V5	04/55	28/09/54
MINIMA	23	0.0	1.5	1.0	1.2	10.3	196.6	83.5	62.4	47.8	3.3	0.9	0.7	0.7
-FECHA (AROS)		66	67	67	55	61	49	62	61	53	61	53	53	12/53
EVAPORACION	23	192.3	195.1	221.2	222.6	222.1	149.7	150.9	152.4	130.2	150.3	165.9	173.6	2126.5
VISIBILIDAD DOMINANTE														
FRECUENCIA DE ELEMENTOS Y FENOMENOS ESPECIALES														
NUM. DIAS CON LLUVIAS APREC.	23	0.22	0.40	0.52	1.91	6.95	18.04	16.67	15.18	17.56	7.91	1.30	0.47	86.93
NUM. DIAS CON LLUVIAS INAP.	23	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.08	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.24
NUM. DIAS DESPEJADOS	23	27.59	22.18	21.26	13.30	11.95	7.21	12.39	13.04	10.47	18.65	24.04	24.73	206.81
NUM. DIAS MEDIO NUBLADOS	23	3.04	5.27	8.95	14.95	16.39	17.82	15.47	14.31	15.13	10.08	5.26	3.91	130.58
NUM. DIAS NUBLADO/CERRADO	23	0.36	0.77	0.78	1.73	2.65	5.04	3.13	3.63	4.39	2.26	0.69	0.34	25.77
NUM. DIAS CON ROCIO	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON GRANIZO	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON HELADAS	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON TEMP. ELEC.	22	0.00	0.09	0.00	0.00	0.59	1.13	0.86	0.61	0.77	0.36	0.00	0.00	4.39
NUM. DIAS CON NIEBLA	23	0.00	0.31	0.00	0.04	0.30	0.26	0.40	0.71	0.54	0.47	0.00	0.04	3.07
NUM. DIAS CON NEVADA	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA

NORMALES CLIMATOLOGICAS

ESTACION CLAVE 19-0595 S. PEDRO TAPANATEPEC, SAN PEDRO TAPANATEPEC, OAX.

LATITUD (N) 16-22 LONGITUD (W) 94-13 ALTITUD 35 MSNM DRG. S.R.M.

PERIODO GENERAL DE DATOS DESDE 1948 A 1970

PARAMETROS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
------ TEMPERATURAS ------														
MAXIMA EXTREMA	22	41.5	39.0	41.5	40.5	42.5	40.5	40.5	39.0	39.0	39.5	40.5	39.5	47.0
-FECHA (DIA/AMO)		01/64	01/59	29/57	11/70	27/71	01/71	11/62	22/46	02/46	03/61	03/61	13/63	05/05/48
PROMEDIO DE MAXIMA	22	31.6	32.1	33.5	34.4	34.7	32.2	32.3	32.5	31.7	31.8	31.8	31.2	32.4
MEDIA	22	25.2	25.5	26.7	27.7	28.1	26.7	26.7	26.8	26.2	26.1	25.8	25.3	26.3
PROMEDIO DE MINIMA	22	18.8	18.9	19.9	21.1	21.6	21.2	21.1	21.2	20.8	20.5	19.8	19.4	20.3
MINIMA EXTREMA	22	1.5	9.5	9.2	14.5	15.5	14.0	12.0	12.0	10.0	10.0	9.2	8.0	1.5
-FECHA (DIA/AMO)		25/58	28/59	03/61	03/61	23/63	03/61	09/63	20/55	08/55	18/55	12/55	22/57	25/01/58
OSCILACION	22	12.8	13.2	13.6	13.3	13.1	11.0	11.2	11.3	10.9	11.3	12.0	11.8	12.1
------ PRECIPITACION ------														
TOTAL	22	2.4	3.7	4.0	18.0	121.2	365.4	344.6	326.1	392.7	167.8	23.1	3.3	1773.3
MAXIMA	22	30.5	42.0	30.0	63.9	587.1	722.0	1126.0	625.0	627.1	565.5	261.0	50.5	1126.0
-FECHA (AMO)		58	58	57	59	22	59	50	70	67	60	61	55	07/50
MAXIMA DEL MES (N 24 HRS.	22	25.0	42.0	25.0	60.0	112.0	186.0	510.0	293.5	250.0	147.5	80.0	50.5	510.0
-FECHA (DIA/AMO)		23/58	26/58	23/69	01/64	25/56	09/61	13/50	01/70	12/52	16/55	01/61	04/55	13/07/50
MINIMA	22	5.0	2.0	3.0	0.6	6.0	55.5	69.5	84.5	102.8	3.0	0.9	3.0	0.6
-FECHA (AMO)		65	64	52	64	61	49	52	51	53	61	67	64	06/64
EVAPORACION	16	189.6	198.8	220.5	221.2	221.7	162.2	164.8	159.9	139.3	186.0	178.4	165.9	2212.5
VISIBILIDAD DOMINANTE														
FRECUENCIA DE ELEMENTOS Y FENOMENOS ESPECIALES														
NUM. DIAS CON LLUVIAS APREC.	22	0.20	0.23	0.72	1.27	5.90	14.95	14.82	13.62	16.00	7.45	1.18	0.27	76.81
NUM. DIAS CON LLUVIAS INAP.	22	0.00	0.14	0.04	0.04	0.71	0.21	0.47	0.13	0.17	0.31	0.00	0.00	2.22
NUM. DIAS DESPEJADOS	22	26.75	22.90	29.13	21.90	16.37	10.30	11.56	14.91	10.78	14.45	24.22	26.68	228.15
NUM. DIAS NUBLADOS	22	3.20	2.71	4.27	5.95	9.33	10.13	11.00	8.39	9.26	8.90	4.22	3.09	80.45
NUM. DIAS NUBLADO/CERRADO	22	1.05	2.61	1.59	2.15	5.09	9.44	8.43	7.69	9.95	5.63	1.54	1.22	54.49
NUM. DIAS CON ROCIO	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON GRANIZO	22	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
NUM. DIAS CON NELARAS	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NUM. DIAS CON TEMP. ELEC.	22	0.00	0.00	0.00	0.13	0.09	0.04	0.18	0.17	0.17	0.18	0.00	0.00	1.17
NUM. DIAS CON NIEBLA	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.00	0.13
NUM. DIAS CON NEVADA	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA

NORMALES CLIMATOLOGICAS

ESTACION CLAVE 19-0996 UNION HIDALGO, UNION HIDALGO, OAX.

LATITUD (N) 16-28 LONGITUD (W) 94-50 ALTITUD 10 MSNM ORG. S.R.H.

PERIODO GENERAL DE DATOS DESDE 1941 A 1970

PARAMETROS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURAS														
MAXIMA EXTREMA	28	40.0	39.0	39.0	39.5	41.0	40.0	39.0	40.0	39.0	37.0	38.0	37.0	41.0
FECHA (DIA/AÑO)		V5/47	V5/V5	V5/V5	28/49	V5/V5	06/45	16/45	V5/48	V5/48	V5/V5	V5/V5	V5/V5	V5/05/V5
PROMEDIO DE MAXIMA	28	32.4	34.4	36.4	34.4	34.7	32.4	32.5	34.4	31.9	34.4	34.1	34.9	33.5
MEDIA	28	24.3	25.1	26.9	28.6	29.6	28.9	28.2	28.4	27.6	26.6	25.7	26.5	26.9
PROMEDIO DE MINIMA	28	19.4	19.8	21.5	23.3	24.3	23.7	23.7	23.7	23.3	22.5	21.4	20.2	22.2
MINIMA EXTREMA	28	11.0	12.5	14.7	17.0	19.0	19.5	19.0	20.6	18.0	14.0	13.5	12.0	11.0
FECHA (DIA/AÑO)		V5/V5	12/55	16/51	V5/60	14/67	04/59	01/50	20/50	25/66	24/57	30/59	28/67	V5/01/V5
OSCILACION	28	9.4	10.6	10.8	10.8	10.6	9.5	9.1	9.5	8.6	8.5	8.7	8.7	9.5
PRECIPITACION														
TOTAL	28	2.2	3.8	2.6	3.5	93.2	273.6	160.5	185.9	248.1	115.4	17.2	2.1	1074.1
MAXIMA	28	37.4	80.0	29.0	48.5	194.1	735.1	519.7	588.5	547.9	441.0	325.0	47.2	735.1
FECHA (AÑO)		43	68	52	66	51	51	50	69	70	50	61	69	06/51
MAXIMA DEL MES EN 24 HRS.	28	34.0	80.0	22.0	47.5	94.0	216.5	160.0	100.0	175.0	198.0	112.0	47.2	216.5
FECHA (DIA/AÑO)		06/43	11/68	02/52	23/66	31/51	11/44	17/60	23/53	12/52	11/50	04/61	06/69	11/06/44
MINIMA	28	2.0	0.5	1.5	1.2	1.0	54.5	13.0	19.8	42.5	2.0	1.0	1.5	0.5
FECHA (AÑO)		V5	59	43	44	58	63	65	57	53	67	V5	61	02/59
EVAPORACION	22	208.2	212.2	252.4	256.5	242.2	191.4	222.8	217.7	176.6	196.5	205.1	200.5	2601.7
VISIBILIDAD DOMINANTE														
FRECUENCIA DE ELEMENTOS Y FENOMENOS ESPECIALES														
NUM. DIAS CON LLUVIAS APREC.	28	0.33	0.42	0.39	0.82	4.39	12.00	10.07	10.03	11.78	3.60	0.75	0.17	57.77
NUM. DIAS CON LLUVIAS INAP.	28	0.07	0.42	0.89	0.85	2.64	4.37	4.14	4.10	4.44	2.57	1.03	0.33	27.00
NUM. DIAS DESPEJADOS	28	22.11	20.33	22.39	20.53	17.46	7.85	10.71	11.78	9.00	15.39	18.68	20.32	194.73
NUM. DIAS MEDIO NUBLADOS	28	6.57	5.89	6.60	7.32	9.64	10.18	12.42	11.68	11.25	10.71	8.57	7.67	108.90
NUM. DIAS NUBLADOS/CERRADO	28	2.25	1.85	2.00	2.21	3.89	12.03	7.93	7.46	9.75	6.89	2.82	3.00	63.16
NUM. DIAS CON NIEBLA	27	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.09
NUM. DIAS CON GRANIZO	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
NUM. DIAS CON HELADAS	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.39
NUM. DIAS CON TEMP. FRIA.	28	0.03	0.00	0.25	0.14	1.92	3.68	3.21	2.07	2.00	0.60	0.10	0.07	14.27
NUM. DIAS CON NIEBLA	28	0.03	1.07	1.64	0.69	1.00	0.11	0.42	0.00	0.00	0.32	0.75	1.00	6.02
NUM. DIAS CON NEVADA	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ESTADISTICAS POR ENTIDAD FEDERATIVA

OAXACA 1985

I DATOS GENERALES

Superficie Territorial Km²	Densidad Demográfica Hab.	Total de Localidades No.	Población Total No.	Población Económicamente Activa No.	Densidad Demográfica Hab/Km²	Tasa de Crecimiento Demográfico
93 952	170	4 570	3 196 755	1 [illegible]	[illegible]	[illegible]

II ELECTRIFICACION RURAL

Localidades	Total	Electrificadas	%	Pendientes	%
[illegible]	1 [illegible]	[illegible]	[illegible]	1 231	[illegible]
[illegible]	3 [illegible]	1 [illegible]	57	1 [illegible]	43
[illegible]	4 [illegible]	1 [illegible]	[illegible]	1 [illegible]	[illegible]
MARGINADAS	1 [illegible]	2 [illegible]	[illegible]	[illegible]	17

BENEFICIOS Y OBRAS REALIZADAS PERIODO 1985

CASOS DE POSTE ELECTRIFICADOS	710
CONTRATOS CONCLUIDOS	2 277
POSTES INSTALADOS EN REDES	5 613
KILOMETROS DE LINEAS (Fuente [illegible])	[illegible]

INVERSION: [illegible]

(Millones de pesos)

III CENTRALES GENERADORAS

Centrales No.	Tipo	Particulares No.	Potencia MW	Bruta	Generación GWh	Bruta	Combustible Consumido en 10^3 m³	Combustible Kcal. x 10^6
3	H	5	156		562		-	-
TOTAL 3		5	156		562		-	-

IV INFORMACION COMERCIAL

Tarifa	Concepto	Usuarios No.	Ventas GWh	Ingresos $ Millones	Tarifa Promedio Centavos/kWh	Ingreso Medio $/usuario	Precio Medio Pesos/kWh
1	ADMINISTRA	136 865	127	942	1	6	7.0
1A	[illegible]	123 344	106	700	1	7	6.7
2	GENERAL HASTA 25 KW DE DEMANDA	30 348	69	901	3	30	13.0
3	GENERAL PARA MAS DE 25 KW DE DEMANDA	175	7	113	45	646	16.0
4	BOMBEO DE AGUA POTABLE Y TOMATILLERAS	4 587	14	52	4	11	4.3
5	ALUMBRADO PUBLICO	1 277	36	250	20	196	6.9
6	BOMBEO DE AGUA POTABLES O RIEGOS	631	23	176	36	279	6.0
7	TEMPORAL	845	1	20	1	24	20.0
8	GENERAL DE ALTA TENSION	120	115	1 347	1[illegible]	2 711	9.0
9	RIEGO AGRICOLA	3 151	9	17	1	5	1.6
10	ALTA TENSION PARA OCIOSTA	-	-	-	-	-	-
11	ALTA TENSION PARA EXPLOTACION	-	-	-	-	-	-
12	Y BOMBEOS DE MINERALES	-	-	-	-	-	-
13	GENERAL PARA TODO EL RAMO A 50 KV Y SUPERIORES	3	660	3 142	152 333	1 047 333	4.8
	TOTAL	320 700	[illegible]	7 613	2	23	7.9

GOLFO DE TEHUANTEPEC

ESCALA 1:500 000

EQUIDISTANCIA DE CURVAS DE NIVEL 200 METROS

PROYECCION TRANSVERSAL DE MERCATOR

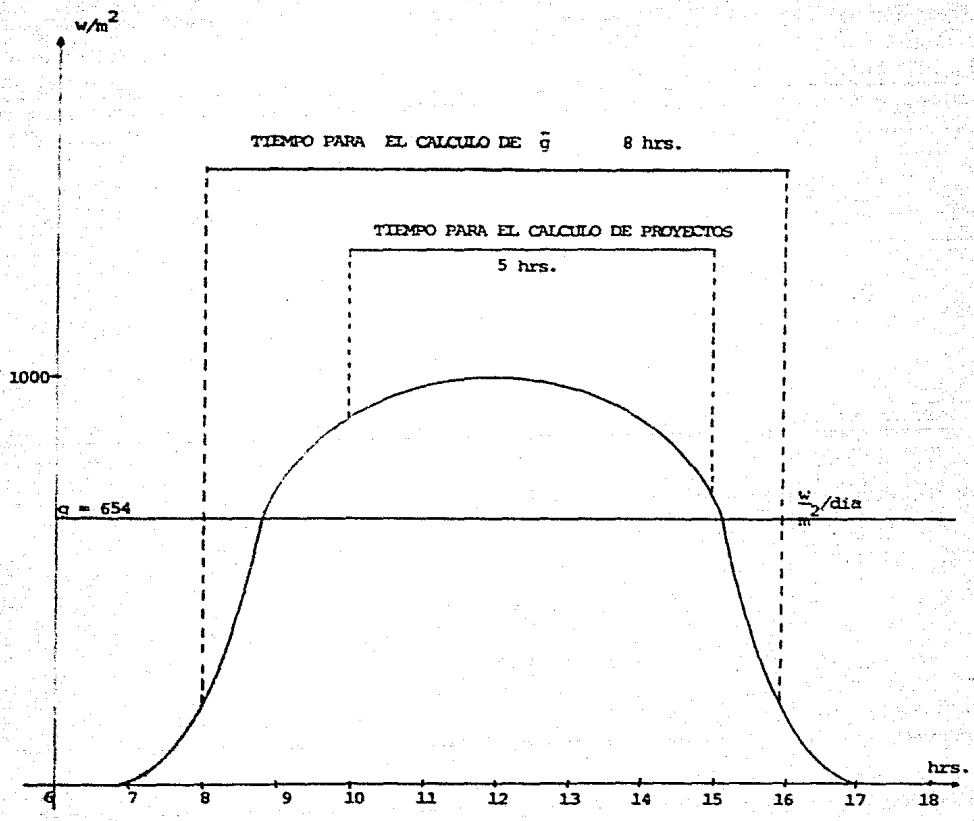
DIAGRAMA DE SITUACION

ZONA OPTIMA DE GENERACION EOLICA Y SOLAR

DIAGRAMA DE CALIDAD

REIMPRESO - En los talleres de Fotolitografía Dirección de Geografía y Meteorología - S.A.

CURVA DE RADIACION SOLAR EN UN DIA



ELEMENTOS.

PANELES FOTOVOLTAICOS.

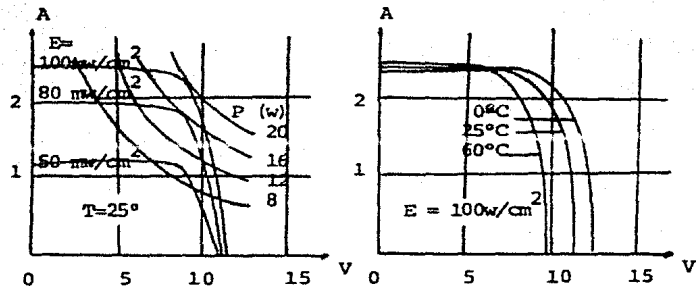
Datos Eléctricos.

Estos módulos son diseñados para cargar baterías ácidas. - Puede hacerse cualquier conexión serie o paralelo.

Datos Eléctricos en función de la Temperatura de las Celdas Solares.

Valores característicos (AM 1.5-100 mW/cm^2)	Temperatura de la Celda solar.		
	0°C	25°C	60°C
Voltaje de circuito abierto (Volts.).	12.3	11.2	9.6
Corriente de corto circuito (Amperes).	2.37	2.41	2.46
Corriente a máxima potencia (Amperes).	2.18	2.20	2.23
Potencia nominal (Watts).	21.3	19.2	16.2

CARACTERISTICAS VOLTAJE/CORRIENTE



BATERIAS.

Una batería recargable es un dispositivo en el cual la energía eléctrica puede ser convertida en energía química, almacenandose en esta forma de energía y siendo reconvertida en energía eléctrica para su uso.

Las baterías están formadas por un conjunto de celdas conectadas en serie para obtener el voltaje deseado, los cuales se llaman celdas recargables.

Para una celda con alta eficiencia, la energía química almacenada cuando se carga la misma, deberá ser similar a la entrada eléctrica, y la energía eléctrica entregada cuando se descarga, deberá ser similar a la energía química transformada en la celda. En otras palabras, el proceso electroquímico deberá ser-

lo más reversible posible.

Una de las baterías que más se han usado hasta la fecha es la de plomo-ácido, la cual es extensamente recomendada para emplearse en sistemas fotovoltáicos. En estos sistemas, las baterías almacenan energía eléctrica proveniente del banco de celdas.

Las celdas recargables consisten esencialmente de un contenedor en el cual, dos placas de plomo están sumergidas, separadas una de la otra, en una solución ácido-agua, con una gravedad específica de aproximadamente de 1.2. Si una corriente directa se hace pasar de una placa a otra a través de la solución ácido-agua, ciertos cambios químicos se llevan a cabo en dichas celdas.

En la superficie de la placa positiva, plomo-metálico es cambiado a peróxido de plomo, mientras que en la superficie de la placa negativa, plomo metálico sólido es convertido en plomo-esponjoso.

Burbujas de hidrógeno se desprenden de las placas, especialmente de la placa negativa. Lo anterior tiene lugar únicamente en la superficie de las placas y cesa cuando el plomo en contacto con la solución ha sido contenido totalmente, quedando la celda cargada con un voltaje aproximado de dos volts. Si en el momento anterior, cuando la celda está totalmente cargada, se conecta una resistencia de la misma, la batería empezará a descargarse.

En el proceso de descarga, el peróxido de plomo de la placa positiva y el plomo esponjado de la placa negativa empezarán a convertirse en sulfato de plomo. En adición a lo anterior se formará agua en el electrolíto y la gravedad específica del ácido será baja.

Esta celda tiene poca capacidad, y es debido a la pequeña cantidad de material activo en contacto con el electrolíto, pero mediante repetidas cargas y descargas de la celda, la penetración del electrolíto a las placas se hace mayor aumentando la capacidad de la celda.

La relación final reversible que se efectúa en la celda cuando ésta se carga y se descarga en la siguiente expresión:

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons 2PbSO_4 + 2H_2O$$

(Placa +) (Placa -) (Placas + y -)

El término de la derecha en la ecuación anterior representa la carga de la celda y el de la izquierda la descarga de la misma.

La capacidad de una batería recargable, está en función de los amperes-hora que puede entregar contínuamente por un tiempo determinado antes de que el voltaje de salida empiece a decaer

de cierto valor mínimo. Este valor mínimo depende del tipo de - baterías y del fabricante. Para baterías estacionarias, la capacidad está basada usualmente en proporción a ocho horas de des-- carga y para baterías de vehículos en una proporción a seis ho-- ras de descarga.

La siguiente tabla muestra el decremento de la capacidad - de las baterías al disminuir el tiempo de descarga y aumentar la corriente de salida.

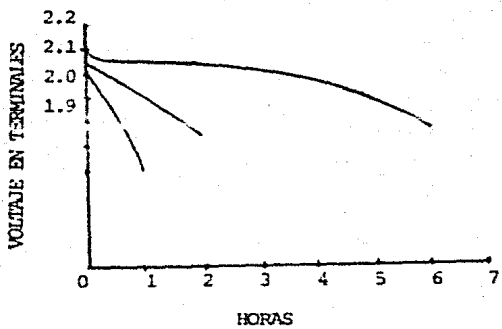
TABLA DE CAPACIDADES PARA UNA BATERIA ESTACIONARIA

Tiempo de Descarga	Amperes	Amp.-Hora	Volt. Min.
8 horas	40	320	1.75
3 horas	80	240	1.75
1 horas	160	160	1.75
1 minuto	400	6.7	1.75

Las baterías de ácido plomo tienen grandes capacidades de- sobrecarga. En baterías de vehículos, en particular, grandes ca- pacidades de sobrecarga son requeridas en el momento del arran-- que.

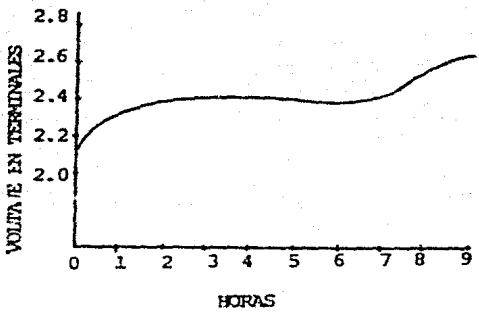
La eficiencia de las baterías disminuye también para gran- des sobrecargas, esto es, la eficiencia es del 50 al 65%, para -

descargas moderadas la eficiencia es del 70 al 75%, para descargas lentas la eficiencia es arriba del 80%.



La carga de las baterías se llevará a cabo conectando la salida de los páneles a los bordes de las mismas, es decir, la terminal positiva de las fotoceldas al borne positivo de las baterías y lo mismo con las respectivas terminales negativas de los páneles y banco de baterías. Para evitar una circulación de corriente del banco de baterías, los páneles se conectan a un diodo de bloqueo. Para que el banco de baterías se pueda cargar, se requiere de 2.1 a 3 volts por celda, esto es, para cada acumulador se requerirá un voltaje de 13.2 a 18 volts., el cual será entregado por los páneles fotovoltáicos.

Una curva de carga a voltaje constante es mostrada en la siguiente figura.



CONVERTIDORES DE CORRIENTE DIRECTA A CORRIENTE ALTERNA (INVERSORES).

La proliferación de los sistemas de generación fotovoltáicos ha traído consigo la necesidad de producir equipos que permitan la utilización óptima de tal generación y aunque por el momento el costo de producción de los páneles solares representa el mayor obstáculo para el mejor aprovechamiento de este recurso, tambien los equipos mencionados requieren de mayor atención ya que es principalmente de ellos de los que depende la calidad del servicio a prestar.

Dentro de estos equipos, los que permiten la conversión de la energía en corriente directa proveniente de los páneles a corriente alterna, la forma más comun de utilización, juegan un papel muy importante, ya que es aqui donde deberán de manejarse conceptos como los de factor de potencia, frecuencia fundamental de la señal alterna y sobre todo la capacidad de manejo de potencia.

En la actualidad los inversores son equipos de estado sólido que utilizan en forma general tiristores de potencia, que permiten el manejo de grandes corrientes y algunos componentes pasivos para filtrar, tanto las señales de entrada como las de salida.

El manejo del factor de potencia se realiza controlando el ángulo de disparo de los tiristores, mientras que el control sobre la frecuencia fundamental se realiza por medio de filtros sintonizados con tal frecuencia, evitando asi grandes pérdidas por calentamiento o mal funcionamiento de los equipos, principalmente de cargas motrices.

La mayoría de estos equipos estan equipados con transformadores de C.A. para aislar electricamente a una parte de la otra.

El problema principal al que se enfrentan estos equipos es el hecho de que dado la característica dinámica de la carga y de la generación, debe existir un compromiso entre los diferentes conceptos ya mencionados, pudiendose presentar condiciones de baja carga con gran disponibilidad, o por el contrario, es decir durante la noche, gran carga, con poca disponibilidad manteniendose en ambas condiciones las características adecuadas de la señal alterna.

Aunado a esto, existen las condiciones climatológicas que-

afectan a todo elemento electrónico y considerando que tales instalaciones se encuentran ubicadas en lugares remotos y con condiciones climatológicas en ocasiones extremas, debe considerarse todo lo anterior para la selección de un inversor, en función de los parámetros mencionados.

REGULADORES DE CARGA Y DESCARGA.

Las baterías juegan un papel muy importante como medio de almacenamiento de energía en los sistemas fotovoltáicos, pero requieren de un sistema de control capaz de regular el flujo de energía, tanto cuando se entrega para ser almacenada, como cuando es requerida para ser utilizada, ya que tal utilización en forma arbitraria no permitiría el buen funcionamiento del sistema en general y disminuiría notablemente la vida útil de tales elementos.

Al igual que a otros elementos, puede decirse que la energía solar se adelanto al desarrollo de la tecnología para la construcción y diseño de tales reguladores y ha sido solo a últimas fechas cuando se ha acrecentado el afan por investigar y mejorar estos dispositivos ya que sin ser el punto base para los sistemas solares, si son importantes para su utilización práctica.

Las baterías son elementos que presentan en general dos

grandes problemas, variación de su comportamiento con la temperatura y disminución notalbe de la vida útil si no se regulan los flujos de energía, o ciclos, mejor conocidos.

La no utilización de reguladores podría provocar que durante la noche las baterías se descarguen pasando por los páneles solares, es por tal que el primer regulador que se utilizó fue un diodo que no permitiera tal flujo inverso, posteriormente durante el día el diodo no es capaz de restringir elpaso de corriente hacia el bando de acumuladores haciendose necesario tal control mediante elementos que detectaran los voltajes de las celdas y decidieran sobre la conveniencia o no del flujo de corriente, eso por el lado de la carga, por el lado de la descarga se presenta algo similar, ya que al detectarse bajos voltajes en las celdas debe interrumpirse la extracción de energía para no dañar mayormente a la batería.

La mayoría de los reguladores son dispositivos electrónicos los cuales toman las decisiones antes mencionadas para el adecuado funcionamiento de todo el sistema.

TRANSFORMADOR.

Se cuenta con transformadores con relación 1:1 cuyas características son:

- Mantener una regulación constante de voltaje en la línea, con el fin de poder llevar a cabo suministro eléctrico adecuado.

- Aislar el sistema electricamente.

- Cuenta con sistema propio de protección a base de fusibles de expulsión.

- Nos permite hacer la distribución la energía en 127 volts.

- Se puede repartir la carga en sus tres terminales.

DISEÑO DE LA CARGA ELECTRICA.

Tomando en cuenta las normas técnicas para Instalaciones Eléctricas (N.T.I.E.), se hara el cálculo de la carga eléctrica que representa un pueblo, considerando las casas habitación, así como los servicios indispensables como son:

- Clínica.
- Molino para nixtamal.
- Tienda.
- Sistema de bombeo de agua.
- Alumbrado.

- Telefonia.

- Escuela.

Casas habitación:

Se propone un tipo de casa rural con instalación eléctrica convencional, de tal forma que cada familia pueda disponer de los beneficios que genera el servicio eléctrico, tales como radio, televisión, iluminación, etc.

De acuerdo con la N.T.I.E. se considera que por cada lámpara instalada se tendra una carga de 125 watts y por cada contacto el equivalente a 180 watts.

Del esquema de la casa se tiene que:

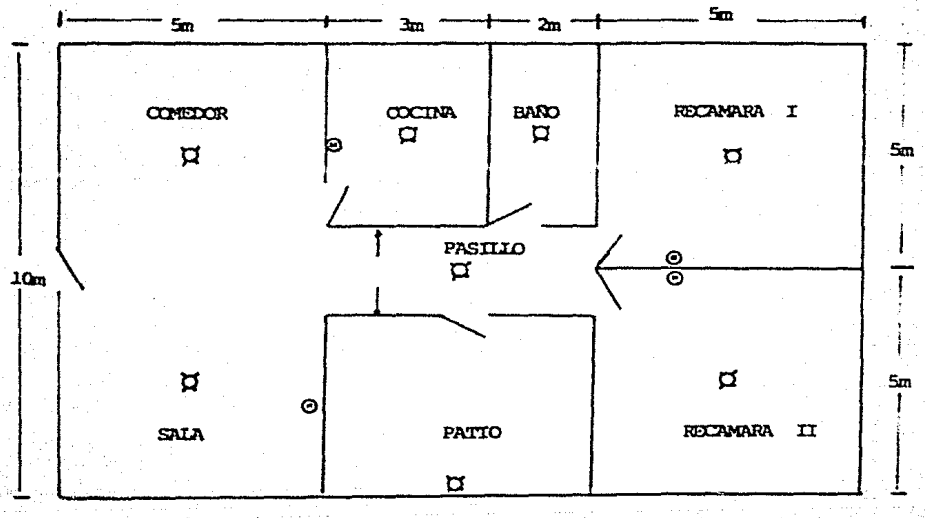
8 lámparas	x 125 W	=	1000	W
4 contactos	x 180 W	=	720	W
			1720	W

La potencia instalada de la casa es de 1720 Watts.

REGIMEN DURANTE EL DIA

Lugar	Carga	Hrs.	Horario - Promedio
Comedor	1 lámpara	2	de 6:00 - 7.00 y de 19.00 - 20.00 Hrs.
Sala	1 lámpara	3	de 19.00 - 22.00 Hrs.
	1 contacto	5	de 6.00 - 8.00 y de 19.00 - 22.00 Hrs.
Cocina	1 lámpara	2	de 6.00 - 7.00 y de 19.00 - 20.00 Hrs.
	1 contacto	(*)	
Baño	1 lámpara	3	de 6.00 - 7.00 y de 19.00 - 21.00 Hrs.
Pasillo	1 lámpara	2	de 6.00 - 7.00 y de 20.00 - 21.00 Hrs.
Patio	1 lámpara	1	de 19.00 - 22.00 Hrs.
Recamara 1	1 lámpara	2	de 6.00 - 7.00 y de 21.00 - 22.00 Hrs.
	1 contacto	1	de 21.00 - 22.00 Hrs.
Recamara 2	1 lámpara	2	de 6.00 - 7.00 y de 21.00 - 22.00 Hrs.
	1 contacto	1	de 21.00 - 22.00 Hrs.

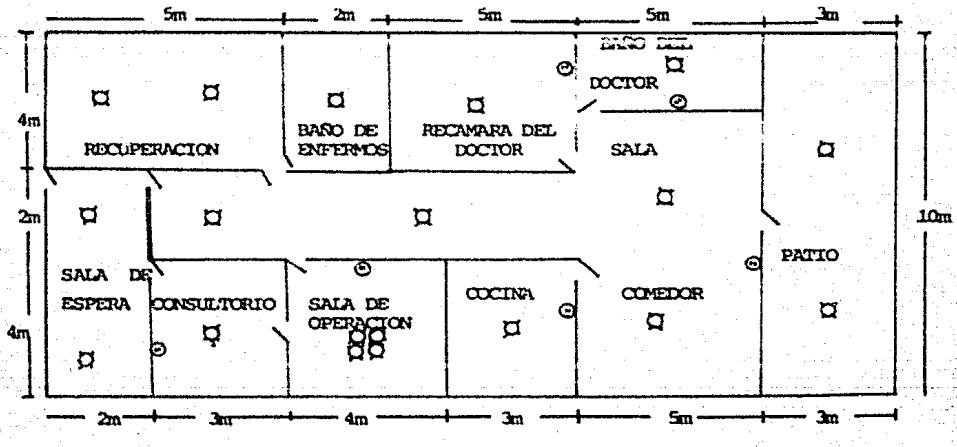
(*) Se consideran 5 casas con carga continua y tomando en cuenta 12 Hrs. promedio de uso se tiene que: 180 W x 12 = 2160/24 Hrs. = 90 W.



ESQUEMA DEL MODELO DE CASA PROPUESTO

Clínica.

La clínica contará con todos los servicios, según esquema- que se presenta a continuación:



La carga instalada será:

19 lámparas x 125 W = 2375 W

6 contactos x 180 W = 1080 W

3455 W

Debido a la imprevisibilidad de la ocurrencia en la utilización de los servicios de la clínica, el horario de uso se encuentra indeterminado, por lo que se consideran datos críticos -

para el diseño, es decir en las horas pico.

REGIMEN DURANTE EL DIA

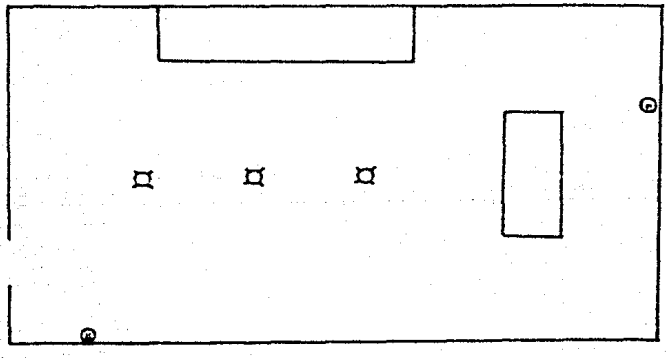
Lugar	Carga	Hrs.	Horario Promedio
Sala de esp.	2 lámparas	1	de 19.00 - 22.00 Hrs.
Consultorio	1 lámpara	2	de 18.00 - 20.00 Hrs.
Sala de op.	4 lámparas	3	de 6.00 - 7.00 y de 20.00 - 22.00 Hrs.
	1 contacto	2	de 6.00 - 7.00 y de 20.00 - 21.00 Hrs.
Cocina	3 lámparas	2	de 6.00 - 7.00 y de 19.00 - 20.00 Hrs.
	1 contacto	(*)	
Comedor	1 lámpara	2	de 6.00 - 7.00 y de 19.00 - 20.00 Hrs.
Sala	1 lámpara	2	de 20.00 - 22.00 Hrs.
	1 contacto	6	de 6.00 - 10.00 y de 20.00 - 22.00 Hrs.
Baño Doc.	1 lámpara	2	de 6.00 - 7.00 y de 20.00 - 21.00 Hrs.
	1 contacto	1	de 6.00 - 7.00
Recámara	1 lámpara	2	de 6.00 - 7.00 y de 21.00 - 22.00 Hrs.
	1 contacto	1	de 21.00 - 22.00 Hrs.
Baño enfer.	1 lámpara	1	de 6.00 - 7.00 y de 20.00 - 21.00 Hrs.
Recuperac.	2 lámparas	2	de 6.00 - 7.00 y de 20.00 - 21.00 Hrs.
Pasillo	2 lámparas	2	de 6.00 - 7.00 y de 19.00 - 20.00 Hrs.
Patio	2 lámparas	1	de 19.00 - 20.00 Hrs.

(*) En el contacto de la cocina de la clínica se considera una carga continua.

El horario mostrado en la tabla anterior existen ciertas - superposiciones en cuanto al tiempo de utilización de cada carga, por lo que el excedente se considera como seguridad para el sistema.

MOLINO PARA NIXTAMAL.

El molino tendrá una disposición según se muestra en la - figura:



Consta de un motor de 1 HP de corriente alterna, el cual - estará funcionando durante dos horas diarias: De 6.00 - 7.00 y - de 17.00 - 18.00 además tendrá tres lámparas y un contacto, por- lo que la carga instalada quedara como sigue:

3 lámparas	x	125 W	=	375
1 contacto	x	180 W	=	180
1 motor 1 HP			=	1000
				1555

Carga consumida (2 hrs) (1555) = 3110 W-h

TIENDA.

En este tipo de localidades la tienda quedará dentro de una casa y el aumento de carga no es mucha a lo mas una lámpara extra por lo que tendremos.

1 lámpara 7.00 - 8.00 y de 19.00 - 20.00 Hrs.

Carga instalada = 1 lámpara de 125 Watts.

Se tendra una carga contínua para la tienda, (ya considerada).

BOMBA PARA AGUA.

Las personas consumen un promedio de 120 litros diarios de agua por lo que tiene una necesidad de:

120 x 100 = 12 000 litros = 12 m^3 se tendrá lo suficiente y una reserva para urgencias o crecimiento del pueblo.

En esta zona se tienen manantiales acuíferos con una pro--

fundidad de 5 a 10 metros y el depósito de agua se puede encon-- trar a 10 metros de altura por lo que una bomba centrífuga de - 1 H.P. se tendrá la capacidad suficiente para abastecer el agua- a la población, éste se pondrá a funcionar 3 horas diarias, en - este tiempo se llenará el depósito y sobrará para necesidades de riego de horticultura ahora muy desarrollada entre los campesi-- nos.

1 HP = 1000 Watts (Ver apéndice).

(3 Hrs.) (1000) = 3000 Watts.h

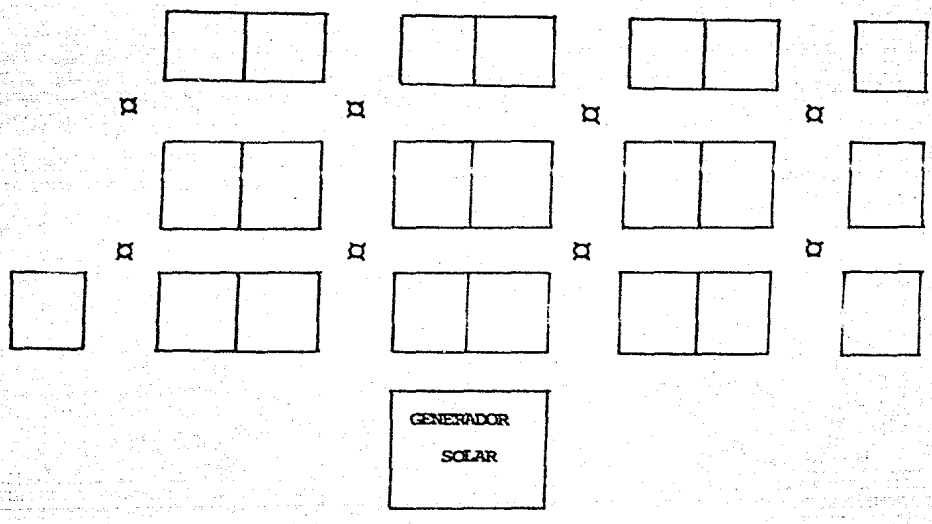
ALUMBRADO PUBLICO.

El alumbrado público será con lámpara de vapor de sodio de 250 Watts y estarán prendidos de 5.00 - 7.00 A.M. de 19.00 a - 23.00 P.M., en pequeños pueblos (como nuestro caso) y caseríos - se colocan lámparas de este tipo en cada esquina de las cuadras- del pueblo.

En promedio hay 5 habitantes por cada casa con lo que ten- dremos.

100 personas/ 5 personas/ casa = 20 casas.

Con la distribución aproximada de un asentamiento humano - idealizado se tendrá.



Carga Instalada = 8 lámparas de 250 W = 2000 W

Carga consumida (6 Hrs) (200 W) = 12.000 W-h

CALCULO DE LA CARGA CONSUMIDA TOTAL DEL PUEBLO EN UN DIA.

CASA	No.		Carga		Hrs.		No. Casas.		
	1	x	125	x	2	x	20	=	5000
	1	x	125	x	3	x	20	=	7500
	1	x	180	x	5	x	20	=	18000
	1	x	125	x	2	x	20	=	5000
	1	x	90	x	24	x	3	=	6480
	1	x	180	x	1	x	15	=	2880
	1	x	125	x	3	x	20	=	7500
	1	x	125	x	2	x	20	=	5000
	1	x	125	x	1	x	20	=	2500
	1	x	125	x	2	x	20	=	5000
	1	x	180	x	1	x	20	=	3600
	1	x	125	x	2	x	20	=	5000
	1	x	180	x	1	x	20	=	3600
CLINICA	2	x	125	x	1	x	1	=	250
	1	x	125	x	2	x	1	=	250
	4	x	125	x	3	x	1	=	1500
	1	x	180	x	2	x	1	=	360
	1	x	125	x	2	x	1	=	250
	1	x	125	x	2	x	1	=	250
	1	x	90	x	24	x	1	=	2160
	1	x	125	x	2	x	1	=	250
	1	x	180	x	6	x	1	=	1080

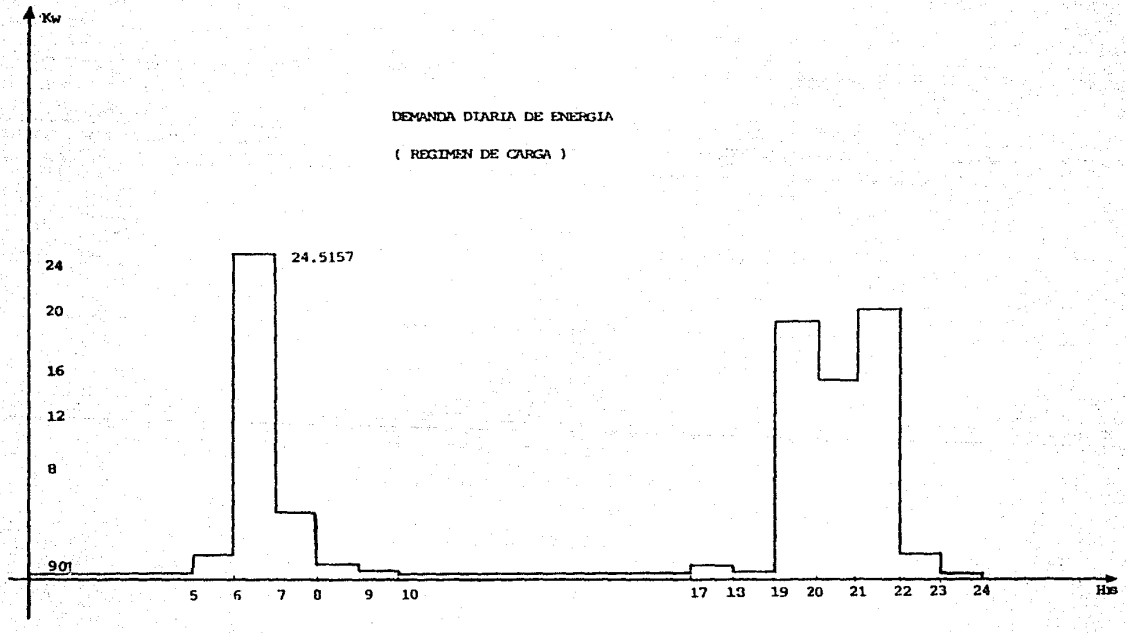
(Continua). CALCULO DE LA CARGA CONSUMIDA TOTAL DEL PUEBLO DE UN DIA.

	No.		Carga		Hrs.		No. Casas.		
	1	x	125	x	2	x	1	=	250
	1	x	180	x	1	x	1	=	180
	1	x	125	x	2	x	1	=	250
	1	x	180	x	1	x	1	=	180
	1	x	125	x	2	x	1	=	250
	2	x	125	x	2	x	1	=	500
	2	x	125	x	2	x	1	=	500
	1	x	125	x	1	x	1	=	125
	1	x	90	x	24	x	1	=	2160
MOLINO	3	x	125	x	2	x	1	=	750
	1	x	745.7	x	2	x	1	=	2000
TIENDA	1	x	125	x	2	x	1	=	250
	1	x	90	x	24	x	1	=	2160
DE BOMBEO	1	x	745.7	x	3	x	1	=	3000
ALUMBRADO	8	x	250	x	6	x	1	=	12000

T O T A L = 105805 W.Hr.
(en un día)

CARGA INSTALADA DEL PUEBLO

	Carga		Cantidad		Instalada
Casa	1595	x	20	=	31900
Clínica	3455	x	1	=	3455
Molino	1555	x	1	=	1555
Tienda	125	x	1	=	125
Bomba	1000	x	1	=	1000
Alumbrado	250	x	8	=	2000
					40035 Watts.


Kw
DEMANDA DIARIA DE ENERGIA
(REGIMEN DE CARGA)
24.5157
24
20
16
12
8
90
5
6
7
8
9
10
17
18
19
20
21
22
23
24
Hrs

CALCULO ELECTRICO DEL GENERADOR SOLAR.

- Carga Instalada 40 kw
- Demanda Máxima 25 kw
- Demanda Diaria 106 kw-h
- Demanda Promedio 4.416 kw

Esta carga se considera en las terminales del transformador, el cual será de relación 1:1 dado que con esto obtenemos una regulación menor del 3% para la carga más lejana, la cual se encuentra a 120 m de distancia por lo que no se consideran conversiones a mayores voltajes.

La capacidad del transformador se calcula a partir de la demanda máxima considerando una eficiencia del 90% y un factor de potencia de 0.85 entonces:

$$P_{nom.} = (D_{máx.})/(\eta)\ (f.p.) = (25)/(0.9)(0.85) = 32.67 \text{ KVA}$$

Escogiendo el valor comercial inmediato superior es de 37.5 KVA

CALCULO DEL GRUPO MOTOR C.D.- GENERADOR C.A.

Considerando que la mayoría del equipo comercial existente funciona en C.A. y además el generador fotovoltáico suministra energía en C.D. Por lo tanto debe seleccionarse un grupo motor -

generador C.D.-C.A. respectivamente, para adaptarse a éstas condiciones.

Para este cálculo se considera lo siguiente:

$$P_{generador} = Pmáx./ (\eta_G) (\eta_M) = 25 \text{ Kw}/(0.9)(0.8) = 34.72 \text{ Kw}$$

Sabiendo que las potencias de los motores se dan en H.P. - se tendrá lo siguiente:

34.72 kw / 746 = 46.54 H.P.

De acuerdo a valores comerciales para este tipo de motores, se tiene un valor próximo a 50 H.P.

El motor de C.D. estará acoplado directamente a la flecha-del generador, con lo cual no tendrá pérdidas en la transmisión. De acuerdo a lo anterior se considera un motor de 50 H.P.

CALCULO DEL BANCO DE BATERIAS.

La capacidad nominal del banco de baterías para la carga - diaria, considera las péridas en el sistema de conversión y distribución.

Para este cálculo se considera la carga diaria en kw-h, la cual es de 106 kw-h.

El voltaje de operación ha sido seleccionado a partir de los datos del motor de C.D. que es de 240 V.

Por pérdidas tenemos:

$$106 \text{ kw}/(0.8)(0.9) = 147.2 \frac{\text{kw-h}}{\text{día}} = 148 \text{ kw-h/día}$$

De acuerdo al resultado anterior y sabiendo que el cálculo de baterías se realiza en función del parámetro A-h, tendremos lo siguiente.

$$I = 148 \frac{\text{kw-h}}{\text{día}} / 240 \text{ V} = 616.33 \text{ A-h/día}$$

Considerando las condiciones climatológicas de la Zona, se tiene en promedio 4 días de nublados contínuos, por lo que las baterías deberán de almacenar la energía necesaria para este período.

Por que se tendrá:

$$I_{total} \quad (616.33 \text{ A-h/día}) \ (4 \text{ días}) = 2466.32 \text{ A-h}$$

Las baterías seleccionadas son de plomo-ácido con:

$V = 12$ V $\quad I = 200$ A-h $\quad \eta = 60$ %

Por lo tanto la corriente de la batería es:

I_B = (200)(0.6) = 120 A-h

Cálculo por voltaje:

Número de baterías en serie = 240/12 = 20

Cálculo por corriente:

Número de baterías en paralelo = 2466.32 A-h/120 A-h = 20.27 = 21

Total de baterías = 20 x 21 = 420
a utilizar.

Cálculo de paneles:

El total de energía consumida en un día es de 148 kw-h/día considerando un factor de 30% de seguridad tendremos:

(148)(1.3) = 192.4 kw-h/día

Considerando 4.5 h de insolación aprovechables en un día.

$P_{generador}$ = (192.4 kw-h/día)/(4.5 h/día) = 42.755 kw

El generador deberá suministrar el voltaje y corriente requeridos, que son:

V = 240 V, I = 42.755 kw/240 V = 178.1458 A

Cálculo por voltaje:
Número de páneles en serie 240 V/12 V = 20

Cálculo por corriente:

Cada módulo fotovoltáico entrega 1.6 A.

Número de páneles en paralelo

178.7458 A/1.6 A = 111.33 = 112

Total de páneles = 20 x 112 = 2240

Para llevar a cabo la carga y la descarga del banco de baterías, aparte del generador fotovoltáico se requieren de dispositivos tales como; regulador de carga y descarga y relevador de transferencia de carga con el fin de dar un adecuado funcionamiento.

MANTENIMIENTO.

Para las características del sistema diseñado, se puede observar que los elementos que requieren principalmente mantenimiento, son el grupo motor-generador, el banco de baterías y el transformador.

El primero, por las mecánicas, los cuales requieren lubricación y cambio de algunas piezas.

De los dos últimos su mantenimiento consiste principalmente en la inspección del líquido que contienen (ácido y aceite correspondientemente).

Para el generador solar el mantenimiento se basa en mantener limpios los páneles de polvo y tener en buen estado las estructuras de soporte de los páneles.

TELEFONIA RURAL.

Este servicio es proporcionado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.), la cual tiene su propio diseño solar.

Dada la importancia que este servicio tiene, en el presente trabajo, se le ha considerado en forma independiente de los demas sistemas, con lo que contará con su propio sistema de generación solar y banco de baterías que suministrará la energía necesaria en C.D.

CALCULO ELECTRICO.

DATOS.

Voltaje de Operación = 13.6 V.

Potencia consumida, por el sistema, en un día, tomando encuenta 3 hrs. de transmisión y el tiempo de espera.

POT = 267.326 W-h

Cálculo del Banco de Baterías.

$$I = \frac{267.326 \text{ W-h}}{13.6 \text{ V}} = 19.656 \text{ A.h}$$

Considerando 4 días de nublados continuos.

(4 días) (19.656 A-h) = 78.6252 A-h

Una batería de 200 A-h nos bastaría para suministrar la energía requerida.

Cálculo de páneles fotovoltáicos.

El voltaje se logra con un solo pánel en serie.

Considerando 4.5 hrs. de insolación aprovechable:

$$\frac{(19.656 \text{ A-h}) \quad (1.5)}{4.5 \text{ h}} = 6.552 \text{ A}$$

PoT Páneles = 20 W

Voltaje = 13.6 V

Corriente aproximada de páneles. = 1.47 A

Por lo que tendremos $\frac{6.552 \text{ A}}{1.47 \text{ A}} = 4.45 =$ 5 páneles en paralelo.

CAPITULO IV

OTROS METODOS COMBINADOS CON LA ENERGIA SOLAR

JUSTIFICACION.

La buena continuidad en el servicio de suministro eléctrico depende en general de los sistemas de distribución, transmisión generación y protección utilizados. El contar con un solo medio para proporcionar el servicio eléctrico, implica la posibilidad de que al presentarse una falla en el sistema se interrumpa el abastecimiento; tales fallas pueden ser cortos circuitos en la carga, en la distribución y/o en la generación, consumiendo una cantidad extra de energía.

En relación al diseño del capítulo III, en la gráfica I se muestra el comportamiento de los niveles de insolación en forma anual, para la zona escogida y sobre ella trazada la línea de generación mínima requerida. Se puede observar que para los meses de Noviembre, Diciembre y Enero dichos niveles decrecen hasta en un 12%, teniéndose en esta época una deficiencia en la producción de energía.

Además en estos meses críticos, se pueden presentar períodos de días nublados continuos que sobrepasan el diseño, que es de cuatro días nublados continuos promedio, pudiendo llegar a el

caso crítico de hasta seis días nublados continuos.

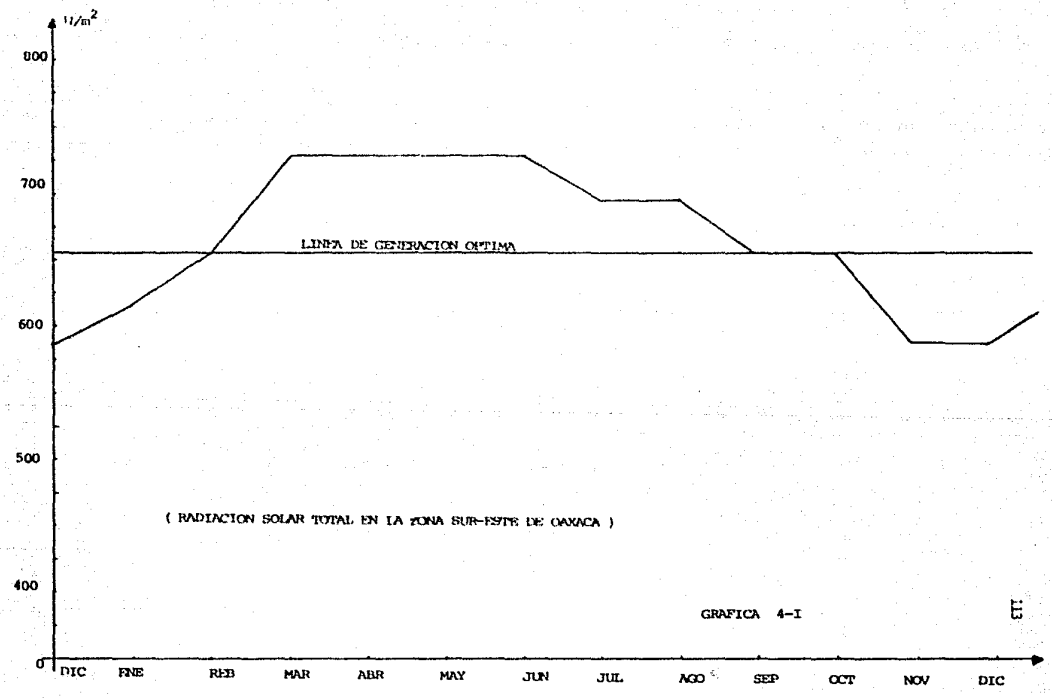
Todo lo anterior muestra la necesidad de reforzar el sis-- tema solar con algun otro método de generación; esto se puede - realizar ya sea utilizando sistemas convencionales de apoyo o - utilizando alguna otra fuente de generación renovable.

Del mapa 4-1 se observa que la zona escogida presenta una- buena cantidad de vientos aprovechables para la generación eléc- trica, es decir, se puede utilizar el viento como fuente de apo- yo en la generación.

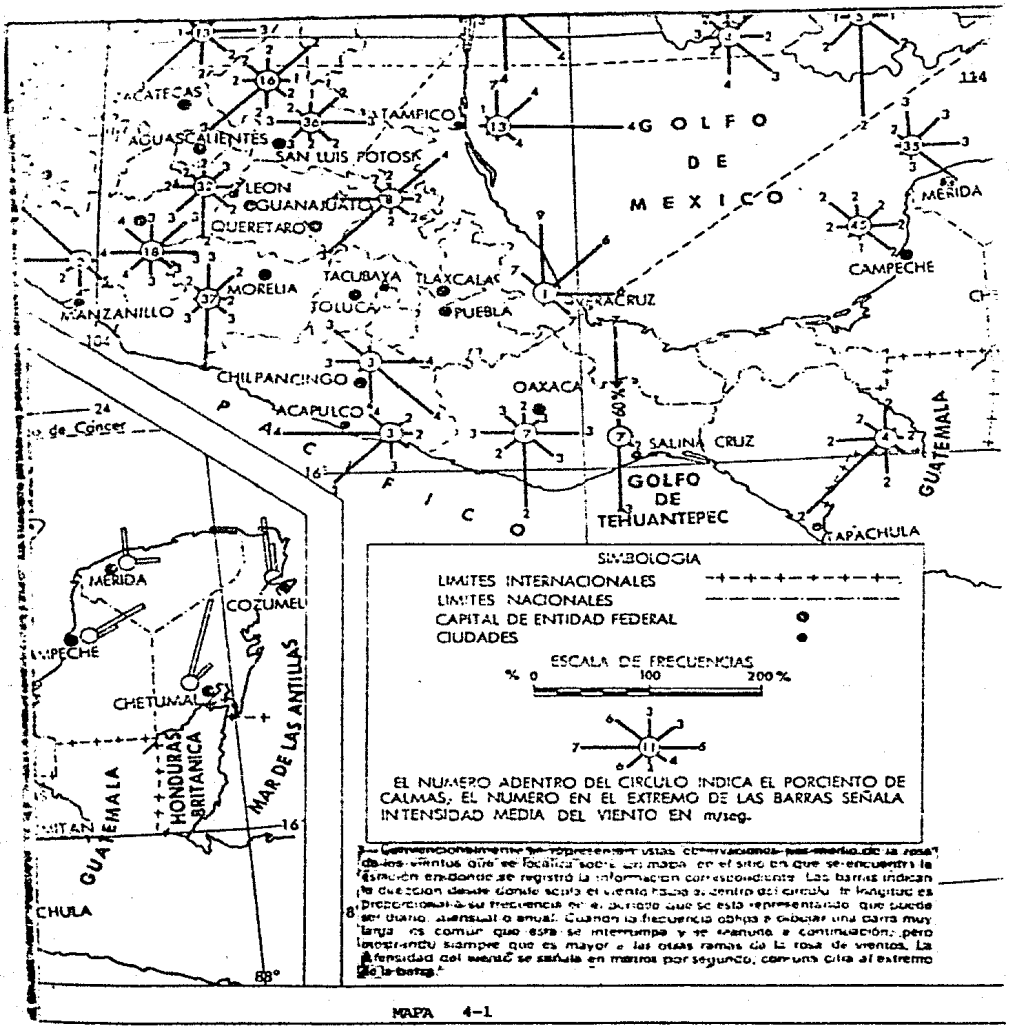
CONDICIONES EOLICAS DE LA ZONA.

De las fuentes de información que se disponen, la más con- fiable es la que proporciona el Servicio Meteorológico Nacional, el cual cuenta con un observatorio ubicado en Salina Cruz, Oaxa- ca. Dicho observatorio registra lecturas diarias del comporta-- miento del viento. (Las estaciones meteorológicas de la zona no- cuentan con este tipo de registros), siendo a partir de estos - registros que se obtiene la gráfica 4-2 y 4-3.

De aquí se puede observar que en los meses críticos para - la generación solar concuerdan con los meses en que el viento es aprovechable para la generación. (Gráfica 4-5).

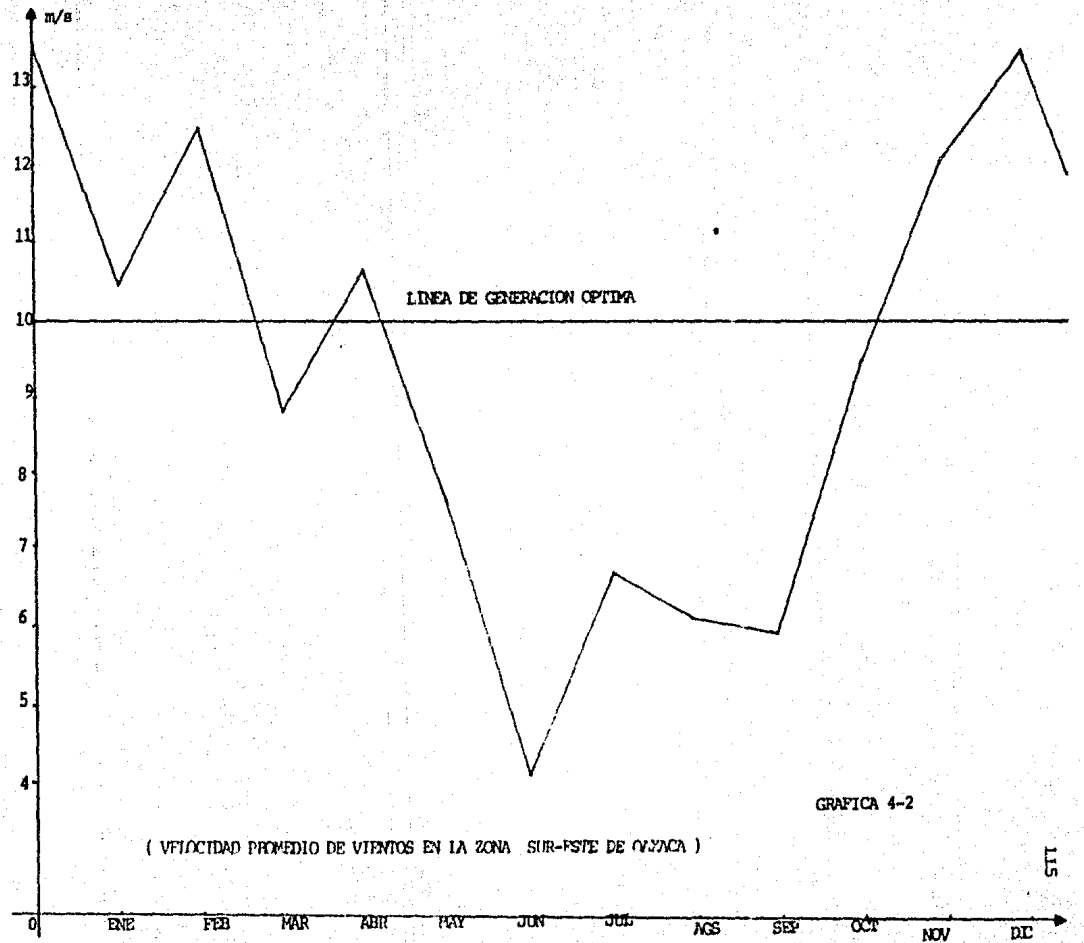

W/m2
800
700
600
500
400
0
LINEA DE GENERACION OPTIMA
(RADIACION SOLAR TOTAL EN LA ZONA SUR-ESTE DE OAXACA)
DIC
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC

GRAFICA 4-I



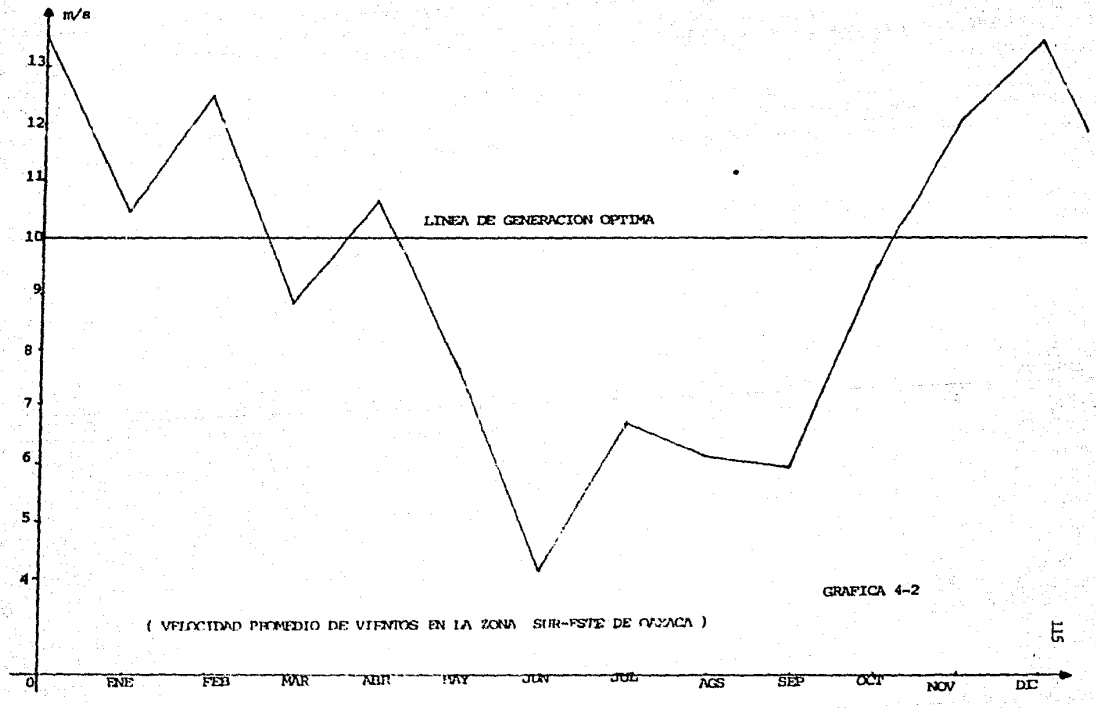
Convencionalmente se representan vistas observaciones del centro de la rosa de los vientos que se localiza sobre un mapa en el sitio en que se encuentra la estación en donde se registró la información correspondiente. Las barras indican la dirección desde donde sopla el viento hacia el centro del círculo. La longitud es proporcional a su frecuencia en el período que se está representando, que puede ser diario, mensual o anual. Cuando la frecuencia obliga a colocar una barra muy larga, es común que esta se interrumpa y se prosiga a continuación, pero identificando siempre que es mayor a las otras ramas de la rosa de vientos. La intensidad del viento se señala en metros por segundo, con una cifra al extremo de la barra.

MAPA 4-1



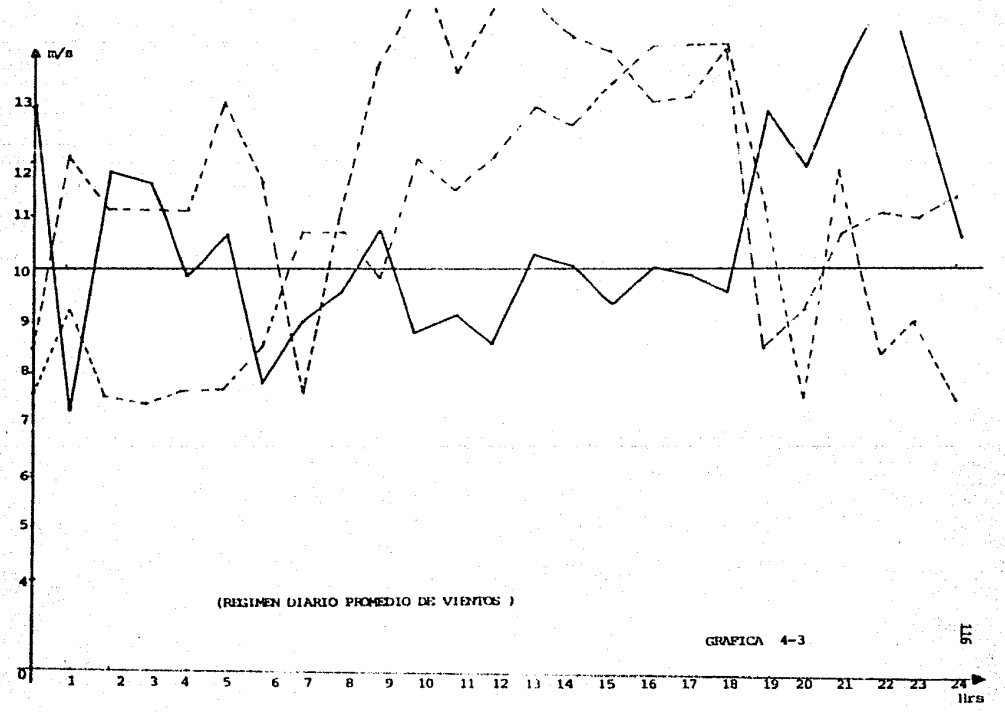
GRAFICA 4-2

(VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTOS EN LA ZONA SUR-ESTE DE OAXACA)



GRAFICA 4-2

(VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTOS EN LA ZONA SUR-ESTE DE OAXACA)



(REGIMEN DIARIO PROMEDIO DE VIENTOS)

GRAFICA 4-3

SARH DIRECCION GENERAL, SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

UNIDAD HIDALGO, UNION HIDALGO
OAXACA. ORG. D.G.E. CLAVE: 20-173 TARJ: 14
COORD: LAT: 16-20 LONG: 094-50 ALT: 0010
VIENTO DOMINANTE. UNIDAD: MTS/SEG.

AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	N^3	N^1	NW^2	N^2	N^1	S^1	W^2	W^2	S^2	SW^1	N^1	N^3
1982	S^3	S^1	SW^2	N^2	N^2	N^1	N^3	N^2	N^2	N^1	N^4	N^3
1983	N^2	NW^2	SW^2	S^1	SW^1	S^1	N^2	N^2	SW^2	NW^2	SW^2	NW^2
1984	N^2	NW^2	N^2	S^1	SW^1	S^1	N^2	S^1	N^2	N^2	N^3	N^3

SAN PEDRO TAPANATEPEC, SAN PEDRO TAPANATEPEC.
OAXACA. ORG. D.G.E. CLAVE: 20-148 TARJ: 14
COORD: LAT: 16-22 LONG: 094-13 ALT: 0035
VIENTO DOMINANTE. UNIDAD: MTS/SEG.

AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	N^2	N^2	E^1	N^1	S^1	N^1	N^1	N^1	E^1	E^1	N^1	N^2
1982	N^2	N^1	S^1	E^1	E^1	E^1	E^1	E^1	N^2	N^2	N^3	N^3
1983	N^2	N^2	N^1	E^1	E^1	S^2	S^1	S^1	S^1	S^1	S^1	S^1
1984	N^2	N^2	S^1	S^1	S^1	S^1	S^1	S^1	S^1	N^1	N^3	N^2

SARH DIRECCION GENERAL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

OSTUTA, SANTO DOMINGO ZANATEPEC.
OAXACA. ORG. D.G.E. CLAVE: 20-082 TARJ: 14
COORD: LAT: 16-30 LONG: 094-26 ALT: 0035
VIENTO DOMINANTE. UNIDAD: MTS/SEG.

AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	N^2	N^2	S^2	S^2	S^2	S^1	N^2	N^1	N^2	N^1	N^1	N^1
1982	S^1	N^1	S^1	S^2	S^1	E^1	E^1	N^2	N^1	N^2	N^1	N^1
1983	N^1	N^1	S^1	S^1	S^1	S^1	N^2	N^1	N^1	N^1	N^1	N^2
1984	N^2	N^2	S^1	S^2	S^1	S^1	S^1	N^1	N^1	N^1	N^2	N^1

CHICAPA, JUCHITAN DE ZARAGOZA.
OAXACA, ORG. D.G.E. CLAVE: 20-027 TARJ: 14
COORD: LAT: 16-35 LONG: 094-49 ALT: 0030
VIENTO DOMINANTE. UNIDAD: MTS/SEG.

AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	N^2	N^2	N^1	N^2	S^1	S^1	N^1	N^2	N^2	N^2	N^2	N^3
1982	N^2	N^3	S^1	S^1	N^1	S^1	N^2	N^2	N^2	N^2	N^2	N^3
1983	N^2	N^2	S^1	S^1	S^1	S^1	N^1	N^1	N^1	N^2	S^1	N^2
1984	N^2	N^4	N^2	S^1	S^1	N^1	N^1	N^1	N^1	N^1	N^2	N^3

ESTAS INDICACIONES FUERON TOMADAS CON VELETA EN LA ESCALA DE BEAUFOR.

1.- DEBIL - 0.0 a 3.3 m/seg.
2.- MODERADO - 3.4 a 7.4 m/seg.
3.- ALGO FUERTE - 7.5 a 12.4 m/seg.
4.- FUERTE - 12.5 a 18.3 m/seg.
5.- MUY FUERTE - 18.3 a 21.5 m/seg.

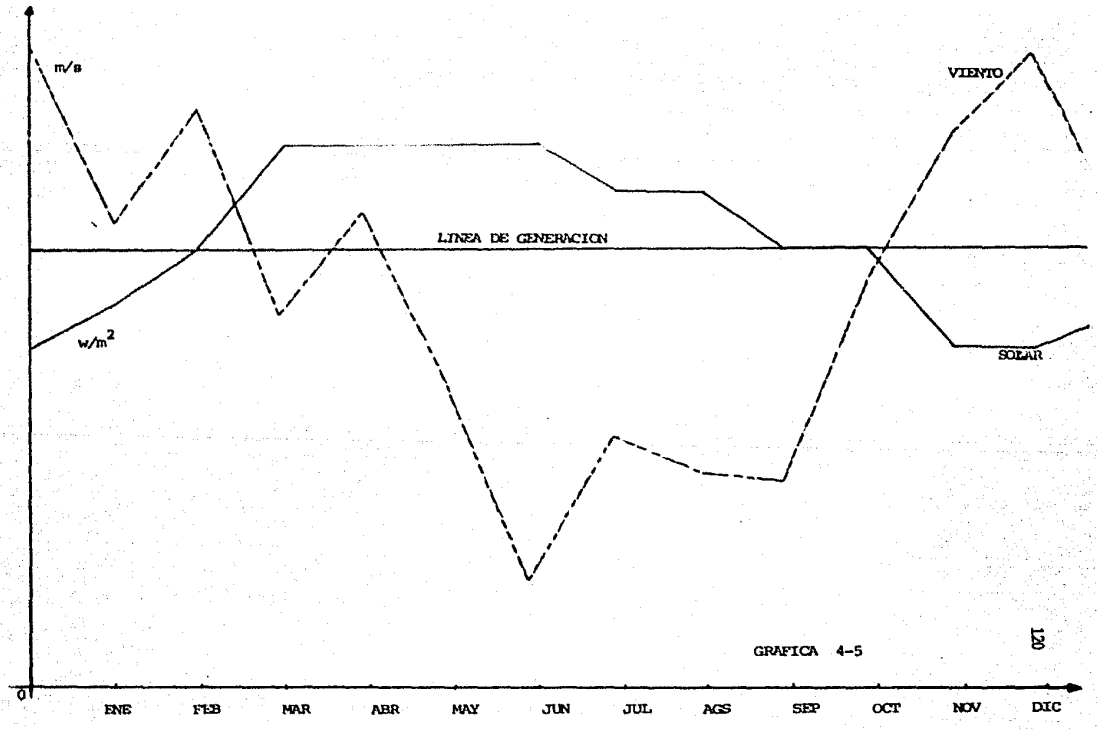
En lo que se refiere a la dirección predominante del viento se encuentra perfectamente definida y resulta ser en dirección Sur-Norte en un 60% y un 40% en otras direcciones. Este hecho no resulta de gran influencia en el funcionamiento de aerogeneradores, dado que la mayoría de estos aparatos cuentan con sistemas de orientación en su posición frontal con respecto a la dirección del viento.

De tal forma, la característica del viento que resulta de mayor importancia es su velocidad, de la cual depende del adecuado funcionamiento de los aerogeneradores.

Para el año de 1986, la velocidad promedio del viento fue de 6.7 m/s y para los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril de 1987 fueron de 14.1, 11.3, 12.4 y 11.2 respectivamente, valores los cuales permiten la utilización de una cierta variedad de aerogeneradores.

SELECCION DEL AEROGENERADOR.

De la gráfica 4-3 se tiene que para los meses de baja insolación se cuenta con un promedio de 11 horas diarias de viento aprovechable para la generación, pero estos valores son válidos para la población de Salina Cruz y considerando que el proyecto abarca una porción mucho más amplia, así como las estaciones meteorológicas de la zona, se puede afirmar que se cuenta con un


m/s
VIENTO
LINEA DE GENERACION
w/m2
SOLAR
0
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGS
SEP
OCT
NOV
DIC

GRAFICA 4-5

promedio mínimo de 7 horas diarias aprovechables para toda la región estudiada.

De acuerdo a lo dicho:

La insolación decrece en un 12%, lo cual nos daria una falta de energía de:

(Consumo total diario) (Deficiencia e la producción) =
(106 kw-Hr) (.12) = 13 kw-Hr.

Considerando las 7 horas de viento aprovechable resulta que:

Capacidad nominal del aerogenerador = consumo/Hrs, aprov.

= 13 kw-Hr/7 Hr = 1.8, es decir en forma practica 2 kw

Cabe señalar que en mercado nacional se cuenta con este tipo de aparatos de hasta una potencia nominal de 5 kw.

En lo que respecta a la forma de generar, ya sea C.D. o C.A., podemos observar de la curva de viento diaria que el régimen de vientos es muy irregular, lo cual nos incapacita para poder acoplarlo directamente a la carga en C.A., siendo por lo cual que se opta por seleccionarlo en C.D. y acoplarlo a el mismo banco de baterías del diseño anterior; obviamente el voltaje-

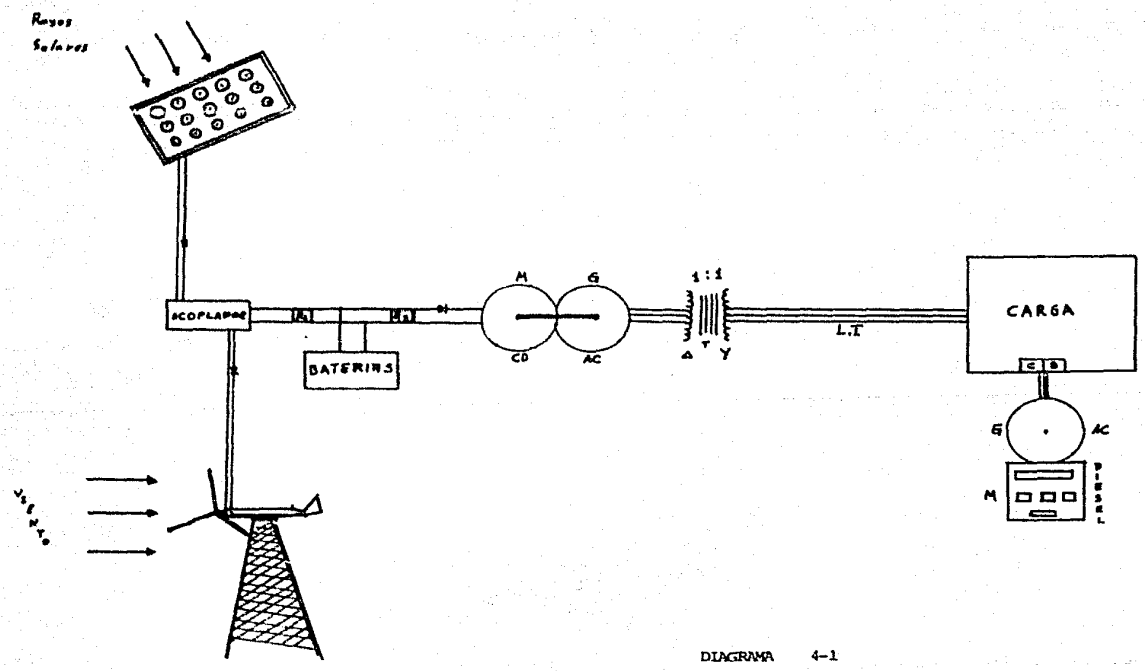

Rayos
Solares
ACOPLADOR
BATERIAS
M
G
CD
AC
1:1
Δ
Y
L.T
CARGA
C
B
G
AC
M
DIESEL
VIENTO

DIAGRAMA 4-1

de operación debera ser el mismo. Tal acoplo se muestra en el diagrama 4-1.

SISTEMAS DE EMERGENCIA.

Considerando que todos los sistemas requieren mantenimiento, o que pueden sufrir fallas que los mantengan fuera de operación por largos períodos de tiempo, se deben de prever tales situaciones con sistemas de emergencia, como podría ser la utilización de un grupo motor de combustión interna-generador sincrono, el cual solo deberá tener la capacidad necesaria para mantener funcionando los servicios más indispensables, como serían parte de la clínica de salud, la bomba de 1 h.p. o parte del alumbrado público, resultando todo esto en una capacidad de generación no mayor de 1.5 kw.

El sistema de telefonía, que es otro servicio indispensable, no se tomo en cuenta para este cálculo ya que cuenta con su propio sistema de generación independiente, aunque no se descarta la conexión a este sistema.

CAPITULO V

APLICACION Y EJEMPLOS

La utilización de la energía eléctrica generada a partir de energía solar, empleando los sistemas convencionales de distribución, utilización y conversión (CD/AC), hacen que la eficiencia del sistema no sea la más óptima.

Considerando el avance tecnológico en convertidores electrónicos (inversores), lámparas de mayor eficiencia y motores de CD de imán permanente, y tomando en cuenta las necesidades reales del consumo de energía eléctrica del tipo de comunidades como la que estamos considerando, se pretende aprovechar al máximo este método de generación eléctrica.

Contando con la experiencia de proyectos ya realizados (ONU, NASA, OEA) en el sentido de que es posible reducir la carga utilizando los dispositivos antes mencionados y ajustándose a las necesidades reales de demanda y por tanto de generación, es posible llevar a cabo un rediseño para nuestro caso en particular.

REDISEÑO.

CASA: En una casa se cuentan con 8 lámparas de vapor de

mercurio que consumen 11 watts (las cuales proporcionan la misma intensidad luminosa que una lámpara incadecente) y que tendrán el mismo régimen de carga de utilización. Se registrará la carga a un contacto de 100 watts, el cual será utilizado de 6.00 a 8.00 y de 19.00 a 21.00 Hrs.

8 lámparas de 11 watts	=	88 watts
1 contacto de 100 watts	=	100 watts
Carga instalada		188 watts

La carga por 20 casas es: (20 casas)(188 watts/casa) = 3 760 watts

CLINICA:

15 lámparas de 11 watts	=	165	W
4 lámparas de 18 watts	=	72	W
3 lámparas de 100 watts	=	300	W
Carga instalada		537	W

MOLINO:

3 lámparas de 11 watts	=	33	W
1 motor de 1 H.P. de CD	=	932.125	W (*)
1 contacto de 40 watts	=	40	W
Carga instalada		1005.125	W

(*) La CFE permite un factor de potencia de 0.85. Al considerar un FP de 0.8 se va a tener una demanda extra de energía, la cual representará un factor de seguridad en nuestros cálculos.

TIENDA:

1 lámpara de 11 W = 11 W

Carga instalada = 11 W

BOMBA:

1 motor de 1 H.P. = 932.125 W (*)

Carga instalada = 932.125 W

ALUMBRADO:

Se cuenta con 8 lámparas de mercurio que consumen 18 W y- tienen un alcance de 15 metros de radio con visibilidad adecuada.

8 lámparas de 18 W = 144 W

Carga instalada = 144 W

CARGA CONSTANTE:

En el pueblo se cuenta con 5 cargas continuas que utili- zan 1/8 de H.P. (*)

Carga instalada = 582.578 W

La carga instalada del pueblo se describe a continuación:

3 760	W.	Carga de las 20 casas
537	W.	Carga de la clínica
1 005.125	W.	Carga del molino
11	W.	Carga de la tienda
932.125	W.	Carga de la bomba
144	W.	Carga del alumbrado
582.578	W.	Carga constante
6 971.828	W.	CARGA TOTAL INSTALADA

Se tiene un factor de demanda de 0.62 (del cap. III).

(6971.828 W) (0.62) = 4 320.053 W.

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR:

El factor de potencia de la carga se considera de 0.80.

$$\frac{4\ 320.053}{0.80}\ W. = 5\ 400.066\ VA = 5.4\ KVA$$

Por lo tanto, se selecciona un transformador con una capacidad de 6 KVA.

CONVERTIDORES:

Los convertidores electrónicos tienen una eficiencia aproximada del 95%.

$$\frac{4\ 320.053}{0.95}\ W. = 4\ 547.424\ W. = 4.547\ KW.$$

De acuerdo al resultado obtenido anteriormente, se escoge un convertidor electrónico de 5 KW.

CARGA TOTAL CONSUMIDA POR EL PUEBLO EN UN DIA

	Tiempo de Operación (Hrs.)		Potencia (W)		Cantidad		Potencia (W-Hr.)
CASA	17	X	11	X	20	=	3 740
	4	X	100	X	20	=	8 000
CLINICA	25	X	11	X	1	=	275
	12	X	18	X	1	=	216
MOLINO	6	X	100	X	1	=	600
	6	X	11	X	1	=	66
	2	X	40	X	1	=	80
	2	X	932.125	X	1	=	1 864.25
	2	X	11	X	1	=	22
BOMBA	3	X	932.125	X	1	=	2 796.37
ALUMBRADO	6	X	18	X	8	=	864
CARGA CONTINUA	12	X	180	X	5	=	10 800
				T O T A L		=	29 232.62 $\frac{Kw-h}{día}$

Tomando en cuenta la eficiencia del convertidor y del transformador, tenemos:

$$\frac{29\ 323.62}{(0.9)(0.95)} = 34\ 296.631\ KW. \quad 35\ KW\ \frac{KW-h}{día}$$

CALCULO DE BATERIAS.

De acuerdo a los datos estadísticos de las Normas Climatológicas se tienen 4 días nublados continuos de la zona en estudio, por lo que se tiene:

$$(35\frac{KW-H}{día})\ (4\ días) = 140\ KW-H$$

El voltaje requerido por los convertidores es de 48 volts y cada batería es de 12 volts, por lo que se tiene:

$$\text{Número de baterías} = \frac{48\ V.}{12\ V.} = 4 \text{ baterías en serie.}$$

CALCULO POR CORRIENTE.

Se tiene:

$$\frac{35\ 000\ VA-H}{48\ V} = 729.17\ A-H$$

Pero cada batería de 200 A-H rinde el 60%, es decir, rinde 120 A-H.

Debido a lo mencionado anteriormente se tiene:

$$\frac{729.17\ A-H}{120\ A-H} = 6 \text{ baterías en paralelo}$$

Total de baterías a utilizar = (4 baterías en serie) - (6 baterías en paralelo) = 24

CALCULO DE PANELES.

Para calcular el número de páneles se toma en cuenta la potencia total consumada por el pueblo en un día y el número de horas de insolación.

$$\text{Potencia generada} = \frac{29\ 323.62\ \text{W-h}}{4.5\ \text{h}} = 6\ 516.36\ \text{W}$$

CALCULO POR VOLTAJE:

El voltaje requerido por el banco de baterías es de 48 volts y el voltaje por cada panel de celdas fotovoltáicas es de 12 volts., por lo que se tiene:

$$\text{Número de páneles en serie} = \frac{48\ \text{V}}{12\ \text{V}} = 4$$

CALCULO POR CORRIENTE:

Considerando la potencia requerida por el pueblo en un día y el voltaje del banco de baterías se obtiene la corriente:

$$\text{Corriente} = \frac{6\ 516.36\ \text{W}}{48\ \text{V}} = 135.75\ \text{A}$$

De esta corriente se obtiene el número de páneles en paralelo teniendo en cuenta que cada panel proporciona un promedio de 1.66 A.

Número de páneles en paralelo = $\frac{135.75 \ A}{1.66 \ A}$ = 81.7 = 82

Número total de páneles = 4 X 82 = 328

Recopilando los datos del generador ejemplificado en el capítulo III y este último se observa que:

Ejemplo del Capítulo III.	Ejemplo del Capítulo V.
Transformador de 35 KVA.	Transformador de 6 KVA.
Motor generador 40 H.P.	Convertidor electrónico 5 KW.
Número de baterías 420.	Número de baterías 24.
Número de páneles 2240.	Número de páneles 328.

CALCULO ECONOMICO A PRECIOS DE MAYO DE 1987.

Un foco convencional que cuesta 1 en p.u. con duración de 1000 horas y una lámpara especial cuesta 20 en p.u. con duración de 10 000 horas con un gasto de energía de 100 W y 11 W respectivamente.

Las líneas de transmisión de 13 KV tienen un costo de $ 14 millones por cada kilómetro de línea y $ 0.5 millones por cada poste colocados cada 50 metros.

La línea monofásica tiene un costo de $ 4 millones por cada kilómetro de línea.

Teniendo en cuenta que en la zona elegida para el ejemplo- existen poblaciones que se encuentran alejadas un promedio de 8- kilómetros de la línea de transmisión, por lo tanto se hará el - análisis de acuerdo al dato antes mencionado.

LINEA DE 13,8 KV TRIFASICA

Línea	$ 112 000 000
Postes	$ 80 000 000
Transformador	$ 150 000
T o t a l	$ 192 150 000

LINEA MONOFASICA

Línea	$ 32 000 000
Postes	$ 80 000 000
Transformador	$ 150 000
T o t a l	$ 112 150 000

Las baterías de 200 A-H tienen un costo aproximado de - $ 75 000.

Los páneles fotovoltáicos tienen un precio aproximado de $ 250 000.

EJEMPLO DEL CAP. III.

Transformador	$	150 000
Motor-generador	$	20 000 000
Baterías	$	31 500 000
Páneles	$	560 000 000
T o t a l	$	611 650 000

EJEMPLO DEL CAP. V.

Transformador	$	150 000
Convertidor eléctrico DC/AC	$	10 000 000
Baterías	$	1 800 000
Páneles	$	82 000 000
T o t a l	$	93 950 000

Este análisis económico no toma en cuenta la depreciación- ni vida útil del equipo solo los costos de adquisición y montaje.

La vida útil de una línea de transmisión es de 30 años.

La vida útil de un motor/generador es de 10 a 15 años.

La vida útil de un convertidor electrónico es de 10 años.

La vida útil de un panel solar es de 25 a 50 años.

La línea de transmisión se tarda en instalar un año y un - sistema fotovoltáico de las dimensiones requeridas 3 a 4 meses.

C O N C L U S I O N E S

Tomando en cuenta las necesidades energéticas mundiales se prevee la necesidad de aprovechar nuevas fuentes de energía que sean principalmente del tipo renovable, es por esto que los países con mayor grado de industrialización se han ocupado en el desarrollo de nuevas tecnologías para aprovechar este tipo de energía.

El avance tecnológico que se ha suscitado en este campo, no ha llegado a obtener las máximas eficiencias de estos recursos, por lo que su aplicación actualmente resulta costosa. En el futuro inmediato, las tecnologías desarrolladas tendrán una gran aplicación en el mercado energético, con lo cual su precio será competitivo con las fuentes energéticas convencionales.

En nuestro país se cuenta con pocos estudios relacionados con el aprovechamiento de fuentes renovables de energía. Actualmente se cuenta con algunas instituciones que realizan este tipo de estudios (UNAM, IPN, IIE, etc.), pero su grado de avance no es muy grande, por lo que hay un gran campo por desarrollar en esta área, tanto en la investigación como en su aplicación. Por lo cual este estudio se enfoca principalmente al aprovechamiento de la energía solar reforzada por la energía eólica (sistema híbrido) para la generación de electricidad.

De los métodos de generación eléctrica por medio solar, - los más apropiados para la aplicación en pequeña y mediana escala son: La conversión fotovoltáica y la concentración solar. De estos, el más factible para su aplicación en nuestro país es el- fotovoltáico, el cual se utilizo para el diseño de los ejemplos.

De la investigación y diseño se observó la deficiencia en- los datos de energía solar a nivel nacional, por lo que para un- buen diseño se tendrán que realizar estudios más completos de - los parámetros necesarios para éste, los cuáles deben tener un - año de duración mínima de la zona en que se desee instalar una - planta que utilice el sistema antes mencionado.

En el presente trabajo se mencionan los instrumentos que - se utilicen en la medición de energía solar así como las técni-- cas para evaluar tal información.

En la aplicación del diseño, se llegan a presentar defi- - ciencias y contratiempos que afectan en el aprovechamiento del - sistema, por lo que su operación se debe de complementar con - otro medio de generación que utilice estos recursos, los cuáles- deberán ser estudiados según la zona en que se desee aplicar. - Para nuestro caso, el viento, que presenta el mismo contratiempo (falta de datos, aunque en menor escala), reforzando el suministro eléctrico por medio de un aerogenerador, convirtiéndolo en - un sistema de generación híbrido. Con este nuevo sistema se -

trata de obtener un mayor grado de eficiencia en el suministro - eléctrico y fortaleciendo al sistema por medio de un grupo halogeno para fallas totales del anterior sistema.

Por consiguiente para obtener el óptimo aprovechamiento de la energía eléctrica que se genera a partir de recursos renovables, se deben realizar estudios reales de consumo eléctrico de las poblaciones a las que se le suministre el servicio, así como la utilización de equipo de mayor eficiencia.

La principal aplicación de este tipo de generación en nuestro país es para las poblaciones que se encuentran lejos de la disponibilidad de los servicios convencionales, y que en un futuro éste sistema eléctrico se pueda interconectar a las líneas de transmisión convencionales, o agrandar su capacidad. Dada su - gran facilidad en su manejo por módulos fotovoltáicos.

Las plantas solares son aprovechadas para abastecer la - energía en horas pico de consumo y en forma simultánea para el - ahorro de combustible de termoeléctrica en las cuales se logra - un ahorro de hasta el 40% de combustible.

APENDICE

NOTAS Y CONSTANTES.

- Para los casos en que se necesita saber la cantidad de - energía eléctrica que consume un motor de 1 HP se toma como 1 KW para tener una cantidad extra de energía para seguridad.

En los casos de equivalencia directa se tiene:

1HP = 745.7 W

$$- Q \left[\frac{Cal}{cm^2 \ día} \right]$$

$$g = Q \times 1.45375 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$ (Valor obtenido tomando en cuenta 8 horas de insolación aprovechable).

$$g = \frac{(Q \times 4.1868 \times 10^{-2})\ 10^6}{h \times 3600 \ seg.} \left[\frac{J}{Seg \ m^2} \right]$$

Fotografías de las pajinas 12 y 15 cortecia del Instituto de Geofisica de la U.N.A.M.

Fotografía de la pajina 20 cortecia del laboratorio de investigaciones solares de la U.N.A.M.

B I B L I O G R A F I A

- Estadísticas por Entidad Federativa 1985.
  Comisión Federal de Electricidad.

- Sensos Regionales de Población y Vivienda 1985.
  Oaxaca, 1985.

- Normales Climatológicas Período 1941-1970.
  México, 1987.
  Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional
  SARH.

- Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.
  SECOFI IPN.

- Manual de Fórmulas Técnicas.
  Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México
  Kurt Gieck, 18ª. Edición.

- Revista Solar.

- Intercomposición de Sensores Acticométricos 1983.
  A. Mota y M. Valdez.
  Instituto de Geofísica UNAM.

- Baterias y Cargadores para Control en Instalaciones de Distribución AISA.

- Sistemas Fotovoltáicos de Potencia para las Zonas Rurales de los Países en Vías de Desarrollo.
  NASA Technical Memorandum.
  Levis Rosenblu M., William J. Bifom.
  Geral F. Hein Anton y F. Ratajezax.
  NASA Enero 1980.

- Solar Energy, Vol. 36 No. 1 1986, Pergoman Press Led.

- Atlas del Agua de la República Mexicana.
  SARH.

Título: Aplicaciones de la Energía Solar.

Autor: ADEN B.

Ed. REVERTE, S.A.

Título: La Energía Solar.

Autor: Jiv Wilson.

Ed. ALHAMBRA.

- Memorias de Curso de Actualización en Energía Solar.

- Rev. Evolución, Tomo I.

- Estudio del Clima Solar en la República Mexicana.
  I. Radiación Solar Total.
  Por Ignacio Galindo y Adolfo Chávez.

- Generación Potencia Eléctrica Ciclo Broyton.
  López Fermando Vicente Gillman.

- Generación de Energía Eléctrica mediante Energía Solar.
  Poscacio Miguera Hugo.

- Nuevas Fuentes de Energía para Producción y Substitución de Energía Eléctrica.
  Rueda de la

- Utilización de la Energía. Disponible en el Campo.

- Fuentes de Energía para la Producción, Substitución de Energía Eléctrica.

  Thomas Campusmo Jose Fco.

- Aprovechamiento de Energía Solar y Biomasa.

  Hdez.