



Universidad Nacional Autónoma de México

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ACATLAN**

**PROYECTO DE GENERACION DE ELECTRICIDAD POR
MEDIO DE UNA PLANTA MAREMOTRIZ EN
MEXICO**

T E S I S

Que para obtener el título de :

INGENIERO CIVIL

Presenta:

JOSE ENRIQUE VAZQUEZ PULIDO



Octubre 1985.



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

	PAGINAS
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. FUENTES DE ENERGIA NO CONVENCIONALES	5
1.1.- Demanda creciente de energía	5
1.2.- Energía Nuclear	8
1.3.- Energía Solar	13
1.4.- Energía Geotérmica	22
1.5.- Energía de las Mareas	26
1.6.- Energía Eólica	31
CAPITULO II. LA MAREA	37
2.1.- La Marea	37
2.2.- Causas general de la marea, su modo de ac- ción	38
2.3.- Tipos de Mareas	44
2.4.- Propagación de Mareas	52
2.5.- Mares Interiores y Lagos	53
2.6.- Predicción de Mareas	55
2.7.- Corrientes de Mareas	56
2.8.- Efecto de las Mareas	62

CAPITULO III. EVALUACION DEL PROYECTO	65
3.1.- Antecedentes Generales	65
3.2.- Estudio de Mercado	67
a) Análisis de la oferta y la demanda	67
b) Pronóstico de la demanda al año 2000 ...	69
3.3.- Estudio Técnico	79
A) Estudio Básico	79
a) Tamaño	79
b) Proceso	80
c) Localización	86
i) Macrolocalización	86
ii) Geología y Mineralogía	87
iii) Clima	87
iv) Flora y Fauna	92
v) Medios de transporte	92
3.4.- Financiamiento	95
a) Inversión	95
b) Financiamiento	95
 CAPITULO IV. PROCESO CONSTRUCTIVO	 101
4.1.- Antecedentes de la Obra	101
4.2.- Esquema General de Ejecución	104

4.3.- La Esclusa	107
4.4.- Grupo de Compuertas	109
4.5.- El Recinto Central y La Realización del - Corte	111
4.6.- Colocación de los Pilares de Concreto Arma- do	115
4.7.- Construcción de las Celulas	120
4.8.- Construcción de la Planta	124
4.9.- Equipo Electromecánico de la planta	130
A) Los grupos bulbo	130
B) Las piezas fijas	131
C) El casquete refrigerante	132
D) El alternador	133
E) El distribuidor delantero y el distribu <u>i</u> dor	135
F) El molino	137
G) La rueda motriz	139
H) El equipo electrónico en general	141
CAPITULO V. EVALUACION PRELIMINAR	145
CONCLUSIONES	150
REFERENCIAS	165
BIBLIOGRAFIA	157

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

En la actualidad el mundo se encuentra con una serie de problemas, tal es el caso de la energía, donde las necesidades de consumo aumentan a medida que se eleva el ingreso personal, esta relación es elevada en países industrializados, presentando esquemas similares en menor escala, los países en desarrollo, especialmente aquellos que están logrando un rápido aumento de riqueza.

Los lineamientos seguidos en la última década para producir y consumir energía han sido utilizados en forma ineficaz, debido a que generalmente no se ha incluido en su costo la degradación ambiental, ni la posible escasez del mismo.

Cabe señalar que el petróleo combustible ideal en la actualidad, agotará sus reservas irremisiblemente y que antes que esto suceda el aumento de sus precios habrá repercutido enormemente sobre las economías de los países y particularmente aquellos que se encuentran en vía de desarrollo, los cuales no cuentan en su mayoría con recursos propios de hidrocarburos.

Haciendo un enfoque de la situación que prevalece en México encontramos que existe un alto consumo de energía, tanto total como por unidad de producto, esto se puede observar en los datos estadísticos del período 1970 - 1982, donde el incremento anual fue de un 9%, - lo que significa que cada vez se consume más energía por unidad de producto. Considerando lo anterior México no debe depender indefinida y - casi exclusivamente de hidrocarburos para encontrar la energía necesaria.

Esto conduce a desarrollar alternativamente las - fuentes de energía no convencionales, aprovechando así, que México cuenta con un gran potencial energético de éstas, que pueden integrarse al - mercado Energético Nacional a mediano y largo plazo, aportando volúmenes intermedios de energía, desafortunadamente en la actualidad las fuentes - no convencionales guardan un estado de desarrollo limitado.

México cuenta con un número ilimitado de recursos naturales que no han sido explotados y aprovechados adecuadamente, razón por la cual debemos poner mayor interés en estas riquezas.

Por ello mi objetivo al presentar este trabajo es aportar elementos que nos permitan el no depender de hidrocarburos para la obtención de energía, mediante el uso de una fuente no convencional.

Tal es el caso de la energía de las mareas la cual puede ser transformada en energía eléctrica por medio de una planta maremotriz.

A través de esta investigación encontramos que México tiene la capacidad y elementos suficientes para instalar una planta de éste tipo, aprovechando la extensa área de mar que le rodea.

La utilización de la energía de la marea mediante su transformación en fuerza mecánica, es una realidad muy antigua, que se ha manejado durante siglos, particularmente en las costas del Mar del Norte, donde se presentan las variaciones de nivel más altas comparativamente a otros lugares del globo terrestre.

El principio fundamental consiste en almacenar -- una cierta cantidad de agua durante el flujo de la marea, dejándola salir paulatinamente durante el reflujó aprovechando las diferencias de nivel que se establecen.

En base a lo anterior el trabajo se estructuró en cinco capítulos:

En el primero se da un panorama general de las --

fuentes de energía no convencionales, así como su aplicación práctica.

En el capítulo segundo se explica la causa general de la marea, su modo de acción, tipos y efectos.

Presento en el capítulo tercero un estudio técnico, financiero y de mercado que conforman una evaluación del proyecto.

En el capítulo cuarto se expone el proceso constructivo que se requiere para la ejecución de una planta de este tipo.

Y finalmente en el capítulo quinto, se mencio--nan algunos factores que intervienen en forma directa para la elección de una planta maremotriz.

CAPITULO I

FUENTES DE ENERGIA NO CONVENCIONALES

1.1 DEMANDA CRECIENTE DE ENERGIA.

La leña para quemar y las bestias de carga fueron la fuente más temprana de energía suplementaria para la humanidad. - Constituyó un punto crucial el siglo XII, cuando los habitantes de la - costa Noroeste de Inglaterra descubrieron que los carbones de mar (sea coles) negros e inflamables que sufrían la acción de la intemperie, se desprendían de los acantilados costeros, encontraron que estos eran sustitutos adecuados de sus anteriores suministros de leña, extendiéndose - rápidamente su utilización. Con el descubrimiento de que el coque derivado del carbón podría sustituir el carbón vegetal en la fundición del - hierro, produjo una enorme expansión en su uso. Al ser inventada la máquina de vapor por WATT en 1769, se hizo factible un método fácil de convertir la energía térmica en energía mecánica, surgiendo con ello la sociedad industrial.

La rápida extensión de la industrialización, - así como la expansión de comunidades importantes hacia regiones más frías del mundo, produjeron un rápido aumento del consumo per cápita de energía. Esta tendencia prosigue aún hoy día, cuando más industrializada es la

sociedad, más rápida es la tasa de crecimiento.

Las sociedades muy industrializadas como en los Estados Unidos donde la población se dobla aproximadamente cada cincuenta años, sus consumos de energía suplementaria se dobla aproximadamente cada trece años.

El carbón desde luego no ha sido la única fuente de energía suplementaria; con la primera producción comercial de petróleo en 1857 en Rumania, se hizo posible un combustible aún más potente y más manejable, a consecuencia de ello la importación relativa del carbón ha decrecido y la del petróleo bruto y del gas natural ha aumentado continuamente. Tan grande ha sido este aumento, tanto del total de energía consumida como de la cantidad de petróleo utilizado, que se ha manifestado una general inquietud acerca de la adecuación de los recursos de petróleo y carbón mundiales para mantener incluso el ritmo de utilización actual, no hablemos ya de un ritmo cada vez en aumento.

El mundo está consumiendo cada vez más energía. En los Estados Unidos entre 1960 y 1980 el crecimiento de la población fue en promedio de 1.6 por ciento, mientras que el incremento del producto Nacional bruto y el aumento en la demanda total de energía fue de un -

3.6 por ciento anual. Presentaron esquemas similares otros países altamente industrializados, los cuales también están apareciendo en muchos de menor industrialización, especialmente en los que están logrando un rápido aumento de riqueza. Así el crecimiento económico y el mayor consumo de energía per cápita han estado más directamente correlacionados con el incremento total en la demanda energética que con el crecimiento demográfico.

La urbanización continua, la mayor velocidad y ventajas del transporte tanto para personas como para mercancías y el uso creciente de aparatos que ahorran trabajo, han sido estimulados por los precios relativamente bajos de la energía. Pero las naciones enfrentan problemas para obtenerla: escasez de petróleo y gas natural, dificultades en la ubicación, financiamiento y construcción de centrales eléctricas así como otro tipo de planta; la costosa dependencia del petróleo importado, capaz de afectar la seguridad nacional y daño ocasionado al medio ambiente por el desarrollo de fuentes de combustibles. Estos problemas requieren considerar más cuidadosamente el uso extensivo de la energía.

En los últimos años se ha tendido a producir y consumir energía en forma ineficaz, porque no se han considerado dos aspectos de general importancia como son : el no incluir en su precio el

costo de la degradación ambiental, ni el de su posible escasez. Esto se refleja principalmente en el petróleo, combustible óptimo en la actualidad se acabará irremisiblemente. Por lo que se plantean fuentes de energía no convencionales, las cuales tienen un denominador común, no son universales y solo pueden ser explotadas en algunas partes del mundo.

Estas son : Energía Nuclear, Energía Solar, Energía Geotérmica, Energía de las Mareas y Energía Eólica.

1.2 ENERGIA NUCLEAR.

La fusión nuclear constituye el próximo gran adelanto en materia de energía civil. La propia técnica es decir las razones técnicas asociadas con los reactores de la generación actual no pone límites al comienzo de la era de la fusión nuclear, el uso más amplio de la energía nuclear (en cantidades suficientes para desplazar el petróleo) y el grado y la velocidad con que la energía nuclear se difunde a todas las naciones.

La era de la fusión nuclear, con su propio conjunto de factores geopolíticos, se superpondrá en los años finales de este siglo y durante varias décadas del próximo. Cuando los avances técnicos permitan la utilización de mayores cantidades de electricidad a un costo

competitivo la era nuclear, a su vez terminará. Pero antes que esto suceda, esta energía adquirirá una creciente importancia en función de su aporte al abastecimiento de energía y de su rápida difusión global durante el resto de este siglo y durante un cierto período del próximo.

La mayor utilización de la energía nuclear convencional recibió un impulso fundamental en 1973 cuando se hizo evidente la vulnerabilidad de los países industrializados ante la perturbación en los abastecimientos de petróleo. Los cuales contraatacaron acelerando el desarrollo de la energía nuclear.

En un futuro, el refinamiento y la comercialización del reactor "BREEDER" (1) (el cual durante un período de veinte años genera más combustible del que utiliza) y el posterior desarrollo de la fusión Nuclear, representan cambios que aún están por llegar en la era nuclear. El empleo del reactor "BREEDER" originará una profunda revaluación del requerimiento de uranio enriquecido y por ende del propio mineral, liberando sustancialmente a las naciones de las restricciones de la escasez del recurso.

(1) El reactor BREEDER (reactor autorregenerable) es el reactor nuclear que produce la misma clase de combustible escindible que consume, sin referencia a su cantidad. Este material escindible adicional se crea al ser absorbido neutrones por materias fértiles mediante un proceso denominado de regeneración.

Tal como se encara en la actualidad, se utilizará la energía nuclear en forma abrumadora en la generación de electricidad desplazando progresivamente la generación mediante los combustibles fósiles convencionales. La magnitud potencial de aporte nuclear al abastecimiento energético total depende del crecimiento de la demanda de electricidad. Si bien podrá producir igualmente calor para diversos fines industriales, en la actualidad la energía nuclear es aplicable primordialmente a la generación de electricidad, en tanto que en otros campos como el transporte y los productos petroquímicos, predominan los combustibles fósiles. La cantidad de estos últimos utilizada para la generación futura de energía. Representa la cantidad máxima que la energía nuclear podría desplazar, por lo menos hasta tanto esa energía nuclear provenga de grandes unidades.

No solo se requerirá que la energía nuclear satisfaga el crecimiento de la demanda de electricidad sino que también compense y reemplace las plantas generadoras térmicas obsoletas.

Cada nación puede decidir que el desarrollo de la energía nuclear es acreedor de los muy altos costos conexos, lo cual será especialmente exacto si los recursos internos de uranio y las instalaciones para su enriquecimiento pueden sustituir al petróleo importado.

Se cree que las reservas de uranio se encuentran

concentrada en los siguientes puntos: Estados Unidos, Canadá, Australia, - parte Oriental de Europa, Sudafrica y una parte mínima en Sudamérica. La naturaleza cíclica de la demanda de uranio hasta el presente, ha originado una explotación esporádica y una delimitación incompleta de las reservas. - Sin embargo estos países seguirán teniendo una proporción fundamental de - las reservas y de la producción de uranio en los próximos quince años por lo menos y probablemente por un período más prolongado. (figura No. 1).

En ausencia de una exploración y una explotación intensiva del uranio, a fines del decenio de 1980, podrían aparecer restricciones en el desarrollo de esta energía originadas por escasez de reservas de uranio a bajo costo.

La competencia por el uranio natural y enriquecido pueden parodiar los desarrollos que se presentan en el campo petrolífero. No se eludirá la dependencia respecto de las importaciones de energía por la ruta de la energía nuclear convencional. Sin embargo, si la - capacidades de enriquecimiento lo permiten, una medida prudente es la acumulación de combustible enriquecido, en forma elaborada, para protegerse - con un colapso energético si se limitan los abastecimientos y un país se - viera privado de los mismos durante un período prolongado.

RESERVAS MUNDIALES DE URANIO.

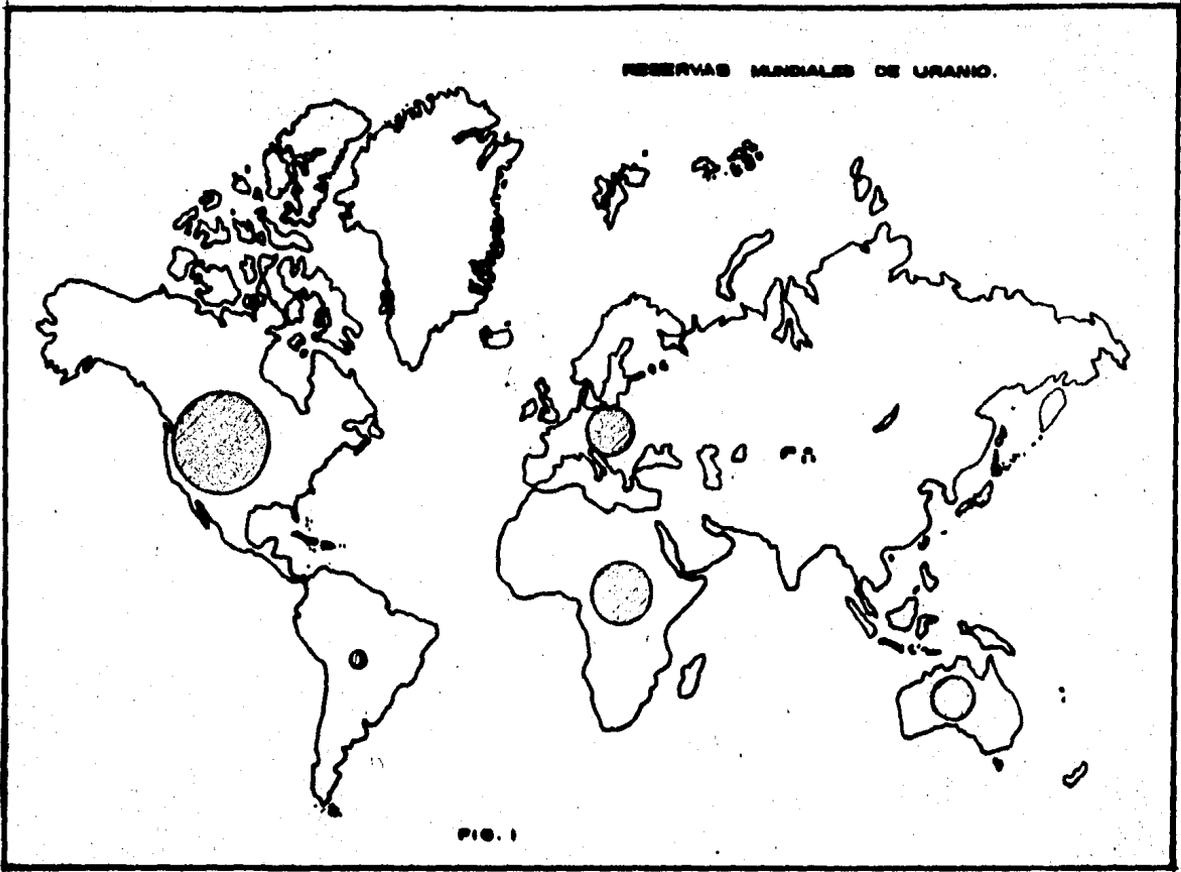


FIG. 1

A pesar de sus problemas de desechos, el emplazamiento de los reactores "BREEDER" constituirá otra necesidad a largo plazo para eliminar la dependencia con respecto al mineral extranjero.

Por consiguiente, es posible que el desarrollo de la energía nuclear, tal como se le encara en la actualidad, no origine una independencia energética. Sin embargo, con el reciclaje el "BREEDER" y los procesos tecnológicos adicionales que prolongan la vida de las reservas de uranio, se desarrollará en mayor grado de independencia con respecto a las importaciones de energía. Con el tiempo, la fusión nuclear puede reducir de una manera significativa la dependencia con respecto a la importación de la energía de los estados industrializados, pero no antes de la primera o segunda década del próximo siglo.

1.3 ENERGIA SOLAR.

La energía solar es una fuente de energía pura, inagotable, segura, fácilmente accesible y gratuita para todos aquellos que posean el medio de emplearla. Los combustibles fósiles de los que dependemos derivan en última instancia de la energía radiante solar que las plantas utilizan. Resultaría mucho más eficaz aprovecharla en forma más directa en lugar de tener que depender de los vegetales para convertirla en elementos utilizables como el carbón, petróleo y gas.

Hasta hace poco, los motores de energía solar se consideraban una curiosidad científica, que en su mayoría eran poco económicos; sin embargo desde la década de 1970, cuando se reveló la situación declinante de los combustibles fósiles, la fuerza motriz proveniente del sol recibió creciente atención como posible sustituto de aquellos.

Existen tres clases básicas de energía solar: Térmica, Fotovoltaica y Fotoquímica. La más sencilla de entender y usar es la energía Térmica. el calor del sol, la energía Fotovoltaica produce -- electricidad de la luz del sol, un proceso obviamente más complejo. Aún más complejo es la energía Fotoquímica, la cual la naturaleza maneja con toda facilidad, no así los seres humanos.

PROCESOS TERMICOS DE LA ENERGIA SOLAR.

La conversión fototérmica de la energía solar se considera uno de los procesos más prometedores para la utilización de esta fuente energética no convencional.

El área de aplicación de estos procesos térmicos abarca desde el calentamiento de albercas hasta la producción de energía eléctrica; es decir, la conversión fototérmica es capaz de producir cualquier temperatura, desde algunos grados sobre la temperatura ambiente has

ta temperaturas del orden de los 400 grados Kelvin.

Los factores principales que determinan la temperatura de operación son :

- Las propiedades ópticas del absorbedor solar.
- El aislamiento térmico
- La densidad de radiación, que puede ser aumentada en forma considerable por concentración óptica.

De todas las aplicaciones térmicas de energía solar a temperaturas intermedias, la que se refiere a enfriamientos (refrigeración y aire acondicionado) es sumamente atractivo ya que la demanda de enfriamiento va en concordancia con la disponibilidad de energía.

Algunas de las aplicaciones de los procesos térmicos de la energía solar, son las que se mencionan a continuación:

COLECTORES SOLARES

Los colectores solares son dispositivos que interceptan, absorben y transfieren la energía solar al fluido circulante. - Un dispositivo de captación de energía solar difiere de un intercambiador de calor común, en el sentido de que la transferencia de energía radiante hacia el colector se realiza desde una fuente energética distante (el sol) a un fluido de trabajo (agua).

Un calentador solar comprende al colector mismo, - así como un tanque de almacenamiento de agua caliente, aislada termicamente. Los componentes esenciales de un calentador solar de agua típico -- son; el amazón que es generalmente metálico o de plástico reforzado. La parte superior del colector, puede constar de una o varias cubiertas transparentes a la radiación solar pero opacas a la radiación calorífica des-- prendida por el calentamiento paulatino de la placa metálica (enegrecida) que absorbe la radiación solar. Así estas cubiertas transparentes además de producir el efecto de invernadero, a su vez eliminan pérdidas por con-- vección con el aire del ambiente. La placa colectora se encuentra en la parte intermedia del colector y contiene el circuito de ductos por los -- cuales circula el agua. Esta placa se construye de cobre, aluminio o -- fierro, materiales que poseen buenas conductividades térmicas. Su reves-- timiento enegrecido favorece la absorción de radiación solar incidente. - Por debajo de la placa colectora se encuentra un material aislante que re

duce las pérdidas de calor por conducción a través de la tapa inferior -- del colector.

La aplicación de estas unidades esta dirigida --- esencialmente a los sistemas de calentamiento de agua, aire acondicionado refrigeración, destilación y secado de granos.

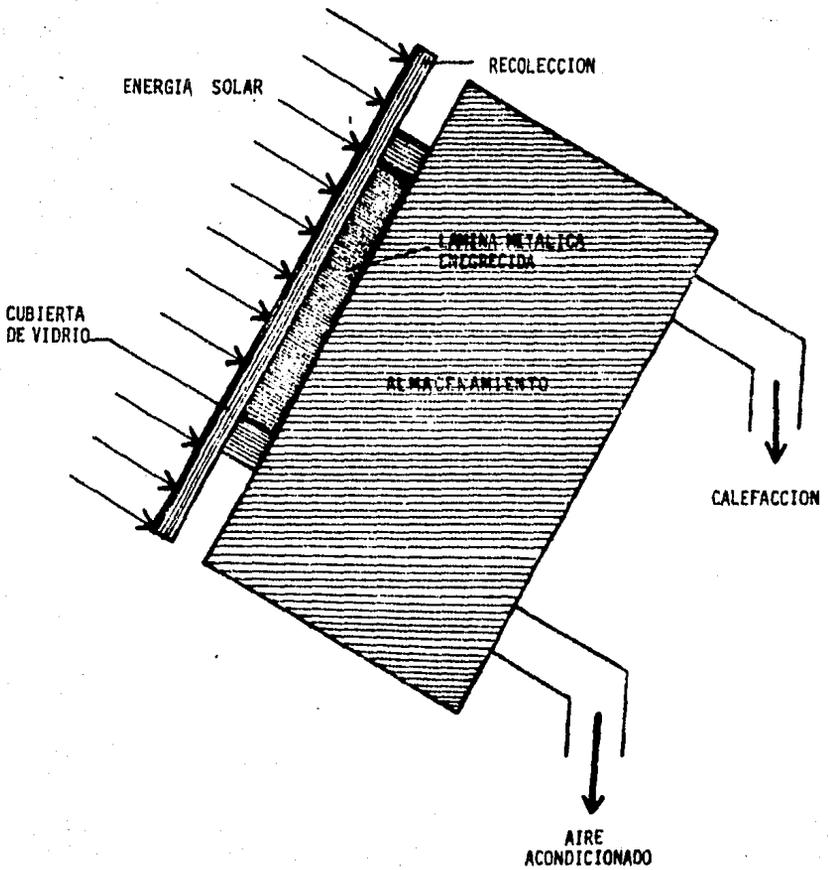
Son objetos que absorven gran parte del calor proveniente de los rayos del sol. Un método incluye el uso del colector solar más grande de la tierra, la superficie del océano la cual absorve --- buena parte de la energía del sol, cuyos rayos incidentes son convertidos en calor que calienta la capa superficial de las aguas oceánicas, provocando así un gradiente térmico, el cual es posible utilizar proyectando - un sistema que utilice esta diferencia de temperaturas para accionar una turbina que produzca corriente eléctrica.

ENERGIA SOLAR PARA EDIFICIOS

La energía solar se empleará; (a) para calentar y refrigerar edificios por medio de un colector solar y (b) para calentar - agua de albercas y de consumo para el hombre. En el colector solar, la - radiación térmica es transmitida por cubiertas de vidrio y absorbidas por una lámina metálica ennegrecida. La temperatura del fluido que circula - en el colector puede alcanzar de 40° a 90°c (figura No. 2).

FIGURA No. 2

ENERGIA SOLAR PARA EDIFICIOS



PROCESOS FOTOVOLTAICOS DE LA ENERGIA SOLAR.

Este tipo de conversión es un método directo que, a diferencia de los convencionales - hidroeléctrico, núcleo-electrico ect. no utiliza partes móviles, ni ciclo termodinámico alguno. Como consecuencia de estas características, los conversores tienen grandes tiempos de -- servicios, superiores a los veinte años y su eficiencia no está limitada - por el principio de CARNOT ⁽²⁾, sino por mecanismos de tipo cuántico y el - grado de perfección de los materiales utilizados para fabricar los dispositivos de conversión conocidos como celdas solares.

Otra característica atractiva de las celdas solares es que los sistemas de potencia que las emplean pueden ser diseñados - como módulos. Esto es, los sistemas fotovoltaicos pueden acoplarse económicamente a la demanda sin necesidad de emplear economías de escala, lo -- que permite agregar sistemas de potencia por etapas y por ende, no partir necesariamente de sistemas de potencia relativamente grandes, ni esperar - que la demanda sea suficiente para instalar un sistema de potencia. Esto permitirá una flexibilidad mayor en esquemas de electrificación rural. originado un acceso relativamente más rápido a los beneficios de la electrificación de nuestras comunidades rurales, conjuntado así una mejor opción -- energética futura.

(2) Principio de Carnot: La eficiencia de todas las máquinas reversibles - que operen entre las mismas dos temperaturas es la misma, y no hay máquina irreversible que trabaje entre las mismas dos temperaturas que pueda tener una eficiencia mayor a ésta. Se puede observar que nada se dice acerca de la sustancia que trabaja, de manera que la eficiencia de una máquina reversible es independiente de la sustancia que trabaja y depende solamente de las temperaturas.

APLICACIONES DE LOS PROCESOS FOTOVOLTAICOS

CELULAS FOTOVOLTAICAS.

Se construyen de tal forma que la luz solar que reciben se convierta en energía eléctrica. La producción de energía de cada elemento es pequeña y deben emplearse muchos para generar una corriente eléctrica apreciable, la eficiencia total de estas células dis-- puestas se convierte en electricidad. Con perfeccionamiento tecnológico la eficiencia máxima debe alcanzar cerca del 27%.

REFLECTORES SOLARES

Consiste en utilizar reflectores que son esencialmente espejos que concentran y dirigen los rayos del sol hacia un punto determinado; éste es una torre receptora central capaz de convertir en electricidad el calor producido por los rayos solares. Una central eléctrica de 500 megavoltios requiere alrededor de 2.5 km², de superficie espectral y una torre de unos 450 mts. de altura.

Actualmente Francia está haciendo funcionar en lo alto de los Pirineos grandes espejos que generan alta temperatura para uso industrial. También dispone de medios para lograr energía eléctrica a partir de estos dispositivos (figura No. 3).

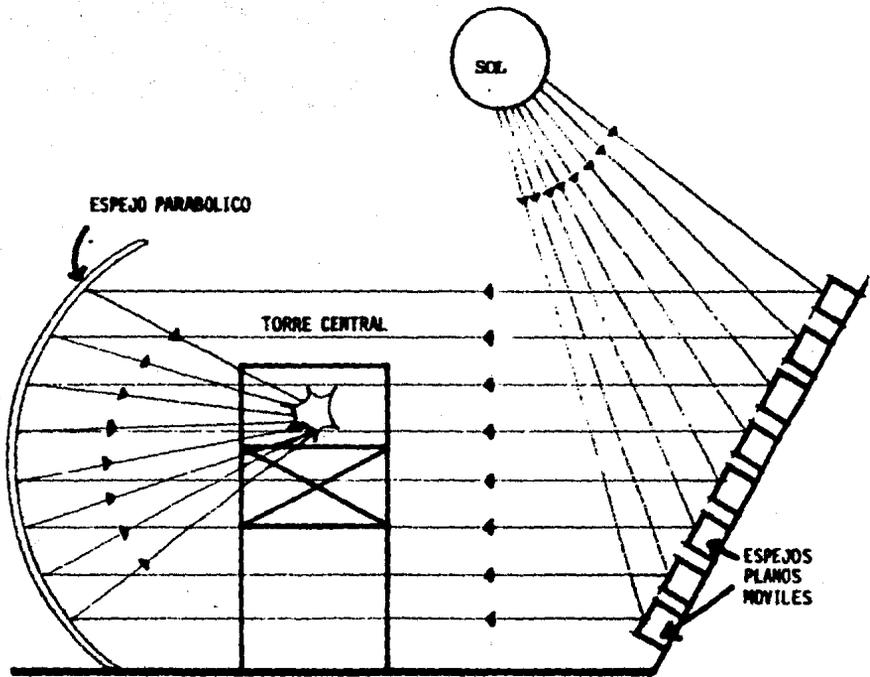


FIGURA No. 3

DIAGRAMA DE UN HORNIO SOLAR

Una planta de energía solar está funcionando - en Francia. Es un sistema de espejos móviles que refleja los rayos solares hacia uno grande parabólico que a su vez, lo concentra y refleja en dirección a un punto central, proporcionando temperaturas elevadas - para uso industrial.

El punto central también convierte la energía calorífica en electricidad.

ENERGIA FOTOQUIMICA.

Un ejemplo típico de este tipo de energía fotoquímica es la fotosíntesis, que es el proceso mediante el cual se alimentan las plantas durante su crecimiento.

Existe un proceso fotoquímico conocido desde - hace tiempo, en el cual se puede producir una débil corriente eléctrica, mediante la acción de la luz del sol en un líquido. El agua es desde - luego oxígeno e hidrógeno, si pudiésemos separar estos gases por el pro- ceso fotolítico tendríamos unos combustibles muy útiles.

De los tres métodos básicos de energía solar,- la fotoquímica sigue siendo la menos entendida y el desafío más difícil para el científico y el ingeniero, para poder aprovechar este tipo de -- energía a gran escala.

1.4 ENERGIA GEOTERMICA.

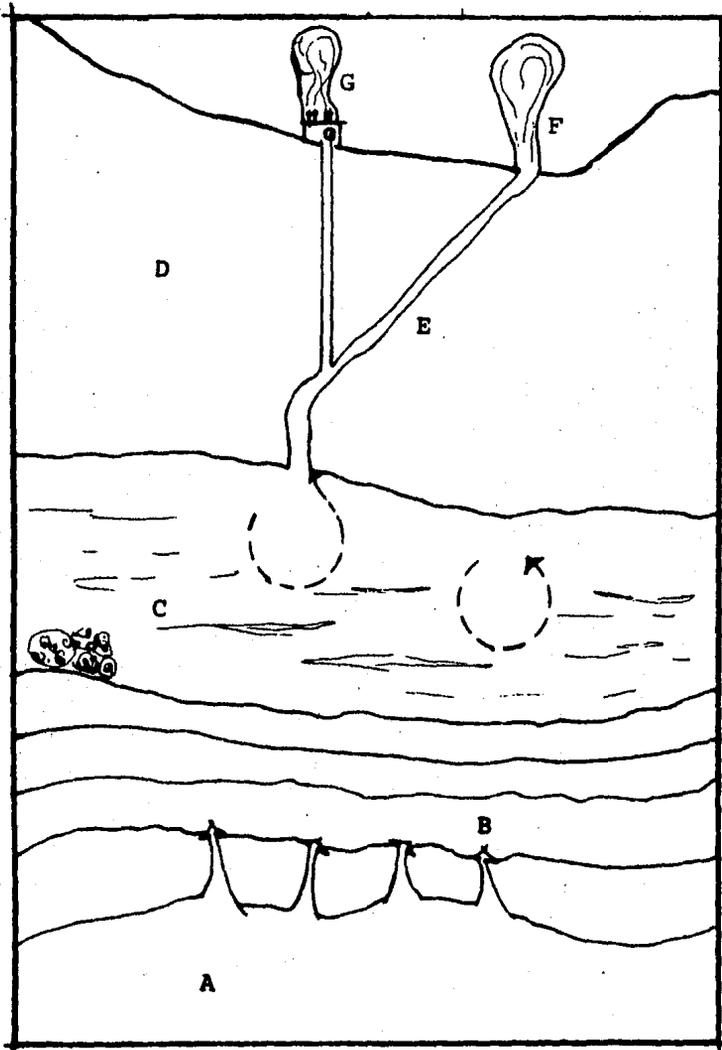
Este tipo de energía tiene su origen en el reactor nuclear propio de la naturaleza, proveniente de la descomposición ra- dioactiva del Isótopo de potasio y de otros elementos presentes en forma dispersa en la corteza terrestre.

Por cada kilómetro de profundidad, ésta descomposición eleva la temperatura en 30°C y se da que en algunas partes de la tierra llega a 80°C.

La existencia de areniscas y rocas porosas, permiten la circulación del agua subterránea, transfiriendo el calor al agua, la cual puede salir a la superficie en forma de manantiales y géiseres. Pero el calor geotérmico rara vez alcanza temperaturas de más de 300°C, ya que el paso de la roca hace que la corteza sea impermeable a profundidades mayores de cuatro kilómetros, lo que reduce la eficiencia de ésta fuente (figura No. 4).

El agua y el vapor son frecuentemente corrosivos, difíciles de utilizar en turbinas convencionales, por lo que se están diseñando nuevos elementos que superan esa dificultad, evitando así el uso de los termopermutadores requeridos para pasar el calor a un circuito de vapor limpio para la generación de electricidad.

Italia se considera país que utilizó primero la energía geotérmica para la electricidad en ferrocarriles, además en Nueva Zelanda, Islandia, Francia y Japón destinan esta energía para la calefacción del ambiente.



CAMPO GEOTERMICO

El calor proviene del enfriamiento de la masa fundida de la tierra (A), es conducido a través de roca sólida (B), y hace hervir el agua que se halla en la roca porosa (C). El vapor escapa de la roca sólida a través de fisuras (E), formando un geiser ó manantial caliente (F). Pozos (G), perforan las fisuras.

La energía geotérmica se presenta en cuatro formas que son : Vapor seco, Vapor húmedo, Rocas ígneas y Depósitos geopresurizados. El vapor seco es ideal para producir fuerza, ya que no causa corrosión en las turbinas ó equipos adicionales, es la fuente de calor más potente debido a su alto grado de temperatura. El vapor húmedo también es una fuente útil pero debe purificarse para que no dañe el equipo generador. Las rocas candentes constituyen una tentadora fuente geotérmica, pero a fin de producir vapor ó agua caliente, es necesario introducir agua artificialmente a la fuente de calor seco.

El vapor geotérmico de muy altas temperaturas solo se encuentra en regiones de volcanes jóvenes, con fallas sísmicas ó reciente construcción de montañas.

Como se ha mencionado anteriormente la demanda de energía eléctrica ha crecido considerablemente, razón por la cual los Gobiernos y la comunidad científica han demostrado gran interés en las capacidades de producir electricidad de la energía geotérmica, quien cuenta con un historial de setenta años de producción de fuerza eléctrica comercial es la planta geotérmica Lardarello instalada en Italia, donde la tecnología geotérmica ha superado ya las etapas experimentales.

Cuatro importantes complejos de electricidad geotérmica

térmica están operando en el mundo actualmente; Lardarello, en Italia, The Geysers, en California, Cerro Prieto, en México y una extensa área de Nueva Zelanda.

En México se está haciendo un uso adecuado de la energía geotérmica, el primero de dos turbocargadores, cada uno con una capacidad de 37.5 megavoltios, empezó a producir electricidad en Abril de -- 1973, en Septiembre del mismo año empezó a funcionar la segunda mitad y -- los dos han estado activos desde entonces, las plantas usan vapor húmedos de pozos con una profundidad máxima de 1,600 metros. El agua está mucho menos contaminada que la del Norte de California, siendo únicamente su contenido de sal 2 a 3 por ciento, en la turbina se usa aleaciones especiales evitando el daño de las sales al equipo.

La energía geotérmica es un hecho en la vida y la producción actual, aunque modesta comparada con las grandes plantas convencionales pero representa una considerable cantidad de electricidad. Las diversas plantas en operación no ha desvastado el paisaje, ni disminuido el vapor o agua caliente. Sin lugar a duda, Lardarello sigue produciendo tanto vapor como en su inicio, algunos expertos dicen que el flujo puede llegar a aumentar con el tiempo.

La energía geotérmica, aunque no es inagotable, puede demostrar al menos ser una fuente renovable, aunque el uso continuo de agua caliente pueda consumir el suministro, si se le da tiempo, el depósito puede reponer el abastecimiento.

Para algunas áreas de Estados Unidos, México y muchos países más, éste tipo de energía es una fuente de energía óptima, de gran apoyo a las demás fuentes de energía. La rapidez de su desarrollo, depende de la disponibilidad, precio de los combustibles fósiles y nucleares como de la actividad con que la burocracia pueda moverse hacia la apertura de áreas de recursos geotérmicos.

La característica más importante de esta energía es su disponibilidad potencial, posiblemente inagotable, casi en cualquier lugar puede ser localizada, extraída y utilizada. Como fuente de generación eléctrica, la central geotérmica compite económicamente con la del combustible nuclear ó fósil en las zonas de construcción y operación, produce en conjunto menos efecto ambiental nocivo que éstas plantas.

1.5 ENERGIA DE LAS MAREAS.

El movimiento periódico de vastas masas de agua

las de las mareas, representa amplias reservas de energía eléctrica potencial, la cual puede ser aprovechada para generar energía eléctrica por medio de la construcción de una represa en la que se colocan turbinas; el agua fluye desde el mar ó desde una cuenca a otra, haciendo funcionar dichas turbinas, las cuales están conectadas a dinamos generadores de electricidad. Ese es el principio básico del aprovechamiento de la energía de las mareas.

El uso de este tipo de energía no es nuevo, en América del Norte se ha experimentado con ella desde el siglo XVII, esta energía además se utilizó primero para hacer girar las ruedas de los molinos que trituraban el maíz y las especias en Europa, desde entonces se han propuesto plantas energéticas más perfeccionadas.

En la actualidad existen plantas ya en funcionamiento y otras se encuentran en proyecto ó estudio, a continuación se mencionan algunas de ellas.

LA RANCE EN FRANCIA

Es la primera planta maremotriz de importancia en el mundo, se encuentra en Francia en el estuario del Río Rance cerca de Saint Malo. Una batería de turbinas hidráulicas especialmente diseñada

das, construida en un gran dique en el mar produce cerca de 350 megavoltios de energía eléctrica. Las turbinas generan electricidad en cada dirección ya que el flujo de la marea se revierte así mismo. El proyecto de la Rance se terminó en 1966 y desde entonces se encuentra en operación. Esta planta se compara favorablemente con una planta de combustible fósil ó nuclear, particularmente considerando que el combustible es " gratis " en forma de agua, además de no ser contaminante para el medio ambiente.

Se ha considerado una instalación mucho más importante que la Rance en el Monte Saint Michel en Normandía, donde las tremendas mareas aislan el gran monasterio en una extensa playa diariamente usando dos diques hacia el Sur y el Este de la isla de Causey, la planta produciría entre 10,000 ó 15,000 megavoltios de energía y entre 24 a 36 billones de kilóvoltios hora de electricidad al año.

LOS ESQUEMAS DE MAREAS RUSOS

La planta experimental de 400 kilóvoltios de la URSS en Kislaya Guba, se empezó a fines de 1968, llevando varios años en operación, de acuerdo con el ingeniero Ruso L. B. Berinstein, su diseño permite " armonizar las ondas de energía de las mareas con las ondas de consumo de energía ". Aunque menos eficiente que algunas plantas maremotrices, puede producir energía eléctrica para la demanda de las horas -

pico sin importar la fase de las mareas.

La URSS cuenta con un potencial de energía de las mareas de 210 billones de kilovoltios hora anuales. El mar Blanco exclusivamente tiene un potencial de cerca de 40 billones de kilovoltios hora por año, este podría integrarse al sistema de energía del occidente de este país. Las plantas de energía hidráulica inexistentes permitirán suavizar las fluctuaciones en la producción maremotriz.

EN ARGENTINA.

Ingenieros Alemanes han estudiado el Golfo de San José en Argentina como un emplazamiento potencial para una planta maremotriz productiva. Con un área de 780 millas cuadradas y mareas tan elevadas como 30 pies, se estima que el lugar podría producir cerca de 12 - billones de kilovoltios hora al año. El convertir el ímpetu de las mareas en energía eléctrica requeriría represar más de cuatro millas de la ensenada e instalar 400 turbinas, con esto casi se cuadruplicaría la capacidad del proyecto del Río Rance en Francia.

Una de las ventajas de una planta maremotriz es - gran confiabilidad, aún más alta que la de las plantas de energía hidráulica convencionales. Esto se debe a que las mareas son muy consistentes.

tes y predecibles, en contraste con las inundaciones ó sequias que algunas veces van asociadas a los ríos utilizados para generar energía eléctrica. La reducción de los extremos en las mareas podrían mejorar el uso de la tierra en la región, ya que se impedirían las invasiones de agua a la tierra. Lagunas de mareas también se podrían aprovechar para piscicultura más lucrativa. Un hecho al que se le ha presentado poca atención es que una planta maremotriz afecta aún menos el medio, que una planta hidroeléctrica convencional, ya que no es necesario inundar una área importante de tierra para crear la planta requerida. Se considera como otro aspecto positivo el poder usar los diques como caminos y así acortar los viajes.

La energía de las mareas ofrece al menos un modo potencial de desarrollo, más allá de su alcance presente las mareas nunca podrán asumir responsabilidad sobre la importancia de nuestras necesidades de electricidad, pero en ciertas zonas geográficas se puede contribuir considerablemente. La energía de las mareas es limpia y atractiva en muchas formas, la cual en su futuro será de gran utilidad para el hombre.

1.6 ENERGIA EOLICA

El viento, es la forma más antigua para la obtención de energía natural. Siendo los lugares más apropiados para su ex-

plotación donde soplan fuertes vientos la mayor parte del año, como la Antártida y la Patagonia entre ellos. Cuando el viento sopla a una velocidad de nueve metros por segundo (MPS) es teóricamente posible obtener 1,000 voltios mediante un aparato que intercepte un metro cuadrado de la corriente de aire. Pero si éste solo tiene una velocidad de tres -- MPS, la generación de la energía desciende hasta el equivalente de un foco de 40 voltios.

Los vientos fuertes y constantes se encuentran en las latitudes de clima templado que están ubicados entre 40° y 50° al Norte ó al Sur, no demasiado lejos del mar. La velocidad del viento también aumenta con la altura, de tal forma que los lugares altos son ideales para la obtención de energía por medios eólicos.

La energía eólica es una forma de energía cinética ó sea la proveniente del movimiento de moléculas de gas que causa una reacción donde quiera que chocan. Un molino de viento funciona básicamente en la misma forma que uno hidráulico; la diferencia es en grado. - El agua es bastante densa mientras el aire no lo es en absoluto.

El movimiento del aire fluctúa desde vientos casi calmados hasta huracanes que derrivan molinos de viento, intermedios hay

un rango de alrededor de 7 a 14 millas por hora. Teóricamente sólo es posible recuperar algo menos del 60% de la energía en el viento (la extracción de toda la energía significa detener totalmente el viento, una interesante posibilidad).

Cuando substraemos las pérdidas inevitables que se presentan debido a que una hélice ó turbina nunca son perfectas (tampoco lo es un generador eléctrico), terminando así como un 35 % de la - energía eólica total recuperable, no es una cantidad despreciable sin embargo, ya que esta cerca de la eficiencia de las mejores plantas de ener- gía eléctrica de vapor.

Es interesante mencionar que un metro cuadrado - de área vertical recibe un promedio de 250 voltios de energía eólica, -- justo casi lo que una cantidad igual de área horizontal recibe en prome- dio de energía solar, el viento por lo tanto, es una fuente alternativa que vale la pena aprovechar, como lo demuestra la larga historia de má-- quinas de viento.

A continuación se menciona uno de los proyectos para aprovechar la energía eólica.

GRANDES GENERADORES EOLICOS.

Principio de operación : a medida que nuestra atmósfera es altamente caldeada y enfriada por el ciclo diurno y nocturno de la tierra, los vientos, que almacenan la energía del sol como momentos de fuerzas se desplazan sobre la superficie del globo. Dispositivos intercambiadores de momento (turbinas de viento) que impulsan generadores de corriente alterna pueden captar dicha energía y convertirla en electricidad. En los Estados Unidos enormes generadores eólicos de 60 mts. de diámetro colocados en área costeras seleccionadas ó en las grandes praderas, podrían funcionar con los fuertes vientos constantes de éstas regiones para abastecer electricidad de grandes zonas pobladas. Esta producción podría suministrarse directamente a una red local ó nacional.

Requisitos principales: vientos constantes con elevadas velocidades promedio.

Potencial: se prevé el abastecimiento del 50% de todas las necesidades eléctricas en los Estados Unidos en el año 2,000.

Necesidades tecnológicas: si bien no se necesitan adelantos sensacionales en la tecnología, se debe perfeccionar el diseño

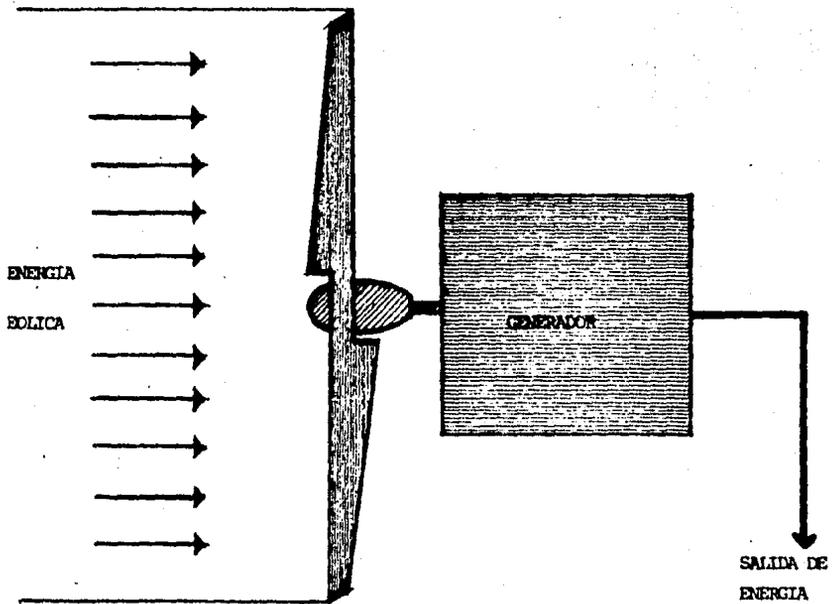
de sistemas que produzcan energía a precios competitivos, así mismo se necesitan dispositivos de almacenamiento eficaces para aplicaciones en gran escala (figura No. 5).

Un estudio reciente de la NASA estimó que se podría producir anualmente 1.5 billones de megavoltios hora de electricidad aprovechando la energía eólica, para fines del siglo. Esto igualaría el uso de la energía eléctrica total de Estados Unidos en 1970, por lo tanto, queda bastante lejos de cumplir con la demanda total en el año 2,000 pero no cabe duda que es un apoyo firme a la generación de energía eléctrica en el futuro.

Ninguna de las fuentes mencionadas anteriormente, serán capaces de solucionar totalmente el problema de energéticos, pero todas ellas tienen la capacidad de contribuir considerablemente a la solución de esos problemas, siempre y cuando sean utilizadas en forma óptima y bajo condiciones apropiadas.

FIGURA No. 5

GRANDES GENERADORES EOLICOS



CAPITULO II

LA MAREA.

2.1 LA MAREA.

La atracción que el sol, y principalmente la luna, ejercen sobre el mar, levanta sus aguas en una protuberancia que, siguiendo la dirección de esos astros en su marcha diurna por el cielo, recorre directamente la redondez de la tierra.

Este fenómeno llamado marea se manifiesta en cada punto del océano, por un movimiento rítmico que dos veces por día y con puntual regularidad, eleva y abate alternativamente el nivel del agua.

El efecto del sol sobre las mareas es solo unas 0.46 veces de la luna, a pesar de que la masa de este es casi 28 000 000 de veces mayor. De acuerdo con la ley de Newton, los cuerpos se atraen entre sí con una fuerza proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos. El sol esta casi 150 000 000 Km. de la tierra, mientras la luna se halla alrededor de 385 000 Km. De aquí que las aguas de los océanos respondan ante todo a la

atracción gravitacional de la luna.

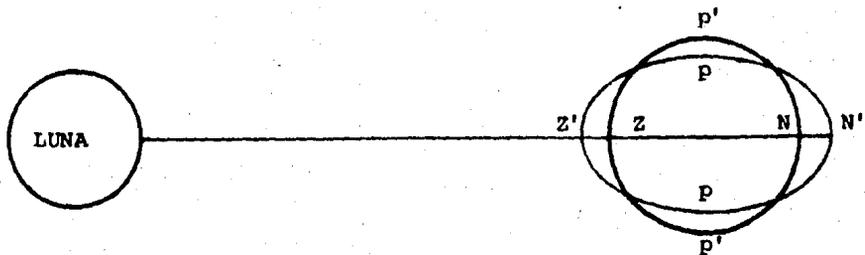
Poco perceptible la elevación del líquido en alta mar, se presenta al contrario, muy sensible en la costa donde su nivel sube visiblemente, y el agua invade la rivera en muchos parajes, avanzando tierra -- adentro a distancia considerable y con violencia a veces torrencial.

El movimiento ascensional dura seis horas y se llama flujo o - creciente de la marea. Llegada a su altura máxima denominada pleamar, - el agua se retira inmediatamente y durante otras seis horas continúa su descenso, llamado reflujó ó menguante de la marea, hasta alcanzar un nivel mínimo ó baja mar, para comenzar al punto a reproducir durante igual período de tiempo las mismas fases de su movimiento.

2.2 CAUSA GENERAL DE LA MAREA, SU MODO DE ACCION.

Para simplificar el mecanismo de la marea, consideremos el fenómeno en toda su sencillez y en su carácter fundamental. Para ello supondremos por lo pronto, que el océano cubre totalmente la superficie - de la tierra y sólo está sujeto a la atracción de la luna, la cual en - su movimiento diurno, recorre el ecuador.

La atracción del astro se ejerce, no sólo sobre las aguas del -- mar, sino también sobre el conjunto del globo terrestre, aunque con -- desigual energía. En efecto, obrando la fuerza atractiva, según la Ley- Universal sobre los cuerpos más cercanos que sobre los más lejanos del -- cuerpo atrayente, por lo tanto la luna llamará hacia sí con más vigor la masa oceánica de la región terrestre vuelta hacia ella, que las masas. -- más lejanas, de la región diametralmente opuesta. La tierra deberá, -- pues, la atracción menos que las aguas, z (figura No. 6) de la primera región y más que las aguas N, de la segunda región, lo que tenderá a pro- ducir una separación ó alejamiento simultaneo entre el globo y las masas líquidas, tanto en una de esas regiones como en la otra; pero no pudiendo las aguas abandonar su contacto con el fondo del mar donde las retiene la pesantez, el efecto de la atracción diferencial será una deforma- ción de la superficie, un cambio de su figura esférica en la de elipsio- de con dos prominencias Z', N', opuestas, en la dirección del astro atra- yente y dos depresiones p p' en el sentido transversal.



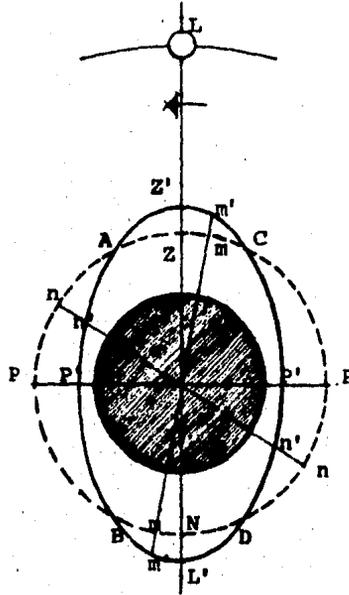
MECANISMO DE LA MAREA

FIGURA No. 6

La diferencia de atracción de los astros, sobre la tierra y -- sobre el mar, a la cual se debe la deformación de la superficie oceánica se llama fuerza generadora de la marea. Un cálculo muy sencillo indica - que esta fuerza, ó atracción diferencial, varía en razón inversa del cu- bo ó tercera potencia de la distancia del astro atrayente y que es senci- blemente igual en la región de la tierra vuelta hacia él que en la re--- gión opuesta.

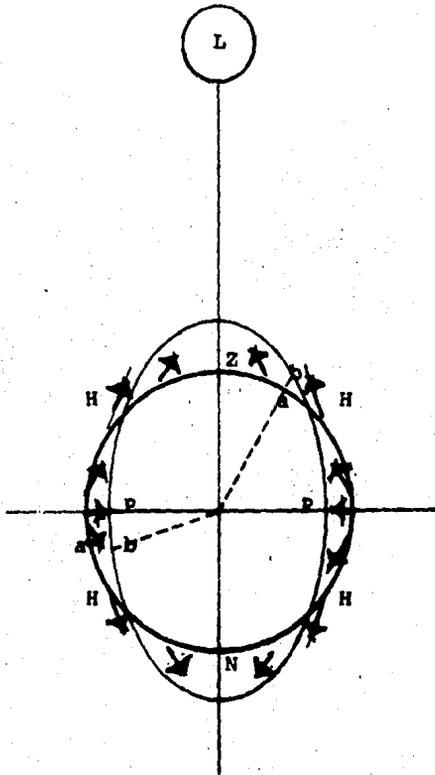
En la figura No. 7 se representa una sección de la tierra por un plano que pasa por su centro y por el de la luna, L, muestra el efec- to y el estado de la marea en diversas zonas del globo en un instante de terminado. El círculo de puntos es la sección de la superficie de equi- librio ó el nivel que guardaría el mar bajo la sola acción de la pesan- tez si no existiera la atracción lunar, y la elipse de línea continúa - la sección de la misma superficie deformada por esa acción. La distan- cia $m m'$, $n n'$ entre una y otra de esas curvas contada según la verti-- cal, mide en cada punto la altura de la marea. En las regiones AZC y - BND de la esfera, se está verificando en el momento considerado, la cre- ciente de la marea ó el flujo y en las zonas APB y CPD, la menguante ó el reflujó. Los puntos Z y N que tienen la luna respectivamente en el Zenit y en el Nadir, están al mismo tiempo en la pleamar ó altura máxi- ma de la marea, y en bajamar ó mínima marea, los puntos del círculo re-- presentados en P P'.

FIGURA No. 7
 EFECTO Y ESTADO DE LA MAREA.



Siendo la fuerza generadora de la marea la atracción diferencial de la luna sobre la tierra y sobre el mar, se ejerce en diferentes direcciones en cada punto del océano. En la figura No. 8

FIGURA No. 8
DIRECCIONES Y EFECTO DEFORMADOR



Las ságitas señalan esquemáticamente esas direcciones y su efecto deformador. Se observa que desde los puntos Z y N que tienen la luna en el Zenit y en el Nadir respectivamente, esa acción es vertical - hacia arriba y que al alejarse de esos puntos, la fuerza se separa gradualmente de esa dirección y después de tomar todas las inclinaciones, - queda, al fin invertida, ó vertical hacia abajo, en los puntos P P de má

xima depresión. En los puntos H H, la acción es puramente horizontal.

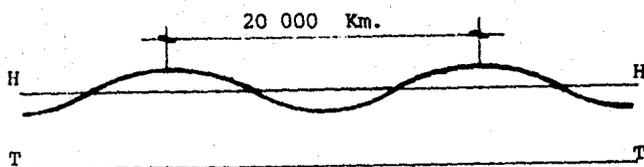
No se debe confundir las direcciones oblicuas de la fuerza de -
formadora con las direcciones verticales, como a b, en que se mide en ca-
da punto la altura de la marea.

En el movimiento diurno de la luna en torno de la tierra, que
dura 24 horas y 50 minutos, la línea de atracción va girando con el as-
tro, y con él la prominencia líquida que esa fuerza va levantando en su
trayecto, con sus cúspidez Z y N sus puntos deprimidos P P y todos los -
accidentes de su figura, produciendo con ello en toda la tierra, todas -
las fases de la marea en el tiempo que transcurre entre dos pasos sucesi-
vos del satélite y otro inferior (invisible) por cada meridiano, inter-
valo de 12 horas 25 minutos.

En cuanto a los puntos que, aunque cubiertos por la protuberan-
cia oceánica, no están bajo su cúspide por no hallarse la luna en su Ze-
nit, la marea sigue la marcha general con las fases descritas hasta aquí,
pero en escala diferente.

Si para presentar a la vista simultaneamente las dos prominen-

cias y las dos depresiones del elipsoide, desarrollamos en la línea rec-
ta H H, el círculo Z P N P de la figura No. 6 y sobre esa línea tomamos
las alturas del mar en los puntos correspondientes, tendremos la marea -
como una ondulación gigantesca, figura No. 9 como una oscilación en sen-
tido vertical que en cada paraje del mar, levanta y abate alternativamen-
te el agua en una onda cuya longitud, cubre un hemisferio de la tierra,
y que serena sin ruido, sin viento que la impela, sin choque, sin espuma
pasa imponente dos veces por día, sobre la inmensa extensión de los océa-
nos.



REPRESENTACION DE LA MAREA COMO UNA ONDULACION GIGANTESCA

FIGURA No. 9

2.3 TIPOS DE MAREAS.

El análisis matemático del problema, en extremo complicado, de
las mareas ha descubierto que las fuerzas generadoras se pueden clasifi-
car como sigue; Las que obran con período aproximadamente de medio día -

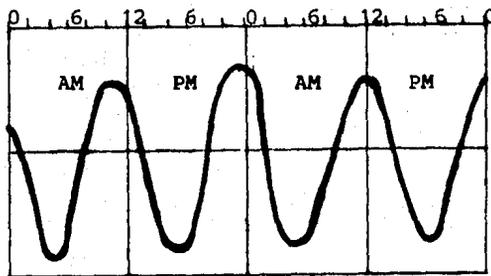
y son las más poderosas, se llaman semidiurnas. Las que se manifiestan con período de un día y poseen menos intensidad, se llaman diurnas; y -- las que tienen un período quincenal, mostrando muy débil acción, se llaman de período largo.

Dado el origen astronómico de estas fuerzas, la acción de las semidiurnas es mayor en el ecuador y de menor intensidad en los polos; y las diurnas al contrario, son más fuertes en los polos que en el ecuador. Pero a causa de la gran influencia que las condiciones y los accidentes locales ejercen sobre la libre acción de estas fuerzas, sus efectos no se realizan en los diversos mares en la forma que según indica la teoría, corresponde a la latitud.

El efecto resultante de todas esas influencias es la realización en cada punto de la costa, de un modo particular de marea determinado por la clase de la fuerza generadora que en esa región predomina. -- Así pues, las formas de la marea que en general se observan en las costas son de los tres tipos siguientes.

PRIMERO, el tipo semidiurno en que se realiza una oscilación -- completa del agua en medio día, de manera que en el espacio de 24 horas y 50 minutos se registran dos mareas, esto es; dos pleamar y dos bajamar.

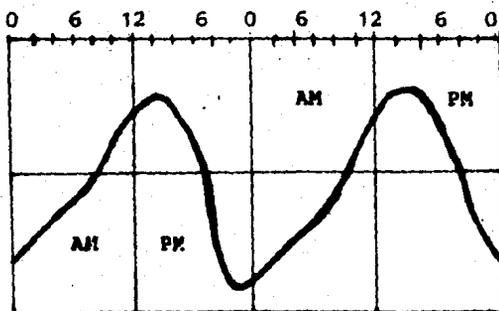
Este tipo se representa en la figura No. 10. muestra entre las mareas de la mañana y las de la tarde una desigualdad, siempre muy ligera entre las alturas que alcanza el agua en las dos pleamares y en las dos bajamares.



TIPO SEMIDIURNO

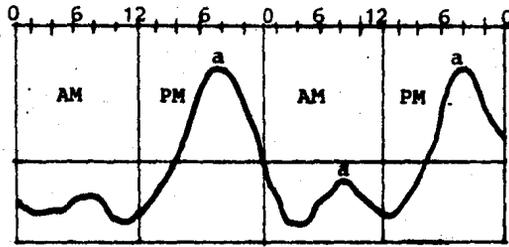
FIGURA No. 10

SEGUNDO, el tipo diurno en que en el transcurso de un día ocurre una sola oscilación ó ciclo, esto es una única pleamar y una sola bajamar (figura No. 11).

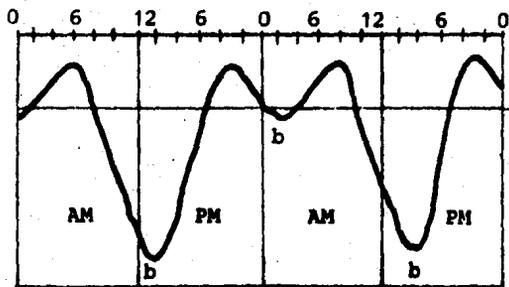


TIPO DIURNO
FIGURA No. 11

TERCERO, el tipo mixto es semejante al semidiurno porque consiste en dos oscilaciones en el día, pero diferente de él porque la desigualdad entre la marea de la mañana y de la tarde no es ligera como en aquél, sino muy marcada. y se presenta como una diferencia en la altura que alcanza el agua, ya solamente en los pleamares $a a a$, figura No. 12 ya únicamente en las bajamares $b b b$, figura No. 13, y otras veces en ambas fases extremas de las mareas figura No. 14.

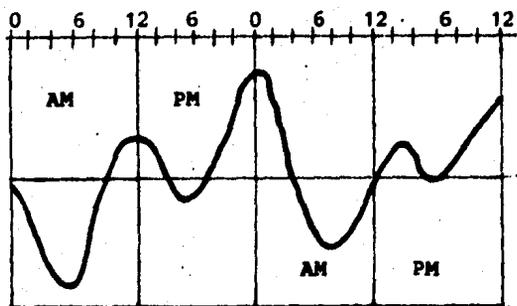


TIPO MIXTO (A)
FIGURA No. 12



TIPO MIXTO (B)
FIGURA No. 13

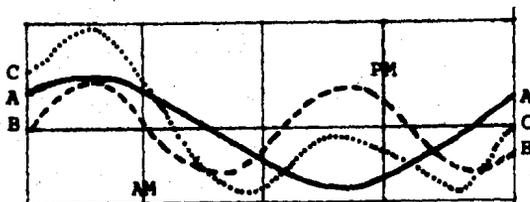
La observación no ha encontrado ni Ley, ni regla para la distribución de estos tipos de mareas en los océanos, ni su relación con la latitud. Sólo se observa que el tipo semidiurno reina de preferencia en el Atlántico, el diurno en el Golfo de México, en el mar de China, y el tipo mixto en los océanos Indico y Pacífico.



TIPO MIXTO (C)
FIGURA No. 14

El tipo mixto parece ser efecto de la interferencia de las mareas diurnas y semidiurnas, o resultante de las acciones simultáneas de las fuerzas generadoras de una y otra. Como se observa en la figura No. 15. La curva A representa la marea diurna y la curva B, la marea semidiurna en la caso en que ambas tengan igual magnitud y sus pleamares ocurren a la misma hora. Su efecto combinado se obtendrá gráficamente en la

suma algebraica de las ordenadas de los puntos correspondientes (horas simultáneas), de una y otra marea. Resultará de esta operación la curva C, que muestra el carácter del tipo mixto con desigualdad solamente - en las alturas de pleamar.

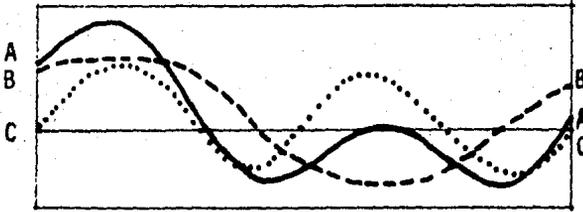


TIPO MIXTO DE ALTURA (A)
FIGURA No. 15

Si son las bajamares y no las pleamares de la mareas componentes las que ocurren al mismo tiempo, se obtendrá por el mismo procedimiento de superposición, figura No. 16, la curva representativa del tipo mixto de alturas, desiguales solamente en la bajamar.

Y siendo siempre de igual amplitud, las dos mareas diurnas y -

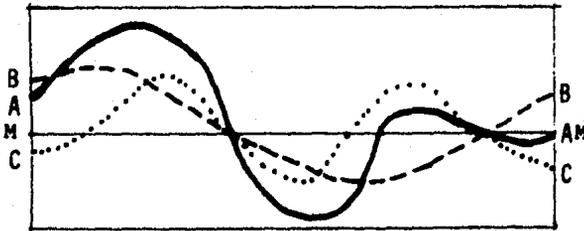
semidiurna, sus curvas representativas pasan en el mismo instante por el nivel medio del mar M M, en la figura no. 17 su combinación geométrica - producirá la curva del tipo mixto con desigualdad de altura, tanto en las altas como en la bajas mareas.



TIPO MIXTO DE ALTURA (B)

FIGURA No. 16

Si las dos mareas componentes no son de la misma amplitud, darán lugar, por su combinación a la múltiple, variedad de formas con que se presenta el tipo mixto de la marea.



TIPO MIXTO DE ALTURA (C)

FIGURA No. 17

2.4 PROPAGACION DE LAS MAREAS.

Conforme a la teoría y con las observaciones de las horas de la pleamar practicadas en muchos lugares de la tierra, numerosas en las costas del Atlántico, pero escasas en los otros mares y nulas en las regiones de alta mar,⁽³⁾ los astrónomos Whewell y Airy construyeron cartas aproximadas que, en conjunto, muestran como se propaga en los océanos la onda de marea, con líneas en cuyos puntos todos se verifica simultáneamente la pleamar a horas sucesivas del meridiano de Greenwich, indican la situa---

(3) ALTA MAR .- Es la parte del mar que se encuentra a bastante distancia de la costa. Se localiza despues de la plataforma Continental.

ción que en esos momentos guarda la cúspide de la onda y su avance de hora en hora. La separación de las curvas contiguas da, idea del camino que recorre la onda en ese intervalo de tiempo y por tanto, de su velocidad.

2.5 MARES INTERIORES Y LAGOS.

En los mares interiores poco extensos, comunicados con el océano por pasos angostos, las mareas se verifican como en los lagos: cerrados, esto es; como oscilaciones periódicas a uno y otro lado de líneas nodales cuya situación depende de la forma, extensión y profundidad del vaso.

Conviene observar en que las oscilaciones en los mares cerrados, aunque semejantes a las de los lagos, se deben únicamente a las fuerzas astronómicas generadoras de la marea y son por tanto, periódicas como ellas; mientras que en los lagos, la ruptura del equilibrio excitadora de las oscilaciones, más que la acción insignificante de esas fuerzas, se debe a causas terrestres de origen local. El viento cuando ha persistido varias horas, origina en la superficie una corriente que acumula el agua en el extremo del lago hacia donde ha soplado, y cuando calma repentinamente, el líquido retrocede buscando su nivel: movimiento ini--

ciativo de una serie de oscilaciones que dura largo tiempo y que el razo namiento con el fondo va amortiguando lentamente. Las variaciones de la presión atmosférica y de su desigualdad en diversas partes de los lagos dan motivo a cambios en el nivel del líquido, y por tanto a la oscila--- ción. Pero la mayor parte de los movimientos y la variedad irregular de sus periodos son efectos muy probable de la comoción del suelo ocasiona da por microsismos inadvertidos que sólo los sismógrafos registran. Es frecuente en los lagos la producción de oscilaciones de sentidos opues-- tos que, por su interferencia generan movimientos resultantes a uno y -- otro lado de líneas nodales.

Los vaivenes del agua en los lagos, provocados por las causas antes mencionadas, y tal vez por otras desconocidas, y cuyos periodos va rían desde largas horas hasta sólo algunos minutos, se conocen universal mente con el nombre de Seiches que no tienen traducción al Español.

Las posiciones del sol y la luna no son únicas causas que de terminan las variaciones del nivel marino. La configuración y los acci-- dentes de las costas, la presencia de ellas en ríos ó desembocadura de - cauces fluviales, la profundidad, los fenómenos de la atmósfera, como la presión del aire, los vientos, las lluvias, dan lugar a oscilaciones que, con su periodo propio, modifican más ó menos notablemente el carácter - fundamental de las ondas de las mareas.

2.6 PREDICCIÓN DE LAS MAREAS.

Entre las cuestiones importantes en relación con las mareas, figura el problema de su predicción, que consiste principalmente en determinar y anunciar con anticipación la hora de la pleamar y la altura de la marea; predicción que se ha realizado con bastante exactitud para un número de puertos por medio del cálculo empleado con datos obtenidos por observaciones prolongadas y perseverantes.

La predicción aparece bajo la forma de tablas que con un año de anticipación publican los gobiernos de algunos países, especialmente el de la India para el Océano Indico, el de los Estados Unidos para sus puertos, en el caso de México, este se encuentra a cargo del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Las tablas; unas llamadas especiales muestran para cada puerto y para cada día del año las horas de la pleamar y de la bajamar y la altura correspondiente del agua; las otras llamadas generales, relacionan las mareas con algunos hechos astronómicos notables, por ejemplo la culminación lunar, indicando cuantas horas después de ese fenómeno se verifican la pleamar y la bajamar, y su altura sobre una señal fijada en la ribera.

El retardo ó dilatación de la pleamar con respecto a la hora del paso meridiano de la luna y la altura máxima del agua constituyen para cada lugar el dato que se llama establecimiento del puerto, indispensable para los navegantes, para conocer la hora en que encontrarán suficiente profundidad para la entrada y salida de sus navíos.

2.7 CORRIENTES DE MAREA.

Es conveniente recordar que en los puntos N y Z de la figura No. 8. que se hallan con la luna en el Zenit ó en el Nadir y en los de la región transversal p p, la fuerza generadora de la marea se ejerce en dirección enteramente vertical, hacia arriba en los primeros y hacia abajo en los segundos.

En todo el resto del océano la fuerza generadora obra en dirección oblicua como lo indican las flechas en la misma figura. Tiene pues en cada punto una componente vertical y una componenete horizontal. La primera, que combinada con la pesantez, aumenta y disminuye el peso del agua, y la segunda, que la comunica un movimiento en su misma dirección, esto es horizontal. El efecto de la componente vertical se llama con más especialidad marea y el de la componente horizontal es una corriente que se conoce con el nombre de corriente de marea.

El efecto vertical, o la marea es muy poco sensible sobre todo en alta mar donde consiste, como se observa en las islas lejanas, en una amplitud ó variación próximamente de 60 a 90 centímetros entre los niveles de la máxima y la mínima marea.

Mucho más notable es el efecto horizontal se muestra en las costas bajo la forma de anchurosa corriente que con mayor ó menor violencia, llega de la lejanía del mar y ofrece en su volumen, en su marcha y en sus efectos, variaciones que dependen de las circunstancias peculiares de cada región del litoral. Su arribo se anuncia ordinariamente por una marejada en que cada ola avanza y sube más que la anterior, al tocar fondo, la corriente modera su velocidad, las olas se siguen más cercanas, estrechan su distancia. Se acumulan, crece su volumen y su cúspide se eleva más y más, figura No. 18.



EFFECTO HORIZONTAL DE LA MAREA

FIGURA No. 18

Los accidentes de las costas, sus concavidades, los arrecifes, la angostura en la boca de los golfos, el relieve del fondo, el declive de la ribera, son causas de irregularidades en el régimen de las mareas que se manifiesta principalmente en la altura, ya excesiva, ya moderada y hasta insensible de la pleamar.

Si la corriente de marea encuentra una playa de leve inclinación, el agua para alcanzar su altura máxima, debe recorrer una distancia horizontal considerable en el breve espacio de tiempo necesario para vencer el desnivel correspondiente. El flujo ó ascenso de la marea, se siente entonces, como una corriente de gran velocidad.

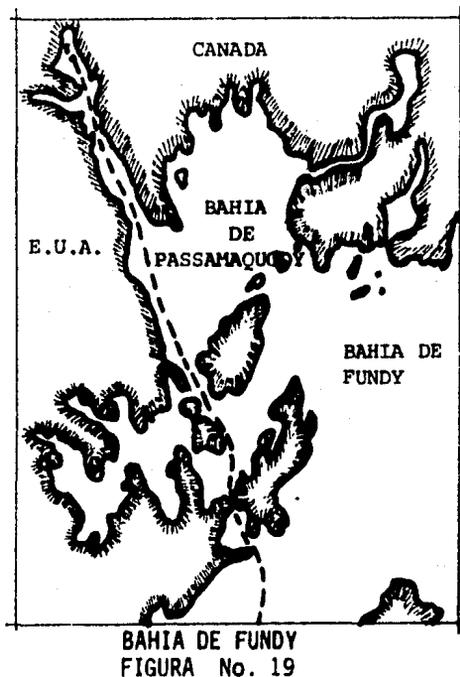
La corriente que aunque rápida, como se ha dicho se advierte apenas en la extensión dilatada del océano, se torna viva y terrible a su paso por los estrechos y los canales. Al concentrar su volumen en la angostura, su velocidad se acrecienta, y contrariada la fuerza viva que la anima por la resistencia de los bajos fondos, por los desniveles y las sinuosidades de su forzado trayecto, se desencadenaría en agitación desordenada del agua, en violentos remolinos, en cambios bruscos de dirección provocadores de intensidad e interferencia del oleaje y en efecto vertical en las costas donde eleva notablemente la altura de la pleamar.

Se ha mencionado con anterioridad que, en general todo obstacú lo que embaraza el movimiento del agua, provoca una disminución en la ve locidad; y como la energía que mueve el líquido no se agota cuando la re sistencia es completa, esto es, cuando impide por completo el avance ho rizontal, éste siguiendo la línea de menor resistencia, se cambia en mo vimiento ascensional que eleva el agua a una altura proporcionada a su - energía restante. Si la costa es escarpada, el ímpetu de la corriente - se resuelve en impulso vertical que lanza el agua a grandes alturas y en furioso salto que bate las rocas reciamente y a la larga las desgasta, - las derriba y las destruye.

Se cita como muy notable el caso de las mareas en la Bahía de Fundy, figura No. 19, en la América del Norte, debido al contorno de sus riberas y al relieve de su fondo. Muy amplia en su boca esa bahía, y ce rrándose casi repentinamente en un estrecho canal, el desnivel entre las altas y las bajas aguas aumenta por grados desde 2,70 Mts. en la entrada hasta 12 Mts. en el otro extremo. El agua cubre dos veces por día y con vierte en senos navegables vastas extensiones de playa donde algunas ho ras antes las embarcaciones descansaban abatidas en la arena.

El reflujo es una corriente en retirada. En ciertos parajes an gostos encuentra inquietas todavía las ondas movidas en sentido inverso -

por el paso reciente de la marea en ascenso. Su interferencia con ellas produce fuertes torbellinos y cambios de nivel muy peligrosos para las embarcaciones. Fenómeno que aparece muy notable en el reducido espacio entre las islas Lofotten y la costa de Noruega donde se forma el terrible vórtice llamado Maelstrom, y con menor intensidad, en los torbellinos de Scila y de Caribdis en el estrecho de Mesina.



A su arribo a las rías y a los esteros.⁽⁴⁾ La onda encuentra - el estrechamiento del río y la pendiente y asperezas de su fondo; pene--

(4) Rías, es la parte de un río próxima a su entrada en el mar y hasta donde llegan sus aguas saladas. Estero es el brazo o caño que sale del río para llegar también al mar.

tra, pues en el cauce con velocidad que depende de esas resistencias y avanza hasta el lugar en que es superior a la suya la rapidez de la corriente fluvial. Se detiene sin embargo, antes de ese punto si la profundidad del río es escasa. Muchas veces sube a un nivel superior al que alcanzaría, en esa costa la pleamar.

Cuando la marea ascendente regular encuentra en la boca de un río la resistencia opuesta por su forma, su estrechez, por las condiciones de sus bordes de arena, y la de su corriente, sus aguas se detienen durante algún tiempo y se acumulan hasta que, reunido el volumen total de la marea penetra en el cauce, de un golpe ó en unas cuantas olas grandes, asciende con gran violencia y velocidad, este fenómeno es muy notable en las Amazonas, principalmente en el Tsien-Tang en China. En este anchuroso río, la onda invasora, semejante a un muro vertical de agua de 10 Mts., de altura y de 6 a 9 Kilómetros por hora, de efecto devastador en las orillas del río donde destruye los bordes arrebatando objetos y animales, en el centro obra sobre las embarcaciones comunicándoles un movimiento de sube y baja, con un ligero avance horizontal sin retroceso.

Por lo que antecede se ve que las manifestaciones más notables de la marea consisten en movimientos horizontales, o corrientes de mayor a menor velocidad, capaces en ocasiones de efectos de gran intensidad, -

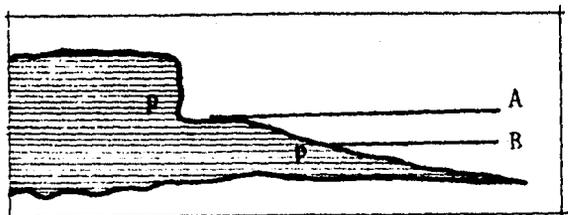
aunque acompañados de movimientos verticales asociados estrechamente con ellos como efectos que son unos y otros de una causa común.

La ley del movimiento horizontal, ó de las corrientes de marea, se puede representar como la de la marea, por curvas de corriente, construidas con las horas como abscisas y las velocidades como ordenadas. Por ser la corriente que acompaña al flujo de sentido opuesto de la que acompaña al reflujó, las ordenadas de las curvas son susceptibles de signos contrarios, y se cuenta positivas ó hacia arriba, y negativos ó hacia abajo, de una eje ó línea de velocidad nula, según que la corriente se dirija hacia tierra ó al contrario.

2.8 EFECTOS DE LAS MAREAS.

La marea y sus corrientes, por medio de las olas, ejercen una notable acción mecánica que modifica la forma de las costas. Al golpe incesante del agua sobre los acantilados se abre generalmente en su parte blanda una ranura que, profundisándose más y más, acaba por dejar sin apoyo a los materiales más duros sobrepuestos que, por su peso y en fragmentos más ó menos grandes, se desploman. El vaiven de las olas y de las corrientes de marea disgrega más estos despojos y el reflujó los arrastra al mar. La repetición de los asaltos va demoliendo las escarpaduras y destruyendo el frente de los acantilados haciéndolos, de este mo

do, retirarse de la orilla. Las aguas del refluo, con su poder de --- transporte, limpian de escombros el espacio abandonado, con lo que dejan libre una plataforma que se extiende hasta la línea que alcanza la altura de la pleamar. Esta plataforma P, figura No. 20, es característica de las riberas donde son sensibles las oscilaciones del mar.



ACCION DE LA MAREA
FIGURA No. 20

Como se observa, la acción de las mareas para cambiar la configuración de las costas es solamente indirecta, pues se reduce a extender en la ribera el campo de acción de las olas, especialmente las de tempes tad, que son el verdadero agente directo de este importante fenómeno - geológico.

A su llegada al mar, los ríos pierden su velocidad, con ello - su poder de transporte; los materiales que en gran cantidad traen en suspensión, se detienen, caen acumulándose frente a la desembocadura, formando esos obstáculos para la navegación fluvial llamados barras, inconveniente de que se ven libres las costas visitadas por mareas, que por su constancia y por la velocidad de sus corrientes, remueven sus materiales, dispersándolos en el mar.

Las mareas de gran amplitud impiden en algunos puertos el libre movimiento de las embarcaciones, porque solo a ciertas horas, dan al nivel del agua la altura necesaria para su calado.

Hay puertos de alta latitud cuya temperatura invernal es bajo cero, y que sin embargo, se ven libre de los hielos merced a las mareas que llevan agua muy salada cuyo punto de congelación es más bajo que el del agua dulce.

Debemos notar, un efecto biológico de esas oscilaciones diarias de la mar que al introducir regular y alternativamente variaciones en el nivel, al igual que en la presión del agua, y en su composición salina, sólo permiten en la zona comprendida entre las altas y bajas mareas, la vida de limitadas especies de plantas, animales que resisten aprovechando esos cambios del ambiente.

CAPITULO III

EVALUACION DEL PROYECTO

3.1 ANTECEDENTES GENERALES:

Entre los principales recursos naturales de México, se encuentran sus 8,560 Km. de costa con 431,051 Km² de mar, que hasta el momento no han sido aprovechados en forma adecuada.

Con anterioridad se mencionó que no es recomendable el depender indefinida y casi exclusivamente de los hidrocarburos en la obtención de la energía necesaria para el desarrollo de México, por lo que es conveniente empezar a diversificar sus fuentes alternas de energía, enfocándose especialmente a la abundante fuerza de mar en las costas del Pacífico.

Esta energía del mar puede aprovecharse para generar energía eléctrica, tal es el caso de la energía de las mareas la cual puede ser transformada en energía eléctrica por medio de una planta maremotriz. Esto es posible aprovechando al máximo el trabajo de producción continua,

tanto en el flujo como en el reflujó de la marea, con la máxima eliminación de los tiempos muertos de los repuntes.

La energía obtenida de una planta maremotriz es proporcional al cuadrado de la amplitud de marea, siendo los factores que determinan sus emplazamientos; la amplitud de la marea (al máximo) y la forma de la enesenada ó vaso (de superficie máxima de retención), mientras -- que los factores que determinan su rendimiento; la longitud del dique de contención y la energía producida.

Si bien en la mayor parte de nuestros litorales las variaciones de la marea son relativamente pequeñas sobre todo en la parte del Golfo de México y del mar Caribe en el cual estas son de 0.60 m., en el litoral Pacífico tenemos variaciones que van desde los 0.30 hasta los -- 7.5m. en el extremo norte en el Golfo de California.

En este sitio, en el Golfo de California, es donde análisis iniciales han permitido detectar algunos lugares en los cuales es factible el aprovechar la energía de la marea.

El problema principal que se presenta es el de encontrar -

algunas bahías ó grupos de islas en las cuales mediante ciertas obras de ingeniería como diques, pueda ser factible almacenar un volúmen de agua - suficiente que haga económica la transformación de esa energía potencial - en energía eléctrica.

Uno de los lugares más prometedores para el aprovechamiento de este tipo de energía, es la isla de Tiburón, localizada frente a -- las Costas de Sonora.

3.2 ESTUDIO DE MERCADO.

a) Análisis de la oferta y la demanda.

Destacan tres características de desarrollo del sector -- eléctrico en México; el rápido crecimiento durante un periodo relativamente largo, la considerable dimensión absoluta del sistema interconectado, - y el hecho de depender cada vez más de combustibles fósiles, particularmente hidrocarburos.

Durante los últimos veinte años, la generación eléctrica - creció a una tasa media anual de 10%. Este crecimiento es más de 1.6 veces el del producto interno bruto durante el mismo periodo, relación que se ha mantenido en el último decenio. Ello ha permitido duplicar cada 7

años la electricidad generadora.

El suministro de energía de alta tensión, cuyo destino -- principal es la industria, aumentó durante estos veinte años a una tasa - media anual superior al 11%.

Es improbable que la relación entre las tasas de crecimiento de la demanda de electricidad y del producto interno bruto disminuya - apreciablemente en el futuro. Incluso en países desarrollados dicha relación ha permanecido en niveles elevados, además el consumo de electricidad por persona y por unidad de producto interno bruto son particularmente bajos en México, en comparación con lo observado en países industrializados.

A medida que se eleve el ingreso personal, aumentará el -- consumo de electricidad.

El acceso a las redes de distribución, restringido y muy - desigual, tenderá a ampliarse. Actualmente, el 61% de la población nacional consume el 98% de la energía con destino doméstico; el 11% siguiente demanda únicamente el 2% y el 28% restante no utiliza electricidad, (Fi-

gura No. 21).

El programa de energía, realizado por la Comisión Federal - de Electricidad (C.F.E.), prevé que durante la década de los ochenta el crecimiento de la demanda de electricidad tan solo disminuirá marginalmente su realización histórica respecto al del producto interno bruto. Así aumentará anualmente entre 12 y 13%.

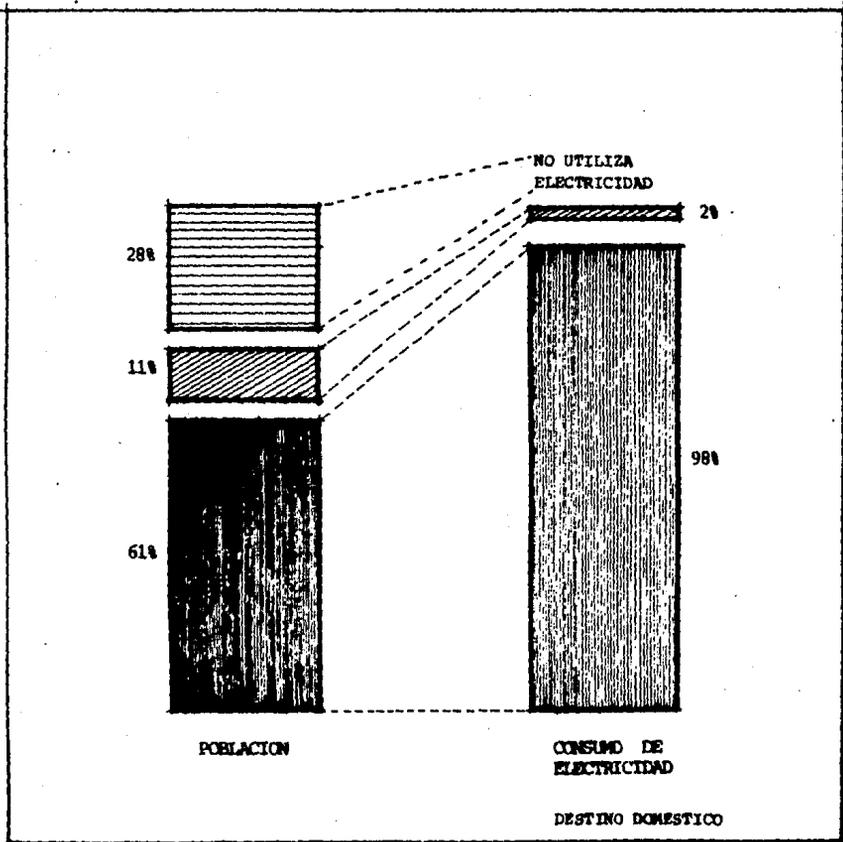
De las naciones en desarrollo, solo India y Brasil generan más electricidad que México. Por su magnitud y tasa de expansión, el sistema nacional permite la instalación de plantas a escala suficiente para disminuir los costos unitarios de generación, logrando mayores eficiencias.

b) Pronóstico de la Demanda al año 2000.

En 1980 el sector eléctrico agotó temporalmente sus reservas tanto de potencia como de energía. Éstos acontecimientos se originaron por una combinación de factores; la diferencia entre las capacidades nominal y real de los equipos, así como su menor disponibilidad; accidentes ocasionados entre otras razones, por un deficiente mantenimiento de las unidades; y un prolongado estiaje que afectó algunas centrales hidroeléctricas del país.

FIGURA NO. 21

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA



En el futuro será necesario que aumente el margen real de las reservas y la disponibilidad de los equipos instalados, ya que de lo contrario cualquier evento inesperado pondrá en riesgo el suministro oportuno y suficiente de energía.

En la planeación a largo plazo de los sistemas eléctricos de México, se deben tomar en cuenta las relaciones existentes, entre los sectores económicos, productivos y sociales con el propio sector de generación eléctrica. Por lo que, para encontrar la demanda futura de energía eléctrica se deben efectuar diferentes hipótesis de desarrollo económico y de la población.

Tal como sucede en el plan de expansión del sector eléctrico elaborado por la Comisión Federal de Electricidad, en donde se toman diferentes hipótesis de la tasa de crecimiento y del desarrollo económico del país. Basándose en las más probables de estas, se obtuvo la demanda de energía eléctrica al año 2000, como se puede observar en las siguientes láminas ⁽⁵⁾; 1,2,3,4,5 y 6.

(5) Por ser un número muy grande de láminas, en este trabajo solo se incluyeron las más representativas de la demanda de energía eléctrica, las restantes pueden ser consultadas en el plan de expansión eléctrico realizado por la Comisión Federal de Electricidad.

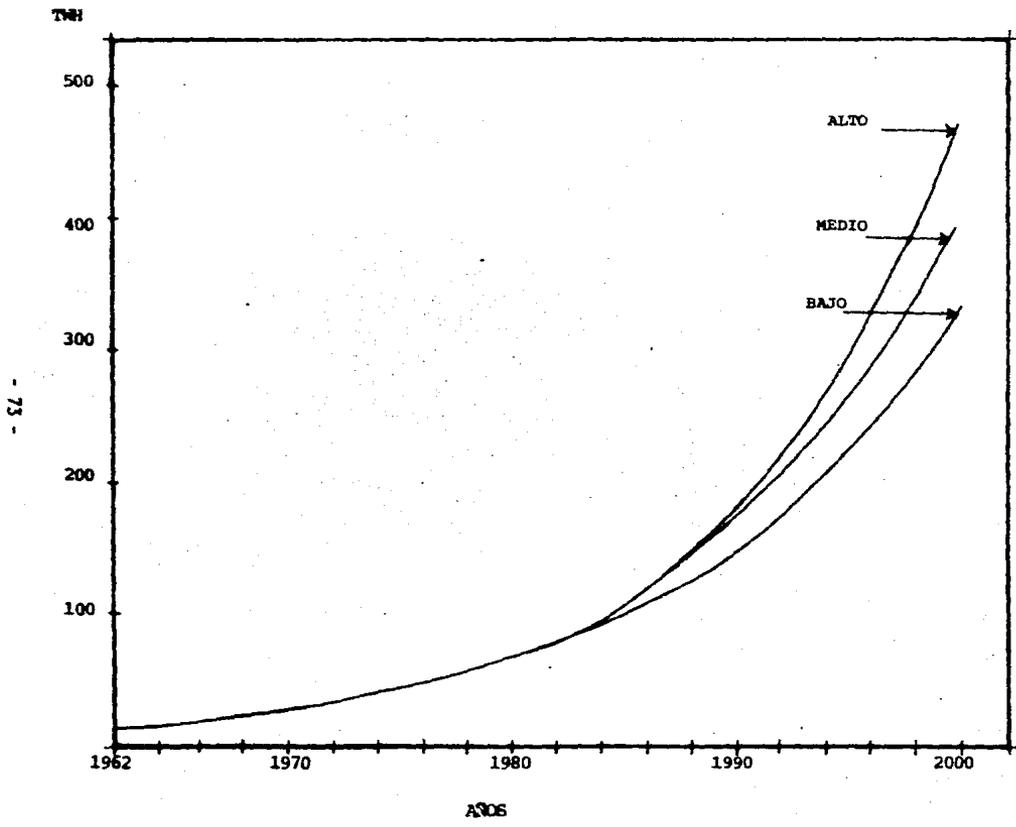
DEMANDA MAXIMA ANUALES EN MW PERIODO 1962 - 2000
SECTOR ELECTRICO NACIONAL

DEMANDAS HISTORICAS

1962	2171.2
1963	2401.1
1964	2698.6
1965	2921.2
1966	3231.0
1967	3527.0
1968	3874.0
1969	4454.0
1970	5068.0
1971	5448.0
1972	5869.0
1973	6468.0
1974	2707.0
1975	7615.0
1976	8278.0
1977	8911.0
1978	9988.0
1979	11046.0
1980	12041.0

PRONOSTICOS

	<u>BAJO</u>	<u>MEDIO</u>	<u>ALTO</u>
1981	12 701	13 196	13 343
1982	13 833	14 666	14 773
1983	15 663	16 158	17 005
1984	16 218	17 676	17 899
1985	17 600	19 384	19 746
1986	19 176	21 330	21 871
1987	20 786	23 293	24 101
1988	22 520	22 520	26 544
1989	23 976	27 999	28 728
1990	26 490	30 609	32 276
1991	28 736	33 439	35 583
1992	31 172	36 496	39 239
1993	33 821	39 840	43 278
1994	36 694	43 454	47 733
1995	39 814	47 342	52 650
1996	43 199	51 591	58 074
1997	46 872	56 199	64 056
1998	50 856	61 078	70 652
1999	55 181	66 407	77 932
2000	59 875	72 098	85 963

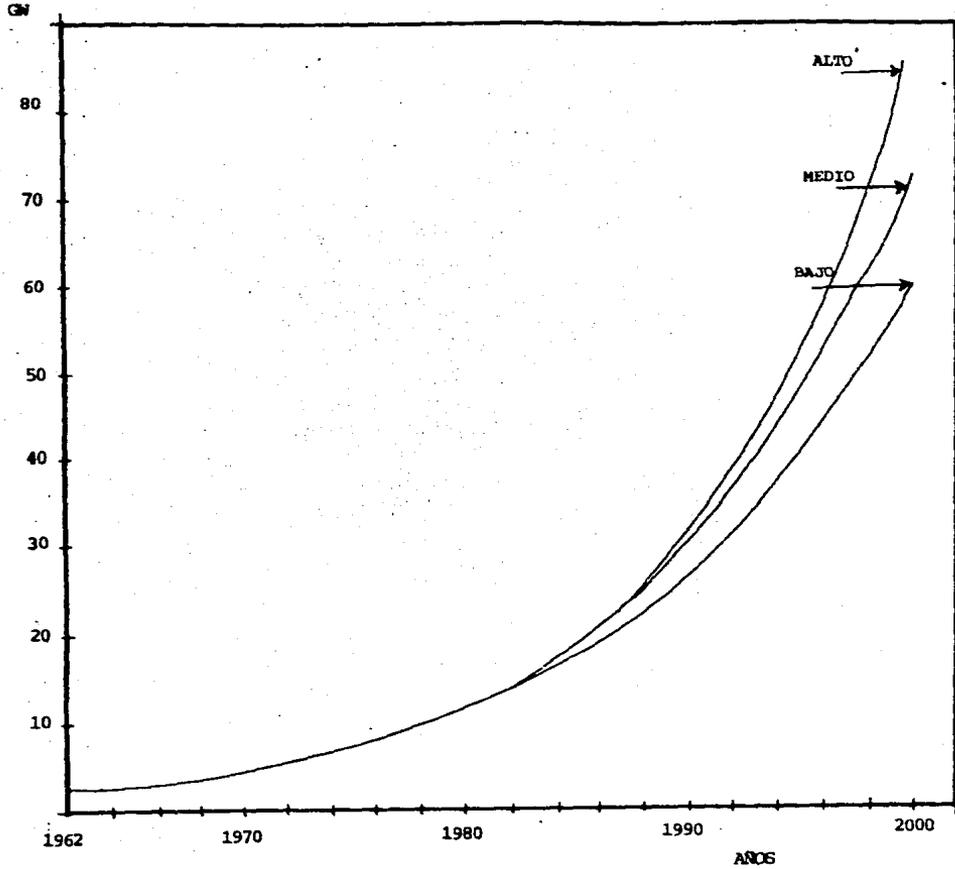


- 73 -

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN TWH

LAMINA NO. 2

- 74 -



DEMANDA MÁXIMA EN GM

LÁMINA No. 3

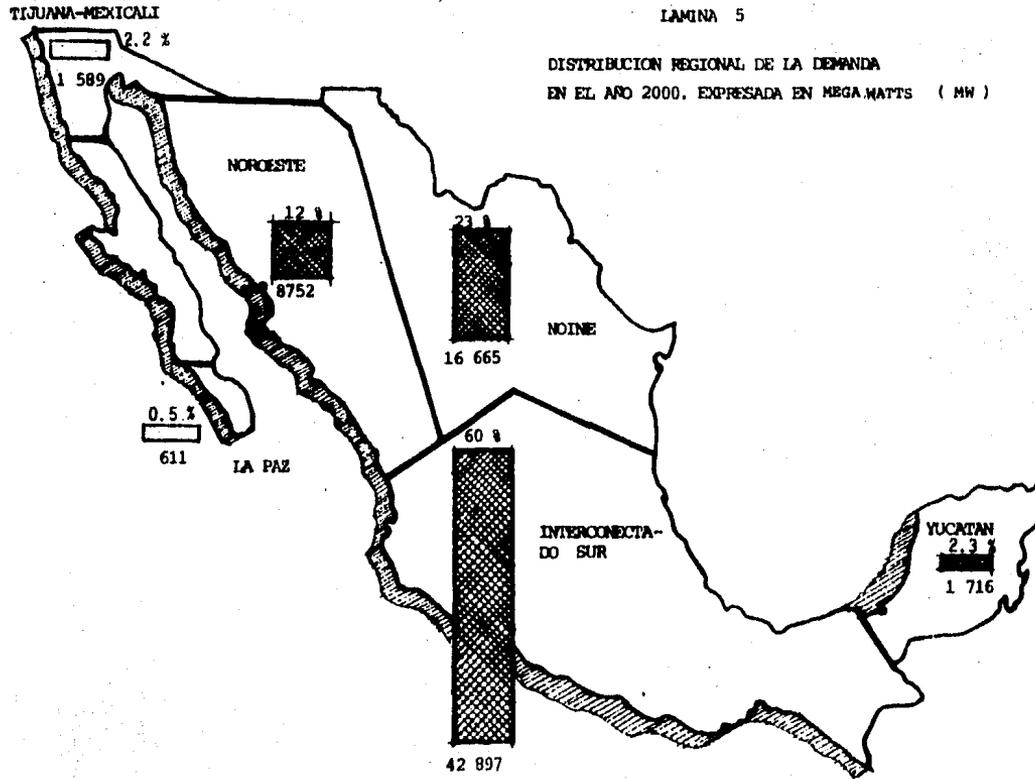
TASA DE CRECIMIENTO

HISTORICA		HIPOTESIS		
(1962 - 1980)		BAJA	MEDIA	ALTA
6.24%	PNB	4.5%	5.5%	6.5%
3.69%	HAB	2.7%	3.1%	3.5%

HISTORICA		ESCENARIO		
(1962 - 1980)		BAJA	MEDIA	ALTA
10.69%	KWH	8.6%	9.52%	10.4%

LAMINA 5

DISTRIBUCION REGIONAL DE LA DEMANDA
EN EL AÑO 2000. EXPRESADA EN MEGA WATTS (MW)



LAMINA No. 6

COMPOSICION DE LOS SISTEMAS
POR ENTIDADES FEDERATIVAS



SISTEMA

ESTADO

- | | | |
|----|--------------------|--|
| 1 | CENTRAL | México, Hidalgo, Morelos
Tlaxcala y D.F. |
| 2 | ORIENTAL | Puebla, Veracruz, Oaxaca,
Tabasco y Chiapas |
| 3 | OCCIDENTAL | Jalisco, Guanajuato, Michoacan,
Colima, Queretaro, Zacatecas,
S.L. Potosi, Nayarit y Aguascalientes. |
| 4 | NOROESTE | Sonora y Sinaloa |
| 5 | NORTE | Chihuahua, Durango y Coahuila |
| 6 | NORESTE | Nuevo Leon, Tamaulipas |
| 7 | COLOTLAPA-ACAPULCO | Guerrero |
| 8 | PENINSULAR | Yucatán, Campeche
y Quintana Roo |
| 9 | TIJUANA-MEXICALI | Baja California Norte |
| 10 | LA PAZ | Baja California Sur |

De este plan de expansión eléctrico podemos concluir que :

1) La demanda máxima durante el año de 1984, será de :----
17,676 MW., mientras que en el año 2000 la demanda máxima anual será de:-
82,098 MW., lo que significa cuadruplicar la demanda anual de la actuali-
dad.

2) El consumo de energía eléctrica en 1984, será de :-----
100 TWH., mientras que para el año 2000 este consumo será de 400 TWH., lo
que significa cuatro veces más que en la actualidad.

3) La distribución regional de la demanda en el año 2000 -
estará principalmente en tres zonas; Interconectada Sur 42,897 MW., (60%)
Norte 16,665 MW., (23%) y Noroeste 8,752 MW., (12%):

4) La capacidad instalada para el año 2000 será de : -----
83,505 MW., que se distribuirá como sigue; interconectado Sur 49,959 MW.,
Norte 18,683 MW., Noroeste 9,680 MW., Yucatán 2,235 MW., Tijuana - Méxica
Ti 1916 MW., y La Paz 772 MW.

5) El sistema donde mayor consumo de energía hay por habi-
tante es el Noroeste con 1,563 kWh/hab., en la actualidad, mientras que -

para el año 2000 será de 7,486 kwh/hab., lo que significa cuadruplicar -- este consumo.

6) El consumo de energía eléctrica por habitante (valor - Nacional) en el año 2000 será de 3,348 kWh/hab.

3.3 ESTUDIO TECNICO.

A) ESTUDIO BASICO.

a) Tamaño; los pronósticos de demanda de energía eléctrica y las posibilidades de satisfacerla indican que a fines de siglo, el consumo aproximadamente será de 434 TWh., cifra más de cuatro veces superior a la actual. Se estima el potencial hidroeléctrico del país en 25,250 MW, con una producción anual de 83,000 GWh., razón por la que son indispensables otras fuentes energéticas como el carbón y el petróleo; el primero a causa de sus reservas limitadas, solo podrá adicionar una capacidad instalada de 9,000 MW., y el segundo, por sus altos costos internacionales debe restringirse para este propósito.

Esto conduce a desarrollar las plantas núcleo eléctricas, - el potencial geotérmico, así como el aprovechamiento de la energía de las

mareas y de otras fuentes no convencionales, especialmente en el período 1991 - 2000, cuando se llegará al límite del carbón y la energía hidro-- eléctrica será insuficiente.

La planta maremotriz quedará instalada en la Is la del Tiburón, frente a las costas de Sonora, que es hasta el momento - el lugar más prometedor para el aprovechamiento de la energía en México.

En este lugar mediante la construcción de 2 di-- ques de aproximadamente 3Km, cada uno, es posible tener controlada una su perficie de agua de 150 Km², que permitiría almacenar 412 millones de m³ de agua por ciclo de marea con gastos promedio de 800 m³/seg.

Este caudal de agua puede ser fácilmente trans-- formado en energía eléctrica mediante la utilización de microbulbos que - pueden funcionar tanto en el flujo como en el refluo de la marea.

La potencia total de la planta oscilará entre -- 200,000 Kw y 250,000 Kw con una producción anual de 500 millones de KWH., este dato es aproximado ya que fué obtenido comparando el gasto así como la superficie controlada de agua con otras plantas maremotrices en funcio-- namiento y con otras en proyecto. ----- Por lo que será ne-

cesario hacer un estudio minucioso (construir un modelo a escala), para obtener la producción exacta de esta planta.

Los principales problemas que se presentan a este proyecto son el del conocimiento adecuado de las variaciones de mareas en todas -- las épocas del año, de tal manera que se permita establecer el programa -- de operación requerido, ya que uno de los puntos claves en la producción de energía eléctrica utilizando la fuerza de la marea, es de utilización de la energía, ya que normalmente no coinciden las horas de generación -- con las horas de demanda.

Este problema sin embargo, puede ser solucionado al quedar integrado, un centro de esta naturaleza, con la red nacional de distribución de energía, en la cual la energía hidroeléctrica y la termoeléctrica sean usadas como complementarios y no como fundamentales del sistema.

B) PROCESO.

a) " El proceso de producción es el mecanismo técnico utilizado en el proyecto para obtener bienes ó servicios ".⁽⁶⁾

A continuación se describe el proceso de la planta maremo-

(6) GUIA PARA LA PRESENTACION DE PROYECTOS, Ilpes Editorial Siglo XXI México 1982 (pagina 93).

triz. El principio consiste en admitir la marea entrante en un vaso ó --
ensenada aislada del mar por un dique, a través de compuertas que actúan
de válvulas, abiertas hacia el interior del vaso por la fuerza de la ma--
rea entrante y cerrándose automáticamente en cuanto la marea comienza a -
descender. El nivel del vaso permanece así a la misma altura que la plea
mar, la planta puede ponerse en marcha cuando la diferencia de nivel del
vaso y de la marea vaciante ha creado un desnivel de caída suficiente co-
mo para hacer girar las turbinas, continuando así hasta la próxima marea
que vuelve a neutralizar el salto.

La presa permite obtener una caída de agua entre el vaso -
y el mar, lo mismo reteniendo el volumen de agua a nivel de pleamar mien-
tras la marea baja, que manteniendola a nivel de bajamar mientras la ma--
rea sube, también se puede producir energía sea con el flujo que con el -
reflujo, en esto consiste los dos ciclos de simple efecto, (Figura No.22).

Se pueden alargar los periodos de producción, aumentando la
cantidad de energía producida mediante turbinaje, lo mismo en el momento
de llenado, que en el momento de vaciado, en esto consiste el ciclo de -
doble efecto (Figura No. 23).

Finalmente, puede obtenerse una ganancia de producción com

FIGURA No. 22

EFFECTO DE VACIADO SIMPLE

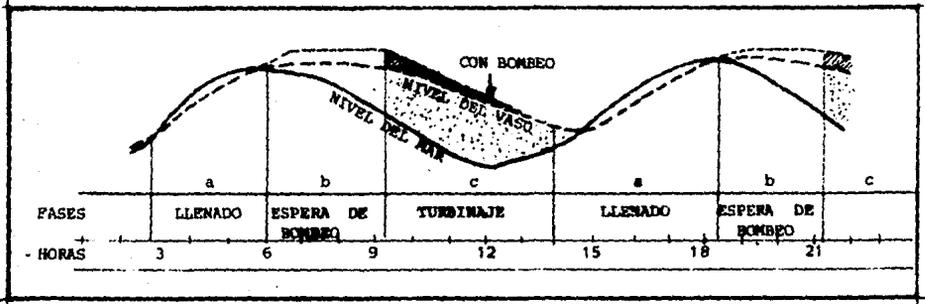
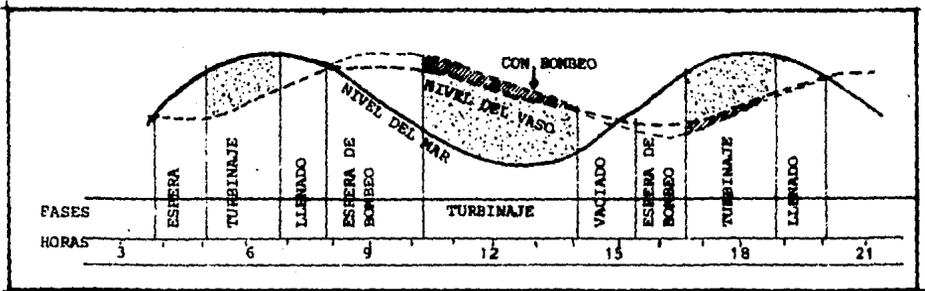


FIGURA No. 23

DOBLE EFECTO



plementaria de energía mediante bombeo a baja altura, a fin de cada ciclo de un determinado volumen de aguas más importante.

Gracias a las posibilidades ofrecidas por los grupos bulbo (turbina - alternador), los cuales pueden funcionar como bombas recibiendo la energía de la red nacional. La explotación de la planta combina los diferentes ciclos de manera que puede obtenerse diariamente en función de las características de la marea y en función de las necesidades de la red, la producción óptima.

Además el grupo bulbo permitió el establecer microgeneradores que actualmente hacen factible el aprovechamiento de variaciones de nivel hasta de 1 m.

Las mareas que constituyen el factor indispensable para la producción de la planta maremotriz, son descritas a continuación.

Las mareas en el lugar son del tipo mixta semidiurna. Teniendo las siguientes referencias.

Planos de mareas referidos al nivel medio del mar :

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	4,878 pies	1,487 m.
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	2,564 pies	0.781 m.
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	1,893 pies	0.577 m.
NIVEL MEDIO DEL MAR	0.000 Pies	0.000 m.
NIVEL DE MEDIA MAREA	0.009 pies	0.003 m.
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	- 1,875 pies	- 0.572 m.
NIVEL DE BAJA MEDIA INFERIOR	- 2,697 pies	- 0.822 m.
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	- 4,622 pies	- 1.409 m.
ALTURA MINIMA REGISTRADA	- 9.522 pies	- 2.902 m.

Por lo que la altura media del mar en el vaso, cuando la marea entre será aproximadamente de 2.75 m., lo que permitirá almacenar - 412 millones de m³. de agua cada ciclo de mareas.

Los datos antes mencionados son aproximados, ya que se obtuvieron tomando como referencia lugares cercanos a la isla que cuentan con una estación mareográfica, además de observaciones hechas en el sitio por lo que será necesario un estudio profundo acerca de las mareas, instalando una estación mareográfica para conocer la variación de marea en todas las épocas del año, de tal manera que se permita establecer el programa de operación requerido.

C) LOCALIZACION.

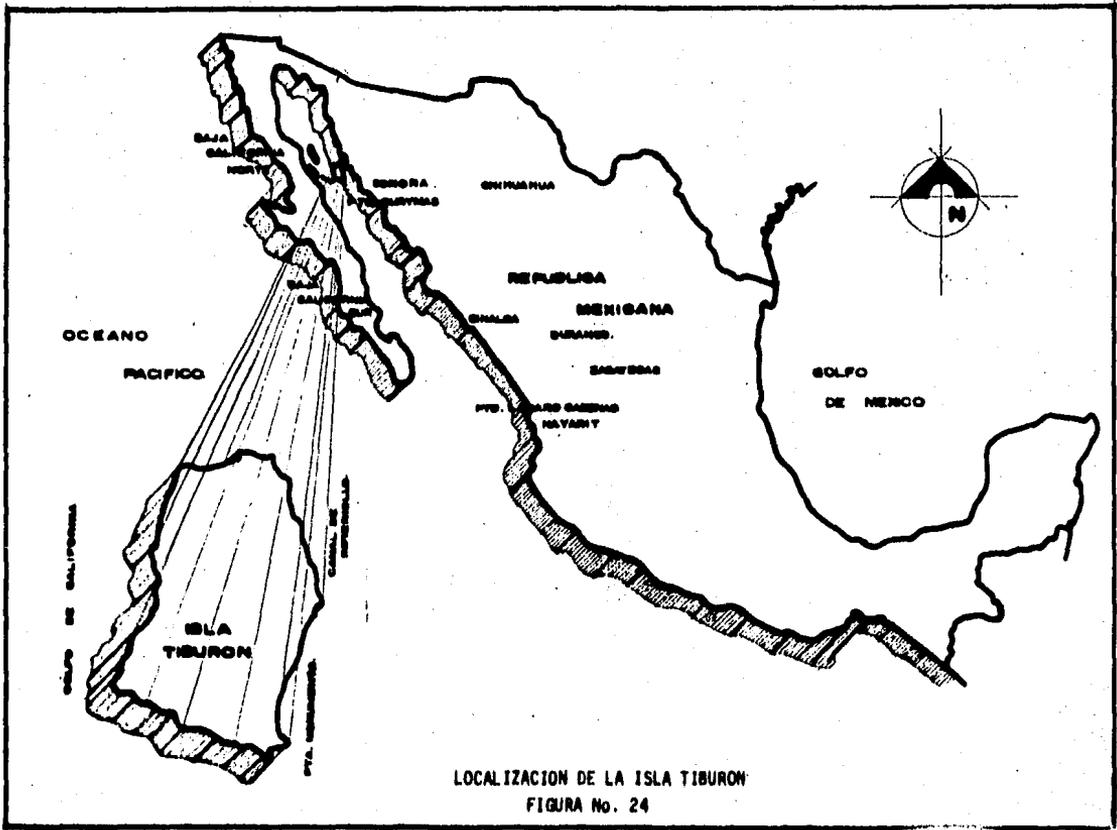
i) Macrolocalización.

La isla del Tiburón; territorio perteneciente a los Estados Unidos Mexicanos, localizado en el Noroeste del país dentro del Golfo de California frente a las costas de Sonora, (Figura No. 24).

Es la isla de mayor superficie de las que se encuentran en el Golfo de California, alcanza 1,208 km². de área, situada entre los 28°45' y los 29°14' de latitud y entre los meridianos de 112°13' y de 112°36'. Tiene aproximadamente 46.5 km. de largo, de Norte a Sur, con un ancho medio de 24.0 km. Es alta y accidentada con picos desde 304.8 m., hasta cerca de 1219.2 m. de altura (figura No. 25)

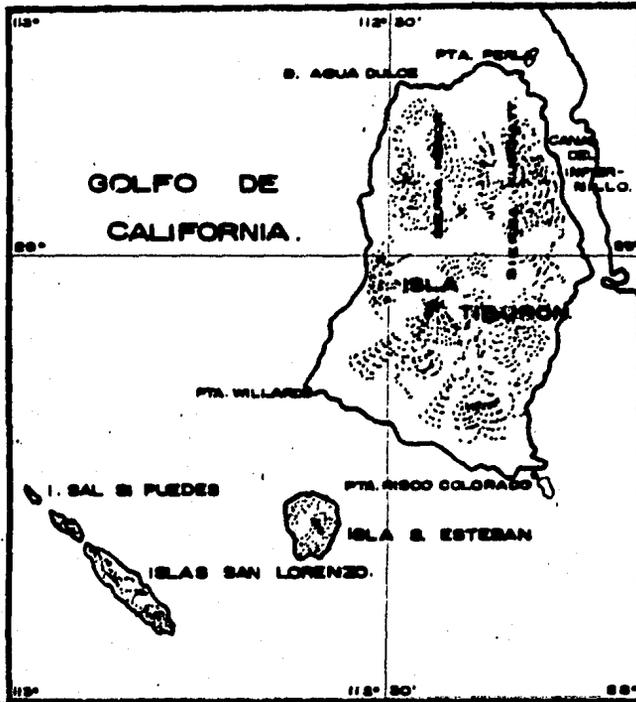
La punta Noroeste de la isla es rocosa ó escarpada y en ella se asienta un cerro de 342.2 mts. de altura, a 9 km. hacia el Este - hay una alta punta, la extremidad Norte de la isla es ríscosa, entre está y punta Sargento existe un canal de 6.5 km. de ancho con 13 ó 15 mts. - de tirante.

La Bahía agua dulce está formada por una curva de la costa en la parte norte de la isla; es un regular fondeadero con 9.10 a 13.0 m.



LOCALIZACION DE LA ISLA TIBURON
FIGURA No. 24

de profundidad, con un abrigo para los vientos del SE, pero completamente abierta para los del NW. El terreno se eleva gradualmente desde la costa hacia el interior de la isla y en general presenta un aspecto fértil.



ISLA TIBURON
FIGURA No. 25

El canal de infiernillo que separa la isla de tierra firme varía en anchura de 1.6 a 4.8 kms. la parte Sur con profundidades de 9.10 a 12.7 mts., está relativamente libre de bajos, la escasez de agua en la parte Norte hace que esté lleno de bajos y salientes de arena, haciendo - inseguro el canal para la navegación a excepción de buques muy pequeños.

Desde la punta opuesta a la de San Miguel hasta la extremidad SE, de la isla la costa tiene una longitud de 21.60 km., en los 13 primeros kilómetros es baja, arenosa con bajos y barras de arena que se extiende de 1 a 2.5 km., de la playa; el resto está formado por acantilados. Cerca de la costa hay profundidades de 9.1 a 12.7 m.

La punta SE de la isla es un promontorio situado en la extremidad de una península de 800 m. de ancho que se proyecta 1.6 km. del cuerpo principal de la isla; en esta península hay dos cerros, separados entre sí por una franja de tierra baja, que forma un recipiente que recoge el agua durante la estación de lluvias. En el lado Norte de la península hay un buen fondeadero con 9.1 a 11.0 m. con abrigo para los vientos reinantes, donde existe una playa de arena que se utilizaría para efectuar el desembarco.

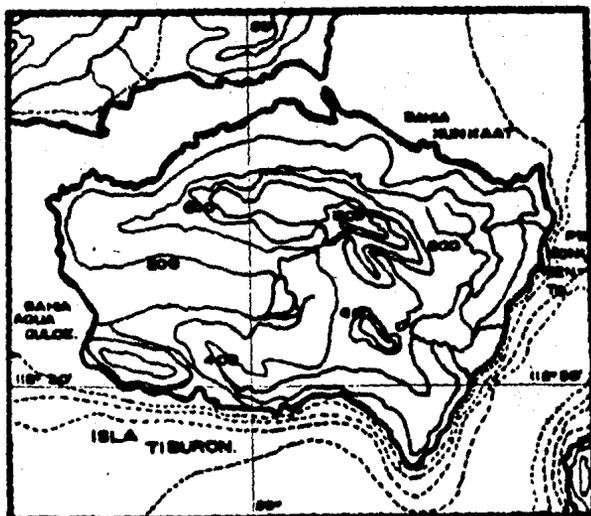


FIGURA No. 26

PLANO TOPOGRAFICO DE LA ISLA TIBURON.

ii) Geología y Minerales

La isla es de origen volcánica y fue elevada hasta muy cerca del fin del terciario. Los tipos de lavas son profusos perteneciendo a la clase difusiva. La que más se apróxima al verdadero granito se encuentra en la parte NE, clasificándose propiamente como pórfido de grantio en lugar de granito. Las calizas ó roca sedimentaria se encuentran en pequeñas porciones. Los principales caracteres de erupción volcánica son especies de andesitas y rhyolitá; esta última contiene obsidina y piedra pómez.

iii) Clima.

El tipo de clima de la isla es seco desértico -- (BW). Las escasas lluvias que caen en la región tienen lugar en otoño por lo que debe considerarse que éstas son resultado de la influencia de los ciclones tropicales que se originan en esa región del océano Pacífico; como toda la costa occidental de Baja California está dentro de la zona de niebla frecuentes. (N).

Las temperaturas de la región corresponden al subtipo caliente de los climas secos (H), siendo los meses más calurosos los de Julio a Octubre. Los valores absolutos de las temperaturas máximas y mínimas son 35.5 y 11 grados centígrados respectivamente.

En conclusión el tipo de clima de la isla resulta ser, seco desértico, caliente, con escasas lluvias todo el año, pero que predominan en otoño y con nieblas frecuentes, (Figura No. 27).

CLIMAS EN LA ISLA TIBURON

Temperatura media en C°

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
19	19	18	18	18	19	22	24	25	24	22	20	21

VIENTOS

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
NW												

DIAS CON NEBLINA (*)

D.E.F.	M.A.M.	J.J.A.	S.O.N.	ANUAL
1	2	3	1	21

DIAS CON NIEBLA (*)

D.E.F.	M.A.M.	J.J.A.	S.O.N.	ANUAL
5	8	12	8	99

DIAS CON NUBLADOS (*)

D.E.F.	M.A.M.	J.J.A.	S.O.N.	ANUAL
4	5	5	4	54

DIAS CON LLUVIA (*)

D.E.F.	M.A.M.	J.J.A.	S.O.N.	ANUAL
3	2	4	4	39

(*) PROMEDIO MENSUAL DEL TRIMESTRE.

FIGURA No. 27

IV) Flora y Fauna.

La isla tiene impreso el sello de las regiones desérticas, estando cubierta en su totalidad por producto de carbón de piedra. Se encuentran mezquites, palo blanco, torote, dipua, copal, ocote, algunos arbustos y varias especies de cactus. La parte llana tiene algo de más vegetación pues hay gran variedad de plantas silvestres, distinguiéndose -- las gramas que bien pueden adaptarse para injertos.

La vida animal comprende una especie de venado o ciervo, - colinegro, coyotes, conejos, ardillas, ratas, sapos, lagartos, serpientes de cascabel, gran cantidad de paloma torcaz, codornices, colibris, cuervos, halcones, tordos, gran ciempiés, tarantulas, escorpiones, avispas, - hormigas, mosquitos y mascalcón.

V) Medios de transporte.

El principal medio de transporte que se utilizará para el abastecimiento de la obra será los puertos marítimos, empleando barcos de diferentes capacidades como la unidad de transporte.

El lugar de aprovisionamiento de mayor importancia para la obra es el puerto de Guaymas, que se encuentra aproximadamente a 150 km. - de distancia de la isla.

Guaymas es un puerto de altura, característica que facilita el manejo del equipo electromecánico utilizado en la planta por ser este de importación, principalmente de Francia, de esta manera podrá ser transportado en buques de gran capacidad, abatiendo así el costo del transporte. Las instalaciones existentes en el puerto facilitarían el desembarco haciendo este con gran rapidez.

Además de que se permitirá el transporte de bienes y/o personas necesarias para la obra, desde diferentes lugares del país, a través de los puertos mexicanos. Como es el caso del acero, producido en las inmediaciones del puerto de Lazaro Cardenas, Michoacan.

El puerto cuenta con una infraestructura terrestre idonea para su conexión con cualquier lugar de la República.

Su red de carreteras facilita la comunicación a ciudades importantes como son: México, Toluca, Morelia, Zamora, Guadalajara, Tepic Mazatlán, Culiacán, Ciudad Obregón, Hermosillo, Nogales, la cual es asfaltada y transitable todo el año.

El sistema ferroviario permite a Guaymas tener enlace con-

los siguientes puntos del país; México, Queretaro, Irapuato, Guadalajara, Tepic, Mazatlán, Culiacán, Ciudad Obregón, Hermosillo y Nogales.

Guaymas cuenta con un aeropuerto Nacional permitiendo la rápida transportación a otras ciudades como son : México, Ciudad Obregón, La Paz, con vuelos directos. Mientras que con conexión de vuelos se comunica con las demás ciudades del país y con el resto del mundo.

Los bienes y/o personas que lleguen al puerto de Guaymas para la obra, serán a continuación transportados a la isla del Tiburón en donde se instalará la planta, en buques de mediana capacidad y en lanchas, - teniendo así calados medios, evitando con ello obras suplementarias para el desembarco.

El transporte de cada material, de la mano de obra de los diferentes equipos y todo lo necesario para construcción de la planta maremotriz, se realizará en los diferentes sistemas de transporte o en la combinación de ellos. Elijiendo, por medio de un estudio económico minucioso del transporte, lo más óptimo para cada caso en particular.

3.4 FINANCIAMIENTO.

A) Inversión.

En el programa Nacional de energéticos 1984 - 1988 elaborado por el gobierno, se da a conocer la inversión en la rama de electricidad para este período. Mencionando a continuación los principales puntos.

En electricidad, el gasto programable se estima en 3.2 billones de pesos, lo que permitiría apoyar el esfuerzo de diversificación en hidroelectricidad, carboelectricidad y fuentes no convencionales. El gasto de inversión sería del orden de 1.7 billones de pesos, determinados en su mayor parte por el programa de generación y en menor medida por el de distribución.

El gasto de operación se incrementaría a un ritmo de alrededor de 4.0% anual, superando senciblemente el ritmo de este tipo de gasto de hidrocarburos, en razón del aumento de consumo de combustibles que se asocia a mayores niveles programados de generación de energía eléctrica y dada la entrada en el corto plazo, de varias unidades termoeléctricas en proceso de ejecución.

B) Financiamiento.

En el mismo programa Nacional de Energéticos 1984 - 1988, se da a conocer el financiamiento en el sector energético para este período. Encontrando como puntos principales los siguientes :

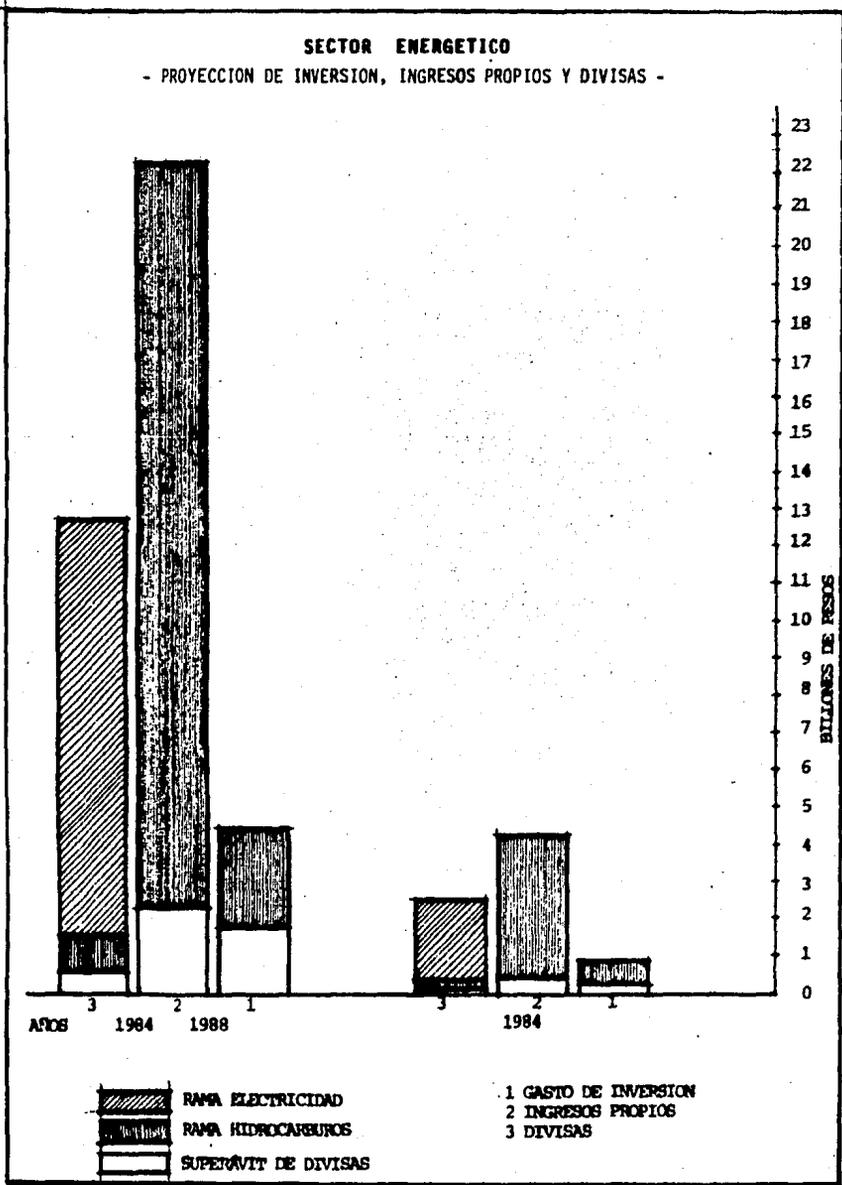
De acuerdo con el ejercicio de programación financiera el sector energético en su conjunto presentará una situación de autosuficiencia de recursos (lámina 7). Aunque esto se debe básicamente a la aportación de PEMEX, que generará un amplio superávit y consolidará su posición financiera, debe señalarse que también la rama eléctrica mejoraría senciblemente sus finanzas.

En el período 1984 - 1988, la rama eléctrica podrá financiar con recursos propios, en promedio, 72% de sus requerimientos conjuntos para operación e inversión, excluyendo pago de deudas e intereses. Hacia 1988, se proyecta que la rama logre que los costos de operación y los ingresos propios se igualen, con lo que se habrá llegado a una base firme de saneamiento financiero.

No obstante lo anterior, durante los próximos 4 años, dicha rama requerirá de importante monto de transferencias del Gobierno Federal, dado el desfase que se presentará entre las tendencias de incremento en los ingresos propios, apoyados en ajustes de tarifas y los plazos -

SECTOR ENERGETICO

- PROYECCION DE INVERSION, INGRESOS PROPIOS Y DIVISAS -



programados para las inversiones.

Con base en la actualización de las tarifas y en la instrumentación de los esfuerzos de productividad y saneamiento financiero, a partir de 1989 las transferencias se podrán destinar únicamente a cubrir inversiones.

Se mantiene por otro lado el criterio de continuar con una estructura del financiamiento de la inversión basada en 50% de endeudamiento, 25% de ingresos propios y 25% de transferencias.

Por otra parte a nivel estatal el financiamiento para realizar este proyecto puede ser realizado por el estado de Sonora, ya que sus índices económicos regionales reflejan una capacidad financiera que le permite efectuar esta inversión.

Encontrando en sus renglones más representativos dentro de los indicadores económicos* en 1980 los siguientes.

1.- Cuenta con una infraestructura económica adecuada para cubrir las necesidades de la población. Como es el caso de la superficie beneficiada por obras de irrigación que representa el 18% del total -

del país.

2.- En su sector productivo, el agropecuario representa dentro de la ganadería el 4.4% y de la avícola el 10% del global del país caracterizándose por tener el 64.4% y 64.8% respectivamente de producción -- total de trigo y algodón.

3.- El sector industrial está integrado por la industria extractiva y de transformación contando la primera con un 3% y al segunda con un 2.5% del valor total del sector industrial del país.

INDICADORES MACROECONOMICOS* DE SONORA.

1.- Su inversión pública representa el 1.4% del Nacional

2.- Finanzas públicas

Ingresos brutos estatales representa el 2.3%, los egresos estatales 2.3% del total del país.

Dentro de este ultimo indicador se encuentra la deuda pública que es un 0.09%- mismo que refleja la autosuficiencia del Estado.

Por lo anterior se puede decir que Sonora cuenta con los recursos económicos necesarios para este proyecto.

Otra forma de inversión podría ser a través de la participación económica con otros países llamados coinversiones.

Por tener Francia una tecnología y experiencia en este tipo de proyectos, podría realizarse un financiamiento conjunto, aportando Francia equipo electromecánico y algún otro tipo de material técnico y por parte de México los elementos restantes para llevar a cabo este proyecto, siempre considerando el beneficio económico y social del proyecto para los habitantes de esta región del país.

* Datos obtenidos : perfil del Estado de Sonora
Coordinación general de documentación y análisis PRI (1980).

C A P I T U L O I V

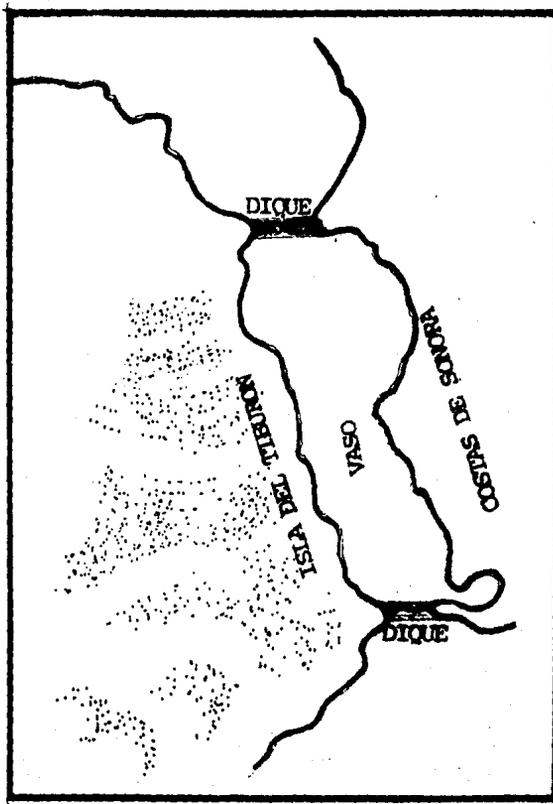
PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA

El proceso constructivo de la planta seguirá -- los mismos lineamientos que el utilizado en la planta maremotriz de la Rance en Francia. Considerándose que las dificultades en las obras civiles solo podrán ser evaluadas con exactitud al término del diseño detallado.

4.1 ANTECEDENTES DE LA OBRA

La localización precisa de la planta es el Canal de Infiernillo, que lo conforman la Isla de Tiburon y las costas de Sonora, (figura No. 28), en este sitio con la construcción de dos diques de aproximadamente 3 Km. cada uno se tiene controlada una superficie de agua de 150 Km² almacenando 412 millones de metros cúbicos de -- agua por ciclo de marea con gastos promedio de 800 M³ / seg.

Como los diques son casi de la misma longitud y ambos guardan las mismas características, de aquí en adelante hablaré de uno solo.



LOCALIZACION DE LA PLANTA
FIGURA No. 28

Es conveniente mencionar que las actividades - se iniciarán en el dique sur, y al estar concluida la primera actividad -- que es la instalación de los talleres (un año). Se empezará entonces a construir el dique norte como se muestra en el programa de obra de la Pagina 102.

De la ribera izquierda a la derecha, las obras comprenden :

A).- LA ESCLUSA

PROGRAMA DE OBRA

A R O S

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8
1.- INSTALACION DE LOS TALLERES (EJECUCION DE LOS RECINTOS ESTACADOS DESTINADOS A LA CONSTRUCCION DE LA EXCLUSA Y DEL GPO. DE COMPUERTAS.								
2.- CONSTRUCCION Y EQUIPAMIENTO DE LA EXCLUSA Y DEL GPO. DE COMPUERTAS (EJECUCION DEL RECINTO CENTRAL DESTINADO A LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA.								
3.- CONSTRUCCION DE LA PLANTA PROPIAMENTE DICHA Y DEL DIQUE MUERTO (INICIO DEL MONTAJE DEL GPO. BULBO Y DEL EQUIPO ELECTROMECANICO.								
4.- LLENADO DE AGUA DE LA PLANTA (CONCLUSION DE LOS MONTAJES Y PUESTA EN SERVICIO PROGRESIVO DE LOS GRUPOS BULBO).								

SI  DIQUE SUR

NO  DIQUE NORTE

B).- LA PLANTA

C).- EL DIQUE MUERTO EN ENROCAMIENTO, CON RECUBRIMIENTO DE CONCRETO, QUE UNE LA PLANTA A LAS COMPUERTAS.

D).- EL GRUPO DE COMPUERTAS.

La planta está formada por tramos de 13.30 Mts. dividida de la siguiente manera:

a).- Tramos de montaje destinados al ensamblaje de material electromecánico.

b).- Tramos de grupos bulbo.

c).- Tramo que alberga la sala de mando.

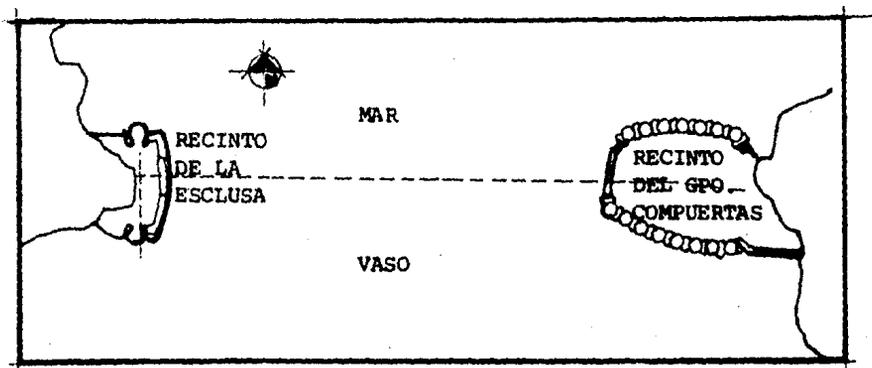
4.2 ESQUEMA GENERAL DE EJECUCION

La construcción de la planta tendrá cuatro fases principales :

1.- PRIMER AÑO

INSTALACION DE LOS TALLERES

Ejecución de los recintos estacados destinados a la construcción de la esclusa y del grupo de compuertas (figura No. 29).



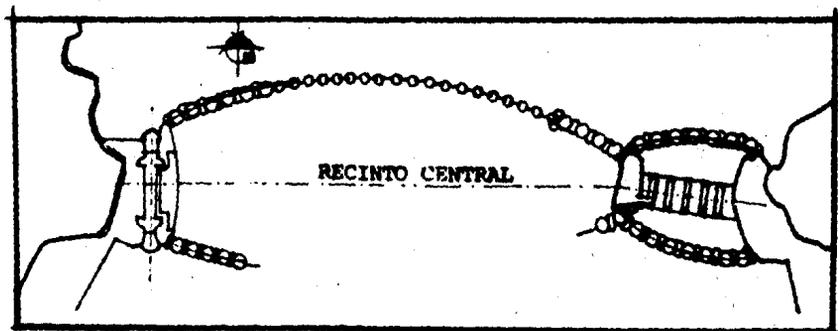
INSTALACION DE LOS TALLERES

FIGURA No. 29

2.- SEGUNDO Y TERCER AÑO.

CONSTRUCCION Y EQUIPAMIENTO DE LA ESCLUSA Y DEL GRUPO DE COMPUERTAS.

Ejecución del recinto central destinado a la construcción de la planta y sobre todo del estacado Norte que realizará el corte del estuario (figura No. 30).



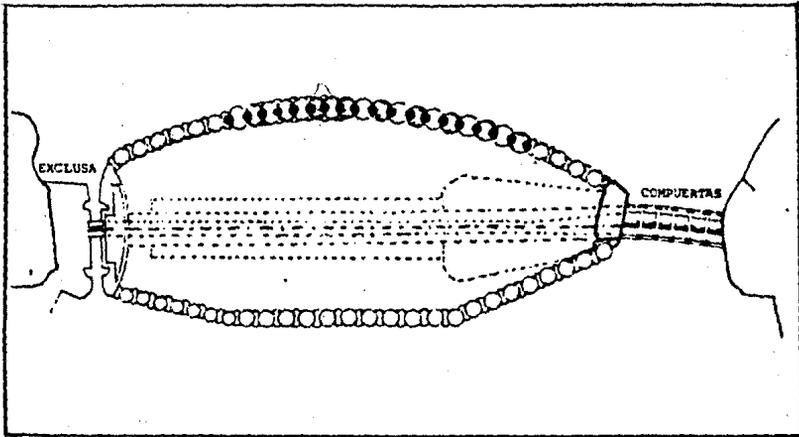
EJECUCION DEL RECINTO CENTAL

FIGURA No. 30

3.- CUARTO Y QUINTO AÑO

CONSTRUCCION DE LA PLANTA PROPIAMENTE DICHA Y -
DEL DIQUE MUERTO.

Inicio del montaje de los grupos bulbo y del -
equipo electromecánico (figura No. 31).

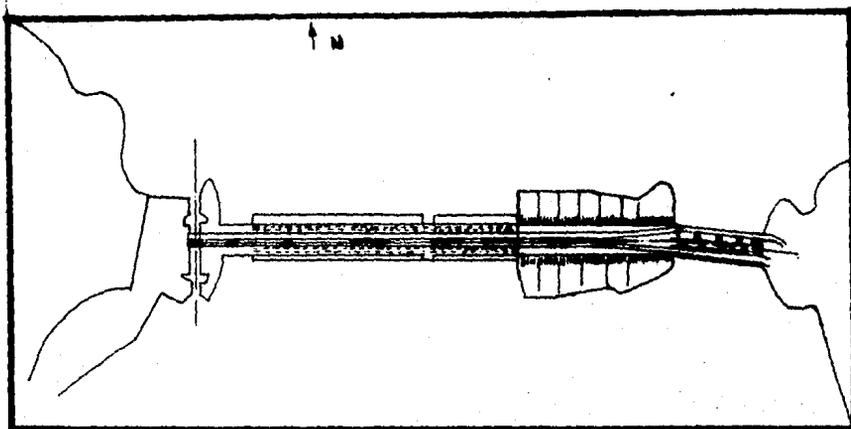


CONSTRUCCION DE LA PLANTA
FIGURA No. 31

4.- SEXTO Y SEPTIMO AÑO

LLENADO DE AGUA DE LA PLANTA

Desmontaje del estacado que formó el recinto cen-
tral. Conclusión de los montajes y puesta en servicio progresivo de los
grupos bulbo (figura No. 32).



DESMONTAJE DEL ESTACADO

FIGURA No. 32

4.3 LA ESCLUSA

La esclusa se construirá muy cerca de la ribera izquierda del estuario.

Se construirá al abrigo de un estacado de concreto colocado en el momento de la bajamar. La mayor parte de la esclusa - subsiste, incorporada en las obras definitivas. Lo que se tendrá que demoler únicamente, dos bóvedas delgadas, en las dos salidas del pasaje y - una plataforma situada en el eje de la planta (figura No. 33).

La esclusa ofrece a la navegación un canal de -- 65 mts de longitud, 13 mts de ancho, cuyo fondo esta a 2 mts, por debajo del nivel de las mareas mas bajas.

Este pasaje estará equipado de puertas sectoriales de eje vertical.

Los movimientos de agua se realizarán mediante acueductos que desembocan en el fondo.

La circulación carretera queda asegurada mediante dos puentes levadizos de 7 mts. de extensión útil por encima del pasaje.

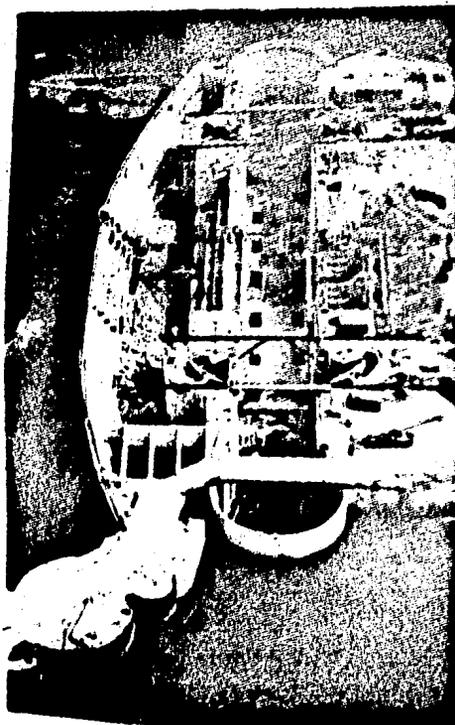


FIGURA No. 33

4.4 GRUPO DE COMPUERTAS

Se construirán compuertas en las proximidades - de la ribera derecha, dentro de un recinto compuesto por 15 espuestas de 19 Mts de diámetro, realizado mediante tablaestaca metálica, la cual se rellena de arena por medios hidráulicos y una draga chupadora. Esto se lleva a cabo con el fin de dejar seco el lugar donde se construirán las compuertas (figura No. 34.)

Cada compuerta estará equipada por una cortina de 15 Mts de largo por 10 Mts de alto que puede soportar hasta 15.00 Mts de carga. Las maniobras de estas compuertas se efectúan por medio de un servomotor de gasolina, bajo presión de una fuerza de 2,800 Km.

La maniobra de estas compuertas permite mejorar la producción de energía de la planta, acelerando el llenado ó el vaciado del embalse (figura No. 35).

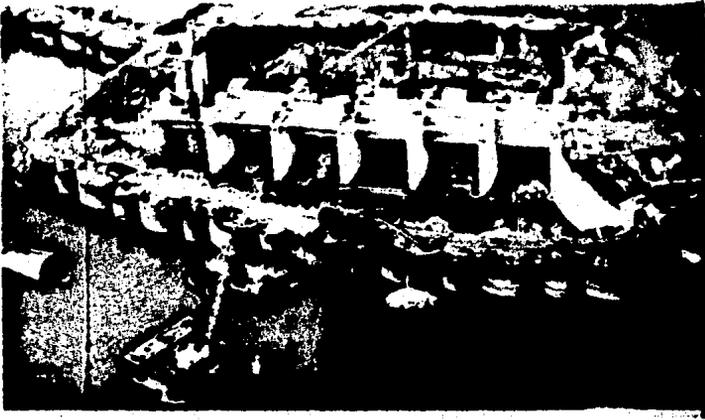


FIGURA No. 34

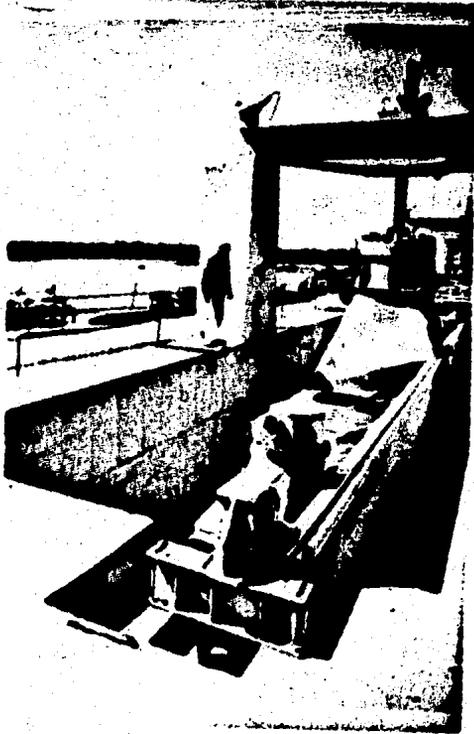


FIGURA No. 35

4.5 EL RECINTO CENTRAL Y LA REALIZACIÓN DEL CORTE.

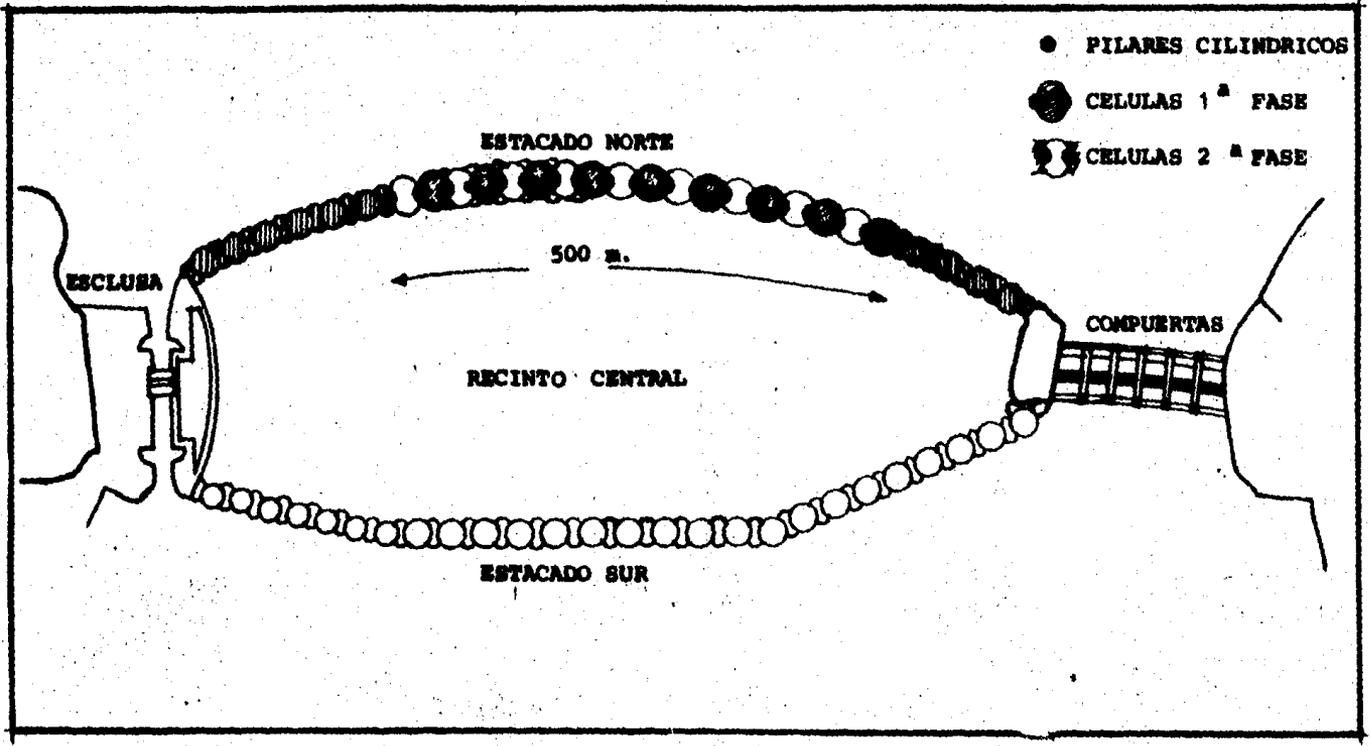
El recinto central estará constituido por dos estacados, cada uno de los cuales tiene de 1Km a 1.5Km de extensión. - El estacado Norte será el primero en construirse, permitiendo así el corte del estuario.

El principal problema es de cortar una corriente que se invierte cuatro veces por día, cuyo caudal variable con la amplitud de la marea puede llegar hasta los 1,000 M³/seg. Por otro lado el nivel de los fondos permite el estacado a una altura máxima de 15 mts.

Estas condiciones excepcionales requieren de -- obras de concepción original cuya ejecución se adapta al ritmo diario, - mensual y hasta anual de las mareas.

Después de la construcción en cada extremo de pilares circulares, se logra el corte, en un peso de 500 mts., en tres fases sucesivas (figura No. 36).

PRIMERA: Reducción de la mitad de la superficie total de agua que pasa, mediante pilares cilíndricos de concreto armado -



CORTE DEL ESTUARIO
FIGURA N. 36

de 9 mts. de diámetro, colocados sobre cimientos construidos con anterioridad mediante aire comprimido.

SEGUNDO: Reducción a la mitad de la superficie restante de agua, mediante la construcción de células de tablaestaca (- células de primera fase), entre cada dos pilares cilíndricos.

TERCERA: Conclusión del corte, esto se llevará a cabo mediante la construcción de células de tablaestaca, tapando así - los últimos pasos de agua (células de segunda fase).

En cada una de las tres fases el desnivel entre la superficie del caudal de agua y la extensión del estacado aumentará, - lo que implica que en momentos de gran movimiento de agua, las corrientes sean cada vez más violentas en los pasos que van quedando abiertos. Estas corrientes provocarán arrastre del suelo rocoso constituyendo un - peligro para la seguridad de las obras en construcción. (figura No. 37)

La puesta en servicio del grupo de compuertas, - que deberá terminarse varios meses antes de la conclusión del estacado - de corte, permitirá limitar este desnivel ofreciendo al paso de las aguas

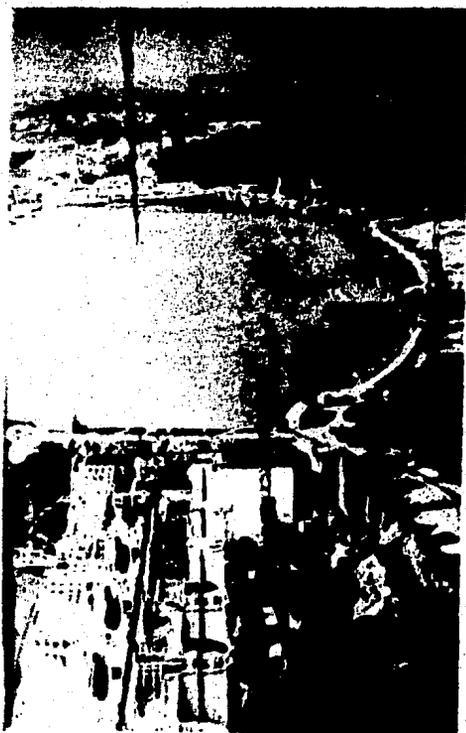


FIGURA No. 37

una superficie adicional.

Por otra parte se debe ubicar la fase final del corte en un período en el que los coeficientes de movimiento más fuertes de agua sean los más bajos, es decir lejos de los equinoxios.

4.6 COLOCACION DE LOS PILARES DE CONCRETO ARMADO.

Cada pilar cilíndrico estará formado por dos -- partes: La infraestructura y La superestructura.

La infraestructura es un pilar móvil que se conduce por flotación a su lugar de colocación, se inclina y se hunde, incándolo sobre la plataforma de cimiento previamente ejecutada mediante - aire comprimido (figura No. 38 y 39).

Este cimiento tiene un borde anular destinado a evitar el deslizamiento del pilar en su base, el margen entre el contorno de este borde y el del pilar no es mayor de 10 centímetros.

El incado se debe realizar con una gran preci--

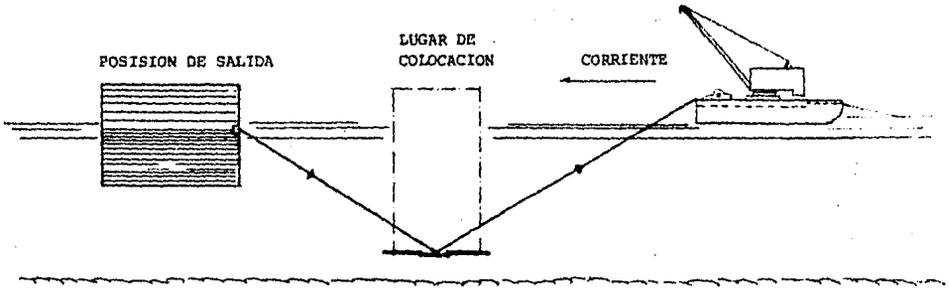


FIGURA No. 38

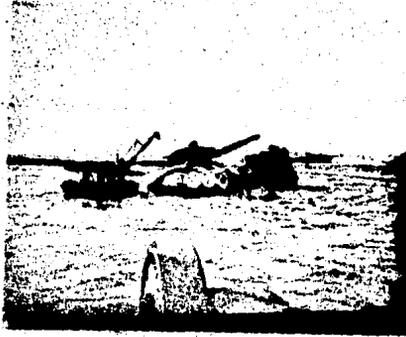


FIGURA No. 39

sión, haciendo este trabajo en momentos en que el agua se encuentra quieta. Por lo que se dispone en cada marea baja de sólo algunos minutos - propicios, durante los cuales la velocidad es bastante baja en el momento inmediatamente anterior a su regreso.

El giramiento y el incado de la infraestructura se hace al hundirla. Para controlar progresivamente y guiar estas operaciones se tira de dos cables sujetos a la base de la infraestructura - pasando por dos guías selladas en el concreto de los cimientos. (figura No. 40 y 41).

Una vez puesta la infraestructura en su lugar - se quita su tapa provisional, (figura No. 42) y se pone la superestructura por medio de una grúa (figura No. 43) dando al pilar su altura -- definitiva.

Posteriormente se procede al terraplenado hidráulico, a fin de dar a los pilares de concreto armado el peso necesario para resistir las corrientes.

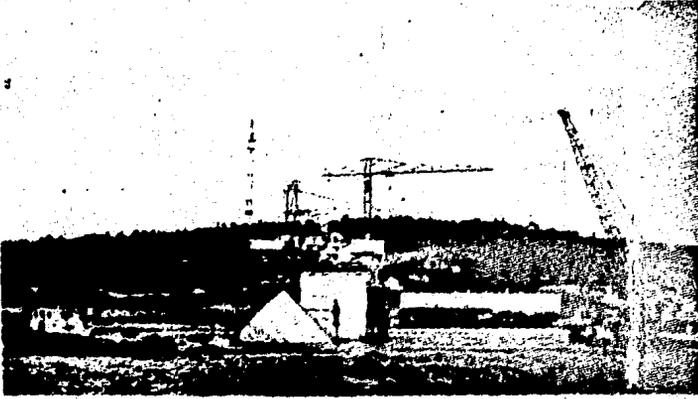


FIGURA No. 40

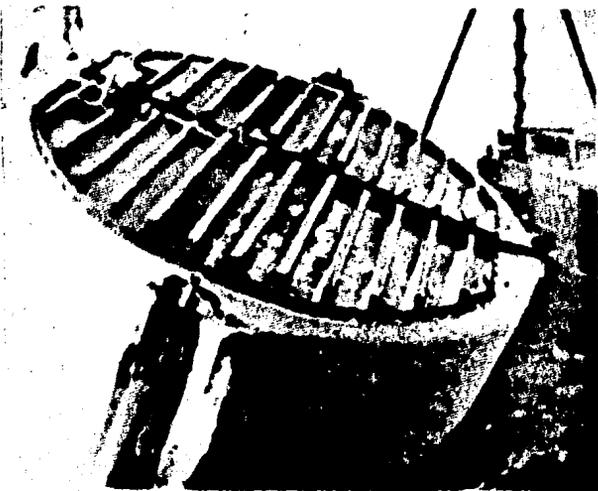


FIGURA No. 41

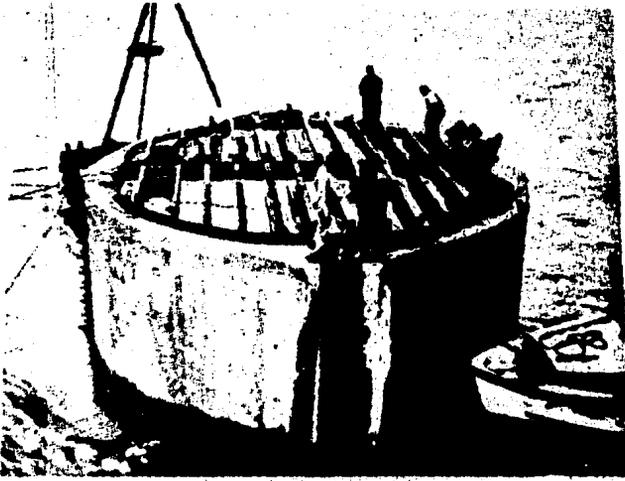


FIGURA No. 42

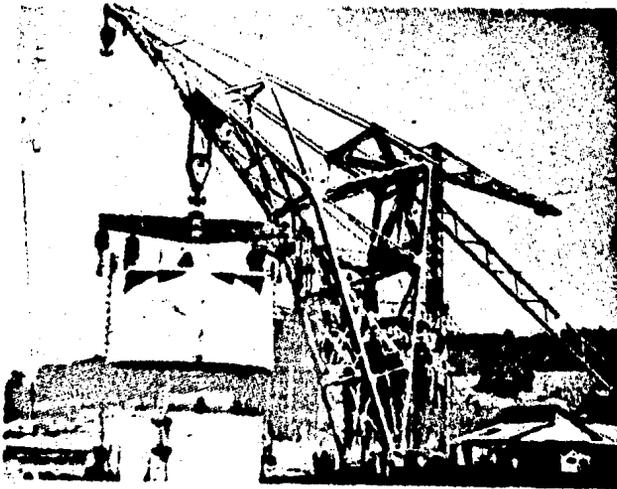


FIGURA No. 43

Poco a poco y a medida que van siendo colocados los pilares, estos sirven en primer lugar como apoyos de un puente de servicio que permite la circulación de las máquinas destinadas a la construcción de las células (figura No. 44)



FIGURA No. 44

4.7 CONSTRUCCION DE LAS CELULAS.

La construcción de una célula comienza por la colocación entre cada dos pilares de concreto armado, en el paso de agua,

de planchas de corte, que tienen por objeto evitar que las pantallas de las tablaestacas sean sometidas a los desniveles que se dieron entre las dos fases de construcción del estacado.

A continuación se llevan los escantillones de gufa flotantes. En seguida tiene lugar el fijado y el impermeabilizado de las tablaestacas. Finalmente se hace el llenado de estas con arena mediante compresión hidráulica. (figura No. 45 y 46).

Todas estas operaciones deben ser programadas de manera que se pueda utilizar en forma óptima el ciclo de las mareas - de gran movimiento de agua y de agua estable limitando así los esfuerzos ejercidos sobre las tablaestacas y sobre los escantillones (figura No.47)



FIGURA No. 45

También se debe tener cuidado en que la construcción de las células no se encuentre expuesta a las corrientes más fuertes ya que el impacto en las dos brechas vecinas crea una agitación que de mes en mes, va siendo más peligrosa (figura No. 48).



FIGURA No. 48

Así sucesivamente se van construyendo las células hasta que finalmente se corta el estuario. Las compuertas son utilizadas para evitar grandes desniveles de agua, en mareas de coeficiente grande, de un lado a otro del corte que pongan en peligro las obras.

Al concluir las células queda completo el corte del estuario, se procede a continuación a regular el caudal de agua mediante las compuertas trayendo como consecuencia realizar en aguas quietas la construcción del estacado Sur. (figura No. 49).

4.8 CONSTRUCCION DE LA PLANTA.

Al estar concluído el estacado Norte y el estacado Sur se procede a realizar el secado de la superficie del recinto central por medio de bombas.

A continuación se realizan los trabajos necesarios para sacar el material rocoso para dar el nivel de terreno requerido en el proyecto. Al término de este, comienza la obra de concreto que se extiende progresivamente del Occidente al Oriente hasta presentar un escalonamiento contínuo de plataformas en estado sucesivo de avance - (figura No. 50 y 51).



FIGURA No. 49



FIGURA No. 50

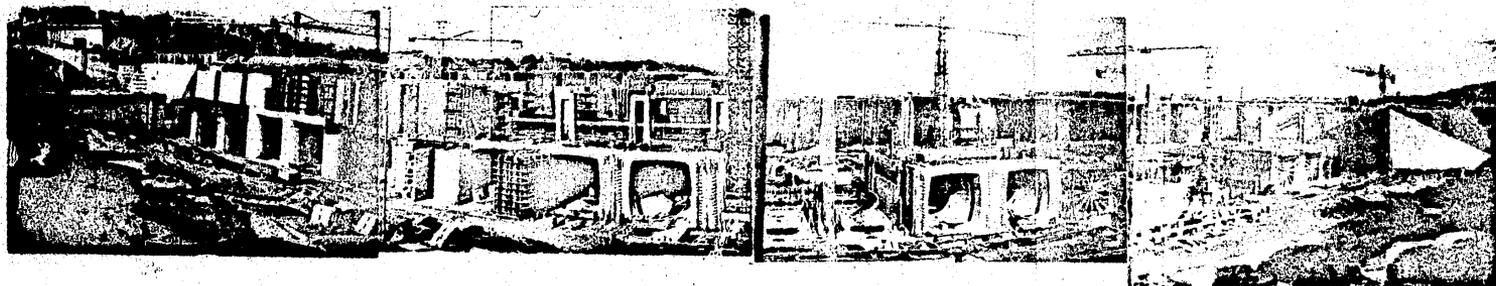


FIGURA # 51

FIGURA # 51

El programa de ejecución de la planta debe ser preciso debido al interés de comenzar lo más pronto posible el montaje del material electromecánico.

Una vez concluido el montaje de los primeros grupos bulbo, se deberán terminar cuanto antes las obras de ingeniería civil, a fin de que estos grupos puedan entrar en fase de ensayo y después en servicio.

Se asigna un poco más de dos años para construir el conjunto de obras dentro del recinto central y especialmente de los tramos que componen la planta.

Trabajando de manera constante, se puede construir dos tramos de grupos cada mes, lo que significa en promedio un metro lineal de planta por día.

La planta se presenta como un dique hueco de concreto armado que consta de dos partes :

A) LA INFRAESTRUCTURA.

Dentro de la cual están alojados los conductos de los grupos bulbo.

B) LA SUPERESTRUCTURA.

Que abriga la sala de máquinas y está cubierta por la plataforma de la carretera.

Al estar concluida la planta se lleva a cabo el llenado de agua del recinto, este paso pronto es seguido por el desmontaje de los estacados que habían formado el recinto central (figura No:52).

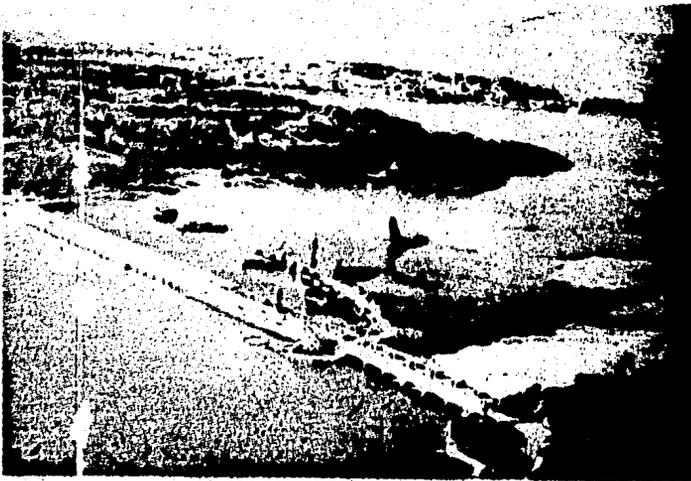


FIGURA No. 52

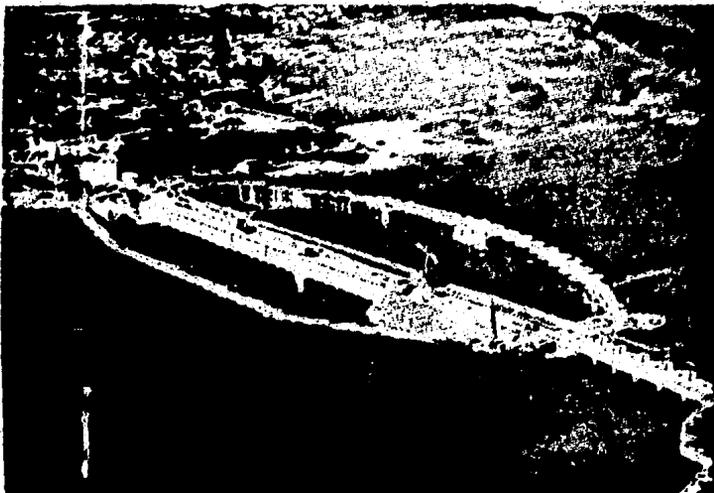


FIGURA No. 52

4.9 EQUIPO ELECTROMECHANICO DE LA PLANTA.

A continuación se describe el equipo electromecánico que se utilizará en la planta.

A) LOS GRUPOS BULBO.

Estos grupos captan la energía tanto en el flujo como en el refluo de la marea, así mismo puede aumentar la productividad mediante el sobrellenado ó el sobrevaciado del embalse por bombeo en momentos de menor consumo eléctrico.

Así estos grupos de turbinas alternadoras pueden funcionar lo mismo como turbina que como bomba, en ambos sentidos, - esto evidentemente sin complicar las obras de ingeniería civil.

Estos grupos de Eje Horizontal, presentan las siguientes características.

- POTENCIA UNITARIA 10,000 KW
- DIAMETRO DE LA RUEDA 5.35 M
- VELOCIDAD DE ROTACION 93.75 tr/MN.
- TENSION 3,500 V.
- LINEA DE ARBOL A DOS NIVELES

- ACCESO POR BRAZO VERTICAL
- ENFRIAMIENTO POR VENTILACION AXIAL Y AIRE COMPRIMIDO A 2 BARIOS ABSOLUTOS.

B) LAS PIEZAS FIJAS

La concepción hidráulica y tecnológica del grupo bulbo permite limitar el número de piezas metálicas a sellar en el concreto, estos son dos anillos cilíndricos de gran diámetro : 7.90 m y 5.40 m respectivamente (figura No. 53).

El anillo de sellado del lado del embalse, es el apoyo del distribuidor delantero, asegurando la transmisión de los esfuerzos entre el grupo y el conjunto de herrajes del concreto de las losas.

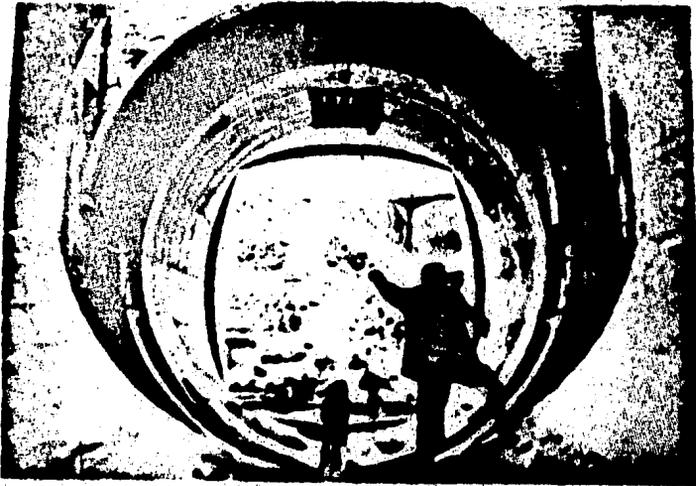


FIGURA No. 53

El anillo de sellado del lado del mar no integra propiamente el conjunto mecánico, su función es la de asegurar la continuidad entre las piezas metálicas y el concreto, dando soporte a la junta corrediza, permitiendo así la deformación de las piezas metálicas provocada por la variación de temperatura.

Estos anillos deben ser perfectamente concéntricos y paralelos con entre ejes. Su colocación se lleva a cabo mediante supervisión óptica sobre marcas fijas selladas en el concreto, uniendo como resultado el eje general de la central y el eje de cada fosa. Asegurando por otro lado, con gatos hidráulicos una colocación minuciosa de las piezas.

C) EL CASQUETE REFRIGERANTE.

Del lado opuesto a la rueda, el grupo queda cerrado por un casquete troncónico de fondo hemisférico (figura No. 54); además de asegurar la continuidad de las formas hidráulicas, este casquete tiene un doble papel:

- Gracias al apilamiento bastante cerrado de aletas soldado sobre la pared interna de acero al carbón, sirve como -- intercambiador calorífico entre el agua que rodea al grupo y el circuito

de aire de enfriamiento al interior del alternador, este aire se comprime a dos barios, por una estacion de compresión anexa común a todos los grupos bulbo.

- Representa el paso de acceso, que permite llegar al interior del grupo desde la central.



FIGURA No. 54

D) EL ALTERNADOR.

Esta unido por una parte a la junta interior del distribuidor delantero, por el otro lado al anillo de tirantes. Funcionan do lo mismo como generador que como motor síncronico. El diámetro del es tator 4.35 m. tiene además la mitad de las dimensiones de un alternador --

clásico de las mismas características, es decir : 10,000 KW y 93.75 tr/mn.
(figura.No. 55).

Esta disposición no solo disminuye los problemas eléctricos sino que también provoca una modificación de la ventilación. - La ventilación radial habitual se cambia por un sistema de circulación - axial de aire al interior de los canales en el estator y en el rotor.

A continuación se dan los preparativos que llevan estos alternadores por su particular situación de inmersión.

- Primero - El enrollamiento del estator es mediante barras roebel, con un aislamiento a base de resinas sintéticas.

- Segundo - El circuito magnético estará constituido por chapas magnéticas aisladas y juntas entre si, formando un bloque impermeable.

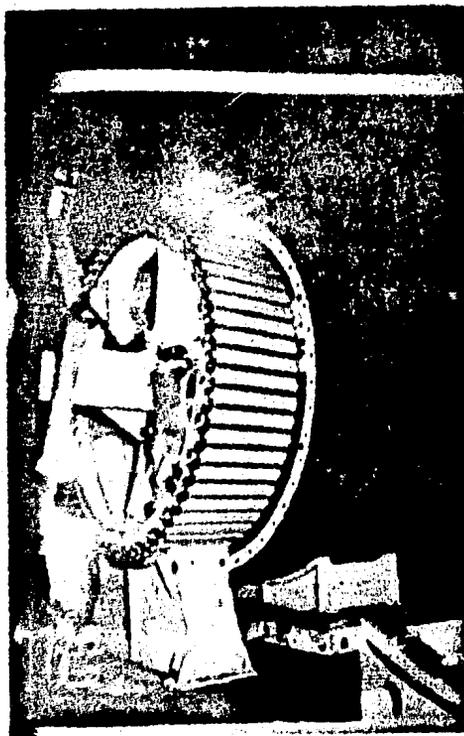


FIGURA No. 55

E) EL DISTRIBUIDOR DELANTERO Y EL DISTRIBUIDOR.

El distribuidor delantero esta constituido por -- dos troqueles cónicos unidos entre si por 12 directrices delanteras, siendo la unica pieza de apoyo y de recuperación de los esfuerzos del grupo, - particularmente de aquellos que se deben a los esfuerzos hidráulicos transmitidos por un contrafuerte doble de patines autocompensados. Construido con dos partes este conjunto meanosoldado presenta una rigidez excepcio--nal (figura No. 56).

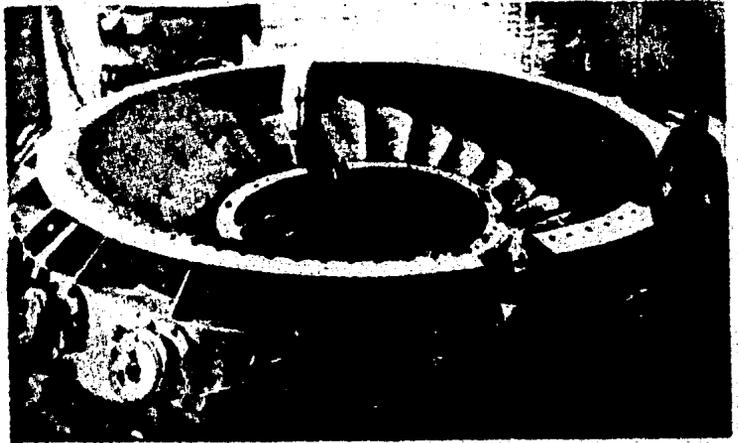
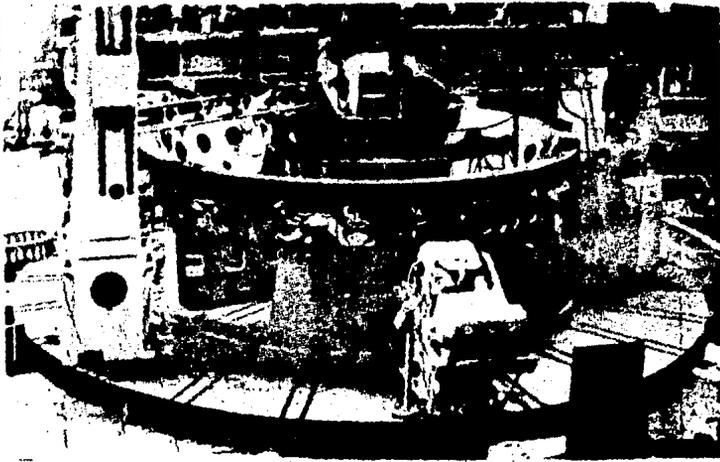


FIGURA No. 56

El distribuidor es de acero inoxidable en todos sus elementos que estan en contacto con el agua salada. Tiene 24 directrices móviles, que controlan la dirección, alimentación de la rueda de hélice en el sentido del agua embasada, aseguran el mejor rendimiento para todas las caídas y todos los caudales.

Las directrices y las palas de la rueda son sin-

cronizadas por un leva de conjugación eléctrica, común a un tramo de 4 - grupos que constituyen la unidad de explotación.

El distribuidor sirve finalmente como organo de cerradura.

F) EL MOLINO.

Este comprende la parte girante del grupo, excluyendo el rotor alternador y las paletas de la rueda (figura No. 57).

Al igual que el soporte de la turbina, el molino esta fijo sobre el cono de la turbina, que constituye uno de los dos soportes de la línea de árbol.

El otro soporte de esta línea lo conforma el soporte alternador quedando fijo sobre el crucero interior del anillo de -- tirantes.

En concordancia con los diferentes funcionamientos de explotación. el grupo gira en los dos sentidos.



FIGURA No. 57

Por esta razón los apoyos y los contrafuertes -
deben tener una concepción especial soportando cargas o apoyos importan-
tes, como son :

- Cargas del soporte de la turbina 915 kn.
- Apoyo sobre el contrafuerte 3000 kn.

Pudiendo alcanzar en situaciones especiales ----
5000 kn.

Los dos apoyos del grupo estan equipados de un dispositivo de inyección de petróleo a alta presión (250 BARS) puesto en servicio automaticamente durante los arranques y detenciones del grupo.

G) LA RUEDA MOTRIZ

Esta se encuentra colocada como puerta falsa, sobre la línea del árbol.

Esta constituida de cuatro paletas o aspas cuyo diseño original permite funcionar como turbinas, como bomba y finalmente como orificio, en los dos sentidos del escurrimiento, teniendo siempre un giramiento angular análogo al de las ruedas clásicas.

Estas paletas van fijadas sobre el cubo, en el cual se aloja el servo-motor de mando, constituyendo un elemento del molino (figura No. 58).

Teniendo en cuenta las variaciones de las caídas, la altura de las descargas y los caudales se llega a la conclusión de que los esfuerzos de maniobra global son 30. a 40 veces superior a los de la -

turbina de rivera. Por lo que se hace un reforzamiento del organo - de mando de las palas y un acrecentamiento correlativo del paso de las - piezas de puerta falsa.

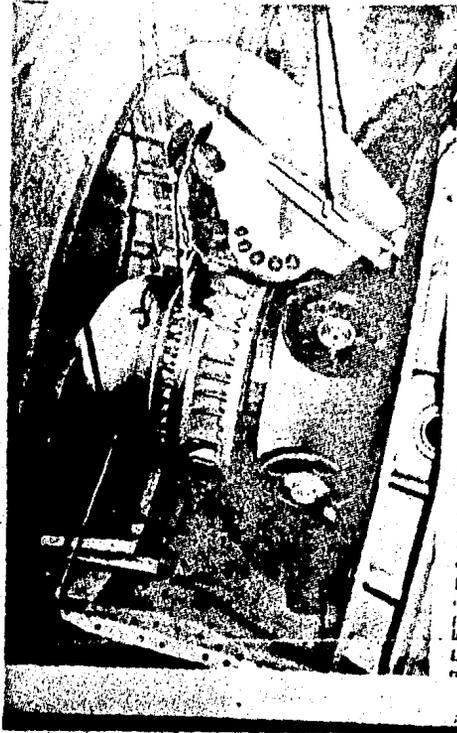


FIGURA No. 58

El pilotaje conjugado del mando de la palas y - de la directriz queda asegurado por un dispositivo de control electro-hí - dráulico común a cuatro grupos.

El cubo y las paletas de la rueda son de metal -

inoxidable (figura No. 59).

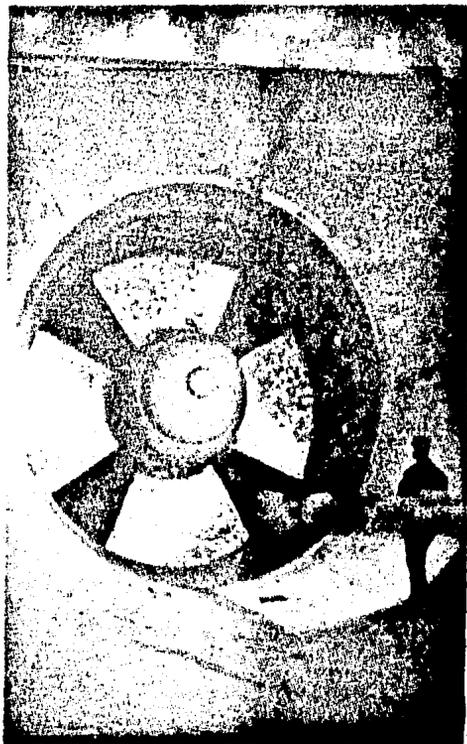


FIGURA No. 59

H) EL EQUIPO ELECTRICO EN GENERAL.

La energía producida por la planta será sacada a la red general mediante cables especiales. La instalación comprende transformadores de 80 mva., alojados en el interior mismo de la planta.

Estos transformadores comprenden dos enrollamientos de 3.5 kv. Cada enrollamiento estará enlizado a un conjunto de 4 -

grupos mediante 2 desconectores, cada uno de los cuales controla un par de grupos.

Un juego de seccionadores bipolares de 4000 A.- permitirá, por inversión de las dos fases, el funcionamiento de los grupos sea como turbina, sea como bomba y en ambos sentidos del paso de las aguas.

En periodos normales la explotación de la planta se llevará a cabo integralmente desde la sala de mandos (figura ---- No. 60) .

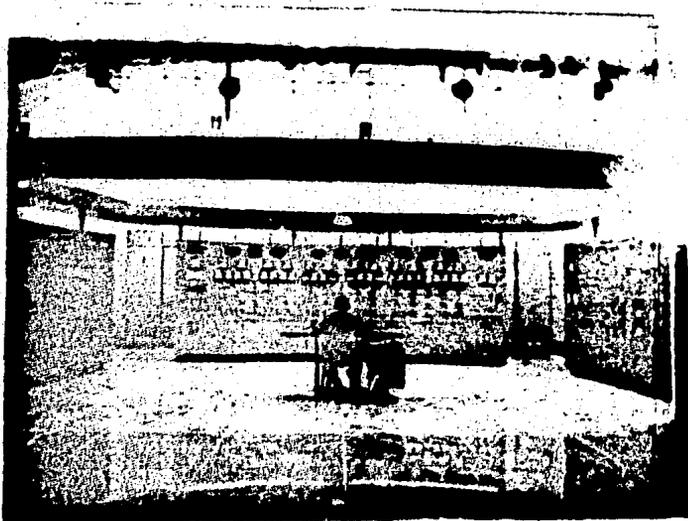


FIGURA No. 60

En caso de alguna incidente que afectará un - grupo, la planta estará equipada de dispositivos de seguridad que paren el conjunto al que pertenecen, lo cual quedará señalado en la sala de - mando.

La planta contará con personal de vigilancia - para realizar estos trabajos de reparación suspendiendo temporalmente - la explotación del grupo accidentado.

El material que asegurará el funcionamiento de los controles de automático y de protección estaran instalados sobre - planchas laterales interiores dentro de la planta (figura No. 61).

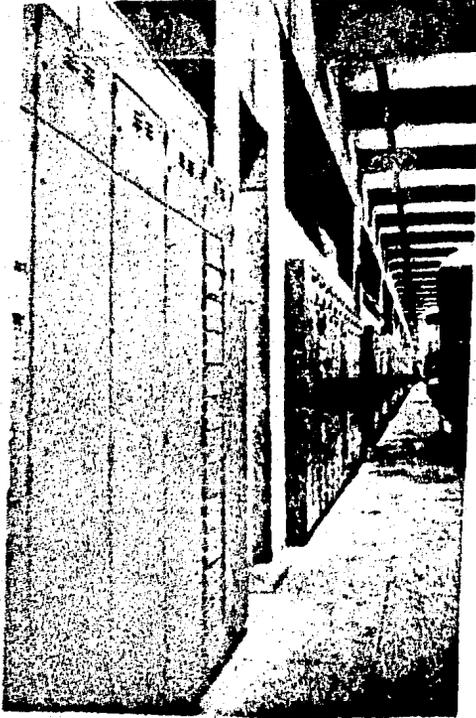


FIGURA No. 61

C A P I T U L O V

EVALUACION PRELIMINAR

Para la evaluación de una planta maremotriz, es importante considerar la experiencia que se ha tenido en la planta de la Rance en --- Francia y que influye considerablemente en los aspectos económicos de este tipo de plantas.

A continuación se mencionan algunos de los puntos de mayor importancia para la evaluación de la planta :

1.- Debido a que la energía es producida a un ritmo relacionado con las mareas, es evidente que es de gran importancia establecer programas de producción muy precisos que deberán optimizarse en relación al programa nacional. La optimización corresponde a un problema de almacenamiento, más complejo que el problema que presenta una hidroeléctrica convencional, auxiliando para esta optimización, la existencia de sistemas de instrumentación, control y automatización.

Con la concepción de los grupos reversibles, turbina alternador como los grupos bulbo, que pueden funcionar como bombas recibiendo la energía de la red nacional, la explotación de la planta combina dife-

rente ciclos (ciclos múltiples) de manera de optimizarse en función de la red, la producción óptima.

2.- Influyen también en la evaluación de la planta los problemas de medio ambiente, como la existencia de un almacenamiento importante creado artificialmente, modificando la forma considerable las condiciones naturales, pudiendo ocasionar problemas de salubridad, consecuencias en la vida marina, así como la reflexión solar del espejo de agua provoca ciertos cambios en el clima local. En cierta forma estos problemas ocasionados por una planta maremotriz, son menores que en el caso de otros almacenamientos, ya que lo que cambia fundamentalmente es el tiempo en el que el embalse está lleno.

En general se puede decir que la planta maremotriz tiene grandes ventajas en este aspecto con otro tipo de sistemas de generación de energía eléctrica, principalmente con la nucleoelectrónica, y las de combustible fósil.

3.- La energía obtenida de una planta maremotriz es proporcional al cuadrado de la amplitud de marea. Los factores que determinan su emplazamiento son; la amplitud de la marea (al máximo) y la forma del vaso (de superficie máxima de retención). Los factores que deter-

minan el rendimiento son; La longitud del dique de contención y la energía producida, cuanto más pequeño sea este cociente, más económico será el costo de la instalación.

Los factores geográficos de mayor rendimiento, vienen dados por la relación L/S (largo del dique de contención y superficie de retención del vaso).

4.- En lo que se refiere al comportamiento electromecánico, los diseños actuales han tomado en consideración el diseño de la Rance para mejorar aquellas partes que han presentado problemas. Se han encontrado dos dificultades importantes en este equipo; la primera en las juntas impermeables del eje principal de la turbina, esto ha sido resuelto cambiando los empaques originales por empaques de teflón con inserción de carbón. El segundo problema se presentó en el rotor de los alternadores, fundamentalmente provocado por la dilatación de las piezas, con las excepciones antes descritas en general los grupos electromecánicos han funcionado con bastante eficiencia.

5.- La protección contra la corrosión es de suma importancia ya que las máquinas están sumergidas en una solución salina, trayendo como consecuencia un sobre costo, pues el material que está en contacto

to con el agua de mar debe ser protegido del medio agresivo. Teniendo - los siguientes tipos de protección.

a) En aquellas partes que van a estar construidas de acero estructural, deberán protegerse por un revestimiento de pintura de calidad adecuada, siendo con anterioridad sometida a ensayos. Esta simple - protección la llevan las piezas de poco movimiento tales como compuertas.

b) Otro tipo de protección, es cubrir totalmente la pieza de arena, dándole por último, un revestimiento de pintura de calidad, este se utiliza principalmente en las turbinas.

c) En algunos otros lugares será necesario utilizar materiales que resistan la corrosión por sí mismo, tales como el acero al - cromo y materiales fabricados a base de resinas.

d) El empleo de protecciones catódicas que impidan la existencia de corrientes eléctricas perjudiciales para las piezas eléctricas que pueden estar protegidas por ánodos de sacrificio.

5.- Será conveniente también considerar el costo de las estructuras necesarias cuando se quiera conservar la navegación, utilizando para ello las esclusas.

6.- Por último debe considerarse que las dificultades en las obras civiles solo podrán ser evaluadas con exactitud al término del diseño detallado, afortunadamente la construcción de estructuras en el mar es cada vez más común, teniendo los volúmenes por ejecutar y los procedimientos de construcción bien definidos, la evaluación es bastante -- precisa.

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

Es un hecho que el mundo esta consumiendo cada vez más energía. Así el crecimiento económico y el mayor consumo de energía per cápita han estado más directamente correlacionados con el incremento total en la demanda energética que con el crecimiento demográfico.

México al igual que otros países, hace uso ineficiente de sus energéticos. Ello se refleja en el elevado consumo de energía por unidad de producto interno bruto.

Este índice es comparable y en muchos casos supera, al correspondiente a países altamente industrializados que se localizan en climas más fríos. Además el consumo de energía crece a ritmos significativamente mayores a los del producto interno bruto.

A un paso acelerado, el hombre acaba los recursos energéticos, al grado de que sólo otras fuentes de energía podran cubrir los requerimientos de la humanidad, siempre y cuando ésta se encuentre preparada para el momento en que se acaben gas, petróleo, carbón ó leña.

En vista de que el hombre es al final de cuentas irracional para explotar los recursos naturales y por tanto agotará las -- fuentes tradicionales, sólo quedará perfeccionar los sistemas que se tie-- nen para aprovechar la energía solar, la energía geotérmica, la energía -- eólica, la fisión y fusión nuclear, así como la energía de las mareas y en general todas las fuentes de energía no convencionales, para que la humanidad cuente con energía.

Por eso es que en México y en todo el mundo se - tiene que promover el aprovechamiento de la energía con base en la natura-- leza, a fin de contar con soluciones para el futuro pero ahora es el momento indicado para aprovechar y perfeccionar la utilización de esas fuentes de energía.

En general, los recursos no renovables no se han diversificado lo suficiente y las inovaciones tecnológicas no pueden garantizar en este momento el cien por ciento de explotación de los recursos de manera perfecta para que no haya desperdicios en su obtención.

En México estamos obligados a buscar otras fuentes de energía antes de que se acaben los recursos con que contamos. - Además de que no es recomendable depender indefinida y casi exclusivamente de los hidrocarburos para encontrar la energía necesaria.

Por esto nuestra obligación como ingenieros es la aportación de nuevos proyectos que permitan la utilización de estos re cursos en forma óptima.

Partiendo de las ventajas naturales con que México cuenta podemos decir que estos al ser explotados y aprovechados en forma adecuada redituaran un verdadero beneficio al problema energético, mediante el desarrollo de las fuentes de energía no convencionales, como es el caso de la fuerza del mar, en donde la energía de la marea, puede ser transformada en energía eléctrica por medio de una planta maremotriz.

Por eso mi propósito al presentar este trabajo es aportar elementos para la instalación de una planta maremotriz en nuestro país. Diversificando con ello las fuentes de energía y el no depender de hidrocarburos para la obtención de esta.

El objetivo queda cubierto al demostrar a lo largo de este trabajo, que México cuenta con al capacidad técnica, los re cursos, los medios y en si todos los factores que se requieren para su -- instalación, a excepción de los recursos financieros que quedan sujetos -- más a la capacidad de la entidad Federativa -SONORA- que del Gobierno Federal.

LA INSTALACION DE LA PLANTA TRAERIA LOS SIGUIENTES BENEFICIOS :

- En un país donde la demanda de energía aumenta a pasos acelerados, a tal manera de cuadruplicar su consumo para el año 2000 la planta maremotriz sería un apoyo firme al quedar integrado un centro de esta naturaleza con la red nacional de distribución de energía en el cual la energía hidroeléctrica y termoeléctrica sean usadas como complementarias y no como fundamentales del sistema.

- Una zona como es la del Noroeste del país y es pecíficamente la parte Norte del Estado de Sonora, en la cual los escurrimientos de agua en la zona son escasos, puede tener adecuadamente satisfechas sus necesidades energéticas. Además de crear una fuente de trabajo muy importante.

- Actualmente se importa energía eléctrica de compañías Norteamericanas, para cubrir la demanda de poblaciones de Sonora. Esto quedaria totalmente solucionado con la producción de la planta, evitando con ello la fuga de divisas.

- Se daría un paso gigantesco para la diversificación de las fuentes de energía, abriendo las puertas para el aprovecha--

miento de las diferentes fuentes no convencionales.

- Se empezaría aprovechar adecuadamente los recursos con que contamos, demostrando que se es redituable.

UN PROYECTO MAREMOTRIZ ES MUY ATRACTIVO POR LAS SIGUIENTES RAZONES :

- No presenta grandes problemas de modificación al medio ambiente que pudieran tener consecuencias en la población.

- Prevé sistemas que conservan la navegación.

- Utiliza un recurso renovable.

- Una de las ventajas es su gran confiabilidad, aún más alta que la hidroeléctrica. Esto se debe a que las mareas son consistentes y predecibles.

- El desarrollo ingenieril de los microbulbos --

permite que estas instalaciones que en algún tiempo se consideraban costosas por la etapa experimental en la que se encontraban, resultan ahora sumamente sencillas en su construcción dado los avances tecnológicos que se han tenido.

- A pesar de tratarse de energía no convencional se tiene el ejemplo de la planta maremotriz de la Rance que ya tiene más de 15 años en operación comercial con un alto grado de eficiencia. Lo que da importantes indicaciones sobre diseño de la obra civil y del equipo electromecánico necesario para la planta. Así como del almacenamiento, el comportamiento de la marea y del funcionamiento de las turbinas.

La realización de estudios de factibilidad que permitan establecer los costos de las obras requeridas y el equipamiento para la producción de la energía eléctrica, mostrarán sin lugar a dudas que ante los costos actuales de la energía obtenida por medio de hidrocarburos es definitivamente ventajosa la utilización de la energía de las mareas.

En la época de la instalación de la planta maremotriz de la Rance, los costos de kilowatt hora instalados fueron considerados competitivos con el costo de la producción de la energía tradicional

y con cierta ventaja sobre la energía nuclear; en las situaciones actuales del mercado mundial de hidrocarburos un proyecto de este tipo debe ser altamente rentable por lo que recomiendo que dentro de planes futuros de -- energía se proponga la necesidad de realizar estudios más a fondo que permitan a las autoridades tomar las decisiones necesarias para impulsar la - elaboración de proyectos de este tipo que aporte una nueva fuente de energía actualmente inutilizada.

La energía de las mareas es una opción energética que debiera rendir sus principales frutos en el decenio 1990 - 2000. - En el presente esta fuente no podrá contribuir de manera significativa al balance energético nacional. Sin embargo, su potencial futuro dependerá - en buena medida del esfuerzo que se realice en el presente. Dicho esfuerzo, para estar bien encauzado, requiere conocer mejor el recurso y la factibilidad de su aprovechamiento.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ENERGIA PERSPECTIVA MUNDIAL 1895 - 2000
Wilson, Carroll
WAERS
Ed. Fondo de Cultura Económica
E.U.A. 1977

- 2) TIERRA, AGUA, VIENTO Y SOL
Halacy, Daniel
Ed. Nuevomar S.A.
Buenos Aires 1978

- 3) ENERGIA, MEDIO AMBIENTE Y EDIFICACION
Steadman, Philip
Ed. H. Blume
Madrid 1978

- 4) EL HOMBRE Y EL OCEANO
Skinner, Brian J.
Ediciones Omega S.A.
Barcelona 1976

- 5) EL DILEMA ENERGETICO
Zorzoli, Giovanni
Ed. H. Blume
Madrid 1978

- 6) COMO USAR LAS FUENTES DE ENERGIA NATURAL
Hupping, Stoner Carol
Ed. Diana
México 1978

- 7) CRISIS ENERGETICA Y RECURSOS NATURALES
Enciclopedia Salvat
Ed. Salvat
Barcelona 1974

- 8) GEOPOLITICA DE LA ENERGIA
Conant, Melvin A.
Ed. Frontera
Argentina 1978

- 9) LA ESCASEZ DE ENERGIA
Commoner, Barry
Ed. Plaza and Jones S.A.
Barcelona 1977

- 10) RECURSOS ENERGETICOS
Mc Mullen, John T. y otros
Ed. Blume
E.U.A. 1977

- 11) ENERGIA EOLICA
Vale, Brenda
Ed. Gili
Barcelona 1977

- 12) EL MUNDO DE LA ENERGIA NUCLEAR
Efron, Alexander
Centro Regional de Ayuda Técnica
México 1971

- 13) ENERGIA SOLAR PARA EL HOMBRE
Brinkworth, Brian Joseph
Ed. Blume
E.U.A. 1973

- 14) ENERGIA SOLAR: APLICACIONES PRACTICAS
Hans, Rau
Ed. Marcombo
Barcelona 1980

- 15) PROCESOS TERMICOS DE LA ENERGIA SOLAR
Brown, Best Robert
Centro de Educación Continua (UNAM)
México 1978
- 16) PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR
Desfi
Centro de Educación Continua
México 1978
- 17) TOMO II : ENERGIA
Enciclopedia de la Ciencias
Ed. Cumbres S.A.
México 1980
- 18) INGENIERIA MARITIMA
Bustamante, Rubén y otros
Secretaría de Marina
México 1963
- 19) DERROTERO DE LA COSTA OCCIDENTAL DE MEXICO E ISLAS
ADYACENTES, INCLUYENDO GOLFO DE MEXICO
Secretaría de Marina
México 1961

- 20) ENCICLOPEDIA GENERAL DE MAR
Volúmen III
Ed. Garrida
México 1972
- 21) GEOGRAFIA GENERAL DE MEXICO
TOMO I
Tamayo, Jorge
Secretaría de Marina
México 1959
- 22) THE ENERGY SOURCE BOOK
The center for compliance information
U.S.A. 1979
- 23) CENTRALES ELECTRICAS
Enciclopedia Ceac de Electricidad
Ed. Ceac S.A.
México 1975
- 24) PROGRAMA DE ENERGIA
Metas a 1990 y Proyecciones al año 2000
Comisión Federal de Electricidad
México 1979

- 25) DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION
Energía, Minas e Industria Paraestatal
Tomo CCCLXXL No. 33
México 15 de Agosto 1984
- 26) TABLA DE PREDICCIÓN DE MAREAS 1984
Puertos del Océano Pacífico
Instituto de Geofísica (UNAM)
México 1983.
- 27) PERIODICO THE NEWS, MEXICO CITY
Engineers suggest México use tidal power generación
April 4, 1983
- 28) TECHNOLOGY REVIEW
Harnessing the tides
Fay A. James
July 1983
- 29) GUIA PARA LA PRESENTACION DE PROYECTOS
Ilpes
Ed. Siglo XXI
México 1982

- 30) TECHNOLOGY REVIEW
Power from ocean waves
Newman, J.N.
July 1983
- 31) PUERTOS
Hernández, de Labra Fernando
México 1982
- 32) UTILIZACION DE LA ENERGIA DE LA MAREA EN LOS LITORALES MEXICANOS
Cervantes, Castro Daniel
México 1983
- 33) PRIMER CURSO INTERNACIONAL SOBRE ESTRUCTURAS FUERA DE LAS COSTAS
Desfi
Centro de Educación Continua (UNAM)
México 1978
- 34) PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS
Desfi
Centro de Educación Continua (UNAM)
México 1978

- 35) CURSO: ESTRUCTURAS DE CONCRETO EN EL MAR
Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto
México - Octubre 1983
- 36) L'USINE MAREMOTRICE DE LA RANCE
Electricité de France
Edition : Regard Publicité
Francia 1983
- 37) REVISTA : LA HOUILLE BLANCHE
Six and D' exploitation de L' usine maremotrice de la rance
No. 2 - 3 / 1973
Francia 1973

REFERENCIAS

I) PRINCIPIO Y APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR DESFI, Centro de Educación Continua (UNAM-1978).

FIGURA 1 PAGINA 26

II) ENCICLOPEDIA DE LAS CIENCIAS Volúmen 2, Energía (Editorial Cumbre S.A.).

FIGURA 2 PAGINA 350

FIGURA 3 PAGINA 346

FIGURA 4 PAGINA 356

FIGURA 5 PAGINA 349

III) INGENIERIA MARITIMA Bustamante, Ruben y otros (Secretaría de Marina 1963).

FIGURA 6 PAGINA 76

FIGURA 7 PAGINA 77

FIGURA 8 PAGINA 78

FIGURA 9 PAGINA 80

FIGURA 10 PAGINA 92

FIGURA	11	PAGINA	92
FIGURA	12	PAGINA	93
FIGURA	13	PAGINA	93
FIGURA	14	PAGINA	94
FIGURA	15	PAGINA	94
FIGURA	16	PAGINA	95
FIGURA	17	PAGINA	95
FIGURA	18	PAGINA	110
FIGURA	19	PAGINA	112
FIGURA	20	PAGINA	122

IV) PROGRAMA DE ENERGIA

Metas a 1990 y Proyecciones al año 2000

Comisión Federal de Electricidad 1979

FIGURA	21	PAGINA	S/N.
LAMINA	1	LAMINA3....	S/N.
LAMINA	2	LAMINA4....	S/N.
LAMINA	3	LAMINA5....	S/N.
LAMINA	4	LAMINA6....	S/N.
LAMINA	5	LAMINA7....	S/N.
LAMINA	6	LAMINA10....	S/N.

V) L'UISINE MAREMOTRICE DE LA RANCE

Electricite de France (Edition Regard Publicite, Francia 1983).

FIGURA	22	PAGINA	3
FIGURA	23	PAGINA	3
FIGURA	33	PAGINA	8
FIGURA	34	PAGINA	9
FIGURA	35	PAGINA	9
FIGURA	37	PAGINA	11
FIGURA	38	PAGINA	12
FIGURA	39	PAGINA	12
FIGURA	40	PAGINA	12
FIGURA	41	PAGINA	13
FIGURA	42	PAGINA	13
FIGURA	43	PAGINA	13
FIGURA	44	PAGINA	13
FIGURA	45	PAGINA	14
FIGURA	46	PAGINA	14
FIGURA	47	PAGINA	15
FIGURA	48	PAGINA	15
FIGURA	48	PAGINA	16
FIGURA	49	PAGINA	16
FIGURA	50	PAGINA	17
FIGURA	51	PAGINA	18
FIGURA	51	PAGINA	19

FIGURA	52	PAGINA	20
FIGURA	53	PAGINA	23
FIGURA	54	PAGINA	24
FIGURA	55	PAGINA	25
FIGURA	56	PAGINA	27
FIGURA	57	PAGINA	28
FIGURA	58	PAGINA	29
FIGURA	59	PAGINA	30
FIGURA	60	PAGINA	32
FIGURA	61	PAGINA	32

VI) ATLAS DE LA DIRECCION DE GEOGRAFIA

Meteorología e Hidrología (Escala 1:500 000)

FIGURA	25	PAGINA	S/N.
--------------	----	--------------	------

VII) ENCICLOPEDIA DE MEXICO

Tomo VII (Editorial Enciclopedia de Mexico S.A.)

FIGURA	26	PAGINA	706
--------------	----	--------------	-----

VII) DERROTERO DE LA COSTA OCCIDENTAL DE MEXICO E ISLAS ADYACENTES,
INCLUYENDO GOLFO DE MEXICO (Secretaria de Marina 1961)

FIGURA 27

PAGINA 56

IX) DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION, ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA
PARAESTATAL (Tomo CCLXXV No. 33, México 1984)

LAMINA 7

PAGINA 48