

65
28



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

CRITERIOS DE SELECCION
DE SITIOS PARA CENTRALES
NUCLEOELÉCTRICAS
ENFRIADAS CON AGUA
DE MAR

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el Título de:
INGENIERO CIVIL

Presenta

CARLOS GRANADOS GODINEZ

Director de Tesis:

Ing. José Antonio Maza Alvarez



México, D. F.

1987



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.

INDICE GENERAL.

	PAGINA
PROLOGO.	
CAPITULO 1. EL PROBLEMA ENERGETICO Y SU SOLUCION EN NUESTRO PAIS.	1
CAPITULO 2. LA TECNOLOGIA NUCLEAR.	12
CAPITULO 3. ORGANIZACION DEL SECTOR NUCLEOELECTRICO NACIONAL.	50
CAPITULO 4. REGULACIONES APLICABLES EN LA SELECCION DE UN SITIO.	69
CAPITULO 5. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA LOCALIZACION EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS ENFRIADAS CON AGUA DE MAR.	118
CAPITULO 6. CRITERIOS PARA LA UBICACION DE LA OBRA DE TOMA Y DESCARGA PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE UNA CENTRAL NUCLEOELECTRICA UBICADA EN LA COSTA.	176
CAPITULO 7. RESUMEN Y CONCLUSIONES.	216
BIBLIOGRAFIA.	

PROLOGO.

Con los criterios expuestos en el presente trabajo se pretende - indicar cómo se determina el sitio de ubicación de una central - nucleoelectrica poniendo especial atención a los problemas que - se presentan para el enfriamiento de la misma con objeto de esta - blecer un sentido más amplio y específico a esta investigación.

Las actividades que son necesarias para localizar, evaluar y seleccionar sitios para el emplazamiento de centrales nucleoelectricas incluyen la aplicación de criterios de carácter técnico, económico, ambiental y socio-político, como se verá con detenimiento en la materia principal de este trabajo, no obstante, resulta procedente tener en cuenta algunos aspectos adicionales de importancia que, aunque no son parte medular de esta disertación resulta conveniente mencionarlos aunque sea de una manera superficial. Es por ello que el desarrollo de este estudio se inicia con la descripción de las acciones que ha emprendido el sector eléctrico nacional en la producción de electricidad utilizando fuentes convencionales de energía; se concluye en la conveniencia en acudir a fuentes no convencionales como única solución en el futuro, muy a pesar de la actual situación económica del país y de lo que contrapone la opinión pública en relación con el uso de la energía nuclear con fines pacíficos; ésta es otra misión que se pretende llevar a cabo con la realización de este trabajo: demostrar que la peligrosidad de las centrales nucleoelectricas en contra del medio ambiente y el hombre es tan elevada o -- tan insignificante, -- según se quiera calificar -- en comparación con otra clase de riesgos que se derivan de las propias actividades humanas, de las flaquezas del hombre o que proceden del ---

medio ambiente debido a sucesos naturales incontrolables por el hombre. Así, por ejemplo, algunas causas que diariamente provocan innumerables enfermedades que diezman a la población y degradan al medio ambiente y que, sin embargo, poco o nada se hace por erradicarlas y, en su caso, por mitigar los efectos nocivos son: la instalación de grandes concentraciones humanas en muchas ciudades de la república, donde, consecuentemente, se producen poluciones mayúsculas y destrucción del medio ambiente, generándose, a la par, enfermedades aún no controladas (cáncer, cardiopatías, neurosis, etc.); la irresponsabilidad del hombre hacia su propia preservación y la del medio que lo rodea (accidentes de tránsito y de trabajo, incendios en los bosques, o su tala immoderada, provocación de la erosión, derrames de petróleo, la utilización de los medios masivos de comunicación para propiciar el alcoholismo, el tabaquismo, la drogadicción, el predominio político, económico y racial, etc.); la acción de la naturaleza sobre el propio medio y sobre el hombre (inundaciones, erupciones volcánicas, sismos, etc.).

Frenar la construcción de centrales nucleoelectricas y, consecuentemente, su operación, por el temor de que puedan ocurrir accidentes equivale a actuar según lo hizo en su tiempo el pueblo británico cuando el gobierno estableció un nuevo sistema de transporte masivo: el ferrocarril. Relata John Francis, en su libro editado en 1851, la oposición violenta e irracional de la gente que aseguró que ningún ser, animal o vegetal, sobreviviría en las zonas por donde pasara la locomotora: esta actitud retrasó quince años la realización del proyecto. Sustituir el uso de la energía nuclear por otro tipo de energético, además de crear problemas económicos graves, en un futuro no muy lejano, puede resultar tan fa

tal o más, en caso de no tomar medidas precautorias adecuadas, -- tanto para el manejo de los combustibles como para su control o utilización y para el manejo y destino que se de a los desechos.-- Cabe recordar aquí la tragedia en San Juan Ixhuatepec en el año - de 1984, en el Estado de México, debido a una fuga de gas; la ocurrida en el pozo "ixtoc", en la sonda de Campeche, por problemas de control durante la perforación para extracción de petróleo; ambos accidentes, en contraposición a la tragedia de Chernobyl, en Rusia, en una central nucleoelectrica debida a fallas en el sistema de enfriamiento del núcleo del reactor.

Evitar riesgos y obtener ganancias deben ser las premisas de importancia en la mayoría de las decisiones humanas encaminadas a ejercer cualquier actividad en donde esté involucrada la seguridad del hombre y de su medio ambiente; en cuanto a la decisión de construir centrales nucleoelectricas y operarlas no hay excepción y el riesgo resulta ser mínimo si se aplican los requerimientos impuestos por los organismos reguladores cuyas directrices se han elaborado a partir de las experiencias adquiridas por los países que utilizan la energía del átomo.

Con objeto de hacer más comprensible parte de la terminología utilizada en este trabajo, para identificar adecuadamente algunas de las estructuras, sistemas o componentes de una central nucleoelectrica, se hace en la parte introductoria un recorrido superficial entre los distintos tipos de reactores nucleares que actualmente tienen aplicación comercial; no obstante, en la localización, evaluación y selección de un sitio no queda involucrado, en forma directa el tipo de reactor a utilizar aunque sí se toman en cuenta los requerimientos específicos que algún tipo de reactor proponga

para su utilización, de modo de poder ofrecer la infraestructura, insumos y seguridad solicitados por los organismos reguladores -- que intervienen en las distintas etapas del proceso seguido para el emplazamiento de la central, el que se inicia con la localización del sitio y concluye con el desmantelamiento de las instalaciones.

En la parte medular de esta investigación se describen todas las implicaciones existentes en torno a la localización de sitios preliminares, evaluación y selección de sitios tentativos, candidatos y definitivos para la construcción de centrales nucleoelectricas, teniendo como condiciones básicas: la existencia de agua suficiente para enfriamiento de la central; que los usos de la tierra ocupada y el agua extraída no formen parte del plan del desarrollo económico básico de la región; que halla baja población -- circundante en el tiempo presente y a un futuro de treinta o cuarenta años; la baja sismicidad de la región; la cercanía a los centros de consumo de energía eléctrica; la topografía adecuada -- de modo que, por ejemplo, el terreno no sea inundable o erosionable; la cercanía a los caminos o rutas de acceso al sitio, etc.

Finalmente, al abordar el presente tema se pretende dejar involucrado al estudiante de ingeniería, principalmente, en la solución de un problema que no solo se presenta a nivel nacional sino que tiene repercusiones a nivel mundial: el aprovechamiento de la energía para fines pacíficos.

----- * -----

Expreso mi agradecimiento al Departamento de Ingeniería Nuclear, de la Comisión Federal de Electricidad, donde el Ingeniero Carlos

Villanueva Moreno, Jefe del Departamento; el Ingeniero Severiano-Sánchez Uribe, Sub Jefe del mismo Departamento; el Ingeniero Domingo Ausín Gavito, Jefe del Area de Selección de Sitios para Centrales Nucleoeléctricas; la señorita Ofelia Martínez García, secretaria del Departamento; el Ingeniero José Antonio Maza Alvarez Jefe de la Unidad de Estudios de Ingeniería Civil; todos, sin reservas, brindaron el apoyo que fue necesario para realizar el presente trabajo. Así mismo, expreso el mismo reconocimiento al Sindicato Unico de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana por las facilidades otorgadas a mi persona.

Carlos Granados Godínez

1986.

CAPITULO 1.

EL PROBLEMA ENERGETICO Y SU SOLUCION EN NUESTRO PAIS.

CONTENIDO:

- 1.1. EL PROBLEMA ENERGETICO.
- 1.2. LAS FUENTES PRIMARIAS DE ENERGIA EN MEXICO.
 - 1.2.1. ENERGIA GEOTERMICA.
 - 1.2.2. ENERGIA DEL CARBON.
 - 1.2.3. ENERGIA HIDROELECTRICA.
- 1.3. LAS FUENTES SECUNDARIAS DE ENERGIA EN MEXICO.
 - 1.3.1. LOS HIDROCARBUROS.
 - 1.3.2. ENERGIA NUCLEAR.
- 1.4. LAS FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGIA.
 - 1.4.1. LA ENERGIA MARINA.
 - 1.4.2. LA ENERGIA SOLAR.

APENDICE I-1 : TABLA 1
TABLA 2

APENDICE I-2 : DEFINICIONES.

APENDICE I-3 : UNIDADES DE POTENCIA QUE SE UTILIZAN EN EL TEXTO.

APENDICE I-4 : EJEMPLO DE CONVERSION DE MAGNITUDES.

1.1. EL PROBLEMA ENERGETICO.

Así como los economistas miden el desarrollo económico de un pueblo, a partir de lo que sus habitantes producen, así nosotros podemos afirmar que el desarrollo económico de un país está ligado, sin duda alguna, a su potencialidad energética.

Es fácil entender que el consumo de energía eléctrica por habitante representa, fehacientemente, el bienestar de un pueblo. Las estadísticas lo asientan y la realidad lo confirma. Por ejemplo: Estados Unidos, con un 7% de la población mundial, aproximadamente, alcanza a consumir cerca del 38% de la energía que se genera en todo el mundo; únicamente con plantas nucleares en 1980 vendió energía alrededor de 700 TWH, lo que equivale, apenas, al 20% de su capacidad de producción. América Latina, con un 8%, aproximado, del total de la población mundial consume apenas un 6% del total de la energía producida en todo el mundo; en este apartado México alcanzó a consumir en 1980: 52.427 TWH ⁽¹⁾, producidos con toda la capacidad de sus plantas convencionales.

Lo anterior nos conduce a deducir que una de las deficiencias mayúsculas que presentan los países sub desarrollados es la de su producción de energía.

(1) TABLA 1. APENDICE I-1

Desde que el hombre aprendió a dominar el fuego y a utilizarlo en su beneficio la humanidad ha tenido que librar una lucha -- constante con objeto de proporcionarse energía sirviéndose de los elementos naturales a su alcance, de acuerdo con su etapa-histórica: primeramente sirviéndose de la fuerza del músculo - del hombre y de los animales; posteriormente de la fuerza del agua y del viento, de la madera, el carbón, el petróleo, del vapor proveniente del sub suelo, del material radiactivo y del calor solar.

El consumo masivo de combustibles fósiles: carbón, petróleo, gas, su uso inmoderado y el hecho de estar constituidos con material no renovable ha tendido a acelerar su extinción. Este consumo, en gran escala, se inició a partir de los grandes descubrimientos como: la máquina de vapor, la electricidad y los motores de combustión interna. Con ello el hombre se independizó de sus semejantes así como de las fuerzas naturales que le proporcionaron energía hasta entonces: el músculo del hombre, - (esclavos), y del animal; el viento y el agua. No extraña, -- pues, que las ciudades más florecientes de la antigüedad dependieran del trabajo de grandes legiones de esclavos que, en muchos de los casos, superaban en cantidad a la de hombres libres.

Ante las grandes necesidades actuales, debidas sobre todo al - desmesurado crecimiento de la población, el hombre de nuestro tiempo ha tenido la enorme responsabilidad de continuar en la búsqueda de nuevas fuentes de energía para poder sobrevivir.

1.2. LAS FUENTES PRIMARIAS DE ENERGIA EN MEXICO.

Es fácil entender que el hecho de requerir suficiente energía-

eléctrica ya representa un serio problema económico para cualquier país y el nuestro no puede sustraerse a esa dificultad; lo anterior nos obliga a plantear programas de desarrollo basados en la utilización racional de los recursos energéticos con que contamos, tarea nada fácil si consideramos los problemas político-económicos por los que atravesamos.

Nuestro país cuenta, afortunadamente, con recursos geotérmicos, carboníferos e hidroeléctricos, capaces de cubrir una parte de la demanda de energía; combinados dichos recursos con los que proporcionan los hidrocarburos podemos afirmar que todavía alcanzamos a cubrir nuestras necesidades en la década de los ochentas. El panorama se presenta desalentador si miramos hacia el futuro.

1.2.1 Energía Geotérmica.-

Nuestro país ofrece posibilidades de aprovechamiento del vapor natural del sub suelo lo que hace factible predecir una generación de energía eléctrica de 8.4 TWH, al año de 1991 ⁽²⁾.

El aprovechamiento de este recurso significará ahorrar para finales del año 1991, alrededor de 16 millones de barriles brutos de petróleo crudo, por año. Actualmente, en 1985, se cuenta con una capacidad instalada de 645 MW.

Los mantos geotérmicos de nuestro país se pueden localizar, especialmente, en la Península de Baja California, en la Sierra Madre Occidental, en el Eje Neovolcánico y en el Macizo de Chiapas.

(2) TABLA 2. APENDICE I-1

Para alcanzar la meta prevista para el año de 1991 será necesario cuadruplicar, desde ahora, las inversiones económicas aplicadas a estudios y perforaciones simultáneamente en varias zonas del país: proyecto muy ambicioso.

1.2.2 Energía del Carbón.-

De acuerdo con los datos existentes que parten de exploraciones realizadas por la Comisión Federal de Electricidad, (CFE), se prevee que para el año 2000 se pueden generar, a partir del carbón mineral, cerca de 40 TWH.

México cuenta con yacimientos de importancia en el estado de Coahuila y con reservas menos importantes en los estados de Sonora y Oaxaca, aún sin evaluar la totalidad de los mantos existentes puesto que equivale a realizar cuantiosas inversiones económicas, tanto para detectar como para cuantificar el material energético. Aunado lo anterior a los altos costos de explotación nos vemos impedidos en acudir a su utilización en gran escala; por ello, para el año de 1991 únicamente se tiene previsto producir 18 TWH ahorrándonos con ello cerca de 35 millones de barriles brutos de petróleo crudo anualmente.

En 1985 se cuenta, apenas, con una capacidad efectiva de 1200-MW⁽²⁾, que producirán, al finalizar dicho año: 8.4 TWH.

1.2.3 Energía Hidroeléctrica.-

De acuerdo con el inventario de recursos de CFE se desprende que el potencial hidroeléctrico con que cuenta nuestro país es

(2) TABLA 2. APENDICE I-1

tal que se pueden extraer cerca de 160 TWH; sabiendo que en el año de 1985 apenas tendremos una capacidad efectiva de 7656 -- MW⁽²⁾, es fácil calcular, concediendo que aprovechemos dicho potencial en toda su capacidad, que obtendríamos cerca de tres veces lo que actualmente extraemos.

Hay factores que justifican la construcción de centrales hidroeléctricas: A) No agotamos nuestras reservas de materiales e -nergéticos, como son los hidrocarburos, por ejemplo; B) Contamos con la tecnología adecuada sin tener que depender del ex -tranjero; C) Aún contamos con caídas de agua.

No obstante, también existen factores desfavorables que frenan la realización inmediata de los proyectos: a) Un proyecto hidroeléctrico exige tiempo para concretarlo; b) Es básico y necesario contar con una información estadística completa que --nos permita predecir con la mayor exactitud el comportamiento-hidrológico de la cuenca; c) Son necesarios, también, estudios complejos de geología, mecánica de suelos, sismología, etc., -que reclaman tiempo y recursos económicos considerables.

El Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) prevee una capacidad efectiva para 1991 de 11,417 MW⁽²⁾, lo --cual equivale a una generación de 50TWH con un ahorro de barriles brutos de petróleo crudo de 153 millones anuales. Para 1986 la meta es producir 54 TWH. ⁽²⁾

(2) TABLA 2. APENDICE I-1

1.3. LAS FUENTES SECUNDARIAS DE ENERGIA EN MEXICO.

Los hidrocarburos, también considerados como fuentes convencionales de energía, junto con los combustibles nucleares, denominados entre las fuentes no convencionales, vienen a constituir el grupo de fuentes secundarias de energía, de acuerdo con la clasificación que hace la Comisión Federal de Electricidad.

1.3.1. LOS HIDROCARBUROS.

En nuestro país se utilizan dos tipos de combustibles fósiles de esta clasificación: el COMBUSTOLEO y el GAS NATURAL. El primero es un residuo de la destilación del petróleo; el segundo proviene de los campos productores de gas seco ubicados en el noreste del país, así como del que se encuentra asociado en la extracción del petróleo crudo y se obtiene de todas las zonas en donde existe éste.

Con objeto de preveer la variación en el suministro de combustible una cantidad considerable de centrales termoeléctricas del país funcionan simultáneamente con combustóleo y gas natural; a este tipo de centrales se les denomina de CICLO COMBINADO. Las plantas denominadas DUALES funcionan con combustóleo o carbón.

En el año de 1986 se cuenta con una capacidad efectiva de 15244 - Mw⁽²⁾, cantidad obtenida de los energéticos secundarios a través de centrales de vapor, ciclo combinado, turbo gas, combustión interna. Para 1991 se espera contar con una capacidad efectiva de 21915 Mw⁽²⁾, representando un crecimiento, en tan solo cinco años, de 6700 Mw, previendo que para el año 2000 los hidrocarburos proporcionen el 50% del total generado con todos los medios energéticos incluyendo los nucleares.

(2) TABLA 2. APENDICE I-1.

Los hidrocarburos, que proceden de reservas limitadas, cuyos costos de exploración y explotación van en constante aumento, están resultando insuficientes y, por ende, están creando todo tipo de disputas y conflagraciones entre las naciones que las poseen y las que no los tienen. Actualmente, México, depende, casi exclusivamente, del petróleo y del gas para la satisfacción de las necesidades internas de energía.

Con las actuales estructuras político-sociales que rigen en el mundo y con los problemas económicos graves que el país tiene se corre el riesgo de que el suministro de combustible se vea afectado en forma mayúscula y modifique desfavorablemente el desarrollo nacional en los próximos años, no obstante el alarde que hacemos de tener grandes reservas probadas y potenciales de petróleo, distribuidas a lo largo y ancho del subsuelo patrio.

1.3.2. ENERGIA NUCLEAR.

En esta alternativa figura como energético básico el URANIO, material que no tiene aún otras aplicaciones con fines pacíficos como sea el de combustible para centrales nucleoelectricas.

La energía es obtenida a partir del proceso de FISION del núcleo de uranio; en México no se ha profundizado lo suficiente la explotación de este recurso energético pero se han comprobado existencias considerables como para ser utilizadas en nuestras plantas nucleares.

En nuestro país se estiman reservas probadas en más de tres mil toneladas de óxido de uranio; de las características geológicas de nuestro sub-suelo se supone la existencia de yacimientos adicionales de este material en sitios que aún no han sido debidamente explorados.

La central nucleoelectrica Laguna Verde, por ejemplo, requerirá de 208 toneladas anuales de uranio natural (U_3O_8) para generar - 4010 millones de Kilowatts-Hora, al 70% de factor de capacidad; - comparativamente: excluyendo a la URSS y los países socialistas, las reservas mundiales de uranio seguras y potenciales están estimadas en 3.2 millones de toneladas con las cuales podrán generarse, aproximadamente 100 billones de kilowatts-Hora en centrales similares a las de Laguna Verde, Ver.; aquí, la generación - representará un ahorro a la nación de 11.2 millones de barriles de petróleo crudo.

Desde otro punto de vista: un proyecto nucleoelectrico requiere personal de alta especialización técnica, situación que, a lo - largo del diseño de la central Laguna Verde, primero, de la construcción de la misma, posteriormente, y de su operación, acción - que está por llevarse a cabo, personal mexicano ha recibido el - entrenamiento adecuado; el volumen de materiales, equipo y mano - de obra que requiere cada proyecto nucleoelectrico beneficia a - innumerables prestadores de servicios, proveedores de estructuras y componentes nacionales, proporcionando con esto la posibilidad de aplicar una tecnología más avanzada a la usual y coadyuvando al desarrollo tecnológico de nuestro país. En este renglón es adecuado resaltar que, gracias a la aplicación de la GARANTIA DE CALIDAD (GC) en los suministros nucleares, algunas industrias han tenido la necesidad de cambiar sus políticas de producción - para adaptarse a las exigencias de GC, lo que ha provocado una - mejor calidad en los productos de dichas empresas y en la especialización de sus técnicos. Cabe resaltar, también, que la aplicación de la Garantía de Calidad es muy costosa.

La obtención de licenciamiento para una central nucleoelectrica es fundamental obligando, a quien interviene en los procesos, -- tanto a proporcionar seguridad como a aplicar procedimientos y -

métodos anteriormente no aplicados o desconocidos, específica - mente en centrales termoeléctricas o hidroeléctricas. Las exi - gencias planteadas por el propietario de una central nucleoele - trica al aplicar programas de seguridad radiológica y física re - dundan en una mejor administración técnica para el mismo propie - tario como para los proveedores. Los requerimientos de suminis - tro en equipos, materiales y mano de obra especializada, en una central nucleoele - trica, necesarios para cubrir las necesidades de generación de electricidad en lo que resta de esta década y - en las próximas del presente siglo, exigen que la industria na - cional se prepare anticipadamente y con suficiencia. Resulta - prioritario, entonces, que Comisión Federal de Electricidad con - tinúe con la preparación de técnicos encargados de redactar es - pecificaciones, de evaluar ofertas, de realizar ingeniería en - localización, evaluación y selección de sitios; ingeniería pre - liminar y definitiva.

Desde otro nivel de observación: una de las predicciones respec - to de la demanda eléctrica para el año 2000, y no de las más e - levadas, es que se requieren 560 TWH. De esta cantidad se esti - ma que las plantas hidroeléctricas podrán generar 80 TWH, las - carboeléctricas 40 TWH y las geotérmicas 20 TWH; quedan 420 TWH que únicamente podrían generarse con plantas termoeléctricas - quemando hidrocarburos para producir 280 TWH y el resto, o sea - 140 TWH, generarlo con centrales nucleoele - tricas. La cantidad - anterior representa, para las centrales nucleoele - tricas, tener que proporcionar el equivalente al 25% de la demanda total su - puesta para el año 2000, lo que corresponde a tener una poten - cia nuclear elevada aunque no imposible de alcanzar.

Si resultara factible instalar centrales nucleares convendría - hacerlo para almacenar o vender los hidrocarburos ahorrados. Si resultara difícil alcanzar la cifra supuesta de generación eléc

trica a partir de la energía nuclear, se tendría que quemar hidrocarburo en una cantidad mayor a lo previsto o importar carbón a muy alto costo.

De cualquier modo, la predicción de la demanda eléctrica total estimada para el año 2000 no es crucial en este estudio, según los autores, pues proponen que puede ser sustancialmente menor de acuerdo con las características que presente el desarrollo económico del país; así, la generación de electricidad a partir de la energía nuclear resultaría menos excesiva desde el punto de vista de la operación del sistema nacional.

En el caso de la energía nuclear no es conveniente ignorar el marco político internacional que afecta al comercio y a la transferencia de tecnología. De hecho la decisión que se tome sobre la continuación de un programa nuclear y la tecnología adoptada en dicho programa (tipo de reactor), puede depender, en gran parte, de la confianza y de las facilidades que se obtengan para el suministro de materiales, equipo, componentes, servicios y transferencia de tecnología.

1.4. LAS FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGIA.

1.4.1. LA ENERGIA MARINA, a partir de la que contienen las mareas, presenta otra posibilidad a largo plazo, de ser tomada en cuenta.

Los problemas que presenta el disponer de este tipo de energía son, entre otros, que sólo en determinados sitios del mundo es posible contar con mareas vivas; que la magnitud de estas mareas requerida para mover los generadores debe ser elevada.

1.4.2. LA ENERGIA SOLAR, que para nuestras limitaciones terrena-

les constituye una fuente inagotable de energía, está siendo materia de estudio para su aplicación comercial, tal vez, a mediano plazo, pues en la actualidad se supone que únicamente vendría a representar una aportación a la capacidad total de producción de energía eléctrica de, apenas, un 2%, en cualquier país avanzado, debido al bajo rendimiento de conversión y a la baja intensidad de radiación solar en puntos estratégicos; además que se requieren grandes superficies para convertir la energía y el calor solar únicamente se puede captar en una parte del día. Aunado a lo anterior se desconocen los efectos sobre el medio ambiente al privarlo de la energía solar.

De acuerdo con todo lo anterior las centrales eléctricas se podrían agrupar según la siguiente clasificación:

TERMICAS

- Termo-eléctricas (gas, petróleo, carbón)
- Nucleares (fisión, fusión)
- Geotérmicas
- Combustión interna (turbina de gas o motor)
- Solares

NO TERMICAS

- Hidroeléctricas (agua)
- Eólicas (viento)
- Euleanas (mareas)
- Rebombeo (agua)

APENDICE I-1

CONTIENE :

TABLA 1 : ESTUDIO DEL MERCADO ELECTRICO 1977-1991
RESUMEN SECTOR ELECTRICO,
VENTAS TOTALES (GWH).

TABLA 2 : SISTEMA ELECTRICO NACIONAL
RESUMEN DE CAPACIDADES EFECTIVAS POR TIPO DE
ENERGETICO (MW).

ESTUDIO DEL MERCADO ELECTRICO 1977-1991

RESUMEN SECTOR ELECTRICO

(VENTAS TOTALES EN GWH)

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
01.- AREA CENTRAL	13247	14147	15179	15985	17237	18556	20127	22542	24189	25781	27417	29156	31014	32998	35116
02.- AREA ORIENTAL	8552	9055	9812	10417	11795	12744	14386	15454	16812	21457	24951	27482	30111	31748	33208
03.- AREA OCCIDENTAL	6587	7165	8045	8870	9726	11021	12489	14810	17441	19123	20794	22676	24536	26856	29498
04.- AREA NORESTE	4885	5345	5988	6256	6881	7768	9088	10245	11538	12796	13812	14914	16137	17484	18832
05.- AREA NORTE	3267	3554	3815	4059	4282	4648	5135	5579	6022	6534	7083	7650	8262	8923	9638
06.- NOROESTE	2731	3050	3286	3827	4211	4781	5287	6191	6853	7415	8315	9583	10523	11793	13224
07.- S. TIJUANA-MEXICALI	1285	1420	1551	1754	1901	2052	2424	4099	4529	4826	4970	5148	5465	5860	6288
08.- SISTEMA PENINSULAR	582	648	758	874	1024	1121	1586	1622	1853	2080	2555	2673	3050	3433	3890
09.- SISTEMA LA PAZ	74	91	120	198	241	318	396	442	580	636	698	766	842	928	1024
SUBTOTAL . . .	40788	44435	48552	52200	57298	62989	70720	80984	89777	100646	110375	119848	129920	140003	150718
10.- PEQUEÑOS SISTEMAS	523	329	272	227	182	200	53	42	46	52	57	63	69	75	82
GRANTOTAL:	41111	44764	48824	52427	57480	63189	70773	81026	89823	100698	110432	119911	129989	140078	150800

TOMADO DEL POISE (PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES DEL SECTOR ELECTRICO) (PAGINA 3)

TABLA 1

SISTEMA ELECTRICO NACIONAL
RESUMEN POR CAPACIDADES EFECTIVAS POR TIPO DE ENERGETICO.

(EN MW).

TABLA 2

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
ENERGETICOS PRIMARIOS															
HIDROELECTRICIDAD	4614	5118	5118	5992	6548	6530	6530	6943	7656	7656	8426	8687	9987	10817	11417
GEOTERMIA	75	75	150	150	180	205	205	645	645	755	865	865	1085	1085	1195
SUB-TOTAL	4689	5193	5268	6142	6728	6735	6735	7588	8301	8411	9291	9552	11072	11902	12612
ENERGETICOS SECUNDARIOS															
HIDROCARBUROS															
VAPOR	4749	5992	6366	6534	7556	7674	8666	9379	10442	11681	13103	14085	15440	16521	18283
CICLO COMBINADO	624	624	624	540	1210	1210	1510	1610	1610	1610	1610	1610	1610	1610	1610
TURBO-GAS	1220	1180	1089	1310	1501	1598	1659	1659	1653	1681	1681	1709	1737	1825	1855
COMBUSTION-INTERNA	232	190	182	128	122	132	69	55	53	72	103	106	106	136	167
SUB-TOTAL	6825	7994	8261	9512	10389	10814	11903	12703	13758	13244	16497	17510	18893	20092	21915
OTROS															
NUCLEAR	-	-	-	-	-	-	-	-	654	1308	1308	1308	1308	1308	1308
CARBON	30	-	-	-	500	500	600	900	1200	1200	1375	1900	2075	2025	2600
SUB-TOTAL	30	-	-	-	500	500	600	900	1854	2508	2683	3208	3383	3753	3908
TOTAL SECTOR	11544	13187	13529	14654	17417	17849	19238	21191	23913	26165	28471	30270	33348	35727	38435
IMPORTACION	-	-	-	-	-	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
RESTRICCIONES HIDRO.						-209	-224	-116	-125	-146	-146	-174	-174	-174	-174
TOTAL DISPONIBLE	11544	13187	13529	14654	17417	17642	19016	21076	23789	26018	28326	30098	33176	35555	38263

A P E N D I C E 1-2

DEFINICIONES

01. SISTEMA ELECTRICO NACIONAL.

ES EL CONJUNTO DE TODAS LAS UNIDADES GENERADORAS, LINEAS DE TRANSMISION Y DEMAS EQUIPOS PARA LA GENERACION, TRANSMISION Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

02. SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL.

ES EL SISTEMA ELECTRICO QUE CUBRE LA MAYOR PARTE DEL PAIS Y QUE SE OPERA COMO SISTEMA UNICO SINCRONIZADO, EXCLUYENDO A AREAS RELATIVAMENTE PEQUEÑAS QUE SE OPERAN COMO SISTEMAS INDEPENDIENTES.

03. ENLACE.

CUALQUIER ARREGLO DE UNA O VARIAS LINEAS DE TRANSMISION, INTERRUPTORES, MEDIDORES, DISPOSITIVOS DE CONTROL Y DEMAS INSTALACIONES SIMILARES QUE DIRECTAMENTE CONECTEN O PERMITAN EL INTERCAMBIO DE ENERGIA ELECTRICA ENTRE DOS AREAS DE UN SISTEMA ELECTRICO O ENTRE DOS SISTEMAS ELECTRICOS INTERCONECTADOS.

04. DEMANDA MAXIMA.

LA MAS ALTA DEMANDA (EN MWH/H) REGISTRADA EN EL AÑO, MEDIDA EN INTERVALOS DE UNA HORA. DICHA DEMANDA SE SATISFACE CON TODAS LAS CENTRALES DISPONIBLES EN EL AREA O SISTEMA AGREGANDOLAS RECEPCIONES Y DESCONTANDO LOS ENVIOS QUE SE TENGAN CON OTRAS AREAS O SISTEMAS A TRAVES DE LOS ENLACES.

05. ENERGIA NECESARIA.

LA ENERGIA ELECTRICA PREVISTA (GIGAWATT-HORA) QUE SATISFACE EL CONSUMO DE UN AREA O SISTEMA ELECTRICO EN EL AÑO O PERIODO APLICABLE. DICHA ENERGIA SE SUMINISTRA CON TODAS LAS CENTRALES DISPONIBLES EN EL AREA O SISTEMA AGREGANDO LAS RECEPCIONES Y DESCONTANDO LOS ENVIOS QUE SE TENGAN CON OTRAS AREAS O SISTEMAS A TRAVES DE LOS ENLACES.

06. CONSUMO REAL.

LA ENERGIA ELECTRICA SUMINISTRADA PARA EL AREA O SISTEMA EN EL PERIODO HISTORICO.

07. CAPACIDAD EFECTIVA.

LA HABILIDAD, MEDIDA EN MEGAWATTS, DE UNA O MAS UNIDADES GENERADORAS PARA SOPORTAR CARGA EN FORMA CONFIABLE, DETERMINADA DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES DE OPERACION QUE PREVALECE CUANDO OCURRE LA DEMANDA MAXIMA Y TOMANDO EN CUENTA REDUCCIONES PREVISIBLES COMO LAS QUE DEBEN A BAJOS NIVELES EN LAS PRESAS DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS O A LA BAJA DISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES GENERADORAS EN PROCESO DE MADURACIÓN.

03. GENERACION MAXIMA ESTIMADA.

LA ENERGIA ELECTRICA ESTIMADA QUE PODRIAN SUMINISTRAR LAS UNIDADES GENERADORAS SI TUVIERAN QUE OPERAR EN FORMA CONTINUA A SU CAPACIDAD EFECTIVA, DESCONTANDO LA ENERGIA CORRESPONDIENTE A LOS PERIODOS DE INDISPONIBILIDAD POR MANTENIMIENTO Y POR SALIDAS FORZADAS Y OTRAS REDUCCIONES PREVISTAS, COMO LA ESCASEZ

DE AGUA PARA GENERACIÓN HIDROELECTRICA.

09. TOTAL DISPONIBLE:

CAPACIDAD.

LA CAPACIDAD TOTAL EFECTIVA DE LAS UNIDADES GENERADORAS DEL SISTEMA O AREA MAS LA CAPACIDAD QUE OTRAS AREAS O SISTEMAS PONGAN A SU DISPOSICION A TRAVES DE LOS ENLACES MENOS LA CAPACIDAD QUE EL AREA O SISTEMA PONGA A DISPOSICION DE AREAS O SISTEMAS VECINOS A TRAVES DE LOS ENLACES.

GENERACION.

LA GENERACION MÁXIMA ESTIMADA TOTAL DE LAS UNIDADES GENERADORAS DEL AREA O SISTEMA MAS LA ENERGIA QUE OTRAS AREAS O SISTEMAS PONGAN A SU DISPOSICION A TRAVES DE LOS ENLACES MENOS LA ENERGIA SUMINISTRADA A SISTEMAS O AREAS VECINAS A TRAVES DE LOS ENLACES.

10. RESERVA.

RESERVA DE CAPACIDAD-EXCEDENTE DE LA CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE EN UN AREA O SISTEMA SOBRE SU DEMANDA MAXIMA.

RESERVA DE GENERACION-GENERACION SOBRANTE EN UN AREA O SISTEMA DESPUES DE DESCONTAR LA ENERGIA NECESARIA Y LA ENERGIA CORRESPONDIENTE A LOS PERIODOS DE INDISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES GENERADORAS POR MANTENIMIENTO Y SALIDAS FORZADAS Y OTRAS REDUCCIONES PREVISIBLES COMO LA DEBIDA A ESCASEZ DE AGUA PARA GENERACION HIDROELECTRICA.

DICHA RESERVA SE CALCULA RESTANDO LA ENERGIA NECESARIA DE LA-

GENERACION TOTAL DISPONIBLE,

11. ASIGNACION DE GENERACION BRUTA.

DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA GENERADA LOCALMENTE ENTRE LAS UNIDADES GENERADORAS DEL AREA O SISTEMA. DICHA DISTRIBUCION SE HACE ATENDIENDO A CRITERIOS ECONOMICOS Y DE CONFIABILIDAD, TOMADOS EN CUENTA POR LOS METODOS Y MODELOS QUE SIMULAN LA OPERACION DEL SISTEMA EN LOS AÑOS FUTUROS.

12. CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE REQUERIDA PARA PRODUCIR LA GENERACION PROPUESTA EN LA 'ASIGNACIÓN DE GENERACION BRUTA' .

NOTA. SON DEFINICIONES OBTENIDAS DE LA PUBLICACION: "ENERGIA Y ENERGETICOS PARA EL MERCADO ELECTRICO" 1977-1991

EDITADO POR LA CFE. PAGES. 5 A 8 .

A P E N D I C E I-3 (CONTINUA)

CONSIDERANDO UN FACTOR DE CAPACIDAD DE: 80 % , TENDREMOS:

$$8.76 \text{ Tw-H/AÑO} \times 0.80 = 7.008 \approx 7.00 \text{ Tw-H/AÑO}$$

CON LO ANTERIOR SE QUIERE INDICAR QUE UNA CENTRAL QUE SEA DISEÑADA PARA UNA CAPACIDAD DE 1,000 Mw. TENDRA UNA GENERACION ESTIMADA DE: 7.00 Tw-H/AÑO.

A P E N D I C E I-4

EJEMPLO DE CONVERSION DE MAGNITUDES.

DATO: 16 MILLONES DE BARRILES BRUTOS DE PETROLEO CRUDO (BBPC),
(PAGINA 3, PARRAFO 1.2.1.).

DELA TABLA 2: CAPACIDAD PARA 1991: 1,195 MW.

CONSIDERANDO UN FACTOR DE PLANTA DE 0.8;

QUE UN AÑO TIENE : 8,760 HORAS;

Y QUE: 1 KW-HORA = 1.91504×10^{-3} BBPC/KW-HORA

TENDREMOS LO SIGUIENTE:

$$\begin{aligned} & 1,195 \text{ MW} \times 8,760 \text{ HORAS/AÑO} \times 0.8 = \\ & = 8.4 \times 10^6 \text{ MW-HORAS/AÑO} = 8.4 \times 10^9 \text{ KW-HORA/AÑO.} \end{aligned}$$

POR LO TANTO:

$$\begin{aligned} & 8.4 \times 10^9 \text{ KW-HORA/AÑO} \times 1.91504 \times 10^{-3} \text{ BBPC/KW-HORA} = \\ & = 16.02 \times 10^6 \text{ BBPC/AÑO.} \end{aligned}$$

CAPITULO 2.

LA TECNOLOGIA NUCLEAR.

CONTENIDO:

- 2.1. CENTRALES TERMoeLECTRICAS-CENTRALES NUCLEoeLECTRICAS.
- 2.2. ESTRUCTURA ATOMICA.
- 2.3. ISOTOPOS.
- 2.4. REACCION DE FISION.
- 2.5. NUCLEOS FISIBLES.
- 2.6. REACTOR NUCLEAR TERMICO.
- 2.7. MODERADOR.
- 2.8. REACCION EN CADENA AUTOSOSTENIDA.
- 2.9. CRITICIDAD.
- 2.10. NUCLEO DEL REACTOR.
 - 2.10.1 ELEMENTOS COMBUSTIBLES.
 - 2.10.2 BARRAS DE CONTROL
- 2.11. ENFRIADOR.
- 2.12. SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO EN UNA CENTRAL NUCLEoeLECTRICA.
- 2.13. RADIATIVIDAD.
- 2.14. IONIZACION.
- 2.15. ACTIVIDAD.

- 2.16. EXPOSICION A LA RADIACION.
- 2.17. DOSIS.
- 2.18. EQUIVALENTE DE DOSIS.
- 2.19. APLICACIONES PRÁCTICAS.
- 2.20. APLICACIONES EN INSTALACIONES NUCLEARES.
- 2.21. PARTES CONSTITUTIVAS DE LAS CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.
 - 2.21.1. LA ISLA NUCLEAR.
 - 2.21.2. EL TURBOGENERADOR Y SUS AUXILIARES.
 - 2.21.3. EL RESTO DE LA PLANTA.
- 2.22. REACTOR DE AGUA DE EBULLICION.
- 2.23. REACTOR DE AGUA PRESURIZADA.
- 2.24. REACTOR REFRIGERADO POR GAS.
- 2.25. REACTOR REFRIGERADO POR AIRE.
- 2.26. REACTOR DE AGUA PESADA A PRESION (TIPO CANDU)
- 2.27. REACTOR DE SODIO-GRAFITO.
- 2.28. REACTOR RÁPIDO DE CRIA.
- 2.29. REACTOR HOMOGENEO.

2.1 CENTRALES TERMOELECTRICAS-CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

Una Central Nucleoeléctrica (CN) es una instalación industrial de producción de electricidad. Su principio de funcionamiento es prácticamente igual al de las centrales termoeléctricas (CT) que funcionan a base de la combustión --- del carbón, combustóleo o gas: CONVERTIR LA ENERGIA CONTE-- NIDA EN UN COMBUSTIBLE EN ENERGIA ELECTRICA.

La conversión requiere de tres etapas bien definidas, en - ambos tipos de centrales, a saber:

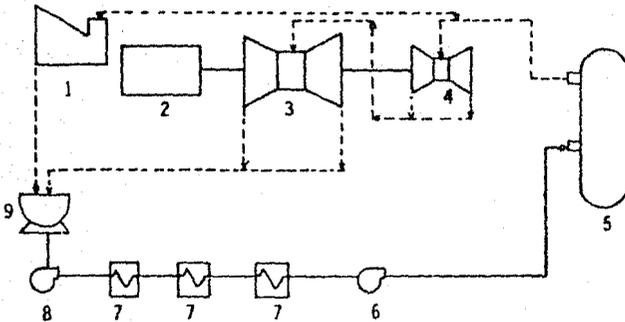
- A) La energía del combustible se extrae, en una CALDERA para una CT o en un REACTOR para una CN, en forma de calor produciendo vapor de alta presión y temperatura.
- B) La energía del vapor se transforma en movimiento al transmitirla a las aspas de una turbina.
- C) El giro del eje de la turbina, acoplado a un alterna-- dor, produce la energía eléctrica.

La diferencia entre una CT y una CN está, precisamente, en - la forma de producir el vapor de alta presión, así como en las medidas de seguridad adoptadas en esta etapa. (Figuras - 2.1 y 2.2).

2.2 ESTRUCTURA ATOMICA.

Los átomos de todos los cuerpos están constituidos por ELEC- TRONES, PROTONES y NEUTRONES. La masa del átomo está concen- trada en su núcleo, donde se encuentran los PROTONES, con - cargas eléctricas positivas (+) y los NEUTRONES, eléctricamente neutros; siendo el diámetro del núcleo del orden de -

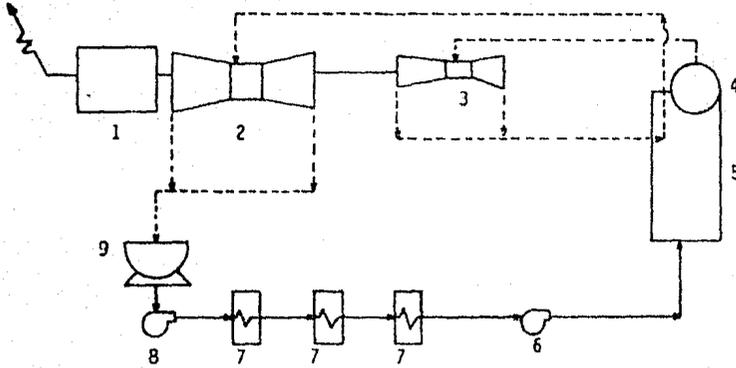
DIAGRAMA GENERAL DE UNA CENTRAL NUCLEOELECTRICA.



PARTES CONSTITUTIVAS

- 1 TURBINA ACCIONADORA DE LA BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION
- 2 GENERADOR ELECTRICO
- 3 TURBINA DE BAJA PRESION
- 4 TURBINA DE ALTA PRESION
- 5 REACTOR
- 6 BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION
- 7 PRECALENTADORES
- 8 BOMBA DE CONDENSADOS
- 9 CONDENSADOR.

DIAGRAMA GENERAL DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA



PARTES CONSTITUTIVAS.

- 1 GENERADOR
- 2 TURBINA DE BAJA PRESION
- 3 TURBINA DE ALTA PRESION
- 4 DOMO DE VAPOR
- 5 CALDERA
- 6 BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION
- 7 PRECALENTADORES DE AGUA
- 8 BOMBA DE CONDENSADOS
- 9 CONDENSADOR

FIGURA 2.1.

nada por la incidencia de un neutrón sobre aquél.

El fenómeno de fisión nuclear ocurre en los elementos más pesados, que por su alto peso atómico son inestables, y más aún cuando se les incide uno o más neutrones en su núcleo.

Así, desde otro punto de vista, podemos definir a un reactor nuclear como un dispositivo en el cual una fracción de la masa de ciertos núcleos pesados es convertida en energía. En estos dispositivos la transformación de la masa en energía se lleva a cabo, mediante la denominada REACCION DE FISSION.

En la reacción de fisión un núcleo de URANIO-235 es embestido por un neutrón libre que procede de una fuente de neutrones. Este neutrón pasa a formar parte del núcleo de URANIO - 235 alterando el equilibrio del núcleo original pudiendo ocasionarse el rompimiento o fisión de dicho núcleo en dos secciones en las que ahora será más factible restablecer un estado de equilibrio.

La masa de las partículas en los dos nuevos núcleos es inferior a la que tenían en el núcleo original y la diferencia entre las masas es convertida en energía que aparece como energía de movimiento de los fragmentos formados.

Los fragmentos formados inicialmente tampoco se encuentran en equilibrio, ya que, en general, contienen un número de neutrones mayor al que es necesario. Para alcanzar el equilibrio emiten neutrones, prácticamente al momento de formarse y, posteriormente, emiten electrones si es que de esta manera se establece un estado más estable en un fragmento dado.

La reacción de fisión antes descrita se representa, usualmente, de la siguiente manera: (figura 2.4.)

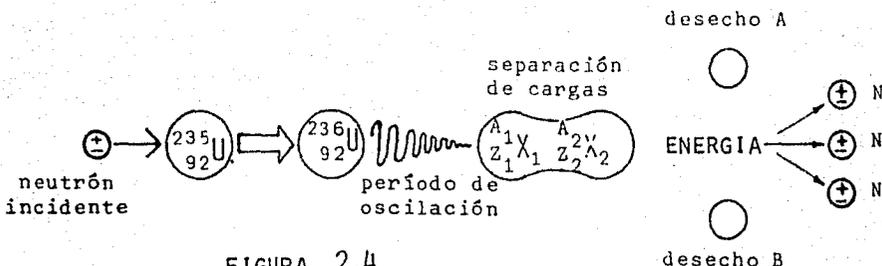


FIGURA 2,4.

Uno de los aspectos más importantes de la reacción de fisión lo constituye el hecho de que al producirse se liberen neutrones que pueden emplearse para producir nuevas fisiones y de esta manera propagar las reacciones.

2.5 NUCLEOS FISIBLES.

A los núcleos que son susceptibles de ser fisionados con neutrones de velocidad relativamente baja (alrededor de 2 km/s) se les llama NUCLEOS FISIBLES y el núcleo principal de éstos es el URANIO-235 perteneciendo a esta clase los núcleos de URANIO-233 y PLUTONIO-239. Estos dos últimos--no se encuentran en la naturaleza pero pueden formarse --artificialmente. El uranio que existe en nuestro planeta--está constituido por los núcleos de URANIO-238 en un 99.3% y de URANIO-235 en un 0.7%.

Existen también núcleos que se fisionan únicamente con neutrones de muy alta velocidad (alrededor de 5,000 Km/s), tales como el URANIO 238; el PLUTONIO-240 y el TORIO-232, --etc., de los cuales únicamente el URANIO-238 se encuentra en el uranio natural.

Los neutrones que se producen en la reacción de fisión poseen velocidades muy altas (alrededor de 19,500 Km/s) y debido a ésto no son particularmente eficaces para fisiónar núcleos de uranio.

2.6 REACTOR NUCLEAR TERMICO.

En un reactor nuclear del tipo TERMICO los neutrones que ocasionan las fisiones tienen energías comparables a la energía de los núcleos que se pretende fisiónar y esta energía está directamente relacionada con la temperatura, por lo que al reactor, en donde se lleva a cabo este tipo de fisiones, se le denomina REACTOR TERMICO. Cuando los neutrones tienen energías "térmicas" son altamente eficaces para producir fisión en los núcleos del URANIO-235.

Los neutrones se han clasificado en varios grupos de acuerdo con su energía, E, en

Térmicos	$E = 0.025 \text{ ev}$
Lentos	$0.03 < E < 100 \text{ ev}$
Intermedios	$100 < E < 10\,000 \text{ ev} (=10 \text{ Kev})$
Rápidos	$E \text{ de } 10 \text{ Kev a } 10 \text{ Mev}$
Muy Rápidos	$E > 10 \text{ Mev.}$

ev = electrón-volt

2.7 MODERADOR.

Dado que los neutrones nacen en la fisión con energías muy altas es necesario contar con medios para reducir dichas energías. Esta reducción se lleva a cabo mediante colisiones del neutrón con otros núcleos en las que una fracción de la energía del neutrón liberado es impartida como energía de movimiento al núcleo con el cual choca.

Cuando la masa del núcleo con el cual se colisiona el neutrón libre es igual a la de éste se obtiene la mayor reducción en la energía del neutrón. Por esta razón los núcleos que se emplean en un reactor nuclear para moderar la velocidad de los neutrones libres son núcleos ligeros tales como el hidrógeno, el deuterio, el carbono-12, etc.; a estos núcleos se les denomina MODERADORES.

Por tanto, la misión del moderador es frenar neutrones sin absorberlos. En la práctica no se emplean los núcleos de hidrógeno como tales sino que se introducen al reactor en forma de compuestos químicos más sencillos como: agua ordinaria (H_2O), agua pesada (D_2O), (Deuterio).

2.8 REACCION EN CADENA AUTOSOSTENIDA.

Un reactor nuclear térmico es un volumen en el cual se disponen núcleos de URANIO-235, núcleos moderadores (H_2O ó -- D_2O) y los materiales necesarios para contenerlos y soportarlos. La forma en que se colocan todos los materiales y la cantidad de núcleos fisibles deben ser tales que se pueda establecer y mantener una cadena de reacciones de fisión. Esto último significa que en el reactor, por cada neutrón térmico que causa una fisión se obtiene, en promedio, un -- neutrón térmico que a su vez ocasiona otra fisión. De esta manera el número de reacciones de fisión que se efectua en un intervalo dado permanece constante, lo cual implica que la potencia que está siendo producida en el reactor es constante.

2.9 CRITICIDAD.

Con todo lo anterior puede afirmarse que la población de -

neutrones que se establece en el reactor determina la potencia del mismo y resulta, entonces, necesario examinar los diferentes factores que pueden afectar a la mencionada población.

Los factores que afectan a una población de neutrones pueden agruparse en dos clases: A) Los que ocasionan la "muerte" de los neutrones, o pérdidas y B) Los que dan lugar a nuevos neutrones, o ganancias.

En el primer caso ocurre una absorción de neutrones o la fuga de los mismos, ésto es, la salida de los neutrones del volumen ocupado por el reactor. En cuanto a la producción de neutrones ésta se lleva a cabo únicamente mediante la fisión.

Cuando las pérdidas (fugas y absorciones) de neutrones son mayores que las ganancias la población de neutrones disminuirá hasta su total extinción. Se dice, entonces, que el reactor nuclear es SUBCRITICO.

Recíprocamente, cuando la producción de neutrones térmicos es mayor que las pérdidas la población de neutrones se incrementará sin límite, lo cual ocasionará la destrucción del reactor si no se proporcionan medios para evitarlo. En estas condiciones el reactor nuclear es SUPERCRITICO.

Cuando las pérdidas son exactamente compensadas por la producción la población de neutrones permanece constante y se dice que el reactor nuclear se encuentra en el estado CRITICO.

En general, el tamaño y la forma del reactor se eligen tomando en cuenta aspectos que no necesariamente son del tipo nuclear. La fuga de los neutrones está determinada, principalmente, por la superficie que limita al reactor, en tanto

que las absorciones dependen de los materiales existentes en el interior del reactor, tanto del tipo como de la cantidad en que ahí se encuentren. Además, la producción de neutrones dependerá de la cantidad de núcleos fisibles que existan en el reactor. Resulta así que, en general, es siempre posible balancear las pérdidas de neutrones introduciendo la cantidad apropiada de núcleos fisibles. Estos núcleos fisibles constituyen el COMBUSTIBLE del reactor.

2.10 NUCLEO DEL REACTOR.

Para poder describir los elementos internos de un reactor, vamos a tomar como ejemplo el arreglo del núcleo de un reactor de agua en ebullición (tipo BWR).

2.10.1 ELEMENTOS COMBUSTIBLES.- Los elementos combustibles están formados por barras de combustible y el canal que las envuelve; las barras de combustible son tubos de zircaloy-2, en los que se han introducido las pastillas de UO_2 sintetizado; después de haber producido el vacío en el interior de la vaina se rellenan con helio y se cierran herméticamente, soldando con tapones de zircaloy en ambos extremos. Las dimensiones de las pastillas de UO_2 y del diámetro interior del tubo que constituye la vaina son tales que a la temperatura de trabajo se encuentran ambos en contacto, favoreciéndose así la transmisión del calor. En la parte superior de la barra de combustible se deja un alojamiento libre para que el almacenamiento de productos de fisión no produzca presiones superiores a las fijadas como tolerables, en este alojamiento se dispone un muelle que impide los movimientos axiales de las pastillas de combustible. El diseño de las barras se realiza considerándolas como vasijas de presión, por tanto, deberán seguirse las disposiciones de la Sección III del Código ASME.*

(*). Ver Capítulo 4 21

Estas barras de combustible se agrupan en un arreglo rectangular, y se utilizan tres enriquecimientos distintos de U-235 en los elementos combustibles. En la siguiente figura se representa una sección de cuatro de ellos en donde se señalan los distintos enriquecimientos, figurando también la barra de control correspondiente y la posición del detector de flujo neutrónico.

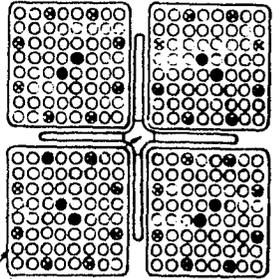
En la primera carga y sucesivas se utiliza gadolinia (óxido de gadolinio), que por ser un absorbente consumible realiza un control temporal de la reactividad. Este absorbente se sitúa en la mitad inferior de las barras de combustible de mayor enriquecimiento con el fin de compensar la existencia de refrigerante en los huecos.

2.10.2 BARRAS DE CONTROL.- Las barras de control, tienen una sección cruciforme, el material absorbente en este caso es el B_4O compactado en el interior de tubos de acero inoxidable, que actúan como vasijas de presión para mantener en su interior el gas helio. Estos tubos se alinean en número de 18- en cada uno de los brazos de la cruz, estando recubiertos por una chapa de acero inoxidable unidos por ambos extremos a piezas fundidas en acero inoxidable, que proporcionan rigidez al conjunto. Como ya hemos dicho, las barras de control se introducen en el núcleo por la parte inferior del reactor, hay que diseñar, por tanto, un sistema que nos asegure la inserción de las barras en el núcleo con una gran fiabilidad cuando ello sea necesario.

Con objeto de poder mantener "crítico" al reactor durante períodos prolongados se provee a éste de una cantidad de combustible mayor a la necesaria para la criticidad, ya que de otra manera el reactor sólo sería crítico durante un pe

SÍMBOLOS

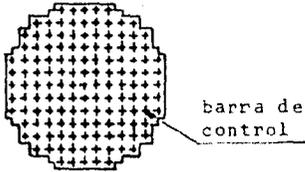
- barra de combustible.
- barras de agua (detector de flujo).
- ⊗ barra de rigidización.



barra de control

ensamble

ARREGLO DEL COMBUSTIBLE EN UNA BARRA DE CONTROL.



barra de control

ARREGLO DE BARRAS DE CONTROL EN EL NUCLEO DEL REACTOR.

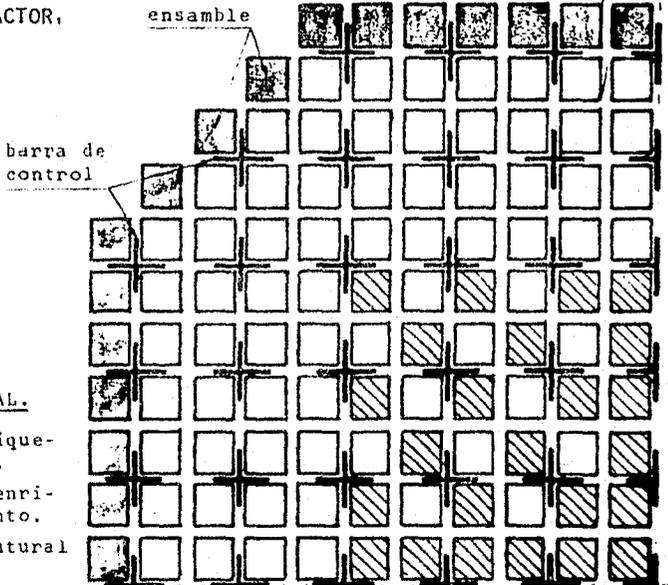


FIGURA 2.5.

CARGA INICIAL.

- alto enriquecimiento.
- ▨ mediano enriquecimiento.
- uranio natural

DIAGRAMA DE UN CUARTO DE NUCLEO

ríodo muy corto puesto que al producirse una fisión se destruye un núcleo fisible y, por tanto, la cantidad de combustible ya no es suficiente para compensar las pérdidas.

Dado que tampoco se desea que el reactor permanezca supercrítico, se compensa el exceso de combustible mediante la adición de núcleos absorbedores de neutrones térmicos y la cantidad de éstos puede controlarse según convenga si los mismos se colocan en el interior del reactor mediante barras que puedan introducirse o extraerse del reactor. A estas barras se les denomina BARRAS DE CONTROL del reactor.

2.11 ENFRIADOR.

La energía que aparece como energía de movimiento de los núcleos fragmentados, al moverse, interaccionan eléctricamente con los átomos que se encuentran en su camino debido a que dichos fragmentos no tienen la cantidad de electrones necesaria para ser eléctricamente neutros. En esta interacción los fragmentos imparten energía a esos átomos lo que se manifiesta como un aumento en la temperatura.

Para recolectar la energía de la fisión se "enfria" al reactor poniendo en contacto la región en donde se llevan a cabo las fisiones con un fluido que se hace circular entre las barras o vainas de combustible impulsado por una bomba.

El fluido enfriador debe reunir una serie de condiciones para que pueda cumplir su misión satisfactoriamente: no ser absorbedor de neutrones, tener un elevado calor específico y no ser corrosivo para las vainas y demás elementos del reactor.

Los fluidos más comúnmente utilizados son: anhídrido carbónico, helio, aire, el agua ligera o pesada y, en los reacto-

res denominados RAPIDOS, se utiliza sodio.

El fluido enfriador, tras circular bañando las barras de combustible, es calentado y conducido a un intercambiador en el que cede el calor extraído del reactor al agua que circula por el intercambiador convirtiéndola en vapor. No obstante, siempre habrá un calor residual en los componentes del reactor que no será posible remover para ser aprovechado en la forma descrita.

2.12 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO EN UNA CENTRAL NUCLEOELECTRICA.

Una central nucleoelectrónica requiere de dos sistemas para rechazo de calor residual:

01).- El sistema de enfriamiento del núcleo del reactor.

02).- El sistema de enfriamiento del condensador.

01).- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL NUCLEO DEL REACTOR.

Los distintos sistemas y componentes del reactor, para su protección adecuada requieren de enfriamiento, ya sea durante la operación normal, durante el paro normal que se hace eventualmente para recarga de combustible o durante un paro de emergencia debido a una condición anormal.

En el caso de paro del reactor, ya sea por recarga de combustible o debido a alguna condición anormal, el enfriamiento que se requiere efectuar se denomina "Remoción de calor residual del sistema de suministro de vapor"; el agua de enfriamiento utilizada, que proviene de un río, un lago o del mar, se abastece mediante el sistema de agua de enfriamiento para servicio nuclear que, en condición de paro del reactor, tiene la capacidad de reducir la temperatura de la

vasija a unos 50°C., en un plazo de 20 hrs., después de - que las barras de control hayan sido insertadas para el - cierre; posteriormente es capaz de continuar reduciendo - la temperatura generada por la radiación en un plazo de, - aproximadamente, 30 días.

En el caso de enfriamiento durante la operación normal del reactor, el agua de enfriamiento para servicio nuclear sirve de respaldo a los intercambiadores de calor regenerativos y no regenerativos, que funcionan mediante la recirculación de agua filtrada y demineralizada, que es la que -- directamente sirve de refrigerante al núcleo del reactor -- y sus componentes esenciales. En un sistema BWR se denomina "Sistema confinado de enfriamiento" .

El agua de enfriamiento que se encuentra en el sistema confinado jamás entra en contacto directo con el agua de enfriamiento que se encuentra en el sistema de agua de servicio nuclear; la primera proviene de fuentes de suministro - similares o diversas de las que proporcionan el agua para - servicio nuclear. El agua del sistema confinado es previamente tratada para su uso. Con el sistema confinado se logra reducir al máximo la posible descarga de efluentes radiactivos de la planta causados por fugas eventuales en los intercambiadores de calor.

La obra de toma de la central que abastece el agua de servicios esenciales del núcleo debe tener una capacidad de bombeo, para una central nucleoelectrica de 1000 MWe., de 1.5 metros cúbicos cada segundo, garantizados, aproximadamente, debiendo repartir el suministro en dos bombas, como mínimo, por razones de seguridad en el suministro.

(En el caso de la planta nucleoelectrica de Laguna Verde, - Ver., al sistema de agua de servicio nuclear se le asignó:

CLASE DE SEGURIDAD 3 y CATEGORIA DE GARANTIA DE CALIDAD 3, (VER APENDICE II-1), el cual quedó integrado por los siguientes componentes: TUBERIA, BOMBAS, MOTORES DE LAS BOMBAS, VALVULAS, MODULOS MECANICOS CON FUNCION DE SEGURIDAD, MALLAS VIAJERAS Y FILTROS, habiendo quedado conectado el sistema de descarga del agua de servicio nuclear al sistema de descarga del agua de circulación de la central.) --- (Figura 2.6).

02).- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL CONDENSADOR.

El sistema de enfriamiento del condensador está servido -- por el sistema de agua de circulación. Su función es ex-- traer el calor residual del vapor que proviene de la des-- carga del turbogenerador, cuya energía no es utilizada por éste.

La forma de operar del sistema de agua de circulación es - enfriando los tubos del condensador que contienen el vapor residual, con lo cual se logra el condensado de dicho vapor; el agua que resulta de esta condensación es bombeada nuevamente al núcleo del reactor para ser convertida en vapor y reiniciar el ciclo de suministro de vapor en la turbina.

El agua de circulación no entra en contacto con el vapor - residual ni con el agua que se condensa, pues ambos se encuentran en un sistema confinado. El sistema de enfriamiento no confinado del condensador requiere de una cantidad - considerable de agua de circulación. La obra de toma que -- abastece el agua de circulación para una central nucleoelectrica de 1000 MWe. debe tener una capacidad de bombeo de - unos 50.00 m³/seg. aproximadamente, repartido el suministro en más de dos bombas.

(En el caso de Laguna Verde, Ver., el sistema de agua de circulación está compuesto con cuatro bombas de casi 8.00 m³/seg. de capacidad cada una, para proporcionar, aproximadamente, 32.00 m³/seg. de agua al sistema de enfriamiento del condensador de cada unidad. Al sistema se le asignó CATEGORIA NO NUCLEAR. Este sistema se conecta al sistema de descarga del agua de enfriamiento mediante un túnel que desemboca en la Laguna Salada y posteriormente al mar.) (Figura 2.6).

2.13 RADIATIVIDAD.

Algunos de los núcleos atómicos se encuentran inestables por exceso de masa o de energía en su configuración; esta situación hace que el núcleo se transforme emitiendo masa o energía.

La emisión de esta masa o energía se conoce con el nombre de RADIATIVIDAD.

Cuando se desintegra el núcleo atómico puede dar origen a los siguientes tipos de emisiones:

- 01).- PARTICULAS ALFA. Formadas por 2 protones y 2 neutrones emitidos a grandes velocidades. Por el hecho de tener masa a esta partícula se le conoce como emisión de tipo CORPUSCULAR.
- 02).- PARTICULAS BETA. Formadas exclusivamente por electrones emitidos a grandes velocidades. También es una emisión de tipo CORPUSCULAR.
- 03).- RADIACION GAMMA. Es la emisión de energía en forma de onda electromagnética y que carece de masa.

Aunque las emisiones son de diferentes características: --

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA
PLANTA NUCLEOELECTRICA "LAGUNA-
VERDE, VER.

S I M B O L O G I A :

- 1) Escollera Norte
- 2) Escollera Sur
- 3) Recinto protegido
- 4) Obra de Toma para agua de Servicio Nuclear
- 5) Obra de Toma para agua de Circulación
- 6) Conducción del agua de circulación a las unidades 1- y 2
- 7) Túneles de descarga del agua de enfriamiento
- 8) Pozos de sello.
- 9) Canal de descarga al mar.
- 10) Espigones
- 11) Bordo de contención
- 12) Unidad 1
- 13) Unidad 2
- 14) Subestacion eléctrica

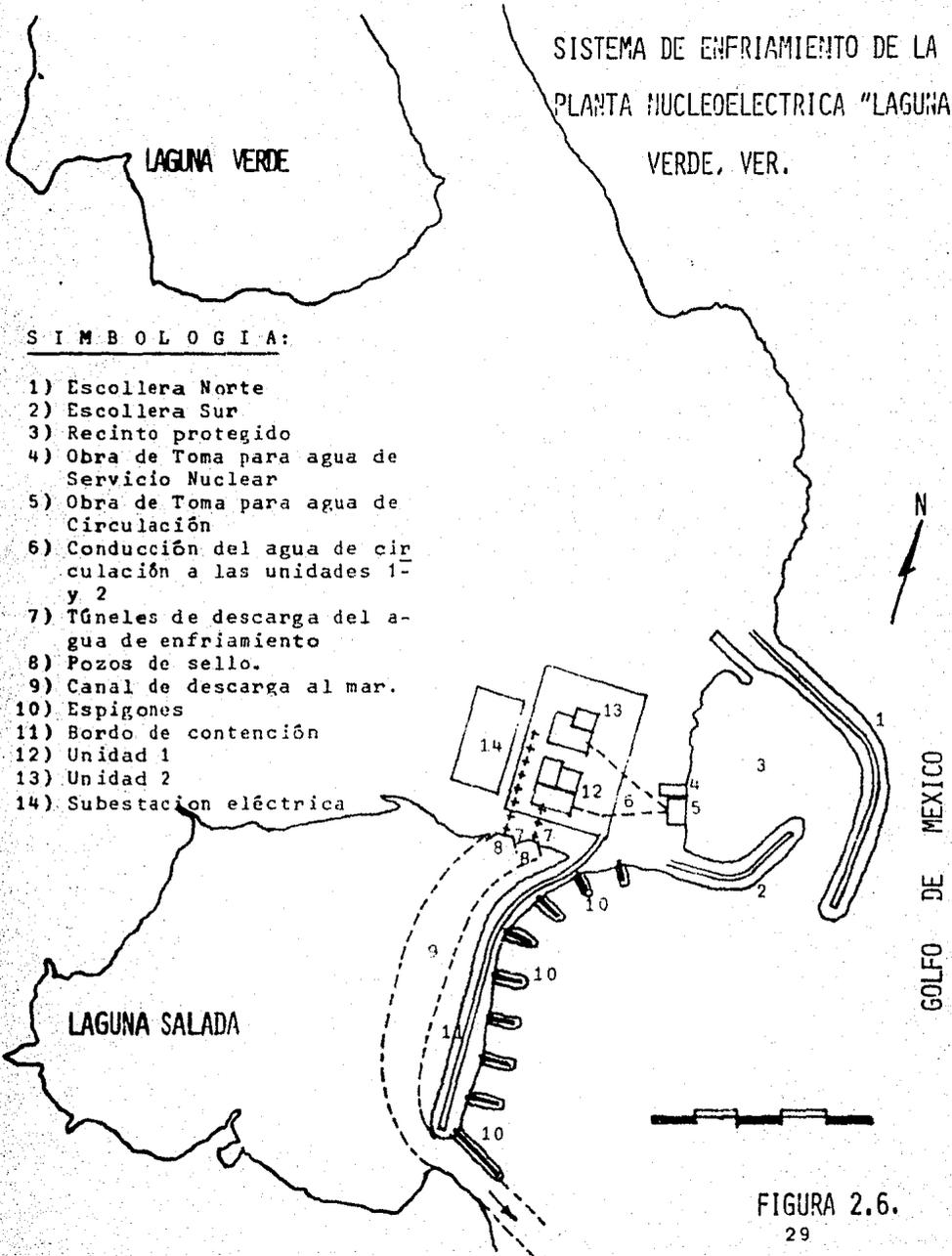


FIGURA 2.6.

corpúscular y electromagnética, se les puede englobar en el término de radiación, en general.

La radiación interacciona con la materia transfiriendo la energía a los átomos que constituyen dicho material. Los dos mecanismos principales de interacción de la radiación con la materia son la ABSORCIÓN DE ENERGÍA y la DISPERSIÓN DE ENERGÍA O PARTICULAS.

2.14 IONIZACIÓN

En alguna de las situaciones anteriores la radiación puede llegar a producir la expulsión de electrones de los átomos del material absorbedor dando origen al fenómeno conocido como IONIZACIÓN.

Se entiende por IONIZACIÓN a la pérdida o ganancia de electrones en los átomos por lo cual pierden su neutralidad eléctrica quedando cargados positivamente, CATIONES, o negativamente, ANIONES.

2.15 ACTIVIDAD.

A la cantidad de desintegraciones por unidad de tiempo de los núcleos atómicos se conoce con el nombre de ACTIVIDAD.

La unidad de la actividad es el BECQUEREL (Bq), aunque actualmente se está utilizando la unidad denominada CURIE (Ci), que equivale a 3.7×10^{-10} Bq.

Un Bq es equivalente a una desintegración en cada segundo, de la muestra radiactiva.

La actividad de cualquier muestra de material radiactivo decae con una rapidez fija que es característica del radio

isótopo de que se trate y no está influenciada por agentes físicos y químicos como temperatura, presión, disolución, combinación, etc.

Se conoce como vida media ($T_{1/2}$) al tiempo que tarda una muestra radiactiva en decaer el 50% de su actividad.

La vida media es característica de cada radioisótopo, existiendo vidas medias del orden de milésimas de segundo a miles de años.

2.16 EXPOSICION A LA RADIACION.

La exposición a la radiación es la medida de la radiación en un punto determinado a partir de las propiedades ionizantes de éstas. La unidad básica de EXPOSICION A LA RADIACION es el ROENTGEN (R). Esta unidad indica solamente la exposición a la radiación X o GAMMA y no indica la cantidad de energía absorbida por el material que recibe la radiación, teniendo el inconveniente que esta unidad está referida exclusivamente para el aire.

Un ROENTGEN (R) es la exposición a la radiación X o GAMMA que en un cm^3 de aire, a 0°C y a una presión atmosférica de 760 mm de mercurio produce 2×10^9 electrones.

En el sistema internacional de unidades la unidad de exposición a la radiación es el COULOMB/KILOGRAMO de aire sin importar la presión o la temperatura a la cual se encuentre.

La equivalencia entre las unidades anteriores es la siguiente:

$$3.876 \text{ R} = 1 \text{ coulomb/Kg.}$$

Cabe hacer notar que en la definición del Roentgen no ---

interviene el tiempo requerido para producir los 2×10^9 - electrones. No obstante, la exposición medida en cámaras - de ionización portátiles o en contadores Geiger se utiliza, igualmente, Roentgen por minuto o Roentgen por hora, teniendo así lo que se denomina RAPIDEZ DE EXPOSICION.

2.17 DOSIS.

Cuando algún material está expuesto a la radiación ionizante parte de la energía que acompaña a la radiación va a -- ser absorbida por los átomos del material expuesto.

La unidad de dosis de energía absorbida es el RAD (rd).

Se define como tal a la absorción de 100 erg de energía -- por cada gramo de material.

Esta unidad se aplica a radiación Alfa, Beta o Gamma que - incida sobre cualquier material, no exclusivamente aire, - como en el caso del Roentgen.

En el sistema internacional de unidades se utiliza como -- unidad de energía al JOULE (J) y como unidad de masa al -- Kilogramo (Kg).

Se conoce como GRAY (gy) a la absorción de un joule (J) de energía en cada kilogramo (Kg) de materia.

El equivalente entre las unidades anteriores es:

$$100 \text{ rad} = 1 \text{ gray}$$

Esta unidad se puede aplicar a la absorción de energía en los distintos tejidos del ser humano.

2.18 EQUIVALENTE DE DOSIS.

Ahora se tiene que definir una unidad que tome en conside

ración los daños biológicos producidos por la radiación - Alfa, Beta o Gamma, en los tejidos del ser humano.

Por ejemplo: un rad de partículas Alfa produce mayor daño biológico que un rad de partículas Beta.

La unidad que toma en consideración el efecto biológico - de la radiación en el ser humano es el REM (rem). Esta -- unidad indica un equivalente de dosis entre los diferen-- tes tipos de radiación y éste, a su vez, es equivalente - al daño biológico producido.

Por ejemplo: un rem de partículas Alfa produce, exactamente, el mismo daño biológico que un rem de partículas Beta.

Las unidades del equivalente de dosis (rem) se obtiene de multiplicar las unidades de dosis absorbida (rad) por un - FACTOR DE CALIDAD (FC) que es característico de cada tipo- de radiación.

Por ejemplo: El factor de calidad (FC) para las partículas Alfa puede llegar hasta 10 dependiendo de la energía de - estas partículas.

El Factor de Calidad (FC) para radiación Beta y Gamma es - de 1.

El Factor de Calidad no tiene unidades, sin embargo conviene asociarlas al cociente rem/rad.

Por ejemplo: Una persona se expone a 0.1 rad de partículas Alfa.

El equivalente de dosis para esta persona, considerando -- que el FC = 10 será:

$$0.1 \text{ rad} \times 10 \text{ rem/rad} = 1 \text{ rem.}$$

En el sistema internacional de unidades se utiliza como --

unidad de equivalente de dosis al SIEVERT (Sv), el cual -
corresponde a 100 rem.

2.19 APLICACIONES PRACTICAS.

La razón de incluir en este trabajo las definiciones ante
riores de las unidades utilizadas para medir la radiación
es por que son conceptos muy usados en la PROTECCION RADIO
LOGICA aplicada a miembros del público y del personal ocu-
pacionalmente expuesto en sitios relacionados con materia-
les radiactivos.

Después de señalarse varios límites de exposición a la ra-
diación, interna y externa, en el año de 1957 se estable--
ció , por la Comisión Internacional de Protección Radioló-
gica, un límite para trabajadores ocupacionalmente expues-
to de 5 rem/año. Este límite tiene la intención de reducir
los riesgos a que pueda exponerse alguna persona; el hecho
de que no haya cambiado desde esa fecha muestra que los --
resultados obtenidos con la aplicación de ese valor conti-
núan considerándose satisfactorios.

Los miembros del público, debido a todas las actividades -
que el ser humano efectúe con materiales radiactivos o fuen-
tes de radiación sóloamente podrán recibir un máximo de 0.5-
rem en el período de 1 año.

2.20 APLICACIONES EN INSTALACIONES NUCLEARES.

En todas las instalaciones nucleares es indispensable apli-
car un control muy estricto de los materiales radiactivos-
que se produzcan o se manejen, para evitar que lleguen a -
afectar al medio ambiente. Si bien está permitida la libe-

ración de cantidades muy pequeñas de esos materiales, el riguroso control de esas liberaciones es la única garantía de no sobrepasar los límites establecidos por las autoridades. Las instalaciones nucleares, y en particular las plantas nucleares de potencia, disponen de sistemas de detección para mantener una vigilancia continua de la actividad en los distintos fluidos que se manejan y que, potencialmente, podrían producir una emisión al exterior de sustancias contaminadas.

Así, por ejemplo, una planta nuclear de potencia, como la de Laguna Verde, Ver., cuenta con varios sistemas de instrumentación para ese fin. Además del sistema para monitoreo de neutrones, que está directamente asociado a la operación del reactor y tiene como finalidad medir el flujo de neutrones en el núcleo desde la condición de apagado hasta su máxima potencia, así como para proporcionar las señales para los sistemas automáticos de seguridad, cuenta con un sistema para monitoreo de radiación, dividiendo en tres grandes sistemas que realizan las siguientes funciones básicas:

1. Sistema de monitoreo de radiación para procesos. Mide el nivel de radiación Gamma en los líquidos y gases que participan en el proceso y que pudieran ser rutas de materiales radiactivos.
2. Sistemas de monitoreo de radiación en áreas de trabajo y de almacenamiento dentro de los edificios de la planta.
3. Sistema de monitoreo de radiación en el ambiente. Mide el nivel de radiación Gamma en el ambiente atmosférico que rodea a la instalación.

2.21 PARTES CONSTITUTIVAS DE LAS CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

Una planta nuclear se puede dividir en tres partes principales, que son:

- .1. LA ISLA NUCLEAR
- .2. EL TURBOGENERADOR Y SUS AUXILIARES
- .3. EL RESTO DE LA PLANTA

2.21.1 LA ISLA NUCLEAR consiste, básicamente, del sistema nuclear de suministro de vapor (SNSV), el sistema de remoción de calor, los sistemas de emergencia, los sistemas auxiliares que permiten mantener la operación del SNSV, el edificio que contiene el reactor y los sistemas de control:

2.21.2 EL TURBOGENERADOR Y SUS AUXILIARES lo componen: el grupo - turbina-generador, el condensador, los sistemas de separación de humedad y recalentamiento de vapor entre las etapas de la turbina, los sistemas de control de la turbina y del generador y los edificios que alojan al turbogenerador y -- sus sistemas auxiliares.

2.21.3 EL RESTO DE LA PLANTA lo constituyen los sistemas necesarios para lograr el acoplamiento de los dos grupos de sistemas anteriores, entre los que se pueden mencionar: el tratamiento de agua, agua de alimentación, calentamiento de -- agua de alimentación, circulación de agua de enfriamiento -- nuclear y no nuclear, purificación de condensador, trata-- miento de desechos, tratamiento de gases de salida, siste-- mas eléctricos, sistemas de ventilación y aire acondiona-- do, sistemas contra incendio, los edificios que alojan es-- tos sistemas y los subsistemas correspondientes, edificios-- administrativos y de servicios de apoyo, etc.

Considerando, para efectos de esta descripción, que los -- sistemas del turbogenerador y sus auxiliares y del resto - de la planta son muy similares para cada uno de los tres - diferentes sistemas de suministro de vapor que aquí se men- cionan, se describirán, brevemente, los SNSV existentes, - debiendo entenderse que éstos se acoplan a un grupo "turbo generador" y al "resto de la planta" que sea consistente- con las condiciones de operación de dicho SNSV.

2.22 REACTOR DE AGUA DE EBULLICION.

El tipo de reactor nuclear más sencillo en diseño y fabri- cación, de concepción y de realización, es el reactor de -- agua de ebullición. El agua natural, debidamente tratada, - se utiliza como moderador y como refrigerante, el combusti- ble ha de ser Uranio 238 enriquecido con Uranio 235, pues- con el uranio natural no puede producirse la reacción en - cadena.

El agua es calentada y transformada en vapor en el mismo - reactor, y el vapor producido se introduce directamente a- una turbina, que acciona un generador eléctrico. El vapor- de salida de la turbina, pasa por un condensador, donde se transforma nuevamente en agua líquida y se reinyecta des- pués en el reactor por medio de una bomba.

El vapor producido directamente en el reactor es radiac- tivo, por lo que debe tener una protección radiológica a- base de concretos u hormigones especiales y plomo. Esta - radiación se extiende a través del circuito de agua, que- comprende la turbina de vapor, el condensador, la bomba - de alimentación y las tuberías correspondientes y consti- tuye el mayor inconveniente de este reactor, pues se hace

difícil la revisión y reparación del circuito de agua, por la misma radiación.

El reactor de agua hirviente es, hasta cierto límite, autorregulador: cualquier aumento accidental de temperatura provoca una disminución de la energía producida, entre otras razones, por la formación de burbujas de vapor, que es una ventaja en este tipo de reactores, y que hay que tener en cuenta en el diseño.

El reactor es un recipiente a presión, fabricado con acero al carbón y recubierto de acero inoxidable, que sirve para alojar el combustible nuclear, teniendo, además, el equipo de separación y secado del vapor que se produce cuando el agua pasa a través del núcleo.

El reactor tiene un sistema de recirculación de agua que permite variar el gasto a través del núcleo y variar, en esa forma, la potencia del sistema. Existe además las barras de control dispuestas en cruz que sirven para variar la potencia en rangos amplios y para apagar el reactor mediante su inserción súbita, que, en casos de emergencia, cuando falle la inserción de las barras de control, se tiene un sistema secundario de apagado a base de ácido bórico que se inyecta directamente al recipiente a presión.

El recipiente a presión se encuentra alojado en un edificio hermético que se denomina CONTENEDOR PRIMARIO. Este edificio se encuentra dividido en dos partes: la parte superior donde se aloja al recipiente metálico y la parte inferior que es una alberca cuya función es producir la condensación del vapor generado en el caso de que una de las tuberías de recirculación o de vapor se rompa dentro del edificio de contención primaria. Ambas partes están separadas por medio de una losa de concreto reforzada la cual es

atravesada por un conjunto de tubos que se sumergen en la alberca.

El edificio de contención está dotado, en su parte superior, de unas boquillas rociadoras que funcionan en caso de accidente y que ayudan a reducir la presión mediante la condensación del vapor presente en el edificio.

Entre los sistemas auxiliares con que cuenta este sistema nuclear de suministro de vapor, encontramos los siguientes:

- * Purificación del agua del reactor
- * Enfriamiento de componentes
- * Remoción del calor residual
- * Manejo y almacenamiento de combustible
- * Muestreo del agua de los diferentes sistemas
- * Enfriamiento de emergencia, (alta y baja presión)
- * Rociado del edificio de contención
- * Procesamiento de desechos
- * Remoción de hidrógeno, después de la pérdida de refrigerante.

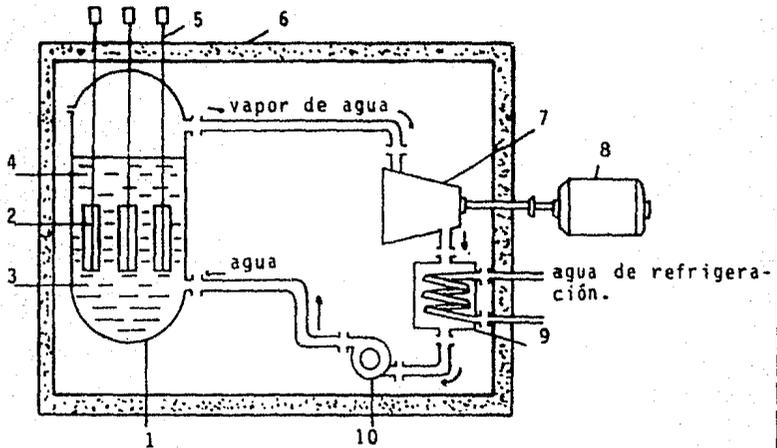
La figura 2.7 describe, fehacientemente, este sistema nuclear de suministro de vapor.

Nota: Las siglas utilizadas en inglés son, para este sistema nuclear de suministro de vapor: BWR, que se obtienen de la denominación dada en el mismo idioma: BOILING WATER REACTOR; en español: REACTOR DE AGUA EN EBULLICION (RAE).

2.23. REACTOR DE AGUA PRESURIZADA.

En el reactor de agua a presión, el refrigerante es agua a gran presión (40 atmósferas o más) y el moderador puede ser la misma agua o grafito, el combustible es uranio ---

DIAGRAMA GENERAL DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR
CON UN REACTOR DE AGUA EN EBULLICION.



PARTES CONSTITUTIVAS

- 1 VASIJA DEL REACTOR
- 2 COMBUSTIBLE (uranio enriquecido)
- 3 MODERADOR (agua natural)
- 4 REFRIGERANTE (agua natural)
- 5 BARRAS DE CONTROL
- 6 PROTECCION BIOLÓGICA
- 7 TURBINA DE VAPOR
- 8 GENERADOR ELECTRICO
- 9 CONDENSADOR
- 10 BOMBA CENTRIFUGA DE RECIRCULACION-
DEL AGUA DE LA TURBINA.

FIGURA 2.7

238, enriquecido con uranio 235.

El reactor es un recipiente a presión, fabricado con acero al carbón y recubierto de acero inoxidable, que sirve para alojar el combustible nuclear y que junto con los intercambiadores de calor, (generadores de vapor), las bombas de recirculación, el barostato y la tubería que los une, forman el sistema primario.

El sistema secundario formado por la turbina, el condensador, el sistema de calentamiento de agua y el de alimentación, así como el lado de la carcasa de los generadores de vapor. En este reactor, el vapor producido, a unos 600°F - pasa por un intercambiador de calor para volver, después - de enfriado y condensado, al reactor. En el circuito secundario del cambiador de calor, se produce vapor de agua, el cual se expande en una turbina que, a su vez accionan un - generador eléctrico.

Como los dos circuitos de agua son independientes, solamente el intercambiador de calor ha de protegerse; la turbina de vapor queda libre de radiactividad y, por lo tanto, no es necesario la protección biológica, más que en el circuito del reactor.

El reactor y sus auxiliares se encuentran alojados en un edificio hermético denominado CONTENEDOR PRIMARIO; está -- diseñado para soportar la liberación de la energía almacenada en el fluido de trabajo del circuito primario en el - caso de una ruptura de la tubería. Este edificio cuenta - con un sistema de rociado que ayuda a reducir la presión - en caso de accidente y con los sistemas de ventilación y - enfriamiento adecuados.

Entre los sistemas auxiliares que tiene este sistema nu---

clear de suministro de vapor, sobresalen los siguientes:

- * Control químico y de volumen.
- * Agua de repuesto al ciclo.
- * Enfriamiento de componentes.
- * Remoción de calor residual.
- * Manejo y almacenamiento de combustible.
- * Enfriamiento de emergencia (alta y baja presión).
- * Muestreo del agua de los diferentes sistemas.
- * Rociado del contenedor.
- * Ventilación y enfriamiento del edificio del reactor.
- * Manejo de desechos.

Las siglas utilizadas en inglés son, para este sistema de suministro de vapor: PWR, que se obtienen de la denominación dada en el mismo idioma: PRESSURE WATER REACTOR; en español se denomina REACTOR DE AGUA A PRESION y sus siglas son: RAP.

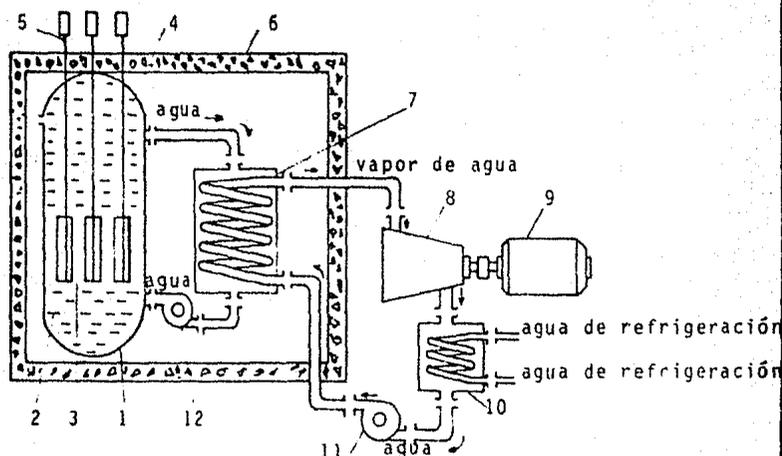
La figura 2.8. describe este sistema nuclear de suministro de vapor.

2.24. REACTOR REFRIGERADO POR GAS.

Los reactores de agua hirviente y de agua a presión tienen limitada su temperatura de funcionamiento, y por lo tanto, su rendimiento. Se pueden conseguir temperaturas más elevadas y, por consiguiente, mejor rendimiento, con el reactor refrigerado por gas.

Como moderador se utiliza, generalmente, el grafito puro y como refrigerante el anhídrido carbónico o el helio, aunque casi todas las centrales nucleoelectricas emplean el primero de éstos. Como combustible pueden emplearse el uranio natural o el uranio enriquecido.

DIAGRAMA GENERAL DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR
CON UN REACTOR DE AGUA A PRESION.



PARTES CONSTITUTIVAS

- 1 VASIJA DEL REACTOR
- 2 COMBUSTIBLE (uranio enriquecido)
- 3 MODERADOR (grafito)
- 4 REFRIGERANTE (agua a 42 atmósferas)
- 5 BARRAS DE CONTROL
- 6 PROTECCION BIOLÓGICA
- 7 CAMBIADOR DE CALOR
- 8 TURBINA DE VAPOR
- 9 GENERADOR
- 10 CONDENSADOR
- 11 BOMBA CENTRIFUGA DE RECIRCULACION-
DEL AGUA DE LA TURBINA
- 12 BOMBA CENTRIFUGA DE RECIRCULACION-
DEL REFRIGERANTE.

FIGURA 2.8.

El gas contenido en el interior del reactor, a la presión de unas 7 atmósferas, se calienta hasta 400°C aproximadamente y se hace pasar por el circuito primario de un intercambiador de calor, para reinyectarse después en el reactor. Por el circuito secundario del intercambiador de calor circula agua, que ha de accionar, al expandirse, la turbina correspondiente. Debido a la poca radiactividad del anhídrido carbónico o del helio en su caso, el intercambiador de calor puede instalarse sin protección radiológica.

2.25. REACTOR REFRIGERADO POR AIRE.

Este tipo de reactores no es muy utilizado, ya que estas unidades se enfrían por aire en circuito abierto, o sea, sin recirculación.

El aire previamente filtrado se introduce en el reactor, y tras de pasar por el intercambiador de calor, se escapa a la atmósfera, después de atravesar varios filtros donde supestamente quedan atrapados los materiales radiactivos. El inconveniente de este reactor es el de tener que vigilar los índices de radiactividad de la atmósfera en los alrededores de la planta.

2.26. REACTOR DE AGUA PESADA A PRESION (TIPO CANDU).

Así como el programa nuclear en Europa está basado en el reactor refrigerado por gas y moderado con grafito, el programa de construcción de centrales nucleares en Canadá se basa, esencialmente en el reactor de agua pesada el cual se describe a continuación.

Este reactor utiliza como moderador agua pesada, como refrigerante puede utilizar también agua pesada o gas. Como combustible se emplea siempre uranio natural. Lo más común es utilizar agua pesada como refrigerante y agua pesada en atmósfera de helio como moderador de neutrones; tanto el helio como el moderador se hacen recircular, refrigerándolos convenientemente. El agua pesada que actúa como refrigerante, se hace pasar por un intercambiador de calor cuyo circuito secundario es atravesado por el agua, que se inyectará en la turbina en forma de vapor.

El reactor está formado por un arreglo de tubos a presión contenidos en los tubos de un recipiente denominado "CALANDRIA" , que contiene el combustible y por donde circula el enfriador que es agua pesada. Entre la carcasa de la "calandria" y los tubos de presión se encuentra el moderador, también agua pesada, prácticamente a la presión atmosférica.

Cada uno de los tubos que contiene combustible se encuentra conectado a un cabezal de distribución desde donde se envía el agua pesada a los generadores de vapor; a la salida de cada generador de vapor se tiene una bomba que envía el agua hacia los tubos de presión a través de otro cabezal de distribución.

Este sistema también tiene dos circuitos: uno de alta presión y otro de baja presión. El circuito primario de alta presión es agua pesada y el circuito secundario de baja presión es de agua ordinaria.

El sistema primario se encuentra alojado en un edificio hermético y dentro de éste existe el alojamiento para la "calandria" , hecho de concreto y lleno de agua ordinaria de manera que la "calandria" se encuentra sumergida en agua, la -

que sirve de blindaje.

Cabe mencionar que el sistema de manejo de combustible es muy distinto de los que emplean los SNSV de agua ordinaria, ya que en este caso el cambio de combustible se ejecuta durante la operación normal de la central y las máquinas de combustible operan a la presión del sistema primario, que es del orden de 1,600 lb/in².

De los sistemas auxiliares con que cuenta este SNSV, se mencionan los siguientes:

- * Cambio de combustible
- * Manejo del moderador (enfriamiento y purificación)
- * Purificación del enfriador
- * Enfriamiento del blindaje
- * Recuperación de agua pesada
- * Almacenamiento y manejo de combustible usado
- * Manejo de resinas
- * Enfriamiento de líquido para el apagado del reactor

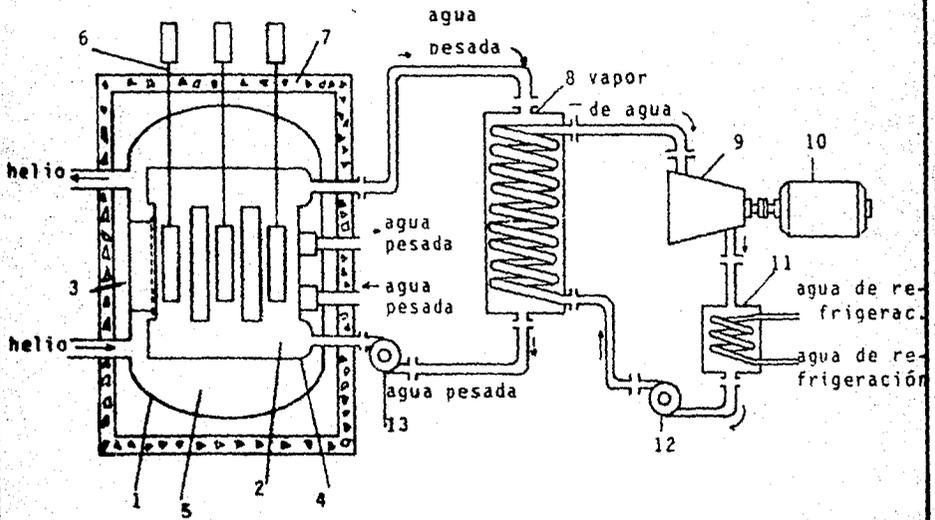
La figura 2.9 describe este sistema nuclear de suministro de vapor. La denominación utilizada para este SNSV proviene de la denominación dada en inglés, que es: CANADIAN -- NUCLEAR DEUTERIUM (CANDU).

2.27. REACTOR DE SODIO-GRAFITO.

El reactor de sodio grafito, utiliza este metal líquido como moderador. Como combustible, se ha de emplear el uranio-enriquecido.

El sodio a la salida del reactor es muy radiactivo y debe evitarse el contacto con el agua de la turbina de vapor, -- para ello el sodio se hace pasar por un intercambiador de -

DIAGRAMA GENERAL DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR
 CON UN REACTOR DE AGUA PESADA A PRESION (TIPO CANDU).



PARTES CONSTITUTIVAS

- | | | | |
|----|----------------------------------|----|---|
| 1 | VASIJA DEL REACTOR ("Calandria") | 12 | BOMBA CENTRIFUGA DE RECIRCULACION DE AGUA DE LA TURBINA |
| 2 | COMBUSTIBLE (uranio natural) | 13 | BOMBA CENTRIFUGA DE RECIRCULACION DEL REFRIGERANTE. |
| 3 | MODERADOR (agua pesada) | | |
| 4 | REFRIGERANTE (agua pesada) | | |
| 5 | ATMOSFERA DE HELIO | | |
| 6 | BARRAS DE CONTROL | | |
| 7 | PROTECCION BIOLOGICA | | |
| 8 | CAMBIADOR DE CALOR | | |
| 9 | TURBINA DE VAPOR | | |
| 10 | GENERADOR ELECTRICO | | |
| 11 | CONDENSADOR | | |

FIGURA 2.9.

calor intermedio, por cuyo circuito secundario pasa una mezcla líquida de sodio y potasio, que actúa como agente-transmisor de calor en el intercambiador final de calor, cuyo circuito secundario es atravesado por el agua de la turbina. El sodio y la aleación sodio-potasio no son líquidos fáciles de manejar. Para conseguir una circulación continua de los mismos, se emplean bombas electromagnéticas, cuyo fundamento es parecido al de los motores de inducción solamente que aquí se consigue un movimiento longitudinal del sodio líquido (o de la aleación sodio-potasio), mediante la acción combinada de campos magnéticos intensos y corrientes inducidas.

Los reactores de sodio-grafito están en un período avanzado de estudio, aunque ya se han construido varios reactores de experimentación, hasta la fecha, solamente existen 2 reactores industriales en todo el mundo; uno, de 75 MWe en Hallam (Nebraska EE. UU.) y otro, de 50 MWe en Oulianovsk (URSS).

2.28. REACTOR RAPIDO DE CRIA.

El reactor reproductor está destinado principalmente a transformar el material fértil en material combustible, considerándose secundaria la producción de calor para su posterior transformación de energía eléctrica. Estos producen mayor cantidad de combustible de la que consumen.

Constan de un núcleo combustible de uranio 235, rodeado de varias capas de material fértil, constituido por uranio 238. En el material fértil se va produciendo plutonio 239 que, posteriormente se empleará en el núcleo para producir aún más plutonio. Otras veces el material fértil es torio-

232 y entonces se produce como material combustible, el -- uranio 233, que posteriormente substituirá en el núcleo al uranio 235. En ambos casos, el exceso de materiales combustibles producidos (plutonio 239 y uranio 233) se emplearán después en centrales nucleares para la producción de energía eléctrica.

Los reactores reproductores son "rápidos" es decir, que carecen de moderador. Por esta razón se necesita que algunos de los elementos, combustibles nucleares, sean ricos en material fisionable (uranio 235 ó plutano 239) ya que, a causa de la elevada velocidad de los neutrones, las probabilidades de nuevas fisiones al chocar con otros núcleos son - escasas y deben compensarse con una gran masa de material-fisionable.

Como material refrigerante se utiliza, generalmente, el sodio líquido, de la misma manera que en los reactores de sodio grafito.

2.29 . REACTOR HOMOGENEO.

Los reactores mencionados hasta ahora son heterogéneos por que son distintos el combustible, moderador y refrigerante, en cambio el homogéneo utiliza una pasta fluida de sulfato de uranio o de solución de uranio al 1% en bismuto líquido. Esta pasta es a la vez, combustible, moderador y refrigerante. Solamente puede utilizarse combustible enriquecido.

Los reactores homogéneos están actualmente en período de -- estudio; en el futuro, parece que substituirán, a lo menos - en parte, a los reactores actuales, aunque todavía pasarán- algunos años antes de que puedan construirse reactores homogéneos de gran potencia.

A P E N D I C E II-1

CLASIFICACION DE GARANTIA DE CALIDAD DE ESTRUCTURAS, COMPONENTES, EQUIPOS Y SISTEMAS RELACIONADOS CON SEGURIDAD NUCLEAR.

CLASE DE SEGURIDAD	CATEGORIA SISMICA	CATEGORIAS DE G.C.
1	1	1
2	1	2
3	1	3

EXPLICACION.

1.- PROPOSITO.

IDENTIFICAR LAS CATEGORÍAS DE GARANTÍA DE CALIDAD (G.C) Y CLASE DE SEGURIDAD QUE DEBEN CUMPLIR LOS FABRICANTES Y/O CONSTRUCTORES QUE SUMINISTRAN CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD NUCLEAR PARA EL PROYECTO NUCLEOELÉCTRICO "N" , ASÍ COMO LOS CÓDIGOS PRINCIPALES Y LOS REQUISITOS SÍSMICOS CORRESPONDIENTES.

2.- ALCANCE.

LOS REQUISITOS AQUI IDENTIFICADOS SE APLICAN A TODOS LOS MATERIALES, COMPONENTES, ESTRUCTURAS, EQUIPOS Y SISTEMAS RELACIONADOS CON SEGURIDAD NUCLEAR Y SE ESTABLECEN PARA SER UTILIZADOS Y CUMPLIDOS POR TODOS AQUELLOS QUE INTERVIENEN EN EL DISE-

ÑO, ABASTECIMIENTO, FABRICACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y OPERACION DE -
LA CENTRAL NUCLEOELECTRICA.

3.- REFERENCIA.

LA BASE DE LOS REQUISITOS MOSTRADOS EN ESTE DOCUMENTO ES EL IN
FORME PRELIMINAR DE SEGURIDAD.

4.- CLASIFICACION.

LA CLASIFICACION DE CATEGORÍAS DE GARANTIA DE CALIDAD SE ESTA-
BLECE COMO SIGUE:

CATEGORÍA 1
CATEGORIA 2
CATEGORIA 3

LAS CATEGORÍAS 1 Y 2 COMPRENDEN LA APLICACIÓN DE LOS MÁS ES --
TRICTOS REQUISITOS DE GARANTÍA DE CALIDAD EN TANTO QUE LA CATE
GORÍA 3 COMPRENDE UN GRADO MEJOR DE APLICACIÓN DE LOS REQUISIT-
TOS DE CALIDAD.

GENERALMENTE LA ASIGNACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE GARANTÍA DE CA
LIDAD SE APLICA DE ACUERDO CON LA CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD -
DEL CONCEPTO O SERVICIO EN CUESTIÓN, POR EJEMPLO: CLASE DE SE-
GURIDAD 1 - CATEGORÍA DE GARANTÍA DE CALIDAD 1; CLASE DE SEGU-
RIDAD 2 - CATEGORÍA DE GARANTÍA DE CALIDAD 2; CLASE DE SEGURI-
DAD 3 - CATEGORÍA DE GARANTÍA DE CALIDAD 3.

LA EXTENSIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS ESPECÍFICAS DE
GARANTÍA DE CALIDAD DEPENDERÁ, SIN EMBARGO, DE OTRAS CONDICIO-
NES ADEMÁS DE LA SEGURIDAD, PARA LA ASIGNACIÓN DE LAS CATEGO -

RÍAS DE GARANTÍA DE CALIDAD MÁS ALTAS QUE LA CORRESPONDIENTE- A LA CLASE DE SEGURIDAD SE TOMARÁN EN CUENTA OTRAS CONSIDERACIONES TÉCNICAS Y ECONÓMICAS, NO NECESARIAMENTE RELACIONADAS- CON SEGURIDAD NUCLEAR.

ALGUNAS DE ESTAS CONSIDERACIONES SON:

- CONFIABILIDAD Y CONSECUENCIA DE FALLA (PARO DE LA CENTRAL).
- FACILIDAD DE ACCESO PARA INSPECCIÓN DURANTE LA OPERACIÓN.
- FACILIDAD DE MANTENIMIENTO PARA REPARACIONES.
- FACILIDAD DE REEMPLAZO, TOMANDO EN CUENTA EL COSTO Y LA INFLUENCIA EN EL PROGRAMA.
- COMPLEJIDAD DEL PRODUCTO.
- HISTORIALES DE CALIDAD BASADOS EN PROBLEMAS INDUSTRIALES CONOCIDOS.
- GRADO DE INSPECCIÓN O VERIFICACIÓN DE CALIDAD, QUE ES POSIBLE APLICAR DURANTE LA FABRICACIÓN O LAS PRUEBAS.
- CLASIFICACIÓN SÍSMICA.

LAS ASIGNACIONES DE CATEGORÍAS DE GARANTÍA DE CALIDAD NO ENCUADRAN UN CONJUNTO RÍGIDO DE REQUISITOS O ACCIONES COMO TALES; LA INTENCIÓN ES PROPORCIONAR LINEAMIENTOS MÍNIMOS COMO GUÍAS PARA EL DISEÑO, EL ABASTECIMIENTO Y PARA EL PERSONAL DE GARANTÍA DE CALIDAD. EN CAMBIO, ESTAS GUÍAS MÍNIMAS SON PARATRADUCIRSE EN ESPECIFICACIONES DETALLADAS, DOCUMENTOS DE ABASTECIMIENTO Y PROCEDIMIENTOS DE CONTROL Y GARANTÍA DE CALIDAD.

DENTRO DE UNA CATEGORÍA DE GARANTÍA DE CALIDAD LA DESIGNACIÓN DE UN ATRIBUTO TAL COMO: "PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD" NO IMPLICA, EN CADA CASO, EL MÁS ESTRICTO DE LOS SISTEMAS. EL GRADO DE DETALLE Y DE REQUISITOS DENTRO DE LOS SISTEMAS PUEDE

VARIAR DESDE RELATIVA SIMPLICIDAD HASTA REQUISITOS EXTREMADAMENTE ERICTOS.

CATEGORIA 1. SE ASIGNA A PRODUCTOS, PROCESOS O SERVICIOS QUE REQUIEREN EL MÁS ALTO GRADO DE SEGURIDAD Y CONFIABILIDAD EN FUNCIONAMIENTO. ÉSTA CATEGORÍA SE APLICA A COMPONENTES DE LA FRONTERA DE PRESIÓN DEL REFRIGERANTE DEL REACTOR Y A ESTRUCTURAS DE SOPORTE DEL NÚCLEO DEL REACTOR CUYA FALLA PUEDE CAUSAR PÉRDIDA DE REFRIGERANTE EN LAS CONDICIONES III O IV, DEFINIDAS EN LAS SECCIONES 2.3.1.3.2. (B) Y 2.3.1.4.2. (D), DEL ANS-22, BORRADOR NÚM. 4, REVISIÓN 2 CON FECHA DE ABRIL DE 1974.

CATEGORIA 2. SE ASIGNA A PRODUCTOS, COMPONENTES, PROCESOS, ESTRUCTURAS O SISTEMAS, FUERA DE LOS SISTEMAS DE AGUA DE SERVICIOS QUE NO SON CLASE DE SEGURIDAD 1 PERO QUE SON NECESARIOS PARA REALIZAR LO SIGUIENTE:

- A) LA INSERCIÓN DE REACTIVIDAD NEGATIVA PARA FACILITAR EL APAGADO SEGURO DEL REACTOR.
- B) EVITAR LA INSERCIÓN RÁPIDA DE REACTIVIDAD POSITIVA.
- C) MANTENER LA GEOMETRÍA DEL NÚCLEO DEL REACTOR ADECUADA A TODAS LAS CONDICIONES DE PROCESO DE LA CENTRAL.
- D) PROPORCIONAR Y MANTENER LA CONTENCIÓN.
- E) LA REMOCIÓN DEL CALOR RESIDUAL DEL REACTOR Y NÚCLEO DEL REACTOR.
- F) EL ALMACENAMIENTO DEL COMBUSTIBLE GASTADO.

EL EQUIPO ELÉCTRICO CLASE 1, QUE ES ESENCIAL PARA EL APAGADO SEGURO Y EL AISLAMIENTO DEL REACTOR, O CUYA FALLA O DAÑO PUDIERA RESULTAR EN LIBERACIÓN SIGNIFICATIVA DE MATERIAL RADIATIVO, (REFERENCIA IE

EE 334 y 344), y los sistemas eléctricos Clase IE que suministran la energía eléctrica necesaria para apagar el reactor y limitar la liberación de material radiactivo a continuación de un evento-base de diseño (referencia IEEE 308), serán identificados como Categoría 2 de garantía de calidad.

CATEGORÍA 3. Se asigna a productos, componentes, procesos, estructuras o sistemas que no están en las categorías 1 o 2, pero cuya función es procesar o alojar desechos radiactivos, o cuando la falla de una sola componente puede originar a una persona, en el límite del sitio, una dosis de cuerpo entero mayor que 170 mrem, o cuya función es la remoción de calor del combustible gastado. Ejemplos de estos conceptos con categoría 3 de garantía de calidad, son:

- Porciones del sistema de desechos gaseosos.
- Aquellas porciones del equipo de desechos radiactivos o estructuras requeridas para evitar fugas al ambiente de líquidos del sistema de desechos líquidos, a una tasa excesiva.
- Sistema de agua de servicios.
- Suministro de combustible para el sistema eléctrico de emergencia del sitio.
- Enfriamiento de áreas de equipo de emergencia.
- Sistemas hidráulicos o de gas comprimido requeridos como soporte de operación o control de sistemas de seguridad.
- Clasificaciones sísmicas 1, sin clase de seguridad asignada, y
- Equipo eléctrico Clase 1, sistemas eléctricos Clase IE y los auxiliares de instrumentación necesarios para la operación de conceptos (a) hasta (g).

CLASES DE SEGURIDAD, LAS CLASES DE SEGURIDAD CLASIFICAN A LAS ESTRUCTURAS, COMPONENTES, EQUIPOS Y SISTEMAS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD NUCLEAR, DE ACUERDO CON LA IMPORTANCIA DE SUS FUNCIONES.

CLASE DE SEGURIDAD 1. SE APLICA A LAS COMPONENTES DE FRONTERA DE PRESIÓN DEL REACTOR O A LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTES DEL NÚCLEO CUYA FALLA PUEDA CAUSAR UNA CONDICIÓN III O UNA CONDICIÓN IV DE PÉRDIDA DE ENFRIADOR (LOCA).

PARA LA CONDICIÓN III DE DISEÑO LA PLANTA DEBERÁ LIMITAR LAS DOSIS A PERSONAS EN EL EXTERIOR A VALORES QUE SEAN UNA FRACCIÓN PEQUEÑA DE LO ESTABLECIDO EN EL 10CFR 100. LA PLANTA TAMBIÉN DEBERÁ TENER CAPACIDAD PARA TOLERAR LA FALLA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES EN UNA PROPORCIÓN PEQUEÑA Y QUE SÓLO SEA NECESARIO SUSPENDER LA OPERACIÓN POR UN TIEMPO CONSIDERABLE EN EL CASO DE UN DAÑO MAYOR A ELEMENTOS COMBUSTIBLES O A OTRAS COMPONENTES DE LA PLANTA.

LA CONDICIÓN III NO IMPLICA LA PÉRDIDA DE LAS FUNCIONES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL REACTOR O DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN.

PARA LA CONDICIÓN III DE DISEÑO DEBE SUPONERSE QUE, ADEMÁS DE LA FALLA INICIAL DE LA ESTRUCTURA, COMPONENTE O EQUIPO, CLASE DE SEGURIDAD 1, EXISTIRÁ UNA FALLA ÚNICA DE CUALQUIER COMPONENTE ACTIVA DE SEGURIDAD.

SE DEBE CONSIDERAR TAMBIÉN QUE LA CONDICIÓN III DE DISEÑO PUEDE CORRER RIESGO A LA COMBINACIÓN DE UN FENÓMENO NATURAL SEVERO (HURACÁN MÁXIMO PROBABLE, INUNDACIÓN MÁXIMA PROBABLE, MÁXIMA DISPONIBILIDAD DE AGUA, ETC, O 0.5 DEL SISMO DE APAGADO SEGURO, QUE SE CONSIDERA UN FENÓMENO NATURAL NORMAL), CON CONDICIONES DE PROCESO EN LA PLANTA CONSIDERADOS COMO "FRECUENTES", ES DECIR, UN DISPARO DE LA TUR-

BINA O DEL GENERADOR, AISLAMIENTO DE UNA O DE TODAS LAS LÍNEAS DE VAPOR PRINCIPAL, PÉRDIDA DE ENFRIADOR EN EL CONDENSADOR, PÉRDIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EXTERNA, DISPARO DE UNA O DE TODAS LAS BOMBAS DE RECIRCULACIÓN, ETC.

TAMBIÉN SE DEBE CONSIDERAR QUE LA CONDICIÓN III DE DISEÑO PUEDE CORRER RESPONDER A LA COMBINACIÓN DE UN FENÓMENO NATURAL NORMAL (ALTO NIVEL DE AGUA, BAJO NIVEL DE AGUA, VIENTO, NIEVE, GRANIZO Y 0,5 DE SISMO DE PARO SEGURO), CON CONDICIONES DE PROCESO EN LA PLANTA "IN FRECUENTES", TALES COMO DESFOGUE DEL REACTOR A TRAVÉS DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD O ALIVIO, PÉRDIDA DEL ENFRIADOR SIN DESPRESURIZACIÓN DEL REACTOR, ATASCAMIENTO DE UNA BOMBA DE RECIRCULACIÓN, LIBERACIÓN DE RADIATIVIDAD POR FALLA DE EQUIPO EN LOS SISTEMAS DE DESCHOS RADIATIVOS, ETC.

PARA LA CONDICIÓN IV DE DISEÑO LA CENTRAL DEBERÁ LIMITAR LAS DOSIS A PERSONAS EN EL EXTERIOR QUE NO EXCEDAN LOS VALORES ESTABLECIDOS EN EL 10CFR100.

LA CONDICIÓN IV DE DISEÑO PUEDE CAUSAR SUFICIENTE DAÑO COMO PARA QUE SEA NECESARIO PREVER LA SUSPENSIÓN DE LA OPERACIÓN DE LA PLANTA. ESTA CONDICIÓN NO DEBERÁ CAUSAR LA FALLA DE OTROS SISTEMAS DESTINADOS A RESOLVER LOS PROBLEMAS DERIVADOS DE LA FALLA INICIAL, INCLUYENDO LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DEL REACTOR Y DE CONTENCIÓN.

PARA LA CONDICIÓN IV DE DISEÑO SE DEBERÁ SUPONER QUE, ADEMÁS DE LA FALLA INICIAL, SE PRESENTARÁ CUALQUIER FALLA ÚNICA DE UNA COMPONENTE ACTIVA DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD.

SE DEBE CONSIDERAR TAMBIÉN QUE LA CONDICIÓN IV DE DISEÑO EN LA CENTRAL PUEDE SER LA COMBINACIÓN DE CUALQUIER CONDICIÓN DE PROCESO EN LA PLANTA Y EL SISMO DE PARO SEGURO (SSE), O CUALQUIER FENÓMENO NA

TURAL NORMAL CON LAS CONDICIONES DE PROCESO EN LA PLANTA FIJADAS - COMO "LÍMITE", TALES COMO: CAIDA DE BARRA DE CONTROL; ACCIDENTE EN EL MANEJO DE COMBIUSTIBLE GASTADO Y RUPTURA DE LA FRONTERA DE PRE - SIÓN DEL REACTOR (LOCA).

CLASE DE SEGURIDAD 2. SE APLICA A LAS COMPONENTES, ESTRUCTURAS Y - EQUIPO QUE, SIN SER CLASE 1, NI FORMAR PARTE - DE LOS SISTEMAS DE AGUA DE SERVICIO, SON NECESARIOS PARA CUMPLIR - LAS SIGUIENTES FUNCIONES DE SEGURIDAD:

- INSERCIÓN DE REACTIVIDAD NEGATIVA PARA APAGAR EL REACTOR;
- EVITAR LA RÁPIDA INSERCIÓN DE REACTIVIDAD POSITIVA;
- MANTENER LA GEOMETRÍA DEL NÚCLEO APROPIADA A TODAS LAS CONDICIONES DE PROCESO DE LA PLANTA;
- PROPORCIONAR Y MANTENER LA INTEGRIDAD DE LA CONTENCIÓN;
- REMOVER EL CALOR RESIDUAL DEL REACTOR Y DEL NÚCLEO;
- MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL COMBUSTIBLE GASTADO.

CLASE DE SEGURIDAD 3. SE APLICA A LAS COMPONENTES, ESTRUCTURAS, EQUIPOS Y SISTEMAS QUE NO SON NI CLASE 1 NI CLASE 2, PERO CUYA FUNCIÓN ES PROCESAR O ALMACENAR DESECHOS RADIATIVOS Y SU FALLA ÚNICA PODRÍA RESULTAR EN UNA DOSIS A PERSONAS EN LA FRONTERA DEL SITIO MAYOR A 170 MREM. PROPORCIONAN, ADEMÁS, APOYO A LA FUNCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y REMUEVEN CALOR RESIDUAL DEL COMBUSTIBLE GASTADO.

EN LA CLASE DE SEGURIDAD 3 SE INCLUYEN LOS SISTEMAS DE DESECHOS RADIATIVOS, LOS SISTEMAS DE AGUA DE SERVICIO, LAS INSTALACIONES LOCALES PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA, ETC.

SISMO DE PARO SEGURO (SPS) - EN INGLÉS: SAFE SHUTDOWN EARTHQUAKE, - (SSE) - . ES EL MÁXIMO MOVIMIENTO VIBRATORIO DE LA TIERRA EN EL SITIO DE LA PLANTA QUE PUEDE SER RAZONABLEMENTE PREVISTO A PARTIR DE

LAS EVIDENCIAS SÍSMICAS Y GEOLÓGICAS DE LA ZONA. PARA PROPÓSITOS - DE DISEÑO, LA ACELERACIÓN EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA DEBERÁ SU- PONERSE MAYOR A 0.1g. ADEMÁS, SE DEBERÁ ASUMIR UN ESPECTRO DE RES- PUESTA APROPIADO PARA DETERMINAR LOS EFECTOS SÍSMICOS.

REQUISITO SISMICO SPS (SSE). SIGNIFICA QUE LA ESTRUCTURA, COMPONENTE O EQUIPO, DEBERÁ SER CAPAZ DE SOPORTAR UN- SPS SIN DEJAR DE CUMPLIR CON SU FUNCIÓN PARA QUE LA CENTRAL PUE SER LLEVADA A PARO SEGURO DESPUÉS DE UN SISMO SPS.

EL SISMO SPS SUSTITUYE EL SISMO BASE DE DISEÑO (DBE). EL SISMO BA- SE DE OPERACIÓN (OBE), SE PUEDE CONSIDERAR EQUIVALENTE A 0.5 DEL - SPS.

FUENTE: "LISTA DE CLASIFICACIÓN DE GARANTÍA DE CALIDAD DE ESTRUCTU- RAS, COMPONENTES, EQUIPOS Y SISTEMAS RELACIONADOS CON LA - SEGURIDAD NUCLEAR".

PROYECTO NUCLEOELÉCTRICO LAGUNA VERDE, VER. REVISIÓN 2.

CAPITULO 3.

ORGANIZACION DEL SECTOR NUCLEOELECTRICO NACIONAL.

CONTENIDO:

- 3.1. ALCANCE.
- 3.2. REGLAMENTACION NACIONAL.
- 3.3. ORGANIZACION DEL SECTOR ELECTRICO NACIONAL.
- 3.4. LAS ACTIVIDADES DE LOCALIZACION, EVALUACION Y SELECCION -
DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.
- 3.4.1. DEPARTAMENTO DE LOCALIZACION, EVALUACION Y SELECCION DE -
SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

3.1. ALCANCE.

Las actividades de localización, evaluación y selección de sitios para centrales nucleoelectricas involucran la observancia de un marco jurídico bastante amplio que se inicia con la manera en que deben organizarse las distintas áreas participantes para ejercitar las funciones de su competencia, dentro del sector nucleoelectrico nacional, y se complementa con regulaciones de carácter técnico, ambiental y socio-político que, de observarse, aumentan la seguridad de las instalaciones nucleoelectricas, entendiendo su aplicación desde dos puntos de vista: uno, el que compete a la seguridad que la instalación debe proporcionar al medio ambiente natural que la rodea; el otro que corresponde a la seguridad con que la central debe ser diseñada y operada para protegerla de la agresividad que le plantea el propio medio ambiente natural. En ambos casos el costo está en razón directa al grado de seguridad adaptado por el propietario de la central.

En este capítulo nos concretamos a tratar de describir la forma en que está organizado nuestro sector nucleoelectrico, sus objetivos, funciones y responsabilidades ya que en el siguiente capítulo abordamos la parte complementaria que corresponde a las regulaciones de carácter técnico y ambiental.

3.2. REGLAMENTACION NACIONAL.

En nuestro país el sector nucleoelectrico queda organizado a partir de las disposiciones del Artículo 27 Constitucional, al establecer que:

"... Tratándose del petróleo y de los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos, o de minerales radiactivos, no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán los que, en su caso, se hayan otorgado y la nación llevará a cabo la explotación de esos productos, en los términos que señale la ley reglamentaria respectiva. Corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer de energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para esos fines.

Corresponde también a la nación el aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear y la regulación de sus aplicaciones en otros propósitos. El uso de la energía nuclear sólo podrá tener fines pacíficos..."

De donde la LEY REGLAMENTARIA DEL ARTICULO 27 CONSTITUCIONAL EN MATERIA NUCLEAR establece, entre otras cosas:

"... regula la exploración, la explotación y el beneficio de minerales radiactivos, así como el aprovechamiento de los combustibles nucleares, los usos de la energía nuclear, la investigación de la ciencia y técnicas nucleares, la industria nuclear y todo lo relacionado con la misma.

Las disposiciones de esta ley son de orden público y de observancia en toda la República."

(ARTICULO 1º)

También establece la ley:

"...El Ejecutivo Federal dictará las disposiciones -
reglamentarias a que se sujetará el uso, tanto ener-
gético como no energético, de los materiales radiac-
tivos."

(ARTICULO 2º)

" La Secretaría de Energía, Minas e Industria Para-
estatal aplicará la presente ley en el ámbito de su-
competencia."

(ARTICULO 4º)

Por lo expuesto en la ley reglamentaria que se señala, -
la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal,
(SEMIP), tiene la facultad de otorgar las asignaciones -
correspondientes, según el Artículo 5º, al:

- 01) Consejo de Recursos Minerales para la exploración de
minerales radiactivos, (ARTICULO 9º); y a la
- 02) Comisión de Fomento Minero para la explotación y bene-
ficio de los minerales radiactivos, (ARTICULO 10º).

En cuanto al aprovechamiento de los combustibles nuclea--
res con fines energéticos, corresponde, en todo caso, a -
la Nación. Específicamente, la generación de electricidad
a partir del uso de combustibles nucleares se llevará a -
cabo, y en forma exclusiva, por la Comisión Federal de --
Electricidad, correspondiendo a la misma el diseño y la -
construcción de las plantas nucleoelectricas oyendo, al -
efecto, la opinión del Instituto Nacional de Investigacio-
nes Nucleares.

(ARTICULO 15º)

Así mismo, la ley reglamentaria considera como organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), (ARTICULO 41°), y le confiere, entre ---- otras, las siguientes atribuciones:

"II.- Prestar asistencia técnica a las dependencias y entidades públicas y privadas que lo requieran, en el diseño, construcción y operación de instalaciones radiactivas y, en su caso, en la contratación de dichos servicios; así mismo la prestará a los organismos autorizados en materia de instalaciones nucleares...."

(ARTICULO 43°)

Por otro lado, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, (CNSNS), está considerada en la ley reglamentaria como un órgano desconcentrado dependiente de la Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal, con las atribuciones de: vigilancia, licenciamiento, asesoría, registro y control; normalización, auditoría, inspección, verificación, reconocimiento y demás, relativas a la seguridad nuclear, radiológica, física y de salvaguardias, de instalaciones nucleares y radiactivas, para la fabricación, uso, manejo, almacenamiento, reprocesamiento y transporte de materiales radiactivos y equipos que lo contengan; procesamiento, acondicionamiento, vertimiento y almacenamiento de desechos radiactivos y cualquier disposición que de ellos se haga. (ARTICULO 50-I al XVIII).

Todos los ordenamientos de índole organizacional estable-

cidos en la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en materia nuclear, relacionados con el sector - nucleoelectrico nacional, se sintetizan en la figura -- 3-1.

3.3. ORGANIZACION DEL SECTOR ELECTRICO NACIONAL.

En nuestro país el sector eléctrico queda organizado a - partir de las disposiciones que establece la LEY DEL SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA, indicando que:

"Corresponde exclusivamente a la nación generar, -- conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público, en los términos del Artículo 27 - Constitucional. ..."

(ARTICULO 1º)

Bajo estas condiciones, la misma ley explica qué comprende la prestación del servicio público de energía eléctrica: (en términos de lo que nos atañe en este análisis):

" I.- La planeación del sistema eléctrico nacional;
II.- La realización de todas las obras, instalaciones y trabajos que requieran la planeación... del sistema eléctrico nacional. ..."

(ARTICULO 4º)

"... quedando (la CFE), sujeta a las disposiciones de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Parastatal..." (ARTICULO 5º y 6º), teniendo por objeto, entre otros:

EL SECTOR NUCLEOELECTRICO NACIONAL

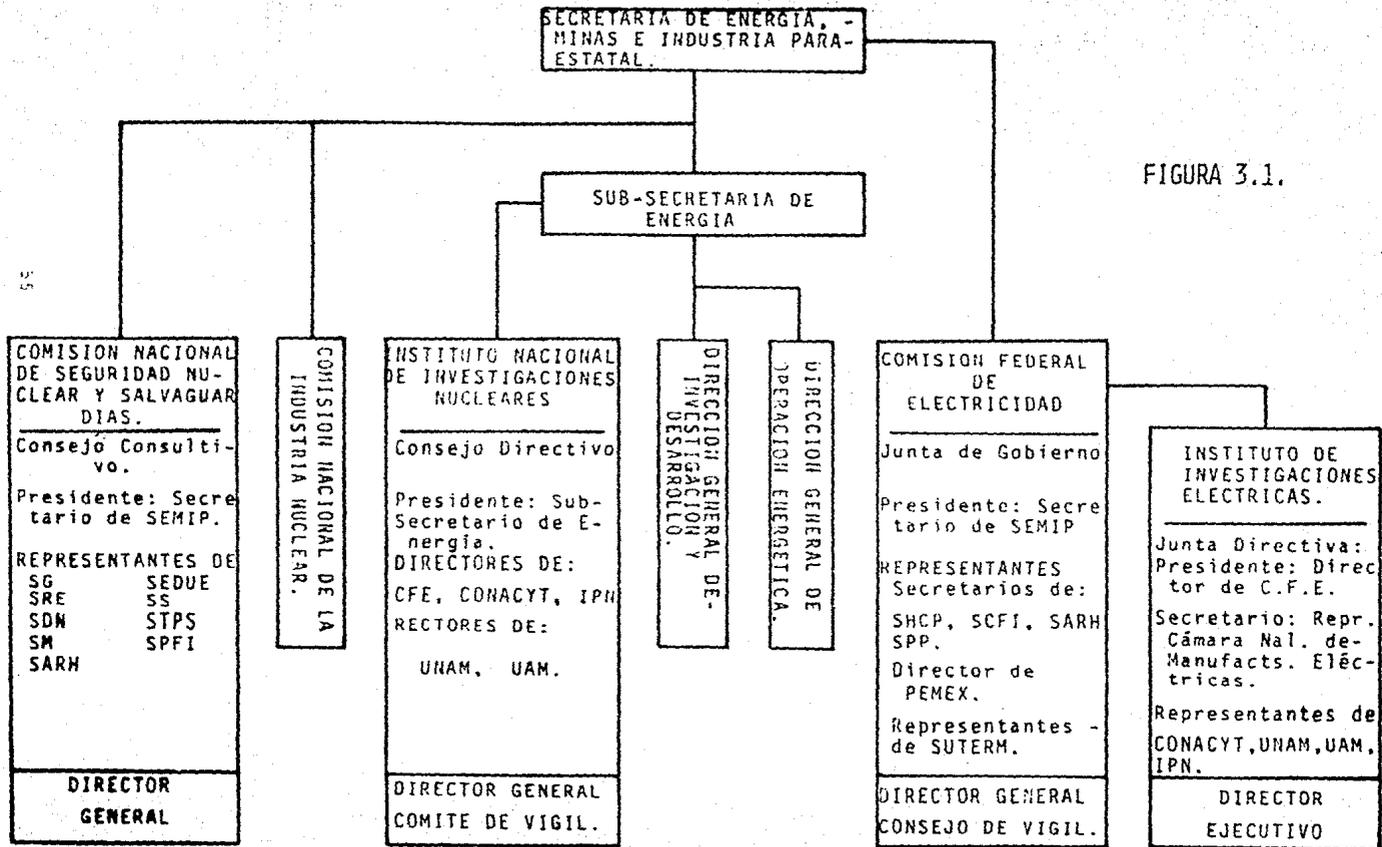


FIGURA 3.1.

" II.- Proponer a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal los programas y proyectos...;

IV.- Formular y proponer al Ejecutivo Federal, los programas de operación, inversión y financiamiento que, a corto, mediano y largo plazo, requiera la -- prestación del servicio de energía eléctrica..."

(ARTICULO 9º)

Para dar cumplimiento a lo anterior la CFE elabora y aplica el PLAN DE EXPANSION DEL SECTOR ELECTRICO, (PESE) y el PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES DEL SECTOR ELECTRICO, --- (POISE).

3.4. LAS ACTIVIDADES DE LOCALIZACION, EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

La magnitud de las obras necesarias para el emplazamiento de centrales nucleoelectricas requiere de la participación de distintas organizaciones, donde cada una tiene asignada una tarea específica que desarrollar en función del área de especialidad que le corresponda, teniendo la necesidad de adoptar ciertas medidas que puedan garantizar que las distintas organizaciones involucradas, y sus diferentes -- áreas de trabajo, no se interfieran y, por lo mismo, puedan producir indeterminaciones que redunden en detrimento de la calidad, de la seguridad y, obviamente, del costo -- del proyecto.

En relación con las actividades de localización, evaluación y selección de sitios para C.N., la CFE se organiza de la manera en que se describe en las Figuras 3.2 y 3.3.

ORGANIZACION DEL SECTOR ELECTRICO NACIONAL.

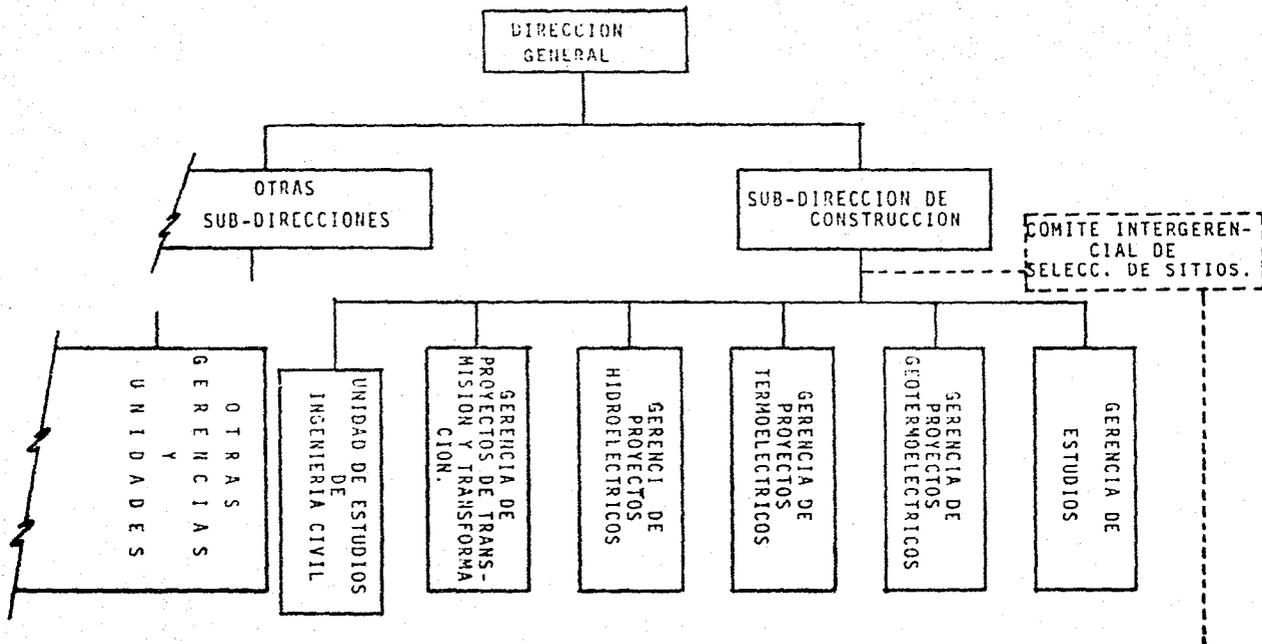


FIGURA 3.2.

ORGANIZACION DEL SECTOR ELECTRICO NACIONAL. DEPARTAMENTO DE SELECCION DE SITIOS.

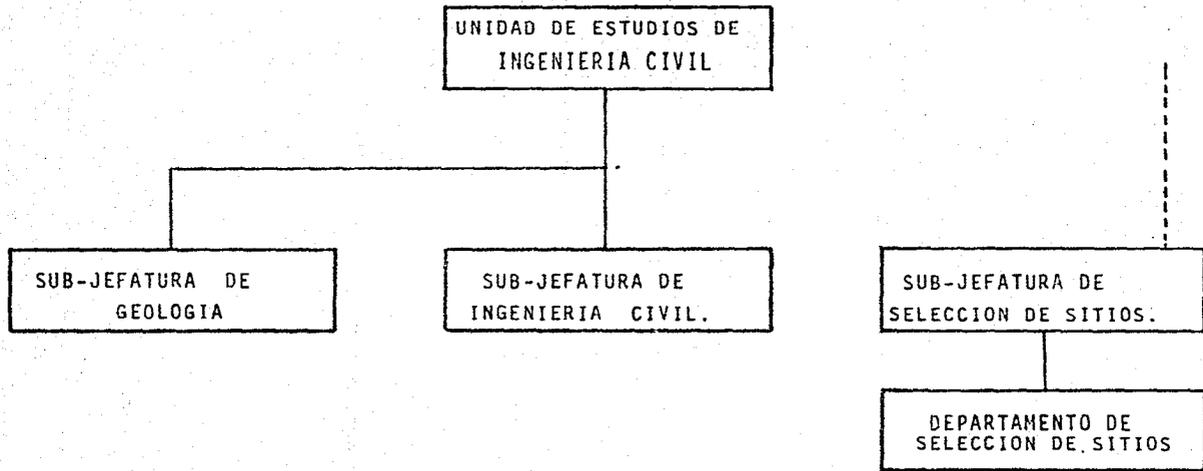


FIGURA 3.3.

3.4.1. DEPARTAMENTO DE LOCALIZACION, EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

Para el caso, en el ámbito institucional, en el área del sector eléctrico, está ubicado el Departamento de Localización, Evaluación y Selección de Sitios para C.N., entidad dependiente de la Sub-Dirección de Construcción, a través de la Gerencia de Estudios, que está organizada para cubrir la interfase entre las funciones de planeación y las de ingeniería nuclear, de la propia CFE, que desarrolla sus actividades con apego al PLAN DE GARANTIA DE CALIDAD y al MANUAL BASICO DE ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO, permitiéndole ejecutar, en forma ordenada y precisa, las actividades que le son propias al Departamento.

01. PLAN DE GARANTIA DE CALIDAD.

El Departamento de Selección de Sitios define como PLAN DE GARANTIA DE CALIDAD al conjunto de lineamientos o políticas generales establecidas por el propietario de una central nucleoelectrónica con el propósito de que sean observadas por las distintas organizaciones involucradas en su proyecto de modo de poder garantizar la calidad en todas las estructuras, sistemas, componentes y servicios, para que operen confiable y seguramente.

Para el caso, cada organización debe establecer su PROGRAMA DE GARANTIA DE CALIDAD, el que se puede definir como: el conjunto de acciones planeadas, sistemáticas, controladas y documentadas, tendientes a asegurar la calidad y la fiabilidad de las distintas estructuras, sistemas y componentes que se deriven de las actividades de localización,

evaluación y selección de sitios, de acuerdo con la aplicación de criterios y procedimientos establecidos para tal efecto.

En las actividades de localización, evaluación y selección de sitios, la aplicación del Programa de Garantía de Calidad se limita a las organizaciones responsables de -- planear, organizar, dirigir y controlar dichas actividades. Estas organizaciones pueden ser internas o externas a CFE haciendo la aplicación del Programa de Garantía de Calidad de acuerdo con la trascendencia e impacto que, -- para la calidad, tenga la participación de tales organiza ciones, y de acuerdo con el criterio del Departamento de Selección de Sitios a través de las áreas de Garantía de Calidad y de ingeniería civil y ambiental. Habrá organiza ciones que estén exentas de participar bajo un programa - de garantía de calidad porque su participación no lo re-- quiera, según las regulaciones vigentes.

02.

MANUAL BASICO DE ORGANIZACION.

Define la CFE como MANUAL BASICO DE ORGANIZACION DEL DE-- PARTAMENTO DE LOCALIZACION, EVALUACION Y SELECCION DE SI-- TIOS, al documento que contiene el conjunto de directri-- ces tendientes a:

- A) Definir, los objetivos, organización, funciones y res ponsabilidades del Departamento;
- B) Establecer la forma en que deben participar las enti-- dades internas y externas de CFE, indicando las respon sabilidades inherentes de cada una de dichas entidades,

durante el proceso;

En este caso, los OBJETIVOS del Departamento se pueden - definir de la siguiente manera:

- a) Localizar y seleccionar sitios preliminares dentro - de las regiones definidas por la Gerencia de Estudios de CFE; evaluar los sitios candidatos y decidir, fi-- nalmente, cuáles son los sitios definitivos para el - emplazamiento de centrales nucleoeeléctricas.

Estos objetivos se alcanzan con base en las políticas - establecidas por CFE, según los requerimientos de ca-- da tipo de instalación nuclear, cubriendo en el corto - plazo los sitios para las centrales a incluirse en el "POISE" y, a largo plazo, los sitios para las centra-- les consideradas en el "PESE" .

- b) Elaborar los arreglos de planta y de sitio, que co--- rrespondan al tipo de central nucleoeeléctricas defini-- da por la Gerencia de Estudios, con el propósito de - evaluar, desde el punto de vista técnico-económico y-- ambiental la factibilidad del proyecto, considerando-- las implicaciones socio-políticas y ambientales, la - constructibilidad y la rentabilidad en el sitio defi-- nitivo referido.
- c) Integrar, con los datos obtenidos de la evaluación y - selección de sitios definitivos, un CATALOGO DE SITIOS - congruentes con las regiones de desarrollo prioritario - en el país y de acuerdo con los planes de expansión -- del sector eléctrico, preparado convenientemente con -

el propósito de obtener las licencias que expiden las entidades públicas correspondientes, de acuerdo con la ley.

La ORGANIZACION del Departamento se puede explicar objetivamente con el arreglo de la figura 3.4.

Las FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES de cada una de las entidades involucradas en la organización descrita en la Figura 3.4, se definen, en forma breve, a continuación:

- a) Del Comité Intergerencial de Selección de Sitios.
 01. Definir políticas y criterios de selección de sitios;
 02. Identificar las regiones en las que el Plan Nacional de Desarrollo considere incremento en la demanda de energía eléctrica, las que se pondrán a consideración de la Gerencia de Estudios para la elaboración del POISE;
 03. Participar en la aprobación de los sitios candidatos y definitivos;
- b) De la Jefatura del Departamento de Selección de Sitios.
 01. Dirigir las actividades necesarias para localizar, evaluar y seleccionar los sitios para el emplazamiento de centrales nucleoelectricas, para lo cual deberá programar, solicitar, formalizar, dirigir y coordinar, hasta su culminación, todos los trabajos que tengan relación con las actividades enumeradas inicialmente, con los distintos departamentos de CFE y dependencias externas a la misma.

ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE SELECCION DE SITIOS

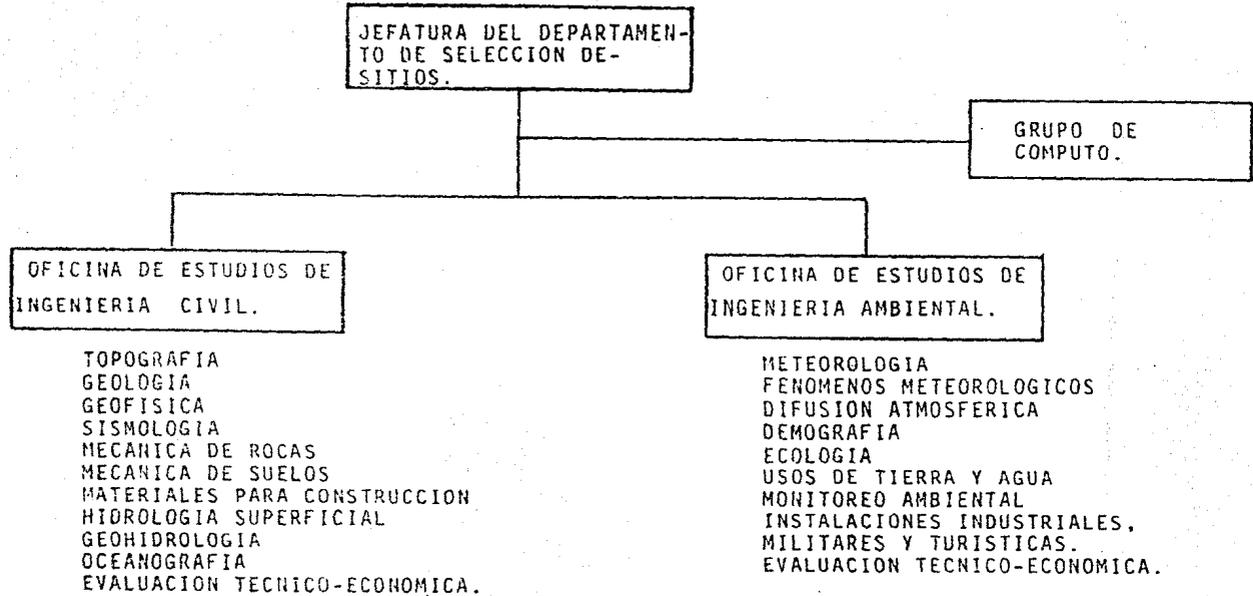


FIGURA 3.4.

02. Aplicar y supervisar el desarrollo de los programas de localización, evaluación y selección de sitios, de conformidad con los procedimientos correspondientes a cada especialidad y con apego al plan de garantía de calidad aplicables;
03. Recopilar, clasificar y supervisar el análisis de la información proveniente de los organismos participantes y elaborar los informes de los sitios en cada etapa del proceso de selección;
04. Dirigir y coordinar la evaluación técnico-económica de los sitios candidatos formando, para tal fin, un grupo de especialistas coordinados en oficinas-- de estudios de ingeniería civil y de ingeniería ambiental, que puedan elaborar los estudios de factibilidad de los sitios, haciendo la evaluación técnico-económica que demuestre la rentabilidad y seguridad de los proyectos;
05. Coordinar la elaboración, revisión y aprobación de los procedimientos e instrucciones de cada especialidad, con apego al Plan de Garantía de Calidad de Selección de Sitios, aplicable al tipo de central e instalación;
06. Controlar el banco de información de sitios con apego a los procedimientos y criterios del plan de garantía de calidad aplicable;
07. Apoyar los trabajos de selección de sitios para centrales termoeléctricas, en el marco de las directrices que emanen del Comité Intergerencial de Selección de Sitios;
08. Realizar las tareas administrativas y de control -- del personal que labora en el Departamento.

- te y de la seguridad de operación de la central;
02. Coordinar la elaboración y revisión de especificaciones, procedimientos e instrucciones de su especialidad, con apego al Plan de Garantía de Calidad de Selección de Sitios aplicable al tipo de central;
 03. Participar en la evaluación técnico-económica de los sitios.

La forma en que deben participar las entidades internas y externas de CFE, de acuerdo con el Manual Básico de Organización del Departamento, es de la siguiente manera:

- a) Las dependencias de CFE, participantes en las diversas actividades para la selección de sitios, serán directamente responsables de:
 01. Los datos, informes y recomendaciones que generen; de la elaboración y aplicación de sus procedimientos de trabajo y del desarrollo de los programas de actividades en coordinación con el Departamento;
 02. Procesamiento de la información que generen las actividades desarrolladas; elaboración de reportes de estudios realizados en función de cada especialidad en cada etapa del proceso de localización y selección de sitios debiendo contener los reportes todos los datos obtenidos y las recomendaciones necesarias para la evaluación y la selección de sitios.

En este caso se pueden citar, como entidades internas de CFE, con participación directa a las siguientes:

Unidad de estudios de ingeniería civil;
Subgerencia de estudios experimentales;
Garantía de Calidad;
Oficina de ingeniería ambiental;
etc.

b) De las entidades externas a CFE que participan.

Las actividades que el Departamento efectúe con instituciones externas a CFE se realizarán de acuerdo con las especificaciones emitidas para cada especialidad y con los términos establecidos en contratos, convenios y acuerdos entre CFE y dichas instituciones, coordinando y supervisando su ejecución de acuerdo con los procedimientos emitidos para cada especialidad.

Al igual que las dependencias de CFE, las instituciones externas que participan en la selección de sitios son directamente responsables de los datos, informes, recomendaciones que generen, así como el cumplimiento de los términos y programas previstos en contratos, convenios, acuerdos o cualquier tipo de relación que se establezca.

Las entidades externas a CFE con más participación en las actividades de localización y Selección de Sitios, son:

Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Ingeniería; Instituto de Geofísica.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Petróleos Mexicanos.

Instituto Politécnico Nacional.

Dirección de Estudios del Territorio Nacional

Centro de Investigación Científica y de Estudios
Superiores de Ensenada.

CAPITULO 4.

REGULACIONES APLICABLES EN LA SELECCIÓN DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

CONTENIDO:

- 4.1. GENERALIDADES.
- 4.2. EL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA. (OIEA)
 - 4.2.1. CODIGOS DE PRÁCTICA Y GUIAS DE SEGURIDAD DEL OIEA.
 - 4.2.2. BASES PARA LA CREACION DE LOS ORGANOS REGULADORES PARA - CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.
- 4.3. REGLAMENTACIÓN Y LICENCIAMIENTO DE CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.
 - 4.3.1. REGLAMENTOS.
 - 4.3.2. GUIAS DE SEGURIDAD
 - 4.3.3. LICENCIAS.
 - 4.3.4. OBLIGACIONES BASICAS DEL CONCESIONARIO DE LA LICENCIA.
 - 4.3.5. OBLIGACIONES BASICAS DEL ORGANO REGULADOR.
- 4.4. LAS ACTIVIDADES DE REGULACION PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS EN MEXICO.
 - 4.4.1. LA COMISION NACIONAL DE SEGURIDAD NUCLEAR Y SALVAGUARDIAS. (CNSNS) .
 - 4.4.2. PARTICIPACION DE OTRAS ENTIDADES OFICIALES EN MEXICO.
- 4.5. LAS ACTIVIDADES DE REGULACION EN ESTADOS UNIDOS.

- 4.5.1. CLASIFICACION DE LAS GUIAS REGULADORAS DE LA US-NRC.
- 4.5.2. GUIAS REGULADORAS DE LA US-NRC RELATIVAS A SITIOS Y SUS -
CONSIDERACIONES AMBIENTALES.
- 4.6. APLICACION DE LA SEGURIDAD EN LA LOCALIZACION, EVALUACION
Y SELECCION DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.
- 4.6.1. EVALUACION DEL SITIO.
- 4.6.2. ALGUNOS SUCESOS EXTERIORES QUE DEBEN SER EVALUADOS PARA -
DETERMINAR LA BASE DE DISEÑO. CRITERIO DEL OIEA.
- 4.6.3. ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL SITIO QUE INFLUYEN EN LOS E -
FECTOS DE LA CENTRAL NUCLEOELECTRICA SOBRE LA REGION.
- 4.7. INFORMES QUE SE PRESENTAN PARA LA SOLICITUD DE LA LICEN -
CIA DE CONSTRUCCION DE UNA CENTRAL NUCLEOELECTRICA.
- 4.7.1. INFORME PRELIMINAR DE SEGURIDAD.
- 4.7.2. INFORME AMBIENTAL.

APENDICE IV-1 : LISTA PROVISIONAL DE TÍTULOS DEL PROGRAMA NUSS.

APENDICE IV-2 : LISTA DE TEMAS PROPUESTOS POR EL OIEA PARA ELA -
BORAR REGLAMENTOS Y GUIAS.

Para la ejecución de las actividades involucradas en el proceso: selección de sitios; diseño y construcción; -- puesta en operación del reactor; modificaciones, cierre de operaciones, cierre definitivo y desmantelamiento de centrales nucleoeeléctricas, es una práctica comúnmente- aceptada por los países usuarios de reactores nucleares que exista un ORGANO REGULADOR que imponga requerimientos de seguridad, aplicables según lo indique en sus -- propios CODIGOS, GUIAS, NORMAS, ESPECIFICACIONES, CRITE RIÓS, etc.

Para los fines que se persiguen en este análisis, se -- aceptará como ORGANO REGULADOR:

"La autoridad o conjunto de autoridades nacionales designadas por un Estado Miembro y asistidas por órganos de asesoramiento técnico o -- de otra índole, capacitadas legalmente para en cargarse del proceso de concesión de licencias y para expedir éstas y, por consiguiente, para reglamentar el sitio, la construcción, puesta- en servicio, operación y cierre definitivo de- centrales nucleoeeléctricas, o determinados as pectos de estas actividades."

(Definición del Organismo Internacional de --- Energía Atómica).

La participación que tenga cada autoridad involucrada - en velar por la seguridad, en el ámbito de su competencia, dentro del proceso que se inicia con la selección de sitios para centrales nucleoelectricas, y la aplicabilidad estricta de las normas de seguridad que cada -- organismo regulador exija en cada una de las actividades del proceso citado, deberán justificar la gran cantidad de acciones planeadas, sistemáticas y documentadas que el usuario de reactores nucleares deba proveer para ofrecer seguridad a la población y al medio ambiente, tan razonablemente como sea posible.

En este capítulo se hace un breve análisis respecto de la participación que tienen los organismos reguladores en favor de la seguridad a partir de los planteamientos elaborados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), interrelacionando el marco legal que cada Estado Miembro debe imponer para su aplicación con criterios técnico-económicos, ambientales y socio-políticos, asignados a las actividades que formen parte del proceso. Este análisis se extiende hasta el caso particular del organismo regulador mexicano y su participación en la regulación para la selección de sitios para centrales nucleoelectricas.

México, como Estado Miembro del Organismo Internacional de Energía Atómica. (OIEA), observa las indicaciones -- contenidas en los Códigos de Práctica y en las Guías de Seguridad editadas por ese organismo y adopta la política de aplicar las regulaciones, normas, criterios, especificaciones técnicas, del país de origen del reactor -

nuclear a instalar si nuestro organismo regulador no ha editado las propias o adaptado a las condiciones particulares del país las regulaciones mundialmente aceptadas.

En el caso específico de la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde, Ver., tiene aplicación el "CODE OF FEDERAL REGULATIONS" en la parte correspondiente a "ENERGIA" -- (Parte 10), así como las Guías Regulatoras de la US-NRC -- "US-NUCLEAR REGULATORY COMMISSION" -- de los Estados Unidos, puesto que en su oportunidad, nuestro país no contaba con su Código de Práctica y Guías de Seguridad.

4.2. EL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA. (OIEA)

El principal objetivo del OIEA, tal como lo manifiesta en sus publicaciones, es:

"... acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero..."

En cuanto a su creación, establece:

"El estatuto del Organismo fué aprobado el 26 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA, celebrada en la sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 20 de julio de 1957."

El OIEA, al reconocer la importancia que tiene la segu

ridad dentro del contexto de la producción de energía -- eléctrica a partir del átomo, ha establecido un programa muy amplio con el objeto de proporcionar a los países -- miembros la asistencia necesaria en relación con la apli cación de la seguridad.

Para la realización de este programa denominado: "NUCLEAR STANDARD SECURITY", o "NUSS" (por sus siglas en inglés), y, en español: "NORMAS DE SEGURIDAD NUCLEAR", el OIEA edi ta los CODIGOS DE PRACTICA Y LAS GUIAS DE SEGURIDAD; en la elaboración de los Códigos y las guías interviene un grupo numeroso de expertos en la materia que provienen de las distintas naciones miembro.

4.2.1. CODIGOS DE PRACTICA Y GUIAS DE SEGURIDAD DEL OIEA.

El Organismo Internacional de Energía Atómica, (OIEA), - en relación con la aplicabilidad de los Códigos de Práctica y de las Guías de Seguridad que edita para los Estados Miembro establece las siguientes consideraciones:

1. "Los Códigos de Práctica y las Guías de Seguridad son recomendaciones que el Organismo formula para que puedan utilizarlas los Estados Miembros dentro del contexto de sus propios requisitos nacionales de seguridad nuclear."
2. "Un Estado Miembro que desee concertar un acuerdo con el Organismo para obtener su asistencia en -- relación con el sitio, construcción, puesta en -- servicio, funcionamiento o cierre definitivo de -

una central nuclear deberá observar las indicaciones de los Códigos de Práctica y Guías de Seguridad que se refieren a las actividades abarcadas por el acuerdo.

No obstante, las últimas decisiones y responsabilidades jurídicas en todo procedimiento de concesión de licencias o autorizaciones incumben al Estado Miembro de que se trate."

3. "Los planes del Organismo para establecer Códigos de Práctica y Guías de Seguridad para las Centrales Nucleares se exponen en el documento GC (XVIII)/526 Mod. 1, del OIEA.

El Programa NUSS trata de la seguridad radiológica y actualmente se limita a las centrales emplazadas en tierra firme y cuyos reactores de neutrones térmicos se utilizan para generar energía."

4. "El Grupo Asesor Superior constituido por el Director General, en septiembre de 1974 para poner en práctica el programa, seleccionó los cinco temas que se habrían de tratar en otros tantos Códigos y Prácticas y confeccionó también la lista provisional de temas para las Guías de Seguridad que detallarían la aplicación de los cinco códigos."
5. "Los cinco Códigos de Práctica tratan de los

siguientes temas:

- + Organizaciones nacionales para la reglamentación de las centrales nucleares.
 - + Seguridad del sitio para el emplazamiento de centrales nucleares.
 - + Diseño para la seguridad de centrales -- nucleares.
 - + Seguridad en la operación de centrales - nucleares.
 - + Garantía de Calidad para la seguridad -- en las centrales nucleares."
6. "Estos cinco Códigos de Práctica establecen los objetivos y requisitos mínimos que hay que cumplir para conseguir la adecuada seguridad en el funcionamiento de las centrales nucleares."
 7. "Las Guías de Seguridad describen y facilitan a los Estados Miembro métodos aceptables para ejecutar partes específicas de los Códigos de Práctica de que se trate."
 8. "Aunque estos Códigos de Práctica y Guías de Seguridad establecen una base esencial para la seguridad, quizá no resulten suficientes o no se puedan aplicar íntegramente. De ser necesario se consultarán otros documentos publicados por el Organismo sobre cuestiones de Seguridad."

9. "En algunos casos habrá que establecer requisitos complementarios para hacer frente a -- circunstancias especiales; también habrá aspectos especiales que los expertos tendrán -- que resolver en cada caso particular."

(Se incluye la "Lista provisional de títulos del Programa NUSS en el Apéndice IV-1).

4.2.2. BASES PARA LA CREACION DE LOS ORGANOS REGULADORES PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

El Código de Práctica 50-C-G, del OIEA, recomienda a los Estados Miembro la creación de sus órganos reguladores -- teniendo en cuenta la aplicación de las siguientes medidas legislativas.

- .1 Constituir la base estatutaria para la creación del órgano regulador.
- .2 Proporcionar la base jurídica de la obligato-- riedad de que las centrales nucleoelectricas -- situadas en el territorio del Estado Miembro -- se construyan y operen sin riesgo radiológico -- indebido para la salud de la población y del -- personal de operación, teniendo en cuenta la -- protección al medio ambiente que rodea a la -- central.
- .3 Proveer las bases para la indemnización finan-- ciera a terceros en el caso de un accidente --

nuclear, en vista de la posible magnitud de los daños y lesiones que puedan derivar de ese accidente.

- .4 Fijar principios y condiciones a lo que han de ajustarse los solicitantes de licencias para centrales nucleoelectricas.

Y recomienda el OIEA a los Estados Miembros el ejercicio de cuatro actividades de regulación a través de sus órganos reguladores:

- A) La responsabilidad de autorizar el sitio, la construcción, puesta en servicio, operación y cierre definitivo de la central;
- B) La organización y realización de exámenes y evaluaciones de la seguridad;
- C) La realización de las inspecciones reglamentarias y la adopción de las medidas de cumplimiento necesarias durante todas las etapas del proceso de concesión de licencias, a fin de que los solicitantes y concesionarios de la licencia y sus contratistas se ajusten a los límites y condiciones fijadas en las licencias;
- D) La fijación de normas y criterios de salud, seguridad y protección del medio ambiente en relación con la energía nuclear.

- A) La Comisión Internacional de Protección Radiológica.
- B) La legislación nacional de países extranjeros.
- C) Los reglamentos, guías u otros documentos pertinentes elaborados por órganos reglamentadores extranjeros.
- D) Las normas industriales, tanto nacionales como extranjeras.

4.3.3. LICENCIAS.

La LICENCIA es un documento oficial, expedido por el órgano regulador, a petición expresa del solicitante, donde:

- A) Autoriza por escrito al concesionario de la licencia a ejercer una determinada actividad o -- conjunto de actividades relativas a la construcción, puesta en servicio, operación y cierre de finitivo de una central nucleoelectrónica.
- B) Establece los requisitos y condiciones a que han de ajustarse las actividades de selección de sitios así como el resto de las actividades del -- proceso.
- C) Fija, posiblemente, plazos de validez de la autorización concedida.

(En "Steps to Nuclear Power" - Volumen 164 de la Colección de Informes Técnicos del OIEA - , se sugiere como calendario probable para un primer proyecto nucleoelectrico iniciar las actividades que se mencionan y se limitan en "años antes de la operación de la central":

- A) Selección del sitio y del tipo de reactor:
11 años antes.
- B) Aprobación del sitio - entrega del informe - preliminar de seguridad - 8 años antes.
- C) Licencia de construcción : 6 años antes.)

4.3.4. OBLIGACIONES BASICAS DEL CONCESIONARIO DE LA LICENCIA.

El OIEA, en su Código de Práctica No. 50-C-G, establece las obligaciones básicas del solicitante de la licencia o concesionario de la misma para que pueda ejercitar -- las acciones que forman parte del proceso conocido:

- A) Velar por la aplicación de las normas de seguridad en relación con las actividades de selección del sitio, diseño, construcción, arranque, operación y cierre definitivo de la central;
- B) Respetar los intereses de la población en cuanto a la salud, seguridad y a las repercusiones que la central pueda tener sobre el medio, demostrando el cumplimiento a las normas establecidas cuantas veces lo requiera el órgano reglamentador;

- C) Conceder, al órgano reglamentador, cuanta información le requiera, en cualquier etapa del proceso y en función de un programa de entrega de información establecido previamente, -- ajustándose a lo recomendado en la Guía Regulatoria aplicable.

4.3.5. OBLIGACIONES BASICAS DEL ORGANO REGULADOR,

El OIDA recomienda que el órgano regulador se obligue a cumplir con lo siguiente:

- A) Determinar si la central nucleoelectrica propuesta por el solicitante no representa riesgos radiológicos indebidos para el personal de la central, para el público y para el medio ambiente, examinando y evaluando, desde el punto de vista de la seguridad los siguientes aspectos:
- a. El Informe Preliminar de Seguridad; el Informe Ambiental y el Informe Final de Seguridad, elaborado por el concesionario de la licencia.
 - b. Las características del sitio propuesto para el emplazamiento de una o más centrales nucleoelectricas.
 - c. La competencia y capacidad del solicitante de la licencia.

- d. Los programas de garantía de calidad y la organización relativa para la ejecución - de dichos programas.
 - e. Las disposiciones del solicitante para lograr la protección radiológica.
- B) Llevar a cabo inspecciones reglamentarias a - fin de verificar que el concesionario de la li cencia cumpla con los requisitos mínimos establecidos por el propio órgano, como son:
- a. Competencia para desempeñar las funciones que le incumben al personal contratado para cada etapa del proceso.
 - b. Obtención de calidad en las acciones y ren dimientos en los sistemas, estructuras y componentes, a lo largo del proceso.
 - c. La observancia de todas las especificaciones, códigos y prácticas aprobados por el órgano reglamentador, a lo largo del proce so.
 - d. La aplicación de medidas correctivas por - parte del concesionario de la licencia, -- cuando el órgano regulatorio lo solicite.
 - e. La documentación de resultados que sean --

producto de la experiencia adquirida por el concesionario, para informar al órgano regulador.

- C) Aplicar su autoridad para ordenar al concesionario que reduzca sus actividades cuando ello sea necesario por razones de seguridad.

4.4. LAS ACTIVIDADES DE REGULACION PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS EN MEXICO.

En nuestro país las actividades de regulación de centrales nucleoelectricas y la aplicación de medidas legislativas recomendadas por el OIEA, se fundamentan en la -- LEY REGLAMENTARIA DEL ARTICULO 27 CONSTITUCIONAL EN MATERIA NUCLEAR. Su aplicabilidad está asignada a la -- SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL -- (SEMIP), con las atribuciones, entre otras, de:

- I.- Fijar los lineamientos relativos al aprovechamiento y desarrollo de la energía y tecnología nucleares, de acuerdo con la política nacional de energía;
- II.- REGULAR LA SEGURIDAD NUCLEAR, RADIOLOGICA Y FISICA, Y LAS SALVAGUARDIAS, ASI COMO LA VIGILANCIA EN SU CUMPLIMIENTO;
- III.- Controlar el almacenamiento, transporte y depósito de combustibles nucleares y de desechos radiactivos.

(Artículo 18 de la Ley Reglamentaria).

El órgano regulador en México manifiesta su adhesión a los postulados del OIEA, al establecer su política en relación con la seguridad; en su artículo 19 (de la Ley Reglamentaria):

"La seguridad es primordial en todas las actividades que involucran a la energía nuclear y deberá tomarse en cuenta desde la planeación (selección de sitios), diseño, construcción y operación, hasta el cierre definitivo y desmantelamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas, así como en las disposiciones y destino final de todos sus desechos,"

y propone las siguientes definiciones que en este análisis resultan de gran interés:

"La SEGURIDAD NUCLEAR es el conjunto de acciones y medidas encaminadas a evitar que los equipos, materiales e instalaciones nucleares y su funcionamiento constituyan riesgos para la salud del hombre y sus bienes, o detrimentos en la calidad del ambiente." (ARTICULO 20)

"La SEGURIDAD RADIOLOGICA tiene por objeto proteger a los trabajadores, a la población y sus bienes, y al ambiente en general, mediante la prevención y limitación de los efectos que pudieran resultar de la exposición a la radiación

ionizante." (ARTICULO 21)

"La SEGURIDAD FISICA en las instalaciones nucleares o radiactivas tiene por objeto -- evitar actos intencionales que causen o pueden causar daños o alteraciones tanto a la salud o seguridad públicas, como el robo o empleo no autorizado de material nuclear o radiactivo." (ARTICULO 22)

"Las SALVAGUARDIAS tienen por objeto organizar y mantener un sistema nacional de registro y control de todos los materiales nucleares, a efecto de verificar que no se produzca desviación alguna de dichos materiales, - de usos pacíficos a la manufactura de armas nucleares u otros usos no autorizados." (ARTICULO 24)

4.4.1. LA COMISION NACIONAL DE SEGURIDAD NUCLEAR Y SALVAGUARDIAS (CNSNS).

La Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional asigna la función de autorizar el sitio, el diseño, la construcción, la operación, las modificaciones, el cese de operaciones, el cierre definitivo y el desmantelamiento, a la SEMIP, (artículo 26), con la condición de satisfacer los requisitos aplicables en cada etapa del proceso anterior, (artículo 26) y establece la existencia del órgano desconcentrado del gobierno y dependiente de la

propia SEMIP, que denomina: COMISION NACIONAL DE SEGURIDAD NUCLEAR Y SALVAGUARDIAS (CNSNS), con las siguientes atribuciones, (entre otras):

- I.- Vigilar la aplicación de las normas de seguridad nuclear, radiológica, física y salvaguardias, --- dentro del territorio y la aplicación de los tratados internacionales de los que México sea signatario;
- II.- Revisar, evaluar y autorizar las bases;
- III.- Emitir opinión, previa a la autorización de la -- SEMIP;
- IV.- Expedir, revalidar, reponer, modificar, suspender y revocar permisos y licencias;
- V.- Proponer normas, revisar y evaluar;
en relación con el proceso de selección de sitios, diseño, construcción, operación, modificación, cese de -- operaciones, cierre definitivo y desmantelamiento; --- además, de:
- VI.- Ordenar y practicar auditorías, inspecciones, verificaciones y reconocimientos para comprobar el cumplimiento y observancia de las disposiciones -- legales en materia de seguridad;
- VII.- Requerir y verificar la información y documentación

que estime pertinente. (ARTICULO 50)

4.4.2. PARTICIPACION DE OTRAS ENTIDADES OFICIALES EN MEXICO.

El Código de Práctica No. 50-C-G, del OIEA, propone la observancia de los siguientes aspectos importantes:

- A) El establecimiento de interacciones entre el Órgano regulador y otras entidades oficiales relacionadas con la salud, seguridad, protección del medio ambiente y la protección física.

Esta condición se cumple al estar establecida la interacción entre el Organismo Regulador y entidades oficiales como: SECRETARIA - DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA; SECRETARIA DE SALUD; SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS; SECRETARIA DE LA DEFENSA; - SECRETARIA DE MARINA; SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.

- B) La inclusión de consultores expertos dentro de la organización nucleoelectrónica, ya sea - que provengan de los órganos oficiales del - país miembro; de organizaciones internacionales, como el OIEA; de asociaciones técnicas - o centros de investigación o de participación privada. En nuestro país se aplica esta recomendación al tomar en cuenta la participación de entidades como: la Universidad -

Nacional Autónoma de México (Instituto de Ingeniería, Geofísica, Limnología); Instituto Politécnico Nacional; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada); Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; Instituto de Investigaciones Eléctricas.

- C) La creación de Comités Asesores, integrados por expertos independientes del órgano regulador, aunque procedentes de otras instituciones oficiales o privadas. En nuestro país se cumple esta proposición con la participación del Comité Intergerencial de Selección de Sitios de Comisión Federal de Electricidad; se tiene además, el proyecto de crear un Comité Intersecretarial conformado con representantes de las Secretarías de Estado, cuya participación sea directa en actividades de seguridad salud y protección física.

4.5. LAS ACTIVIDADES DE REGULACION EN ESTADOS UNIDOS.

La U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION es el órgano regulador en Estados Unidos de América; su participación se fundamenta legalmente en el "CODE OF FEDERAL REGULATIONS" y edita sus guías reguladoras con el propósito de cumplir con sus reglamentos vigentes en cuanto a la aplicación de las normas de seguridad en las áreas que más adelante se delimitan.

El "Code of Federal Regulations" ó "CFR" es un conjunto de reglas generales publicadas en el "Federal Register" por las Agencias y Departamentos ejecutivos del gobierno federal de Estados Unidos. El "CFR" está dividido en 50 títulos que representan amplias áreas sujetas a regulación. El título 10 - "Energía" - es el que corresponde a la parte que en este análisis nos interesa.

Las Guías Regulatoras tienen por objetivo delinear las técnicas usadas por el personal regulador para evaluar problemas específicos y de accidentes postulados y para que sirvan de guía para los solicitantes de permisos de construcción o de licencias de operación de centrales nucleoelectricas.

Las Guías Regulatoras en Estados Unidos de Norteamérica no son sustitutos de los reglamentos y no se requiere su obligado cumplimiento ya que son aceptables métodos y soluciones alternativas, distintas de las expuestas en las Guías, siempre y cuando el concesionario de la licencia proporcione las bases suficientes para la evaluación requerida para el otorgamiento o la continuación de un permiso o licencia por parte de la US-NRC.

4.5.1. CLASIFICACION DE LAS GUIAS REGULADORAS DE LA US-NRC.

Las Guías Regulatoras de la US-NRC se clasifican en 10 divisiones, que son:

DIVISION 1: REACTORES DE POTENCIA. Contiene las Guías
1.1. a la 1.145

- DIVISION 2: REACTORES DE INVESTIGACION Y PRUEBAS. Contiene las Guías 2.1 a la 2.6
- DIVISION 3: INSTALACIONES DE COMBUSTIBLES Y MATERIALES. Contiene las Guías 3.1 a la 3.43
- DIVISION 4: EMPLAZAMIENTOS Y CONSIDERACIONES AMBIENTALES. Contiene las Guías 4.1 a la 4.6
- DIVISION 5: PROTECCION DE MATERIALES Y PLANTAS. Contiene Guías 5.1 a la 5.58
- DIVISION 6: PRODUCTOS. Contiene las Guías 6.1 a la 6.8
- DIVISION 7: TRANSPORTACION. Contiene las Guías 7.1. a la 7.9
- DIVISION 8: CONSIDERACIONES DE SALUD PROFESIONAL. Contiene las Guías 8.1. a la 8.24
- DIVISION 9: REVISION ANTIMONOPOLIO Y FINANCIERA. Estas Guías no se incluyen en la referencia por tratar aspectos particulares del régimen legal de Estados Unidos.
- DIVISION 10: GENERALIDADES. Contiene las Guías 10.1 a la 10.8

4.5.2. GUIAS REGULADORAS DE LA US-NRC RELATIVAS A SITIOS Y SUS CONSIDERACIONES AMBIENTALES.

Las Guías Reguladoras del US-NRC que tienen aplicación

en la selección de Sitios para centrales nucleoelectricas se comentan brevemente con el propósito de que se conozca su contenido:

GUIA 4.1. PROGRAMAS PARA MONITOREO DE RADIATIVIDAD EN LOS ALREDEDORES DE CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

CONTENIDO: Principios básicos para establecer el programa de monitoreo de radiactividad en los alrededores de centrales nucleoelectricas, en sus fases preoperacional y operacional, destinado a demostrar que las descargas de la central y las dosis resultantes satisfacen el criterio de ser tan baja como sea prácticamente factible.

GUIA 4.2. PREPARACION DE REPORTES AMBIENTALES PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

CONTENIDO: Información necesaria para la evaluación del impacto potencial de la central nucleoelectrica sobre el medio ambiente como consecuencia de la construcción y operación de la central, incluyendo los efectos de contaminación térmica y radiológica.

GUIA 4.4. PROCEDIMIENTO PARA REPORTAR LOS MODELOS MATEMATICOS SELECCIONADOS PARA PREDECIR LA DISPERSION DE EFLUENTES TERMICOS EN CUERPOS DE AGUA NATURALES.

CONTENIDO: Procedimiento para la preparación de un reporte, en forma de Apéndice del Reporte Ambiental, que proporcione los detalles de -- los modelos matemáticos usados en la evaluación de la interacción de las descargas de agua caliente de la planta con el medio ambiente.

GUIA 4.5 MEDICIONES DE RADIONUCLIDOS EN EL MEDIO AMBIENTE. MUESTREO Y ANALISIS DE PLUTONIO EN EL SUELO.

CONTENIDO: Describe muestreos y procedimientos analíticos para monitorear adecuadamente el inventario de plutonio depositado en las cercanías de las plantas nucleares. Está complementada con el Apéndice A: "Muestreo del -- suelo y preparación de las muestras de suelo", y el Apéndice B: "Análisis radioquímico de plutonio en el suelo."

GUIA 4.6 MEDICION DE RADIONUCLIDOS EN EL AMBIENTE: - ANALISIS DE ESTRONCIO-89 Y ESTRONCIO-90.

CONTENIDO: Selección de procedimientos analíticos con la sensibilidad y precisión requeridas para la determinación, en diversos medios, de -- los niveles de Sr-89 y Sr-90 (Radionúclidos que son motivo de preocupación por su tendencia a acumularse en los tejidos óseos).

**GUIA 4.7 CRITERIOS GENERALES SOBRE LA CONVENIENCIA -
DE UN EMPLAZAMIENTO PARA PLANTAS NUCLEARES_
DE POTENCIA.**

CONTENIDO: Discute las características más importantes del sitio, relacionadas con la salud y seguridad públicas y aspectos del medio ambiente, que son considerados por el personal de la NRC en la determinación de lo adecuado - del emplazamiento, en el caso de centrales nucleares de potencia enfriadas con agua ligera y enfriados con gas a alta temperatura.

**GUIA 4.8 ESPECIFICACIONES TECNICAS AMBIENTALES PARA_
CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.**

CONTENIDO: Lineamientos para la preparación de las especificaciones técnicas ambientales propuestas para una central nucleoeléctrica, las - cuales deben incluir las condiciones límite de operación, el programa de vigilancia ambiental y los controles administrativos establecidos para la protección del ambiente.

**GUIA 4.11 ESTUDIOS AMBIENTALES TERRESTRES PARA CENTRA_
LES NUCLEOELECTRICAS.**

CONTENIDO: Información técnica para el diseño y ejecución de los estudios ambientales terrestres para centrales nucleoeléctricas, en sus cual

tro fases: selección de sitios, estudios de base de comparación, monitoreo durante la construcción y monitoreo durante la operación.

GUIA 4.13 ESPECIFICACIONES DE COMPORTAMIENTO, PRUEBAS Y PROCEDIMIENTOS PARA DOSIMETRIA POR TERMO-LUMINISCENCIA: APLICACIONES AMBIENTALES.

CONTENIDO: Requerimientos y recomendaciones para las especificaciones del comportamiento, procedimientos de prueba y calibración, procedimientos de campo y procedimiento de los reportes para las mediciones de radiación X y gamma en las cercanías de la planta por medio de dosímetros termoluminiscentes. Respalda al ANSI N545-1975, con algunos complementos.

4.6 APLICACION DE LA SEGURIDAD EN LA LOCALIZACION, EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.

La seguridad de las centrales nucleoelectricas puede conseguirse mediante la aplicación de un nivel adecuado de calidad en cada una de las etapas de proceso: selección de sitio, diseño, construcción, arranque, operación y cierre definitivo. El problema radica, entonces, en saber cómo alcanzar la suficiente calidad de modo de poder garantizar que, durante la operación y el cierre definitivo de la central, el riesgo que se produzca un suceso que origine liberación de material radiactivo y genere consecuencias radiológicas, sea mínimo para la población de la región.

Al esperar que se produzca un "riesgo mínimo" se acepta que no es posible lograr una calidad a toda prueba en las distintas acciones, sistemas, estructuras y componentes que exige cada una de las etapas del proceso mencionado. En las actividades de localización y selección de sitios para centrales nucleoelectricas se pretende garantizar la calidad "tan razonablemente como sea posible" en función de la aplicación de criterios técnico-económicos, ambientales y socio-políticos, según se establezca en los códigos, guías y procedimientos aplicables al respecto.

Actualmente los métodos de análisis de riesgos para centrales nucleoelectricas están aún en etapa de desarrollo. En ellos se considera la serie completa de etapas en que consiste un proceso dado, se analizan todos los sucesos-iniciadores del riesgo probable, se detectan sus evoluciones y se asignan valores numéricos a su probabilidad de ocurrencia determinando las consecuencias para los individuos, en particular, y para la población, en general.

4.6.1. EVALUACION DEL SITIO.

Es una práctica usual, impuesta por los órganos reguladores a los solicitantes de licencias, que para la construcción de una central nucleoelectrica sea condición indispensable presentar una evaluación del sitio donde se demuestre que dicha central puede construirse y operarse bajo condiciones de seguridad aceptables.

La evaluación debe basarse en criterios y condiciones im

puestas por el órgano regulador que se orientan a la obtención de datos que se aplican en el diseño de la central y previenen la aparición de problemas durante la operación normal de la central o en condiciones de accidente y/o de emergencia.

Para el cumplimiento de las disposiciones del órgano regulador, el solicitante de la licencia de construcción debe presentar los documentos denominados: "Informe Preliminar de Seguridad" y el "Informe Ambiental", que contiene la información relativa al sitio, a la central nucleoelectrónica, a su diseño, al análisis de accidentes y a las disposiciones para reducir al mínimo el riesgo para la población y para el personal del emplazamiento.

Al determinar si un sitio es definitivo para construir en él una central nucleoelectrónica, es necesario tener en cuenta los efectos de la región sobre la central, los efectos de la central sobre la región y todos los aspectos relativos a la población.

En base a ello el solicitante de la licencia debe tener en cuenta la obtención de valores que corresponden y caracterizan a los sucesos exteriores, ya sean estos naturales o imputables al hombre y seleccionarlos para el diseño de la totalidad o de una parte de la central.

De lo anterior, el solicitante de la licencia, para dar cumplimiento a los ordenamientos del órgano regulador, debe tener en cuenta la realización de las actividades siguientes en la selección y evaluación de sitio:

.1 Obtener del sitio toda la información posible:

En este caso es conveniente conocer:

- la frecuencia, intensidad y evolución de los fenómenos naturales, que se presentan en la región y en el sitio, para clasificarlos y deducir bases de diseño.

Para ello además de efectuar mediciones directas es necesario acudir a la información bibliográfica existente, y de no contar con una información fidedigna o completa está permitido definir el suceso tipo de otras regiones similares a la que se estudia.

Los fenómenos naturales de importancia deben describirse en términos que se puedan utilizar como información para deducir las bases de diseño de la central.

.2 Examinar la región poniendo especial atención en todas aquellas instalaciones y actividades humanas, que, en determinadas circunstancias, puedan constituir un peligro para la central nucleoelectrica.

Es conveniente considerar los posibles cambios que en el uso de la tierra se haga o pueda hacerse durante la vida útil de la central que pudieran entrañar un riesgo elevado.

Además de la observación directa es necesario acudir a la información bibliográfica existente o -- utilizar información de regiones similares para definir el suceso tipo y, consecuentemente, la base de diseño.

- .3 Estimar el valor de las liberaciones previstas o potenciales, de materiales radiactivos, de acuerdo con el tipo de central a instalar.

Evaluar cuales son las vías directas y las indirectas por las que los materiales radiactivos liberados de la central puedan llegar al hombre y afectarlo; aquí deben considerarse las características excepcionales que puedan facilitar el tránsito de las liberaciones radiactivas.

- .4 Estudiar la región evaluando las características y distribución, actual y futura, de la población, incluyendo el uso de la tierra y agua para cerciorarse que durante la operación normal de la central la exposición radiológica a la que estará sujeta la población será al nivel mas bajo que, razonablemente sea posible, ajustándose a los requisitos nacionales o internacionales pactados; -- así mismo, en la suposición de ocurrencia de un accidente, incluyendo el que lleve a situaciones de emergencia, el riesgo radiológico resultante debe ser tan bajo que deba ajustarse a los requisitos vigentes tanto nacional como internacionalmente.

En todos los casos, los organismos reguladores recomiendan utilizar métodos reconocidos para la determinación de los sucesos de los cuales deban deducirse las bases de diseño; que la región a la -- que se aplique los estudios deban ser lo suficientemente amplias de modo de poder englobar todas -- las características y zonas que contribuyen, o pueden hacerlo, a determinar el suceso tipo y sus características.

Resulta congruente que si después de efectuada una evaluación se manifiesta que no es posible proveer medidas adecuadas para satisfacer los requisitos -- de seguridad aplicables, será necesario considerar inadecuado el sitio para ubicar una central nuclear eléctrica.

4.6.2. ALGUNOS SUCESOS EXTERIORES QUE DEBEN SER EVALUADOS PARA DETERMINAR LA BASE DE DISEÑO. CRITERIO DEL OIEA.

- .1 Inundaciones debidas a precipitaciones.
- .2 Olas producidas por seiches y tsunamis.
- .3 Fallas en la corteza terrestre.
- .4 Inestabilidad de taludes.
- .5 Hundimiento, subsidencia o levantamiento del terreno en el sitio.
- .6 Sismicidad.
- .7 Licuefacción del subsuelo.
- .8 Tornados.
- .9 Huracanes.
- .10 Fenómenos diversos (vulcanismo, nieve, hielo, gra-

nizo, congelación de agua, vientos violentos, rayos, etc.)

- .11 Accidentes por aeronaves.
- .12 Explosiones químicas.

4.6.3. ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL SITIO QUE INFLUYEN EN LOS EFECTOS DE LA CENTRAL NUCLEOELECTRICA SOBRE LA REGION.

- .1 Dispersión atmosférica.
- .2 Dispersión en las aguas superficiales.
- .3 Dispersión en las aguas subterráneas.
- .4 Distribución de la población.
- .5 Uso del suelo y de las aguas en la región.
- .6 Radiactividad ambiental.

4.7. INFORMES QUE SE PRESENTAN PARA LA SOLICITUD DE LA LICENCIA DE CONSTRUCCION DE UNA CENTRAL NUCLEOELECTRICA.

El proceso de localización, evaluación y selección de sitios para centrales nucleoelectricas concluye con la elaboración del INFORME PRELIMINAR DE SEGURIDAD (IPS) y con la elaboración del INFORME AMBIENTAL (IA), documentos que servirán para apoyar la solicitud de la licencia al organismo regulador.

En el IPS se describe la central nucleoelectrica elegida, se especifica la normativa que se empleará para el diseño, construcción y operación así como los planes de garantía de calidad que se aplicarán durante toda la vida útil de la central. Así mismo, en el IA se demues-

tra que la operación de la central no afecta de manera adversa al medio que la circunda.

Un Informe Preliminar de Seguridad típico debe contener una descripción general de los siguientes aspectos.

1. Características generales de la Planta.
2. Características del Sitio.
3. Criterios de Diseño.
4. Reactor.
5. Sistemas para Enfriamiento del Reactor.
6. Características de Seguridad.
7. Instrumentación y Control.
8. Sistemas Eléctricos.
9. Sistemas Auxiliares.
10. Sistemas de Vapor y Conversión de Potencia.
11. Manejo de Desechos Radiactivos.
12. Protección Radiológica.
13. Organización para la Operación de la Planta.
14. Pruebas iniciales y Operación.
15. Análisis de Accidente.
16. Especificaciones Técnicas.
17. Garantía de Calidad.

El papel de la CNSNS durante esta etapa del permiso de construcción consiste en revisar que los criterios de diseño, construcción y operación estén de acuerdo con los códigos y reglamentos adoptados. Dado que Laguna Verde nos presenta la primera experiencia en el campo de las instalaciones nucleares para producir energía eléctrica, se acordó aplicar la normativa vigente en -

el país de origen del proveedor del reactor y tiene - -
aplicación el "10 CFR" y las Guías de Seguridad del - -
US-NRC.

Como ejemplo de los aspectos más importantes que se re-
visan durante esta fase, están los relacionados con el
sitio donde se construirá la instalación, incluyendo --
los parámetros que pueden afectar al diseño, entre - --
otros: la sismología del lugar, la meteorología severa -
(el huracán máximo que puede presentarse) y otros aspec-
tos de interés. También se revisa la información rela-
tiva a la distribución de la población actual y futura.

La revisión de los informes incluye la formación de pre-
guntas al solicitante de la licencia (CFE) a fin de eli-
minar las dudas existentes en los documentos, especifi-
car modificaciones al diseño o imponer requisitos adicio-
nales en caso de considerar que los actuales no garanti-
zan la seguridad del público. Después de la revisión -
de estos informes se envía un dictamen técnico a la - -
SEMIP a fin de que ésta decida si procede otorgar el --
permiso de construcción. El dictamen incluye recomenda-
ciones y conclusiones sobre la seguridad de la instala-
ción.

Una vez decidido que así procede, la SEMIP otorga el --
permiso de construcción. Durante la construcción, la -
CNSNS vigila mediante inspecciones y auditorías que la -
planta se construya de acuerdo con lo establecido tanto
en los informes de seguridad como en el permiso de cons-
trucción (al cual se le anexas las condiciones que se -

consideren apropiadas).

Una vez finalizado el diseño detallado de la instalación el usuario, (CFE), está en condiciones de solicitar la licencia de operación, para la cual debe de enviar a la CNSNS otro informe detallado sobre la seguridad de la central. Este informe contiene la misma información que el informe preliminar, solamente que dicha información ya no tiene un carácter genérico sino que es específica de la instalación que se está revisando.

La CNSNS revisa este nuevo documento, ahora con mucho más detalle dado que las condiciones de operación reales están descritas en este informe; se revisan también los criterios que serán aplicados en las pruebas preoperacionales, en las pruebas de arranque y en la operación comercial (que en el primer informe fueron genéricas) y las especificaciones técnicas que regirán la operación de la instalación. Se evalúa también el alcance de las actividades que el solicitante de la licencia (CFE) se propone desarrollar en relación con las inspecciones a los componentes importantes para la seguridad durante la vida de la instalación (inspección en servicio).

Cuando el avance de la construcción es tal que pueden iniciarse pruebas de equipos y componentes relacionados con la seguridad, la CNSNS atestigua la realización de las pruebas y analiza los resultados a fin de verificar que el equipo satisface los criterios de diseño.

Con el fin de fundamentar el otorgamiento de la Licencia de Operación, la CNSNS elabora un dictamen técnico con recomendaciones y conclusiones, el cual es turnado a la SEMIP, quién finalmente decide si procede otorgar dicha licencia.

De igual manera, durante todo el período de operación de la Central, se mantendrá la supervisión independiente de la CNSNS para practicar el cumplimiento de los procedimientos y prácticas aprobadas.

A continuación se indican los temas tratados en el Informe Preliminar de Seguridad y en el Informe Ambiental, de acuerdo con la presentación propuesta por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

4.7.1. INFORME PRELIMINAR DE SEGURIDAD.

1.0. Datos de diseño.

1.1. Criterios y bases de diseño para la central nucleoelectrónica.

2.0. Características del Sitio.

2.1. Geografía

2.1.1. Nombre del sitio.

2.1.2. Localización del sitio:

Estado;

Municipio;

Región;

2.1.3. Ubicación del sitio:

Latitud;

Longitud;

Coordenadas Universales Transversales de Mercator;
Altitud Media sobre el Nivel del Mar.

2.1.4. Descripción del sitio:
Características prominentes. (las naturales y las hechas por el hombre).

3.0. Topografía

3.1. Planimetría;

3.2. Altimetría;

3.3. Batimetría;

4.0. Geotécnica

4.1. Geología

4.1.1. Geología Regional y Local.

Fisiografía;

Estratigrafía;

Estructura Geológica;

Tectónica.

4.2. Geofísica

4.2.1. Estructura del Terreno y Propiedades Dinámicas del sitio: (Determinación de parámetros para cada estructura características del terreno, a través de la prospección geoelectrica y sísmica de refracción).

Resistividad;

Espesor del estrato;

Profundidad al techo;

Velocidad de onda de compresión;

Parámetros dinámicos:
Velocidad transversal;
Relación de Poisson (μ);
Módulo de Young (G);
Módulo de corte (E);
Módulo de compresibilidad (k);

4.3. Mecánica de rocas y suelos.

4.3.1. Propiedades físicas,

4.3.2. Propiedades mecánicas e índice.

Porcentaje de recuperación (%);
Índice de calidad de la roca; (RQD)
Peso volumétrico (γ)
Índice de alteración; (i)
Porosidad de fisuración; (n)
Relación de vacíos (e)
Contenido de agua (w)
Densidad de sólidos (S_s)
Resistencia a la compresión simple (Rc)
Resistencia a la tensión (Rt)
Resistencia al corte simple (Rs)
Módulo de deformabilidad (E)

5.0. Sismología.

5.1. Predicción de la aceleración horizontal máxima en el sitio;

Identificación de provincias y estructuras tectónicas;
Análisis de datos de sismicidad instrumental;
Análisis de datos de sismicidad histórica;
Identificación de eventos sísmicos representativos --
para cada provincia y estructura tectónica.

Estimación de la magnitud sísmica máxima creíble.
Estimación de la magnitud sísmica máxima probable.
Cálculo de la aceleración horizontal máxima en el sitio.

Determinación de:

Sismo de paro seguro;
Sismo base de diseño;
Sismo base de operación;
Espectros de respuesta.

5.2. Datos de fallas.

Para cada falla:

Nombre y zona de la falla;
Distancia de la falla al sitio;
Aceleración horizontal máxima (g);
Temblores máximos históricos;
Temblor máximo probable;
Temblor máximo creíble;

6.0. Hidrología.

6.1. Hidrología superficial

6.1.1. Hidrografía. (Ríos, Lagos, Lagunas, Esteros).

6.1.2. Hidrometría.

6.1.3. Sitios de captación propuestas.

6.2. Hidrología Subterránea.

6.2.1. Apoyo Geológico.

Unidades hidrogeológicas regionales;
Unidades hidrogeológicas locales (acuíferos);

Variación del nivel freático.

6.3. Climatología.

Precipitación máxima probable (inundación)

6.4. Características físico-química, bacteriológica y radiológica del agua.

7.0. Oceanografía

7.1. Características físicas de la costa.

7.2. Elevación de nivel del mar por:

7.2.1. Mareas astronómicas.

Nivel de pleamar máximo registrado;

Nivel de pleamar medio;

Nivel medio del mar;

Nivel de bajamar mínimo registrado;

Nivel de bajamar medio;

Nivel de bajamar mínimo;

Rango de marea máxima;

Rango de marea media;

Tipo de marea: diurna, nocturna, mixta.

7.2.2. Condiciones meteorológicas:

Huracán máximo probable (HMP);

Huracán estándar de diseño (HED);

Elevación del nivel del mar por huracán;

Elevación por campo de presión;

7.2.3. Tsunámis.

- 7.3. Oleaje
- 7.3.1. Oleaje local
- Altura máxima y mínima registrada;
 - Altura máxima y mínima promedio;
 - Altura media;
 - Altura predominante;
 - % de ocurrencia;
 - Lapso de ocurrencia
- Dirección de incidencia predominante
- % de ocurrencia;
 - Lapso de ocurrencia;
- Dirección de incidencia sub-predominante I
- % de ocurrencia
 - Lapso de ocurrencia
- Dirección de incidencia sub-predominante II.
- % de ocurrencia.
 - Lapso de ocurrencia
- Período de oleaje:
- Máximo registrado: día, hora, altura de ola, dirección;
 - Mínimo registrado: día, hora, altura de ola, dirección;
- Período promedio (o rango);
- Período más frecuente.
- 7.3.2. Oleaje significativo (H1/3)
- Altura de ola máxima y mínima;
 - Mes en que ocurre;
 - Altura media.
- 7.3.3. Corrientes costeras (superficial, medio fondo y fondo).
- Dirección dominante, subdominantes I y II;

Frecuencia %;
Rango de la velocidad dominante en esas direcciones.

7.3.4. Parámetros Físico-Químicos del Agua de Mar.
Temperatura (superficial, medio fondo y fondo);
Máxima y mínima registrada;
Fecha;
Ubicación;
Máxima promedio;
Mínima promedio;
Media;
% de ocurrencia arriba de la media;
% de ocurrencia abajo de la media;
Temperatura más frecuente.
% de ocurrencia
Lapso de ocurrencia
Transparencia
Transparencia máxima y mínima
Rango
Meses en que ocurre
Sedimentos en suspensión
Máxima y mínima concentración
Profundidad
Ubicación
Fecha
Profundidad con:
Mayor concentración
Valor
Ubicación
Menor concentración

Valor

Ubicación

Mes con mayor concentración,

Mes con menor concentración;

Rango de concentración

Conductividad:

Conductividad máxima y mínima.

Profundidad;

Fecha;

Hora;

Ubicación (superficial, media, fondo);

Boya (identificación);

Temperatura;

Salinidad;

Conductividad máxima, mínima y media.

Superficial;

Media;

Fondo.

7.4. Condiciones de diseño.

7.4.1. Nivel máximo y mínimo del agua.

‡ de ocurrencia;

Lapso de ocurrencia;

7.4.3. Nivel medio del agua.

7.4.4. Temperatura de diseño para el sistema de agua de circulación.

7.4.5. Temperatura de diseño para el sistema de enfriamiento de servicios esenciales del núcleo.

7.4.6. Incremento de temperatura en el condensador por circulación del agua proveniente de la descarga.

7.4.7. Transporte de litoral y sedimentos en suspensión. -
(Evaluación cualitativa).

8.0. Meteorología

8.1. Climatología regional.

Huracán máximo probable;

Huracán de diseño;

Tornado de diseño;

Transporte eólico;

Granizo;

Tormentas eléctricas;

Nieve.

8.2. Climatología Local.

Temperatura ambiente ;

Temperatura promedio anual;

Temperatura máxima extrema;

Temperatura mínima extrema;

Humedad relativa ;

Humedad promedio anual;

Humedad máxima extrema;

Humedad mínima extrema;

Punto de rocío: ;

Temperatura promedio;

Temperatura promedio máxima;

Temperatura mínima extrema;

Precipitación:

Precipitación máxima probable

Precipitación de diseño

Estación de lluvias

Viento:

Dirección dominante (Rumbo y frecuencia);
Velocidad promedio ;
Velocidad máxima promedio ;
Estabilidad atmosférica:
Estación de secas (Categoría, % y mes/mes);
Estación de lluvias (Categoría, % y mes/mes);
Difusión Atmosférica.

- 9.0. Demografía e instalaciones existentes.
- 9.1. Demografía
 - 9.1.1. Distribución de la población:
 - En un radio de 80 km del sitio;
 - En un radio de 15 km del sitio;
 - En un radio de 10 km del sitio;
 - Centros de población más cercanos (80 km. radio);
 - Densidad de población (15 y 45 km de radio);
 - 9.2. Instalaciones existentes (descripción, ubicación).
 - 9.2.1. Vías de comunicación y navegación.
 - Puertos marítimos comerciales;
 - Carreteras;
 - Ferrocarriles;
 - Aeropuestos.
 - 9.2.2. Depósitos de gasolina, diesel, gas, petróleo.
 - 9.2.3. Bióxido de carbono y ácido sulfúrico.
 - 9.2.4. Gasoductos
 - 9.2.5. Oleoductos
 - 9.2.6. Plataformas petroleras
 - 9.2.7. Centros termoeléctricos

- 9.2.8. Otras centrales.

- 9.3. Evaluación de accidentes potenciales;
Determinación de eventos base de diseño;
Efectos de los eventos base de diseño.

- 10.0. Accesos al sitio.
- 10.1. Carreteras
- 10.2. Ferrocarriles
- 10.3. Aéreos
- 10.4. Marítimos
- 10.5. Pluviales

- 11.0 Líneas de transmisión y energía para construcción.

4.7.2. INFORME AMBIENTAL.

El informe ambiental que debe presentarse para efectos de licencia miento ante el organismo regulador mexicano debe contener la infor mación que se presenta en el siguiente cuadro:

CAPITULO I.

El sitio e interfase ambientales.

- 1.1. Geografía y Demografía:
Localización y Descripción del sitio;
Distribución de la población;
Usos de tierras y aguas adyacentes.

- 1.2. Ecología.

- 1.3. Meteorología

- 1.4. Hidrología
- 1.5. Geología
- 1.6. Características históricas, arqueológicas, arquitectónicas, culturales, naturales y escénicas.

CAPITULO II.

La Planta.

- 2.1. Puntos de liberación de efluentes.
- 2.2. Características del reactor y de la turbina.
- 2.3. Uso del agua por la planta.
- 2.4. Sistema de disipación de calor.
- 2.5. Término fuente y sistemas para tratamiento de desechos radiactivos.
 - Término fuente;
 - Sistemas para tratamiento de desechos radiactivos - líquidos;
 - Sistemas para tratamiento de desechos radiactivos - gaseosos;
 - Sistemas para tratamiento de desechos radiactivos - sólidos;
 - Vigilancia de procesos y efluentes.
- 2.6. Desechos de productos químicos y biocidas.
- 2.7. Sistema sanitario y otros sistemas de desechos.
- 2.8. Reporte de movimiento de material radiactivo.

CAPITULO III.

Efectos.

Efectos ambientales de la operación de la planta.

- 3.1. Efectos de la operación del sistema de disipación de calor.
Reglamentos y limitaciones para el control de la calidad de aguas;
Efectos físicos;
Efectos biológicos;
Efectos de las instalaciones para disipación de calor.
- 3.2. Efectos radiológicos debido a la operación rutinaria.
Rutas de exposición;
Radiactividad en el ambiente;
Estimación de la rapidez de dosis para biota diferente al hombre;
Estimación de la rapidez de dosis para el hombre;
Resumen de dosis anual.
- 3.3. Efectos de las descargas de productos químicos y biocidas.
- 3.4. Efectos de las descargas de desechos sanitarios.
- 3.5. Efectos de la operación y mantenimiento de los sistemas de transmisión de energía eléctrica.
- 3.6. Paro definitivo y desmantelamiento.

CAPITULO IV.

Programas y monitoreo, mediciones ambientales y de efluentes.

- 4.1. Programas ambientales preoperacionales del solicitante.
Aguas superficiales;
Aguas subterráneas;
Aire;

Tierra;
Monitoreo radiológico;

- 4.2. Programas de monitoreo operacional propuesto por el -
solicitante.
- 4.3. Programas de monitoreo y medidas ambientales ajenos al
solicitante.
- 4.4. Datos del monitoreo radiológico ambiental prooperacio-
nal.

CAPITULO V.

Efectos ambientales debidos a accidentes.

- 5.1. Accidentes de la planta que implican liberación de --
radiactividad.
- 5.2. Accidentes de transporte que involucran radiactividad.
- 5.3. Otros accidentes.

CAPITULO VI.

Controles administrativos.

- 6.1. Responsabilidad.
- 6.2. Organización.
- 6.3. Revisión y auditoría.
- 6.4. Procedimientos de operación y especificaciones de los
informes.

Las actividades adicionales al concluir la etapa 4 del
proceso de selección de sitios pueden ser la verifica-

ción de mediciones de campo; la complementación de las mismas, sobre todo en especialidades en donde a mayor abundancia de datos hay mayor exactitud en los resultados (sismología instrumental, oceanografía, meteorología, monitoreo radiológico) que, de hecho, es una actividad que deberá continuar efectuándose durante la vida útil de la central. Así mismo, deberán hacerse las adquisiciones del predio, de los derechos de vía, etc.

A P E N D I C E IV-1

LISTA PROVISIONAL DE TÍTULOS DEL PROGRAMA 'NUSS'

1. ORGANIZACIONES NACIONALES.

CODIGO DE PRACTICA No. 50-C-6

ORGANIZACIONES NACIONALES PARA LA REGLAMENTACION DE LAS CENTRALES NUCLEARES.

GUIAS DE SEGURIDAD:

No. 50-SG-G1

CALIFICACIONES Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL DEL ORGANO REGLAMENTADOR DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-G2

INFORMACIÓN QUE HA DE PRESENTARSE EN APOYO DE LAS SOLICITUDES DE LICENCIA PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-G3

CUMPLIMIENTO DE LOS TRÁMITES REGLAMENTARIOS DE EXAMEN Y EVALUACIÓN DURANTE EL PROCESO DE CONCESIÓN DE LICENCIAS PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-G4

FUNCIONES DE INSPECCION Y COERCIÓN QUE CORRESPONDEN AL ORGANO REGLAMENTADOR DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-66

MEDIDAS DE LAS AUTORIDADES PÚBLICAS EN PREVISION DE SITUACIONES DE EMERGENCIA EN CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-68

LICENCIAS PARA CENTRALES NUCLEARES: CONTENIDO, FORMA Y CONSIDERACIONES JURIDICAS.

No. 50-SG-69

PROMULGACION DE LOS REGLAMENTOS Y GUIAS POR EL ORGANO REGLAMENTADOR DE CENTRALES NUCLEARES Y SUS OBJETIVOS.

2. SITIO.

CODIGO DE PRACTICA No. 50-C-S

SEGURIDAD EN EL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

GUIAS DE SEGURIDAD:

No. 50-SG-S1

TERREMOTOS Y CUESTIONES CONEXAS EN RELACION CON EL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-S2

ANALISIS Y ENSAYO SISMICO DE LAS CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-S3

DISPERSION ATMOSFERICA EN RELACION CON EL EMPLAZAMIENTO DE

CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-S4

SELECCION Y EVALUACION DEL SITIO PARA CENTRALES NUCLEARES DES
DE EL PUNTO DE VISTA DE LA DISTRIBUCION DE LA POBLACION.

No. 50-SG-S5

SUCESOS EXTERIORES IMPUTABLES AL HOMBRE EN RELACION CON EL EM
PLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-S6

DISPERSION HIDROLOGICA DE SUSTANCIAS RADIATIVAS EN RELACION-
CON EL SITIO.

No. 50-SG-S7

ASPECTOS HIDROGEOLOGICOS DEL SITIO.

No. 50-SG-S9

ESTUDIO DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-S10A

INUNDACIONES TIPO EN EL CASO DE CENTRALES NUCLEARES EMPLAZA -
DAS JUNTO A RIOS.

No. 50-SG-S10B

INUNDACIONES TIPO EN EL CASO DE CENTRALES NUCLEARES EMPLAZA -
DAS EN LA COSTA.

No. 50-SG-S11A

SUCESOS METEOROLOGICOS EXTREMOS EN RELACION CON EL SITIO, EX-
CLUIDOS LOS CICLONES TROPICALES.

No. 50-SG-S11B

CICLÓN TROPICAL TIPO PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-S12

ASPECTOS DEL EMPLAZAMIENTO RELACIONADOS CON LA PROTECCION RA-
DIOLÓGICA.

3. DISEÑO.

CODIGO DE PRACTICA No. 50-C-D

DISEÑO PARA LA SEGURIDAD DE CENTRALES NUCLEARES.

GUIAS DE SEGURIDAD:

No. 50-SG-D1

FUNCIONES DE SEGURIDAD Y CLASIFICACION DE COMPONENTES DE -
REACTORES DE AGUA EN EBULLICION, DE AGUA A PRESION Y DE TU -
BOS DE PRESION EN CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D2

PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D3

SISTEMA DE PROTECCION Y DISPOSITIVOS CONEXOS EN CENTRALES NU

CLEARES.

No. 50-SG-D4

PROTECCION CONTRA PROYECTILES DE PROCEDENCIA INTERIOR Y SUS -
EFECTOS SECUNDARIOS EN CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D5

SUCESOS IMPUTABLES AL HOMBRE EN RELACION CON EL DISEÑO DE --
CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D6

SUMIDERO FINAL DE CALOR Y SISTEMAS DIRECTAMENTE RELACIONADOS-
DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D7A

SISTEMAS DE EMERGENCIA DE SUMINISTRO DE ENERGIA EN CENTRALES-
NUCLEARES.

No. 50-SG-D8

INSTRUMENTACION Y CONTROL DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D9

CUESTIONES DE DISEÑO RELACIONADAS CON LA PROTECCION RADIOLOGI
CA EN CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D10

SISTEMAS DE MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO DEL COMBUSTIBLE EN-
CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D11

PRINCIPIOS GENERALES DE DISEÑO PARA LA SEGURIDAD DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D12

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN DE LOS REACTORES DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D13

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE LOS REACTORES DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-D14

DISEÑO PARA LA SEGURIDAD DE LOS NÚCLEOS DE REACTORES DE CENTRALES NUCLEARES.

4. EXPLOTACION.

CODIGO DE PRACTICA No. 50-C-0:

SEGURIDAD EN LA EXPLOTACION DE CENTRALES NUCLEARES, INCLUSIVE SU PUESTA EN SERVICIO Y SU CIERRE DEFINITIVO.

GUIAS DE SEGURIDAD:

No. 50-SG-01

PLANTILLA DE PERSONAL PARA CENTRALES NUCLEARES Y CONTRATACION CAPACITACION Y AUTORIZACION DE SU PERSONAL DE EXPLOTACION.

No. 50-SG-02

INSPECCIÓN DURANTE EL SERVICIO EN CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-03

LÍMITES Y CONDICIONES OPERACIONALES PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-04

PROCEDIMIENTOS DE PUESTA EN SERVICIO PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-05

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DURANTE LA EXPLOTACIÓN DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-06

MEDIDAS DE LA ENTIDAD EXPLOTADORA PARA CASOS DE EMERGENCIA EN CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-07

MANTENIMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-08

VIGILANCIA DE ELEMENTOS DE IMPORTANCIA PARA LA SEGURIDAD - DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-09

GESTIÓN DE CENTRALES NUCLEARES PARA SU EXPLOTACIÓN EN CONDICIONES DE SEGURIDAD.

No. 50-SG-010.

GESTION DEL NUCLEO, MANIPULACION DEL COMBUSTIBLE Y SERVICIOS CONEXOS EN CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-011.

GESTION OPERACIONAL DE EFLUENTES Y DESECHOS RADIOACTIVOS PROCEDENTES DE CENTRALES NUCLEARES.

5. GARANTIA DE CALIDAD.

CODIGO DE PRACTICA No. 50-C-QA:

GARANTIA DE CALIDAD PARA LA SEGURIDAD EN LAS CENTRALES NUCLEARES.

GUIAS DE SEGURIDAD:

No. 50-SG-QA1

ELABORACION DEL PROGRAMA DE GARANTIA DE CALIDAD PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-QA2

SISTEMA DE DOCUMENTACION DE GARANTIA DE CALIDAD PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-QA3

GARANTIA DE CALIDAD EN LA ADQUISICION DE EQUIPO Y SERVICIOS PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-QA4

GARANTIA DE CALIDAD DURANTE LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL-SITIO PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-QA5

GARANTIA DE CALIDAD DURANTE LA EXPLOTACION DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-QA6

GARANTIA DE CALIDAD EN EL DISEÑO DE CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-QA7

ORGANIZACION DE LA GARANTIA DE CALIDAD PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-QA8

GARANTIA DE CALIDAD EN LA FABRICACION DE EQUIPO PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-QA10

AUDITORIA DE GARANTIA DE CALIDAD PARA CENTRALES NUCLEARES.

No. 50-SG-QA11

GARANTIA DE CALIDAD EN LA ADQUISICION, DISEÑO Y FABRICACION-DE ENSAMBLES COMBUSTIBLES NUCLEARES.

A P E N D I C E I V - 2

LISTA DE TEMAS PROPUESTOS POR EL OIEA PARA ELABORAR REGLAMENTOS Y GUIAS.

- 1) EMPLAZAMIENTO.
- 2) DISEÑO
- 3) CONSTRUCCION.
- 4) PUESTA EN SERVICIO.
- 5) GARANTIA DE CALIDAD.
- 6) EXPLOTACION.
- 7) CIERRE DEFINITIVO.
- 8) PROTECCION RADIOLOGICA.
- 9) PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE.
- 10) PROTECCION FISICA RELACIONADA CON LA SEGURIDAD.
- 11) COMPETENCIA DEL PERSONAL DEL SOLICITANTE DE LA LICENCIA.
- 12) INSPECCIONES REGLAMENTARIAS.
- 13) MEDIDAS PARA CASOS DE EMERGENCIA.
- 14) CONTABILIDAD DE MATERIALES NUCLEARES RELACIONADA CON LA SEGURIDAD.

CAPITULO 5

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA LOCALIZACION, EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS ENFRIADAS POR AGUA DE MAR.

CONTENIDO:

5.1. GENERALIDADES.

5.2. METODOLOGIA, ESTRUCTURACION GENERAL.

5.2.1. CRITERIOS.

5.2.2. CONSIDERACIONES.

5.2.3. PROCEDIMIENTOS.

5.3. METODOLOGIA APLICABLE.

5.3.1. TERMINOS APLICABLES, DEFINICIONES.

5.3.2. SECUENCIA DE ACTIVIDADES:

.1 ETAPA 1. SELECCION DE SITIOS PRELIMINARES.

.2 ETAPA 2. SELECCION DE SITIOS TENTATIVOS.

.3 ETAPA 3. SELECCION DE SITIOS CANDIDATOS.

.4 ETAPA 4. SELECCION DE SITIOS DEFINITIVOS.

5.1. GENERALIDADES.

En este capítulo se describe la metodología adoptada en nuestro país para localizar, evaluar y seleccionar sitios para el emplazamiento de centrales nucleoelectricas.

Esta metodología representa uno de tantos caminos por los que se puede optar para la aplicación de CRITERIOS GENERALES y CONSIDERACIONES en cada una de las cuatro etapas en que el Procedimiento General de Selección de Sitios, del Departamento de Ingeniería Nuclear, divide el proceso que lleva a seleccionar el sitio idóneo.

No existe una forma universal, unánimemente adoptada, mediante la cual puedan insertarse datos objetivos y obtener un valor numérico con el que se determine el nivel de aceptabilidad, -- o rechazo-- de un determinado sitio. No hay, tampoco, un método de análisis que sea superior o mejor que otro. La elección del método de aplicación puede derivarse de las características regionales o locales, generales o particulares, de cada sitio en estudio; de la disponibilidad de información, de las políticas de la empresa, -- --incluyendo sus alcances económicos--, de los requisitos regulatorios y hasta del juicio particular del personal que está involucrado en el proceso.

Por ejemplo, durante las primeras etapas del proceso de selección, el análisis de la información tiene por objeto determinar si los sitios satisfacen ciertos criterios absolutos de aceptabilidad, -- o rechazo--; después, en la evaluación se estrecha el conjunto de opciones iniciales y se seleccionan los sitios con características relativas a su propia naturaleza; se consideran aquéllos que ofrecen más ventajas y, en donde no es posible encontrarlas, se adapta la ingeniería a las circunstancias que no son propicias. Serán pocos los sitios que satisfagan por completo los esquemas -

de aceptabilidad planteados por el grupo de selección de sitios.

La metodología aplicable en México tal vez pueda diferir en relación con las metodologías aplicadas en otros países desde el punto de vista técnico-administrativo dado que, seguramente, pertenecen a organizaciones distintas a la nuestra; en donde no hay variaciones notables es en el aspecto puramente técnico ya que la gran mayoría de los países que utilizan la energía del átomo para la producción de electricidad son miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica, hecho que representó tener que aceptar -- determinados lineamientos de seguridad similares para cualquier país miembro y aplicables a través de su Órgano regulador.

En el presente capítulo se describen los pasos seguidos por Comisión Federal de Electricidad en el proceso de localización y selección de sitios para centrales nucleoelectricas

5.2. METODOLOGIA. ESTRUCTURACION GENERAL.

5.2.1. CRITERIOS.

Los criterios que deben tenerse en cuenta durante el proceso de localización, evaluación y selección de sitios para centrales nucleoelectricas son de carácter:

- 01). TECNICO-ECONOMICO,
- 02). AMBIENTALES,
- 03). SOCIO-POLITICOS.

01).- En los criterios Técnico-Económicos se consideran representadas, intrínsecamente, las características físicas del sitio, des

de el punto de vista de la seguridad y el costo.

De los criterios Técnico-Económicos se fundamentan determinadas consideraciones que deben tener en cuenta las especialidades que intervienen en el proceso; estas especialidades son:

TOPOGRAFIA

GEOLOGIA

GEOFISICA

SISMOLOGIA

GEOHIDROLOGIA

HIDROLOGIA

OCEANOGRAFIA

METEOROLOGIA

LINEAS DE TRANSMISION

INSTALACIONES DIVERSAS

implicando en estas últimas un riesgo potencial, teniendo relación con el diseño civil general (área y cimentación), con los sistemas de enfriamiento, con el transporte de los insumos para la central, con el diseño de las líneas de transmisión, etc.

02).- De los criterios Ambientales se fundamentan determinadas consideraciones que tienen relación con las características naturales del sitio y que proporcionan las bases para efectuar el monitoreo del medio ambiente, tanto para el proceso de selección -- como durante la vida útil de la central, con objeto de verificar que no sean excedidos los límites establecidos en las regulaciones aplicables o los considerados en el diseño de la central y se pueda provocar algún peligro en el hombre y en el medio ambiente, evitando, a la vez, que el propio medio afecte a la central.

Las especialidades que intervienen en el proceso deben tener en --

cuenta consideraciones como:

- Los fenómenos de difusión atmosférica,
- Los fenómenos meteorológicos severos,
- La calidad del agua superficial y subterránea,
- La calidad del agua marítima,
- La ecología, etc.

03).- Los criterios Socio-Políticos aceptan consideraciones que, de tenerse en cuenta en el proceso de localización de sitios, -- pueden evitar fenómenos que alteran el medio social debido a la instalación de una central nucleoelectrica en un sitio dado; pre vienen, también, fenómenos que se presentan durante la construcción de la misma central.

Las consideraciones que conforman los criterios Socio-Políticos, pueden abarcar, por ejemplo:

DEMOGRAFIA: Densidad de población, distancia del sitio a centros de población, proyecciones de crecimiento, infraestructura social, situación política local y regional, etc.

USOS DE TIERRA Y AGUA: Productividad agrícola y ganadera, minas, bosques, etc.

Sitios históricos, arqueológicos, turísticos.

INSTALACIONES ESPECIALES: Industriales, militares, etc.

5.2.2. CONSIDERACIONES.

Las consideraciones que conforman los criterios técnico-económi--

cós, ambientales y socio-políticos, son tan diversas y amplias, que para un mejor tratamiento las agrupamos esquemáticamente de la siguiente manera:

- 01).- PLANEACION DEL SISTEMA ELECTRICO
- 02).- SEGURIDAD Y SALVAGUARDIAS
- 03).- INGENIERIA
- 04).- MEDIO AMBIENTE
- 05).- INSTITUCIONALES
- 06).- ECONOMICAS

El alcance de los trabajos aplicados en cada una de las consideraciones varía de acuerdo con las características de cada empresa, con la etapa en que se encuentre el proceso de selección o - evaluación, con la ubicación del sitio y con las características naturales que presente cada sitio en particular. Consecuentemente el énfasis aplicado a cada una de estas consideraciones es variable.

01).- PLANEACION DEL SISTEMA ELECTRICO.

Las actividades de planeación de sistemas eléctricos constituyen una acción continua para cada empresa y se ejercitan con el propósito de responder de una manera realista según la demanda proyectada y las instalaciones físicas para la generación y transmisión de energía eléctrica.

Las actividades de planeación incluyen análisis de requerimientos de energía y de los sistemas de transmisión existentes en cada región, de modo de poder asegurar la confiabilidad en el suministro, que incluye porcentajes destinados a las reservas, a las variaciones de demanda y a la demanda promedio.

02).- SALVAGUARDIAS.

En la localización, evaluación y selección de sitios para centrales nucleoelectricas debe ponerse especial énfasis en que las actividades vayan encaminadas hacia la solución del problema de licenciamiento debido a que todos los sitios destinados al emplazamiento de una central nucleoelectrica deben satisfacer los requisitos que impone el OIEA; en este rubro quedan incluidos, esencialmente, los conceptos de SEGURIDAD y PROTECCION AMBIENTAL.

En algunas ocasiones estos conceptos se clasifican por separado - estableciendo, entonces, una relación biunívoca y recíproca entre la central y el medio: "efectos de la región sobre la central/efectos de la central sobre la región", reflejándose esta relación en la ingeniería de diseño, en el costo y en las consideraciones institucionales.

03).- INGENIERIA.

Las actividades de ingeniería pueden enfocarse a la solución de dos tipos de problemas:

A).- Factores relacionados con la naturaleza del sitio y sus requerimientos asociados de carácter técnico, económico y de seguridad.

B).- Factores relacionados con el tipo de central a instalar y sus requerimientos asociados de carácter técnico, económico y de seguridad.

Los requerimientos específicos que se desprenden de las consideraciones de ingeniería se detallan con mayor amplitud en la primera etapa del proceso de localización de sitios.

Lo más frecuente es la interrelación que existe entre los factores que ofrece el sitio y los que requiere la central, pudiendo aliviarse a un mayor costo algunas características indeseables del sitio aplicando diseños ingenieriles especiales. Por ejemplo: una obra de toma sumergida marítima en vez de una obra de toma abierta, en caso de haber recirculación del agua de descarga en la masa de agua marítima; el nivel de desplante de los edificios a una profundidad distinta a la esperada debido a condiciones del suelo, etc.

04).- MEDIO AMBIENTE.

Las consideraciones relacionadas con el medio ambiente abarcan un amplio margen de factores que involucran, tanto al medio natural como al Socio Político. Muchos de ellos, tales como el de la calidad del agua y su uso, se relacionan con requisitos reglamentarios provenientes de varias jerarquías institucionales. Otros factores como lo son los impactos potenciales en las comunidades biológicas que están menos ligados a regulaciones legales pero que son motivo de gran preocupación a causa de las implicaciones a largo plazo y a su naturaleza intangible; factores como el uso de la tierra, que también son motivo de inquietud; los impactos socioeconómicos que surgen por y durante la construcción y, posteriormente, durante la operación de la central, siendo estos impactos favorables o desfavorables en la población. Se advierte, también aquí, una estrecha relación entre los factores existentes para esta consideración y las consideraciones restantes y entre sus requerimientos asociados de carácter técnico, económico y de seguridad.

05).- INSTITUCIONALES.

Las consideraciones de carácter institucional caen dentro de la influencia de los requerimientos regulatorios de aplicación gene-

ral, del licenciamiento del sitio y de las aprobaciones y/o restricciones en relación con el medio ambiente, cuyo ámbito se restringe a distintas jerarquías institucionales del país usuario y, en ocasiones, se pueden ampliar a otros países en caso de que se ubiquen en el radio de influencia de la central.

Muchos países ya aplican leyes sobre la utilización de los sitios así como sobre la planeación del uso de la tierra, lo cual está -incidiendo directamente sobre las actividades de localización y -evaluación de sitios, no sólo para centrales nucleoelectricas sino también para otro tipo de centrales.

Los factores institucionales pueden variar considerablemente dentro de una misma región de interés, aún dentro de una zona o subzona preliminar.

06).- ECONOMICAS.

La gran mayoría de los aspectos relativos a las consideraciones -antes enumeradas pueden expresarse en función de los costos, de -donde se deduce que los factores económicos son, frecuentemente, -un denominador común para evaluar un amplio espectro de consideraciones.

5.2.3. PROCEDIMIENTOS.

Las actividades de localización, evaluación y selección de sitios -para centrales nucleoelectricas se desarrollan a través de la utilización de PROCEDIMIENTOS, que son elaborados con apego a los criterios técnico-económicos, ambientales y socio-políticos, aplicándose éstos en cada especialidad involucrada en dicho proceso.

Con la aplicación de procedimientos se trata de proveer a las distintas organizaciones involucradas de un instrumento técnico que les permita ejecutar, en forma definida y sistemática, las actividades que son necesarias para localizar, evaluar y seleccionar sitios idóneos.

Con el objeto de obtener datos para diseño, así como los permisos de construcción y operación de la instalación, las actividades a efectuar en los sitios se deben hacer de acuerdo con los requerimientos específicos propuestos por CFE, según el tipo de central a instalar, teniendo en cuenta lo establecido en leyes, códigos, normas y guías adoptadas por el organismo regulador mexicano (CNSNS).

Los procedimientos que tienen vigencia hasta la fecha, en la Disciplina de Selección de Sitios para Centrales Nucleoeléctricas y que forman parte del Manual de Procedimientos del DIN, son los siguientes:

- 01).- PLAN DE GARANTIA DE CALIDAD.
- 02).- PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACION DE PROCEDIMIENTOS.
- 03).- PROCEDIMIENTO GENERAL DE SELECCION DE SITIOS PARA CENTRALES NUCLEOELECTRICAS.
- 04).- PROCEDIMIENTO PARA CADA ESPECIALIDAD.

5.3. METODOLOGIA APLICABLE.

El proceso de localización, evaluación y selección de sitios se inicia, pues, con el reconocimiento de la necesidad de capacidad de generación, adicional a la que se tiene, y concluye con la selección de un sitio definitivo, al cual se le adjunta toda la in-

formación necesaria para iniciar una ingeniería preliminar y para lograr el permiso de construcción. (Ver Figura 5-1).

Con los puntos de vista anteriores, la metodología seguida en -- nuestro sector eléctrico para llevar a cabo las actividades de -- localización, evaluación y selección de sitios es la siguientes:

5.3.1. TERMINOS APLICABLES. DEFINICIONES.

En nuestra materia de trabajo el sesgo que tienen los términos -- utilizados es el que se da en las siguientes definiciones:

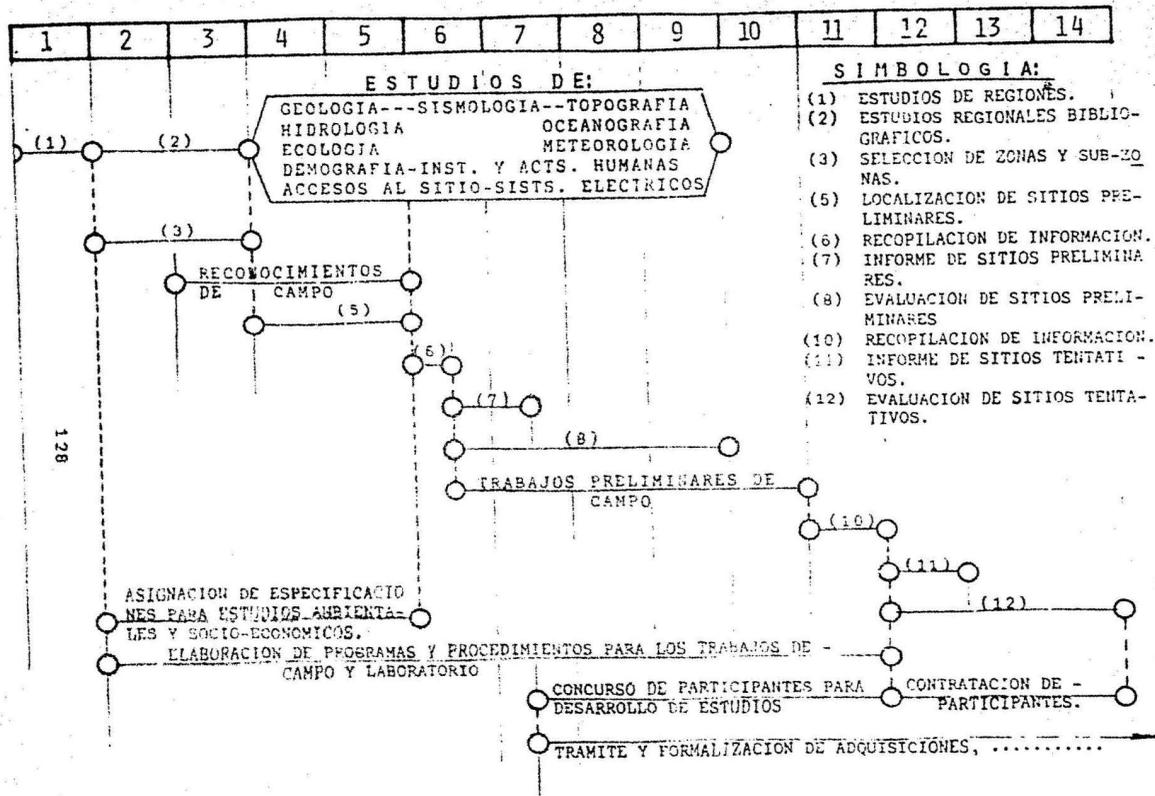
01).- SITIO: es el área de terreno, dentro de una SUB-ZONA, -- que presente características adecuadas para la ubicación de una -- central nucleoelectrica.

02).- SUB-ZONAS: son las áreas de terreno comprendidas dentro -- de una ZONA en las que se pueden localizar uno o más SITIOS PRE- -- LIMINARES.

03).- ZONAS: son grandes áreas de terreno comprendidas dentro -- de una REGION GEOGRAFICA. Esta es asignada por la Gerencia de Es -- tudios de CFE.

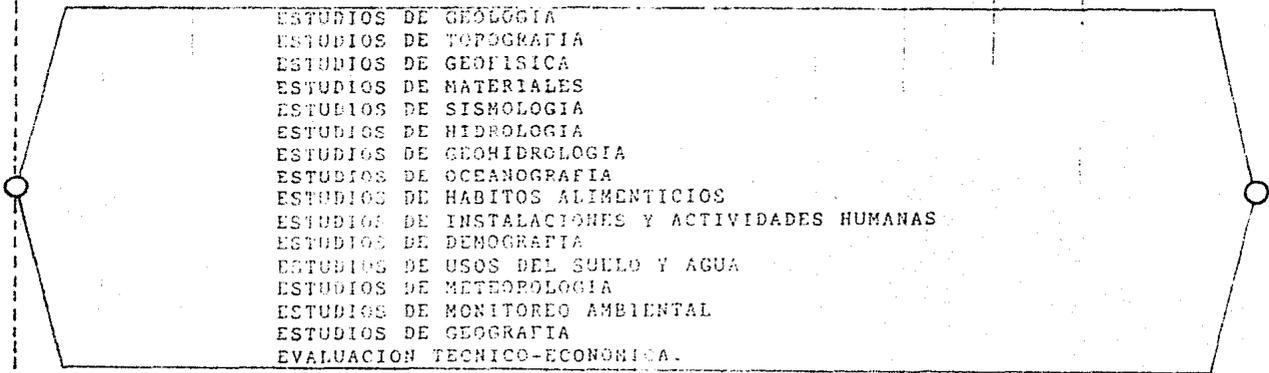
04).- REGIONES: son aquellas porciones geográficas en que la Ge -- rencia de Estudios divide el territorio nacional para ejercer sus -- actividades de planeación del crecimiento del Sector Eléctrico.

05).- LOCALIZACION DE SITIOS: es el conjunto de actividades ten -- dientes a encontrar áreas de terreno con características peculia -- res para la instalación de centrales nucleoelectricas.

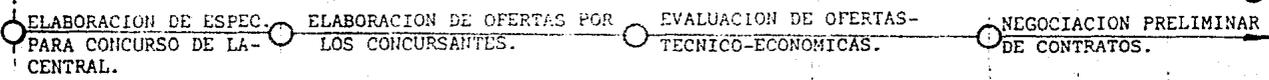


15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

... TRAMITE Y FORMALIZACION DE ADQUISICIONES, ESTUDIOS, SERVICIOS, CONCESIONES, -
 PERMISOS, ETC. (INSUMOS, VIAS DE ACCESO, ADQUISICION DE PREDIOS, ETC.)



PREPARACION E IMPLEMENTACION DE PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE PROYECTO.

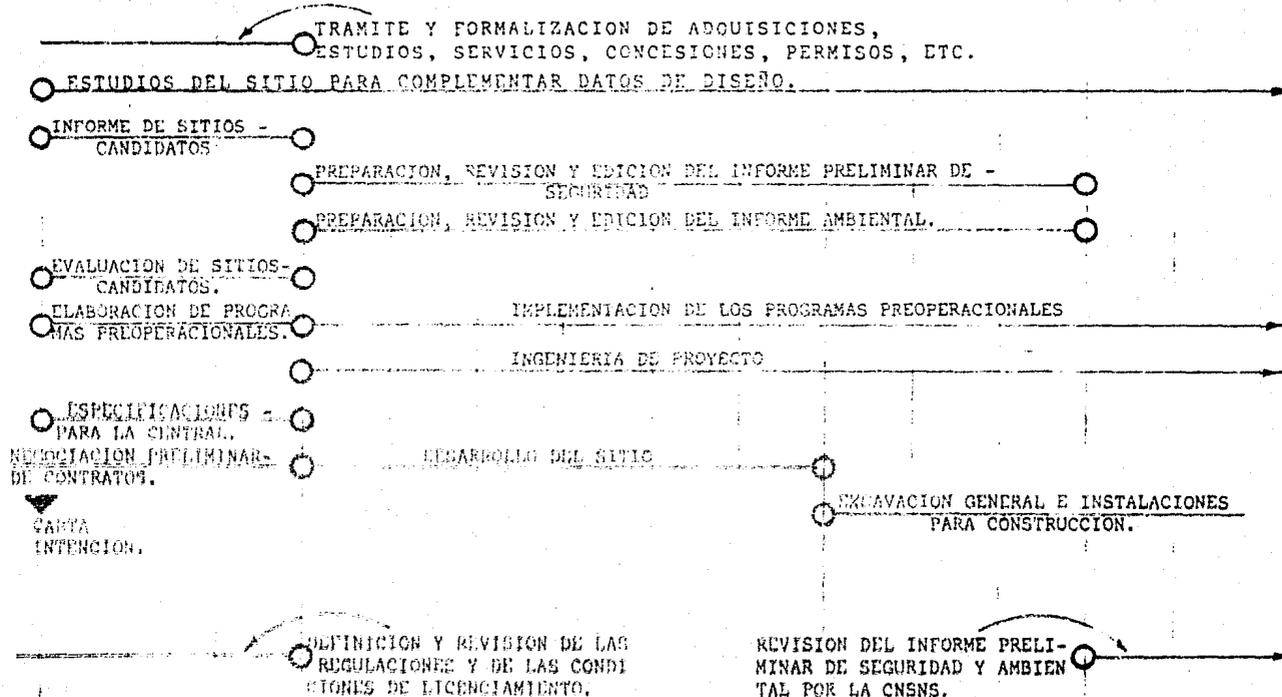


CONTINUA: DEFINICION Y REVISION DE LAS REGULACIONES Y DE LAS CONDICIONES-
 DE LICENCIAMIENTO

PROGRAMA DE SELECCION DE SITIOS

FIGURA 5.1. B

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

ESTUDIOS DEL SITIO PARA COMPLEMENTAR DATOS DE DISEÑO.

IMPLEMENTACION DE LOS PROGRAMAS PREOPERACIONALES

INGENIERIA DE PROYECTO

CONTINUA: EXCAVACION GENERAL E INSTALACIONES P/CONST.

NEGOCIACION CONTRATO FINAL

REVISION DEL INFORME PRELIMINAR DE SEGURIDAD Y AMBIENTAL POR LA CNSNS.

CONSTRUCCION DE LA CENTRAL.

PROGRAMA DE SELECCION DE SITIOS

FIGURA 5.1. D

06).- EVALUACION DE SITIOS: es el conjunto de actividades tendientes a determinar la calidad de uno o más sitios para calificarlos como PRELIMINARES, TENTATIVOS, CANDIDATOS O DEFINITIVOS.

07).- SELECCION DE SITIOS: es el conjunto de actividades tendientes a demostrar cuál sitio, en cualquier etapa del proceso mismo, reúne mejores características para calificarlo como sitio preliminar, tentativo, candidato o definitivo.

08).- SITIO PRELIMINAR: es el área de terreno ubicada dentro de una subzona que, con base en la información bibliográfica existente, al evaluarlo presenta características presuntamente adecuadas para la ubicación de una central nucleoelectrica.

09).- SITIO TENTATIVO: es el área de terreno que, habiendo cumplido con las características de sitio preliminar, se le aplican estudios ambientales y económicos de campo, preliminares, con objeto de ponderar las características encontradas como sobresalientes en la etapa anterior.

10).- SITIO CANDIDATO: es el área de terreno que habiendo satisfecho las características impuestas para sitio tentativo se le aplican estudios de campo tendientes a obtener datos básicos de diseño.

11).- SITIO DEFINITIVO. Es el área de terreno que habiendo sido seleccionada en la evaluación de sitios candidatos presenta condiciones idóneas para la construcción de una central nucleoelectrica.

En este caso se le aplican al sitio estudios de campo tendientes a obtener datos básicos de diseño y datos para la elaboración del INFORME DE SEGURIDAD PRIMERA ETAPA, (ISPE) necesario para la obtención

ción de licenciamiento para la construcción de la central.

12).- CRITERIO: es una compilación de aquellos datos, hechos, -- estipulaciones, normas, códigos, reglamentos y otra información - existente producto de la experiencia, que permite establecer una base para orientar y limitar las acciones para la localización, - evaluación y selección de sitios para centrales nucleoeléctricas.

13).- PROCEDIMIENTO. es el documento formalmente elaborado, apro bado, controlado y emitido, que especifica la secuencia de pasos - a seguir en el desarrollo de una actividad relacionada con la lo calización, evaluación y selección de sitios para centrales nucleoléctricas.

5.3.2. SECUENCIA DE ACTIVIDADES.

El procedimiento general de Selección de Sitios para Centrales -- Nucleoeléctricas divide en cuatro etapas las actividades, estas - son:

ETAPA 1: SELECCION DE SITIOS PRELIMINARES

ETAPA 2: SELECCION DE SITIOS TENTATIVOS

ETAPA 3: SELECCION DE SITIOS CANDIDATOS

ETAPA 4: SELECCION DE SITIOS DEFINITIVOS

5.3.2.1. ETAPA 1.- SELECCION DE SITIOS PRELIMINARES.

En esta etapa la Gerencia de Estudios de la CFE basada en el Pro gram de Expansión del Sector Eléctrico, (PESE), y en el Progra-- ma de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico, (POISE), proporciona

las proyecciones de crecimiento del Sector Eléctrico Nacional en las diferentes regiones geográficas del país, (FIGURA 5-2): en -- base a lo anterior dá instrucciones al Departamento de Ingeniería Nuclear (DIN), a fin de que en tales regiones se efectúen estudios para Selección de Sitios para Centrales Nucleoeléctricas.

Los datos generales que proporciona la Gerencia de Estudios al --- DIN para la localización de sitios, son:

A).- REGION GEOGRAFICA DE INTERES.

Está delimitada por un radio de, aproximadamente, 200 Km., respecto de un punto de referencia previsto.

B).- CAPACIDAD Y TIPO DE LA CENTRAL.

La capacidad está dada en MWe., y está dada en función de la cantidad de unidades de generación y de la capacidad de cada unidad.

El tipo de la central queda definido según el prototipo de reactor a utilizar.

C).- FECHAS DE ENTRADA EN OPERACION.

Es el día, mes y año en que debe iniciarse la operación comercial de la central o de cada unidad que se pretenda construir.

D).- CENTROS DE CONSUMO.

Son los núcleos de consumo hacia los que está destinada la producción de la energía eléctrica de la central, incluyendo la ubicación de las líneas de transmisión existentes dentro de la región geográfica de interés o las más cercanas al punto de referencia previsto.

REGIONALIZACION DEL PAIS.

- 1 REGION GOLFO CENTRO
- 2 REGION GOLFO NORTE
- 3 REGION ZACATECAS-SAN LUIS
- 4 REGION ALTO NOROESTE
- 5 REGION LOS MOCHIS
- 6 REGION BAJA CALIFORNIA
- 7 REGION DEL TROPICO
- 8 REGION PACIFICO CENTRO
- 9 REGION DEL EJE VOLCANICO
- 10 REGION DEL SURESTE

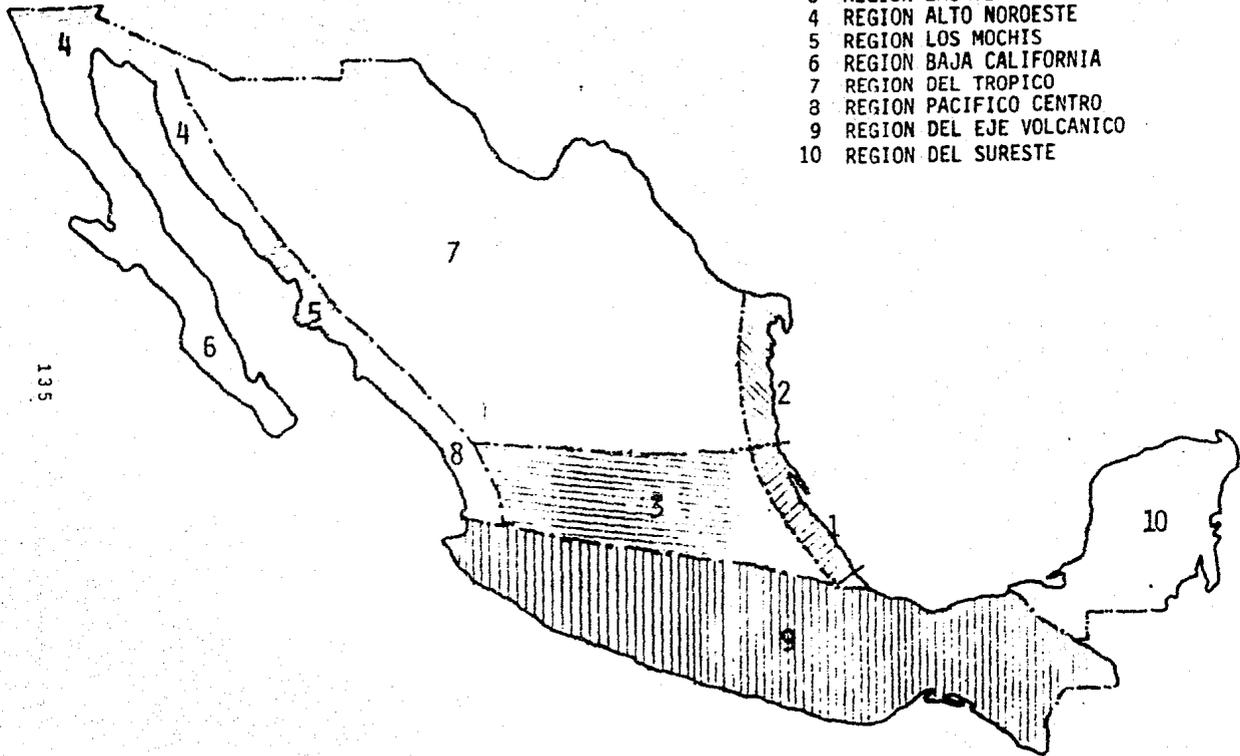


FIGURA 5.2.

Las actividades a realizar en esta etapa comprenden estudios de ZONAS, SUBZONAS y SITIOS, para definir y elegir sitios preliminares.

Las principales actividades durante la determinación de los sitios preliminares están encaminadas a identificar las características sobresalientes de la región. Esta se evalúa a través de la aplicación de los criterios generales permitiéndonos identificar los problemas potenciales existentes. La elección de las consideraciones a aplicar, el nivel de detalle asignado y los métodos de análisis a emplearse condicionan, según la información bibliográfica disponible para esa región, la selección de sitios. Dicha información generalmente es proporcionada por los diversos organismos regionales, nacionales, extranjeros, a través de mapas, planos, publicaciones diversas, etc. Esta información se complementa a través de reconocimientos preliminares de campo.

Una de las consideraciones a satisfacer, primordialmente, es la de la de seguridad y salvaguardias, debiendo identificar áreas que faciliten, de acuerdo con sus características naturales, el licenciamiento.

De los criterios y consideraciones aplicables en esta etapa se desprenden los siguientes factores a tomar en cuenta para definir y elegir sitios preliminares:

01).- LA CIMENTACION.

El terreno deberá ser rocoso, preferentemente, o de suelos bien compactados. La profundidad de la roca, en el nivel de desplante de la cimentación, no debe estar a más de 15.00 m. respecto del nivel natural del terreno.

En el área requerida para el bloque de generación (isla nuclear), la roca debe tener, por lo menos, una resistencia a la compresión simple de 300 toneladas por cada metro cuadrado; en el área destinada a la ubicación del generador o turbina la resistencia será de 100 toneladas por cada metro cuadrado, cuando menos.

Si existe la imposibilidad de cimentar sobre roca deberán escogerse sitios de suelos no arenosos, saturados y sueltos, que pueden ser susceptibles de licuefacción; deberán evitarse, también, terrenos que presenten trampas u oquedades en el subsuelo.

02).- SISMOLOGIA.

En un radio de 20 km., respecto del posible centro de ubicación del edificio del reactor de la central no deben existir indicios de fallas geológicas consideradas como activas, ni deben haberse presentado sismos de intensidad media o alta. Estos sismos están reportados históricamente.

El coeficiente de aceleración sísmica del sitio no debe ser mayor de 0.30 g., de no satisfacer este requerimiento el costo de las estructuras y componentes de la central se incrementa notablemente.

Otros factores de importancia provienen de las consideraciones de ingeniería, que están grandemente influidas por la factibilidad y el costo.

En esta primera etapa los criterios utilizados para seleccionar sitios preliminares, desde el punto de vista de la ingeniería, se enfocan a encontrar las siguientes características en los sitios:

03).- EL AREA.

Los sitios localizados deben tener una área lo suficientemente ---

extensa para alojar las instalaciones permanentes y las temporales. El área requerida para el bloque de generación de una unidad de mil MWe., por ejemplo, es del orden de las cinco hectáreas con una área total de exclusión resultante de considerar un radio de mil metros, con centro en el edificio del reactor, lo que arroja una superficie aproximada de trescientas hectáreas.

04).- LA TOPOGRAFIA.

El área localizada deberá presentar pendientes suaves; en caso de no encontrar un sitio plano se optará por uno cuya pendiente natural sea de 2.5% como máximo.

El nivel de la rasante general del terreno, en el área donde se suponga deba ubicarse la isla nuclear, no debe ser mayor de 15.00 m. respecto del nivel de la masa de agua que se escoja para enfriamiento, debiendo determinar el nivel de la rasante factores de tipo económico como: corte del material por remover, la carga manométrica de las bombas en relación con el costo de operación de las mismas, etc.

El área localizada no deberá presentar huellas de inundaciones.

05).- LA ACCESIBILIDAD.

Intimamente ligado con la topografía está la consideración de la accesibilidad al sitio y la del sitio hacia los centros de consumo, teniendo en cuenta la instalación de las líneas de transmisión que parten de la central nucleoelectrica. Existe también la consideración de la accesibilidad a los centros de abastecimiento de materiales durante la construcción; por ejemplo: los bancos de materiales para la fabricación de concretos, los que deberán tener una capacidad mínima de 200,000 m³. de producción de agregados fi-

nos y una capacidad mínima de $300,000 \text{ m}^3$ de producción de agregados gruesos.

Deben considerarse la proximidad de las vías terrestres: brechas, caminos carreteros, ferrocarriles, o la posibilidad de su construcción o mejoramiento; vías fluviales y marítimas, como opciones viables, sobre todo cuando se ha previsto el aprovisionamiento del combustible para la operación de la central, el transporte de maquinaria pesada y equipo durante la etapa de construcción y la eventualidad de evacuación en caso de accidente durante la operación de la central, etc.

06).- EL ENFRIAMIENTO.

El agua de enfriamiento para una planta de mil MWe, por ejemplo, si es de ciclo abierto, requiere de unos $50 \text{ m}^3/\text{seg.}$; si es de ciclo cerrado requiere de unos $2.0 \text{ m}^3/\text{seg.}$ considerando que la fuente de abastecimiento, ya sea un depósito o un curso natural, debe aportar como promedio mínimo anual el doble del requerimiento mínimo diario, garantizado.

Los requerimientos de construcción exigen, además, en cualquiera de los tipos de enfriamiento, por unidad de mil MWe., aproximadamente 60 m^3 . diarios de agua que se utiliza como potable, para servicios, mezclado de concreto, compactación, campamento, arranque, etc.

07).- DISTANCIA ENTRE LA MASA DE AGUA Y EL SITIO.

Se considera una distancia económica, entre el área frontal del sitio y el depósito de agua para enfriamiento, la de 15 km. como máximo.

08).- METEOROLOGIA.

Se deberá verificar la existencia de fenómenos meteorológicos - severos y sus consecuencias o restricciones a imponer en el diseño. Esta verificación parte de la información bibliográfica - existente, puesto que son datos históricos, básicamente.

Las consideraciones relativas al medio ambiente que afectan en - la selección de sitios preliminares se enfocan a descubrir problemas potenciales derivados durante la construcción y operación de - la central. Consecuentemente deberán analizarse factores como:

09).- LA DEMOGRAFIA.

Para no incrementar el costo de la central o del proyecto y que, - por otra parte, su cercanía a un núcleo poblacional no represente un peligro potencial a sus moradores, la distancia mínima a dichos centros de población mayores de 25,000 habitantes será de 20 Km. - medidos a partir del centro del sitio elegido.

Dentro de un radio de 50 Km., respecto del centro del sitio locali zado, la densidad de población, al inicio de la operación comercial de la central, debe ser menor de 200 habitantes por cada kilómetro-cuadrado inscrito y, al finalizar la vida útil de la central, la-- densidad debe ser menor de 400 habitantes por kilómetro cuadrado.

10).- LAS INSTALACIONES Y LAS ACTIVIDADES HUMANAS.

Deberá evaluarse el riesgo que represente para la central la ubica ción de zonas fabriles en lugares cercanos, previniendo explosiones accidentales de esos centros. Lo mismo regirá para el caso de polvo rines militares, gasoductos, oleoductos, estaciones de bombeo, etc.

11).- LAS INSTALACIONES HISTÓRICAS, PARQUES NACIONALES, ETC.

Se tratará de evitar que los sitios preliminares se encuentren -- ubicados dentro de zonas arqueológicas, históricas, de recreo, -- parques, reservas territoriales, etc. La razón principal es la -- de no interferir con el potencial de explotación turística, cultural y ecológico que tienen esas áreas.

Por lo tanto, se evitarán sitios dentro de zonas que se caracterizan por contener especies animales raras o escasas; comunidades ecológicas únicas y ecosistemas terrestres y acuáticos, así como refugios, programas de conservación, rutas migratorias o de desove.

Se pondrá atención especial en la identificación de otro tipo de peculiaridades ambientales como las relacionadas con la hidrología, con la meteorología con la geografía y la demografía; factores socio-económicos, actitudes sociales, estética, etc.

Es conveniente hacer notar que, en cualquier etapa del proceso, -- las condiciones que ofrece un sitio dado pudieran ser, en un momento determinado, suficientes para descartar su selección; no -- obstante, en otro momento pudieran resultar satisfactorias. Esto dependerá de muchos factores externos al propio sitio pero internos a la organización que patrocina los estudios, por lo que una -- primera consecuencia del análisis general que se haga de cualquier sitio para considerarlo como preliminar es el de cuestionar si es -- justificable o no la inversión de recursos económicos para continuar en dichos sitios estudios más detallados; otro cuestionamien-

to es el que imponen las características peculiares que cada sitio propone al analista respecto del aprovechamiento de los recursos encontrados y de la inversión que se debe hacer para sustituir deficiencias.

Con los criterios y consideraciones anteriores es posible llevar a cabo estudios iniciales de la región, zonas, sub-zona o sitios con características de "preliminares".

Los estudios que se hacen en esta etapa podemos describirlos brevemente, de la siguiente manera:

01).- GEOLOGIA.

Se hacen estudios de geología a nivel regional dentro de un radio de 320 Km a partir del sitio seleccionado que incluye:

Recopilación de datos bibliográficos;

Interpretación de imágenes de satélite, fotografías aéreas, cartas geológicas, geográficas, hidrográficas, orográficas, edafológicas; trabajo y reconocimiento de campo.

02).- TOPOGRAFIA.

Topografía Regional y Local, que incluye:

Recopilación de datos bibliográficos;

interpretación de imágenes;

fotografías aéreas;

trabajo y reconocimiento de campo.

03).- GEOFISICA.

Recopilación de información geofísica de tipo regional.

04).- MECANICA DE ROCAS, SUELOS Y MATERIALES.

Recopilación de información general a nivel local, en cada sitio seleccionado.

05).- SISMOLOGIA.

Sismología Regional que incluye:

Análisis bibliográfico de la sismicidad histórica de la región;
determinación de últimos movimientos de fallas;
determinación de provincias sismotectónicas;
determinación de fronteras con el eje neovolcánico;
Interpretación de imágenes:
fotografías aéreas;
satélite.

06).- HIDROLOGIA.

Hidrología regional que incluye:

Recopilación de datos bibliográficos de aguas superficiales y subterráneas para sistema de enfriamiento y servicios de la central;
interpretación de imágenes: fotografías aéreas, satélite; trabajo y reconocimiento de campo.

07).- OCEANOGRAFIA.

Oceanografía Regional y Local, que incluye:

Recopilación de datos bibliográficos;
trabajos y reconocimiento de campo;
análisis cualitativo de la masa de agua marina para sistema de --
enfriamiento.

08).- METEOROLOGIA.

Meteorología Regional dentro de un radio 80 Km a partir del sitio, que incluye:

Recopilación de datos bibliográficos;
procesamiento y análisis de la información climatológica regional;
descripción del clima regional.

09).- GEOGRAFIA.

Recopilación de información bibliográfica referente a:

Geografía natural, localización y descripción del sitio:
Hidrología, Geología, Climatología, Topografía Regionales, vías de comunicación terrestre, ferroviarias, fluviales, marítimas y aéreas.

10).- DEMOGRAFIA.

Incluye: Demografía y distribución de población.

Recopilación e información demográfica de la Región (CENSOS);
elaboración de planos con núcleos de población a 15 y 80 Km de radio a partir del sitio;
cantidad de habitantes por localidad en un radio de 15 y 80 Km a partir del sitio;
densidad de población por sector de 22.5° en un radio de 15 y 80 Km a partir del sitio.

11).- USOS DE LA TIERRA Y AGUA.

Recopilación de información bibliográfica referente a:
Usos generales del suelo y aguas adyacentes.

12).- INSTALACIONES Y ACTIVIDADES HUMANAS.

Industriales;
militares;
turísticas;
históricas;
transportación, etc.

13).- ECOLOGIA.

Recopilación bibliográfica para identificación de ecosistemas terrestres y acuáticos.

Finalmente, cada especialidad involucrada en esta etapa emite un informe general que contiene una descripción de las actividades -

realizadas en la región, zona o subzona; estas actividades comprenden: recopilación de información, revisión, análisis y procesamiento de datos; relación y análisis de los datos de campo.

En el informe se vierten los comentarios y las recomendaciones de cada especialidad que sirven de base para decidir y definir los sitios de interés que cumplen con los requerimientos establecidos, los que serán estudiados con mayor detalle en la siguiente etapa.

5.3.2.2. Etapa 2. SELECCION DE SITIOS TENTATIVOS.

El objetivo que se persigue en esta etapa de estudio de sitios es elaborar una lista de sitios tentativos que se consideran potencialmente licenciables y, consecuentemente, se juzgan capaces para desarrollarlos como sitios candidatos y definitivos para el emplazamiento de una central nuclear.

Esta es una etapa de transición en donde, después de haber hecho estudios a nivel regional y de haber advertido una cantidad determinada de sitios con características potencialmente aceptables, la evaluación se ejercita sujetando a los sitios preliminares a criterios más restrictivos en relación con los aplicados en la etapa anterior.

Estas funciones, la identificación de sitios idóneos y la evaluación de los mismos, prácticamente, para describirlas, podríamos compararlas como un "cribado de sitios" donde el tamiz y su abertura está dado por el esquema propuesto por los criterios a aplicar; en la parte superior de la malla se "colocan los sitios" preliminarmente identificados; en la parte inferior, después de "tamizar", han pasado únicamente aquellos sitios que satisfacen un

conjunto de requerimientos que provienen de las consideraciones impuestas. La función de "cribado de sitios" puede hacerse según varias iteraciones a lo largo del proceso de evaluación y selección de sitios hasta concluir en uno o varios sitios definitivos (figura 5.3).

Las consideraciones que se toman en cuenta en esta etapa del proceso son más diversas y tienen un alcance más amplio que las de la etapa inicial. Este rango de consideraciones surge a causa de la cantidad de acciones al aplicar estudios específicos relacionados con cada sitio, además de los complementarios a nivel regional, los que también se hacen con mayor detalle.

Las consideraciones de ingeniería, medio ambiente y salvaguardias son preponderantes respecto del resto de las consideraciones que conforman nuestro esquema general. No obstante unas y otras quedan interrelacionadas de tal manera que no podemos omitir algunas para mencionar otras.

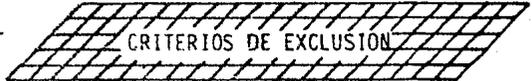
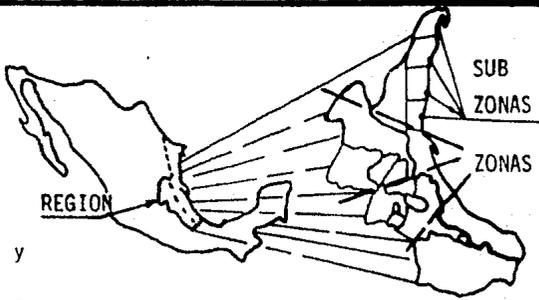
Las actividades que cada especialidad ejecuta en esta etapa quedan justificadas ampliamente. La seguridad y las consideraciones relativas al otorgamiento de la licencia son de importancia en esta etapa.

01).- CONSIDERACIONES DE INGENIERIA'

Las consideraciones de ingeniería aplicadas al sitio, -anteriormente a la región-, reciben mayor énfasis que las relativas al diseño, aunque estas últimas deben tenerse ya presentes en esta etapa del proceso; su importancia reside en que las modificaciones de diseño pueden compensar, a menudo, otras tantas condiciones adversas del sitio que de otra forma serían indeseables y mo

ETAPA 1

- * Estudio Bibliográfico
- * Determinación de Zonas y Subzonas.
- * Determinación de áreas de interés.
- * Reconocimiento de las áreas de interés.

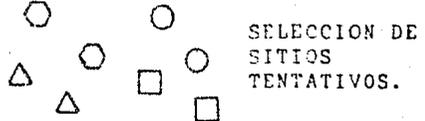
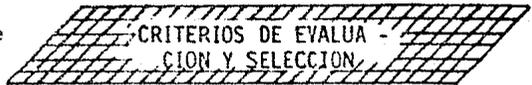


ETAPA 2

- * Reconocimiento a sitios preliminares.
- * Documentación de observaciones a sitios preliminares.
- * Evaluación de sitios preliminares.



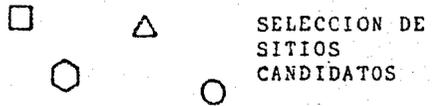
LOCALIZACION DE SITIOS - PRELIMINARES.



SELECCION DE SITIOS TENTATIVOS.

ETAPA 3

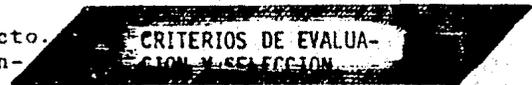
- * Estudios preliminares de campo. (En sitios tentativos.).
- * Estudios regionales y locales.
- * Análisis de factibilidad.
- * Evaluación de sitios tentativos.



SELECCION DE SITIOS CANDIDATOS

ETAPA 4

- * Estudios detallados de campo a sitios candidatos.
- * Estudios locales y de sitio.
- * Obtención de datos base de diseño.
- * Desarrollo de anteproyecto.
- * Evaluación de sitios candidatos.



CRIBADO DE SITIOS

FIGURA 5.3.



SELECCION DE SITIOS DEFINITIVOS.

tivo de rechazo al mismo.

02).- CONSIDERACIONES AMBIENTALES.

Las características ambientales incluyen una variedad muy amplia de factores relacionados tanto con los efectos sobre las actividades humanas como con los impactos sobre el medio ambiente natural; durante esta etapa deberá trabajarse para asegurar que todos los efectos potencialmente significativos han sido, cuando menos, identificados; el detalle asignado al estudio aumenta progresivamente al irse reduciendo la cantidad de sitios preliminares a través de los pasos sucesivos de evaluación; la preocupación sobre la compatibilidad de una planta con el uso de la tierra a su derredor puede convertirse en el punto de importancia predominante.

03).- CONSIDERACIONES INSTITUCIONALES.

Las consideraciones institucionales pueden cambiar en forma importante con el tiempo; éstas varían significativamente de región a región y probablemente se manejen mejor con base en cada sitio particular; pueden tener un papel significativo para determinar los parámetros específicos del sitio, tales como métodos aceptables para el tratamiento de los efluentes térmicos provenientes de la planta.

04).- CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

Las consideraciones económicas van recibiendo, progresivamente, mayor atención conforme va haciéndose más específico el proceso de evaluación y selección de sitios; estas consideraciones incluyen costos de enfriamiento de la central, abastecimiento de combustible, desarrollo del sitio, accesos al sitio, sistema de con

xi6n de transmisi6n, etc. Es aconsejable, en esta etapa de evaluaci6n, para ser m1s pr1cticos, hacer un arreglo preliminar de la planta y del sitio, para evaluar con mayor facilidad las ventajas y desventajas que cada sitio ofrece. As1, es posible determinar a grandes rasgos:

A).- OBRA DE TOMA Y DESCARGA.

Para establecer: a).- Distancia a fuentes de agua para enfriamiento.

b).- Distancia a sitios de descarga del agua de enfriamiento.

c).- Longitud de conductos para el agua de enfriamiento.

d).- Nivel del condensador respecto del nivel de la fuente de enfriamiento.

B).- CARACTERISTICAS DE LA CIMENTACION.

Para establecer: a).- Nivel de desplante de las estructuras

b).- Tipo de cimentaci6n a aplicar

C).- ACCESOS.

Para establecer: a).- Distancias a v1as terrestres

b).- Calidad de los caminos

c).- Tiempo de recorrido

d).- Obras a ejecutar

D).- LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACION.

Para establecer: a).- Distancias a l1neas de transmisi6n

b).- Distancias a centros de consumo

c).- Distancia a subestaci6n de transmisi6n

Los estudios que se realizan en campo, complementados en gabinete, deben proporcionar la información necesaria para concluir, en esta etapa, la evaluación de sitios preliminares y seleccionarlos para calificarlos como tentativos.

Los estudios principales que van a determinar la continuación del proceso en cada sitio preliminar son:

01).- GEOLOGIA LOCAL (RADIO 7KM).

Análisis de datos bibliográficos;
interpretación de imágenes;
fotografías aéreas;
trabajo y reconocimiento de campo;
sondeos geológicos;
estudio litológico;
estaticografía (Muestreo para Mecánica de Rocas)

02).- TOPOGRAFIA LOCAL.

Levantamiento topográfico de primer orden para definición de puntos de apoyo con equipo geodésico;
Procesamiento de datos y elaboración de planos.

03).- GEOFISICA.

Exploración geoelectrica preliminar

04).- MECANICA DE ROCAS.

Pruebas preliminares de los núcleos obtenidos en la etapa inicial de los trabajos de geología.

05).- SISMOLOGIA REGIONAL.

Análisis de datos bibliográficos;
Localización de fallas y fronteras entre provincias sismotectónicas;
Estudio de la sismología histórica regional:

localización de epicentros;
asignación de valores de intensidad.

06).- HIDROLOGIA LOCAL.

Análisis de datos bibliográficos;
Disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas.

07).- OCEANOGRAFIA REGIONAL Y LOCAL.

Análisis de datos bibliográficos;
levantamiento batimétrico, (tomando como puntos de apoyo los topográficos);
procesamiento de datos y elaboración de planos;
mareas;
oleaje;
perfiles playeros.

08).- METEOROLOGIA.

Determinación preliminar de la climatología de difusión;
estudio de vulnerabilidad por intemperismos meteorológicos severos;
elaboración del reporte preliminar de climatología regional de los sitios.

09).- GEOGRAFIA.

Complementar la información del sitio con la generada en los estudios de ingeniería civil.

10).- DEMOGRAFIA.

Recopilación de información bibliográfica referente a:
Poblaciones en un radio de 20 km. a partir del sitio;
poblaciones en un radio de 20 a 80 km. mayores de 25,000 habitantes;

proyección de población;
población por sexo y edades;
determinación y distribución de la población transitoria y permanente.

11).- USOS DE TIERRA Y AGUA.

Análisis de la información de uso del suelo y agua (reservas, destinios y provisiones):

actividades agropecuarias e industriales;

actividades urbanas;

viviendas;

recreación, cultura y salud;

administración.

12).- HABITOS ALIMENTICIOS

Preparación de especificaciones para definir alcance de estudios de hábitos alimenticios;

elaboración del programa de hábitos alimenticios;

formalización con las instituciones participantes en los estudios.

13).- INSTALACIONES Y ACTIVIDADES HUMANAS

Comprobación de la existencia de las instalaciones, mediante reconocimiento de campo y elaboración del informe correspondiente.

14).- ECOLOGIA

Preparación de especificaciones para definir alcance de los estudios ecológicos;

formalización con las instituciones especializadas para el desarrollo de dichos estudios.

La evaluación de los sitios preliminares para calificarlos como tentativos ya se ha dicho que se basa en consideraciones técnico-

económicas, ambientales y socio políticas; tomando como base la descripción de las actividades a realizar en esta segunda etapa y con el objeto de ejemplificar el "cribado de sitios", mencionado con anterioridad, a continuación se comentan algunos requerimientos que dan la pauta a seguir para determinar en qué sitios el proceso de evaluación debe continuar.

GEOLOGIA

Considerar la disposición de mantos de agua superficiales o freáticos, así como la topografía general del sitio, tanto superficial como profunda; del reconocimiento geológico superficial con siderar las condiciones de fallamiento superficial, fracturamiento de rocas, intemperismo profundo de la masa rocosa y la presencia de material expansivo.

Todo el conjunto de características generales que el sitio presente, derivado de una visita de campo y de sondeos geológicos, estudios litológicos y estratigráficos, podrá proporcionar el criterio técnico-económico que ayude a determinar si el sitio se acepta o se excluye. Se deberá tener en cuenta el conjunto de datos generales proporcionado por CFE y las características que nos ayudaron a considerar el sitio como preliminar. De ser aceptado el sitio, desde el punto de vista geológico, se califica como SITIO TENTATIVO y se acepta que se efectúen estudios más detallados y costosos.

GEOFISICA

De las exploraciones geofísicas que se realicen en el sitio, de conformidad con lo establecido en los procedimientos de selección de sitios para la Etapa II, así como el análisis de los datos obtenidos

de las pruebas efectuadas en el sitio se deduce si existen fallas, cavidades subterráneas etc.; se determina el valor de la refracción del suelo y la existencia de mantos acuíferos subterráneos.

Los estudios referidos, aunque se efectúen en semidetalle, proporcionan valores o parámetros que es posible compararlos con valores medios preestablecidos provenientes de la práctica y observación científica y nos permiten ubicar al sitio dentro de determinados rangos de aceptación o rechazo.

SISMOLOGIA

En esta etapa de estudio el análisis de datos bibliográficos debe proporcionar información suficiente para poder determinar preliminarmente el coeficiente de aceleración sísmica para el sitio. - Adicionalmente, el haber ya localizado las fallas y las fronteras entre provincias sismotectónicas, en relación con la distancia que guarden del sitio, es posible establecer un criterio de aceptación o exclusión del propio sitio, desde el punto de vista de su sismología. Así podrá aceptarse un sitio preliminar como tentativo cuando no se ubique en más de dos zonas de fallas o fuentes sísmicas, ya que la proximidad a zonas de fallas hace suponer un coeficiente de aceleración sísmica elevado.

Es conveniente comparar las características sismológicas, geológicas y geofísicas del sitio con otros sitios geográficamente similares, cuyos estudios de riesgo sísmico sean más formales, de modo de establecer una calificación que nos ubique definitivamente en la aceptación o exclusión para el sitio en estudio y aventurarnos o no a solicitar estudios más detallados y costosos, que la siguiente etapa reclama.

TOPOGRAFIA

Resulta significativo el contar, en esta etapa, con un levantamiento topográfico de primer orden. A partir de la elaboración de los planos topográficos: planimétricos y altimétricos, las consideraciones geológicas, geofísicas y sismológicas quedan más ordenadas y resultan más evidentes, lo que facilita la calificación del sitio para aceptarlo y continuar en la siguiente etapa o rechazarlo y terminar con los estudios y detener la inversión económica que exigen.

HIDROLOGIA

Los datos bibliográficos de aguas superficiales y subterráneas, el reconocimiento de campo y la efectiva disponibilidad de mantos --- acuíferos, dan la pauta a seguir para aceptar o rechazar un sitio, obviamente, en función de los datos generales que CFE proporcione en relación con el tipo de enfriamiento de la central y su capacidad de generación. Una consideración adicional será la calidad del agua en relación con el tratamiento que debe dársele para hacerla utilizable y que la reserva sea suficiente para garantizar un abastecimiento mínimo constante.

OCEANOGRAFICAS

De los datos generales proporcionados por CFE se deducen las características de la central y del sitio preliminar, principalmente; se desprende el tipo de enfriamiento de la central y se establece si queda ubicada en la costa, de modo de incluir los estudios oceanográficos.

Al tratarse de una central con enfriamiento de ciclo abierto y con fuentes de abastecimiento del mar, las consideraciones a aplicar -

deberán incluir aspectos relacionados con la batimetría, el oleaje, las mareas y corrientes, temperaturas del agua, intensidades y direcciones de viento, arrastre y depósitos de arena.

La batimetría y sus cambios influyen en el tipo de toma, así como los depósitos de arena; las corrientes y temperatura del agua determinan la distancia que debe haber entre la toma y la descarga; el oleaje y las mareas establecen el tipo de protecciones a la obra de toma y determinan la carga de bombeo.

Estas consideraciones, si no influyen directamente en la aceptación y/o rechazo de un sitio, sí determinan la variedad y la selección de las obras de toma y descarga, así como su ubicación, lo que finalmente redundará en el costo de una central nucleoelectrónica.

5.3.2.3. Etapa 3. SELECCION DE SITIOS CANDIDATOS.

El objetivo de la Etapa 3 es el de evaluar los sitios tentativos para concluir en la selección de sitios candidatos.

Los sitios seleccionados serán los que satisfacen mejor las necesidades de la empresa y serán los sitios para los que se trabajará con objeto de hacerlos licenciables. Los sitios que en esta etapa no logren pasar por el "tamiz", pueden servir como prospectos para futuras consideraciones y deberán quedar incluidos en el inventario de sitios tentativos. Aquellos que pasen por la "malla" quedarán sujetos a consideraciones más severas.

Las principales actividades implicadas durante la selección de sitios candidatos se reducen a evaluar problemas potenciales que fueron identificados en la etapa anterior de modo de proveer de la seguridad razonable de que los sitios propuestos como tentativos con

tinuan considerándose capaces de recibir la licencia de construcción aunque en esta etapa tengan que pasar por una evaluación -- más detallada.

En esta etapa del proceso la información bibliográfica continúa -- siendo aprovechada y resulta de interés profundo, sobre todo en -- especialidades tales como la sismología, la meteorología, la hidrología, oceanografía, los censos de población, etc.

En general las observaciones hechas en los sitios respecto de las características fisiográficas y de medio ambiente, por ejemplo, -- son suficientes con el grado de detalle que se alcanza en esta -- etapa. Quizá el acceso a los sitios o la adquisición de los predios pudiera resultar como problema debiendo, en este caso, efectuar acuerdos especiales u opciones respecto de los terrenos antes de llegar a más detalle en los estudios; no sería razonable hacer estudios profundos, requeridos en esta etapa, en áreas que resultarán vedadas en su adquisición.

El grado de detalle para los estudios especiales y rutinarios incluidos en esta etapa es difícil de especificar por adelantado ya que depende de las características del sitio, de la clase de situaciones problema identificadas y del tiempo disponible para su solución. No obstante la evaluación que se hace en esta etapa puede pasar por más de una iteración en donde la cantidad de sitios tentativos analizados se reduce según el grado de detalle aplicado en cada sitio en especial. Puede resultar que las opciones finales, -- en la selección de sitios candidatos, puedan aparecer igualmente adecuadas y la decisión de desarrollar uno de estos sitios se base, únicamente, en pequeñas diferencias en costo, en actitudes -- públicas, en la facilidad de adquisición del predio, y en diversas consideraciones secundarias.

Las consideraciones implicadas durante la selección del sitio --
propuesto son:

01).- SALVAGUARDIAS

En esta etapa todos los sitios que se evalúan deben satisfacer -
las interrogantes de salvaguardias. Realmente, la atención puesta
en esta consideración se aplica a verificar que los requerimien-
tos impuestos a los sitios tentativos continúan satisfaciéndose.

02).- INGENIERIA

Las consideraciones de ingeniería adquieren importancia en esta -
etapa puesto que forman la base para estimar el costo de construc-
ción y operación de la central, así como el producido por los im-
pactos ambientales.

Aquí ya se plantean, preliminarmente, arreglos de sitio y de plan-
ta para determinar:

Características de diseño de la planta;

Preparación del sitio;

Accesos diversos;

Disponibilidad de agua de enfriamiento, toma y descarga;

Condiciones de cimentación;

Bancos de materiales; etc.

El método de enfriamiento por condensador es una de las considera-
ciones de ingeniería más significativas y requiere de un estudio
cuidadoso, más aún cuando quedan implicadas consideraciones ambien-
tales.

03).- MEDIO AMBIENTE

A causa de la naturaleza tan variada e intrincada de las consideraciones del medio ambiente, generalmente en cada sitio se llevan a cabo estudios de campo hechos por profesionales en cada especialidad. Para ello, en esta etapa se preparan programas de trabajo y especificaciones tendientes a iniciar dichos estudios detallados. Se requiere iniciar en los sitios el monitoreo ambiental que seguirá efectuándose a lo largo del tiempo con objeto de tener una gran cantidad de datos que permitan elaborar una buena estadística que arroje conclusiones confiables. Así mismo, donde se detectan problemas potenciales, tras estas observaciones, pueden emprenderse estudios especiales.

En esta etapa, también, debe preocupar más el efecto socioeconómico que va a causar la instalación nucleoelectrónica en el medio ambiente local.

04).- INSTITUCIONALES

Las consideraciones institucionales serán, cada vez más, una parte importante en la evaluación y selección de sitios propuestos. La importancia e impacto de esta consideración dependerá de la evaluación de requerimientos locales existentes. Los reglamentos municipales sobre el uso de la tierra y agua pueden tener una influencia significativa sobre la selección del sitio propuesto.

05).- ECONOMIA

Las consideraciones de costos en esta etapa tienen influencia particular en regiones donde otras consideraciones muestran variaciones insignificantes. Los factores de costos son un común denomina-

dor valioso, para comparar alternativas de sitios. Estos costos - incluyen los que se derivan de las consideraciones de Ingeniería - mencionadas anteriormente, los requerimientos de transmisión, las adquisiciones de tierra, la adquisición de agua para enfriamiento, los bancos de materiales, etc.

Las actividades a desarrollar en esta etapa 3, de evaluación de - sitios tentativos para la selección de sitios candidatos, son:

01).- GEOLOGIA DEL SITIO. (RADIO 2 KM).

Geología del subsuelo:

perforación 6" diámetro (40.00 m);

perforación 3" diámetro (400 m);

pruebas de permeabilidad;

**instalación de piezómetro en el contacto con las diferentes forma-
ciones geológicas.**

Localización de bancos de agregados para la construcción.

02).- TOPOGRAFIA DEL SITIO.

Levantamiento topográfico detallado;

procesamiento de datos y elaboración de planos.

03).- GEOFISICA

Exploración con refracción sísmica en la zona del sitio;

determinación de propiedades dinámicas;

registros geofísicos de pozo, sónico, densidad gamma, resistividad;

estudio de ondas superficiales;

exploración mar adentro con refracción sísmica.

04).- MECANICA DE SUELOS Y ROCAS

Mecánica de rocas a los diferentes estratos que constituyen el te-

rreno para definición de datos básicos de diseño;
muestreo para caracterización de los diferentes materiales: arena,
gravas, enrocamientos, etc.

05).- SISMOLOGIA

Relación entre epicentro, fallas, provincias sismotectónicas y estructuras tectónicas;
postular sismos de paro seguro usando las relaciones del punto anterior;
desarrollo de curvas de atenuación en función de la composición --
estratigráfica y litológica del terreno;
determinar el sismo de paro seguro (SPS).

06).- HIDROLOGIA DEL SITIO

Caracterización química y física de acuíferos;
cuantificación de acuíferos;
estudios piezométricos y de bombeo.

07).- OCEANOGRAFIA DEL SITIO

Mareas;
oleaje (dirección, altura y período);
batimetría;
seccionamiento playero :
. Perfiles de playa,
. Transporte litoral,
. Muestreo de material de playa;
corrientes marítimas;
caracterización química y física del agua;
temperatura y salinidad del agua;

procesamiento e interpretación de datos.

08).- METEOROLOGIA LOCAL

Diseño de programas de mediciones meteorológicas locales;
instalación de equipo y accesorios de la estación climatológica;
obtención de información meteorológica local para estudios de di
fusión;
procesamiento de la información meteorológica local, existente y
obtenida;
obtención de parámetros básicos de diseño con base en la infor-
mación local y regional;
estimación preliminar de las condiciones de difusión a corto y -
largo plazo;
elaboración de un reporte preliminar de meteorología local y pro-
grama preoperacional de meteorología.

09).- MONITOREO AMBIENTAL

Elaboración de los programas de monitoreo ambiental;
definición de parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y ---
radiológicos a estudiar en el medio ambiente, comprende: aire, --
agua y tierra, tendientes a obtener la radiación de fondo;
localización e instalación de estaciones de muestreo.

10).- GEOGRAFIA

Elaboración del Reporte correspondiente para el estudio prelimi-
nar de factibilidad.

11).- DEMOGRAFIA

Comprobación de la información bibliográfica con trabajos de cam-

po.

Distribución de la población por sectores (22.5°) y en círculos concéntricos de 2, 4, 6, 8, 10 y 15 Km. de radio, a partir del sitio;

distribución de población comprendida entre radios de 15 y 80 km. a partir del sitio;

proyecciones de población a las fechas de entrada y término de operación de la central.

12).- USOS DE TIERRA Y AGUA

Comprobación de la información bibliográfica con trabajos de campo, y obtención de los conceptos generales de planeación del desarrollo urbano de la región en estudio.

13).- HABITOS ALIMENTICIOS

Iniciación del estudio de hábitos alimenticios y elaboración de reporte.

14).- INSTALACIONES Y ACTIVIDADES HUMANAS

Descripción detallada de las instalaciones existentes y sus proyecciones al futuro.

15).- ECOLOGIA

Implementación de los Programas y Procedimientos para realización de los estudios de ecología terrestre y acuática identificando:

Comunidades ecológicas de valor económico;

comunidades ecológicas únicas;

especies con importancia científica y económica;

especies únicas, (en peligro de extinción);
biota sensitiva al impacto de construcción y operación de la central;
biota que afecte la operación de la central.

Como sucede en la conclusión de cada etapa, en ésta, una vez efectuados los estudios y observaciones de cada especialidad, cada una rinde un informe general de las actividades realizadas donde, además de la descripción de los trabajos y la inclusión de datos obtenidos, aporta conclusiones y recomendaciones, de acuerdo con lo indicado en el Plan de Garantía de Calidad, con el Procedimiento General de Selección de Sitios y con los procedimientos elaborados para cada especialidad.

De las conclusiones y recomendaciones de cada informe se obtendrán los criterios generales que nos permitirán aceptar o rechazar los sitios y continuar, en los aceptados, los estudios e inversiones que requiere la siguiente y última etapa del proceso de localización, evaluación y selección de sitios para centrales nucleoelectricas.

5.3.2.4. Etapa 4. SELECCION DE SITIOS DEFINITIVOS.

Además de evaluar los sitios candidatos para concluir en la selección de sitios definitivos, en esta etapa del proceso de selección de sitios se persigue la obtención de datos fidedignos obtenidos a través de mediciones y observaciones en los sitios con objeto de preparar el Informe Preliminar de Seguridad, (en Inglés: Preliminar Safety Analysis Report, o PSAR), mediante el cual, y de acuerdo con su contenido, se obtiene el licenciamiento de los sitios -- que han logrado llegar a esta Etapa 4, además a estos sitios se apli

ca mayor extensión y profundidad en los estudios a realizar con el objeto de obtener datos más veraces para llevar a cabo un mejor diseño de ingeniería de la central.

Se está, ahora, en la etapa que involucra estudios, exploraciones, pruebas, etc. más extensas que todas las aplicadas en las etapas anteriores a las regiones y sitios de interés.

Se continúan evaluando los problemas potenciales que se identificaron en la etapa 3; así mismo la información bibliográfica continúa siendo de gran utilidad, en especialidades como sismología, meteorología y oceanografía regional.

Los estudios que se realizaron en esta etapa tienen la extensión y profundidad que el grupo de ingeniería y licenciamiento considera adecuado para el cumplimiento de los requisitos impuestos por el organismo regulador mexicano (CNSMS), y esto depende de las características de cada sitio candidato.

Las actividades a realizar en esta etapa, para la obtención de datos, se clasifican y describen a continuación:

01).- GEOLOGIA

En general, se investiga la información geológica basándose en la publicación de reportes, mapas geológicos y otras fuentes confiables.

Se continúa con el estudio de la geología regional para ser correlacionada con la geología del sitio. Se preparan arreglos de planta para el sitio, revisando que las áreas a ser ocupadas por los edificios de la futura central, cumplan los requisitos mínimos de

cimentación para las estructuras de la central. Se identifica el sitio para determinar si existen deslizamientos de tierra reales o potenciales, subsidencia superficial o sub-superficial, empujes ascendentes del terreno o colapso, ocasionados por depresiones tectónicas y cavernas; de resultar positiva esta identificación se evalúan sus consecuencias y se proponen soluciones.

Las condiciones litológicas y estratigráficas para el sitio deberán estudiarse y correlacionarse con el estudio efectuado para la geología regional. Se estudian las características físicas, espesor de capas de formaciones, origen y grado de consolidación de cada unidad litológica, para lo cual se hacen barrenos y excavaciones a cielo abierto (trincheras).

02).- TOPOGRAFIA

Todo el apoyo topográfico que las especialidades requieran.

03).- GEOFISICA

Se hace un estudio sísmico ("cross hole") en los sitios donde se planea la ubicación de los reactores nucleares, con objeto de definir las condiciones de cimentación de los edificios.

04).- MECANICA DE ROCAS Y SUELOS

Se hace una definición de las áreas, respecto de las aplicaciones de cargas que van a tener y se muestrean con objeto de obtener valores y poder establecer condiciones de diseño para cimentaciones. Así, se determinan, por ejemplo, el espesor de suelo a despallar - hasta encontrar material sub-superficial con la capacidad de carga requerida; se determinan, también la porosidad, la densidad, el peso volumétrico, intemperismo, etc., para efectos de excavaciones -

y rellenos. Se hacen estudios de materiales en los bancos potenciales con objeto de ser utilizados para construcción.

05).- SISMOLOGIA

La historia sísmica regional se analiza a partir de la información tectónica, de donde resulta congruente la interrelación que existe entre las observaciones geológicas y las sismológicas.

En esta etapa se intensifica el reconocimiento geológico, el mapeo en el sitio y la regionalización de todos los sistemas de falla. Se determina la edad y la actividad de las fallas, tanto de tierra firme continental como de la plataforma marítima, precisando su localización, extensión lateral y profundidad.

De los resultados obtenidos se hace la definición de parámetros de diseño sísmico, y se determina para la central:

Sismo de Paro Seguro (SPS)

Sismo Base de Diseño (SBD)

Sismo Base de Operación (SBO)

Se determinan los valores máximos de la aceleración del terreno - para correlacionarlos con el SPS del sitio; se obtienen los espectros de respuesta de cada tipo de sismo considerado en el diseño - (SPS, SBD y SBO) y se encuentra la envolvente o espectro de respuesta para condiciones extremas y se determina el valor de la aceleración máxima.

06).- HIDROLOGIA

Se efectúa el monitoreo de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos;

se analiza la calidad del agua;

- se monitorean los flujos y las temperaturas de todas las corrientes y ríos cercanos al sitio;
- para los ríos cercanos, en caso de haberlos se hacen las siguientes determinaciones físicas:
- perfiles de temperaturas del agua;
 - perfiles de velocidades de la corriente;
 - turbidez, salinidad;
 - profundidad correlacionada con la edad del río;
 - cantidad de sólidos en suspensión;
 - contenido de silicatos;
- .se realiza un estudio para determinar el nivel máximo probable de inundación y la frecuencia con la que este suceso ocurre en el sitio;
- .se elaboran mapas donde se muestren las características del sistema de drenaje del sitio que se planean modificar o utilizar para los fines de drenaje de la central;
- .se hace la descripción, localización, tamaño, forma y otras características hidrológicas de regiones costeras, lagos, corrientes y agua subterránea;
- .se enlistan los propietarios, la localización y cantidad de flujo consumido por usuarios cuyas obras de toma puedan verse afectadas por una liberación de efluentes de la planta; para sitios ubicados adyacentes a corrientes de agua principales o importantes, se determinan las consecuencias que la falla de estructuras hidráulicas -- ubicadas aguas arriba pudieran acarrearle a la central. Para las avenidas históricas en el sitio se registra la fecha, nivel alcanzado, pico de descarga y toda la información disponible al respecto;
- .se determina una precipitación máxima probable en la localidad y su drenaje, y los efectos sobre el sistema de drenaje local, determinando el nivel probable de inundación por concepto de precipitación;
- .se determinan las alturas de inundación para huracanes, ciclones, tsunamis; etc.

- .para el caso de sitios ribereños se obtienen los tirantes para las avenidas máximas probables de diseño, para poder obtener las posibilidades de inundación y los niveles máximos probables que pueden resultar afectados;
- .se inicia el estudio para determinar la cantidad de acuíferos independientes que existen en el sitio y de los cuales se pueden obtener volúmenes de explotación, sin que la extracción del fluido repercuta en su agotamiento; para ésto se requieren pruebas de bombeo, procedencia de la recarga, cantidad de recarga anual, calidad del agua extraída y el efecto de liberaciones accidentales de la central sobre los mismos;
- .se hace la determinación de la configuración de los mantos freáticos en el sitio;
- .se determinan los arrastres de sedimentos de las corrientes perennes de importancia cercanas al sitio así como el arrastre de litoral que los sitios costeros tengan.

07).- OCEANOGRAFIA

- .Se determina la altura de ola significativa y altura de ola máxima probable, así como el efecto que tiene sobre la central;
- .se investiga, de la bibliografía existente, las alturas de las olas generadas por los tsunamis, en función de la configuración del fondo marino;
- .se investigan los efectos de los fenómenos naturales sobre los depósitos de agua o canales de agua de circulación, para toma o descarga;
- .se estudia la variación de los niveles en los cuerpos de agua que se proyecta utilizar para agua de enfriamiento;
- .se inician los estudios necesarios para evitar la recirculación del agua de mayor temperatura descargada por la planta y la admisión para el enfriamiento del condensador.

- .se determinan las características químicas y físicas del agua - que se proyecte usar como fuente de abastecimiento, ya sea en - forma permanente o alternativa, para operación y/o para construcción de la central;
- .se analiza la dispersión, dilución y tiempo de estabilización de liberaciones accidentales de efluentes líquidos en los cuerpos - de agua cercanos a la central;

08).- METEOROLOGIA

Se hace una descripción y evaluación de la climatología general - de la región mencionando los tipos de masas de aire, características de la presión atmosférica en la región y sus variaciones, características de dirección y velocidad de los vientos regionales, temperaturas, humedad, precipitación;

- .se investigan las condiciones meteorológicas regionales para el - diseño y operación de la planta; se requerirán las frecuencias -- anuales y estacionales de los fenómenos atmosféricos severos dentro de los cuales podemos incluir huracanes, tornados y trombas - marinas, tormentas eléctricas y contaminación potencial del aire. Entre las investigaciones requeridas para el sitio se incluye un programa de mediciones meteorológicas en el sitio; en el que se - incluyen los siguientes parámetros:

viento (dirección y temperatura);

temperatura del aire (promedios, medidas extremas y variación diaria);

vapor de agua atmosférico (absoluto y relativo) (promedio, medidas extremas y variación diaria);

precipitación (promedio y medidas extremas, intensidades, distribución, frecuencia y duración de la distribución);

polución y niebla (su frecuencia y duración);

estabilidad atmosférica (incluyendo la frecuencia y el tiempo deinversión);

datos mensuales de la capa de mezcla.

09).- MONITOREO AMBIENTAL

Implementación y desarrollo de los programas de monitoreo ambiental; obtención, procesamiento y análisis de la información, complementándola con la obtenida en los estudios de Ingeniería Ambiental, y datos de la central a instalar; definición del área de exclusión y determinación preliminar de dosis a la población; elaboración de programas preoperacionales de monitoreo ambiental.

10).- DEMOGRAFIA

Interpretación de la información para ser incluida en el reporte de factibilidad de sitio, habiendo determinado el factor de población del sitio.

11).- GEOGRAFIA

Se determinan las características de ubicación geográfica del sitio; entre tales características podemos incluir: coordenadas geográficas, orientación de las principales estructuras de la planta. Se incluye el estado, municipio al cual pertenece el sitio, localización del sitio respecto de poblaciones de importancia, zonas fabriles, comerciales, turísticas, agrícolas, etc.

12).- USOS DE TIERRA Y AGUA

Interpretación de la información para ser incluida en el reporte de factibilidad de sitio.

13).- HABITOS ALIMENTICIOS

Interpretación de la información para ser incluida en el reporte de factibilidad de sitio.

14).- INSTALACIONES Y ACTIVIDADES HUMANAS

Se hace un inventario de las instalaciones industriales, militares y de transporte, cercanas al sitio;

Se elaboran mapas en donde se pueda apreciar la localización y -- distancia de este tipo de instalaciones; también se dá una descripción de los materiales y productos que son fabricados en esas instalaciones y su ruta y forma de transporte, almacenaje, frecuencia de embarques, cantidad máxima de productos peligrosos a ser procesados en esas instalaciones; de este estudio, se podrá determinar cuáles productos son peligrosos para la central y se determinan -- los límites de toxicidad para cada sustancia peligrosa; se obtienen las proyecciones del crecimiento industrial planeado para la -- región.

Las instalaciones que se inventarían son las siguientes:

Oleoductos y gasoductos. Tamaño de la tubería, edad, presión de -- operación, localización y tipo de válvulas de aislamiento; tipo de líquido o gas transportado.

Aeropuertos. Longitud y orientación de las aeropistas, tipos de -- aeronaves que utilizan la instalación, cantidad de vuelos por --- año; rutas de vuelo asociadas al uso del aeropuerto.

Vías navegables. Localización de la obra de toma respecto a la -- vía navegable, características geométricas del canal, tipos de -- embarcaciones que hacen uso del canal, muelles e instalaciones -- marítimas o fluviales del canal.

Evaluación de accidentes potenciales. Los accidentes potenciales que se evalúan son: explosiones, nubes de vapor de productos inflamables, productos químicos tóxicos, fuego, impactos con la estructura de toma, derrame de líquidos.

Zonas arqueológicas y monumentos históricos.

. Se elabora un estudio sobre los sitios históricos cercanos al emplazamiento. En él deberán de observarse los siguientes aspectos.

- . Descripción física de los sitios;
- . las evidencias de su ocupación histórica;
- . cualquier sitio arqueológico localizado;
- . recomendaciones para aminorar el impacto de la central sobre el sitio y la recomendación de la necesidad de realizar estudios más extensos.

. Uso de la tierra y el agua.

- . Se identifican, finalmente, las tierras cercanas a la planta dedicadas a la agricultura; para este concepto, se realizan los estudios necesarios para determinar los principales productos alimenticios cultivados en la zona, extensión del terreno dedicada a estos fines, el régimen de las tierras de cultivo (riesgo o temporal), su producción anual.

El área en que este estudio deberá realizarse es aquella en la cual la planta afecta teóricamente el uso de la tierra. Si el estudio contempla también el uso del agua, se deberá dar una descripción de los usos del agua, en esta descripción deberá contemplarse la disposición de la misma en el sitio, - el porcentaje de los cuerpos de agua dedicados a usos agrícolas, industriales, comerciales, turismo, etc.

15).- ESTUDIO SOCIO-ECONOMICO.

- . Este estudio es realizado con la finalidad de obtener datos de población tales como:

datos de población del área estudiada;
identificación de cambios históricos de población;
proyección al futuro de cambios de población;
debiendo proporcionar una discusión detallada de la composición de la población y las características de la región, --- así como una descripción detallada de la economía del área estudiada; índices de desempleo de la población en el área estudiada; características y mano de obra; nivel de vida y - distribución de la riqueza; estructura económica e industrial.

16).- IMPACTO AMBIENTAL

- . La infraestructura de la comunidad;
- . el medio ambiente de la región;
- . los servicios disponibles en la región;
- . se crearán procedimientos y recomendaciones para las acciones - dirigidas a la mitigación de los impactos.

17).- ECOLOGIA

- . Se complementan los programas ecológicos iniciados en la etapa anterior; dicho programa tiene como objetivo determinar si la - construcción de la planta alterará en forma significativa el balance ecológico de la región.
- . Entre las tareas a complementar en relación con el aspecto ecológico acuático, están:
 - . El muestreo cualitativo y cuantitativo del fitoplancton, zooplancton, perifitones, bentos, peces, huevos y larvas de peces, bacterias, química acuática y parámetros físicos. La -- extensión de estos estudios será la establecida por los espe

cialistas del proyecto, con apego a los procedimientos de la -
especialidad.

Entre las tareas a complementar respecto con el aspecto ecológico terrestre están:

- . muestrear cuantitativa y calitativamente: vegetación, avi--
fauna, reptiles y anfibios, invertebrados y suelos en los
tipos representativos del habitat vegetal.
- . Se realiza un programa de muestreo radiológico de fondo para -
tener los niveles de referencia de la cantidad de radiación na
tural y en el futuro poder determinar la cantidad de radiación
aportada por la central al medio ambiente, vigilando que dichas
aportaciones de radioactividad no excedan las establecidas por
el organismo regulador mexicano. El programa de monitoreo radio
lógico tendrá la extensión y duración que el organismo regula--
dor señale.
- . Se prepara la información para ser incluida en el Reporte de -
factibilidad del sitio.
- . Se preparan los Programas Preoperacionales de monitoreo ecológi
co.

CAPITULO 6.

CRITERIOS PARA LA UBICACION DE LA OBRA DE TOMA Y DESCARGA PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE UNA CENTRAL NUCLEOELECTRICA UBICADA EN LA COSTA.

CONTENIDO:

- 6.1. CONSIDERACIONES GENERALES.
- 6.2. SISTEMAS DE AGUA DE CIRCULACION.
 - 6.2.1. SISTEMA DE CIRCUITO ABIERTO O DE UN PASO.
 - 6.2.2. SISTEMA DE CIRCUITO CERRADO O DE PASOS MULTIPLES.
 - 6.2.3. VALORACION DE CADA SISTEMA.
 - 6.2.4. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACION.
- 6.3. ARREGLO DE LAS OBRAS CIVILES PARA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO UBICADO EN LA COSTA. GENERALIDADES.
 - 6.3.1. PLANTEAMIENTO DE OPCIONES.
 - 6.3.2. SELECCION DEL TIPO DE ARREGLO MAS ADECUADO.
 - 6.3.3. OPTIMIZACION DE LA OPCION ELEGIDA.
 - 6.3.4. ELABORACION DEL PROYECTO DE DETALLE DEFINITIVO.
- 6.4. INTERFERENCIAS CON EL SISTEMA DE AGUA DE SERVICIO NUCLEAR.

6.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

En el capítulo anterior se puede apreciar la diversidad de criterios, consideraciones, factores y condiciones que deben aplicarse en la selección de sitios para decidir la ubicación de una central nucleoelectrónica; entre todo ello destaca la condición de que el sitio debe contar con una fuente suficiente e inagotable de agua propia para el enfriamiento de la central durante su vida útil. Es tan importante la consideración de esta condición que las primeras centrales nucleoelectricas en nuestro país se ubicarán en la costa del Golfo de México dado que, desde el punto de vista técnico-económico, el mar es la mejor fuente de provisión de agua para enfriamiento.

En vista de lo anterior, el problema de encontrar una fuente de abastecimiento de agua se reduce a estudiar el comportamiento de la masa de agua marítima para que, de acuerdo con las conclusiones obtenidas de dicho estudio, se esté en la posibilidad de elegir la ubicación precisa de las obras de toma y descarga, una respecto de la otra; y de definir el tipo de obra más conveniente.

Adicionalmente se deben tener en cuenta las condiciones físicas que presente el sitio seleccionado, principalmente las topográficas y las geológicas, que están íntimamente relacionadas con el diseño hidráulico, con el diseño estructural, el mecánico y el costo, temas que están fuera del alcance del presente análisis y que únicamente se mencionan para destacar la interrelación que existe con los criterios aplicados en la ubicación y la elección de las obras de toma y de descarga. Para ello es importante iniciar con una breve descripción de algunas componentes de los sistemas de enfriamiento.

miento, y en éstas, mencionar las características sobresalientes que obligan al proyectista a definir las dimensiones, las cotas, la ubicación de dichas componentes así como el tipo estructural o mecánico idóneo.

6.2. SISTEMAS DE AGUA DE CIRCULACION.

Básicamente existen dos sistemas de agua de circulación - utilizados tanto en plantas termoeléctricas como en nucleos eléctricos:

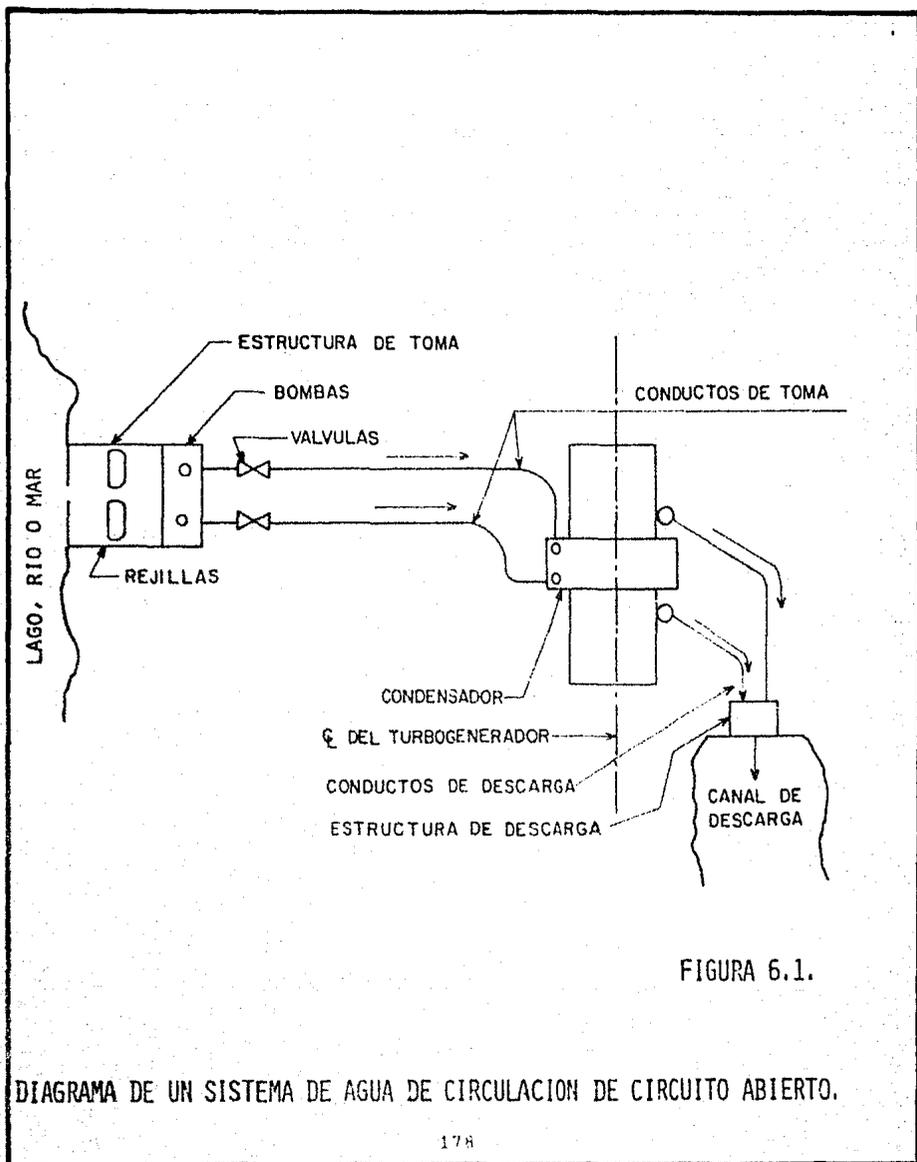
- a).- De circuito abierto o de un paso.
- b).- De circuito cerrado o de pasos múltiples.

6.2.1. SISTEMA DE CIRCUITO ABIERTO O DE UN PASO.

El sistema de circuito abierto se define como aquel que - usa el agua de enfriamiento, en particular, una sola vez. En este sistema el agua que se utiliza para enfriamiento de la central se toma de un río, de un lago o del mar y - se descarga, después de efectuados el enfriamiento, en la misma masa de agua que sirve como fuente de abastecimiento. La fuente que abastece debe ser abundante y debe presentar características tales que eviten la recirculación del calor procedente de la descarga. (Figura 6.1.).

6.2.2. SISTEMA DE CIRCUITO CERRADO O DE PASOS MÚLTIPLES.

El sistema de circuito cerrado se define como aquel que - usa la misma agua de enfriamiento una y otra vez, esto es, el agua que se utiliza se toma, inicialmente, de una fuente de abastecimiento y, posteriormente al enfriamiento, el



agua que se descarga es reutilizada posteriormente a su enfriamiento en torres o tanques de enfriamiento. En este tipo de sistema se requiere de un volumen mucho menor que el necesario en un sistema abierto debido a que únicamente se requiere la cantidad de agua perdida en el proceso de evaporación, rocío arrastrado, purga e infiltraciones, (Figura 6.2.).

6.2.3. VALORACION DE CADA SISTEMA.

Por lo común, el sistema de circuito abierto es más económico que el de circuito cerrado; requiere de una menor inversión inicial y de un costo de operación más reducido. Esto explica porqué las plantas termoeléctricas y nucleoeeléctricas se sitúan, tradicionalmente, cerca de grandes masas de agua.

El gasto de agua requerido para enfriamiento de una central es grande, consecuentemente la fuente de abastecimiento debe ser extremadamente confiable si se trata de un sistema abierto; ésto no sucede con un sistema de circuito cerrado, aunque el requerimiento inicial de agua es mayor, la cantidad necesaria para reposición al ciclo es mínima.

Un sistema de circuito abierto requiere de un espejo y volumen de agua considerable para el proceso de difusión del calor extraído del condensador y del núcleo del reactor; aunado lo anterior a que las leyes de los organismos reguladores se imponen a los propietarios de centrales generadoras con el fin de proteger el medio ambiente, y que cada día son más severas, lo cual tiene una notable influencia en el costo de una instalación de circuito abierto, compitiendo, por esta razón, desfavorablemente contra un siste

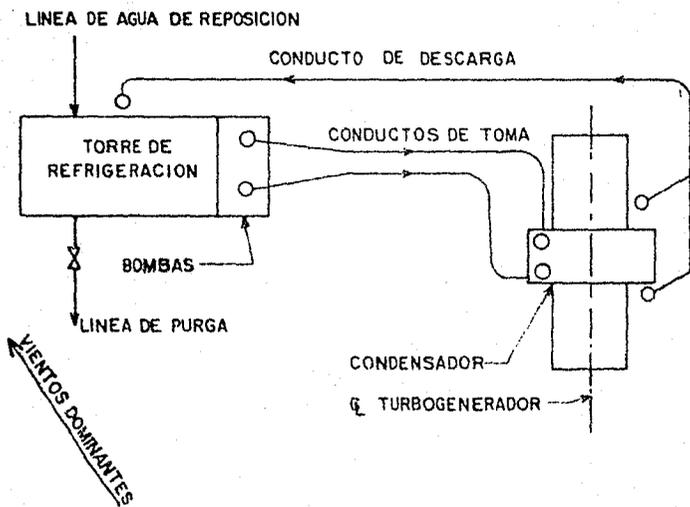


DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACION DE CIRCUITO CERRADO.

FIGURA 6.2

ma de circuito cerrado, para el que las regulaciones que se imponen son menos severas.

Para el caso de tanques de enfriamiento, la extensión o área requerida es mucho mayor que la necesaria en torres de enfriamiento. Esto anterior constituye, en la mayoría de las ocasiones, un serio obstáculo a vencer.

En el caso de centrales nucleares la factibilidad de encontrar sitios que cumplan con características que favorezcan la aplicación de sistemas de circuito abierto para el enfriamiento, es reducida en términos generales. Desde el punto de vista de nuestra ubicación geográfica y debido a que nuestro país se inicia en su programa nucleoelectrico, podemos asegurar que, por el momento, el problema está solucionado: la costa del Golfo de México presenta - en varios sitios características favorables para considerar, actualmente, sistemas de enfriamiento de un solo paso.

En algunos casos la solución que han dado los diseñadores de sistemas de enfriamiento ha sido la de combinar soluciones interconectando circuitos de un solo paso con circuitos de pasos múltiples, con objeto de reducir la temperatura del agua previamente a la descarga; de este modo, en sitios con temperaturas extremas. son utilizadas torres o estanques de enfriamiento antes de efectuar la descarga de agua caliente a la fuente de abastecimiento, para que en épocas de descenso de la temperatura ambiental, o cambios estacionales de condiciones oceanográficas, específicamente, la descarga se pueda efectuar directamente a la masa de agua, sin provocar recirculación de agua caliente.

6.2.4. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACION

Los componentes esenciales de un sistema de agua de circula

ción, dependiendo de las facilidades que presente el sitio y del sistema a emplear, son:

- 01) OBRAS DE CONDUCCION DEL AGUA.
- 02) ESTRUCTURA DE TOMA.
- 03) CONDUCTOS DE TOMA Y DESCARGA.
- 04) ESTRUCTURA DE DESCARGA.
- 05) TORRES O ESTANQUES DE ENFRIAMIENTO. (*)
- 06) LINEAS DE AGUA DE REPOSICION. (*)
- 07) LINEAS DE PURGA. (*)

Junto con las características propias del diseño de la central se pueden imponer elementos adicionales como:

- 08) TOMA SUMERGIDA.
- 09) BARRERAS PARA TOMAR AGUA A MAYOR PROFUNDIDAD.
- 10) CAMARA DE COMPENSACION O VALVULAS DE CONTROL DE FLUJO PARA REDUCIR EL GOLPE DE ARIETE.
- 11) CANALES O TUBERIAS PARA RECIRCULAR EL AGUA DE DESCARGA CALIENTE HACIA LA OBRA DE TOMA PARA FUNDIR EL HIELO, EN SITIOS DE CLIMA FRIO.
- 12) BOMBAS DE VACIO Y OTRO EQUIPO DE ELIMINACION DE AIRE EN LOS PUNTOS ELEVADOS DE LA CONDUCCION PARA MANTENER EL EFECTO DE SIFON O PARA EVITAR LAS TRAMPAS DE AIRE, ETC.

Ciertos elementos del sistema de agua de circulación están sujetos, en algunos casos, a condiciones de diseño especiales por ser comunes con otros elementos o por interferir con sistemas relacionados con la seguridad nuclear; en caso de centrales nucleares, por ejemplo, es muy frecuente -

(*) Para circuito cerrado.

que la obra de toma del agua de circulación se integre a la del sistema de agua de servicio nuclear, ya sea porque la fuente de suministro es la misma y se haga la toma en el mismo sitio o porque la descarga se haga hacia el mismo lugar.

A continuación se explica brevemente cada uno de los elementos constitutivos de un sistema de agua de circulación, de circuito abierto:

01) OBRAS DE CONDUCCION DE AGUA.

Estas obras tienen la finalidad de conducir el agua desde la fuente de suministro hacia la estructura de toma. Este tipo de obras se hacen cuando existen impedimentos naturales o creados por el hombre que imposibilitan hacer una toma directa en la ribera de un río, en la orilla de una laguna o en la costa; estos impedimentos pueden ser: accidentes topográficos, fluctuaciones en el nivel del agua, dificultad de acceso a la estructura de toma, calidad del suelo, habiendo imposibilidad para soportar las descargas de las obras, severidad en las tormentas: oleaje, viento, arrastre de sedimentos; construcciones o instalaciones diversas: un puerto, depósitos petroleros, una población, etc., pero que, por razones estratégicas y de carácter económico, es conveniente emplazar una central en dicha zona.

Para salvar las dificultades descritas se requiere de un canal de acceso que garantice un suministro de agua constante. Estas obras permiten moderar la agitación causada por el oleaje, evitar el arrastre de sedimentos en suspen-

sión ó en el fondo, seleccionar la profundidad de la toma en relación con la temperatura del agua.

Si las condiciones de la fuente de suministro son favorables será posible prescindir de las obras de conducción y se podrá diseñar una estructura de toma situándola directamente frente a la fuente de suministro.

Debido a la diversidad de los factores antes mencionados - existe una variedad de soluciones para la conducción del agua desde la fuente de suministro hasta la estructura de toma, pudiendo optarse por las siguientes obras:

A) ENTRADA EN CANAL ABIERTO.

Este tipo de solución resulta, generalmente, el más económico cuando se dispone de una masa acuática protegida naturalmente como es el caso de un lago o una bahía.

Las velocidades admisibles del agua en el canal dependen - del tipo de revestimiento; para obtener condiciones favorables de flujo a través de las rejillas de la estructura de toma, la velocidad deberá ser inferior a 0.30 m/seg., a menos que se estudie cuidadosamente el diseño hidráulico, --- tanto del canal como de la estructura de toma. (figura 6.3).

B) TOMA PROTEGIDA.

En el caso de que la estructura de toma, o el canal -en su caso- se sitúe directamente frente al mar, es necesario el empleo de diques, reompeolas, escolleras, o espigones. Tal es el caso de la solución aplicada en Laguna Verde, (ver - Figura 2.6 , Cap. 2.).

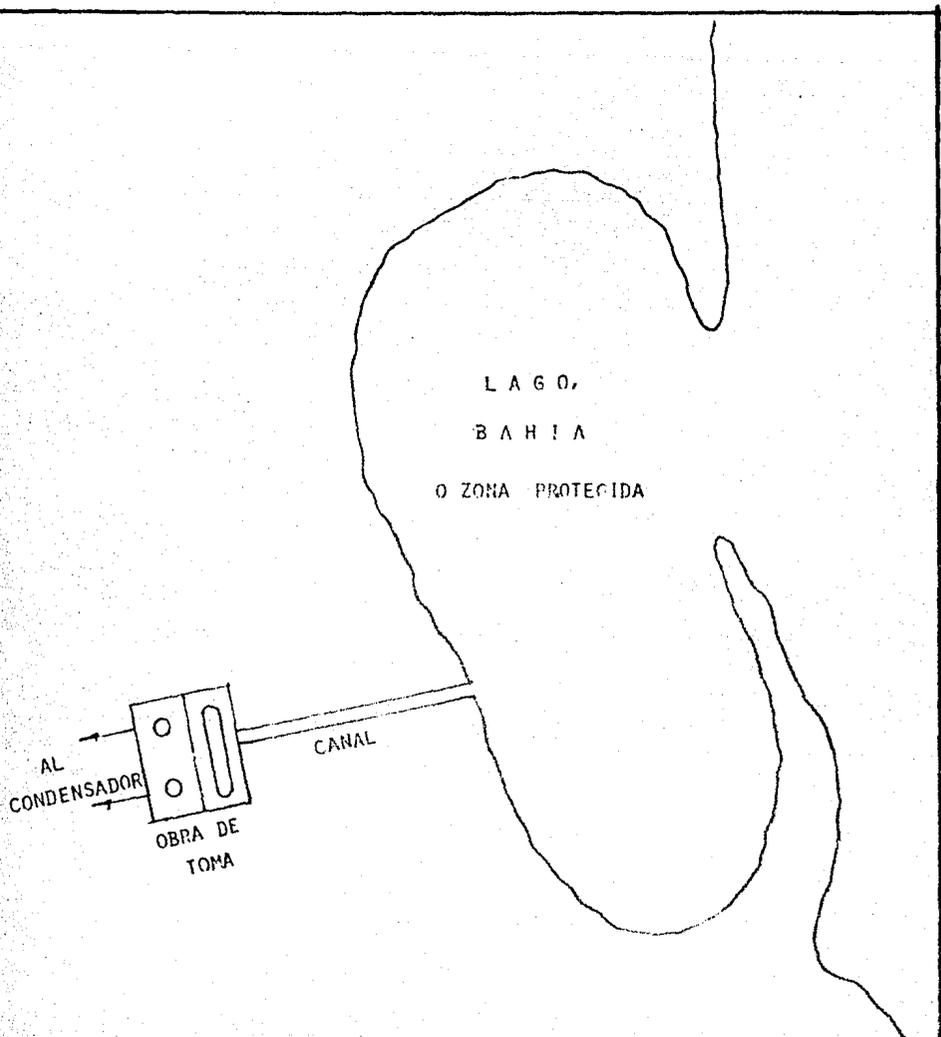


DIAGRAMA DE UNA OBRA DE TOMA ALIMENTADA POR MEDIO DE CANAL DE LLAMADA.

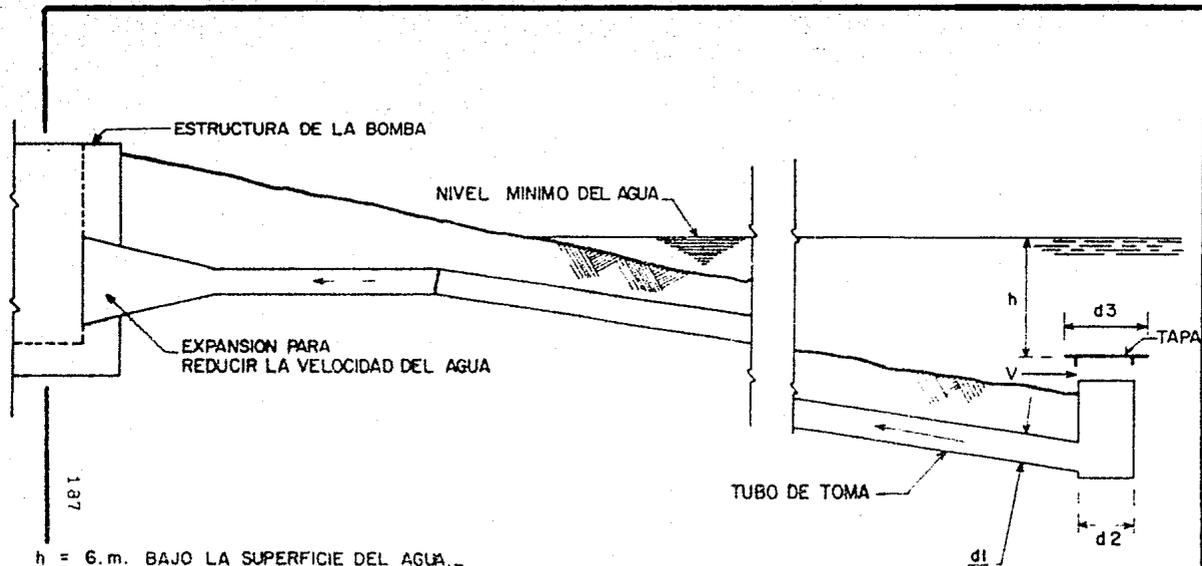
Estas obras marítimas pueden resultar de dimensiones considerables y consecuentemente de costo elevado; deben ser -- muy bien estudiadas durante su diseño, el cual incluirá su ubicación y geometría en planta, de modo que no funcionen como elementos captadores de arena o que favorezcan la recirculación de la descarga. Así mismo, se deberá considerar la existencia de bancos de roca cercanos al sitio, para la construcción de los elementos transversales (núcleo, capa secundaria y coraza), o para la fabricación de elementos precolados (dolos, tetrápodos, cubos).

C) CONDUCTOS DE ENTRADA Y CONDUCCION SUMERGIDOS.

Este tipo de obras se utilizan para proteger a la obra de toma de entrada de objetos sólidos en suspensión, de tormentas y, en muchos casos, para evitar la recirculación del agua proveniente de la descarga, aprovechando la estratificación de las masas de agua.

La elevación de la entrada debe ser tal que no presente peligros para la navegación; deberá quedar lo suficientemente alejada del fondo para reducir la admisión de sedimentos por arrastre producido con la succión. La profundidad de la entrada deberá ser elegida de modo de tomar el agua a la temperatura óptima en relación con las condiciones de enfriamiento de la planta y con la estratificación de las masas de agua.

Una solución económica será aquella en que el tubo o canal de conducción resulte con la menor longitud sumergida posible; lo anterior puede lograrse en costas cuyo fondo tengan una pendiente pronunciada. (figura 6.4.).



$h = 6. \text{ m.}$ BAJO LA SUPERFICIE DEL AGUA. .

ó LA REQUERIDA POR LA ESTRATIFICACION PARA OBTENER AGUA MAS FRIA

ó LA REQUERIDA POR LAS LIMITACIONES DE NAVEGACION.

$v < 0.30 \text{ m/seg.}$ VELOCIDAD DEL AGUA EN LA ENTRADA PARA PERMITIR EL ESCAPE DE LOS PECES

$d_2 = 2d_1 (\pm)$ (DIAMETRO DE LA ENTRADA), DONDE $d_1 =$ DIAMETRO DE LA CONDUCCION

$d_3 = 2d_2 (\pm)$. MINIMO = $d_2 + 1.50 \text{ m.}$ (DIAMETRO DE LA TAPA)

DIAGRAMA DE UNA OBRA DE TOMA SUMERGIDA.

FIGURA 6.4.

En este tipo de toma se presenta otro problema grave constituido por la entrada de animales marinos, aliviado, en cierto modo, con la instalación de una tapa en la entrada, colocada horizontalmente, puesto que los animales tienden a nadar contra la dirección del flujo horizontal ya que -- son fácilmente succionados por el flujo vertical. La tapa resulta ser un elemento de gran ayuda puesto que si está bien proyectada mejora las trayectorias de flujo y reduce las pérdidas de carga en la entrada. La velocidad de entrada del agua para una lámina horizontal debe ser moderada, generalmente inferior a 0.3 m/seg.

En aguas frías la entrada sumergida disminuye el acceso de hielo en estado coloidal pero no lo elimina por completo, por lo que es necesario considerar la posibilidad de aportar calor a las rejillas de barras para evitar su obstrucción. Usualmente se hace recircular agua caliente a la rejilla o se efectúa un calentamiento eléctrico a las barras, para evitar el problema de obstrucción por hielo.

La incrustación de organismos marinos, su reproducción y crecimiento resulta más crítico en el interior de los conductos marinos que en otros tipos de conducción, por lo que éstos deben ser sobredimensionados para prevenir la reducción de la succión con el paso del tiempo. Alternativamente puede impedirse el crecimiento y la proliferación de los animales marinos con la inyección de cloro en la entrada o mediante un tratamiento periódico de choques térmicos. Este último tratamiento se logra intercambiando los conductos de toma y descarga lo cual requiere de una costosa estructura de control de compuertas. La máxima eficacia se obtiene al coordinar la operación normal de la central con la --

variación de las mareas y los períodos de crecimiento y reproducción de los organismos.

Los tres tipos de diseño para obras de conducción descritos anteriormente constituyen ejemplos de algunas de las distintas posibilidades que existen y de la variada combinación de los elementos constitutivos, de acuerdo con las características especiales para cada sitio. Sin embargo, en cualquier tipo de diseño adoptado deberán tenerse en cuenta las condiciones de agitación máxima admisible del agua de la proximidad de la toma, de donde se derivará el diseño del resto del sistema; se tendrá en cuenta, también la mecánica de transporte de sedimentos en la fuente de suministro.

Un diseño deficiente respecto de éstos tópicos podría ocasionar graves problemas durante la operación de la planta.

02) ESTRUCTURA DE TOMA

Una estructura de toma presenta una gama de diseños mucho más amplia que cualquier otra estructura del sistema de agua de circulación. Debido al considerable número de variables que intervienen, casi puede asegurarse que no hay dos plantas que tengan estructuras de toma idénticas. Generalmente estas variables son:

- a) EL GASTO TOTAL DE AGUA REQUERIDO PARA ENFRIAMIENTO, POR UNIDAD GENERADORA.
- b) LA CALIDAD DEL AGUA, EL TIPO Y UBICACION DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, (RIO, LAGO, MAR).
- c) EL TIPO DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO ADOPTADO, (DE CIRCUITO

TO ABIERTO O CERRADO), ASI COMO EL TIPO DE ENTRADA ELEGIDO.

- d) LA CANTIDAD Y TIPO DE BOMBAS NECESARIAS.
- e) LAS CONDICIONES TOPOGRAFICAS DEL SITIO DONDE SE UBI CARA LA TOMA, LA CENTRAL Y LA DESCARGA, (ARREGLO DE SITIO).
- f) LA DISTRIBUCION DE LA CENTRAL EN EL SITIO, (ARREGLO DE PLANTA).

Durante la planeación de una estructura de toma deberán - considerarse, entonces:

- A) La localización relativa óptima de cada uno de los elementos estructurales, hidráulicos o mecánicos, - que están en la estructura de toma o son parte de - ella para obtener un arreglo que permita la optimización de áreas, la construcción de las estructuras, el montaje del equipo mecánico y su mantenimiento.
- B) El dimensionamiento de los elementos estructurales, hidráulicos o mecánicos que, además de obtener las ventajas que proporciona una buena localización, -- brinde un correcto funcionamiento hidráulico.

En el dimensionamiento se deben tener en cuenta:

- B-1) Las condiciones naturales de la fuente de enfriamiento y del recinto de descarga, como son:
 - . Las variaciones en los niveles del espejo de agua;
 - . El contenido de basuras o hielo en el agua.

- . La distancia entre la entrada del agua, la toma, el condensador y la descarga.

B-2) Las condiciones topográficas, batimétricas y geológicas del sitio, para determinar:

- . Los niveles óptimos de la entrada del agua de los cárcamos de bombeo, del condensador, del pozo de sello en la descarga (gradiente hidráulico).
- . La ubicación, en planta, de los componentes esenciales del sistema de enfriamiento, en relación con la ubicación del condensador y del reactor de la propia unidad generadora y/o de otras aledañas, en caso de haberlas.

B-3) Las condiciones mecánicas del equipo utilizado:

- . Tipo de bomba, potencia, abocinamiento, sumergencia, etc.
- . Tipo de rejillas, mallas, etc.
- . Equipos auxiliares considerados.
- . Compuertas.

B-4) Las condiciones hidráulicas impuestas por el diseño propio de la central, por la ubicación de los elementos principales, por los niveles de desplante -- considerados, gasto necesario, toma abierta o sumergida, etc. que propician:

- . Conducción cercana o lejana,
- . Tipo de elemento utilizado para la conducción -- (concreto, acero, etc.) o descarga.

- . Sección transversal en la conducción y descarga.
- . Velocidades del agua en las distintas secciones del sistema.
- . Tipo de cárcamo de bombeo.

C) El diseño estructural.

D) El costo

Los elementos principales que forman parte de la obra de toma son:

Canal de llamada o recinto de entrada.

Compuertas de control y bloqueo.

Conductos cruzados, compuertas y controles de recirculación.

Áreas de transición.

Rejillas de barra.

Rejillas de arrastre o rejillas móviles.

Bombas y cárcamos de bombeo.

Instalaciones para el manejo de basuras.

Plantas de tratamiento de aguas.

Sistemas de bombeo auxiliares.

Grúa viajera.

En esencia, desde el punto de vista de su funcionamiento, una estructura de toma consta de dos partes: el pozo de rejillas y el cárcamo de bombeo; ambas, en general, constituyen una sola unidad estructural denominada obra de toma. (Figura 6.5.).

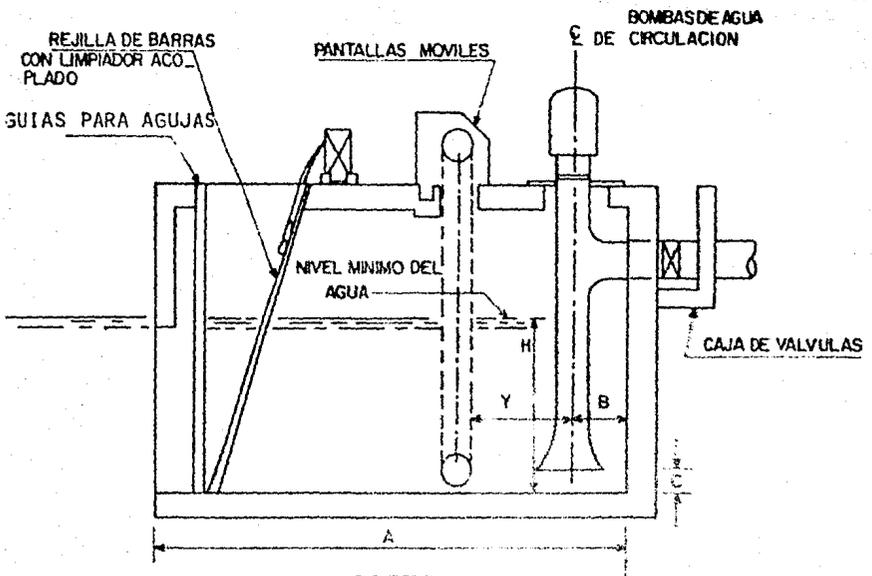


DIAGRAMA DE UNA ESTRUCTURA
TIPICA DE TOMA.

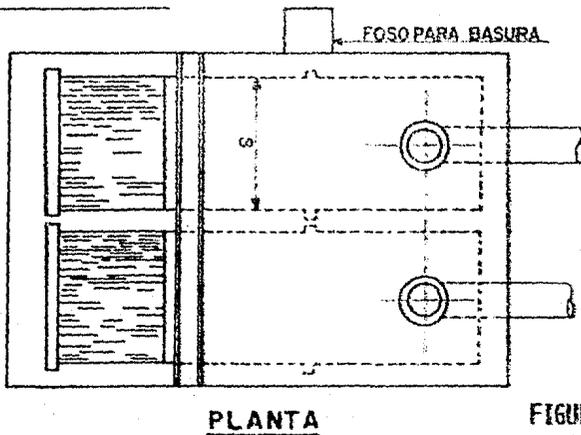


FIGURA 6.5.

POZO DE REJILLAS

El agua fluye a través del pozo de rejillas en condición de canal abierto. En algunas instalaciones ésto es la -- única parte del sistema de agua de circulación que no -- constituye un conducto cerrado. El pozo de rejillas contiene las rejillas de barras, las mallas o tamices de basura y la transición al cárcamo de bombeo. La transición del conducto submarino, cuando es toma sumergida, a la -- estructura de control de compuertas, para la inversión -- de flujo (en el sistema de choque térmico cuando se utiliza este diseño), suele formar parte del pozo de rejillas.

La velocidad de agua a través del área neta de las rejillas limpias no debe ser mayor de 0.6 m/seg., con nivel mínimo -- del agua, lo que supone velocidades aguas arriba y aguas -- abajo, respecto de las rejillas, del orden de 0.30 m/seg. - La consideración de la protección contra la succión de peces puede exigir velocidades menores. Estos criterios determinan, en la mayoría de los casos, las dimensiones de la -- sección transversal del pozo de rejillas.

CARCAMO DE BOMBEO.

La configuración del cárcamo de bombeo depende, básicamente, de las dimensiones, del tipo y cantidad de bombas instaladas. La función principal del cárcamo es amortiguar -- cualquier régimen de flujo extremadamente distorsionado -- que provenga de aguas arriba. Las trayectorias de flujo -- hacia la bomba son de gran importancia en cuanto al régimen que adopten por lo que deberá evitarse que halla transiciones aguas abajo del pozo de rejillas que puedan distorsio-

nar un régimen adecuado.

La selección del nivel de agua más apropiado para el diseño de la bomba requiere de un cuidadoso estudio previo de las variaciones del nivel de agua en la entrada. La práctica aconseja la inconveniencia de diseñar las bombas para la condición de aguas mínimas; el nivel del agua supuesto en la toma, para el cálculo de la carga de bombeo, debe seleccionarse en tal forma que la bomba opere tan cerca sea posible de su punto de diseño durante la mayor parte de su vida útil. Es necesario, pues, considerar el nivel de aguas mínimas extremas cuando se determina la elevación del fondo de cárcamo de bombeo, con objeto de garantizar la sumergencia mínima requerida para los impulsores de la bomba. El fabricante de la bomba especifica la cota de colocación de las bombas para obtener la mínima sumergencia de la succión. La mínima elevación del nivel de succión en el cárcamo de bombeo, con fines de diseño, es el nivel de aguas mínimas menos la pérdida de carga aguas arriba de la bomba. Se debe tener en cuenta, además, que al arrancar la bomba ocurre un abatimiento súbito del nivel del agua antes de que la columna de agua --- en la toma pueda acelerarse hasta el pleno flujo.

Por las consideraciones anteriores, que inciden directamente en el diseño, en el costo y en la seguridad, es que se pone tanto énfasis en los estudios de oceanografía, -- con objeto de determinar con la mayor precisión, los niveles extremos de la masa de agua que servirá para enfriamiento. Como ya se vió, en el capítulo anterior, la variación de los niveles de la fuente de suministro está determinada por diversos factores que no ocurren aisladamente;

no obstante, el proyectista, con un criterio apropiado, debe tener en cuenta las combinaciones posibles de dichos eventos, como son: oleaje local y distante; mareas astronómicas, por cambio de presión, por condiciones -- meteorológicas, por tsunamis, etc.

03) CONDUCTOS DE TOMA Y DESCARGA.

Los conductos para agua de circulación son de acero, de tubo de acero ahogado en concreto reforzado o de concreto reforzado colado in situ. En ocasiones se utiliza tubo de fibra de vidrio.

La decisión sobre el tipo de material a utilizar en la construcción del conducto es, en última instancia, una decisión de carácter económico. La evaluación económica debe considerar todos los factores que afecten tanto a los costos de suministro e instalación, o en su caso los de fabricación in situ, como los de operación y mantenimiento, éstos últimos dependerán de factores tales como las necesidades de protección catódica y de revestimiento de tubos de acero enterrados; de problemas de crecimiento o incrustación de organismos marinos; dificultades en las juntas de expansión, anclajes, etc.

Las velocidades de proyecto, del agua, deben justificarse económicamente. En general, los conductos a presión se dimensionan para velocidades entre 2 y 3 m/seg.; velocidades más altas provocan mayores pérdidas de carga por fricción y consecuentemente, mayores costos de operación por concepto de bombeo.

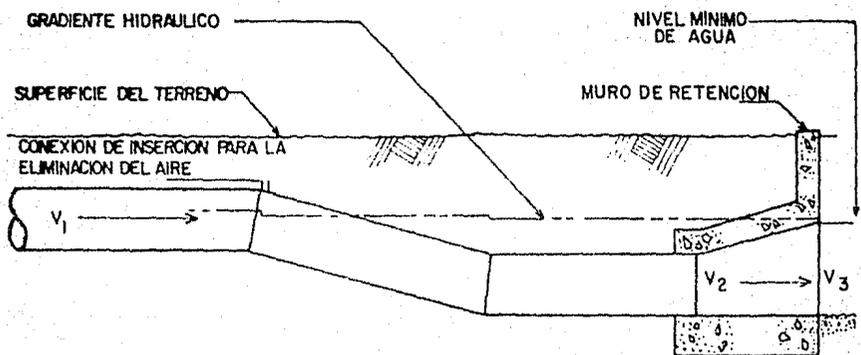
04) ESTRUCTURA DE DESCARGA

En un sistema de agua de circulación de un solo paso, el pozo o cámara de sellado tiene la función de mantener el efecto de sifón en el condensador, la estructura de descarga tiene las funciones de descargar el agua en tal forma que se logre la difusión térmica deseada y se recupere la mayor parte de la carga de velocidad manteniendo al mínimo la turbulencia en la salida.

Es conveniente, tanto del punto de vista hidráulico como del económico, combinar estas dos funciones en una sola estructura, aunque no siempre es práctico o necesario hacerlo. Por ejemplo, la obra de descarga de la C.N. Laguna Verde, Ver., vierte el agua en la Laguna Salada, donde, a través de un canal excavado en la laguna, se conduce al agua unos 500m. al sur para descargar, finalmente al mar mediante un tiro cuya dirección forma 45° respecto de la línea de costa hacia el sur, con objeto de dirigir la pluma de la descarga lo más lejos posible de la toma y evitar la recirculación. (Figura 2.6).

Para mantener el efecto de sifón es necesario evitar la entrada de aire a contracorriente a través del tubo o túnel de descarga. Para esto se requiere que la descarga sea sumergida. Normalmente se requiere de una cámara separada con un vertedor para controlar el nivel de la superficie libre, cuando las condiciones del sitio de la planta impongan un vacío en el sistema, mayor que el deseado (aproximadamente entre 5.0 y 6.5 m.). (Figura 5.6.).

El vertedor se coloca a un nivel en el que impida que el vacío en el sistema sea superior al deseado para el gasto



V_1 VELOCIDAD EN LA LINEA= 2.4 A 3 METROS POR SEGUNDO

V_2 VELOCIDAD DE SALIDA \leq 1.2 METROS POR SEGUNDO.

V_3 VELOCIDAD EN CANAL = 0.45 METROS POR SEGUNDO (\pm)

DIAGRAMA DE ESTRUCTURA TIPICA DE POZO DE SELLO Y DESCARGA.

FIGURA 6.6

de descarga más bajo que pueda, razonablemente, esperarse. El flujo, desde el vertedor, hasta la descarga final puede ser a través de una tubería funcionando por gravedad o un canal abierto.

El conducto debe aumentar su sección en la estructura de descarga para reducir la velocidad y la pérdida de carga. El ángulo de divergencia no debe ser mayor de 12° respecto del eje longitudinal, para obtener una eficiencia razonable.

6.3. ARREGLO DE LAS OBRAS CIVILES PARA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO UBICADO EN LA COSTA. GENERALIDADES.

Hemos indicado en párrafos anteriores que si no se dispone de una gran masa de agua o si las regulaciones son tan restrictivas que impiden su utilización el sistema de enfriamiento de una central nucleoelectrica deberá disponer de un sistema cerrado; en caso de no tener restricciones tan severas y habiendo el agua necesaria será más económico optar por un sistema abierto; posiblemente, en algunos casos, la solución más adecuada sea un sistema mixto.

Obviamente, en cualquier solución es necesario elaborar el arreglo general del circuito y el detalle de cada una de las estructuras que definan las características propias de las mismas al adaptarlas, óptimamente, a las características de la central y del sitio. Aunque es posible que, en algunos sitios concretos, la localización y el arreglo de las obras civiles del sistema resulten evidentes por la topografía u otras circunstancias especiales que presente el sitio. Será preciso estudiar y comparar diversas opciones.

nes que sean, en principio, viables.

En el caso de un sistema abierto ubicado en la costa la localización y el diseño de las estructuras de toma y -descarga constituyen las variables de mayor importancia en los arreglos preliminares del sitio ya que determinan, en gran medida, la ubicación y dimensiones del resto de los elementos del circuito, las dimensiones de las obras de protección necesarias contra las acciones del mar; -- las dimensiones de los predios que deberán adquirirse o los derechos de paso que habrán de tramitarse, etc.

En caso de un sistema cerrado la cantidad de opciones --- que pueden plantearse en el arreglo preliminar del sitio-- son menores como consecuencia de la propia naturaleza del sistema.

En cualquier caso, la optimización de las secciones transversales de los conductos y de la longitud del sistema se logra, en relación con el resto de las obras civiles y el condensador, al establecer el caudal óptimo de diseño para una opción dada.

Teniendo en cuenta lo anterior, el proceso que puede seguirse para llegar al arreglo definitivo de un circuito-- de enfriamiento consta de las siguientes etapas:

- .1 Planteamiento de las diversas posibles opciones, tan to técnica como económicamente.
- .2 Comparación de las opciones propuestas y elección de la que resulte más adecuada considerando las condi--

ciones específicas del sitio, de la masa de agua y -
de la central elegida.

- .3 Optimización de la opción elegida, considerando en -
esta etapa el rendimiento del condensador y el costo
de las obras civiles.
- .4 Elaboración del proyecto de detalle.

6.3.1. PLANTEAMIENTO DE OPCIONES.

Las diversas opciones que se plantean en un arreglo pre-
liminar del circuito deben ser esencialmente distintas -
y resultar competitivas, con diferencias tales como tipo
de obra de toma y descarga: superficial o sumergida; con
protección o sin ella; con ubicación alternativa entre -
ambas obras; etc.

Para lograr lo anterior es conveniente tener en cuenta -
las siguientes consideraciones:

- a) La elección del tipo de obra de toma y descarga, y -
sus posibles combinaciones entre superficial y sumer
gida, debe quedar influida por los accidentes topo--
gráficos y batimétricos del sitio, por el comporta--
miento playero y costero, por las condiciones ambientales
y oceanográficas y por la disponibilidad de --
los materiales de construcción.

Así, por ejemplo, tratándose de un fondo marino con-
una pendiente muy suave, la ubicación de la torre de
succión de una toma sumergida quedará a una distan-

cia considerable respecto de la línea de playa debido - a que será necesario encontrar la sumergencia apropiada de dicha torre, la que queda obligada a un mínimo por - distintos factores acumulativos como son: variaciones - del nivel del mar debido a la marea, oleaje, tsunamis, - movimiento del fondo, variación de la temperatura a dis - tintas profundidades, efectos de succión en el fondo y - en la superficie, etc. El comportamiento playero y cos - tero puede influir en forma positiva o negativa sobre - cualquier tipo de obra que se construya en sitios donde se presenten los siguientes fenómenos: movimiento de ma - terial playero que origina avance o retroceso de la pla - ya; arrastre de sedimentos del fondo que provoca azolva - miento o socavación. La influencia que tienen sobre las obras marítimas las condiciones ambientales y oceanográ - ficas así como en su funcionamiento adecuado proviene de la participación de los siguientes fenómenos que, consi - derados en forma aislada o en combinación con otros, pue - den influir notablemente en la toma de decisiones; estos fenómenos son: la intensidad, dirección y frecuencia en - que se presentan las corrientes; la temperatura del agua, su variación en el tiempo y en la profundidad; el oleaje, su altura, dirección y período; la variación del nivel - del mar debido a las mareas, tsunamis y fenómenos atmos - féricos; la salinidad, etc. Influye notablemente en la - decisión de optar por uno u otro tipo de obra, la dispo - nibilidad de materiales para construcción, sobre todo -- cuando se trata de obras de protección marítimas: la cons - trucción de escolleras y espigones requiere gran cantidad de enrocamiento y, para las primeras, de gran peso unita - rio, cuya extracción de los bancos de roca ya resulta di - fícil.

Como hemos podido notar, únicamente de considerar la presencia de ciertos fenómenos naturales que se presentan en el medio marítimo, que no actúan aislados, se desprende la necesidad de contar con una información amplia, suficiente y confiable, de modo de tener los medios suficientes para proponer, estudiar y optar por una o más soluciones esencialmente distintas y competitivas, acudiendo, adicionalmente, a la experiencia de los proyectistas involucrados en el proceso de evaluación y selección de sitios con objeto de prevenir circunstancias que cambien las condiciones inicialmente propuestas. En este caso podemos inferir, por ejemplo: la presencia de incrustaciones de moluscos en el interior de las conducciones, rejillas, etc., problema que puede resolverse mediante la inversión de flujo o mediante la aplicación de sustancias químicas; las obras de protección, que requieren de un cuidado y mantenimiento adicional a lo largo de la vida útil dependiendo del porcentaje de daño aplicado en su diseño; la presencia de hidrocarburos en el agua de mar, etc.

En cuanto a la ubicación alternativa entre la obra de toma y la de descarga, sean sumergidas o superficiales, las consideraciones a aplicar son diversas y dependen de los siguientes factores esenciales: el comportamiento de la masa de agua, el sitio, y el tipo de central nucleoelectrónica a instalar.

La masa de agua marítima, con los fenómenos playeros, oceanográficos y meteorológicos que le son propios y la instalación de obras artificiales que, de una o de otra forma, vienen a romper el equilibrio costero, plantean cambios en el comportamiento costero que, generalmente resulta--

impredecible. Uno de tales cambios es el originado por -- los efluentes térmicos procedentes del enfriamiento de la central nucleoelectrica. En este caso importa determinar-- si habrá recirculación de la masa de agua caliente que -- proviene de la obra de descarga y, si la hay, en qué medi-- da puede afectar la eficiencia del condensador. Consecuen-- temente una decisión será la que indique en dónde se ubi-- cará la toma respecto de la descarga previendo que la plu-- ma térmica, tanto en planta como en profundidad, no alcan-- ce a afectar la temperatura del agua en la succión.

Los estudios encaminados a predecir las distribuciones de temperatura que se originan en un medio acuático como con-- secuencia de las descargas del agua de circulación de cen-- trales nucleoelectricas son los que ayudan a dilucidar, -- finalmente, la ubicación y separación entre las obras de-- toma y descarga. Obviamente que el éxito de estos estudios depende, en gran parte, de la cantidad y calidad de los -- datos procedentes de mediciones de campo. De los resulta-- dos de dichos estudios dependerá de decisión que se tome-- para ubicar convenientemente nuestras obras en cuestión -- en función de la factibilidad técnica, del costo y de los efectos ambientales provocados de la instalación al medio marítimo y de éste a las instalaciones.

- b) La longitud del sistema deberá mantenerse tan corta-- como sea posible con objeto de reducir los costos de la obra civil y los de bombeo durante la vida útil de la central.

En ocasiones, por efecto de la recirculación, puede-- haber necesidad de alejar, tanto como económicamente

sea posible, la obra de toma respecto de la descarga. En este caso será conveniente valorar la necesidad de alargar el circuito para evitar la recirculación y -- aumentar la eficiencia del condensador y disminuir, - en contrapartida, la eficiencia en el bombeo debido a las pérdidas originadas en una mayor longitud de conducción; al mismo tiempo, deberán evaluarse los incrementos en el costo de la obra civil y en el costo de los predios afectados.

- c) Deberá aprovecharse el efecto de sifón en el grado máximo posible, tratándose de sistemas abiertos. De ser posible, conviene evitar el pozo de sello para que la altura de bombeo disminuya y se independice de las -- variaciones del nivel del agua de la fuente de sumi--nistro. Para lograr este efecto es necesario situar - el condensador a un nivel lo suficientemente bajo y - que las variaciones en el nivel de la fuente no sean excesivamente grandes.

Inferimos, de las consideraciones anteriores que un - circuito de corta longitud nos permite obtener mayor eficiencia en el bombeo para aplicar este excedente a las condiciones de carga que nos exige el aprovecha--miento del efecto de sifón en el condensador. Al mismo tiempo, volvemos a hacer notar la conveniencia en la calidad de los estudios hechos a la masa de agua - para inferir la seguridad de encontrar, o no, estabilidad en los niveles del espejo de agua.

- d) La ubicación de los distintos elementos del sistema--de agua de circulación, acoplados conveniente a la --

ubicación del resto de los elementos de la central, en relación con las características físicas y ambientales del sitio, deberá contemplar, en dado caso, la posibilidad de una futura ampliación de la central, valorando lo anterior en función de los planes de expansión del propietario de la central y, posiblemente, en relación con la cantidad de sitios disponibles en la misma región o zona.

En este caso, por ejemplo, se evaluó el sitio de Laguna Verde, Ver., para el que se optó por la ampliación de la central a una segunda unidad y, posteriormente se hizo la evaluación técnico-económica para instalar dos unidades más, contando con el espacio suficiente. Este sitio cuenta, en el catálogo de sitios de CFE, como sitio candidato, (Capítulo 5).

- e) El arreglo y diseño de las instalaciones debe tener en cuenta el cumplimiento de los requisitos ambientales aplicables. (Consideración que ya se ha comentado en los capítulos antecedentes).

Dado que no es posible desconocer los requisitos aplicables en la región, cualquier opción elegida tendrá un costo determinado similar en la aplicación de esta consideración de seguridad. Los estudios que se efectúan previamente para cumplir con este apartado no corresponden exclusivamente al campo de la ingeniería ambiental sino que, también, están relacionados con la oceanografía, geohidrología, sismicidad, etc.

Así pues, el dimensionamiento de las estructuras, para efectos de valuación económica, en esta etapa, se basará-

en cálculos estructurales e hidráulicos sencillos; la ubi cación de las obras, teniendo en cuenta los problemas --- expuestos, se hará con base en hipótesis simplistas y, de requerirse, mediante el empleo de modelos matemáticos no-complicados y apoyándose, quienes tengan la obligación de decidir, en la experiencia obtenida en otros sitios cuyas condiciones sean parecidas.

No así de simple debe ser el cálculo de estudios y resultados obtenidos de los sitios ya que la decisión para -- aplicar una opción determinada dependerá, invariablemente, de la calidad y cantidad de los datos con que se trabaje.

6.3.2. SELECCION DEL TIPO DE ARREGLO MAS ADECUADO.

Una vez elaborados los planos en planta y en elevación, - así como las secciones básicas de las distintas opciones, se procede a obtener las cantidades de obra aproximadas - de las distintas unidades de obra aplicadas en cada solu- ción para poder hacer una estimación del importe de cada unidad de obra y obtener, finalmente, los costos totales de la obra civil para cada opción.

Si los equipos mecánicos o el condensador puede diferir - notablemente de una solución a otra, hay que hacer también una estimación de su costo para sumarlo al de obra civil y poder efectuar la comparación económica donde se pueda obtener la solución elegida.

En ocasiones, cuando los costos totales de distintas solu- ciones son aproximadamente iguales, dado el carácter apro ximado de la evaluación económica efectuada, será preciso

retener estas soluciones para su análisis en la etapa posterior, o bien, elegir la solución que presente condiciones más favorables aunque éstas no se hayan tenido en cuenta en la evaluación económica. Este tipo de condiciones pueden consistir en mejores características técnicas o en una menor sensibilidad de los costos a las posibles variaciones que puedan surgir en etapas posteriores al diseño.

6.3.3. OPTIMIZACION DE LA OPCION ELEGIDA.

En esta etapa se persigue mejorar la disposición y el diseño de la opción elegida para minimizar el costo del sistema de agua de circulación. Los factores económicos que se deben considerar no solamente son los costos de las obras civiles y equipos, sino también los costos del bombeo durante la vida prevista de la central y las diferencias de producción de energía eléctrica, dependientes de los problemas de recirculación que se presenten, los cuales repercuten en el rendimiento del condensador. Al final de esta etapa se habrá llegado al diseño básico definitivo, en el que estarán definidos la localización, disposición y dimensiones fundamentales de todos los elementos del sistema.

El proceso que siga para llegar a este diseño básico habrá de planearse en función del tipo de central elegido y de las características físicas del sitio, pero en cualquier caso, dentro de este proceso, será necesario realizar un estudio del comportamiento térmico del sistema

para poder determinar las pérdidas de rendimiento en el condensador y llevar a cabo el diseño de las obras civiles con un nivel de detalle suficiente para evaluarlas con gran aproximación y por lo tanto, definiendo todos sus parámetros principales: dimensiones generales, espesores de muros, tamaño de enrocamientos, cantidades de acero en concretos reforzados, etc.

Los datos necesarios para realizar estas actividades -- deben ser ya, en su mayoría, datos definitivos, en especial los relativos al comportamiento térmico del sistema. -- Los datos relativos a cargas y dimensiones de equipos -- pueden seguir siendo preliminares, pero basados en el -- conocimiento de sus principales características, por -- ejemplo, en el caso de las bombas de agua de circulación, debe conocerse el gasto, la altura de bombeo y el tipo -- de bomba, o en el caso de la grúa deben estimarse las -- cargas con base en las dimensiones y pesos de equipos y compuertas que deba manejar.

La forma y el orden en que se realicen los estudios --- dependerá de las circunstancias concretas de cada caso. -- Aquí, se plantean las situaciones que se pueden presentar para el caso de una central nucleoelectrica enfriada con agua de mar.

En el caso de que la central esté situada en una costa de configuración relativamente uniforme en cuanto a topografía, batimetría y condiciones geotécnicas, el diseño de las estructuras de toma y descarga y el de las obras

de protección no resulta influido por su localización. --
Por otra parte, la sección de conductos y el gasto de --
agua de circulación óptimos serán prácticamente independen-
dientes del trazado y longitud de dichos conductos.

Por lo tanto, pueden realizarse varios diseños de las --
obras civiles para distintos gastos, de forma que se --
obtenga una curva de costos totales (obra civil + bombeo),
contra gastos de agua de circulación para una separación
de las obras de toma y descarga razonable. En base a --
estas curvas, se decide el diseño definitivo de las obras
civiles.

El único parámetro que queda por determinar es la separa-
ción entre las estructuras de toma y descarga o, lo que
es equivalente, la longitud total de los conductos de --
agua de circulación, de la que el costo de obra civil y
bombeo será una función prácticamente lineal. Falta, --
para poder obtener el óptimo, establecer la curva de cos
tos por concepto de pérdidas de rendimiento en el conden
sador, también en función de esta longitud. Para ello,
es necesario conocer los excesos de temperatura, que se
producen en la toma del sistema en función de la distan
cia al punto de descarga.

Las condiciones ambientales del medio marino deben dis-
cretizarse en un número de condiciones ideales represen-
tativas de las prevalecientes durante el año medio, a -
las que se asigna una determinada frecuencia obtenida -
estadísticamente de los datos de que se disponga. En -

estas condiciones se determinan, en cada caso, las tempe raturas en la toma para diferentes épocas del año. A par - tir de éstas y utilizando la curva de rendimiento del --- condensador (o condensadores alternativos) resulta fácil - obtener la curva: COSTOS POR PERDIDA DE RENDIMIENTO-LONGI TUD DE CONDUCTOS, que sumada a la obtenida antes nos da - la curva de: COSTOS TOTALES-LONGITUD DE CONDUCTO, cuyo mí nimo definirá precisamente la separación entre las obras - de toma y descarga. Si esta longitud resultara muy diferen - te a la supuesta para obtener la curva de costos de obra - civil y bombeo en función del gasto de agua de circulación, se reiniciaría el proceso descrito.

En el caso de que la central esté situada en una costa muy accidentada, probablemente la cantidad de localizaciones - factibles de las estructuras de toma y descarga sea muy -- reducido, debido a que el costo de estas estructuras y -- sus correspondientes obras de protección es muy alto al -- quedar fuera de las zonas naturalmente abrigadas, como son pequeñas ensenadas, desembocaduras de arroyos, etc., que - reducen convenientemente el volumen de las obras de protec - ción y las acciones naturales que se consideran en el dise - ño de éstas.

En este caso se llevará a cabo el diseño básico de las -- obras civiles para diferentes gastos de agua de circula-- ción y para diferentes localizaciones posibles de las --- estructuras de toma y de descarga. También se determinará para las distintas configuraciones que se seleccionen, la temperatura de agua inducido en la toma por los efluentes térmicos, obteniendo después, en forma similar a la des - crita más arriba, los costos anuales por pérdidas de ren

dimiento en el condensador. En este momento al haber determinado los costos de obra civil, de bombeo y costos por pérdidas de rendimiento en el condensador, se dispone del costo total de cada configuración posible, con lo que se puede elegir la óptima. Finalmente se afinará el diseño elegido, produciendo planos de ubicación del sistema y planos de detalle de todas las estructuras, con un nivel de aproximación suficiente para ser utilizados como base del diseño definitivo.

6.3.4. ELABORACION DEL PROYECTO DE DETALLE DEFINITIVO.

Para elaborar el proyecto de detalle de las diversas obras civiles del sistema de agua de circulación y, sobre todo, de la estructura de toma, es preciso disponer de datos de diseño completos y definitivos (Capítulo 5), además de conocer la geometría, forma de sustentación, cargas estáticas y dinámicas y cualquier dato de interés relativo a los equipos mecánicos que vayan a instalarse.

Definitivamente, para los fines que se persiguen en el proceso de evaluación y selección de sitios para centrales nucleoelectricas, la etapa de proyecto de detalle definitivo corresponde a esta área de trabajo de la ingeniería de diseño, tal como ya se explicó en el Capítulo 3 y en el Capítulo 5 de este estudio.

6.4. INTERFERENCIAS CON EL SISTEMA DE AGUA DE SERVICIO NUCLEAR.

El sistema de agua de servicios esenciales del núcleo es el encargado de extraer el calor residual del núcleo y de atender a las necesidades de enfriamiento de todos

los sistemas vitales de una central nucleoelectrica. Su diseño está pensado fundamentalmente para poder realizar estas funciones en caso de falla en el circuito de circulación.

Debido a esta misión vital para la seguridad nuclear de la central todos los elementos de este sistema, tanto obras civiles como equipos mecánicos, deben ser diseñados para resistir, sin pérdida de su función, acciones cuyo nivel de probabilidad de presentación es extremadamente bajo. Estas acciones que pueden ser fenómenos naturales, accidentes, etc., se definen en la guía: "Regulatory Guide 1.27", revisión: 2 de Enero de 1976. Esta guía también define las condiciones que deben exigirse a la fuente de suministro o sumidero último de calor.

Los elementos de que consta un sistema de agua de servicios esenciales son básicamente los mismos que constituyen cualquier sistema de enfriamiento por agua. Con respecto al sistema de agua de circulación se presentan diferencias en los gastos de agua necesarios y en los aspectos de seguridad nuclear aplicados al sistema de servicios esenciales del núcleo.

El gasto de agua requerido para el sistema de servicios esenciales es inferior al de agua de circulación por lo que los elementos correspondientes son de menores dimensiones.

Los conductos de agua de servicios esenciales no son, generalmente, de diámetro mayor a 0.70 m.; pero deben permitir el acceso a su interior, lo que suele exigir

proyectar unas galerías subterráneas de concreto reforzado que los aloje. Por otro lado, una de las condiciones de diseño exigidas al conjunto de sistema de agua de servicios esenciales y sumidero último de calor es que no induzca la pérdida de funcionamiento del sistema, la falla de un elemento construido por el hombre lo que en la mayoría de los casos prácticos exige duplicar los conductos, bombas y demás elementos.

Las interferencias que pueden presentarse entre el diseño del sistema de servicios esenciales y el de agua de circulación, debido a la naturaleza de ambos, son:

- a) Estructura de toma común para ambos sistemas.
- b) Descarga del agua de servicios esenciales en los conductos de descarga del agua de circulación o en una estructura de descarga común.
- c) Estructura de cruce de los conductos de agua de circulación y las galerías que alojan las líneas de agua - servicios esenciales.

Las dos primeras de estas circunstancias sólo pueden darse en el caso de que la fuente de suministro de agua de circulación pueda, por sus condiciones, ser también el sumidero último de calor. En este supuesto, habrá que analizar las implicaciones que en el costo de las estructuras de toma y descarga, conductos de descarga y cualquier otro elemento común, tenga el diseñarlos como estructuras de categoría sísmica I y en base a los niveles máximos y mínimos de agua para los que se diseña el sistema de servicios esenciales, etc. Este costo extra debe compararse con el -

ahorro que se obtiene en el sistema de servicios esenciales, antes de decidir no proyectar estructuras de toma -- y descarga independientes de las de agua de circulación.

CAPITULO 7.

RESUMEN Y CONCLUSIONES.

CONTENIDO:

- 7.1. LA SEGURIDAD.
- 7.2. LA ECONOMIA.
- 7.3. LA OPINION PUBLICA.
- 7.4. SITUACION EN MEXICO.
- 7.5. NORMATIVIDAD NACIONAL.
- 7.6. LA SELECCION DE SITIOS.
- 7.7. LAS ACTIVIDADES DE OCEANOGRAFIA.

Son diversas las conclusiones que pueden derivarse de lo tratado anteriormente, dependiendo del punto de vista que quiera adoptarse. En el caso presente, en función de los objetivos propuestos inicialmente, y en forma muy general, es posible verter un primer punto de vista, con las siguientes conclusiones:

7.1. LA SEGURIDAD.

Se ha hecho hincapié en que los motivos que deben preocupar al propietario de una central nucleoeléctrica, y al organismo regulador -- de acuerdo con las funciones que debe desarrollar --, es la estricta aplicación de las regulaciones vigentes, creadas para proporcionar seguridad al medio que rodea a la central, a la propia central y al hombre mismo; para lograr lo anterior, desde el inicio del proceso tratado: localización, evaluación y selección de sitios, las acciones aplicables deben ir encaminadas hacia un fin: el logro de la seguridad.

Es por lo anterior que las actividades que son necesarias para llevar a cabo la localización, evaluación y selección de sitios para emplazar en ellos centrales nucleoeléctricas, requieren de la participación de personal cuyos conocimientos son comprobados; es necesaria la aplicación de criterios técnico-económicos, ambientales y socio-políticos; se exige el apego estricto a códigos, normas, leyes, guías de seguridad, etc., y se aplica la utilización sistemática de procedimientos, métodos, especificaciones, etc., que son previamente elaborados, revisados, autorizados y actualizados; todo con el objeto de asegurar la calidad en

las acciones a lo largo de su ejecución y, consecuentemente, conseguir la calidad en los resultados obtenidos y sus aplicaciones para el diseño de la central.

7.2. LA ECONOMIA.

Los motivos de carácter económico están íntimamente ligados al problema de la seguridad y por ello quedan involucrados en cualquier actividad relacionada con la selección de sitios para centrales nucleoelectricas.

En este apartado se ubican los intereses del propietario de la central y los intereses de quienes se sirven del medio que rodea a la central así como los intereses que puedan derivarse de los beneficios a terceros cuando funciona dicha central. Se ubican, además de los aspectos puramente económicos, el interés de todos por preservar el medio ambiente, teniendo un costo en razón inversa del riesgo que se quiera correr, de donde se justifica mencionar nuevamente el criterio de "proporcionar seguridad tan razonablemente como sea posible", premisa que tiene aplicación en cualquier país usuario de la energía atómica con fines pacíficos.

7.3. LA OPINION PUBLICA.

Algo que ha pesado mucho sobre los países que utilizan la energía atómica para la producción de electricidad, a pesar de los años transcurridos, ha sido la primera acción emprendida por el hombre utilizando el poder del átomo: la

primera noticia que la humanidad tuvo respecto de la energía atómica fué el de las bombas atómicas lanzadas por los Estados Unidos sobre las ciudades de Hiroshima y Nagashaky en Japón, en las postrimerías de la segunda guerra mundial. Pocos, supieron, en aquellos años, de las primeras aplicaciones con fines pacíficos, fuera del laboratorio y con fines comerciales. Así, por ejemplo, la Unión Soviética puso en operación su primera central nucleoelectrica y primera en el mundo, en mayo de 1954, utilizando un reactor de 5 - Mw, moderado con grafito y enfriado con agua ligera hir -- viente; hasta la fecha continúa generando electricidad; el segundo reactor nuclear comercial fue puesto en operación en 1957 por la compañía Westinghouse, en Estados Unidos, - utilizando un sistema de enfriamiento a base de agua presu rizada: este reactor proporcionó 59 Mw.

En general, es razonable inferir que pocos usuarios de e - nergía eléctrica tienen conocimientos respecto de la tecno logía nuclear aplicada para proporcionar sus satisfactorios energéticos; es del conocimiento de todos que la mayoría - de la población guarda serios temores respecto de los efec tos producidos por la radiación que puede provenir de una - central nucleoelectrica cuando, sin fundamento, es compara da la instalación con una bomba atómica y que puede explo tar en cualquier momento; adicionalmente, la tendencia de los medios masivos de comunicación ha sido la de propagar - noticias tendenciosas, erróneas o negativas respecto de -- las centrales nucleares, de su tecnología o de los acciden tes ocurridos: por ejemplo, nadie ignora las noticias propa gadas por los medios informativos comerciales del último

accidente ocurrido a una central nucleoeléctrica ubicada en Chernobyl, Rusia (1986); la reacción mundial en contra de las centrales nucleares no esperó a manifestarse; es posible que las causas técnicas reales que provocaron el accidente serán dadas a conocer a la comunidad científica y técnica mundial, así como a aquellos que tienen estrecha relación con la tecnología nuclear; para el resto del público la información quedará limitada a lo más general y la impresión de un siguiente desastre de proporciones desmesuradas quedará en la mente de todos.

La opinión pública ha influido mucho en los países usuarios de la energía atómica con fines pacíficos sobre las decisiones gubernamentales respecto de sus programas nucleoeeléctricos, oponiéndose a su realización, debido a temores infundados, o con relativo fundamento, ya sea por los riesgos físicos esperados de una emanación radiactiva, ya sea por causas de índole política o económica del país de que se trate. Inicialmente era cuestión de orgullo, y de prestigio, para el país que tenía en operación uno o más reactores nucleares; actualmente este orgullo se desvanece ante la necesidad de todos por obtener energía.

Ante las situaciones de tener que proporcionar seguridad adecuada, de saber aplicar los medios económicos disponibles y de sortear los problemas que la opinión pública pueda plantear, el propietario de una central nucleoeléctrica a emplazarse deberá tomar sus decisiones en función de las peculiaridades técnicas, económicas, ambientales y socio-políticas que rijan en su medio y en su momento histórico.

7.4. SITUACION EN MEXICO.

En particular, de acuerdo con la situación que priva en nuestro país, tanto por los problemas económicos actuales como por la ubicación científica y tecnológica que tiene en el concierto mundial, es necesario expresar un punto de vista adicional, que si bien no guarda estrecha relación con el tema que se ha tratado en este trabajo si resulta válido para justificar el por qué de estudiar, analizar, proponer y llevar a la práctica las acciones de localización, evaluación y selección de sitios para el emplazamiento de centrales nucleoelectricas en México.

Las circunstancias que actualmente rodean a los responsables de tomar decisiones y de aplicarlas en materia de procura de energía son tales que vienen a constituir un verdadero reto en la planeación de nuestro país: en primer lugar nos encontramos con las dificultades económicas que provienen de una crecida deuda externa y de una baja productividad; problemas que, sin duda, tendrán solución a mediano y largo plazo; como consecuencia inmediata de nuestro problema económico tenemos la carencia de una tecnología nuclear propia, de estar escasamente industrializados; tenemos muy cercana la amenaza que constituye el agotamiento de nuestros recursos energéticos fósiles y de estar concluyendo con el aprovechamiento de las caídas de agua; contamos — como si lo anterior fuera poco —, con uno de los índices de crecimiento de población más altos, índice que, afortunadamente, tiene la tendencia a disminuir: esta población creciente requiere de energía para su subsistencia y desarrollo. No tenemos, por -

suerte, la presión de una opinión pública recalcitrante, - como en otros países, que se oponga a nuestro programa nuclear por razones de proteger el ambiente; tal vez la oposición existente se base en particularidades de índole económica o política.

De la exposición, que brevemente se hizo en el capítulo inicial, respecto de la situación actual y la esperada en México en cuanto a la generación de energía eléctrica, - concluimos en justificar la aplicación de la tecnología nuclear como un camino obligado.

El crecimiento histórico de la demanda de electricidad en México ha impuesto una carga considerable sobre las fuentes tradicionales de energía primaria en las que se ha basado la oferta. Del programa global de crecimiento de la oferta de energía eléctrica, aceptando que los recursos hidroeléctricos, geotérmicos y carboeléctricos han sido desarrollados durante la presente década con la máxima rapidez posible, es posible deducir que para la siguiente década la oferta tiene que ser cubierta con una gran cantidad de centrales termoeléctricas convencionales, lo que obligará a quemar combustóleo, diesel, gas y carbón, tan solo en el año de 1991, en las siguientes cantidades:

COMBUSTOLEO	=	157.0 millones de barriles;
DIESEL	=	1.5 millones de barriles;
GAS	=	1.9 millones de metros cúbicos;
CARBON	=	9.0 millones de toneladas;

cuyo valor, como producto petroquímico, es mayor en una -

orden de magnitud.

Desde este punto de vista, por ejemplo, la alternativa técnica y económicamente factible, ante las cantidades anteriores, es la construcción de centrales nucleoelectricas consumiendo uranio, cuyo único uso comercial en la actualidad es en forma de combustible.

La situación económica del país y su evolución en el futuro deben influir definitivamente en el diseño y desarrollo de un programa nucleoelectrico que ya se ha iniciado con la construcción de las dos primeras unidades de Laguna Verde, Ver., y con el estudio de un sitio definitivo en Cazonas, Ver., y las regiones Golfo Norte y Zacatecas-San Luis. No obstante, existe la incertidumbre de fijar una fecha de inicio de construcción y de adquisición de compromisos para la compra de equipo.

Para poder programar eficientemente las fechas de iniciación de construcción de centrales nucleoelectricas es necesario evaluar los distintos sistemas nucleares de suministro de vapor existentes en el mercado para poder concluir en la selección de un tipo de central nuclear que pueda ser aplicado de acuerdo con un programa nuclear congruente con nuestras posibilidades presentes y futuras; para ello es necesario tener en cuenta muchos factores, cuyo peso individual varía según las circunstancias, en un momento dado.

Las variables más importantes que aquí se propone tener

en cuenta se plantean de la siguiente manera:

7.4.1. FACTORES DE TIPO TECNOLÓGICO.

1) EXPERIENCIA COMERCIAL.

Esta variable debe considerar su aceptación que ha dado los países a los fabricantes de SNSV - por los distintos tipos de reactores comerciales: Reactores de Agua de Ebullición (RAE), Reactores de Agua a Presión (RAP) y sistemas tipo CANDU. - En este caso, los más aceptados, de acuerdo con la cantidad de ellos en operación o construcción en el mundo son los del tipo RAE.

2) APOYO TECNOLÓGICO.

Esta variable a considerar es de extrema importancia. El SNSV adoptado debe ofrecer un apoyo tecnológico sólido y diversificado, tanto en -- equipo como en materiales y servicios.

Cualquier programa nuclear puede sufrir serios--descalabros si éste llega a depender para su realización de un sólo proveedor de equipos, mate--riales y servicios, o de la tecnología básica.

3) PERSPECTIVAS DE DESARROLLO.

Debe analizarse concienzudamente las perspecti--vas de desarrollo propuestas por cada SNSV de mo--do de vislumbrar con amplitud cuál ofrece más -

ventajas en función de los recursos disponibles en el país y cuidarse de no adquirir sistemas obsoletos o próximos a ello.

4) CONFIABILIDAD DE OPERACION.

La confiabilidad en el suministro de energía es un factor primordial en la evaluación de una central nuclear. Para medir la confiabilidad de operación se emplea, comunmente, la disponibilidad de la planta, esto es: la porción de tiempo, durante un período dado, en que la planta está disponible para generar electricidad. El período que se considera generalmente es de un año--debido a que los programas de mantenimiento de cualquier tipo de central son anuales.

La disponibilidad promedio observada en centrales en operación varía desde un 55% a un 90%.

La disponibilidad es el resultado de factores tales como: recambio de combustible y tiempo--requerido para ello (cuando el sistema está fuera de operación, excepto el tipo CANDU), tiempo necesario para mantenimiento, paros no programados, etc.

De acuerdo con las estadísticas obtenidas de centrales en funcionamiento en todo el mundo--se desprende que los reactores que más altos índices de disponibilidad ofrecen son los del tipo RAE.

5) EFECTOS DE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS CENTRALES NUCLEARES SOBRE LA OPERACION.

En general, las características técnicas de -- una central nuclear de cualquier tipo tiene -- estrecha relación sobre la operación, en aspectos tales como: políticas de la empresa en cuanto a operación; tamaño del sistema; variación-- de la demanda eléctrica; características económicas aplicadas a la central, etc.

En particular existen variables muy importantes como son: a) Características técnicas del combustible; esta variable incide enormemente durante la evaluación de cualquier sistema de suministro de vapor de tipo nuclear, sobre todo -- si se trata de países escasamente desarrollados, como lo es el nuestro, deben, pues, caracterizarse a fondo los tipos existentes de combustible, el uranio natural y el uranio enriquecido, balanceado entre las ventajas y desventajas que cada uno ofrece en cuanto a su obtención, tratamiento, manejo, transporte, almacenamiento, carga, quemado, descarga del reactor, almacenamiento temporal después de quemado y su reciclado-- o almacenamiento definitivo; de la misma manera, en el caso de optar por el sistema CANDU, por ejemplo, deberán tenerse en cuenta los problemas adicionales, que pudieran surgir con la -- obtención, manejo y contención del agua pesada y la generación de tritio; b) Características técnicas de sistemas y equipos principales, en

relación con su diseño y, consecuentemente, en su instalación, operación y mantenimiento.

6) POSIBILIDAD EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA-
Y LA ASIMILACION DE ESTA.

De hecho, toda la tecnología está disponible en el mercado para cualquier tipo de reactor: seleccionado; el problema radica en que si estamos interesados en la adquisición de tecnología propongamos programas a largo plazo con -- aplicaciones prácticas y serias, (ver inciso, anterior). En el caso de nuestro país debe seleccionarse una línea de SNSV, adquirir la tecnología correspondiente y contar con todo el apoyo necesario, oficial y privado.

7) ASPECTOS TECNOLOGICOS DE SEGURIDAD.

Conviene tener en cuenta cuál SNSV ofrece mayores ventajas en este aspecto, ya que cada sistema, por su propia tecnología ofrece desventajas que redundan en mayor y menor grado en la economía y en la seguridad que debe ofrecerse a las propias instalaciones y al medio ambiente que -- las rodea.

Es de especial interés la correcta aplicación -- del concepto CONTENCIÓN del reactor para cada -- sistema comercial existente en la actualidad, -- el cual varía notablemente entre el sistema CANDU y el sistema RAE, por ejemplo. En el primer sis-

tema también existe el problema de la generación de tritio significando que el personal de operación estará más expuesto, en un reactor - que utilice agua pesada que en uno de agua ligera, al problema de la radiación.

8) REQUERIMIENTOS DE RECURSOS HUMANOS.

El desarrollo de un programa nucleoelectrico-- implica la selección y el adiestramiento de personal que pueda cubrir las actividades siguientes:

- a) Reglamentación y seguridad,
- b) Localización, evaluación y selección de sitios,
- c) Diseño y construcción,
- d) Operación de centrales nucleoelectricas,
- e) Exploración, explotación y beneficio de minerales uraniferos,
- f) Otras actividades del ciclo de combustible,
- g) Industria de componentes,
- h) Investigación y desarrollo,
- i) Almacenamiento de desechos radiactivos,
- j) Ingeniería ambiental,
- k) Garantía

Con excepción de las actividades relacionadas con la operación de centrales nucleares, es -- aparente que los recursos humanos requeridos-- para desarrollar un programa nucleoelectrico - en todas sus dimensiones son prácticamente in-

dependientes del tipo de reactor seleccionado, aunque visto en detalle tal vez existan algunas diferencias en especialización o cantidad de personal requerido, en ciertas áreas específicas. Independientemente del sistema, la infraestructura humana especializada es esencial para el éxito de cualquier programa nucleoelectrónico.

En lo referente a la operación de centrales se requiere, además del personal directamente involucrado en el manejo de las plantas, del soporte técnico y administrativo del propietario responsable de las centrales. Las actividades de apoyo pueden ser: la gestión de los combustibles; la adquisición de los servicios, materiales y equipos requeridos por la explotación del combustible y de la propia central, su mantenimiento, la inspección en servicio, el adiestramiento de personal, las actividades de garantía de calidad y las de seguridad nuclear y protección radiológica.

En cuanto a las diferencias en cantidad de personal para la operación de un sistema RAE y RAP y CANDU, éstas se deben a que comercialmente la producción de CANDU's se restringe a unidades de 600 MW como máximo y el hecho de completar una necesidad mayor en la producción de energía eléctrica obliga a instalar mayor cantidad de unidades, consecuentemente, mayor cantidad de personal. Si en países con tecnologías avanza-

das los requerimientos de personal altamente--
especializados son elevados, en países que se--
inician en el campo nuclear los requerimientos
de personal son superiores para un mismo tipo-
y capacidad de central.

9) IMPACTO AMBIENTAL.

El impacto ambiental de las plantas nucleoeleéc-
tricas y la industria nuclear en general, se --
diferencia del impacto debido a otro tipo de --
centrales térmicas, principalmente en dos aspec-
tos:

- a) En plantas nucleares se generan desechos ra-
diactivos, tanto sólidos como líquidos y ga-
seosos; a cambio no se liberan productos de
combustión ni se ocasionan los efectos debi-
dos a la extracción de carbón o petróleo y -
su tratamiento o transporte.
- b) El calor desechado por el condensador en cen-
trales nucleares es del orden del doble que-
en centrales térmicas convencionales.

Desde el punto de vista de los requerimientos---
de agua de enfriamiento, en virtud de que la ---
eficiencia termodinámica de una central CANDU,--
por ejemplo, es menor que la de una central tipo
RAE, la liberación de calor por el condensador-
será mayor en el caso CANDU el cual requerirá --
del orden del 10% más de agua de enfriamiento.

En cuanto a las liberaciones radiactivas en las centrales, éstas no presentarán dificultades en ningún caso siempre y cuando operen con normas de seguridad adecuadas.

7.4.2.

FACTORES DE TIPO ECONOMICO.

1) MONTO DE INVERSIONES Y CALENDARIO.

Deben vislumbrarse con amplitud las características técnicas, que presentan cada tipo de reactor, para encontrar cuál sistema ofrece mejores perspectivas en cuanto a costo inicial, costo de operación y de mantenimiento.

Por ejemplo: de acuerdo con estudios realizados por el Organismo Internacional de Energía Atómica, resultó ser más oneroso el sistema CANDU debido a que:

- a) El sistema de enfriamiento del núcleo es más complejo, contando con más equipo y tubería;
- b) El sistema de control es más completo;
- c) El sistema de manejo de combustible también es más complejo debido a que hay que hacer recambio de combustible durante la operación normal del reactor.
- d) Como el moderador y el refrigerante están separados existe duplicidad en los sistemas auxiliares;

- e) El sistema de enfriamiento para el condensador de la turbina es mayor debido a su menor eficiencia térmica;

Aunque no hay enriquecimiento de combustible - existe el problema de la adquisición del agua pesada.

2) COSTOS DE GENERACION.

Al seleccionar determinado tipo de reactor es posible predecir cuáles pueden ser las fallas o los altercados que pueden presentarse durante la adquisición, instalación, funcionamiento y mantenimiento que tenga éste y sus auxiliares, teniendo en cuenta los aspectos tecnológicos -- mencionados con anterioridad; consecuentemente es posible evaluar el costo de generación que -- ofrece cada uno de los sistemas comerciales --- existentes.

3) FINANCIAMIENTO.

En nuestro país es de considerable importancia tener en cuenta esta premisa. Las características del costo y las condiciones financieras--- dependen de aspectos como:

- La capacidad nacional de endeudamiento;
- Las relaciones con el país que ofrece el crédito;
- La situación, ante el mercado, de un pro---

veedor;

La situación económica y comercial del país donde operan los proveedores; y

La magnitud del suministro que se desee obtener.

De acuerdo con el estado de cosas existente en nuestra etapa histórica actual, el financiamiento deberá considerarse detalladamente ya que ésta variable puede resultar ser el parámetro más importante para la efectividad de nuestro programa nucleoelectrico, en virtud de los largos plazos que se requieren para el desarrollo y -- conclusión de los proyectos.

4) POSIBILIDADES DE PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA NACIONAL.

Las posibilidades de participación de la industria nacional no dependen, esencialmente, del tipo de reactor que se seleccione para desarrollar nuestro programa nucleoelectrico. Lo fundamental es la adopción, por parte del gobierno, de una política de impulso a la industria nacional, que permita establecer un programa de desarrollo a largo plazo para que resulte conveniente, y promisorio, comprometer los fondos necesarios.

5) PROPORCION DE GASTOS EN DIVISAS Y EN MONEDA NACIONAL.

Esta característica está ligada íntimamente a -

la anterior: es obvio que en la etapa inicial de nuestro programa nucleoelectrico la contribucion tecnologica nacional es minima, la del futuro dependera de las politicas adoptadas para propiciar el desarrollo de la industria nacional.

Asi, por ejemplo, la contribucion nacional en el Proyecto Nucleoelectrico Laguna Verde, Ver., se ha limitado a la obra civil y equipos para servicios generales, lo que equivale, en relacion con el costo aplicado en este rubro entre el total, a una minima parte; el resto, consecuentemente, es de aplicacion al exterior del pais.

7.4.3.

FACTORES DE POLITICA ENERGETICA.

1) SEGURIDAD EN EL ABASTO DE COMBUSTIBLE.

Actualmente cualquier tipo de reactor que se seleccione implica una seria dependencia del exterior, en relacion con el suministro de materiales y servicios del ciclo de combustible, dependencia que puede subsanarse con el cumplimiento a un programa de fabricacion de combustible en nuestro pais.

2) DIVERSIDAD DE FUENTES DE SUMINISTRO DE EQUIPOS, COMPONENTES Y SERVICIOS.

De acuerdo con los datos disponibles en diver

sidad de fuentes especializadas en aspectos nucleares se desprende que para centrales del tipo RAE y RAP la tecnología está disponible geográficamente y políticamente en forma muy diversa; no obstante, para centrales tipo CANDU, la tecnología se concentra exclusivamente a Canadá, por lo que, en caso de seleccionar la línea de reactores CANDU, México deberá depender, en grado mucho mayor del Canadá y de sus propios recursos.

3) UTILIZACION OPTIMA DE LOS RECURSOS DEL PAIS.

La utilización óptima de los recursos económicos, humanos y nacionales del país debe ser una consideración de uso constante y de gran importancia en los proyectos nacionales. En nuestro caso debe atenderse debidamente esta premisa en relación del gran esfuerzo involucrado y del desastre mayúsculo en caso de fracasar el programa nucleoelectrico.

En este paso de la evaluación tiene cabida la actividad de localización, evaluación y selección de sitios, como parte complementaria y consecuente de la evaluación y selección de SNSV. De una buena selección de sitios dependerá también, el éxito o del fracaso de nuestro programa global.

7.4.4. FACTORES DE POLITICA NACIONAL.

Aquí se propone un grupo de variables externas a las consideraciones tecnológicas propiamente dichas. Estas variables pueden ser:

- 1) Preferencia que adopta nuestro país de negociar con determinados países en un momento dado;
- 2) Independencia económica y tecnológica del país dentro del contexto global mundial;
- 3) Interés de México por participar en proyectos multinacionales, (por ejemplo: en el enriquecimiento del uranio.);
- 4) Posibilidades reales, serias, de desarrollo tecnológico e industrial;
- 5) Prioridad del sector energético dentro de la economía nacional;
- 6) La estabilidad social;
- 7) La soberanía nacional.

7.5. NORMATIVIDAD NACIONAL.

Se ha podido mostrar, en este trabajo, la manera en que se organiza el sector nucleoelectrico en nuestro país, de acuerdo con nuestra legislación, y hemos descrito la política que ha seguido el gobierno en cuanto a la aceptación y aplicación de normas y guías para las actividades de selección de sitios para las centrales nucleoelectricas. Es

justo hacer notar que falta mucho camino por recorrer en lo que atañe a la normatividad, desde el hecho de dejar de aplicar las normas del país de origen del reactor a instalar en nuestro país hasta el de diseñar un conjunto de aplicaciones técnicas y legales para la preservación del medio ambiente ante la presencia de emanaciones nocivas al exterior.

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, por un lado, y la Secretaría de Salud, por otro, deben realizar una gran labor de investigación para encontrar las bases de legislación en su materia relacionada con la industria nucleoelectrónica teniendo como colaboradores al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, así como al Instituto de Investigaciones Eléctricas y a la Universidad Nacional Autónoma de México. Los resultados de los estudios realizados, y los que falta por llevar a cabo, por parte de la Comisión Federal de Electricidad, deben dar la pauta para legislar en materia nucleoelectrónica pero acorde con la disponibilidad de tecnología del país y con los recursos económicos con que cuenta. Actualmente la Comisión Federal de Electricidad interpreta y aplica fielmente lo indicado por el Organismo Internacional de Energía Atómica y, en muchos aspectos, lo que establece el "10-CFR" de los Estados Unidos.

La organización actual, dentro del sector nucleoelectrónico nacional, ya contempla la inclusión de estudios de localización, evaluación y selección de sitios para el emplazamiento de almacenes de desechos radiactivos de bajo, me -

diano y alto nivel de radiación, constituyendo estas prácticas eslabones adicionales a la cadena de actividad técnica que se inicia con la planeación de los sistemas nucleoelectrónicos y concluyen, por el momento, con la construcción y, posteriormente, con la operación de centrales nucleoelectrónicas.

7.6. LA SELECCION DE SITIOS.

Después de analizar la descripción detallada del procedimiento de selección de sitios que se sigue en México para el emplazamiento de centrales nucleoelectrónicas es posible concluir, también, en algunas cuestiones de importancia:

A) El procedimiento de selección de sitios no es rígido en cuanto a su aplicación. En la localización de sitios preliminares, por ejemplo, las variables más importantes -- que se tienen en cuenta al evaluar no guardan un orden estricto determinado: la importancia de alguna de estas variables radica en las características que presente el sitio localizado. Así: se dijo inicialmente que las primeras centrales nucleoelectrónicas en nuestro país se ubicarán en la costa del Golfo de México debido a que, desde el punto de vista técnico-económico, el mar es la mejor fuente de provisiónamiento de agua para enfriamiento; en este caso -- el problema de conseguir agua para enfriamiento está solucionado, sin dejar de ser importante esta variable: el enfriamiento. Al acudir a la costa del Golfo de México y localizar zonas ubicadas a partir del paralelo $19^{\circ}30'$ (donde se construyó Laguna Verde, Ver.) hacia el norte ya se está

atendiendo una variable más: la sismicidad, dado que se opta, por razones de índole económica, la ubicación de centrales nucleoelectricas fuera de la región del eje volcánico (figura 5.2.), que es zona de alta sismicidad; se busca, desde los estudios bibliográficos que las zonas y sub-zonas queden alejadas de grandes o medianos centros de población; que los usos de tierra y agua no sean preponderantes para el desarrollo económico de dichas áreas. En las inspecciones aéreas de las zonas se da especial énfasis a observar los sitios con posibilidades de inundación: los sitios que se han localizado en la Costa del Golfo de México han sido, inicialmente en la Región Golfo Norte, que se inicia a partir del paralelo 22°40', hacia el norte de la Laguna San Andrés, en Tamaulipas y hasta el paralelo 24°00', al sur de la Laguna Madre; dichos sitios no son inundables lo que equivale a un ahorro considerable de obras adicionales: canales de llamada o de descarga, de gran longitud; elevación adicional de plataformas; carga de bombeo, etc. Se hace notar, pues, que en este caso la importancia que tiene esta variable - terreno inundable -, es mayor que la de otras variables que, por ubicación del sitio prácticamente quedan resueltas. Así mismo, en la Región del Eje Volcánico, la variable de mayor importancia desde el punto de vista técnico-económico es la sismicidad alta; apareciendo otras que motivan a no considerar, por el momento, sitios preliminares: zonas de elevada concentración de población, usos de tierra y agua para fines de desarrollo económico de importancia, etc.

La Región Alto Noroeste resulta de importancia en cuanto-

a su ubicación socio-económica, en vista de posibles exportaciones de energía eléctrica; no así en cuanto a implicaciones regulatorias por ser colindante con los Estados Unidos; es zona de mediana sismicidad; con posibilidad de --- agua para enfriamiento en abundancia; desde el punto de - vista de la demanda se infiere que es baja para el consumo nacional y, en este caso la solución no se satisface con - centrales nucleoelectricas de alta producción; en esta última situación se encuentra la Región Baja California y, - posiblemente la del Trópico y la del Sureste: escasa demanda actual.

El procedimiento general para la localización, evaluación y selección de sitios para centrales nucleoelectricas en - friadas con agua de mar, descrito en el presente estudio y llevado a la práctica por Comisión Federal de Electricidad no difiere en gran medida de cualquier otro procedimiento - seguido por cualquier otro país. Contrariamente, resultando placentero expresarlo, las actividades que se llevan a - cabo en nuestro país, en relación con la selección de si - tios, van plasmadas del mismo o mayor nivel de conocimientos, calidad y profesionalismo que el de otras naciones, - obteniendo una gran eficiencia en los resultados, como es - de esperarse en este tipo de actividades reguladas.

La Comisión Federal de Electricidad cuenta con especialistas en cada materia requerida para la selección de sitios - y nuestro país tiene instituciones que auxilian a CFE en - los estudios requeridos para selección de sitios. Así, por ejemplo, es destacada la participación del personal de cam

po de la propia CFE en los estudios de Geología Regional, Local; Geofísica; Hidrología; Meteorología y Oceanografía. Destacada, también ha sido, la participación de instituciones como el Instituto de Ingeniería de la UNAM en los estudios de oceanografía para Laguna Verde; del Instituto de Geofísica, de la UNAM, en lo que atañe a estudios de sismicidad para Laguna Verde y Sitio Definitivo Cazonas; del Instituto de Investigaciones Eléctricas proporcionando asesoría a CFE en los estudios de oceanografía local y llevando a cabo cruceros oceanográficos estacionales para conocer la oceanografía regional del Golfo de México; así mismo, destaca la participación del Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada (CICESE) en la elaboración de la red de detección sísmica para la región que corresponde al Sitio Cazonas, Ver.; la participación del Grupo de Ingeniería Ambiental que tiene la CFE, contando con los mejores especialistas en la materia, con excelentes instalaciones y resultados por lo que ha sido motivo de reconocimiento por parte de instituciones extranjeras.

Las actividades de localización, evaluación y selección de sitios para centrales nucleoelectricas exigen, para cada una de las especialidades que deben cubrirse, la participación de expertos en la materia, tanto para trabajo de gabinete como para trabajo de campo. Queda hecha la invitación a todos los estudiantes de ingeniería, futuros profesionistas, a interesarse en las actividades que se relacionan con la industria nucleoelectrica, iniciándose con el desarrollo de temas de tesis sobre aspectos que son ne

cesarios para incrementar el acervo científico y tecnológico que demanda nuestro país. El campo de investigación y de trabajo es excesivamente amplio y prometedor, y apenas estamos iniciándonos.

Queda hecha, también, la descripción de los trabajos requeridos en la localización, evaluación y selección de sitios para centrales nucleoelectricas; la descripción de la organización que prevalece en la industria nucleoelectrica; la mención de las leyes, códigos y normas que existen para su estricta aplicación con el objeto de lograr la máxima seguridad posible para el funcionamiento de una central nucleoelectrica y para el medio que la rodea. Queda hecha esta descripción con el objeto de lograr la atención de personas que no tienen relación alguna con las actividades de la industria nucleoelectrica pero que, como es humano, guardan temores respecto de la aplicación de la energía atómica; lograr su atención para disipar ciertos temores y para hacerlos partícipes de la tecnología que estamos logrando los mexicanos para nuestro desarrollo y beneficio.

7.7. LAS ACTIVIDADES DE OCEANOGRAFIA.

Con la intención de presentar una aplicación práctica de todo lo tratado en este trabajo concluimos, en el Capítulo 6, con la presentación de los criterios generales que se siguen para la ubicación de las obras de toma y descarga, que forman parte del sistema de enfriamiento de una central nucleoelectrica ubicada en la costa.

En el propio capítulo se ha vertido una conclusión importante: la necesidad actual que tenemos de ubicar las primeras centrales nucleoelectricas en la costa, a partir de un punto de vista económico. A partir de lo anterior, nuestro problema se concentra únicamente en determinar que tipo de obra de toma y de descarga se debe utilizar, en función de las características topográficas del sitio y de las oceanográficas, físicas y meteorológicas locales y regionales. En Laguna Verde, por ejemplo, se optó por la utilización de una obra de toma y descarga superficiales; la primera protegida con escolleras de modo de formar un recinto de aguas tranquilas, la segunda protegida y encauzada mediante un canal de descarga y espigones tratando de lograr una emisión lo suficientemente alejada de la toma con objeto de evitar la recirculación de los efluentes térmicos. En el sitio Cazones, Ver., después de conocer el comportamiento de la masa de agua y sus características locales, en relación con la configuración costera, es posible aplicar una solución consistente en obra de toma sumergida y descarga superficial o sumergida, dado que es de esperar recirculación de la descarga.

En esta área de estudio de sitios y de soluciones ingenieriles, en función de las características propias de cada uno en particular, existe una amplia variedad de disciplinas en las que el estudiante y futuro profesionista puede intervenir; la información recabada por la Comisión Federal de Electricidad es valiosa y, algo puede estar al alcance del estudiante. La Universidad Nacional Autónoma de México llevó a cabo el diseño de las escolleras de Laguna Verde, Ver., y

los estudios relativos al comportamiento de los efluentes térmicos provenientes de la central dentro del medio marino. El Instituto de Investigaciones Eléctricas, como ya se dijo, lleva a cabo estudios de difusión térmica en la masa de agua marítima del sitio Cazonas, con objeto de definir la ubicación de las obras de toma y descarga de la planta central nucleoelectrica así como el tipo de obras a utilizar y que resulten económicas en cuanto a su construcción como en su operación.

BIBLIOGRAFIA

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN CFE.
REVISTA "TECNO-LAB" No. 7 FEBRERO 1986 VOL II.

CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA FORMULACIÓN DE UNA POLÍTICA -
ECONÓMICA EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE --
PLANTAS NUCLEARES EN MÉXICO.
JUAN ANTONIO ZAMORA SALAZAR, TESIS 1976.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
ESCUELA NACIONAL DE ECONOMÍA.

FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA NUCLEAR.
THOMAS J. CONNOLLY.
EDITORIAL LIMUSA, MÉXICO, PRIMERA EDICIÓN 1983.

INFORMACIÓN BÁSICA 1982.
PUBLICACIÓN INTERNA DE CFE-PNLV (FOLLETO)

INTRODUCCIÓN A LAS CENTRALES NUCLEARES TEMA 2.
CURSO IMPARTIDO AL PERSONAL DE CFE PARA LA FORMACIÓN DEL DEPARTA
MENTO DE INGENIERÍA NUCLEAR.
1982. DR. CARLOS VELEZ OCÓN.

LISTA DE CLASIFICACIÓN DE GARANTÍA DE CALIDAD DE ESTRUCTURAS, -
COMPONENTES, EQUIPOS Y SISTEMAS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD -
NUCLEAR.
PNLV, JUNIO DE 1976.

MÉTODOS DE RECHAZO DE CALOR.
CONFERENCIAS DE LA DISCIPLINA DE INGENIERÍA MECÁNICA,
GERENCIA GENERAL DE ESTUDIOS E INGENIERÍA PRELIMINAR,
CFE-BECHTEL OVERSEAS CORPORATION, SEPT. 1976,

NUCLEAR POWER, ANSWERS TO YOUR QUESTIONS,
EDISON ELECTRIC INSTITUTE. 1980.

NUCLEAR POWER PLANT SITING A GENERALIZED PROCESS,
COMMONWEALTH ASSOCIATES, INC.
ATOMIC INDUSTRIAL FORUM, INC.

PLAN DE GARANTÍA DE CALIDAD, REV. 8, SEPTIEMBRE 1983,
CFE-PNLV.

PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS-
NUCLEARES.

VICENTE GARCÍA TAPIA, TESIS 1982.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INGENIERÍA TOPOGRÁFICA,
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA,

REALIDADES EN TORNO A LA ENERGÍA.
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES.
JULIO DE 1984,

REGULACIÓN DEL PROYECTO LAGUNA VERDE.
DR. JULIÁN SÁNCHEZ GUTIÉRREZ,
ING. MIGUEL MEDINA VAILLARD.
CONFERENCIA EN LA ACADEMIA DE INGENIERÍA. AGOSTO DE 1985.

SEMINARIO DEL COMITÉ DE PLANEACIÓN DE EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS
EXTERNAS. ENERO DE 1984.
COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD NUCLEAR Y SALVAGUARDIAS.

SITIO E IMPACTO AMBIENTAL.
FIS. MIGUEL ANGEL VALDOVINOS TERÁN.
PNLV-INGENIERÍA AMBIENTAL.
AGOSTO DE 1985.

TECHNICAL REPORTS SERIES No. 245,
INTERNATIONAL ATOMIC AGENCY, VIENNA, 1985,
"ENERGY AND NUCLEAR POWER PLANNING IN DEVELOPING COUNTRIES"

ESTUDIOS DE CAMPO Y LABORATORIO PARA EL DISEÑO DE LAS OBRAS
DE PROTECCION PARA EL PROYECTO NUCLEOELÉCTRICO "LAGUNA VER-
DE, VER,"

UNAM-INSTITUTO DE INGENIERIA.

COLECCIÓN DE 1969 A 1974

ESTUDIOS DE CORRIENTES Y ZONAS DE DEPÓSITO.

ESTABILIDAD DE ESCOLLERAS,

UNAM-INSTITUTO DE INGENIERÍA. 1973.