

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO

ST/ECLA/CONF.7/L.2.21
15 de enero de 1961

ORIGINAL: ESPAÑOL

SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE ENERGIA ELECTRICA

Auspiciado por la Comisión Económica para América Latina, la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica y la Subdirección de Recursos y Economía de los Transportes de las Naciones Unidas, conjuntamente con el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos

PROBLEMAS QUE PLANTEA EL DESARROLLO DE CENTRALES

Y

SISTEMAS ELECTRICOS

por Arturo Rodríguez Ulloa

NOTA: Este texto será revisado editorialmente.

INTRODUCCION

Los problemas de la industria eléctrica que a continuación se desarrollan se han tratado desde el punto de vista de países latinoamericanos. Las necesidades de energía eléctrica son apremiantes, sin embargo no siempre se cuenta con todo el financiamiento necesario; tenemos la obligación de obtener el máximo provecho de nuestros recursos monetarios limitados. Nuestras instalaciones deben ser eficientes y cada una de ellas debe rendir en proporción a su costo inicial.

1. Selección del tipo y tamaño de estación generadora y sus alternativas

El criterio que a continuación se presenta es, en términos generales, aplicable en cualquier parte del hemisferio occidental, con las variantes, por lo que respecta a disponibilidad de combustible y condiciones hidrológicas, propias de cada país en particular.

a) Tipo de estación generadora

Un estudio técnico-económico, preparado por personal con amplio criterio como resultado de una vasta experiencia, determinará correctamente qué tipo de planta generadora pudiera ser el más favorable para cada caso. Un proyecto principia con una idea. La idea se tiene que desarrollar, promover y financiar antes de comenzar la construcción. El estudio inicial indicará la conveniencia, la magnitud y los detalles generales del proyecto.

En el caso de plantas térmicas (vapor, diesel o turbinas de gas) los gastos fijos de operación (réditos sobre inversión + depreciación) en relación a la inversión total, fluctúan entre el 10 - 15 por ciento. Para el mismo tipo de plantas el costo total de operación se compone de lo siguiente:

- 1) Gastos fijos 40 por ciento.
- 2) Costo de producción 60 por ciento. (El costo de combustible llega a ser aproximadamente el 45 por ciento del costo total de producción).

Definición:

Costo total de operación = Gastos fijos + costo de producción

Costo de producción = Costo de combustible, mantenimiento, mano de obra y gastos misceláneos.

/En el

En el caso de plantas hidráulicas (incluyendo líneas de transmisión) el costo total de operación es muy variable, dependiendo de las características de cada instalación. Sin embargo, ordinariamente el costo total de operación se compone de lo siguiente:

- 1) Gastos fijos el 80 por ciento
- 2) Costo de producción el 20 por ciento

Es importantísimo tener en mente la división de costos característicos de las plantas térmicas e hidráulicas. La idea popular es de que las plantas hidráulicas "no cuestan casi nada operar ya que el agua es gratis". Efectivamente, los costos de producción son bajos pero los gastos fijos de la inversión suelen ser muy elevados y frecuentemente se da el caso que el costo de operación de una planta hidráulica sea mayor que el de una planta térmica de capacidad semejante. Uno de los factores que hace que los gastos fijos por kilowatt-hora generado sean muy elevados en el caso de algunas plantas hidráulicas, es debido a la escasez de agua durante buena parte del año y que puede resultar en que la Planta tenga un aprovechamiento menor de 50 por ciento de su capacidad. En varios casos específicos se ha presentado esta situación en plantas hidráulicas de México.

Se citan estos casos para poner de relieve la necesidad que existe de analizar cada situación detenidamente y con competencia antes de determinar qué tipo de planta fuera el más conveniente.

En términos sumamente generales, los varios tipos de plantas tendrían las siguientes aplicaciones:

- 1) Plantas diesel - para demandas hasta un máximo de 2 000 kW.
- 2) Plantas de vapor - para demandas desde 2 000 kW hasta las demandas más grandes que se puedan presentar.
- 3) Plantas de turbina de gas - para demandas desde 1 000 kW hasta 25 000 kW y especialmente en sitios en donde escasea el agua.
- 4) Plantas hidráulicas - para demandas de 1 000 kW hasta las demandas más grandes que se pudieran presentar, siempre y cuando las condiciones hidrológicas y económicas lo permitieran y justificaran.
- 5) En muchos casos puede haber varias combinaciones de cualquiera de los tipos de plantas arriba mencionados.

/b) Tamaño

b) Tamaño de la estación generadora

Las estadísticas de demandas de energía eléctrica y un estudio del panorama general, determinarán el tamaño de la estación que se debiera instalar en cada región. Es de vasta importancia el estudio general que comprende intangibles; hay sitios que en épocas pasadas han tenido un desarrollo lento pero que para el futuro prometen mucho debido a nuevas carreteras, puertos de altura, nuevos combustibles o sencillamente a cambios de tecnología que por equis razón afectan favorablemente la economía general de la región en estudio. Estos son factores que se deben tomar en cuenta y que no los señala ordinariamente la estadística.

Habiéndose determinado el tamaño "óptimo" de la estación, es importante considerar la conveniencia de adquirir una planta de mayor capacidad de lo calculado como "óptimo", si es que ésta costara un poco más.

Por ejemplo, refiriéndonos a la Guía de Planeación (véase el cuadro 1) se observa lo siguiente:

- 1) Una planta de 3 000 kW cuesta Dls. 1 100 000.
- 2) Una planta de 5 000 kW cuesta Dls. 1 450 000.

Aumento en capacidad de la 2) en relación a 1) = 66 por ciento

Aumento en costo de la 2) en relación a la 1) = 32 por ciento

Es decir, el costo incremental es muy reducido en relación a la capacidad adicional que se obtiene con la unidad mayor. Esta capacidad adicional, que aparentemente sale sobrando, suele ser muy útil para cubrir crecimientos de demandas inesperadas.

En sistemas aislados, sin interconexión con otra fuente de energía, es importante tener capacidad firme dentro de la planta generadora. Esto significa que aún con el retiro (por descompostura o mantenimiento ordinario) de la máquina generadora de mayor capacidad, se podrá suministrar la demanda máxima del sistema. En estos casos hay la tendencia, especialmente en países poco industrializados, a instalar varias unidades generadoras de poca capacidad. Para máxima economía respecto a la inversión inicial y costos de operación, es necesario instalar el menor número de unidades y de la mayor capacidad posible, dentro de los requisitos del sistema.

/Por ejemplo,

Por ejemplo, considerando un sistema interconectado (capacidad firme aún con el retiro de 66 000 kW) donde se propusiera instalar 66 000, hace algunos años la tendencia natural hubiera sido instalar:

- 1) 4 unidades de 16 500 kW a un costo total de 14 000 000 de Dls., o bien
- 2) 2 unidades de 33 000 kW a un costo total de 11 000 000 de Dls.,
hoy día sería la práctica de mayor aceptación instalar:
- 3) 1 sola unidad de 66 000 kW a un costo total de 8 100 000 Dls.

Como se podrá observar, la unidad de 66 000 kW efectuaría un ahorro considerable ya que las cuatro unidades de 16 500 kW costarían 75 por ciento más que la de 66 000 kW respecto a la inversión inicial, y el costo total de operación (en el caso de plantas térmicas) sería cuando menos 38 por ciento más para las cuatro unidades de 16 500 kW que para una unidad de 66 000 kW. Específicamente se obtienen estas cifras en la siguiente forma:

<u>Costo total de operación</u>	<u>4 de 16 500 kW</u>	<u>1 de 66 000 kW</u>
Generación anual (80% factor de carga) kWh	450 000 000	450 000 000
1) Gastos fijos anuales (13% de 14 000 000 Dls.)	1 825 000 Dls.	
Gastos fijos anuales (13% de 8 100 000 Dls.)		1 050 000 Dls.
2) Combustible a \$0 0144/Kg. 3 200 calorías/kWh	2 030 000 Dls.	
Combustible a \$0 0144/Kg. 2 700 calorías/kWh		1 720 000 Dls.
3) Supervisión, mano de obra, mate- riales a 0 0012/kWh	540 000 Dls.	
Supervisión, mano de obra, mate- riales a 0 0010/kWh		450 000 Dls.
	<hr/>	<hr/>
	4 395 000 Dls.	3 220 000 Dls.
Costo total de operación/kWh	0 00974 "	0 00715 "
Diferencia en costo por kWh		0 00269 (38% del costo por kWh de la unidad de 66 000 kWh)

/Los ahorros

Los ahorros considerables de la unidad mayor se deben a su mayor eficiencia, menores gastos de mano de obra, materiales, y a gastos fijos relativamente bajos. Con las técnicas superiores de la actualidad en lo que se refiere a fabricación y operación, es perfectamente aceptable una unidad para el caso que se cita. Hace diez o quince años hubiera sido dudosa la seguridad de operación continua de una máquina en lugar de cuatro.

Los casos que se han dado como ejemplos se espera que sirvan para ilustrar la técnica de selección de equipo. Cada situación indudablemente requiere tratamiento especial para llegar a una solución adecuada.

De paso se mencionará la aplicación de energía atómica para generación eléctrica. En la actualidad es dudoso que una planta de menos de 100 000 kW sea práctica. Además, esa unidad tendría un costo de operación de 50 por ciento más de lo correspondiente a una planta de vapor de capacidad equivalente. Esta comparación se refiere a sitios donde el combustible es abundante y relativamente barato.

En todos los casos, ya fuera la planta tipo diesel, vapor, atómica o hidráulica, es importante seleccionar el equipo del designado como "preferred standard" que es de fabricación normal y por lo consiguiente más barato.

2. Criterio económico de diseño y construcción de estaciones generadoras, en zonas donde se proyectan instalaciones por primera vez

Los cambios principales de los últimos años en estaciones generadoras se han debido más a la aplicación de la buena ingeniería que a la introducción de equipos o aparatos revolucionarios en su concepto u operación.

Se ha hecho común el uso de equipo automático para combustión, para controles de nivel, de temperatura y de presiones. Además de mantener la operación de las máquinas en condiciones óptimas, el equipo automático también generalmente suministra datos gráficos e información acerca de la operación que anteriormente no se obtenían y que hoy día permiten un mejor análisis de los problemas diarios que se presentan. El último desarrollo en cuanto a equipo automático es el del tablero gráfico. Este tiene un diagrama de flujo con todas sus válvulas de control e instrumentos montados en su posición correcta en relación al diagrama. Los aparatos que se usan son de tipo miniatura por razones de espacio. Son evidentes las múltiples ventajas que ofrecen estos tipos de tablero. Ya que, entre otras cosas, permite el rápido entrenamiento del personal.

En países de poca industrialización es especialmente útil el equipo automático, ya que éste reduce los requisitos de personal especializado tanto en cantidad como en pericia. Para mantenimiento del equipo, siempre ofrecen los fabricantes cursos de entrenamiento que pueden tomar esas personas a quienes se les designa la obligación de mantener el equipo automático operando correctamente. Generalmente el personal técnico y obrero de origen latinoamericano demuestra mucho ingenio y capacidad para asimilar rápidamente el uso de aparatos complejos.

En el diseño de la estación generadora es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- a) Que la localización de todos los elementos de la estación cuente con el espacio necesario para permitir su inspección y reparación con facilidad. Este comentario parecerá innecesario, sin embargo, es sorprendente la frecuencia con que se deja de observar este punto.
- b) Que tuberías y conductores eléctricos sean lo más corto posible. Esto reduce gastos de inversión, mantenimiento y producción.
- c) Que equipos semejantes queden agrupados. Esto evita duplicación de operaciones y permite un manejo más eficiente.
- d) Que cada diseño incluya la ingeniería más moderna y el uso de los mejores equipos en cuanto a eficiencia y aplicación al caso particular.

Otro factor que influye respecto a la eficiencia de la estación generadora es el terreno en que se construye. La estación debe tener facilidades de tráfico que permitan acceso para materiales, combustible, personal y líneas de transmisión. El terreno debe ser lo suficientemente amplio para permitir futuras expansiones. Es muy común el error de hacer la estación en un área limitada. Posiblemente el área sea suficiente para los requisitos inmediatos, pero la primera expansión en seguida hace evidente la escasez de terreno.

Otro error que se suele cometer con demasiada frecuencia, es el de seleccionar un terreno con características topográficas difíciles, ya fuera por falta de desagüe adecuado en épocas de inundación (como existe en una planta de la República Mexicana que está en peligro de quedar bajo agua al desbordarse un río cercano) o por ser el subsuelo blando, que requiera costosísimos pilotes para soportar las cargas del peso del equipo.

/Por lo

Por lo que se refiere al edificio, éste debe ser diseñado de tal manera que permita hacer uso eficiente y fácil de todo el equipo, como por ejemplo la grúa principal. También, como se mencionó con anterioridad, el edificio será un envolvente que hará fácilmente accesible cada máquina o aparato para casos de inspección o reparación. En ningún instante debe aceptarse que predominen consideraciones arquitectónicas sobre aspectos de funcionalismo. Es importante mantener a su mínimo el número de columnas, ya que éstas siempre presentan problemas al efectuar expansiones. De preferencia la estructura debería ser de acero. El concreto reforzado puede ser aceptable, pero presenta el inconveniente de que es muy difícil modificar estructuras de este material. El costo del edificio equivale aproximadamente a un 25 por ciento del costo total de una planta y por lo consiguiente es falsa economía recortar gastos en el edificio si éste no permite el mejor uso del equipo que constituye el 75 por ciento del costo total.

3. Ventajas y desventajas de la interconexión de sistemas

Un sistema eléctrico es el conjunto de máquinas, aparatos, instrumentos, redes de transmisión y distribución, etc., destinados a la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica. Se ha comparado un sistema eléctrico con el sistema circulatorio del cuerpo humano, en el cual el sistema transmisor semeja las arterias, el de distribución el sistema capilar, ambos con la finalidad de proporcionar hasta al último consumidor la energía eléctrica, "sangre de la civilización".

Cuando dos sistemas aislados se unen eléctricamente por medio de una línea de interconexión con fines de ayuda mutua, forman el más sencillo de los sistemas interconectados.

Aunque no parece lo más acertado plantear este tema a base de sus ventajas y desventajas, indudablemente que, al exponer las razones para la interconexión cabría hablar de los inconvenientes, pero aún entonces incurriríase en cierto contrasentido puesto que si los motivos para la interconexión han sido debidamente considerados, desde todos los ángulos y pensando cuidadosamente la finalidad que se persigue, no cabría admitir la existencia de inconvenientes.

/Se interconectan

Se interconectan plantas o sistemas generalmente para:

1. Mayor flexibilidad y/o estabilidad en la operación y por consiguiente continuidad del servicio.
2. Mejor aprovechamiento de la capacidad instalada y como consecuencia . menos duplicación de las instalaciones o inversiones.

Es obvio que si para evitar el costo de una unidad generadora adicional en una planta, se gasta una cantidad mayor en interconectarla con otra donde hay capacidad disponible, económicamente no se justifica la interconexión. Ciertamente que puede haber consideraciones "extra económicas" para interconectar pero en nuestra discusión, tenemos necesariamente que dar preponderancia o primacía a la economía en la inversión • en la operación de la misma.

Para analizar las ventajas y desventajas de la interconexión de sistemas nos permitimos presentar como ejemplo el sistema interconectado Guanajuato-Michoacán-Chapala que es una combinación de estaciones termoeléctricas e hidráulicas, que suministran energía al centro de la República Mexicana en los Estados de Guanajuato, Querétaro, Michoacán, Jalisco y parte de los Estados de San Luis Potosí y Nayarit. (Véase el gráfico I.) El cuadro muestra las características principales de las estaciones generadoras que lo integran.

La capacidad total instalada es, de acuerdo con el cuadro anterior, de 252 608 kW de los cuales 177 938 kW corresponden a unidades hidráulicas (H) y 74 625 kW a unidades térmicas (V) o sea que se cuenta con aproximadamente 30 por ciento de la capacidad en plantas termoeléctricas. La práctica aconseja contar con un mínimo de 35 por ciento de capacidad térmica en sistemas combinados, con el objeto de garantizar el servicio en períodos prolongados de sequía así como debido a que la mayor parte de los recursos hidráulicos se utilizan primordialmente para fines de riego y la generación eléctrica queda en segunda categoría.

Dentro de las ventajas del sistema interconectado Guanajuato-Michoacán-Chapala, podemos mencionar las siguientes:

Flexibilidad. Consiste en el aprovechamiento máximo de los recursos naturales, operando las unidades hidroléctricas con el régimen máximo disponible y completando las demandas con las unidades térmicas.

La generación hidráulica, con pocas excepciones, tiene que considerarse y meditar, debido a lo incierto de los regímenes. Cuando las lluvias son escasas se reduce la disponibilidad de agua para generación hidráulica y simultáneamente aumenta la demanda de energía eléctrica debido a la necesidad de hacer uso de pozos profundos para suministrar el agua para fines agrícolas. En tales zonas, es indispensable tener reservas térmicas suficientes, tanto para estas emergencias como para, por así decir, "prevenirlas" en años adversos, mediante mayor conservación o regulación en el uso del recursos o reserva de agua disponible.

Durante el período de lluvias, debido a que gran parte de la zona servida es agrícola, la demanda eléctrica es menor; por otra parte, se cuenta con mayor generación en las estaciones hidráulicas ya que gran número de ellas son del tipo "golpe de río", permitiendo efectuar programas de mantenimiento en las distintas plantas termoeléctricas, sin restricciones al servicio.

Mayor capacidad firme. Teniendo este sistema una capacidad instalada de 252 608 kW y siendo la mayor unidad de 25 000 kW (Cóbano), se tiene una capacidad firme de 227 608 kW o sea 90 por ciento de la capacidad instalada, siendo este porcentaje normal en sistemas interconectados.

Menor capacidad instalada. Si las zonas servidas por el sistema interconectado tienen un ciclo distinto de aprovechamiento o "itinerario" de utilización de la corriente, la interconexión aporta mayores rendimientos puesto que puede reducirse la inversión en equipo fijo.

Debido a que en la zona servida por el sistema Guanajuato-Michoacán-Chapala existen centros de carga agrícola (partes del Bajío, Jalisco y Michoacán), centros industriales (León, San Luis Potosí, Irapuato y Guadalajara) y residenciales, las demandas máximas no coinciden, lo cual permite reducir la capacidad instalada para cubrir los distintos consumos con el intercambio de energía.

Mayor estabilidad del servicio. Naturalmente mientras más numerosas son las plantas que se interconectan, es mayor la efectividad con que opera el factor "probabilidad" para que no coincidan las exigencias máximas de una zona con las de otra zona. Lo que la interconexión persigue es el aseguramiento de suficiencia del servicio por la consideración de que los usos o demandas sobre determinada planta o determinada zona no necesariamente coinciden con los de otra.

Si las zonas interconectadas tuviesen un ritmo idéntico y si sus usos coincidieran en magnitud de tiempo, entonces la interconexión sería de más que dudosa justificación y provecho. Imaginemos la interconexión de dos zonas agrícolas con exactamente los mismos cultivos y ciclos de irrigación y demás aprovechamiento de la corriente. La ventaja de interconectar sería sumamente eventual y su justificación económica difícil, si bien cuando los sistemas o zonas respectivos son muy extensos y el número de unidades generadoras grande, el factor ya mencionado de "probabilidad" puede determinar alguna conveniencia para la interconexión.

Menores costos de operación. Una planta aislada debe estar en condiciones de abastecer la demanda eléctrica de los consumidores en el área que sirve. Encontrándose la capacidad de la planta distribuida en varias unidades, debe estar en condiciones de abastecer la demanda máxima con la unidad mayor fuera de servicio. Cuando la interconexión de sistemas aislados no implica inversión desproporcionada, una unidad de reserva puede servir a varias plantas, evitando la duplicación.

En el sistema interconectado que nos ocupa, hasta hace poco tiempo las divisiones Guanajuato, Michoacán y Chapala trabajaban como entidades económicas individuales. Como resultado, era común que a la planta hidroeléctrica EL COBANO (no cuenta con vaso regulador) se le solicitara menos energía eléctrica de la que era capaz de generar y como consecuencia derramaba esa agua que no se usaba en sus turbinas. Toda el agua de derrame constituía energía perdida.

Recientemente se cambió el régimen de trabajo. EL COBANO genera toda la capacidad que le permite el flujo del río (no se derrama una gota de agua) y las variaciones se efectúan en la planta térmica de CELAYA y en las hidroeléctricas del sistema de Chapala. En esta forma CELAYA economiza combustible y Chapala acumula agua en su gran depósito regulador que es el Lago del mismo nombre.

Creemos que este ejemplo demuestra la necesidad imprescindible que existe de hacer el mejor uso posible de recursos naturales por medio de sistemas interconectados. Por otra parte, al operar las plantas con alto factor de carga lógicamente los costos por kWh son menores.

Mayores facilidades

Mayores facilidades para la utilización. Como puede verse en el esquema adjunto, el sistema interconectado cubre gran parte del centro de la República Mexicana contando con una extensa red de transmisión que permite, con inversiones mínimas en líneas de transmisión, la electrificación de zonas rurales.

Dentro de lo que pudiéramos llamar desventajas de un sistema interconectado podremos anotar:

Creación de oficinas centrales. Estas oficinas deben contar con el personal necesario para controlar la parte contable; personal que se encargue de la programación de construcción, operación del sistema y despacho de carga; personal para atender el mantenimiento del equipo mecánico y eléctrico; departamento central de distribución, de líneas de transmisión, de medidores, compras, legal, etc.

Sistema de comunicaciones. El sistema de intercomunicación es otra desventaja ya que su operación y mantenimiento son relativamente costosos. El sistema de Guanajuato-Chapala-Michoacán cuenta con una red telefónica y equipo de radio que cubre los principales centros de carga y plantas generadoras, además de un equipo de radio-telefonía para comunicaciones con las oficinas matrices en la ciudad de México.

Sistema de protección. Con objeto de proteger debidamente los transformadores de fuerza, generadores y líneas, es necesario contar con un equipo de protección compuesto de interruptores, relevadores, fusibles, desconectadores, etc., cuya adquisición y mantenimiento son de consideración.

Mantenimiento de líneas de interconexión. Esta desventaja se refiere al costo que implica tener en buenas condiciones las líneas de interconexión para lo cual es necesaria la creación de campamentos a lo largo de las líneas, cuyo personal revisa periódicamente las redes de interconexión y transmisión y se encarga directamente de la reposición de aisladores y reparación de torres o postes.

Líneas de interconexión. El aspecto económico o costo de la línea es una desventaja. Las líneas de transmisión tienen un costo elevado por kilómetro y significan inversiones de cuantía. Indudablemente que la región que sirve el sistema Guanajuato-Chapala-Michoacán ha prosperado mucho más con la interconexión eléctrica que existe que si hubiera tenido que depender de plantas aisladas para cada región. La tendencia moderna es definitivamente hacia la interconexión de sistemas.

4. Aspectos económicos de la combinación de estaciones térmicas (incluyendo la energía nuclear) con los diferentes tipos de centrales hidroeléctricas

La combinación de estaciones térmicas e hidráulicas en sistemas interconectados resulta altamente beneficiosa sobre todo en países donde los recursos hidráulicos sean escasos al carecer de ríos caudalosos y grandes caídas.

La localización de las centrales hidroeléctricas es por regla general retirada de los grandes centros consumidores de energía y por consiguiente requiere las inversiones fuertes en líneas de transmisión, la cual para garantizar la continuidad del servicio deberá ser con doble circuito. Las estaciones termoeléctricas ordinariamente se instalan próximas a los centros de consumo, lo cual representa una gran ventaja, aún cuando algunas veces es prácticamente imposible su instalación debido • bien a la falta de agua para la planta de condensación o porque en el lugar elegido se carece de vías de comunicación apropiadas para el transporte de combustible. Esto último es muy remoto y por lo que respecta a la primera dificultad, las turbinas de gas representan un tipo de instalación sumamente útil para esos sitios donde el agua es muy escasa. Supera a las unidades Diesel por tener menores costos de mantenimiento, ya que prácticamente sólo el rotor se tiene en movimiento; en cuestión de rendimiento económico es un poco más costosa que turbinas de vapor. La limitación que tiene la turbina de gas reside en cuanto a su capacidad ya que las más grandes a la fecha son de aproximadamente 25 MW. También tienen la característica que pueden ponerse en operación en un tiempo sumamente corto, así como las diesel, lo que las hace ideales para librar los "picos" correspondientes a las horas de demanda máxima.

Hasta ahora, la planta atómica es esencialmente una planta de vapor y su aplicación comercial seguirá los perfeccionamientos o simplificación que se logre en la obtención y manejo de la unidad de energía atómica y disposición de sus sub-productos (isótopos). Sin embargo, en sistemas extensos y frente a perspectivas de crecimiento importante, se considera ya la necesidad de iniciar la generación con reactores nucleares para mantenerse "al día" en el proceso de desarrollo industrial y de preparación /del personal

del personal especializado. En aquellos lugares en donde es costoso el suministro de combustible, la instalación de centrales atómicas jugará un papel muy importante, ya en esta época se han desarrollado con gran éxito las plantas atómicas en Inglaterra y es de esperarse que dentro de los próximos cinco a diez años su costo sea comparable a cualquier planta térmica.

Se considera que la combinación ideal será la de centrales hidroeléctricas diseñadas de manera que permitan la utilización de sus equipos a un elevado factor de carga, trabajando interconectadas a grandes centrales termoeléctricas de vapor, que constituirían la mayor parte de la generación, y por último, la generación con unidades de turbinas de gas para librar los "picos". Combinaciones de este tipo se traducirán en menores Costos de Operación al evitarse tener en la línea turbogeneradores de vapor o unidades hidráulicas con bajos factores de carga. (Véase el cuadro 3.)

5. Conclusiones

Los diversos conceptos que se han expuesto en este escrito son de carácter general, ya que no se ha tratado que fueran aplicables a un área específica sino más bien que pudieran ser útiles en cualquiera de los países latinoamericanos.

Tenemos problemas muy especiales que no se pueden resolver aplicando puntos de vista de países altamente industrializados. El desarrollo de la industria eléctrica se tiene que ajustar a nuestra situación económica y a nuestras necesidades sociales, que son de carácter muy especial y distintas a las de los países europeos y de América del Norte. Debemos hacer uso máximo de nuestros propios recursos materiales y luchar por el perfeccionamiento de nuestros técnicos en las ciencias relacionadas con la industria eléctrica. Esto nos dará la autonomía indispensable para poder planear, diseñar y construir de acuerdo con los requisitos de los respectivos países latinoamericanos.

Quadro 1

GUIA DE PLANEACION -- PLANTAS DE VAPOR

Noviembre 1960

Capacidad de placa KW	3 000	5 000	7 500	10 000	12 650	16 500	22 000	33 000	44 000	66 000
Turbo-generador										
Capacidad máxima continua KW	3 250	6 250	9 375	12 500	12 650	16 500	22 000	33 000	44 000	66 000
Presión de vapor lbs/p.e.	400	400	600	600	600	850	850	850/1 250	850/1 250	850/1 250
Temperatura de vapor °F	750	750	825	825	825	900	900	900	900/950	900/950
Enfriamiento del generador	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	H ₂	H ₂	H ₂	H ₂	H ₂
Generador de vapor										
Capacidad de caldera lbs/h	42 000	70 000	100 000	125 000	150 000	175 000	225 000	350 000	500 000	650 000
Costo total aproximado de la planta completa (millones de dólares)	1.1	1.45	2.0	2.6	2.7	3.5	4.2	5.5	6.8	8.1
Costo por KW de capacidad máxima continua (dólares)	294	332	213	208	213	212	191	167	154	123

Nota: El equipo considerado en esta tabulación es de fabricación norteamericana.

Cuadro 2

Planta	Unidad N°	Tipo	Fecha ent. operación	Capacidad kW	Tensión gen.kv
Zumpirito	1	H	1944	800	6.6
	2	H	1944	800	6.6
	3	H	1944	2 400	6.6
	4	H	1944	2 400	6.6
Bartolina	1	H	1940	400	0.48
	2	H	1940	350	0.48
Granados	1	H	1942	940	3.15
Cobano	1	H	1955	26 010	13.8
	2	H	1955	26 010	13.8
San Pedro Poruas	1	H	1957	1 600	3.15
	2	H	1905	305	0.5
	3	H	1930	960	3.15
Tirio	1	H	1905	216	5.0
	2	H	1905	216	5.0
	3	H	1928	240	5.0
	4	H	1930	640	5.0
Cointzio	1	H	1943	480	6.6
San Pedro	1	H		173	3.5
	2	H	1912	192	5.0
	3	H	1912	200	5.0
San Juan	1	H	1904	120	1.0
	2	H	1904	120	1.0
Colimilla	1	H	1950	12 800	13.8
	2	H	1950	12 800	13.8
	3	H	1950	12 800	13.8
	4	H	1950	12 800	13.8
Puente Grande	1	H	1910	2 800	6.0
	2	H	1910	2 800	6.0
	3	H	1910	2 800	6.0
	4	H	1927	6 000	6.0
	5	H	1946	9 000	6.0
Las Juntas	1	H	1938	6 000	4.0
	2	H	1942	5 000	4.0
	3	H	1956	4 000	4.0
El Salto	1	H	1959	2 975	2.3

Cuadro 2 (continuación)

Planta	Unidad Nº	Tipo	Fecha ent. operación	Capacidad kW	Tensión gen. kv
Guadalajara	1	V	1957	6 250	13.8
	2	V	1957	6 250	13.8
	3	V	1957	6 250	13.8
Itzacuaro	1	H	1926	392	2.3
	2	H	1926	200	2.2
Botello	1	H	1911	4 050	2.3
	2	H	1911	4 050	2.3
Platanal	1	H	1903	1 000	2.3
	2	H	1903	1 000	2.3
	3	H	1906	3 600	2.3
Sabino	1	H	1909	1 200	2.3
	2	H	1909	1 200	2.3
Las Rosas	1	H	1906	400	0.525
	2	H	1906	400	0.525
	3	H	1911	400	0.525
	4	H	1949	1 600	0.525
San Francisco	1	H	1952	344	0.525
Celaya	1	V	1948	9 375	13.8
	2	V	1958	16 500	13.8
	3	V	1958	16 500	13.8
San Luis Potosí	1	V	1936	2 500	4.16
	2	V	1938	3 500	4.16
	3	V	1948	7 500	13.8

Cuadro 3

ALGUNAS POSIBLES COMBINACIONES DE VARIOS TIPOS DE PLANTAS

	Turbina a vapor	Turbina hidráulica	Turbina a gas	Máquinas Diesel	Plantas atómicas
<u>Condición</u> I	Variaciones	Base	Base y máxima	Picos	
<u>Condición</u> II	Base	Variaciones*	Picos		
<u>Condición</u> III	Base	Base		Variaciones y Picos	
<u>Condición</u> IV	Variaciones	Base y ** picos			Base
<u>Condición</u> V	Variaciones	Base	Picos		Base
<u>Condición</u> VI		Variaciones	Base y máxima	Picos	

Nota: En cada "condición" se trata de hacer el mejor uso de las características inherentes de los respectivos equipos.

* Práctico cuando se cuenta con grandes vasos para almacenaje de agua.

** Costoso debido a factores bajos de carga para esa planta en particular.

Variaciones - Toma "altas" y "bajas" de demandas.

Base - Trabaja a carga constante.

Base y máxima - Trabaja a carga constante a máxima capacidad.

"Picos" - Demandas máximas que ocurren diariamente por pocas horas.

Map I
Mapa I

INTERCONNECTED SYSTEMS OF GUANAJUATO, CHAPALA AND MICHOACAN-ZUMPIMITO
SISTEMAS INTERCONECTADOS GUANAJUATO, CHAPALA Y MICHOACAN-ZUMPIMITO

NAZARIT

ZACATECAS

JALISCO

SAN LUIS POTOSI

GUANAJUATO

Las Juntas
Colimilla
Termica
Puente Grande
El Salto

QUERETARO

Las Rosas

San Francisco

Celaya

Chapala

MEXICO

Sayula

S. Pedro
Granados

Sabino/
Botello

Platanal

Cuitzeo

MICHOACAN

Cointzio

Itzlcuaro

Tirio

S. Juan

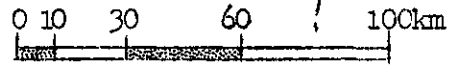
S. Pedro P.

Zumpimito

Bartolinas

Cobano

Scale
Escala



SI/ECIA/conf. 7/1.2.21