

REVISTA ENERGETICA

6/83

Noviembre - Diciembre/83
November - December/83



Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization

EL POTENCIAL DE LAS ENERGIAS NUEVAS Y RENOVABLES EN EL ABASTECIMIENTO ENERGETICO EN AMERICA LATINA. **olade** THE POTENTIAL OF NEW AND RENEWABLE ENERGY SOURCES IN LATIN AMERICA'S ENERGY SUPPLY. **olade** USO RACIONAL DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA TEXTIL "LA EXPERIENCIA DE COLOMBIA". **olade** RATIONAL USE OF ENERGY IN THE TEXTILES INDUSTRY: THE COLOMBIAN EXPERIENCE. **olade** MARCO LEGAL PARA LA EXPLORACION UNIFICADA DE YACIMIENTOS PETROLIFEROS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL. **olade** THE LEGAL FRAMEWORK FOR UNITIZATION OF PETROLEUM DEPOSITS AT THE NATIONAL AND INTERNATIONAL LEVELS. **olade** USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD "LA EXPERIENCIA DE EL SALVADOR". **olade** RATIONAL USE OF ENERGY IN ELECTRICITY PRODUCTION: THE EXPERIENCE OF EL SALVADOR. **olade** LA BIOENERGIA EN EL BALANCE ENERGETICO DE AMERICA LATINA. **olade** BIOENERGY IN THE ENERGY BALANCE OF LATIN AMERICA. **olade** RACIONALIZACION EN EL CONSUMO DE ENERGIA EN LA REFINERIA DE ZINC DE CAJAMARQUILLA. **olade** RATIONALIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN MINERO PERU'S CAJAMARQUILLA ZINC REFINERY.

USO RACIONAL DE ENERGIA EN LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD

"LA EXPERIENCIA DE EL SALVADOR"

Francisco E. Granadino

INGENIERO ELECTRICISTA
DIRECTOR EJECUTIVO

1. INTRODUCCION

Centroamérica es un área con recursos energéticos naturales limitados a unas pocas fuentes, como lo son en forma de energía primaria, los recursos vegetales, hidráulicos, geotérmicos y los hidrocarburos.

Muchas veces al hablar de energía se asocia el concepto con la energía eléctrica, la cual es en realidad el producto de la transformación de formas de energía primaria, por lo que se le califica como energía secundaria y se utiliza como tal en el consumo humano.

La República de El Salvador, con una extensión territorial equivalente al 5% de Centroamérica y una población de aproximadamente el 25% de los habitantes de la región, ocupa en el área un lugar prominente como país productor de energía eléctrica, poseyendo un parque de generación integrado con Centrales hidroeléctricas, térmicas convencionales y geotérmicas y un sistema de transmisión formado por una red que ha garantizado gran confiabilidad a la oferta de energía eléctrica, componente importante en el desarrollo económico y social del país.

El uso de la energía eléctrica se inició en El Salvador a principios del presente siglo y su primer uso fue relacionado al sector residencial, posteriormente se ocupó en el área comercial y alumbrado público y finalmente se incorporó a mover las máquinas de las instalaciones industriales. Ori-

ginalmente la energía eléctrica se obtenía de pequeñas plantas que quemaban gasolina o diesel y con el incremento en la demanda se planteó la explotación a nivel comercial, para lo cual se constituyeron empresas privadas de servicio público que instalaron pequeñas centrales hidráulicas y térmicas con capacidades gobernadas por una demanda sin proyecciones.

2. EL MERCADO DE LA ENERGIA ELECTRICA

2.1 DESARROLLO INSTITUCIONAL

El desarrollo tecnológico, como consecuencia de la segunda guerra mundial, se sintió en El Salvador, dando inicio a su desarrollo industrial, presionado además por el gran crecimiento poblacional y la estrechez territorial; esto provocó que se presentaran demandas de energía eléctrica que no podían ser satisfechas con los medios de generación de que se disponía en la década de los 40.

El crecimiento desordenado de la demanda y la incapacidad de la empresa privada de promover una oferta adecuada, fue motivo para que por decreto legislativo se creara en el año 1948 la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), como Ente Autónomo de Servicio Público para resolver el problema, a nivel nacional, de abastecimiento de energía eléctrica, con fines de desarrollo económico y social.

Con la entrada en operación comercial, en junio de 1954, de la primera unidad de 15 MW de la Central de 5 de noviembre, primer aprovechamiento hidroeléctrico realizado por la CEL, se inició en la República de El Salvador una nueva época en que desaparecieron las restricciones para el uso de la energía eléctrica.

A la fecha, la CEL dispone de un Sistema Hidrotérmico de Generación, compuesto por modernas plantas, cuya capacidad instalada de 455 MW, constituye una adecuada oferta para el mercado eléctrico nacional. El sistema CEL suple el 98% de las demandas nacionales de potencia y energía.

En el año de 1981, por decreto del Poder Ejecutivo se modificó la Ley de la CEL para incorporar dentro de sus objetivos "desarrollar, conservar, administrar y utilizar los recursos energéticos y fuentes de energía de El Salvador".

Dentro de los objetivos de la CEL como responsable del sector de energía eléctrica se trazaron las siguientes políticas:

- Proyectar el crecimiento de la demanda por parte del consumidor y planificar la expansión del sistema en forma de mantener una oferta de energía eléctrica anticipada a la demanda.
- Aprovechar en forma racional los recursos naturales existentes en el país para generar energía eléctrica.
- Estudiar y promover medidas tendientes al uso racional de la energía por parte de los consumidores.
- Mantener un programa permanente de investigación de fuentes no convencionales de energía.
- Hacer llegar a la mayor cantidad de habitantes los beneficios de la energía eléctrica.

- Hacer uso racional de las fuentes internas y externas del financiamiento.

2.2 EVOLUCION DE LA DEMANDA

Una aguda escasez eléctrica prevalecía en el país antes de que la CEL iniciara sus operaciones en junio de 1954. A mediados del siglo, la capacidad de potencia eléctrica instalada en El Salvador, era del orden de 33 MW, de los cuales el 50% era suministrado por servicios públicos y el otro 50% provenía de 200 pequeñas plantas privadas empleadas en actividades industriales.

Al disponer de una oferta de suministro de energía eléctrica sin restricciones, la demanda creció rápidamente en los primeros años llegando a establecerse un incremento histórico de la demanda de potencia y energía del orden de 10.5%, lo cual implica que ellas se duplican cada 7 años. Para determinar los pronósticos de la demanda se ha establecido que las pérdidas por transformación y distribución son del orden del 15% de la generación neta. La demanda máxima del sistema se determina utilizando el pronóstico de generación neta anual y un factor de carga constante de 0.57. En la Figura I se indica los crecimientos de la demanda y la capacidad instalada a partir del año 1954.

2.3 COMPOSICION PORCENTUAL DE LA DEMANDA

Los requerimientos del consumo han sufrido cambios en su magnitud desde que la CEL inició la generación de electricidad, sin embargo el sector industrial a ocupado siempre el primer lugar en la demanda de potencia y energía siguiendo en su orden los sectores residencial, comercial y gubernamental.

En el cuadro siguiente se muestra la evolución de la composición porcentual de la demanda.

| | 1977 | 1981 | |
|---------------|-------|-----------|--------|
| Industrial | 45.5% | 466.1 Gwh | 38.9 % |
| Residencial | 26.6 | 383.1 | 31.9 |
| Comercial | 13.5 | 165.0 | 13.8 |
| Gubernamental | 14.7 | 185.4 | 14.5 |
| | 100.0 | 1,199.6 | 100.0 |

3. PRODUCCION DE ELECTRICIDAD EN EL SALVADOR

3.1 HIDROELECTRICIDAD

Desde que la CEL fue encargada de desarrollar, conservar y administrar los recursos capaces de generar electricidad en El Salvador, su política fue orientada a la explotación de los recursos naturales y es precisamente por esta razón que el instituto eléctrico se denominó como una Comisión Ejecutiva, para explotar el recurso hidráulico del Río Lempa generando electricidad en beneficio del país.

El Río Lempa es el más caudaloso de la América Central en la vertiente del Océano Pacífico y es el mayor recurso hidráulico disponible a nivel nacional. Su cuenca internacional es de aproximadamente 20,000 kilómetros cuadrados, de los cuales aproximadamente la mitad corresponde a territorio salvadoreño.

Desde los primeros estudios realizados se planteó su utilización planificando su explotación racional en una serie de siete aprovechamientos en cascada (Ver Figura II), que permitirán disponer de 1,404 MW de potencia y 4,499 GWH de energía media, de lo cual se dispone actualmente de 232 MW de capacidad instalada y 1,132 GWH de energía media, que representan el 17.2% y el 26.3% respectivamente del potencial total.

Los aprovechamientos hidroeléctricos del Río Lempa, de acuerdo a los estudios realizados, son los siguientes:

| | TOTAL | ACTUAL | AÑO | Gwh/AÑO |
|----------------|----------|---------|------|---------|
| Guajoyo | * 15 MW | * 15 MW | 1963 | * 54 |
| Zapotillo | 120 | | | 422 |
| Paso del oso | 40 | | | 152 |
| Cerrón Grande | 270 | 135 | 1977 | 515 |
| 5 de Noviembre | 202 | 82 | 1954 | 703 |
| El Tigre | 540 | | | 718 |
| San Lorenzo | 180 | ** 180 | 1983 | 722 |
| San Marcos | 52 | | | 208 |
| | 1,404 MW | 232 MW | | 4,499 |

* Al entrar en operación Zapotillo se cancela

** Al entrar en operación San Lorenzo el aprovechamiento del Río, será de 30.5% en potencia y 43.1% en energía.

La mayoría de los ríos salvadoreños son de pequeño caudal inferior a un metro cúbico por segundo durante la estación lluviosa y permanecen sin caudal en la estación seca. Los ríos de flujo más grande, representan una fuente de aprovechamiento hidráulico adicional al Río Lempa.

El resumen del potencial disponible de energía hidráulica para generar electricidad, se resume así:

| | |
|---------------------------|----------|
| Río Lempa | 1,404 MW |
| Ríos de Flujo permanente | 60 |
| Lagos (Olomega, Ilopango) | 45 |
| Ríos de estación lluviosa | 43 |
| | 1,552 MW |

3.2 TERMOELECTRICIDAD

Dentro de la planificación del equipamiento eléctrico, para atender la creciente demanda del mercado, se incorporaron centrales convencionales de generación térmica para afirmar energía, debido a la irregular hidrología en la cuenca del Río Lempa, llegando a disponer de una capacidad instalada de 128.2 MW, distribuidos así:

| | | |
|---------------------------|-------|-------------|
| Centrales Térmica a Vapor | 63 MW | 1966 y 1969 |
| Centrales Térmicas a Gas | 65.2 | 1972/73 |

La incorporación de las unidades térmicas al sistema fue totalmente justificada en su oportunidad con la mejor opción técnica y económica.

3.3 GEOTERMOELECTRICIDAD

Desde el año 1954 se iniciaron en la República de El Salvador investigaciones para establecer la existencia de recursos geotérmicos capaces de general electricidad.

En la búsqueda que fue intensificada en la década de los 70, se logró identificar el campo geotérmico de Ahuachapán como capaz de producir 100 MW de potencia eléctrica.

Paralelamente se realizaron investigaciones en otras áreas del país en las que se manifiesta la presencia de la energía endógena, habiendo determinado la existencia de los campos geotérmicos de Berlín, San Vicente y Chinameca en el Oriente del país y Chipilapa en las proximidades de Ahuachapán.

Los estudios realizados han permitido instalar y poner en operación una central con capacidad instalada de 95 MW en Ahuachapán, han establecido la factibilidad de otra central en Berlín y han señalado la posibilidad de explotar en Chipilapa, San Vicente y Berlín otros campos geotérmicos.

Con los datos que actualmente se dispone, se ha estimado la posibilidad de generar energía eléctrica con los recursos geotérmicos así:

| | | |
|---------------------|-----|------------------------------|
| Central Ahuachapán | 95 | MW (en operación desde 1975) |
| Central Berlín | 55 | |
| Central Chipilapa | 55 | |
| Central San Vicente | 55 | |
| Central Chinameca | 35 | |
| | | <hr/> |
| | 295 | MW |

3.4 CAPACIDAD INSTALADA

La capacidad instalada del sistema de genera-

ción de energía eléctrica se ha incrementado en una forma planificada desde el año 1954 a la fecha, creciendo de 30 MW hasta 455.2 MW en el año 1982, con la siguiente composición actual:

| | | | |
|----------------------|-------|----|--------|
| Hidroelectricidad | 323 | MW | 51.0% |
| Geotermoelectricidad | 95 | | 20.9 |
| Termoelectricidad | 128.2 | | 28.1 |
| | <hr/> | | 100.0% |

En la figura III, se puede ver la evolución histórica de la capacidad instalada, en la que se observa la gran participación de la hidroelectricidad y recientemente, a partir de 1975, el componente de capacidad geotérmica ha llevado al 72% la capacidad instalada de generación de energía eléctrica con recursos naturales. Al entrar en operación la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, en el curso del presente año, la composición de la capacidad se modifica, alcanzando el 80% la capacidad instalada capaz de generar con recursos naturales.

| | | | |
|----------------------|-------|----|-------|
| 1984 | | | |
| Hidroelectricidad | 412 | MW | 64.9% |
| Geotermoelectricidad | 95 | | 15.0 |
| Termoelectricidad | 128.2 | | 20.1 |
| | <hr/> | | 100.0 |

4. CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA

El sector industrial es el preponderante en el consumo de energía eléctrica, habiendo participado hasta en un 47% de la demanda total, sin embargo a raíz de la crisis socio-económica actual su participación se ha restringido al orden de 39%.

Tres son las formas de energía que participan en la implementación del sector industrial y ellas son: derivados de petróleo, residuos vegetales y electricidad. De estos tres insumos el que tiene mayor participación es el petróleo con el 47% seguido del bagazo de caña con el 37.5% y finalmente la electricidad con el 15.5%.

En el año de 1981 el consumo de energía en el sector industrial del país, por producto es el siguiente:

| | Tcal | % |
|----------------------------|------|-------|
| Electricidad | 449 | 15.5 |
| Fuel - Oil | 1058 | 36.6 |
| Diesel - Oil | 242 | 8.4 |
| Residuos Vegetales | 1079 | 37.3 |
| Otros (derivados petróleo) | 63 | 2.2 |
| | 2891 | 100.0 |

En este cuadro se observa la alta participación de los derivados del petróleo, particularmente el fuel oil, que en conjunto representan el 47.2% del consumo energético en la industria. La alta participación de los productos petroleros en el consumo industrial pone de manifiesto la necesidad de racionalizar su consumo ya que son productos importados y causan serios problemas en la balanza de pagos.

Por su parte la electricidad participa con el 15.5% y ha manifestado una tendencia definidamente creciente, debido a un claro mecanismo de sustitución de diesel por electricidad. Exceptuando las las pequeñas cantidades usadas como consumo propio en la refinería, el diesel se usa para la producción de vapor, el que a su vez se emplea en procesos de calentamiento y movimiento.

El crecimiento relativo de la electricidad sugiere que las nuevas industrias son del tipo electro-intensivos, como textiles, zapatos, etc., en lugar de termo-intensivos como los ingenios azucareros. En el sector industrial se hace evidente el uso racional de la energía, para lo cual se reconoce la necesidad de efectuar estudios que determinen las eficiencias con que las diferentes industrias consumen la energía, las posibles sustituciones entre una y otra fuente y los costos de modificaciones o sustituciones de los procesos actuales, con miras a lograr mejores eficiencias.

En El Salvador no se tiene una política definida en relación con las acciones que deben realizar los sectores públicos y privados en relación con el uso

racional de la energía en el sector industrial, aunque sí existen planes de realizar estudios de auditos.

Dentro del Programa de Fortalecimiento de la capacidad de Planificación Energética, actualmente se tramita entre la CEL y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), un estudio titulado "Planificación de la Conservación de la Energía y Auditos Energéticos". De parte del sector privado, está por realizarse en colaboración con el Instituto Centroamericano de Investigación de Tecnología Industrial (ICAITI), una serie de auditos de energía en la mayoría de las empresas industriales.

En la figura IV, se puede observar la estructura del consumo de energía para el año 1982.

5. PLANTEAMIENTO DEL ESQUEMA ENERGETICO

Dentro de la realidad que vivimos, debemos plantear con la mejor propiedad las características de nuestro universo energético, y dentro de este contexto fijar los horizontes que marquen las metas a alcanzar.

Es necesario en todo caso conocer el comportamiento histórico del sector energético, para de allí derivar un diagnóstico y posteriormente plantear las proyecciones autónomas y no autónomas de acuerdo a los antecedentes históricos y a la política socio-económica de beneficio nacional.

5.1 SITUACION DE LA DEMANDA

De los balances energéticos históricos se llegó a establecer que el sector energético ha tenido un comportamiento de crecimiento bastante uniforme en el período 1970 - 1978, con una tasa aproximada del 5%, observándose una marcada declinación en el período 73-74 y 78-79; el primero debido al planteamiento de la crisis energética y el segundo debido a la situación socio-política que vive el país.

Para el año 1982 la situación del consumo de energía en El Salvador se presentó así:

| SECTOR | % |
|-------------------------|------|
| Industrial | 16.5 |
| Residencial y Comercial | 67.7 |
| Transporte | 14.2 |
| Gobierno | 0.9 |
| Otros | 0.7 |

Estos consumos fueron cubiertos con las siguientes fuentes de energía secundaria:

| FUENTE | 1979 | 1982 |
|-----------------------|-------|-------|
| Electricidad | 5.0 % | 5.4 % |
| Derivados de Petróleo | 29.0 | 24.2 |
| Leña | 59.0 | 64.8 |
| Residuos Vegetales | 6.8 | 5.5 |
| Otros | 0.2 | 0.1 |

Tanto la composición porcentual del consumo, como la de la oferta de energía, se ha mantenido en el período 1970 - 1978 dentro de los términos del año 1979.

dentro de los sectores de consumo cabe destacar la gran participación del residencial y comercial, debido a la incidencia que ejerce el consumo doméstico rural con el uso de leña; y el sector transporte, que aunque sólo participa con el 14.2% representa el 59% de consumo en derivados del petróleo.

Dentro de las fuentes de suministro de energía, es el producto leña el que contribuye masivamente con el 64.8%, siguiéndole en magnitud los productos derivados del petróleo con el 24.4%.

5.2 SITUACION DE LA OFERTA

A nivel de energía primaria debemos conocer de cuales fuentes dependemos, cuantificando la disponibilidad de las mismas.

Considerando la importancia de energéticos, es el petróleo la fuente tradicional que suple nuestro mercado para alimentar en su totali-

dad el sector transporte, participar con un 42% en la estructura del sector industrial y con el 3.2% del sector residencial y comercial, para el año 1982.

La disponibilidad del petróleo es por el momento bastante segura, debido a convenios de suministro suscrito con México y Venezuela, limitados al suministro total de seis millones de barriles anuales, sin embargo, es conveniente investigar las posibilidades de suministros de carbón y el eventual uso de la energía termo-nuclear.

Las fuentes naturales de energía primaria son: los recursos vegetales que alimentan el 91.2% del sector residencial y comercial y el 45.4% del sector industrial; y los recursos hidráulicos y geotérmicos que participan en un 5.0% en la alimentación de los sectores de consumo industrial, residencial, comercial y de gobierno a través de la electricidad.

Es también importante establecer cuantos habitantes dependen de cada fuente, para conocer las prioridades y/o implicaciones de las políticas energéticas.

Se han podido establecer cifras aproximadas de los beneficiarios de las diferentes formas de energía de la manera siguiente:

| | | |
|-----------------------|---------|-------------------|
| Electricidad | 300.000 | abonados |
| Derivados de Petróleo | 137.000 | vehículos |
| Leña | 3.3 | millones usuarios |

De estos datos se desprende nuevamente el tremendo impacto que tiene la leña en el sector energético.

5.3 PLANIFICACION ENERGETICA

La Planificación Energética no es más que una secuencia de acciones que se inician con el conocimiento del sector energético a través de los balances históricos, se continua con el diagnóstico de situaciones para después plan-

tear las hipótesis autónomas y no autónomas que proyectan los planes de desarrollo.

Dentro de este proceso se usan los balances energéticos como herramientas que orientan el planteamiento en sus prospecciones.

El planteamiento energético, como lo hemos concebido, incorpora dentro de sus elementos el diagnóstico del sector, el cual incluye el análisis de tendencias absolutas, el análisis

histórico de estructuras; la evolución de las principales variables económicas y sociales en su relación con la energía y las tendencias que muestran los indicadores macroeconómicos. Además se plantean las proyecciones de la demanda de energía por sectores, por productos y en forma total.

En el cuadro siguiente se presenta la estructura de Consumo Neto de energía para el año 1982.

ESTRUCTURA DEL CONSUMO NETO DE ENERGIA AÑO 1982

| % | ENERGIA SECUNDARIA | TCal | SECTORES DE CONSUMO | % _____ | |
|------|-----------------------------|---------|--|--|---|
| | | | | | |
| 5.4 | Electricidad | 1119.6 | Industrial Residencial Comercial Gobierno | 38.0 30.7 13.4 17.9 | 2.06 1.67 0.73 0.97 |
| | | | | 100.0 | |
| 24.2 | Derivados de Petróleo | 4970.8 | Industrial Residencial y Comercial Transporte No Identificados No Energéticos Gobierno | 28.6 9.0 58.8 0.8 2.3 0.5 | 6.93 2.17 14.22 0.18 0.56 0.12 |
| | | | | 100.0 | |
| 64.8 | Leña | 13324.6 | Industrial Residencial | 2.7 97.3 | 1.75 63.04 |
| | | | | 100.0 | |
| 5.5 | Residuos Vegetales | 1130.5 | Industrial | 100.0 | 5.50 |
| 0.1 | Otros (Carbones y Coque) | 20.0 | Industrial Residencial | 29.5 70.5 | 0.03 0.07 |
| | | | | 100.0 | |

6. LA PROBLEMATICA ENERGETICA EN EL SALVADOR

6.1 ESQUEMA ENERGETICO

La sociedad salvadoreña se enfrenta al problema energético dependiendo de tres formas de energía, cada una de ellas con sus propias incidencias.

Los derivados del petróleo aparecen en el esquema energético nacional con características de alto grado de dependencia, elevado costo y fuga de divisas; es sin duda una forma de energía de la cual dependeremos a mediano y largo plazo, por lo que debemos buscar en nuestra planificación la mejora alternativa de su uso. Esta forma de energía es de gran impacto en la economía nacional y afecta sustancialmente los sectores de transporte e industrial.

LA LEÑA

Es un producto energético que afecta una elevada proporción de la población nacional, en particular el sector doméstico rural que es una población de escasos recursos económicos, para los cuales la leña les significa el único contacto con la energía. La leña es una forma de energía usada tradicionalmente y está incorporada masivamente en el esquema energético nacional, siendo su implicación, además de social, ecológico por los efectos de la deforestación.

LA ELECTRICIDAD

Es otra de las formas de energía que se consume en El Salvador, la cual presenta la característica de ser una forma de energía deseable, que puede ser generada por recursos naturales nacionales renovables o por derivados del petróleo. La electricidad es un producto energético que sirve de soporte al desarrollo económico del país, a pesar de su escasa participación en el sector energético, siendo un indicador de la situación en que se desarrolla la economía nacional.

Presentado el esquema bajo la problemática del suministro de energía mediante las tres formas de energía referidas, surge una gran pregunta: ¿Qué podemos hacer?

6.2 FORMULACION DE POLITICAS ENERGETICAS

Ante la problemática que se plantea en el sector energético por las limitaciones de la oferta en las formas de energía, hay un denominador común que le corresponde y es el **uso eficiente**.

Las acciones a seguir para hacer frente al problema, se pueden resumir de la siguiente manera:

Para los **derivados del petróleo** se debe incrementar la eficiencia en su consumo y buscar la sustitución con otras fuentes de energía renovable, como es la hidroelectricidad, la geotermoelectricidad y el alcohol etílico.

La **leña** debe ser consumida con mucha mayor eficiencia mediante el uso de cocinas de fuego cerrado que facilmente duplica su eficiencia; por otra parte se deben poner en ejecución planes forestales que incluyan el cultivo de árboles para producir leña; y finalmente sustituir parte del consumo de leña con fuentes renovables de bajo costo como lo es el biogás y la bosta.

La **electricidad** debe ser consumida también con mejor eficiencia; deben acelararse programas de investigación para el uso de otras fuentes de energía renovable, que como el sol y el viento, son capaces de producir electricidad, e implementar estudios de interconexión eléctrica con los países vecinos.

7. CONCLUSIONES

El seguimiento del comportamiento de la demanda de energía eléctrica y una adecuada planificación en el equipamiento ha permitido a la CEL mantener una oferta firme dimensionada a la necesidad nacional.



Dentro de la filosofía del equipamiento se ha dado prioridad a la utilización de los recursos naturales con miras a proveer toda la energía eléctrica con dichos recursos. Este objetivo fue logrado a partir del año 1977, cuando la capacidad instalada, dentro de lo planeado, alcanzó a cubrir las necesidades totales de potencia y energía eléctrica de todo el país.

Con los criterios expuestos se mantiene una planificación dinámica del equipamiento del sistema eléctrico, que genera programas como el que se presenta como una alternativa en las figuras 5 y 6.

Asociado al Sistema de Generación se ha diseñado y construido una red de líneas de transmisión a 115 KV que interconecta las centrales y transporta la energía eléctrica a los centros de carga. Integrada con el sistema de transmisión se superpone la red de subtransmisión que opera a 44 KV y termina en las subestaciones de distribución donde se inician las líneas de distribución primaria a 13.2 KV (Figura 7).

Como una unidad complementaria, dentro del sistema de generación y transmisión, se ha incorporado el Centro de Operaciones del Sistema (COS), que permite el manejo automático de los equipos del sistema, el cual está implementado en un 75% y está diseñado para planificar, operar y supervisar la generación y transmisión de energía eléctrica por medio de un "Sistema de Computación de Tiempo Real". Este elemento del sistema permite la operación más eficiente, optimizando las disponibilidades de los recursos dentro de las curvas de carga.

En la República de El Salvador, la CEL ha logrado implementar un sistema de generación y transmisión de energía eléctrica que ha cumplido su cometido dentro de los requerimientos socio-económicos del país.

8. INDICE DE FIGURAS

Figura I Capacidad y Demanda Máxima Sistema CEL

| | |
|------------|---|
| Figura II | Aprovechamiento Hidroeléctrico Río Lempa |
| Figura III | Estructura de la Potencia Instalada según Fuentes |
| Figura IV | Consumo Neto de Energía Año 1982 |
| Figura V | Equipamiento Eléctrico |
| Figura VI | Demandas y Capacidad de Potencia Alternativa y Equipamiento |
| Figura VII | Demandas y disponibilidad de Energía Líneas de Transmisión |

CAPACIDAD Y DEMANDA MAXIMA SISTEMA CEL

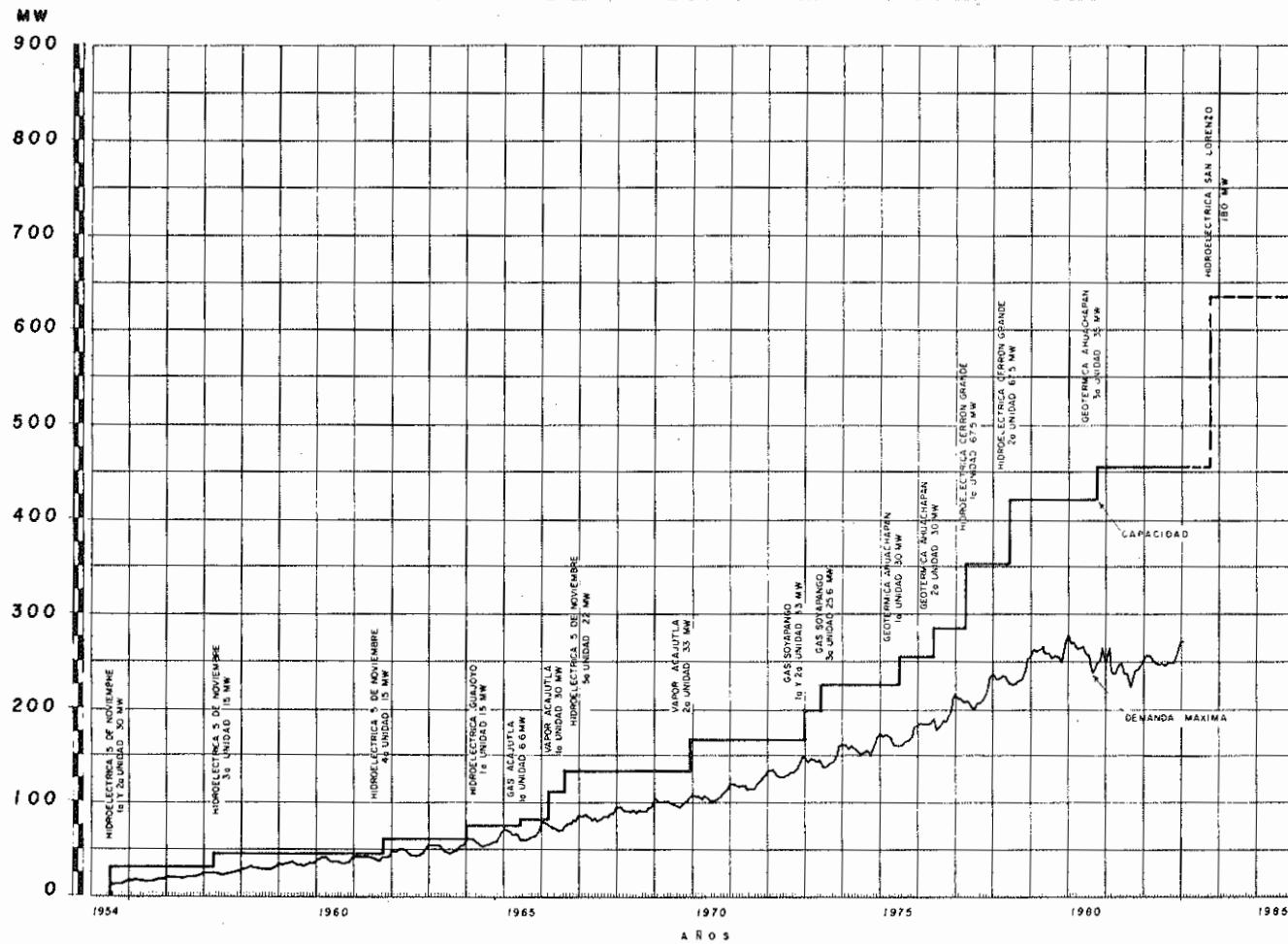


FIGURA N° I

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO RIO LEMPA

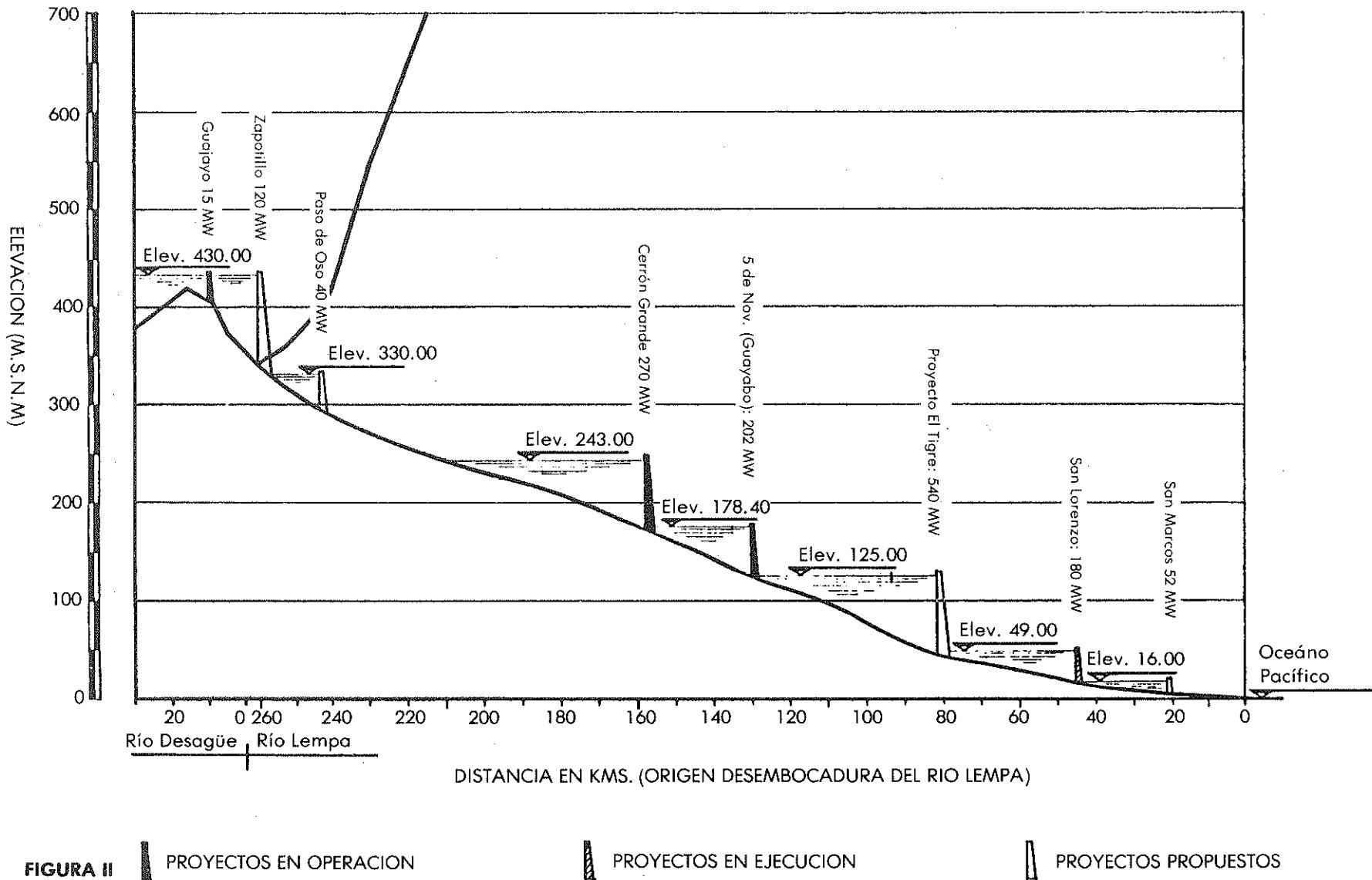


FIGURA II

ESTRUCTURA DE LA POTENCIA INSTALADA SEGUN FUENTES

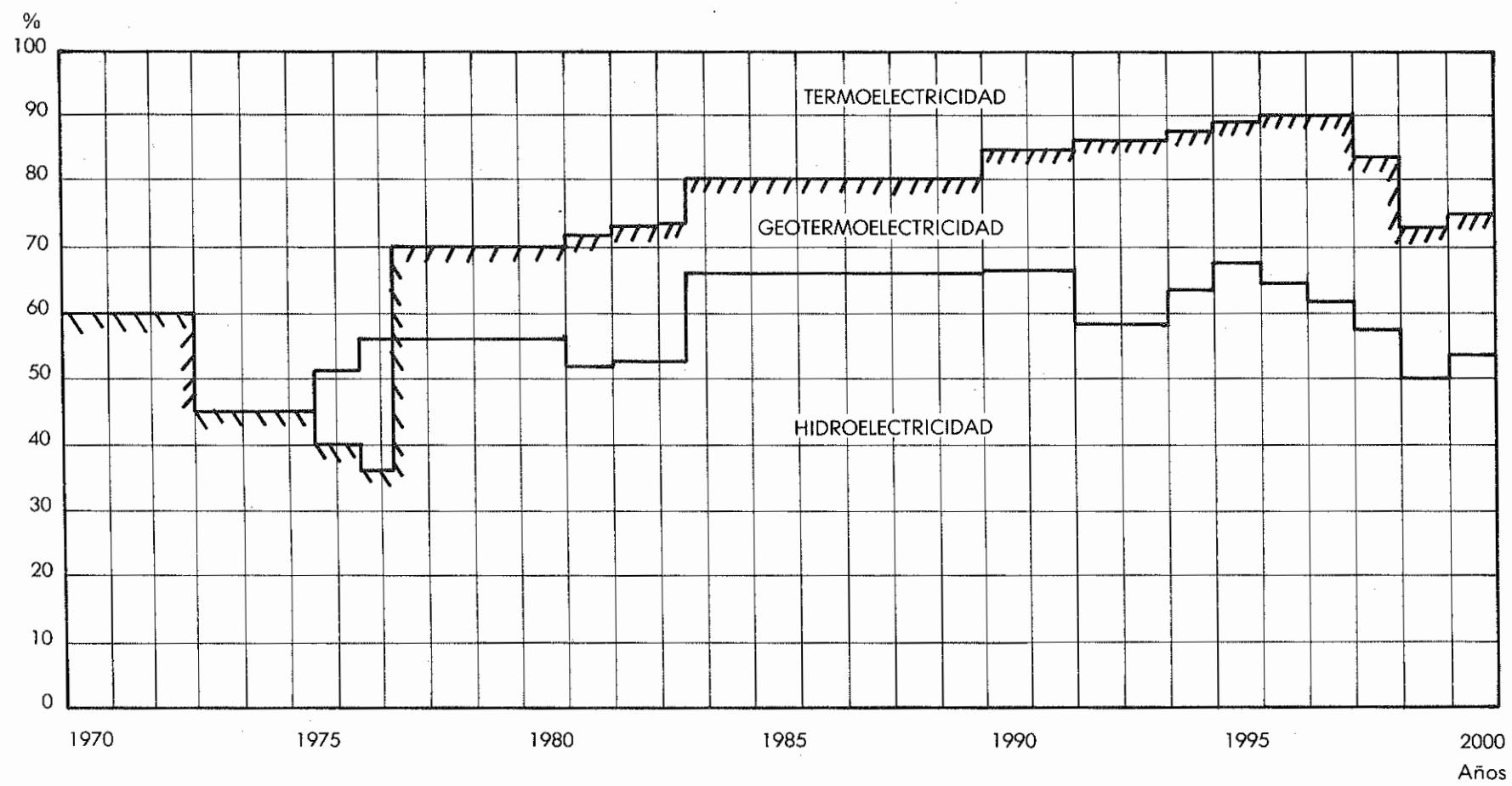


FIGURA III

CONSUMO NETO DE ENERGIA
AÑO 1982

ESTRUCTURA POR SECTORES

| SECTOR | % | TCAL |
|----------------------------|------|----------|
| Industrial | 16.5 | 3,388.3 |
| Residencial y comercial | 67.7 | 13,919.0 |
| Transporte | 14.2 | 2,923.6 |
| Gobierno | 0.9 | 182.2 |
| Otros | 0.7 | 152.4 |
| TOTAL | 100 | 20,565.5 |

FORMA DE ENERGIA

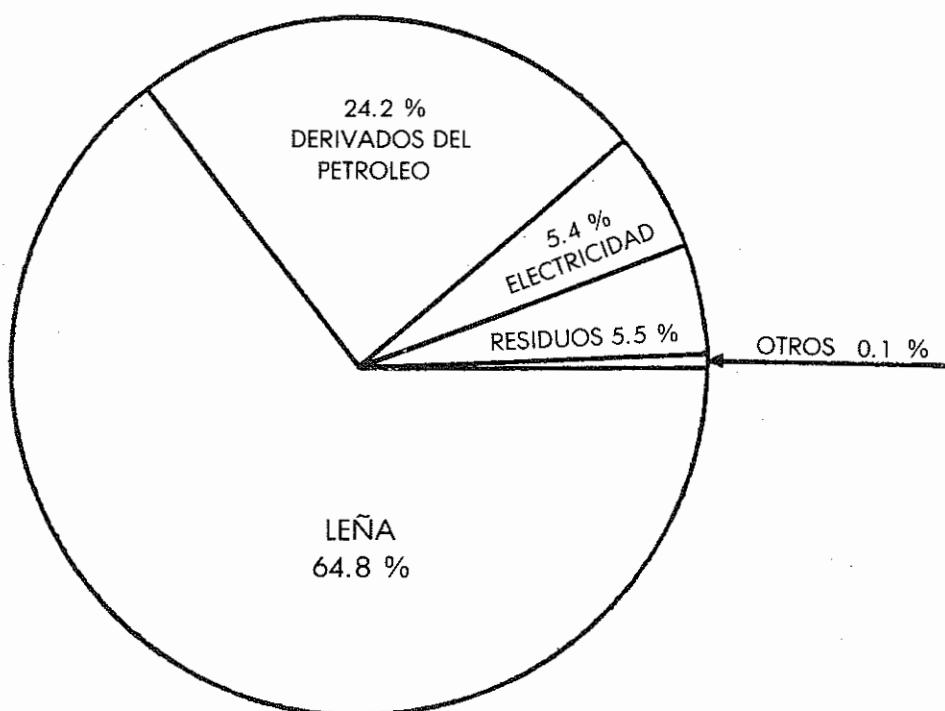


FIGURA IV

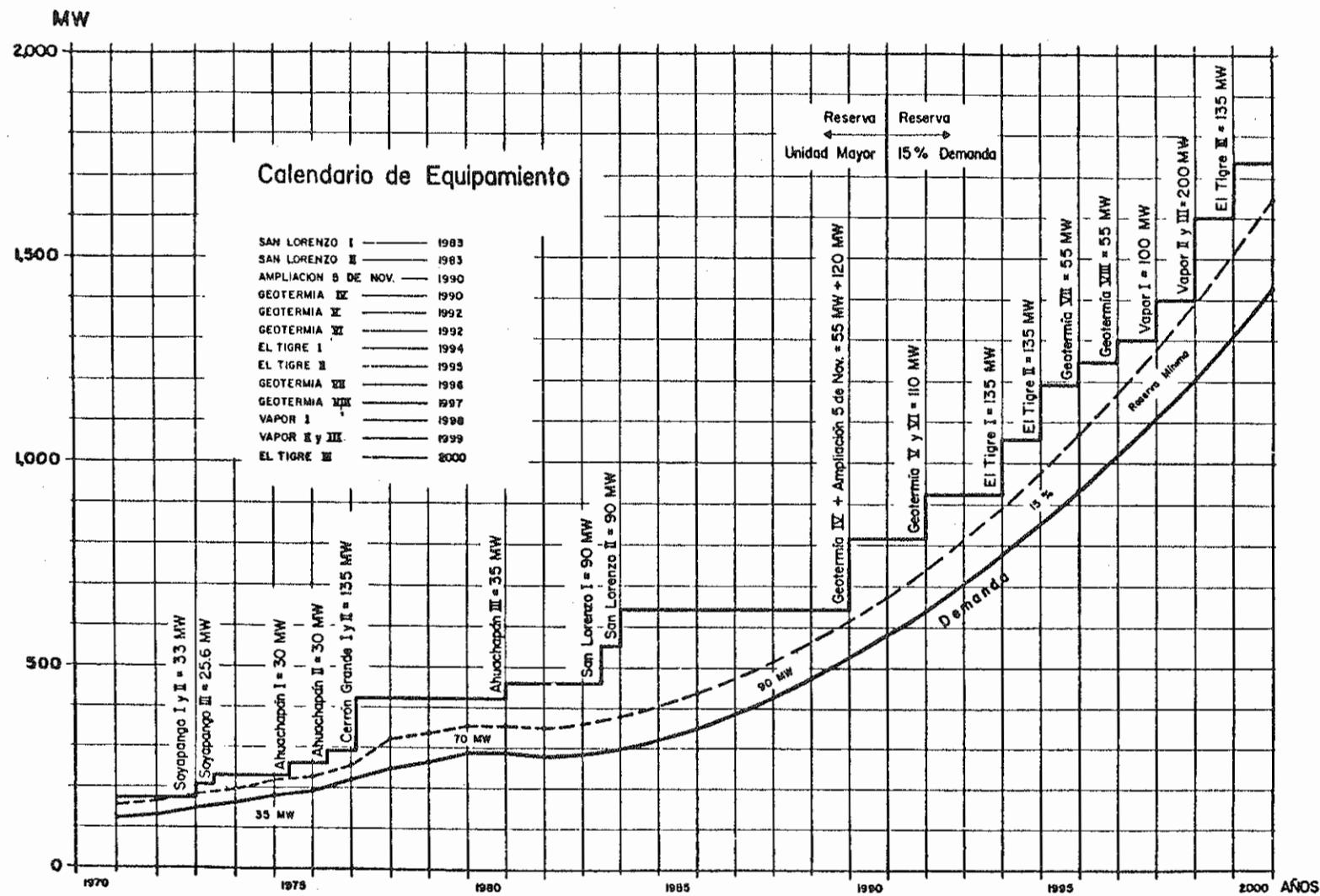
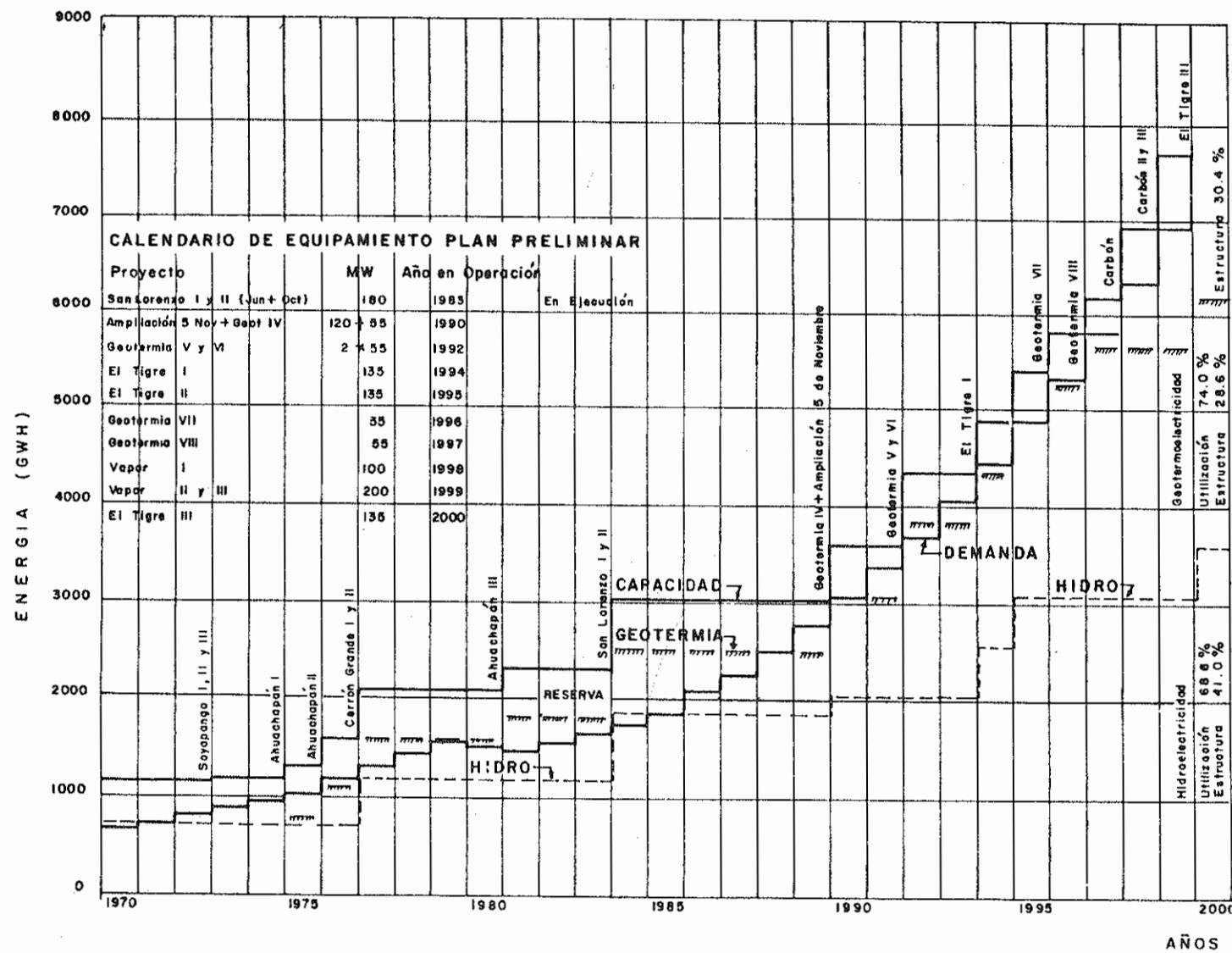


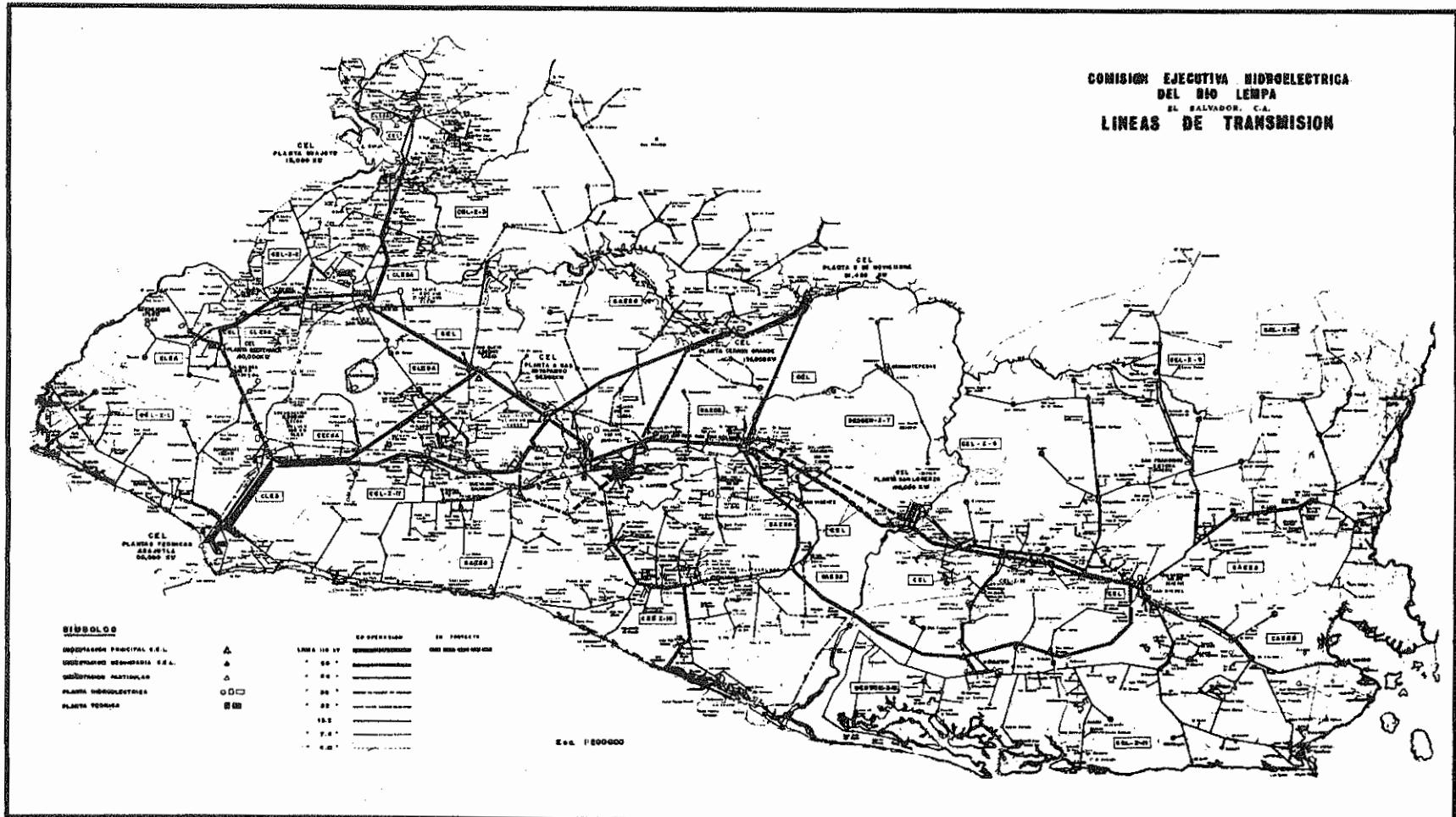
Figura V



Fuente: Plan Energético Preliminar CEL

Figura VI

Figura VII



RATIONAL USE OF ENERGY IN ELECTRICITY PRODUCTION: THE EXPERIENCE OF EL SALVADOR

Francisco E. Granadino

ELECTRICAL ENGINEER
EXECUTIVE DIRECTOR

1. INTRODUCTION

Central America is a region whose natural energy resources are limited to a few sources of primary energy such as organic, hydraulic, geothermal and hydrocarbon resources.

When the word "energy" is mentioned, it is usually associated with the concept of electricity which is, in reality, the by-product of a transformation of primary energy; and thus, it is termed secondary energy and utilized as such for human consumption.

El Salvador with an area equivalent to 5% of that of Central America, and a population approximately 25% of the total population of the region, holds a prominent place as a producer of electric power with a combination of hydroelectric, conventional steam, gas turbine and geothermal power plants and a transmission system forming a grid providing a reliable supply of electricity, a very important component in the economic and social development of the country.

The use of electricity was initiated in El Salvador at the beginning of the present century; first in the residential sector; later in the commercial sector; and finally in the industrial sector. It was produced in small gasoline or diesel plants; as demand increased, the alternatives of commercial exploitation through small private enterprises was considered and small hydroelectric and thermal plants were built without any thought to demand projections.

2. THE ELECTRIC POWER MARKET

2.1 INSTITUTIONAL DEVELOPMENT

The technological development following the Second World War made its impact in El Salvador and brought about industrial development which, added to the population increase and the reduced size of its territory, resulted in demands for electricity which could not be met with the generating means available in the 40's.

The uncontrolled increase in demand, and the inadequacy of the private enterprises to meet it, urged the creation of the Lempa River Executive Hydroelectric Commission (CEL), by legislative decree in 1948, as an Autonomous Public Service Agency, to solve the problem of the supply of electricity required by El Salvador's economic and social development.

With the commissioning in June 1954 of the first unit with a capacity of 15 MW for the "5 de Noviembre" Hydroelectric Plant (the first hydropower development by CEL), a new era was initiated in El Salvador, in which the existing restrictions to the use of electric power disappeared.

To date, CEL has a hydrothermal generating system composed of modern power plants with an installed capacity of 455 MW, which



meets the demand of much of the national electricity market; this system supplies 90% of the national power demand.

In the year 1981, CEL's by-laws were modified by Executive Decree to incorporate the following within its objectives: "to develop, preserve, administer and utilize the energy resources of El Salvador".

Within those objectives, CEL, as the entity responsible for the electric power sector, set the following policies:

- To undertake demand projections and system planning so that the electricity supply will anticipate the demand.
- To utilize in a rational way the existing natural resources for electricity generation.
- To study and promote measures for the rational use of energy by consumers.
- To maintain an on-going program of research on non-conventional sources of energy.
- To extend the benefits of electricity to the majority of the inhabitants of the country.
- To make rational use of the external and internal sources of financing.

2.2 DEMAND DEVELOPMENT

An acute shortage of electricity existed in El Salvador prior to CEL's initial operations in June 1954. By the middle of this century, the installed capacity in El Salvador was 33 MW, of which 50% was supplied by private utilities and the other 50% by 200 small plants used in the industrial sector.

With the availability of an unrestricted supply of electricity, the demand increased rapidly in the first years, reaching an historic increase

in both power and energy of 10.5% annually, that is, they doubled every 7 years. For the purpose of demand projections, transmission and distribution losses are estimated as 15% of net generation, while the maximum demand of the systems is determined by applying a constant load factor of 0.57 to the net generation projections. Figure I indicates demand and installed capacity for 1954.

2.3 DEMAND COMPOSITION, PERCENTAGE-WISE

The magnitude of consumption requirements have changed since the start of electricity generation by CEL, with the industrial sector always leading in the demand for energy, followed by the residential, commercial and government sectors, in that order.

The following table shows the evolution of the breakdown of demand in percentages:

| | 1977 | 1981 |
|-------------|-------|-----------------|
| Industrial | 45.5% | 466.1 GWh 38.9% |
| Residential | 26.6 | 383.1 31.9 |
| Commercial | 13.5 | 165.0 13.8 |
| Government | 14.7 | 185.4 15.4 |
| | 100.0 | 1,199.6 100.0 |

3. ELECTRICITY GENERATION IN EL SALVADOR

3:1 HYDROELECTRICITY

With the aim of developing, preserving, administering and utilizing the resources capable of electricity generation in El Salvador, CEL policy was oriented to the exploitation of its natural resources; and it was precisely for this reason that the institution was named as an Executive Commission to exploit the hydroelectric potential of the Lempa River for the benefit of the country.



The Lempa River, the largest river in Central America on the Pacific side, has the greatest hydroelectric potential in El Salvador, with an international basin of 20,000 square kilometers, half of it in El Salvador.

The exploitation of its hydroelectric potential was planned from the start through a series of cascade projects (See Figure II) for a total of 1,404 MW of power and 4,499 GWh of mean energy, of which 232 MW of installed capacity and 1,132 GWh of mean energy have been developed, 17.2% and 26.3%, respectively, of its total potential.

The hydroelectric projects in the Lempa River current are as follows:

| | TOTAL MW | CURRENT MW | YEAR | GWH/ YEAR |
|----------------|-------------|---------------|------|--------------|
| Guajoyo | * 15 | * 15 | 1963 | * 54 |
| Zapotillo | 120 | | | 422 |
| Paso del Oso | 40 | | | 152 |
| Cerrón Grande | 270 | 135 | 1977 | 515 |
| 5 de Noviembre | 202 | 82 | 1954 | 762 |
| El Tigre | 540 | | | 1,718 |
| San Lorenzo | 180 | ** 180 | 1983 | 722 |
| San Marcos | 52 | | | 208 |
| | 1,404 | 232 | | 4,499 |

*Cancelled when Zapotillo is in operation

**Lempa River development: 30.5% of power and 43.1% of energy when San Lorenzo is in operation.

Most of the rivers in El Salvador have small volumes, with flows of less than one cubic meter during the rainy season and no flow or all during the dry season. The larger rivers are a source of additional hydroelectric potential for the Lempa River.

The available hydroelectric potential is as follows:

| | |
|----------------------------|----------|
| Lempa River | 1,404 MW |
| Rivers with permanent flow | 60 |
| Lakes (Ilopango, Olomega) | 45 |
| Rainy season rivers | 43 |
| | 1,552 MW |

3.2 THERMOELECTRICITY

In order to meet the market's increasing demand, conventional thermal plants were incorporated into the planning of CEL's electrical systems, to back up hydropower generation due to the irregular hydrology of the Lempa River basin, thus reaching an installed of 128.2 MW, as follows:

| | | |
|-------------------------|---------|-----------|
| Steam Power Plant | 63 MW | 1966-1969 |
| Gas Turbine Power Plant | 65.2 MW | 1972-1973 |

The addition of the thermal plants to the system was totally justified then as the best technical and economic alternative.

3.3 GEOTHERMOELECTRICITY

Geothermal investigations were initiated in El Salvador in 1964 to establish the existence of geothermal resources suitable for electrical generation.

This research, intensified in the 70's, identified the geothermal field of Ahuachapan with an estimated capacity of 100 MW.

At the same time, investigation in other areas of the country where endogenous manifestations were visible were carried out, identifying the goethermal fields of Berlin, San Vicente and Chinameca in the eastern section of the country and Chipilapa close to the Ahuachapan field.

The investigations were successful; a geothermal plant with an installed capacity of 95 MW was put in operation in Ahuachapan, while establishing the feasibility of another plant at

Berlín and possibilities of tapping this natural resource at Chipilapa, San Vicente and Berlin.

Available data estimate the capacity of geothermal electric power generation as follows:

| | | |
|-------------------|---------------|---------------------------|
| Huachapan Plant | 95 MW | (in operation since 1975) |
| Berlin Plan | 55 " | |
| Chipilapa Plant | 55 " | |
| San Vicente Plant | 55 " | |
| Chinameca Plant | 35 " | |
| | <u>295 MW</u> | |

3.4 INSTALLED CAPACITY

The installed capacity of the electricity generating system has increased in an orderly manner from the year 1954 to date, from 30 MW to 455.2 MW in 1982, with the following breakdown:

| | | |
|----------------------|-----------------|--------|
| Hydroelectricity | 323 MW | 51.0% |
| Geothermoelectricity | 95 MW | 20.9% |
| Thermoelectricity | <u>128.2 MW</u> | 28.1% |
| | <u>455.2 MW</u> | 100.0% |

The historical trend of the installed capacity is shown in Figure III, with a large hydroelectric component since the beginning. Recently, from 1975 on, with the geothermal component, the installed capacity based on natural resources is 72% of the total. When the San Lorenzo Hydroelectric Plant goes onstream this year, the percentage of installed capacity based on natural resources will be 80%, as follows:

1984

| | | |
|----------------------|----------------|--------|
| Hydroelectricity | 412 MW | 64.9% |
| Geothermoelectricity | 95 MW | 15.0% |
| Thermoelectricity | <u>128.2MW</u> | 20.1% |
| | <u>635.2MW</u> | 100.0% |

4. ENERGY CONSUMPTION IN INDUSTRY

The industrial sector is predominant in the consumption of electricity, with 47% of the total demand; nevertheless, due to the socio-economic crisis in the country, its participation has decreased to 39%.

Three forms of energy participate in the workings of the industrial sector: oil, bagasse and electricity. Of the three, the one with the greatest participation is oil, with 47%; followed by sugar cane bagasse, with 37.5%, and then electricity, with 15.5%.

In 1981 the consumption of energy in the industrial sector, by products, was as follows:

| | Total | % |
|-----------------------|--------------|-------|
| Electricity | 449 | 15.5 |
| Fuel oil | 1,058 | 36.6 |
| Diesel oil | 242 | 8.4 |
| Bagasse | 1,079 | 37.3 |
| Others (oil products) | <u>63</u> | 2.2 |
| | <u>2,891</u> | 100.0 |

The high percentage of the oil products is clearly shown with its 47.2% of the total energy consumption in industry. This percentage clearly indicates the need for rationalizing their use, they are foreign imports, with a heavy impact on the balance of payments of the country.

Electricity participation is 15.5%, and there is a distinct upward trend due to the substitution of diesel generation by electricity. Except for small quantities used in station service at the refinery, diesel is burned to produce steam for heating processes. The relative increase in electricity suggests that the new industries are of the electricity-intensive type, such as textiles, shoe manufacturing, etc., in lieu of the steam-intensive industries such as sugar refineries.

The rational use of energy is evident in the industrial sector; studies are required to determine the efficiency of energy consumption in the different

industries, possible substitution of one form of energy by another, and the cost of modifications or substitutions in the industrial processes in order to obtain better efficiencies.

There is no definite policy in El Salvador regarding the steps to be taken by the public and private sectors with respect to the rational use of energy in the industrial sector, although there are plans to implement audits.

Within the program to strengthen energy planning capacity, sponsored by the Inter-American Development Bank, CEL will undertake a study in the "Planning of Energy Conservation and Energy Audits". The private sector, with assistance from the Central American Institute of Research and Industrial Technology (ICAITI), will do a series of audits in a great many firms.

The structure of energy consumption for the year 1982 is shown in Figure IV.

5. THE ENERGY PICTURE

Within the reality that we live in, we must state as best as we can the energy features of our universe and, in this context, fix the horizons we are intending to reach.

In any case, it is necessary to know the historical behavior of the energy sector so that we might derive a diagnosis and ultimately put forward autonomous and non-autonomous projections, in accordance with historical antecedents and socio-economic policies of national benefit.

5.1 DEMAND SITUATION

From the historical energy balances, it was determined that the energy sector had uniform growth for the period 1970 - 1979 (with a rate of approximately 5%), with a marked decline for the periods 1973 - 1974 and 1978 - 1979, the first due to the world energy crisis and the second to the socio-political situation of the country.

The 1982 energy consumption in El Salvador was as follows:

| SECTOR | % |
|----------------------------|-------|
| Industrial | 16.5 |
| Residential and Commercial | 67.7 |
| Transportation | 14.2 |
| Government | 0.9 |
| Others | 0.7 |
| | 100.0 |

The above consumption was met by the following secondary energy sources:

| SOURCE | 1979 | 1982 |
|--------------|--------|--------|
| Electricity | 5.0% | 5.4% |
| Oil Products | 29.0% | 24.2% |
| Woods | 59.0% | 64.8% |
| Bagasse | 6.8% | 5.5% |
| Others | 0.2% | 0.1% |
| | 100.0% | 100.0% |

Percentage-wise, the composition of energy consumption and energy supply for the period 1970 - 1978 is similar to that of 1979. It is important to point out the large participation of the residential and commercial sector due to the incidence of the use of firewood in domestic consumption, as well as the transportation sector, whose overall 14.2% figure includes 59% of the consumption of oil products.

Among the sources of energy, wood contributes massively with 64.8%, followed in magnitude by oil products, with 24.2%.

5.2 SUPPLY SITUATION

At primary energy levels, we must know what sources of energy we depend on and we must quantify the availability of the same.

Considering energy imports in 1982, oil was the traditional source that supplied our market in its totality in the transportation sector; 42% in the industrial sector; and 3.2% in the residential and commercial sector.

The availability of oil is quite assured for the time being, due to the agreement with Mexico and Venezuela; nevertheless, it is convenient to investigate the possibilities of coal supplies and the eventual use of thermo-nuclear energy.

The natural sources of primary energy are: organic resources which account for 91.2% in the residential and commercial sector and 45.5% in the industrial sector; and the hydro and geothermal resources with a 5.0% incidence in the industrial, residential and commercial, and government sector because of the use of electricity.

It is also important to establish how many inhabitants depend on each source in order to know the priorities and/or implications of the energy policies.

The approximate figures of the beneficiaries of the different forms of energy have been determined as follows:

| | | |
|--------------|-----------|-----------|
| Electricity | 300,000 | customers |
| Oil Products | 137,000 | vehicles |
| Wood | 3,300,000 | users |

The tremendous impact of the use of wood in the energy sector is clearly shown.

5.3 ENERGY PLANNING

Energy planning is nothing more than the sequence of actions that are initiated with a view to understanding the energy sector through the historical energy balances, followed by a diagnosis of the situations so that the autonomous and non-autonomous hypotheses can be established for the development plans.

Energy balances are used in this process as tools to guide the planning processes.

Energy planning incorporates within its elements the diagnosis of the sector, which includes an analysis of the absolute tendencies and an historical analysis of structures; the evolution of the principal economic and social variables as related to energy and the trends shown by macroeconomic indicators. Energy demand is also projected by sectors, products, and globally.

5.4 NET ENERGY CONSUMPTION STRUCTURE -1982

The chart on the following page presents the 1982 structure of net energy consumption.

6. THE ENERGY PROBLEM IN EL SALVADOR

6.1 THE ENERGY PICTURE

The Salvadorean society faces the energy problem through three types of energy, each one with its own impact:

Oil products, in the context of national energy problems, are characterized by a high degree of foreign dependence, high costs and outflow of foreign exchange. Without doubt, they are a form of energy that we will depend on in the short and medium terms, but alternatives must be found to substitute them. This form of energy has a great impact on national economy and substantially affects the transportation and industrial sectors.

Wood is an energy product that affects a very large proportion of the inhabitants, in particular the low-income, rural domestic sector for which wood is the only source of energy. Wood is a form of energy used traditionally and incorporated massively into national energy problems, with social implications as well as ecological impact due to the deforestation effect.

1982 STRUCTURE OF NET ENERGY CONSUMPTION

| % | SECONDARY ENERGY | T.cal | SECTORS | % | |
|------|---------------------|---------|----------------|-------|-------|
| | | | | | |
| 5.4 | Electricity | 1119.6 | Industrial | 38.0 | 2.06 |
| | | | Residential | 30.7 | 1.67 |
| | | | Commercial | 13.4 | 0.73 |
| | | | Government | 17.9 | 0.97 |
| | | | | 100.0 | |
| 24.2 | Oil Products | 4970.8 | Industrial | 28.6 | 6.93 |
| | | | Residential & | | |
| | | | Commercial | 9.0 | 2.17 |
| | | | Transportation | 58.8 | 14.22 |
| | | | Non-identified | 0.8 | 0.18 |
| | | | Non-energy | 2.3 | 0.56 |
| | | | Government | 0.5 | 0.12 |
| | | | | 100.0 | |
| 64.8 | Wood | 13324.6 | Industrial | 2.7 | 1.75 |
| | | | Residential | 97.3 | 63.04 |
| | | | | 100.0 | |
| 5.5 | Organic Material | 1130.5 | Industrial | 100.0 | 5.50 |
| | | | Industrial | 29.5 | 0.03 |
| | | | Residential | 70.5 | 0.07 |
| | | | | 100.0 | |
| 0.1 | Others | 20.0 | | | |
| | Charcoal & coke | | | | |

Electricity is another of the types used in El Salvador, with the characteristic that it is a desirable form of energy that can be produced by local renewable natural resources or by oil products. Electricity is one energy product that supports the economic development of the country in spite of its small role in the energy sector, but it is an indicator of the way in which the economy of the country develops.

Now that the energy supply problem has been laid out in terms of the above three types of energy, the question arises: What can we do?

6.2 FORMULATION OF ENERGY POLICIES

The problematic situation facing the energy sector, due to limitations for the supply of energy, has a common denominator: efficient use.

The actions to be taken in coping with this problem can be summarized as follows:

As for oil products, we must increase their efficient use and seek to substitute them by other sources of renewable energy such as hydroelectricity, geothermoelectricity and ethyl alcohol.

Wood must be consumed with greater efficiency by means of stoves of the closed-fire type, which double efficiency; in addition, plans should be implemented including energy forests and substitution of part of the wood consumption by cheap renewable sources of energy such as methane gas and cow manure.

Electricity must also be used with better efficiency; research must be speeded up on other renewable energy sources such as the sun and wind, also capable of producing electricity, as well as on electrical interconnections with neighboring countries.

7. CONCLUSIONS

A close follow-up of the behavior of electricity demand and the adequate outfitting of its different projects has permitted CEL to maintain a firm supply to cover national needs.

With this implementation policy, priority has been given to the use of natural resources in order to provide all the electric power from such resources. This objective was finally reached in 1979 when the installed capacity based on natural resources met all of El Salvador's requirements of electric power and energy.

The measures taken to maintain dynamic planning for the electrical system results in projections such as those presented in Figures V and VI.

Associated with the generating system, a grid of 115-kV transmission lines as been designed and built to interconnect the generating plants and transport the electricity to the load centers.

Integrated with the transmission system, a sub-transmission network operating at 44 kV feeds the step-down substation and the related primary distribution lines at 13.2 kV. See Figure VII.

As a complementary unit to the generation and transmission system, a modern Load Dispatch Center has been incorporated to provide for automatic operation of the system. The Load Dispatch Center is 75% complete and has been designed to plan, operate and supervise the generation and transmission system by means of a Real-Time Computer System. This new element in the system will permit more efficient operation thereby improving resource availability within the load curves.

In El Salvador, CEL has implemented electric power operations and transmission systems in keeping with the socio - economic requirements of the country.

8. INDEX

- Figure I CEL System Capacity and Maximum Demand
- Figure II Lempa River Hydroelectric Development
- Figure III Installed Power Structure by Source
- Figure IV 1982 Net Energy Consumption
- Figure V Electric Power Demand and Capacity
- Figure VI Electricity Demand and Capacity Alternatives
- Figure VII Transmission Lines

Figure 1

CEL SYSTEM MAXIMUM CAPACITY AND DEMAND

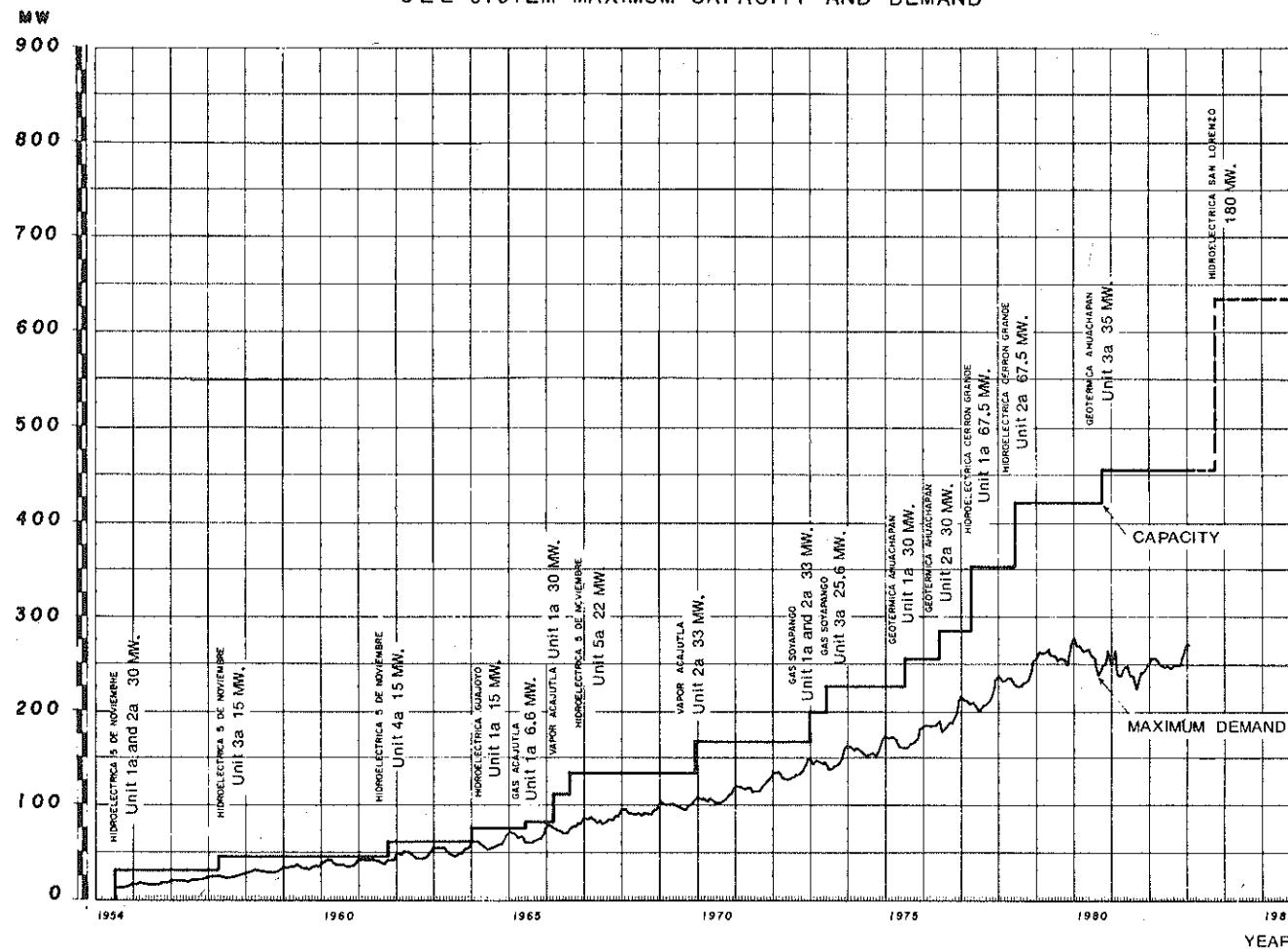


Figure II
LEMPA RIVER HYDROELECTRIC USE

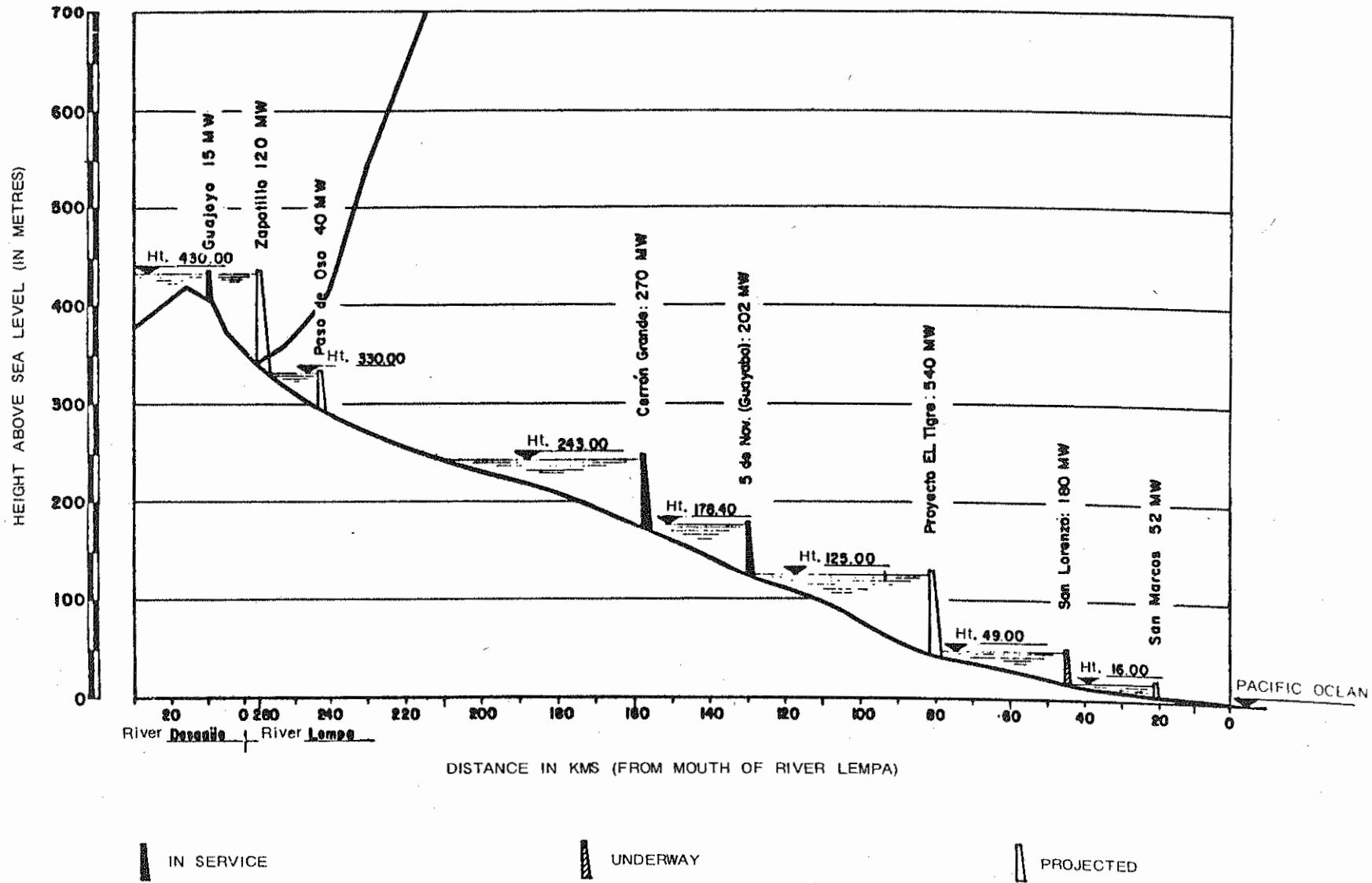


Figure III
STRUCTURE OF INSTALLED CAPACITY ACCORDING TO SOURCES

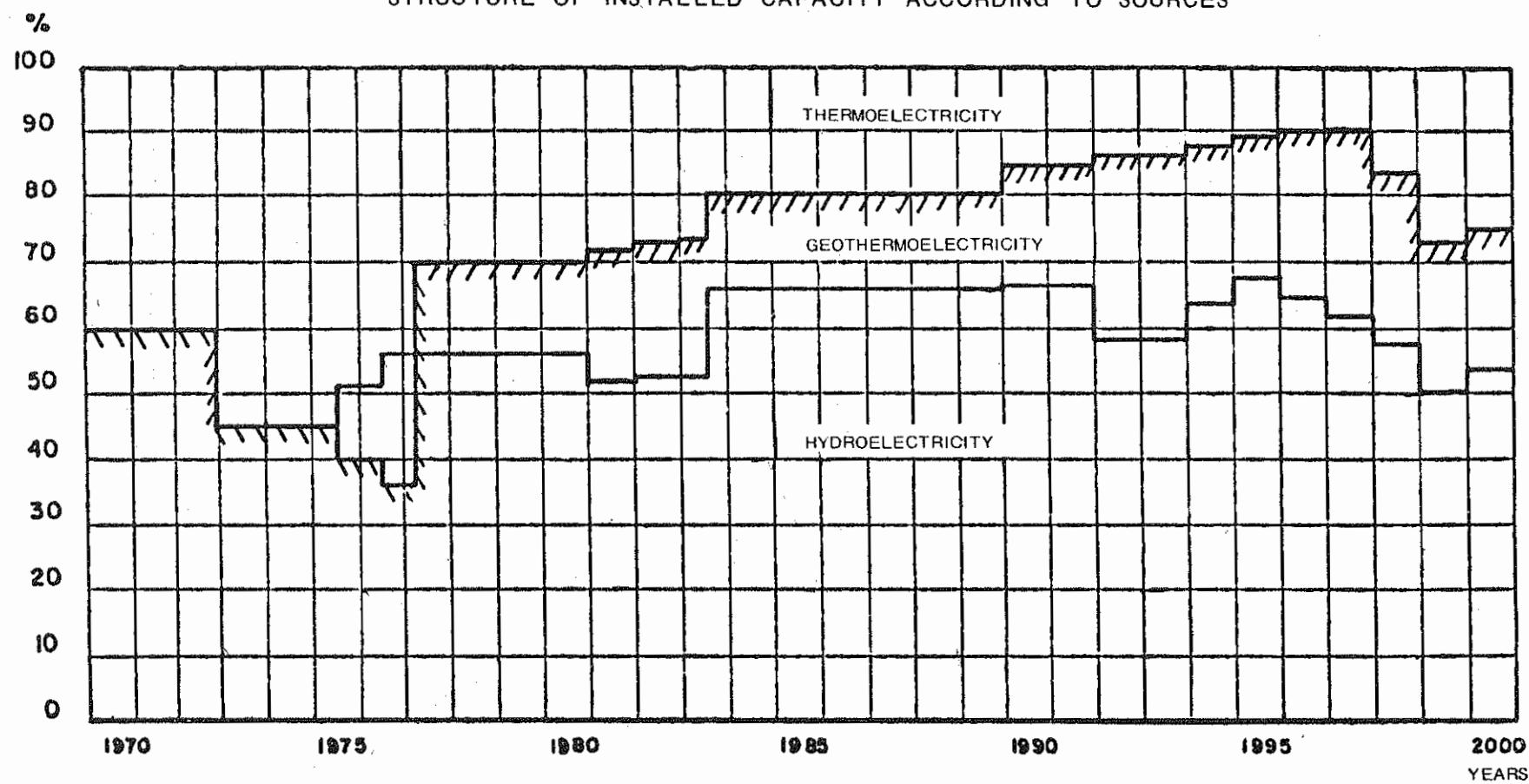


Figure IV
NET ENERGY CONSUMPTION
YEAR 1982

STRUCTURE BY SECTOR

| Sector | | <u>TCAL</u> |
|----------------------------|------|-------------|
| INDUSTRIAL | 16.5 | 3,388.3 |
| RESIDENTIAL AND COMMERCIAL | 67.7 | 13,919.0 |
| TRANSPORT | 14.2 | 2,923.6 |
| PUBLIC SECTOR | 0.9 | 182.2 |
| OTHERS | 0.7 | 152.4 |
| TOTAL | 100 | 20,565.5 |

FORM OF ENERGY

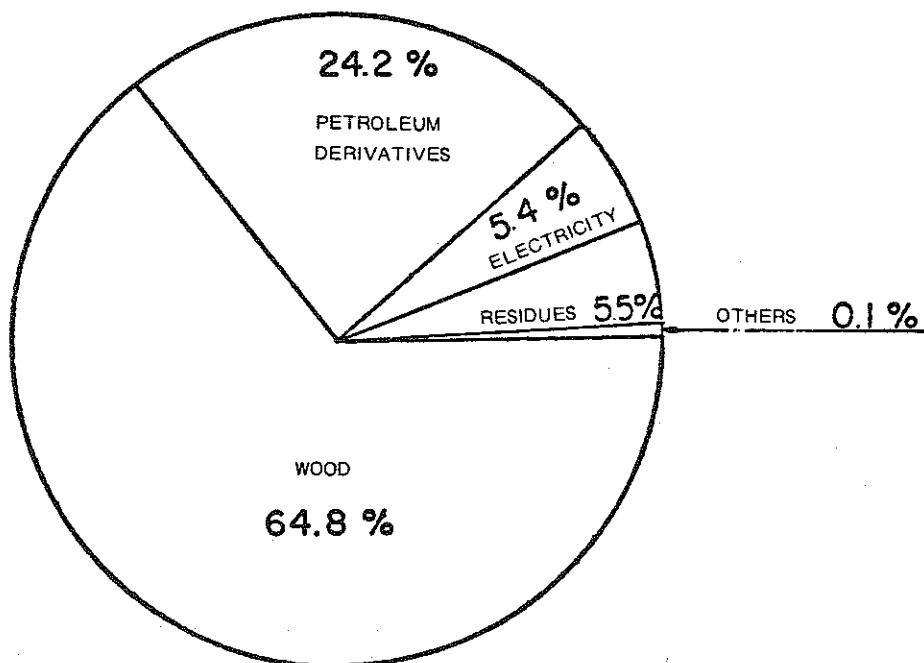


Figure V

ELECTRICAL EQUIPMENT

POWER DEMAND AND CAPACITY

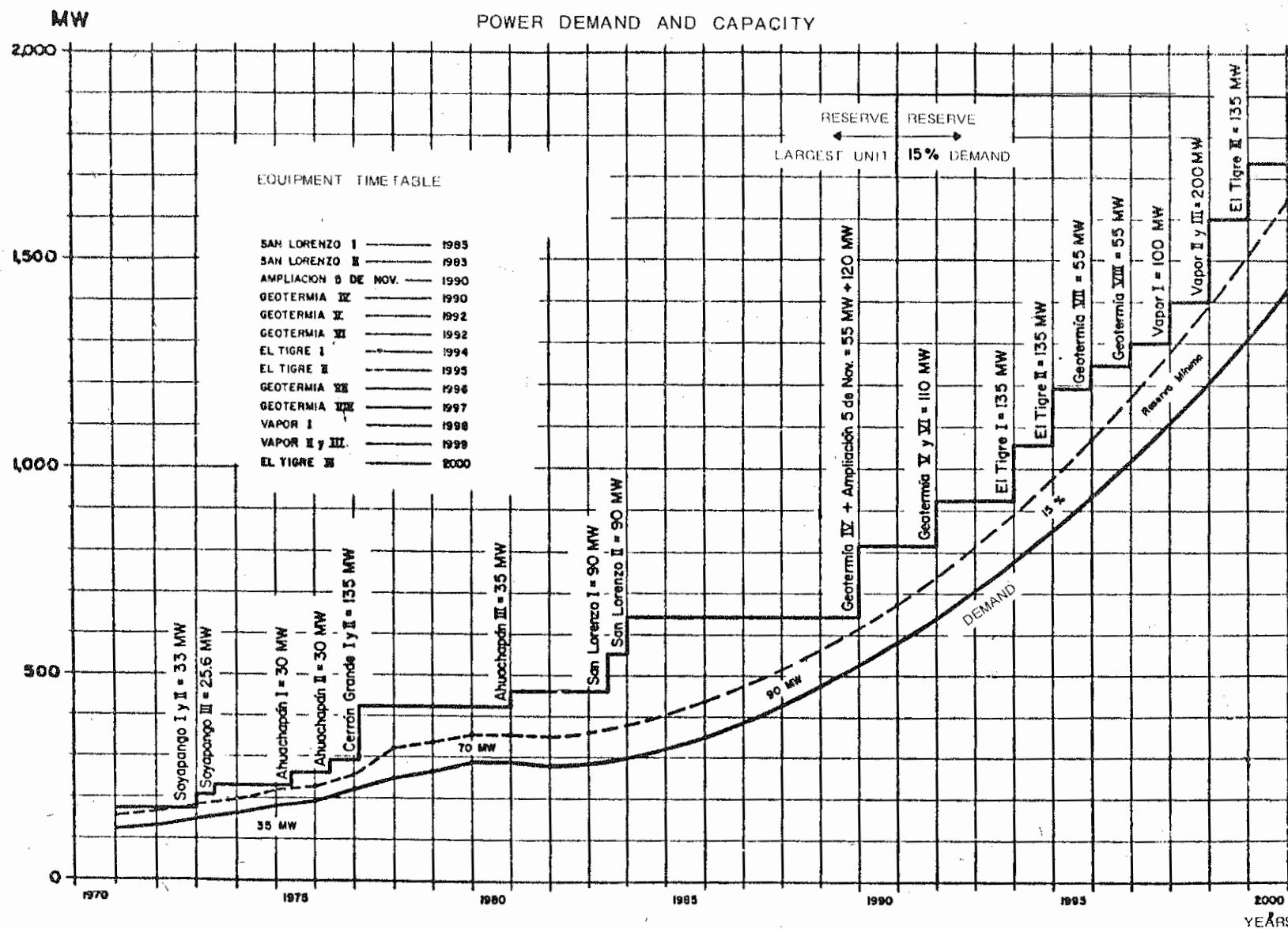


Figure VI

EQUIPMENT OPTION

ENERGY DEMAND AND AVAILABILITY

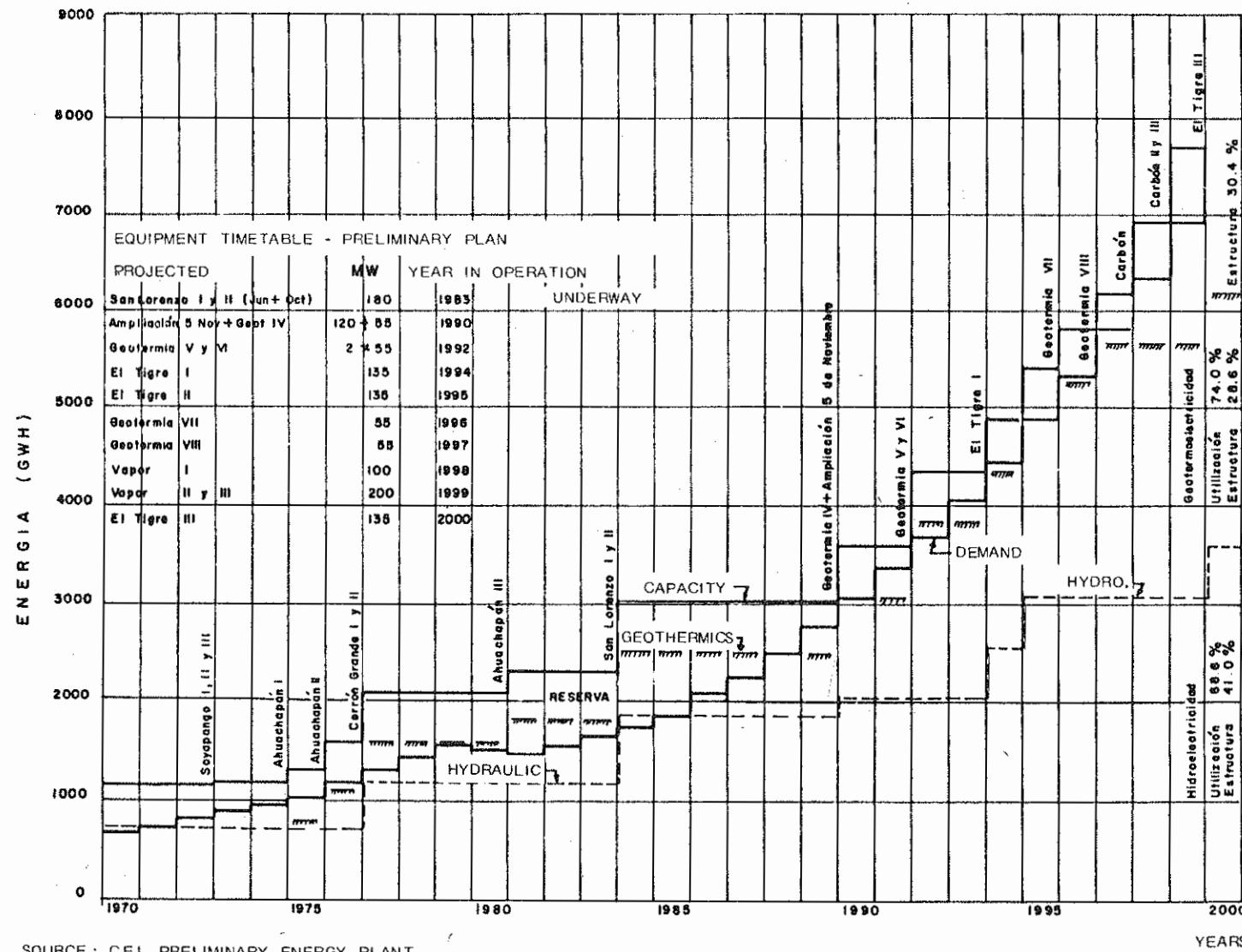


Figure VII

