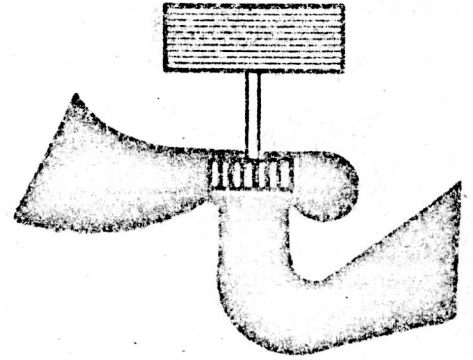


COMISION NACIONAL ORGANIZADORA



LA HIDROELECTRICIDAD EN EL PLAN
NACIONAL DE ENERGIA

Autor: Rodolfo Tellería V.

País: Venezuela

Agosto 1977

INTRODUCCION

Es conveniente hablar de la energía hidráulica y de su desarrollo en un país, enmarcándola dentro del contexto general del sector energía y en particular del sub-sector energía eléctrica.

Por esta razón, iniciamos este trabajo con unas breves consideraciones acerca de la energía y la tendencia mundial en la utilización de los recursos primarios y de las formas secundarias de la energía, tratando de ubicar en el futuro el grado de utilización de la energía eléctrica.

De seguidas, con ciertos índices de carácter general, ubicamos la situación de Venezuela con relación a latinoamérica en lo que respecta al consumo de energía y se describen rápidamente ciertas características de las industrias de la energía para pasar finalmente a un análisis de la participación de las diferentes fuentes primarias en el consumo de energía y en la producción de electricidad.

Posteriormente, enfocamos el tema del recurso hidroeléctrico analizando la situación en cuanto al potencial hidroeléctrico del país y la información básica de que se dispone. La cuantificación de ese potencial y su combinación con las proyecciones de las demandas de energía y de energía hidroeléctrica por los próximos 23 años configuran un cuadro que nos da la oportunidad de establecer una hipótesis acerca de la participación del recurso hidroeléctrico en la satisfacción de esa demanda en lo que resta de siglo.

La Energía, la Energía Eléctrica y la Hidroelectricidad en el Mundo

Los espectaculares sucesos ocurridos a finales de 1973 (embargo petrolero) y principios de 1974 (alza brusca de los precios del petróleo), produjeron una repentina y aparentemente irreversible transición de una era de energía a bajo costo, a otra, donde el régimen energético deberá ser diferente debido a los mayores costos de la energía.

A este hecho se le suma, la existencia de una creciente y también aparentemente justificada preocupación de que la demanda potencial de petróleo para cubrir las necesidades energéticas hacia finales de siglo, no pueda ser satisfecha con la producción de fuentes convencionales. Estudios recientes parecen indicar que el término de la era de crecimiento de la producción petrolera está bastante cercano.

Las dos circunstancias anteriores, la primera, de carácter económico que pone en vigencia la explotación de fuentes primarias que anteriormente habían sido descartadas por ser demasiado costosas y la segunda, que se refiere al agotamiento cercano de la fuente primaria de mayor uso en el mundo de hoy, convergen definitivamente hacia una misma dirección: la necesidad de cambiar una economía mundial dominada por el petróleo, hacia otra donde el dominio sea ejercido por una fuente de naturaleza renovable.

La Fig. 1 nos muestra los recursos mundiales de energía que se estiman recuperables así como también el porcentaje que sobre el uso total actual, se hace de cada uno de ellos. Observamos que el carbón es el recurso predominante con cerca de un 80% del total de recursos fósiles y el petróleo y el gas natural llegan tan solo a un 10%. Sin embargo, el petróleo y el gas natural suministran casi las dos terceras partes de las necesidades mundiales. Esta gran disparidad

entre la disponibilidad de esos recursos por un lado y el uso que hacemos de ellos por el otro, es parte importante del problema energético que enfrentamos por lo que el desplazamiento en el uso de los recursos menos abundantes hacia aquellos con los cuales la naturaleza fue mas pródiga o hacia los recursos renovables, es una necesidad urgente.

Pero la utilización intensiva del carbón, del uranio y de prácticamente cualquier otra fuente de energía de naturaleza renovable: hidráulica, solar, geotérmica, de las mareas, termo-marina, etc.....requiere que previamente sean convertidas a electricidad, lo que nos lleva a una mayor utilización de la energía eléctrica en el futuro.

El consumo de energía eléctrica en el mundo, Fig.2, sobrepasa el 25% del consumo total de energía debido fundamentalmente a sus características que la hacen preferible a otras formas de energía como lo son su facilidad de transporte y distribución, comodidad y limpieza en su uso o destino final si como la seguridad en su manipulación.

La necesidad perentoria que tiene la humanidad de modificar su actual patrón de consumo, tal como hemos mencionado antes con el desplazamiento hacia otras fuentes primarias de energía que para utilizarlas deben ser convertidas previamente a electricidad, conformarán una situación para finales de siglo tal como se muestra en la Fig. 3, donde podemos apreciar que el 46% del consumo total de energía será en forma de electricidad, proveniente principalmente de una utilización más intensiva de la energía nuclear.

Desafortunadamente, de las fuentes primarias de energía de naturaleza renovable, la única que aparece como particularmente susceptible de contribuir en cierta proporción a la conservación de los recursos no renovables en lo que falta del

siglo, es la energía de origen hidráulico o potencial hidroeléctrico. Sin embargo, aun cuando este recurso es renovable en el tiempo, su valor absoluto es muy limitado en comparación con las necesidades y esa contribución de que hablamos siempre será relativamente pequeña. El cuadro mostrado en la Fig. 4, nos da una indicación del potencial hidroeléctrico en el mundo y su situación para 1972, en el cual puede apreciarse que las tres regiones de países en desarrollo solo habían dispuesto del 2,6% del potencial total posible en dichas regiones.

La Energía, la Energía Eléctrica y la Hidroelectricidad en Venezuela

Los venezolanos hemos sido y somos grandes usuarios de energía. Esta afirmación queda comprobada, aun cuando soy poco partidario de este tipo de comparaciones, cuando observamos que los venezolanos somos en los momentos actuales (1976) los que en latinoamérica tenemos el mayor índice de consumo de energía por habitante con 2023 kg. de petróleo equivalente, el mayor índice de consumo de energía eléctrica con 1386 kWh/hab. y la mayor relación de consumo de energía por unidad de producto interno bruto con una cifra de 1,52 kg de petróleo equivalente por dólar de producto.

En promedio, cada venezolano utilizó el año 1976 el equivalente en energía de 2 t.e.p (ver anexo "Unidades") o sea unos 14,0 barriles de petróleo, de los cuales, sin duda alguna, una parte se requiere para alcanzar un nivel de vida material razonable, otra parte importante nos capacita para gozar el estilo de vida que consideramos satisfactorio y finalmente una otra parte que desperdiciamos. A los estudiosos del sector energía, le dejaremos la ardua tarea de ponderar cada una de ellas.

En Venezuela, el consumo de energía primaria se ha cuadruplicado en los últimos 21 años siendo la hidroelectricidad la fuente primaria de energía con el más alto crecimiento, llegando a participar hoy en un 15% sobre el consumo total, aun cuando solo se ha utilizado el 12% del potencial disponible estimado.

A grandes rasgos la situación actual de las industrias de la energía, es la siguiente:

En 1976, la industria petrolera produjo 133,5 millones de m. cúbicos (839,7 millones de barriles) de petróleo crudo , exportó 125,3 millones de m³ (788,1 millones de barriles) de crudo y derivados y se consumieron 13,4 millones de m. cúbicos de derivados. Para el 31-12-1976 las reservas de petróleo se situaron en 2904 millones de m. cúbicos , cifra más que suficiente para nuestras necesidades internas estando tan sólo planteado el hecho de que además puedan seguir siendo, durante mucho tiempo, la fuente de divisas que han sido hasta el presente. En vista de este dilema, se plantea la necesidad de una búsqueda intensiva de nuevas reservas y la posible explotación de la faja petrolífera del Orinoco estimulada por los altos precios internacionales del petróleo.

La industria del gas natural produjo en 1976 la cantidad de 37132 millones de metros cúbicos. Se reinyectaron para propósitos de conservación y de recuperación de crudos 20500 millones de m³ , se utilizaron 13600 millones y se quemaron en la atmósfera 3000 millones. Las reservas se situaron en 1,19 millón de millones de m. cúbicos, equivalente a 1214 millones de m. cúbicos de petróleo, aproximadamente un 40% de nuestras reservas de petróleo. Aparentemente, las disponibilidades de gas natural son suficientes para las necesidades del país por lo que resta del siglo.

Quizas por sus disponibilidades de petróleo y de gas natural, Venezuela no tiene una tradición de industria carbonífera y las cifras que podamos traer aquí en lo que se refiere al pasado son insignificantes. La posibilidad de utilización de este recurso conjuntamente con las grandes reservas de mineral de hierro de Guayana para la producción de acero despertó interés en su explotación, contándose hoy con reservas de este importante recurso primario de energía que superan los mil quinientos millones de toneladas que de acuerdo con su poder calorífico son equivalente a la tercera parte de nuestras reservas petroleras.

La producción total de electricidad en 1976 de 20533 millones de kWh., más del doble de la producción de 1967. De ese total, más del 50%, es decir, 10578 millones fueron producidos en plantas hidroeléctricas. Una información estadística detallada se presenta en cinco tablas que cubren un período de veintiseis años. Esta información ha sido recopilada de muy variadas fuentes, y analizada y adecuada por el autor se publican por primera vez, como aporte a este Seminario. Es de notar, que las cifras correspondientes a los últimos seis años están sujetos a rectificaciones y ajustes aun cuando las conclusiones y las tendencias que puedan derivarse de ellas son totalmente válidas.

En la Fig.5, se muestra la participación de las diferentes fuentes de energía primaria en el consumo total de energía.

Entre los años 1955 al 1974, la tasa de crecimiento del consumo total de energía fue de 6,95%, notándose una ligera disminución a 6,37% en los últimos 6 años.

Es interesante notar que el consumo de gas natural mantuvo un ritmo de crecimiento absoluto sorprendentemente constante hasta 1972. En 1973 se produce un aumento considerable, disminuyendo visiblemente para 1975.

En cuanto a los combustibles líquidos se observa un consumo casi constante entre los años 1957 al 1962 y un repunte a partir de esa fecha con una tasa de crecimiento de 7% anual.

La hidroelectricidad comienza a hacerse notar tímidamente en el período 1961 a 1967 con la puesta en servicio de la central hidroeléctrica Macagua I, para llegar a participar en 1976 con el 15,0%.

Los combustibles no comerciales y el carbón mineral, juegan un papel muy poco importante, 2,8% del total. Es conveniente hacer notar que el bagazo de caña es el combustible principal entre los no comerciales.

La participación de la producción de energía eléctrica e hidroelectricidad en el consumo total de energía puede observarse en la Fig. 6.

Para el año 1955, la producción de electricidad dentro del consumo total de energía era del 13,17%. Para 1976, esta participación se había elevado al 29,2% lo que nos indica que la producción de energía eléctrica creció a una velocidad casi el doble de la del consumo total de energía. Existe pues razón para suponer que se seguirá la misma tendencia que la del resto de los países y que para finales de siglo más del 40% del consumo total de energía será directamente en forma de electricidad o bien en forma de energía primaria para producirla.

La producción de hidroelectricidad se sitúa en un 15,0% con relación al consumo total de energía en 1976, representando un 51,4% del total de producción de electricidad para ese mismo año.

En el gráfico de la Fig. 7, se muestra la participación relativa de las diferentes fuentes de energía en el consumo total en el período 1960-1976. Apreciamos que la hidroelectricidad es la única fuente que ha aumentado su participación, desde un 0,4% en 1960 a un 15,0% en 1976, habiéndolo hecho a costa del gas natural y de los combustibles líquidos los cuales de 53 y 45 por ciento, bajaron a 43 y 39 respectivamente.

En la Fig. 8 se muestran las tasas de crecimiento tanto del consumo total de energía como de producción de electricidad para diferentes períodos entre 1955 y 1976.

En lo que respecta a la participación de las fuentes de energía primaria en la producción de electricidad de servicio público en el período 1950-1976 podemos observar en la Fig. 9, que a partir de 1956, el gas natural se convierte en la fuente principal para producir electricidad con una fuerte tasa de crecimiento en su utilización que alcanza aproximadamente a un 12% anual y con una participación que ha venido disminuyendo sensiblemente para situarse en 1976 en un 27,6% en comparación con el 74% de 1958. Otra observación que resalta a la vista, es la de la utilización a ritmo acelerado de la hidroelectricidad a partir de la puesta en servicio de la central Macagua I sobre el río Caroní en el año 1961. La tasa de crecimiento de la utilización de la energía hidroeléctrica fue de 22,3% entre 1962 y 1976, llegando a ser la principal fuente de generación de electricidad para este último año con una participación de 56,6%. Los combustibles líquidos, fuel oil y gas oil, representaron para 1974 un 14,8%, notándose un incremento en su utilización. Es decir, en el país se ha venido operando una más o menos rápida sustitución de las fuentes primarias de energía para generar electricidad mucho antes de que ocurriera el alza en los precios del petróleo y se convirtiera éste en el recurso natural no renovable de mayor importancia para la humanidad.

En la producción total de electricidad Fig. 10 las tendencias son similares aún cuando menos aceleradas por la inclusión de las petroleras que han disminuido el consumo al bajar la producción por razones de conservación. La participación del gas natural en la producción de electricidad pasó de un 80% en 1958 a un 35,1% en 1976 aún cuando tuvo un aumento absoluto considerable en el período. Asimismo, la hidroelectricidad pasa de un 5% en 1958 a un 51,4% en 1976. Los combustibles líquidos, fuel-oil, diesel y gas-oil incrementaron su participación para 1976, situándose en un 13,5%. Por último, el consumo de combustible para generar electricidad en plantas termoeléctricas representó tan sólo el 14,2% del consumo total de combustibles.

Finalmente, en el Gráfico de la Fig. 11 se muestra la participación relativa de las diferentes fuentes de energía en la producción de electricidad en la industria eléctrica donde observamos, el tremendo crecimiento de la participación de la hidroelectricidad con el consiguiente desplazamiento del gas natural.

Esta sustitución sucedía en Venezuela dada la magnitud del recurso hidroeléctrico puesto de manifiesto en el río Caroní y la comparación económica favorable que podría realizarse con relación a la generación termoeléctrica, a pesar del bajo precio de los hidrocarburos líquidos y gaseosos. Ahora la situación está muy clara y el desarrollo de la hidroelectricidad no admite discusión. Sin embargo, el inicio de este programa, originó una fuerte oposición en diversos sectores de la opinión pública. Fue aquella la época en la cual en muchas partes del mundo se planteaba el problema de la generación hidroeléctrica o termoeléctrica en términos de oposición produciéndose una deformación inconsciente del verdadero sentido de lo que debía ser una evaluación con el propósito de obtener un valor de proyecto y no un intento de oponer las diferentes fuentes de energía una en contra de la otra.

El potencial hidroeléctrico en Venezuela. Situación actual

Siendo el agua un recurso vital, de relativa escasez y con una serie de usos con grados de prioridad diferentes, es evidente y no puede escapársenos, la necesidad de su planificación integral de donde resulte el empleo que más convenga a la colectividad. Para ello es necesario determinar previamente sus características en cuanto a: cantidad, calidad, distribución geográfica y regímenes de caudal, así como los requerimientos en tiempo y magnitud de los diferentes usuarios, entre los cuales se encuentra la industria eléctrica. Afortunadamente, la generación hidroeléctrica no determina un uso consuntivo del agua aunque si tiene ciertas limitaciones en cuanto a la simultaneidad con otros usos.

El estudio de la utilización racional de este recurso, para la producción de energía eléctrica, única forma posible de utilizarlo en su totalidad, debe ser hecho en etapas diferentes y sucesivas que nos lleven a determinar la magnitud del inventario de acuerdo con las definiciones de carácter internacional que se consideran en el Anexo II. Para la realización de dicho inventario se requiere del conocimiento más o menos detallado, dependiendo del grado de precisión de la evaluación, de los parámetros relacionados con la información hidro-meteorológica, la información cartográfica y la geológica.

Información disponible en Venezuela

Hidrología y Meteorología

La información hidrológica o estadística de caudales de que se dispone en Venezuela es en general escasa y en su mayoría de corta duración. Se cuenta tan solo con 509 estaciones hidrológicas las cuales en su mayoría han sido ubicadas en ríos con escaso valor en cuanto a su potencial hidroeléctrico. Así

podemos observar que solo 85 de esas estaciones están ubicadas en los ríos de la margen derecha del río Orinoco donde se concentra el 84% de las aguas venezolanas.

La precipitación media anual es del orden de 2000 mm y el volumen medio anual escurrido que se genera dentro del territorio nacional es de unos 700 mil millones de metros cúbicos (Coplanarh) de los cuales, el 84% corresponde a la margen derecha del río Orinoco.

Las estaciones hidrológicas y meteorológicas que actualmente funcionan pertenecen y son operadas en su mayoría por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Las Fuerzas Aereas Venezolanas, Electrificación del Caroní C.A. EDELCA y en menor proporción por algunos otros organismos públicos y privados.

La información sobre la precipitación, es más completa que la hidrológica, pero tendrá que ser mejorada. Existen un total de 1113 estaciones, lo que da un promedio de una estación por cada 820 Km² de superficie.

El mapa de la Fig. 16 nos resume la clasificación, el número de estaciones existentes y su ubicación en el país por regiones hidrográficas. Una mayor información puede ser obtenida fácilmente en los organismos mencionados anteriormente.

Debido a la escasa información con la cual se cuenta es necesario realizar un estudio y ampliar la red de estaciones. Un trabajo metódico sostenido y prolongado de observación y medición de los gastos, lluvias y otros parámetros hidrometeorológicos así como la elaboración y publicación de los datos estadísticos correspondientes serán de gran utilidad para una evaluación más

precisa y para lograr un óptimo proyecto de las obras hidroeléctricas.

Un otro parámetro importante de medición y estudio es el correspondiente al arrastre de sólidos y finos en especial en nuestros ríos andinos (ya tenemos un ejemplo de falta de previsión en ese sentido) para la elaboración del proyecto.

Cartografía

La información cartográfica disponible en Venezuela no es completa. Justamente, en las regiones con potencial hidroeléctrico como Los Andes, Amazonas y la Guayana venezolana se cuenta con poca información.

El mapa que se muestra en la Fig. 13 nos indica las zonas que han sido levantadas y restituidas en escala 1:25000 con curvas de nivel cada 20 metros existiendo copias heliográficas en la misma escala. Estas cartas han sido editadas y pueden ser fácilmente adquiridas en las oficinas de Cartografía Nacional. El mapa de la Fig. 14 nos muestra las zonas de las cuales existen cartas en escala 1:100000 con curvas de nivel cada 40 metros y el mapa de la Fig. 15 nos muestra a su vez las zonas del país donde existen pares aerofotogramétricos sin la restitución correspondiente y fotos de rodar que dan una buena idea del relieve. Existen además, de reciente fecha, fotos de satélite (ERTS) de todo el país, que actualmente están siendo procesadas para ponerlas al servicio de los usuarios.

Para los efectos de la aerofotogrametría, el país fue dividido por zonas y las diferentes escalas de las cartas existentes pueden ser consultadas en el índice de vuelos aerofotogramétricos de centros poblados a nivel nacional 1936-1976 de la Dirección de Cartografía Nacional.

La información existente, sin embargo, es poco conocida de los usuarios, por lo que se considera necesario una mayor divulgación de la información existente así como realizar un esfuerzo, aparentemente no muy grande para completarla.

Geología

Contrario a los dos parámetros descritos anteriormente, se cuenta con un conocimiento bastante completo de la geología de todo el territorio venezolano. Estos amplios conocimientos fueron debidos principalmente a la existencia en nuestro país de inmensos yacimientos petroleros, que obligaron a las empresas explotadoras de ellos, a realizar en forma sistemática y tanto a gran escala como al detalle, el estudio de todas nuestras cuencas sedimentarias; así como también, aun cuando no con el mismo grado de detalle, las provincias fisiográficas de Guayana, Los Andes Venezolanos, Sierra de Perijá y Cordillera de la Costa, que enmarcan estas cuencas y cuyo conocimiento geológico era imprescindible.

El caudal de información de datos geológicos del país, debidamente compilados y evaluados por el actual Ministerio de Energía y Minas, a través de su Dirección de Geología, se ha plasmado hasta la fecha en 2 ediciones del Léxico Estratigráfico de Venezuela (la segunda edición corregida fue impresa en (1970). Está casi lista la edición a escala quinientos mil de un nuevo mapa geológico-tectónico del país; así como las hojas en cincuenta y cien mil de toda Venezuela, exceptuando el Sur del paralelo 6° y una parte de la Sierra de Perijá.

Se cuenta con el mapa Hidrogeológico de Venezuela y el de Provincias Fisiográficas, preparados igualmente por la Dirección de Geología del Ministerio de Energía y Minas y la Dirección de Cartografía Nacional, editó el mapa

Debo explicar esto: Electricite de France en 1960 estimó un potencial bruto de 16 millones de kW y de 140.200 millones de kWh. en 49 cuencas vertientes de ríos andinos, de los cuales en sólo 17, había cierta hidrología y en los 32 restantes, los caudales se determinaron utilizando correlaciones teóricas y según la experiencia del personal ligado al estudio a falta de mayor información.

El potencial técnico económico estimado en esa oportunidad fue de 2,25 millones de kW. y de 20.000 millones de kWh.

En el Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos preparado por Coplanarh en 1969 para lo que comprendería la misma área incluida en el estudio anterior, sólo se analizan unos 20 ríos para una estimación de potencial bruto de 6,2 millones de kW.

Esta enorme diferencia entre una y otra estimación no ha sido revisada e indica que entre 1960 y 1969 no hubo adelanto alguno en cuanto a la calidad de la información que es requerida para la evaluación del potencial hidroeléctrico bruto a nivel nacional, estimación básica para cualquier estudio y en especial para la planificación de la utilización de este recurso dentro del sistema eléctrico nacional.

Hasta aquí, sólo se ha indicado la situación en lo que respecta al potencial hidroeléctrico bruto a nivel nacional. La situación en lo que respecta al potencial técnico y económico de determinadas cuencas, presenta un panorama similar.

Apartando los realizados en el Bajo Caroní desde el año 1948, no se ha hecho un estudio sistemático y riguroso para el propósito de evaluación del potencial hidroeléctrico de determinada cuenca y mucho menos a nivel nacional con el

fín de determinar el potencial hidroeléctrico técnico y económico que permita planificar a conciencia la contribución de esta importante fuente primaria de energía dentro de la política energética nacional y dentro del Plan Nacional de Energía Eléctrica.

A partir de 1960, Cadafe conjuntamente con la Corporación de los Andes tomaron interés por el estudio de los ríos Santo Domingo y Uribante en los Andes. Sin embargo, la deficiencia de la información básica en cantidad y calidad como mencionábamos anteriormente ha sido de tal naturaleza, que dos estudios de prefactibilidad para el Uribante contratados en forma simultánea llegaban a resultados que diferían sustancialmente por la diferencia en las hipótesis hidrológicas e incluso, tengo entendido, por la diferencia en la información básica recogida por ambos consultores.

Por su parte, el antiguo MOP hoy Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, en algunos proyectos de embalse para riego ha incluido y estudiado la posibilidad de aprovechamientos hidroeléctricos y ha pasado a Cadafe la responsabilidad de su realización e incorporación al sistema eléctrico nacional.

Sin embargo, basándonos en estas evaluaciones sobre el potencial hidroeléctrico de la región andina y en los estudios de cuencas individuales como la del Caroní, el Orinoco parcialmente y el Caura, podría estimarse un potencial técnico-económico como el indicado en el cuadro incluido en el mapa de Venezuela (Fig. 17) en el que se incluye la ubicación de los principales recursos hidroeléctricos del país. La cifra de 129.000 millones de kWh es lo suficientemente adecuada como para establecer una guía de lo que podría ser la participación de este recurso en la generación de electricidad en los próximos 25 años. De acuerdo con la información recibida de diferentes organismos se elaboró el cuadro de proyectos que se presenta en la Fig. 18.

Proyecciones del consumo de energía y de producción de electricidad.

Siguiendo el mismo orden de ideas expuesto desde un comienzo de enmarcar la hidroelectricidad dentro de todo el sector energía, obtuvimos una proyección global del consumo total de energía para finales de siglo analizando diversos métodos, ensayando ajustes de los datos históricos a diferentes tipos de curvas y comparando con diversas proyecciones de carácter sectorial y por fuentes que cubrían el período 1976-1985. Los resultados obtenidos permitieron seleccionar una ecuación del tipo geométrico, mediante la cual se estableció una correlación entre el producto territorial bruto y el consumo total de energía, ambos per capita, para una tasa interanual de crecimiento de la economía durante todo el período de 5,5%. Con esto, solo hemos querido construir un marco de referencia que fuera plausible y que nos sirviera de guía para los propósitos del trabajo.

Esta proyección nos conduce a un consumo per capita de 5,18 toneladas de petróleo equivalente, aproximadamente 2,6 veces el correspondiente al del año 1976. En términos absolutos, el consumo de energía crecería de 24,6 millones de tep en 1976 a 145,8 millones de tep en el año 2.000, ver Fig. 19, lo cual representa una tasa interanual de crecimiento de 7,7%, aparentemente alta, pero adecuada para nuestro objetivo.

Asimismo, se ha hecho una proyección de la energía equivalente necesaria para producir energía eléctrica empleándose para ello el método directo hasta el año 1981 haciéndose los ajustes requeridos de acuerdo con los atrasos conocidos de puesta en operación de las grandes industrias. La tasa de crecimiento resultante en el período 75-81 fue del orden del 15% por año debido fundamentalmente al proceso de industrialización de nuestra Guayana, región que crecerá en el período considerado a una tasa interanual de 22,5%.

Esa elevadísima tasa de crecimiento hará que Guayana necesite para ese entonces la tercera parte de los requerimientos de generación del país.

A partir de 1981, la tasa de crecimiento global se atempera siguiendo los lineamientos del Plan Nacional de Energía Eléctrica hasta 1990, último año del Plan. De aquí en adelante simplemente utilicé una tasa de crecimiento del orden de 8,5%.

La proyección así realizada, nos sitúa en el año 2.000 con unas necesidades de producción de electricidad del orden de 201.000 millones de kWh. que convertidos a la unidad de energía seleccionada a la eficiencia de 0,30 tep. por 1.000 kWh. nos da que necesitaríamos 60,3 millones de tep. para producirlos, o sea, el 41,36% del total de energía requerida en el país, que en forma muy aproximada sigue la tendencia mundial indicada al principio del trabajo.

La tasa de crecimiento de la producción de electricidad resultante de la proyección indicada arriba es de aproximadamente un 10% anual, que se justifica en parte por las altas tasas de crecimiento que se lograrán en los primeros años del período, pudiendo agregar que los resultados son muy similares a los logrados por otros organismos mediante métodos diferentes y de cierto grado de sofisticación.

Hechas las proyecciones descritas arriba en rasgos generales veamos cual será la contribución del potencial hidroeléctrico con el cual cuenta el país.

La cuantía del recurso hidroeléctrico, su disponibilidad actual a corto y mediano plazo en cantidades apreciables (85.000 millones de kWh en el Caroní) 4 veces el consumo de 1976 y a mediano y largo plazo (Caura, Orinoco y resto de Los Andes); su ubicación geográfica con relación a los centros de consumo lo cual no parece ser un obstáculo considerable de acuerdo con nuestra experiencia; su economía y valor estratégico con relación a otras alternativas, su alto índice de confiabilidad y por último, la ventaja más importante de todas, el hecho de ser un recurso natural renovable, no contaminante, no dejan la menor duda en cuanto a la prioridad de utilizar al máximo hasta agotarlo, el recurso hidroeléctrico. Estas características nos han inducido a hacer una sencilla proyección de la participación del recurso hidroeléctrico (Fig. 20) con base en un cronograma de entrada en servicio de las instalaciones año por año, de acuerdo con el estado de avance de los estudios y aprovechamientos hidroeléctricos que están sobre la marcha. En este sentido, tenemos la enorme ventaja de que pasarán algunos años para disponer de los 50.000 millones de kWh. de la etapa final de Guri que comenzarán a entrar en servicio en 1981, lo que nos permite un tiempo precioso para adelantar el resto de los proyectos.

Hecha la proyección en la forma indicada, nos da por resultado que sólo durante los años 79, 80 y 81 dado el acelerado crecimiento de la demanda y por motivo de no entrar en servicio nuevas instalaciones hidroeléctricas, la participación de la hidroelectricidad en el total de la producción eléctrica, baja del 50%, llegando a mediados del año 83 a los alrededores del 70%, porcentaje en el cual se mantiene hasta finales de siglo.

El siguiente, fue el programa de instalaciones hidroeléctricas que nos llevó a la proyección indicada.

<u>Etapa final de Guri:</u> (Caroní)	Entra en servicio progresivo a partir de mediados de 1981 llegando a su generación total a finales de 1985.
<u>Uribante-Doradas-Caparo:</u> (Los Andes)	Inicia operaciones en 1982 y llega a su generación total en 1984.
<u>Macagua II. :</u> (Caroní)	Debe entrar en servicio en 1988 por lo cual el comienzo de su construcción debe ser en 1983.
<u>Caruachi :</u> (Caroní)	Debe arrancar en 1990 por lo que su construcción debe iniciarse en 1985.
<u>Tocoma :</u> (Caroní)	Inicio en 1992. Construcción debe comenzar en 1987.
<u>Caura :</u> (diversos sitios)	Inicio en 1994. La construcción debe comenzar a más tardar en 1989.
<u>Los Andes :</u> (diversos ríos)	Los diversos proyectos en esta región deben comenzarse a la mayor brevedad posible. Su tamaño influencia poco en el total nacional, pero si son importantes desde el punto de vista regional.
<u>Ature y Maipures :</u> (Orinoco)	Inicio en 1997. Construcción debe comenzar en 1990 a más tardar.

Como el estudio realizado incluía la posible generación hidroeléctrica año por año fue posible, y en cierto modo muy sencillo, hacer un balance de energía mediante el cual pudiésemos conocer cual podría ser la participación de la

hidroeléctricidad en el total de la producción de electricidad y cuales deberían ser en este caso, los requerimientos de generación termoeléctrica con el fin de planificar desde ahora los combustibles fósiles o de otra naturaleza que serían necesarios.

El balance, se muestra en el cuadro de la Fig. 21., donde puede apreciarse la fuerte participación de la hidroelectricidad. En todo el período considerado, bajo las hipótesis realizadas, el 68% de toda la generación eléctrica podría ser producida en plantas hidroeléctricas con un programa de construcción como el indicado. Por otro lado se observa, que la cantidad de combustible que se utilizaría en todo el período sería de 239 millones de t.e.p de petróleo equivalente (1500,0 millones de barriles), el doble de la producción de 1976, que a todas luces puede ser satisfecha sin mayores problemas por las reservas de combustibles de fósiles de que se dispone.

Un balance similar podría realizarse con relación al consumo de energía y en este caso, la hidroelectricidad alcanzaría cerca del 25% del total de la energía consumida. Esta es la gran contribución que la hidroelectricidad podría brindar dentro del Plan Nacional de Energía.

No deseamos terminar sin expresar algo que nos parece de importancia y que quizás pudiese ser objeto de alguna discusión en este Seminario. Al comienzo mencionábamos que Asia con la exclusión de la URSS., Latinoamérica y Africa estaban utilizando para el año 1972, tan solo un 3% del total posible de hidroelectricidad de esas regiones. A simple vista parecería que un vigoroso esfuerzo en el desarrollo de ese potencial hidroeléctrico no utilizado conjuntamente con un desplazamiento de las grandes industrias consumidoras de energía eléctrica desde los países industrializados hacia las regiones mencionadas, contribuiría a solucionar cuando menos, una muy pequeña parte de los problemas energéticos y sociales de la humanidad.

ANEXO I

Unidad común de energía y equivalente de hidroelectricidad

Los datos estadísticos que se manejan en esta exposición han sido trabajados en forma personal por lo que es posible existan diferencias con datos de organismos oficiales. Sin embargo, tales diferencias no afectan en nada a las conclusiones. De modo de realizar un análisis comprensivo de los datos, las diferentes fuentes de energía primaria utilizadas, se han reducido a una unidad común con base en sus respectivos poderes caloríficos o calóricos. Como unidad seleccioné el petróleo crudo de 24,3° API y poder calorífico de 10700 kcal/kg expresada en toneladas de 1000 kg. que denominé "la tonelada equivalente de petróleo" (tep), igual a 1,104 m³ ó 6,943 barriles.

En lo que respecta a la hidroelectricidad se tenía la elección de convertirla en términos del valor calórico inherente a la tasa de 1 kWh = 860 kilo-calorías = 0,0804 kg. de petróleo equivalente o alternativamente convertirla utilizando para cada año la cantidad de petróleo equivalente del combustible requerido en las plantas térmicas para generar un kWh. En este caso, se escogió esta última alternativa para los años observados. En lo que se refiere a las proyecciones tomé el valor de conversión de 1000 kWh = 0,30 tep.

ANEXO II

Definiciones de potencial hidroeléctrico

Las siguientes, son algunas definiciones de carácter general que probablemente resultarán de alguna utilidad recordarlas a los oyentes.

De una forma amplia, el potencial hidroeléctrico de una cuenca vertiente, puede ser definido como la suma de toda la energía bruta de escurrimiento que pueda obtenerse teóricamente por la integración generalizada del producto $q \times dh$ (es decir, caudal multiplicado por el desnivel) para todos los escurrimientos visibles.

En lo que respecta a la evaluación uniforme del potencial hidroeléctrico así definido, los organismos especializados de las Naciones Unidas, en especial las Comisiones Económicas, clasifican el potencial hidroeléctrico en la forma siguiente:

Potencial teórico o bruto mide totalmente los recursos de hipotética producción anual de energía de una cuenca o sistema fluvial tal como se presentan en la naturaleza. Es decir, toda el agua, con la altura que dispone sobre el nivel del mar, se considera susceptible de producir electricidad, con un rendimiento de 100 por ciento.

Potencial técnico o práctico mide los recursos por los aprovechamientos ya existentes y los susceptibles de instalación en un momento determinado con los medios usuales de la técnica para este tipo de obras. En su medición se toma en cuenta la eficiencia de las instalaciones.

Potencial económico, considerado como una fracción del anterior y que mide aquellos aprovechamientos que se estimen convenientes de desarrollo a corto o mediano plazo dentro del marco de desarrollo de la economía general del país que se examina.

El potencial teórico o bruto si se cuenta con toda la información requerida es una cantidad fija y constituye un límite superior inalcanzable. En cambio el potencial técnico y el potencial económico son variables en el tiempo dependiendo , en un caso, de los avances de la técnica y en el otro, del precio de la energía alternativa.

BIBLIOGRAFIA VENEZOLANA

DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICAS. Boletines trimestrales de estadísticas. Diversos años.

CORPORACION VENEZOLANA DE FOMENTO -ELECTRIFICACION DEL CARONI. El Consumo y Abastecimiento de Energía en Venezuela 1945-57; 1968. Caracas, 1959.

CARDENAS B., ANTONIO. El Plan Nacional de Electrificación. Estadísticas, documentos y comentarios (1946-1964).

PEDERSEN, REINHOLD. CAVEINEL. Estadísticas eléctricas.

CAVEINEL. Una década de Servicio 1960-1970.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS . Memorias 1950-1976.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Petróleo y otros datos estadísticos. 1971-76.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. Mediciones en ríos grandes. Agosto, 1972.

CADAFE. Estadísticas Generales del Sector Eléctrico . 1960-70.

CADAFE - CONSORCIO ESTUDIOS HIDROELECTRICOS. Aprovechamiento integral de los ríos Uribante - Caparo - Estudio Preliminar. 5 tomos - 1973.

CADAFE - G&Y ESTUDIOS Y PROYECTOS SRL. 1975.

CADAFE . Memorias anuales 1970-1975.

ELECTRICITE DE FRANCE. Plan Nacional de Electrificación Rep. de Venezuela, Mayo 1960.

SOFRELEC Y ELECTRICITE DE FRANCE. Desarrollo eléctrico de la Zona Occidental. 1962.

CVG. ELECTRIFICACION DEL CARONI C.A. (EDELCA). Posibilidades de desarrollo del Potencial Hidroeléctrico del río Caroní 1973.

MARTINEZ, ANIBAL. Una política energética . Caracas, 1974

MENDEZ AROCHA, ALBERTO. Bases para una política energética venezolana. Banco Central de Venezuela , Caracas, 1975.

TELLERIA, RODOLFO. Perspectiva de la hidroelectricidad en el Continente Americano. Reunión Continental sobre la Ciencia y el Hombre. México, 1973.

TELLERIA, RODOLFO. Primer Simposium Venezolano sobre Energía Nucleo-Eléctrica. Foro Nov. 1973.

COMISION PRESIDENCIAL DE LA REVERSION PETROLERA. Informe 1974.

PLAN NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA. Comisión VII vol. 1974.

CONSEJO NACIONAL DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA. Programa petroquímico nacional 1976-1981 Vol. III y III A.

COPLANARH. Potencial Hidroeléctrico Bruto Nacional. Publicación N° 10 Junio, 1969.

COPLANARH. Plan Nacional de aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. 2 tomos . Caracas, 1973.

AZPURUA P.P. Y GABALDON A.J. Recursos Hidráulicos y Desarrollo 1976.

MENSAJE PRESIDENCIAL AL CONGRESO DE LA REPUBLICA. 1976.

BIBLIOGRAFIA EXTRANJERA

SCIENTIFIC AMERICAN. Setiembre 1971. Vol. 225 N° 3.

UNITED NATIONS. World Energy Supplies 1950-1974. Statistical Papers Serie J. N° 19.

WORKSHOP ON ALTERNATIVE ENERGY STRATEGIES. (WAES) Energy Global Prospecto 1985-2000.

FELIX, FREMONT. World Markets of Tomorrow 1972.

FEDERAL POWER COMMISSION HYDROELECTRIC . Power Evaluation 1968.

WATER RESOURCES COUNCIL USA. The Nation's water resources. 1968

MINISTER OF ENERGY MINES AND RESOURCES. An energy strategy for Canadá 1976.

P.SALMAN Y L.SERRA. Methodes de evaluation des Ressources Mundiales en Energie Hydroelectrique. Sixth World Power Conference. Oct. 1972.

MARCEL MARY. Aspectos económicos de la combinación de Centrales Térmicas con Centrales Hidroeléctricas. Seminario Latinoamericano de Energía Eléctrica. Oct. 1964.

CEPAL. Los Recursos Hidroeléctricos en América Latina . Su medición y Aprovechamiento . Seminario Latinoamericano de Energía Eléctrica . 1964.

OTROS.- Los mencionados en el texto y en las Figuras.

INDICE DE CUADROS

LA ELECTRICIDAD EN VENEZUELA INFORMACION ESTADISTICA RTV.

Cuadro	I	CAPACIDAD INSTALADA
Cuadro	II	PRODUCCION
Cuadro	V	CONSUMO
Cuadro	VI	PERDIDAS
Cuadro	VIII	CONSUMO DE COMBUSTIBLES

LA ENERGIA EN VENEZUELA INFORMACION ESTADISTICA RTV.

Cuadro	XI	CONSUMO DE ENERGIA POR FUENTES Excl. Ind. Petrolera
Cuadro	XII	CONSUMO DE ENERGIA POR FUENTES Incl. Ind. Petrolera

LA ELECTRICIDAD EN VENEZUELA . INFORMACION ESTADISTICA RTV.
CAPACIDAD INSTALADA
MW.

	CVF CADAFE,	PRIVADA	EDELCA	TOTAL IND.	AUTO PROD.	TOTAL
1950	39	141		180	↑	
1951	43	170		213		
1952	44	213		257		
1953	47	231		278		
1954	83	274		357		
1955	87	318		405		
1956	166	382		548		
1957	192	432		624		
1958	203	447		650		
1959	212,4	512		724	↓	
1960	252,5	578,6		831	523	1354
1961	365,6	626,4	370	1362	↑	↑
1962	385,3	733,9	370	1489		
1963	406,7	732,9	370	1510		
1964	414,2	745,7	370	1530		
1965	449,8	754,5	370	1574		
1966	487,8	907,9	370	1766		
1967	567,8	922,2	370	1860		
1968	596,3	943,6	370	1910		
1969	601,0	1123,3	895	2619		
1970	601,0	1165,9	895	2662		
1971	615,4	1161,1	895	2672	↓	↓
1972	654,0	1186,0	895	2735	624 *	3359
1973	738,0	1246,0	895	2879	624	3503
1974	1158,0	1274,0	1274	3767	624	4391
1975	1190,0	1266,0	1555	4216	624	4840
1976	1265,2	1292,0	1995	4552	624	5176

* Plan Nacional de Energía Eléctrica
RTV/1977

LA ELECTRICIDAD EN VENEZUELA. INFORMACION ESTADISTICA RTV.

PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA

millones de kWh.

	POR SECTOR					TOTAL	POR ORIGEN	
	PRIVADO	ESTATAL	TOTAL	AUTO PRODUC	OTROS		TERMICA	HIDRAULICA
1950	461	91	552	534		1086	912	174
1951	556	110	666	574		1148	975	173
1952	651	126	777	630		1407	1252	155
1953	797	156	953	637		1590	1440	150
1954	894	187	1081	690		1771	1615	156
1955	1060	216	1276	861		2137	1956	181
1956	1247	254	1501	895		2396	2201	195
1957	1437	447	1884	1021	24	2929	2773	156
1958	1531	582	2113	1363	137	3613	3475	138
1959	1760	789	2549	1549	175	4273	4173	100
1960	1889	854	2743	1719	52	4514	4419	95
1961	2036	1095	3131	1821	252	5204	5116	88
1962	2141	1753	3894	1901	127	5922	5271	651
1963	2278	2338	4616	2042	113	6771	5665	1106
1964	2468	2733	5201	2274	122	7597	6374	1223
1965	2688	3057	5745	2328	172	8245	6876	1369
1966	3015	3361	6376	2291	86	8753	7364	1389
1967	3305	3720	7025	2317	133	9475	7839	1636
1968	3581	4787	8368	2485		10953	8107	2746
1969	4007	5128	9135	2603		11738	8571	3167
1970	4021	5989	10010	2724		12734	8632	4102
1971	3731	7067	10800	2759		13589	8199	5390
1972	4219	8121	12340	2690		15029	9009	6020
1973	5100	8577	13677	2768		16445	10220	6225
1974	5237	10004	15241	2584		17825	10118	7707
1975	5035	11553	16593	2312		18905	9974	8931
1976	5142	13066	18208	2325		20533	9955	10578

LA ELECTRICIDAD EN VENEZUELA. INFORMACION ESTADISTICA RTV.
CONSUMO
millones KWh.

Cuadro V

IND. ELECTRICA

AUTO PRODUCTORES

	IND. ELECTRICA				AUTO PRODUCTORES			TOTAL	
	RESIDENCIAL COMERCIAL	INDUSTRIAL	OTROS	SUB-TOTAL	INDUSTRIA	PETROLEO	SUB-TOTAL		
1950	271,4	171,6		443,0	14	458	472	915	
1951	314,1	218,4		532,5	14	493	507	1040	
1952	385,7	246,1		631,8	30	528	558	1190	
1953	478,3	284,4		762,7	37	523	565	1323	
1954	541,3	322,9		864,2	50	563	613	1477	
1955	634,1	386,2		1020,3	61	704	765	1785	
1956	773,6	423,8		1202,4	88	710	798	2000	
1957	954,0	580,5		1534,5	101	810	911	2445	
1958	467	228	602	462	1759	116	1122	1238	2997
1959	561	258	700	535	2054	134	1252	1386	3440
1960	701	284	777	508	2270	175	1363	1538	3808
1961	758	313	780	715	2566	161	1460	1621	4187
1962	835	346	1334	765	3280	168	1573	1741	5021
1963	837	397	1782	829	3895	162	1703	1870	5765
1964	966	457	1988	947	4358	218	1835	2103	6461
1965	1057	464	2281	977	4779	229	1850	2079	6853
1966	1191	528	2448	1164	5331	272	1790	2062	7393
1967	1317	569	2774	1279	5939	318	1783	2106	8045
1968	1456	630	3630	1432	7150	344	1885	2229	9379
1969	1649	696	3778	1611	7734	351	1932	2333	10067
1970	1753	758	4301	1751	8563	366	2075	2441	11004
1971	1911	811	4591	2083	9396	378	2072	2450	11846
1972	2097	991	5179	2250	10240	380	2075	2455	12495
1973	2324	1132	5417	2521	11394	401	2130	2531	13925
1974	2547	1275	6152	2116	12572	414	2292	2706	15278
1975	2382	1334	6356	2920	13542	426	1697	2123	15665
1976	3323	1742	6271	3435	14771	439	1697	2136	16907

LA ELECTRICIDAD EN VENEZUELA. INFORMACION ESTADISTICA RTV.
PERDIDAS

Cuadro VI.

(millones de kWh)

INDUSTRIA ELECTRICA

TOTAL NACIONAL

	PRODUCC.	CONSUMO	PERDIDAS	%	PRODUCC.	CONSUMO	PERDIDAS	%
1950	552	443	109	19,75	1086	915	171	15,75
1951	666	533	133	19,97	1148	1040	108	9,41
1952	777	632	145	18,66	1407	1190	217	15,42
1953	953	763	190	19,94	1590	1328	262	16,48
1954	1081	864	217	20,07	1771	1477	294	16,60
1955	1276	1020	256	20,06	2137	1785	352	16,47
1956	1501	1202	299	19,92	2396	2000	396	16,53
1957	1884	1535	349	18,52	2929	2445	484	16,52
1958	2113	1759	354	16,75	3613	2997	616	17,05
1959	2549	2054	495	19,42	4273	3440	833	19,49
1960	2743	2270	473	17,24	4514	3808	706	15,64
1961	3131	2566	565	18,05	5204	4187	1017	19,54
1962	3894	3280	614	15,77	5922	5021	901	15,21
1963	4616	3895	721	15,62	6771	5765	1006	14,86
1964	5201	4358	843	16,21	7597	6461	1136	14,95
1965	5745	4779	966	16,81	8245	6858	1387	16,82
1966	6376	5331	1045	16,39	8753	7393	1360	15,54
1967	7025	5939	1086	15,46	9475	8045	1430	15,09
1968	8368	7150	1218	14,56	10853	9379	1474	13,58
1969	9135	7734	1401	15,34	11738	10067	1671	14,24
1970	10010	8563	1447	14,46	12734	11004	1730	13,59
1971	10800	9396	1277	13,0	13589	11846	1743	12,83
1972	12340	10240	2100	17,02	15029	12340	2689	17,89
1973	13677	11394	2283	16,69	16445	13925	2520	15,32
1974	15241	12572	2671	17,52	17825	15278	2547	14,29
1975	16593	13542	3051	18,38	18905	15665	3240	17,14
1976	18208	14711	3497	19,20	20533	16907	3626	17,60

LA ELECTRICIDAD EN VENEZUELA. INFORMACION ESTADISTICA RTV.
CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA INDUSTRIA ELECTRICA

(Kg. pet. equiv. x 10⁶)

	DIESEL y GAS OIL	FUEL OIL	GAS	TOTAL	PRODUCCION ELECT. GWh (TERMICA)	K.pet.eq/KWh CONSUMO ESPECIFICO
1950	5,9	143,0		149	378	0,39
1951	9,3	177,6		187	493	0,38
1952	14,2	195,1	28,5	238	622	0,38
1953	12,2	159,1	140,4	312	803	0,39
1954	17,1	188,1	136,8	342	925	0,37
1955	20,3	191,2	195,3	407	1095	0,37
1956	28,3	212,8	231,7	473	1306	0,36
1957	24,2	272,3	308,5	605	1728	0,35
1958	79,81	65,76	553,14	698,71	1975	0,35
1959	101,24	99,96	645,67	846,87	2449	0,35
1960	127,70	91,90	736,35	955,95	2648	0,36
1961	127,90	75,54	853,94	1057,38	3043	0,35
1962	133,00	84,04	877,79	1098,83	3243	0,34
1963	103,10	66,41	942,93	1112,44	3510	0,32
1964	112,78	71,71	1097,36	1281,85	3978	0,32
1965	120,97	75,45	1178,41	1374,83	4376	0,31
1966	128,47	123,64	1246,28	1498,39	4987	0,30
1967	139,98	81,26	1580,65	1801,89	5389	0,33
1968	109,72	169,49	1495,88	1775,09	5622	0,32
1969	131,69	160,74	1734,01	2026,44	5968	0,34
1970	132,24	149,62	1740,83	2022,69	5908	0,34
1971	124,21	150,48	1595,88	1870,57	5410	0,35
1972	76,10	347,7	1545,95	1969,25	6320	0,31
1973	269,4	418,4	1755,93	2443,73	7452	0,33
1974	333,3	348,3	1876,54	2558,14	7534	0,34
1975	403,1	389,2	1808,49	2600,79	7662	0,34
1976	458,4	512,8	1871,74	2842,94	7630	0,35

RTV/ 1977 pet.equiv. = petróleo de 23,4° API d= 0,906 k/dm³ y Poder calorífico de 10700 k calorías/kg

LA ENERGIA EN VENEZUELA. INFORMACION ESTADISTICA RTV.
 CONSUMO DE ENERGIA EN VENEZUELA
 POR FUENTES
 Kg. de pet. equiv. x 10⁶

	COMB LIQUIDOS	GAS NATURAL	HIDRO ELECTRIC	CARBON MINERAL	TOTAL COMB. COMERCIALES	TOTAL COMB. NO COMERC.	T O T A L
1950		109,8	67,9	18,4		46,1	
1951	1673,7	172,4	65,7	18,5	1894,3	39,7	1934,0
1952	1927,1	224,7	58,9	16,9	2227,6	51,6	2279,2
1953	1994,3	554,8	58,5	19,6	2627,2	59,0	2686,2
1954	2295,6	720,0	57,7	21,4	3094,7	75,2	3169,9
1955	2492,7	881,0	67,0	20,8	3461,5	111,3	3572,8
1956	2731,4	998,0	70,2	21,0	3820,6	115,7	3936,3
1957	3077,4	1187,9	54,6	23,3	4343,2	117,3	4460,5
1958	3217,2	1184,7	48,3	24,2	4474,4	118,8	4593,2
1959	3523,6	1605,4	35,0	22,8	5186,8	125,1	5311,9
1960	3426,4	1737,6	34,2	23,6	5221,8	143,2	5365,0
1961	3473,8	1884,7	30,8	28,7	5418,0	169,0	5587,0
1962	3553,2	2138,9	221,3	101,8	6015,2	166,6	6181,8
1963	3665,9	2309,5	353,9	120,6	6449,9	176,8	6626,7
1964	3937,4	2568,8	391,4	143,4	7041,0	200,5	7241,5
1965	4198,0	2693,2	424,4	153,8	7469,4	230,5	7699,9
1966	4438,0	2874,9	416,7	126,8	7856,4	250,2	8106,6
1967	4596,8	3359,8	539,9	162,0	8658,5	267,6	8926,1
1968	5003,4	3487,4	878,7	267,8	9637,3	235,0	9872,3
1969	5146,9	3790,5	1076,8	291,1	10233,3	263,7	10497,0
1970	5505,4	3885,6	1394,7	244,2	11029,9	301,0	11330,9
1971	5864,9	3811,7	1886,5	171,6	11734,7	313,6	12048,3
1972	6483,8	4088,7	1926,4	170,0	12668,9	328,4	12997,3
1973	7110,0	5093,4	2035,6	255,1	14494,1	350,5	14844,6
1974	7585,0	5483,4	2597,3	267,8	15933,5	375,4	16308,9
1975	8381,7	5559,1	3054,4	322,4	17317,6	407,5	17725,1
1976	9135,0	5700,0	3700,0	322,4	18857,4	407,5	19264,9

LA ENERGIA EN VENEZUELA. INFORMACION ESTADISTICA RTV.
 CONSUMO DE ENERGIA EN VENEZUELA
 POR FUENTES
 Kg. de pet. equiv. x 10⁶

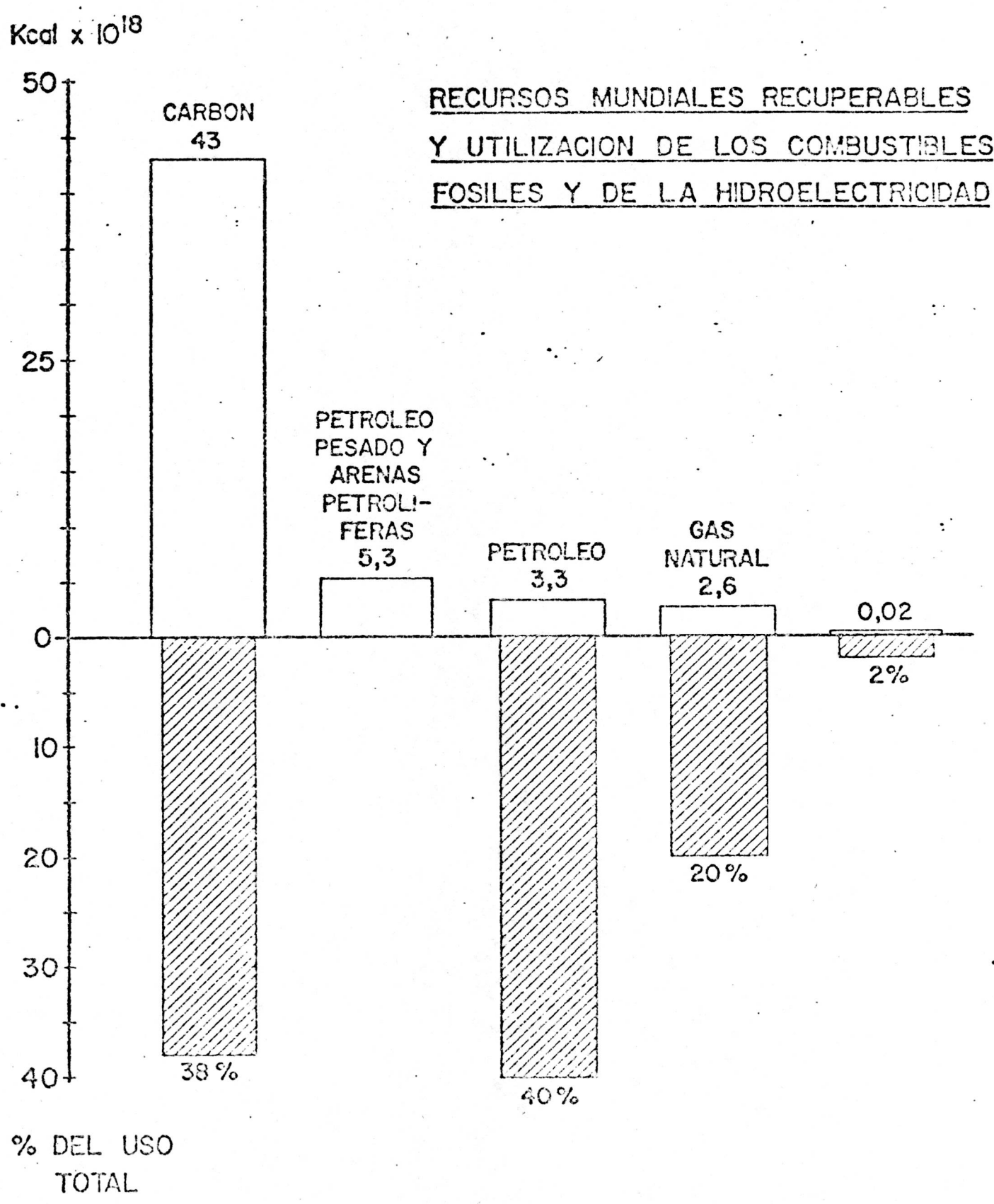
	COMB. LIQUIDOS	GAS NATURAL	HIDRO ELECTRIC	CARBON MINERAL	TOTAL COMB. COMERCIALES	TOTAL COMB. NO COMERC.	T O T A L
1950		1034,8	67,9	18,4		46,1	
1951		1333,9	65,7	18,5		39,7	
1952		1627,4	58,9	16,9		51,6	
1953		2033,3	58,5	19,6		59,0	
1954		2257,6	57,7	21,4		75,2	
1955	3152,8	2656,1	67,0	20,8	5896,7	111,3	6008,0
1956	3450,6	2903,4	70,2	21,0	6445,2	115,7	6560,9
1957	3814,6	3501,7	54,6	23,3	7394,2	117,3	7511,5
1958	3763,7	3651,0	48,3	24,2	7487,2	118,8	7606,0
1959	4034,1	4043,1	35,0	22,8	8135,0	125,1	8260,1
1960	3744,8	4435,8	34,2	23,6	8238,4	143,2	8381,6
1961	3702,2	4758,5	30,8	28,7	8520,2	169,0	8689,2
1962	3759,8	5046,0	221,3	101,8	9128,9	166,6	9295,5
1963	4508,6	5415,2	353,9	120,6	10393,3	176,8	10575,1
1964	4782,4	5909,2	391,4	143,4	11226,4	200,5	11426,9
1965	5119,5	6236,9	424,4	153,8	11934,6	230,5	12165,1
1966	5399,3	6531,4	416,7	126,8	12474,2	250,2	12724,4
1967	5498,6	7177,1	539,9	162,0	13377,6	267,6	13645,2
1968	5980,8	7372,1	878,7	267,8	14499,4	235,0	14734,4
1969	6094,8	7743,6	1076,8	219,1	15134,3	263,7	15398,0
1970	6445,7	8621,4	1394,7	244,2	16706,0	301,0	17007,0
1971	6910,3	8948,5	1886,5	171,6	17916,9	313,6	18230,5
1972	7736,4	8948,9	1926,4	170,0	18761,7	328,4	19110,1
1973	8547,5	10444,6	2035,6	255,1	21282,8	350,5	21633,3
1974	8731,2	10748,7	2597,3	267,8	22345,0	375,4	22720,4
1975	9376,4	10098,1	3054,4	322,4	22851,3	407,5	23258,8
1976	9700,0	10500,0	3700,0	322,4	24222,4	407,5	24629,9

RTV/ 1977

pet. equiv. = petróleo de 23,4° API $d = 0,906 \text{ k/dm}^3$ y Poder calorífico de 10700 k calorías/kg

GRAFICOS Y DIBUJOS

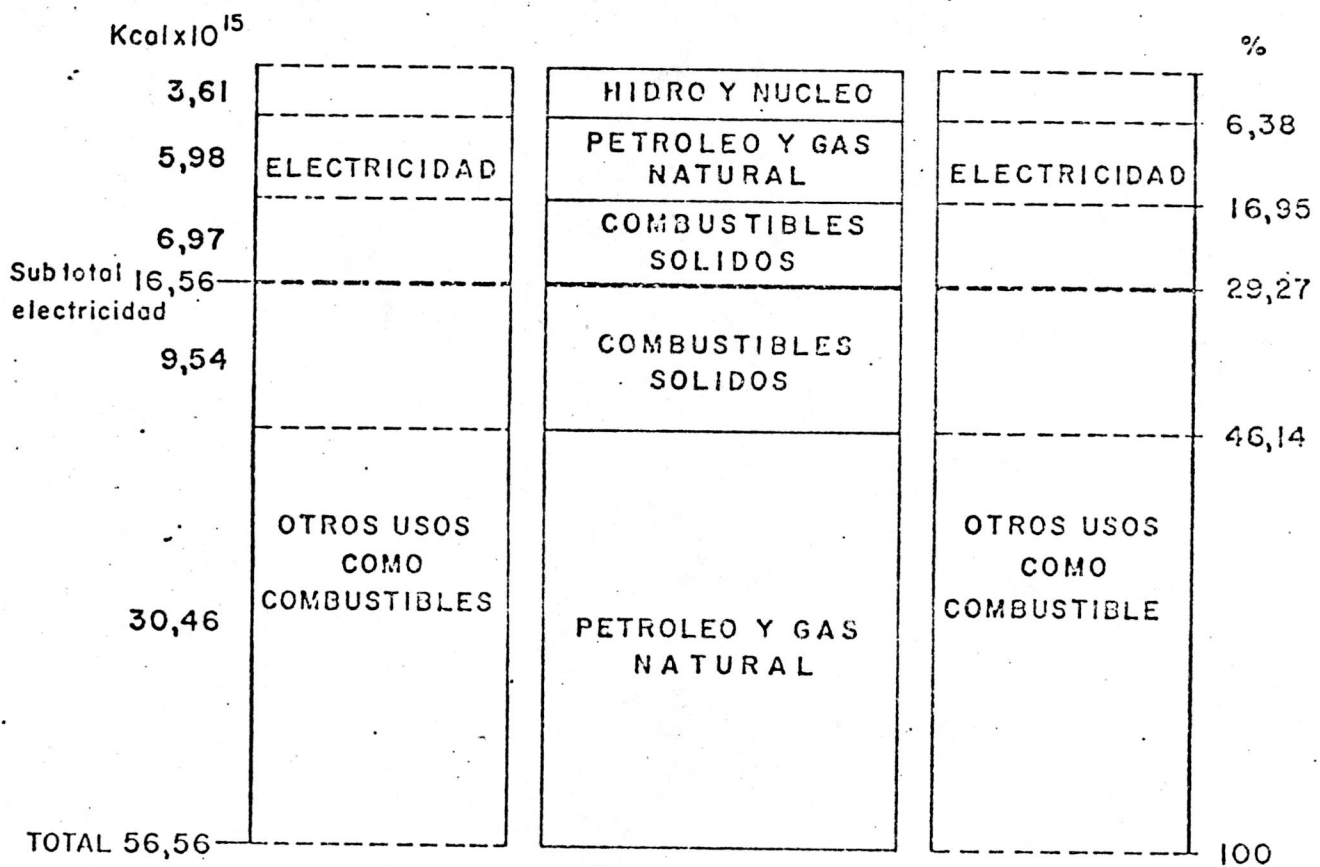
Figuras 1 a 23



FUENTE: SCIENTIFIC AMERICAN

CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA 1972

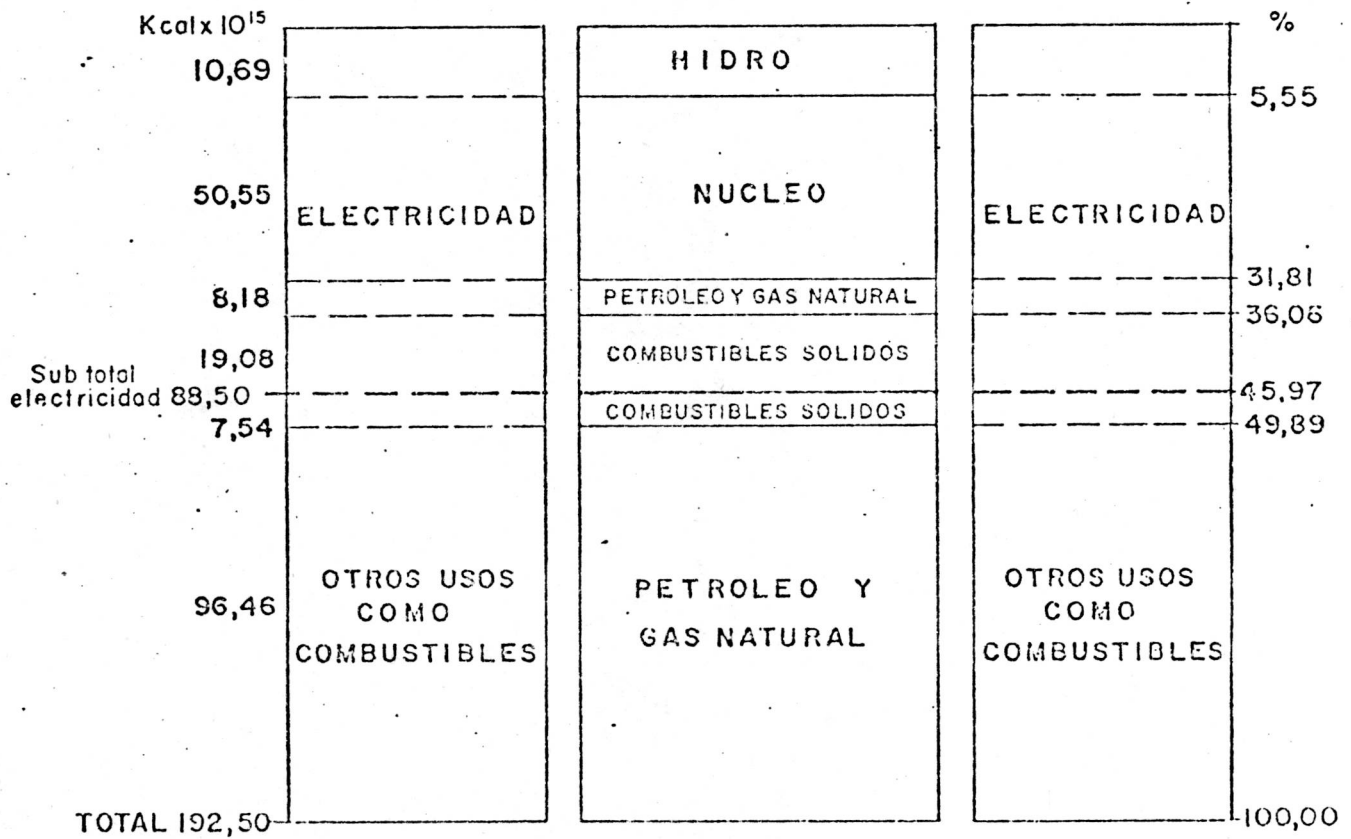
PARTICIPACION DE LAS DIFERENTES FUENTES PRIMARIAS Y DE LA ELECTRICIDAD



REFERENCIA

Datos: International Energy Agency
 Conferencia Mundial de la Energía Detroit 1974

CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA 2000 PARTICIPACION DE LAS DIFERENTES FUENTES PRIMARIAS Y DE LA ELECTRICIDAD



REFERENCIAS:

TASAS DE CRECIMIENTO: Centro de Investigaciones
Energéticas CIE Argentina

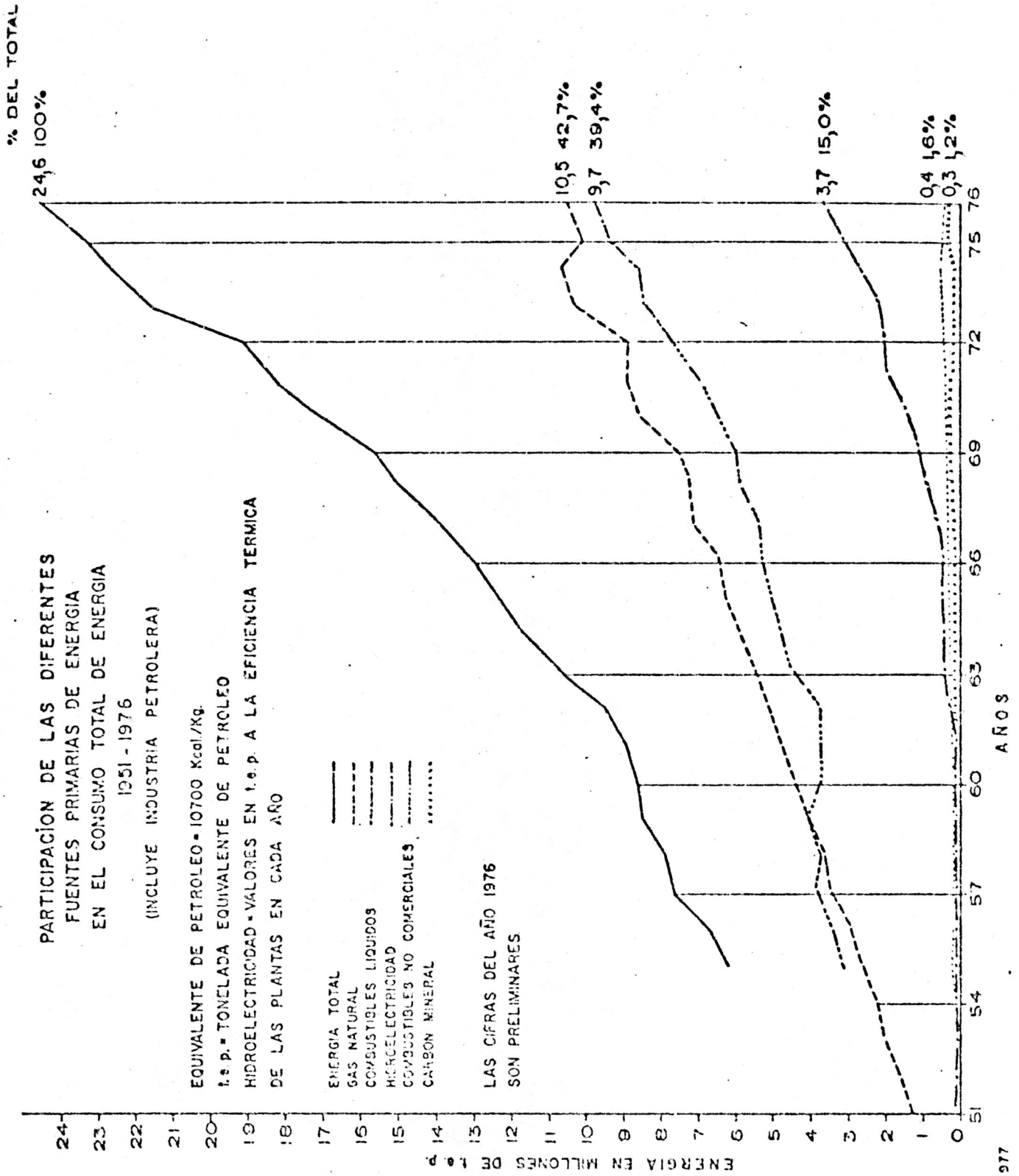
DATOS BASE 1972: International Energy Conference

POTENCIAL HIDROELECTRICO EN EL MUNDO Y SITUACION PARA 1972

	POTENCIAL TEORICO O BRUTO TWh	(1) POTENCIAL TOTAL POSIBLE TWh	PRODUCCION EN 1972 TWh	PRODUCCION DE 1972 COMO PORCENTAJE DEL TOTAL POSIBLE
NORTE AMERICA	6100	1273	456	35,8
EUROPA (EXCL. URSS)	3400	722	368	51,0
URSS	4000	1095	122	11,1
ASIA, CHINA, JAPON (EXCL. URSS)	8 a 10000	1459	126	8,6
LATINOAMERICA	5400	1852	84	4,5
AFRICA	6300	2020	29	1,4
AUSTRALASIA	1500	202	26	12,9
REGIONES POLARES	200	—	—	—
TOTAL	35 a 37000	9802	1255	12,8

(1) EN AÑO PROMEDIO DE LLUVIAS

FUENTE: Water Power & Dam Construction
Mayo 1976



**PARTICIPACION DE LA PRODUCCION
DE ENERGIA ELECTRICA Y DE HIDROELECTRICIDAD
EN EL CONSUMO TOTAL DE ENERGIA**

1955-1976

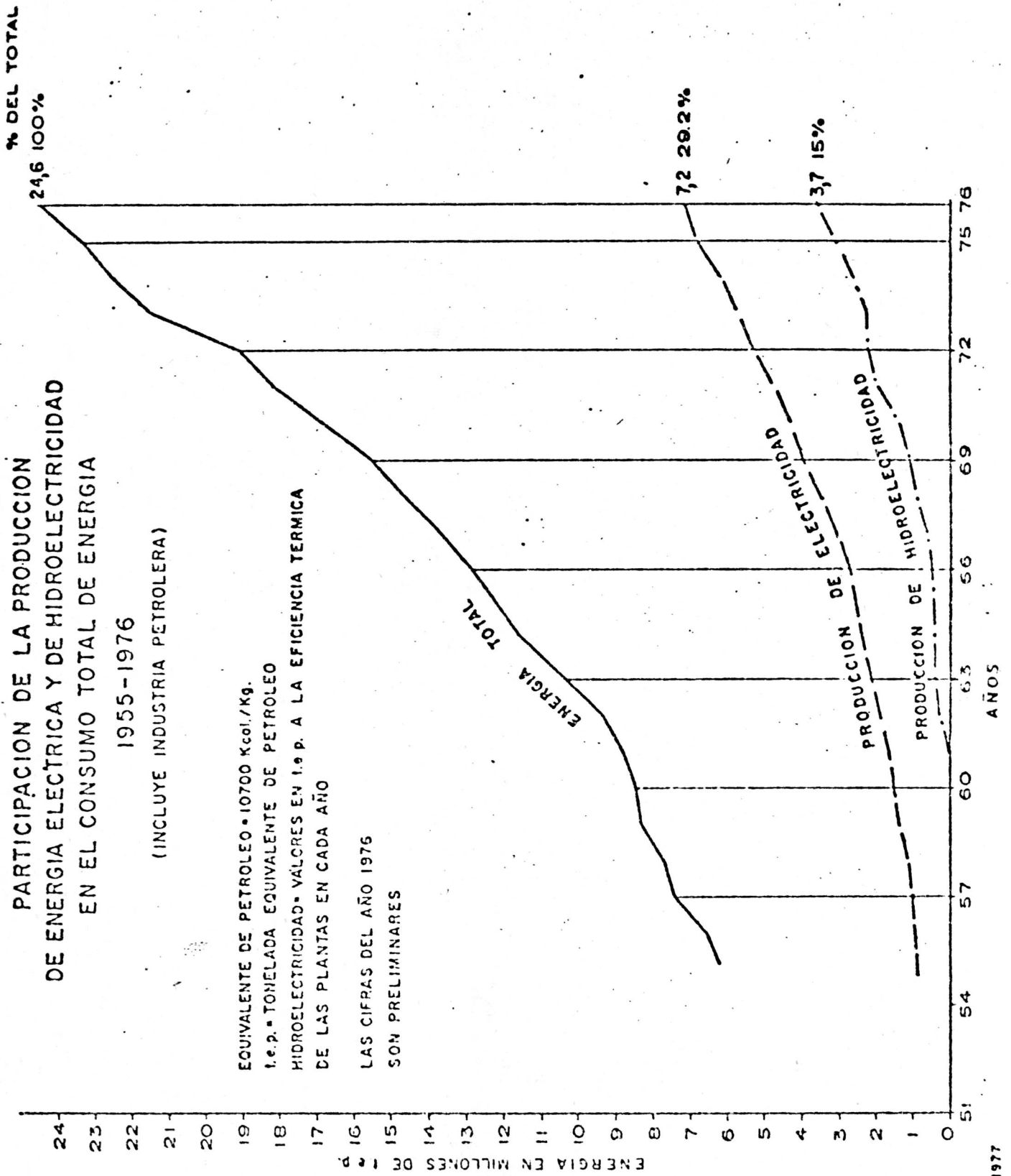
(INCLUYE INDUSTRIA PETROLERA)

EQUIVALENTE DE PETROLEO • 10700 Kcal./Kg.

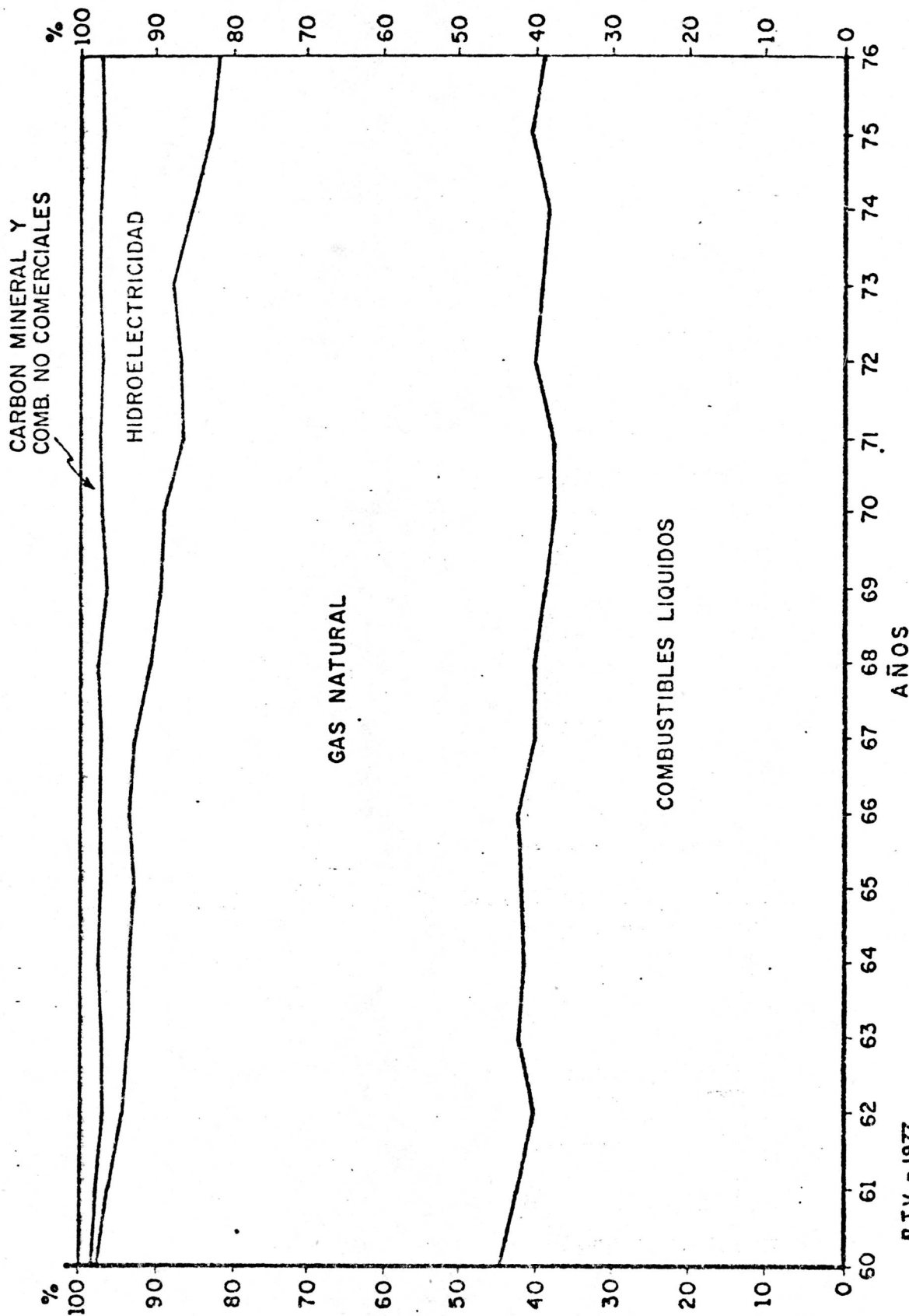
1.e.p. • TONELADA EQUIVALENTE DE PETROLEO

HIDROELECTRICIDAD • VALORES EN 1.e.p. A LA EFICIENCIA TERMICA
DE LAS PLANTAS EN CADA AÑO

LAS CIFRAS DEL AÑO 1976
SON PRELIMINARES



PARTICIPACION RELATIVA DE LAS FUENTES DE ENERGIA EN EL CONSUMO TOTAL DE ENERGIA 1960 - 1976



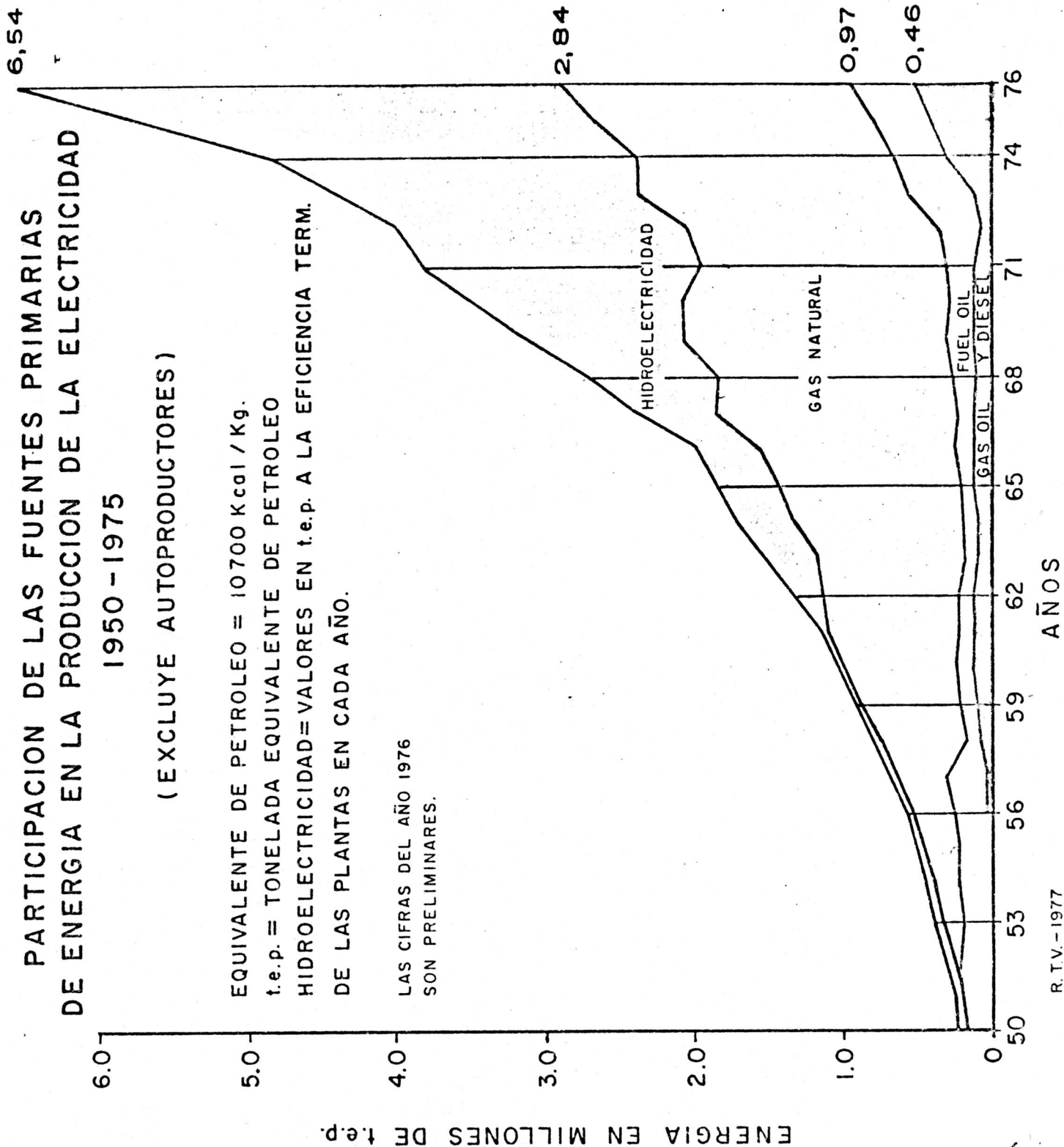
R.T.V. - 1977

TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO TOTAL DE ENERGIA Y DE PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA

(VALORES EN %)

PERIODO REGLON	1955 - 1976	1960 - 1976	1970 - 1976
CONSUMO TOTAL DE ENERGIA	6,95	6,97	6,37
CONSUMO DE ENERGIA EXCL. IND. PETROLERA	8,35	8,32	9,25
PRODUCCION TOTAL DE ENERGIA ELECTRICA	11,38	9,93	8,29
PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA EXCL. AUTO-PROD.	13,49	12,56	10,48

R.T.V. - 1977



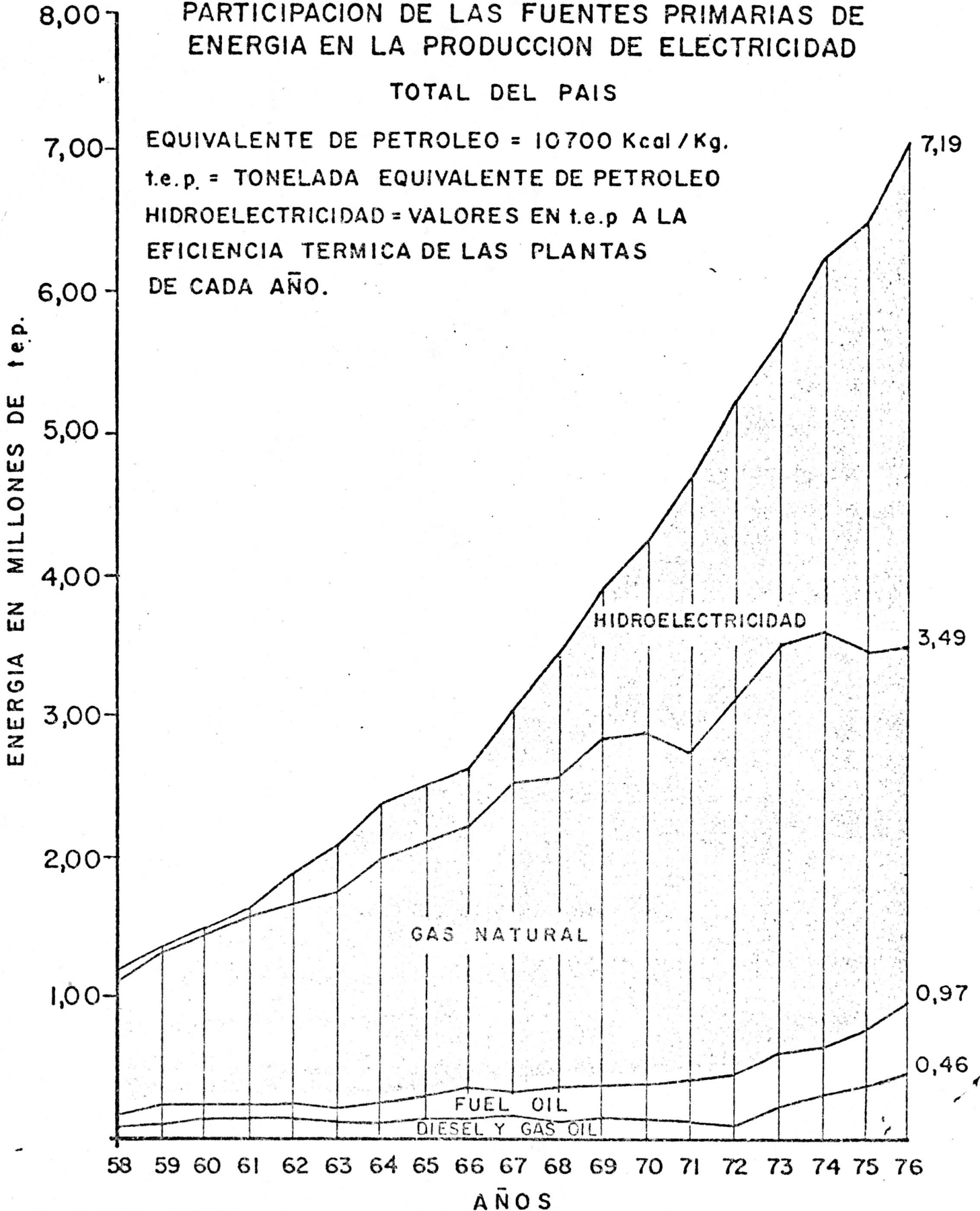
PARTICIPACION DE LAS FUENTES PRIMARIAS DE ENERGIA EN LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD

TOTAL DEL PAIS

EQUIVALENTE DE PETROLEO = 10700 Kcal / Kg.

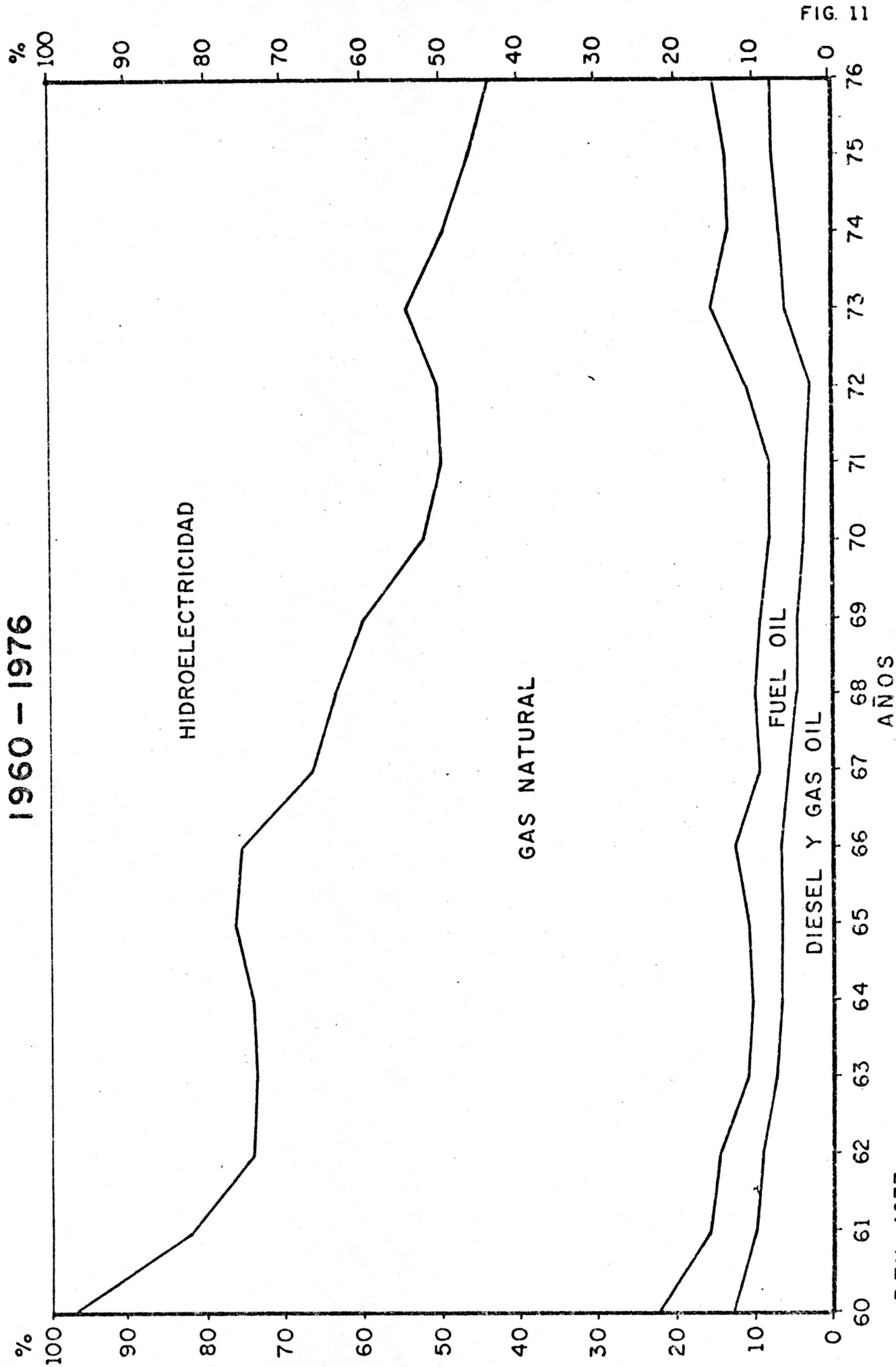
t.e.p. = TONELADA EQUIVALENTE DE PETROLEO

HIDROELECTRICIDAD = VALORES EN t.e.p A LA EFICIENCIA TERMICA DE LAS PLANTAS DE CADA AÑO.



PARTICIPACION RELATIVA DE LAS FUENTES DE ENERGIA EN LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD EN LA IND. ELECT.

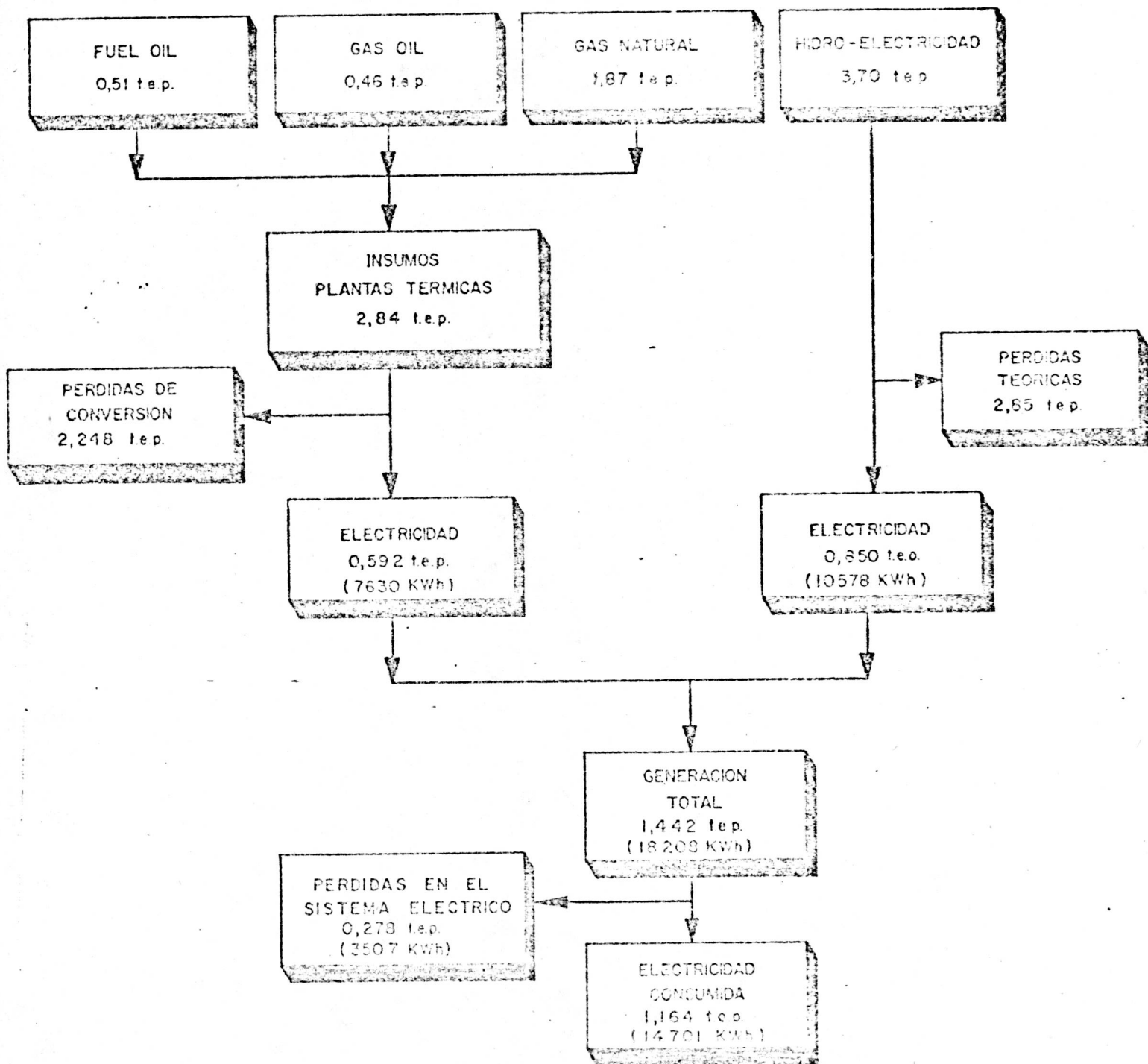
1960 - 1976

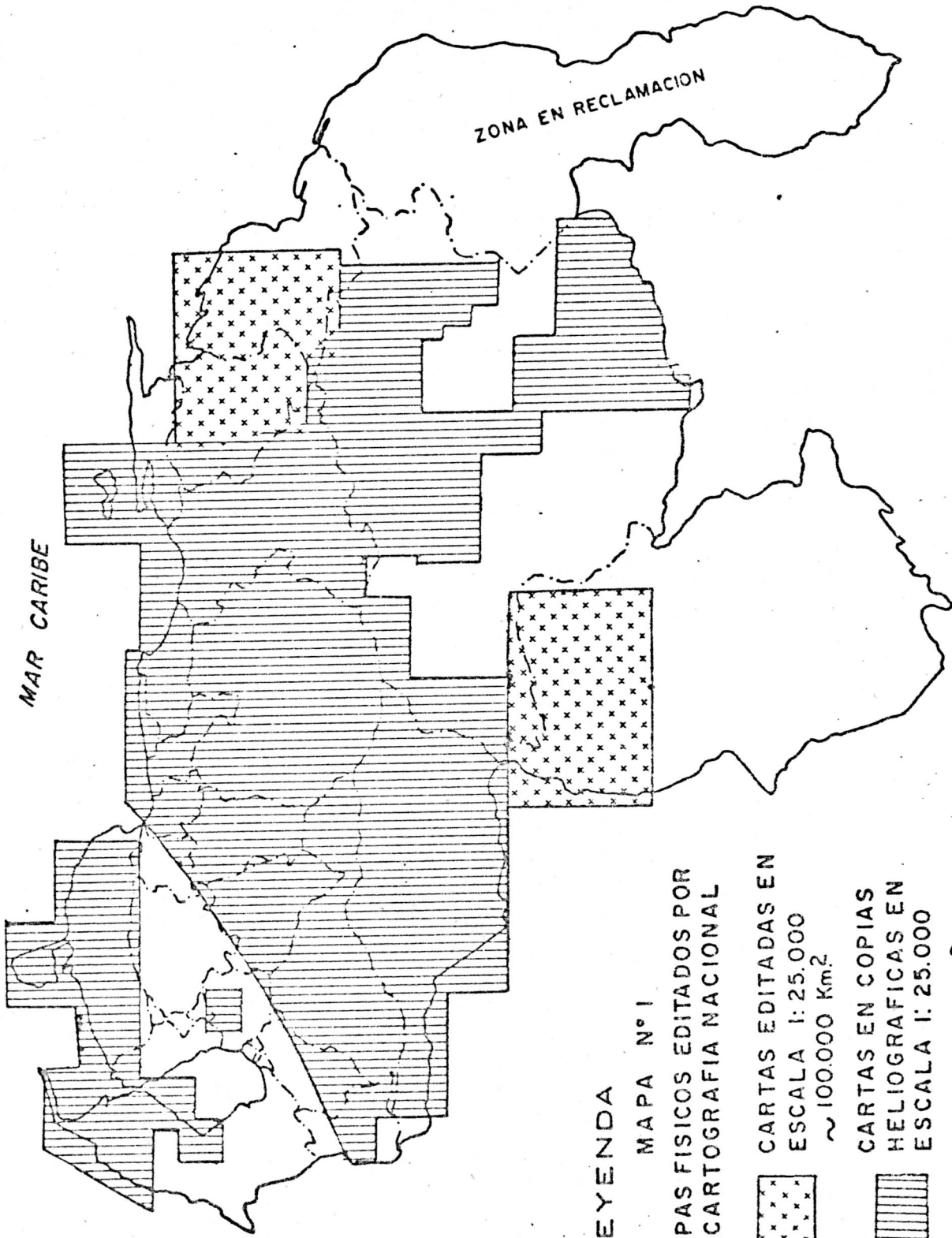


BALANCE ENERGETICO EN LA INDUSTRIA ELECTRICA - AÑO 1976

VALORES X 10⁶

t.e.p. = TONELADA EQUIVALENTE DE PETROLEO
PODER CALORIFICO = 10 700 kcal/kg.



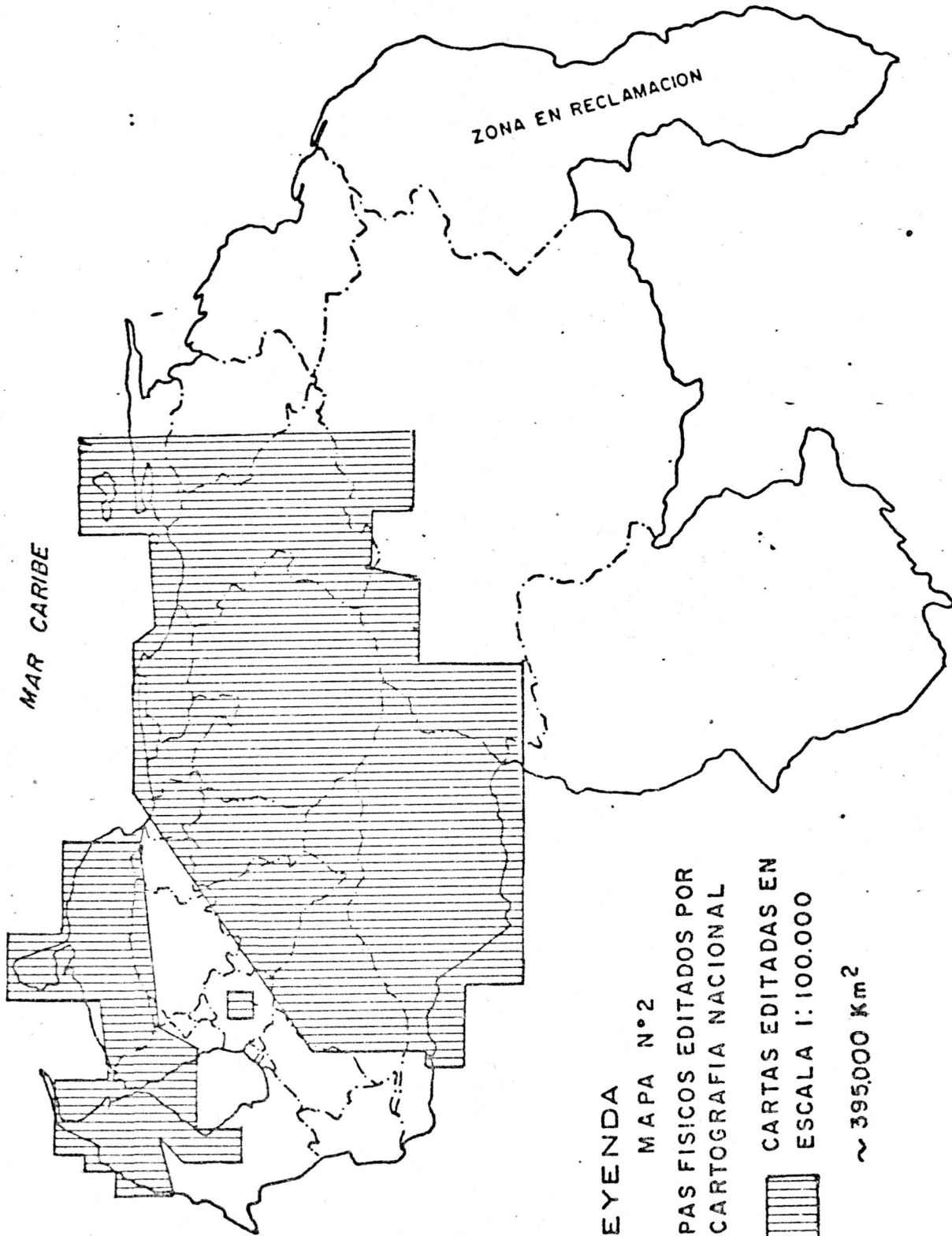


LEYENDA
MAPA N° 1
MAPAS FISICOS EDITADOS POR
CARTOGRAFIA NACIONAL

CARTAS EDITADAS EN
ESCALA 1:25.000
~ 100.000 Km²

CARTAS EN COPIAS
HELIOGRAFICAS EN
ESCALA 1: 25.000
~ 490.000 Km²

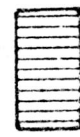




LEYENDA

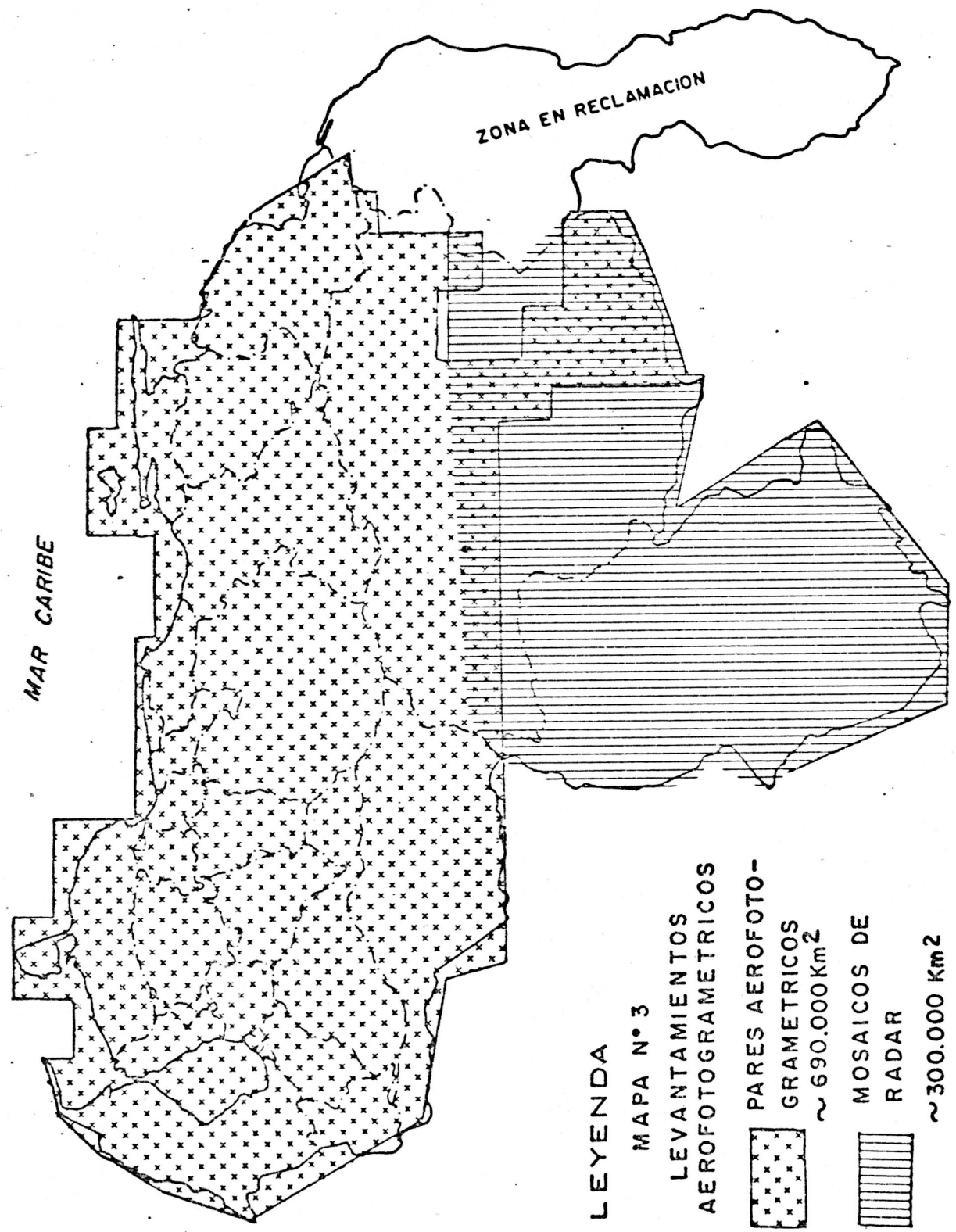
MAPA N° 2

MAPAS FISICOS EDITADOS POR
CARTOGRAFIA NACIONAL




CARTAS EDITADAS EN
ESCALA 1:100.000

~ 395.000 Km²



LEYENDA
MAPA N° 3
LEVANTAMIENTOS
AEROFOTOGRAMETRICOS

 **PARES AEROFOTO-**
GRAMETRICOS
~ 690.000 Km²


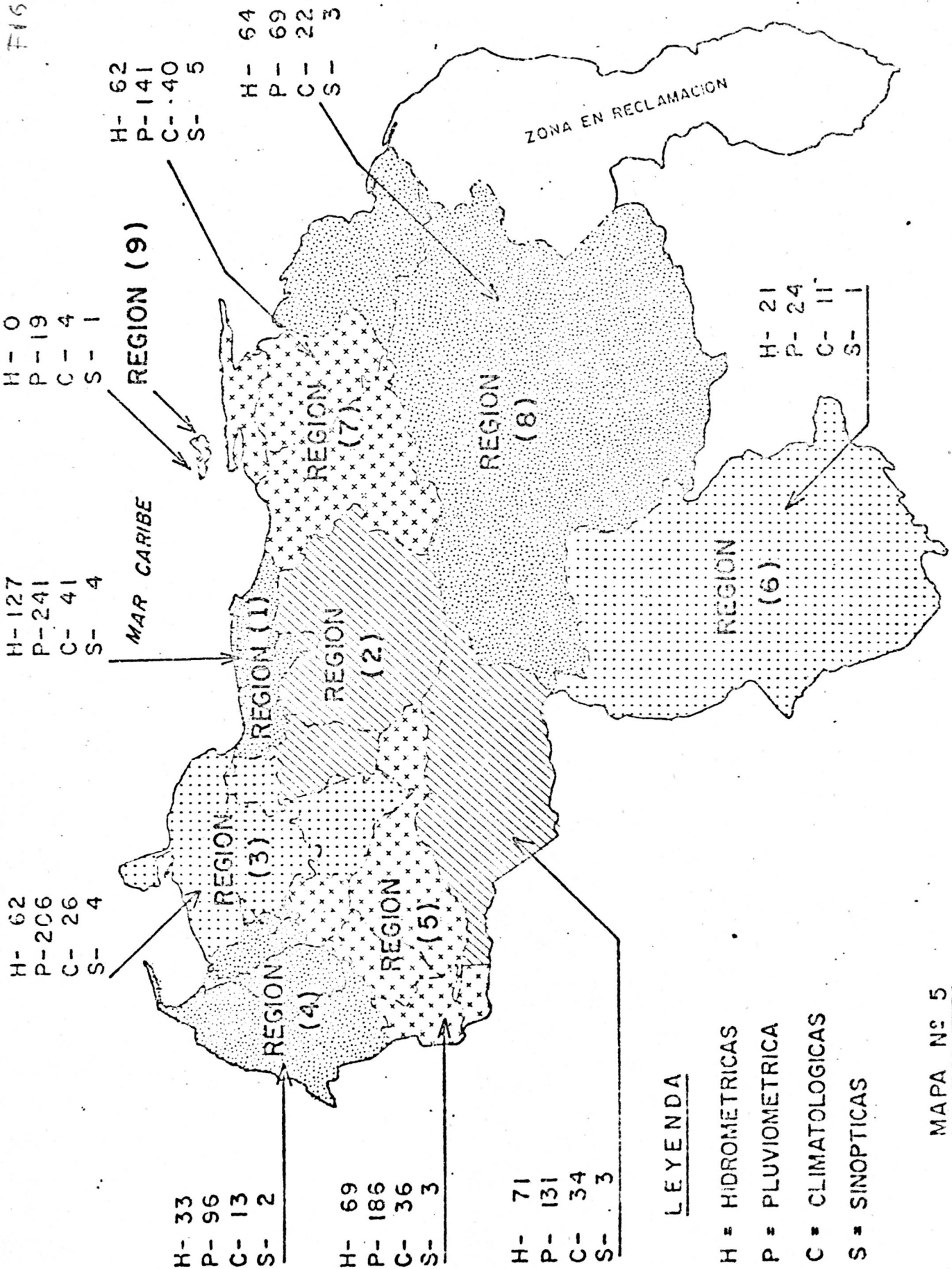
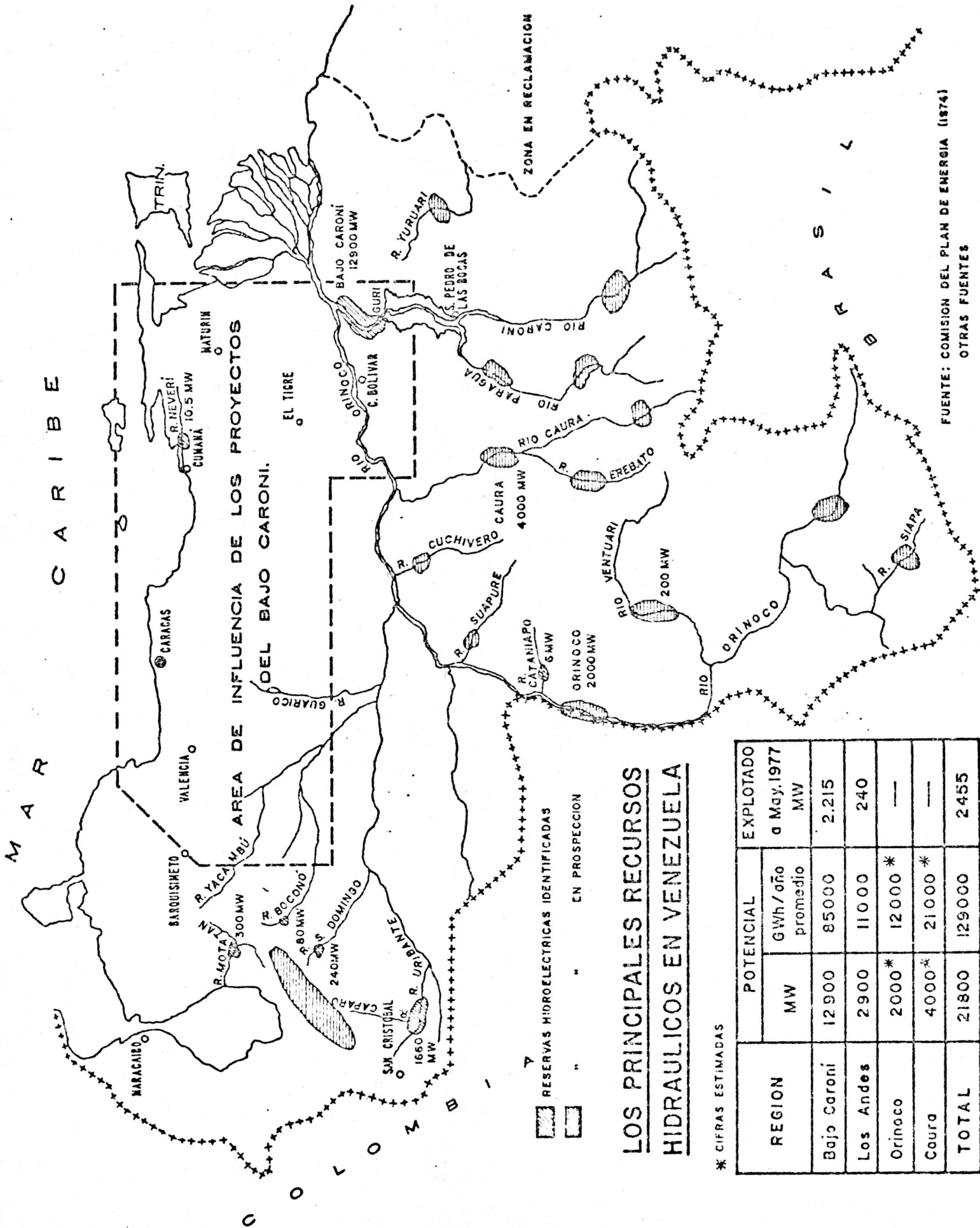
 **MOSAICOS DE**
RADAR
~ 300.000 Km²

FIG. 16





FUENTE: COMISION DEL PLAN DE ENERGIA (1974)
OTRAS FUENTES

* CIFRAS ESTIMADAS

REGION	POTENCIAL		EXPLOTADO a May. 1977 MW
	MW	GWh/año promedio	
Bajo Caroni	12900	85000	2.215
Los Andes	2900	11000	240
Orinoco	2000*	12000*	—
Caura	4000*	21000*	—
TOTAL	21800	129000	2455

CUADRO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS

RIO	SITIO	POTENCIA MW	ENERGIA GWh	OTRO PROPOSITO	SITUACION ACTUAL
CARONI	GURI	8750	50000		EN EJECUCION } FASE } PREFACTIBILIDAD
CARONI	TOCOMA (1)	1080	35000		
CARONI	CARUACHI (1)	1760			
CARONI	MACAGUA (1)	1315			
ESQUEMA					
URIBANTE -	LA HONDA - SAN AGATÓN	400	832		FASE DE PROYECTO
DORADAS -	LAS CUEVAS - LA COLORADA	540	1155		
CAPARO	BORDE SECO - LA VENTOSA	720	1191		PROYECTO TERMINADO
MUCUJUN		20	100		FASE DE PROYECTO
BOCONO -		60	340	RIEGO	
TUCUPIDO					
MOTATAN	AGUA VIVA	30	134	RIEGO	FASE DE ESTUDIO
	(como idea)	320	721	REBOMBEO	
SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO	240	960		
CATANIAPÓ					
		6	28		EN EJECUCIÓN
VENTUARI	SALTO TENCUA	60	?		PRELIMINAR
	SALTO OSO	140	?		
ORINOCO	ATURES - MAIPURE	2000	10000	INTERNACIONAL RIEGO REBOMBEO	PRELIMINAR (solo idea)
COJEDES-SARARE	LAS PALMAS - MAJAGUA	2000 ?	??		
CAURA (2)	SALTO PARA	4000	21000		FASE DE ESTUDIO

(1) No se ha estimado el posible nuevo potencial con la mayor regulación en GURI a cota 270 de embalse
 (2) COPLANARI ha estimado un potencial bruto de 7000 MW

PROYECCION DEL CONSUMO DE ENERGIA Y DE PRODUCCION DE ELECTRICIDAD EN VENEZUELA

1975 - 2000

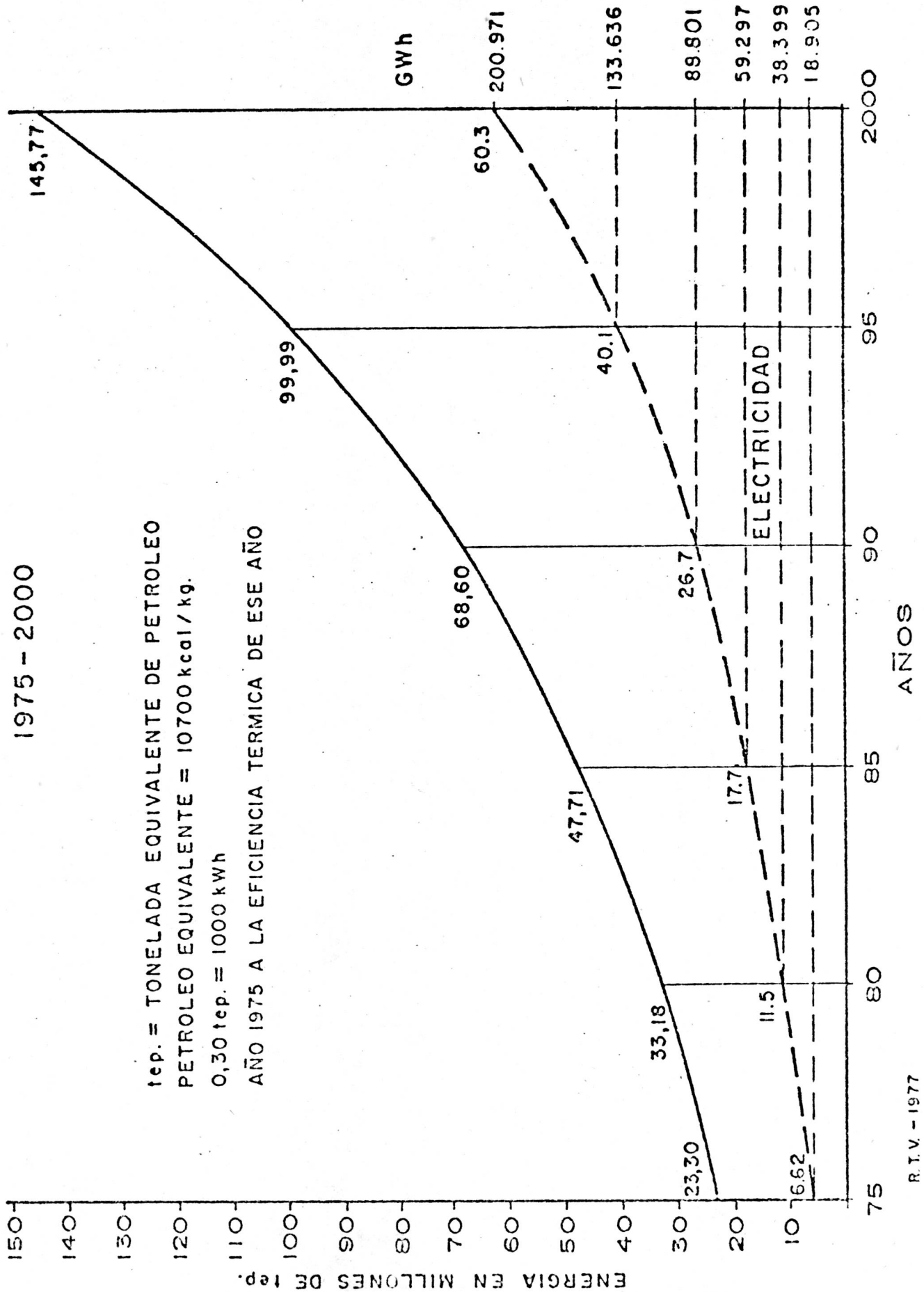


FIG. 19

PARTICIPACION DE LA HIDROELECTRICIDAD EN LA PRODUCCION TOTAL DE ENERGIA ELECTRICA

1971-2000

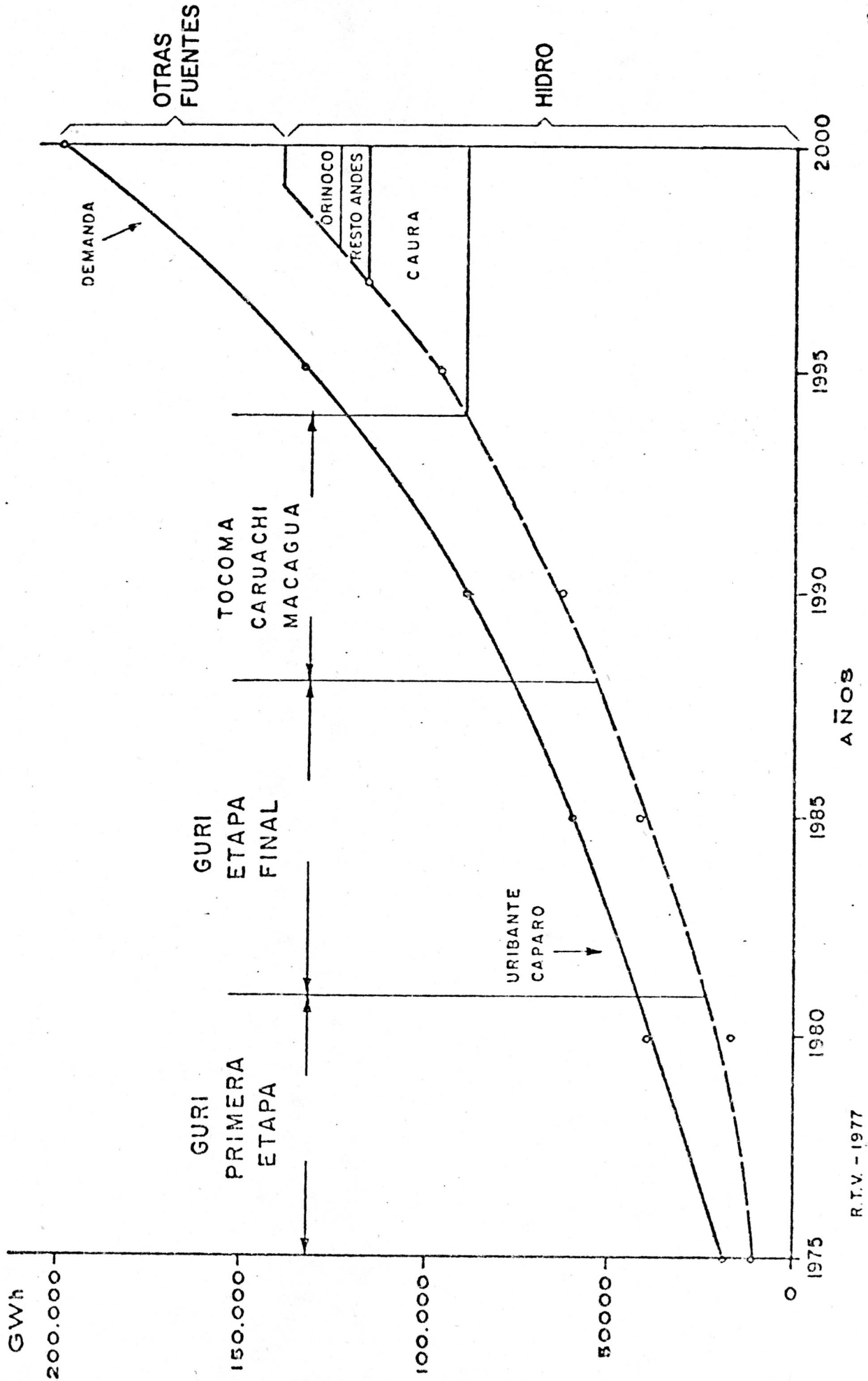


FIG. 20

ENERGIA NECESARIA ADICIONAL A LA HIDROELECTRICA PARA GENERAR

ELECTRICIDAD EN EL PERIODO 1975-2000 (POR QUINQUENIOS)

	PRODUCCION TOTAL DE ELECTRICIDAD (MILLONES DE TER)	HIDROELECTRICIDAD (MILLONES DE TER)	OTRAS FUENTES (MILLONES DE TER)	OTRAS FUENTES EN MILL. DE M ³ (bbi) DE PET. EQUIV.
1975-79	40,9	20,6	20,3	22,4(140,9)
1980-84	69,1	40,7	28,4	31,3(197,2)
1985-89	105,2	75,8	29,4	32,4(204,1)
1990-94	157,9	111,5	46,4	51,2(322,1)
1995-99	237,6	166,5	71,1	78,5(493,6)
TOTAL 1975-1999	610,7	415,1	195,6	215,9(1358,0)
AÑO 2000	60,3	39,6	20,7	22,8(143,7)

EXPERIENCIA DE EDELCA EN LA OPERACION DE TURBO-ALTERNADORES HIDROELECTRICOS

FACTOR DE SALIDA FORZADA
FACTOR DE DISPONIBILIDAD

AÑO	GENERADORES MACAGUA		GENERADORES GURI	
	FACT. SAL. FORZADA	DISPONIB.	FACT. SAL. FORZADA	DISPONIB.
1970	0,3378	90,03	1,0599	92,09
1971	0,2388	88,42	0,1649	95,91
1972	0,2170	96,22	0,2020	96,23
1973	0,1897	99,12	7,7431	90,36
1974	0,0093	99,40	0,1056	95,84
1975	0,0521	95,49	0,1496	90,66
70-75	0,1741	94,78	1,5709	93,52
			* (0,3364)	

* SIN INCLUIR AÑO 1973

FACTOR DE SALIDA FORZADA % = $\frac{\text{Horas de Salida Forzada}}{\text{Horas de Salida Forzada} + \text{Horas en Servicio}} \times 100$

FACTOR DE DISPONIBILIDAD % = $\frac{\text{Horas Disponibles}}{\text{Horas Periodo}} \times 100$

HORAS DISPONIBLES = HORAS EN SERVICIO + HORAS EN BAJA CARGA

HORAS PERIODO = TIEMPO DE INSTALADA LA UNIDAD (87604 = 1 AÑO)

VALOR DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO DEL PAIS

SI TUVIERAMOS QUE GENERAR EN PLANTAS TERMOELECTRICAS LA CANTIDAD DE ENERGIA ELECTRICA QUE SE HA ESTIMADO PODRIAN GENERARSE EN PLANTAS HIDROELECTRICAS, ES DECIR 129.000 MILLONES DE KWH ANUALES, HABRIA NECESIDAD DE QUEMAR CADA AÑO APROXIMADAMENTE: 34,85 MILLONES DE METROS CUBICOS DE PETROLEO (218 MILLONES DE BARRILES) O SEA UN 27 POR CIENTO DEL TOTAL DE PETROLEO QUE SE EXPORTA ANUALMENTE. (1)

EL VALOR DE ESE PETROLEO PUEDE ESTIMARSE EN BOLIVARES 9374 MILLONES. (2) (MILL. \$ 2180,0)

(1) SE SUPONE UNA EFICIENCIA DE CONVERSION EN LAS PLANTAS TERMICAS DE 33% (3720,5 kWh/m³)

(2) SE SUPONE UN PRECIO DE VENTA DE BOLIVARES 270 POR METRO CUBICO (\$ 10,0 / bl.)