

CEER — X-086

LA SITUACION ENERGETICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO

por

DR. JUAN A. BONNET, JR.

DIRECTOR

Y

SR. WILLIAM OCASIO

CIENTIFICO, OFICINA DE ANALISIS Y AVALUO ENERGETICO

CENTRO PARA ESTUDIOS ENERGETICOS Y AMBIENTALES

Universidad de Puerto Rico

LA SITUACION ENERGETICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO

por

Dr. Juan A. Bonnet, Jr.
Director

Y

Sr. William Ocasio

Científico, Oficina de Análisis y Avalúo Energético

Centro para Estudios Energéticos y Ambientales
Universidad de Puerto Rico

LA SITUACION ENERGETICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO

Por: Juan A. Bonnet, Jr.
y William Ocasio

ABSTRACTO

Puerto Rico, a la vez que goza del ingreso per cápita segundo más alto de Latinoamérica, sostiene el mayor consumo de energía per cápita.

La Isla carece de recursos energéticos conocidos no renovables, pero cuenta con amplios recursos energéticos renovables.

En este trabajo se discute el desarrollo histórico de la situación energética y su estado actual incluyendo aspectos tecnológicos, sociales y económicos. Se explican en detalle los esfuerzos ya iniciados que incluyen la creación del Centro para Estudios Energéticos y Ambientales; la Oficina de Energía y el ordenamiento del Plan de Política Energética; el Plan de Conservación de Energía; medidas legislativas especiales y otros. También se discuten los esfuerzos realizados para desarrollar fuentes renovables como la solar, océano térmica, biomasa, eólica y otras. La transición de una sociedad basada en costos bajos de energía a una de escasez es analizada tomando en consideración los efectos que ésta tiene sobre la demanda y oferta de la energía.

* El Sr. Juan A. Bonnet, Jr. posee un PhD en Ingeniería Nuclear de la Universidad de Michigan y es Director del Centro para Estudios Energéticos y Ambientales (CEEA) de la Universidad de Puerto Rico. Es miembro de la Academia de Arte y Ciencia de Puerto Rico, Academia de Ciencia de Nueva York, Tau Beta Phi y Sigma Xi. En adición es Presidente de la Junta Examinadora de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores de Puerto Rico y Catedrático Asociado en el Colegio Universitario Tecnológico de Bayamón.

El Sr. William Ocasio es candidato a PhD en Economía del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y científico en la Oficina de Análisis y Avalúo Energético del CEEA.

LA SITUACION ENERGETICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO*

INTRODUCCION

La situación energética de Puerto Rico está en un período de transición como consecuencia de los aumentos en el precio mundial del petróleo. Esta transición se caracteriza por cambios en la estructura de la demanda y producción de energía y en la relación economía-energía. Ha ocurrido una reducción en el crecimiento del consumo de energía y se consideran alternativas al petróleo como fuente de combustible. Este cambio estructural ocurre de una forma u otra en todos los países panamericanos y refleja la transición de una sociedad basada en la energía barata a una donde la energía es cara. En esta ponencia examinaremos la naturaleza de estos cambios en Puerto Rico enfatizando el papel de la ciencia y tecnología en la realización de una nueva estructura energética en armonía con las metas nacionales de crecimiento económico, de eficiencia en la utilización de recursos, calidad ambiental y justicia social.

Antes de comenzar a discutir la naturaleza de los cambios en la situación energética, revisaremos la situación histórica y presentaremos algunos datos básicos sobre Puerto Rico. Puerto Rico es la menor de las Antillas Menores en la región del Caribe. Al examinar la Tabla 1 vemos cómo la isla acomoda en un área de 3,435 millas cuadradas una población de alrededor de 3.5 millones de habitantes. Con una población sobre mil habitantes por milla cuadrada la isla se coloca entre los países más densamente poblados en el mundo. Al presente no hay recursos naturales que se estén explotando comercialmente aunque sí hay depósitos conocidos de cobre y níquel y, en menos escala, de oro, plata, manganeso y otros. Estos recursos no se han explotado aún por razones económicas y ambientales. Se contempla la posibilidad de yacimientos petrolíferos en las cercanías de la costa norte de Puerto Rico y se hacen preparativos para llevar a cabo las primeras exploraciones durante esta década.

Los indicadores económicos señalan que no obstante el problema de la alta densidad poblacional y la escasez de recursos naturales, Puerto Rico tiene los más altos niveles de crecimiento económico en América Latina. El proceso político-económico de desarrollo en Puerto Rico resulta en un Producto Interno Bruto de 12.4 billones de dólares en el año fiscal 1979. Esto refleja un crecimiento anual real en el Producto Interno Bruto de 3.8% en el período de 1974-79 y de 7.07% en el período del 1965-1974. El ingreso per cápita es de \$2,694 y el empleo total es de 831,000 personas.

* Este trabajo se presentó originalmente como Ponencia Nacional de Puerto Rico durante la Semana Internacional de la Ingeniería celebrada en Ciudad México, México del 19 al 25 de octubre de 1980.

ASPECTOS HISTORICOS

Este progreso económico y social logrado se debió en gran parte a la transformación de una economía agrícola a una economía industrial de manufactura, por medio de un programa dinámico de industrialización. Este programa se conoció como "Manos a la Obra" e incluyó como atractivo para atraer capital a la isla incentivos contributivos industriales, una mano de obra abundante a bajo costo y una energía a precios menores que la del continente en los Estados Unidos. Estas condiciones atrajeron a la isla industrias tales como farmacéuticas, maquinaria electrónica, manufactura de ropa, petroquímicas y refinerías de petróleo.

Dada la disponibilidad de energía barata para Puerto Rico en la forma de petróleo crudo importado surge una estructura de demanda y producción de energía, antes de la crisis energética de 1973-74 basada en tres características fundamentales: el crecimiento del consumo de energía a ritmos superiores al crecimiento del Producto Interno Bruto y/o de la población; la dependencia casi exclusiva en el petróleo importado para la producción de energía, incluyendo la generación de electricidad; y la creciente importancia de las industrias de refinerías de petróleo y petroquímicas en la estructura económica de Puerto Rico.

TABLA 1

INDICADORES ECONOMICOS DE PUERTO RICO

| | | |
|------------------------------|--|-------------|
| Area | 3,435 millas ² | |
| Población | 3,534 millones (Est. 1980) | |
| Densidad Poblacional | 1,029 personas/milla ² (Est.1980) | |
| Producto Interno Bruto (PIB) | \$12,447.4 millones (1979) | |
| Crecimiento del PIB | (1974-79) | (1965-1974) |
| Precios Constantes | 3.8% | 7.0% |
| Precios Corrientes | 9.9% | 11.5% |
| Ingreso Per Cápita | \$ 2,694 (1980) | |
| Empleo Total | 831 mil | |

Fuentes: Datos Básicos: Progreso en Puerto Rico, marzo 1980, Banco Popular de Puerto Rico; Ingreso y Producto, 1979 y Junta de Planificación de Puerto Rico.

En la Tabla 2 podemos examinar el crecimiento en la demanda o consumo total de energía para Puerto Rico desde el 1950 hasta el 1978. Notamos que hasta el año 1973 hubo un crecimiento ininterrumpido en el consumo total de energía, en el consumo per cápita y en la razón energía a Producto Interno Bruto (PIB). En particular podemos examinar el período 1966-1974 donde el consumo total de energía aumentó desde 19.4 hasta 54.9 millones de barriles. Esto equivale a una tasa de crecimiento anual promedio de 14.0%, en comparación con una tasa real de crecimiento en el Producto Interno Bruto de 6.5%. Si estimamos para este período una regresión, en forma logarítmica entre el Consumo Total de Energía y el PIB a precios del 1954 obtenemos el siguiente resultado:

$$\text{logaritmo (ln) del Consumo Energía} = 11.28 + 1.84 \ln \text{ PIB}$$

$$r^2 = 0.958$$

El coeficiente de la variable PIB de 1.84 es una medida de la elasticidad del consumo total de energía con respecto al crecimiento de la actividad económica. El crecimiento económico de Puerto Rico estaba asociado con una utilización cada vez más intensa de energía. En esta forma Puerto Rico se convierte en el país número 27 en cuanto a consumo per cápita de petróleo.

Conjuntamente con el crecimiento en la actividad económica y como respuesta a la demanda por energía, la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico, anteriormente la Autoridad de Fuentes Fluviales, creció desde su establecimiento en 1941 como un pequeño sistema en la que tres cuartas partes de la producción eléctrica era generada por facilidades hidroeléctricas hasta una que depende de un noventa y nueve por ciento en unidades termoeléctricas que utilizan petróleo. En la Figura 1 señalamos el crecimiento en la producción de electricidad entre 1935-1978 en billones de kilovatio-horas y en la Figura 2 la capacidad total instalada, la demanda máxima y crecimiento del Producto Interno Bruto en Puerto Rico. Estas dos figuras nos muestran la estabilidad en el crecimiento de la generación de electricidad y la demanda máxima hasta el 1974.

Dada la escasez de recursos hidroeléctricos en la isla y la disponibilidad del combustible residual obtenido del petróleo a precios bajos, el programa de expansión de la Autoridad se basó en la utilización de plantas termoeléctricas utilizando petróleo como combustible. Este programa de expansión utilizó las innovaciones tecnológicas en los sistemas de generación y distribución de electricidad facilitando la explotación de economías de escala.

Tabla 2

CONSUMO DE ENERGIA EN PUERTO RICO - 1966-79

| Año Fiscal | MILLONES BARRILES (BBL) DE PETROLIO | | | Población ⁵ millones | BBL Capita | PIB ⁶ millones \$ (precios de 1954) | Consumo (bbl) millones \$ PIB |
|------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------|--|-------------------------------|
| | Electricidad ¹ | Gasolina & Diesel ² | Industria y otros ³ | | | | |
| 1966 | 6.6 | 8.0 | 4.8 | 2.603 | 7.45 | 2,329 | 8,330 |
| 1967 | 7.58 | 8.86 | 5.2 | 2.623 | 8.24 | 2,475 | 8,743 |
| 1968 | 9.20 | 9.43 | 5.7 | 2.650 | 9.18 | 2,593 | 9,383 |
| 1969 | 9.90 | 10.40 | 6.2 | 2.685 | 9.87 | 2,692 | 9,844 |
| 1970 | 11.38 | 11.60 | 6.8 | 2.711 | 10.98 | 3,068 | 9,707 |
| 1971 | 13.78 | 12.56 | 7.4 | 2.747 | 12.28 | 3,277 | 10,296 |
| 1972 | 16.59 | 14.40 | 8.0 | 2.823 | 13.81 | 3,501 | 11,137 |
| 1973 | 20.29 | 16.70 | 8.71 | 2.910 | 15.70 | 3,790 | 12,058 |
| 1974 | 20.22 | 17.15 | 17.53 | 2.991 | 18.35 | 3,787 | 14,497 |
| 1975 | 18.22 | 15.25 | 23.63 | 3.076 | 18.56 | 3,691 | 15,470 |
| 1976 | 20.69 | 16.27 | 17.79 | 3.167 | 17.28 | 3,838 | 14,265 |
| 1977 | 22.56 | 16.75 | 18.14 | 3.266 | 17.59 | 4,076 | 14,095 |
| 1978 | 23.86 | 17.74 | 20.50 | 3.338 | 18.60 | 4,294 | 14,462 |
| 1979 | -- | -- | -- | 3.470 | 17.99 | 4,566 | 13,677 |

Fuentes de Información:

¹ Autoridad de Energía Eléctrica, Oficina de Combustible

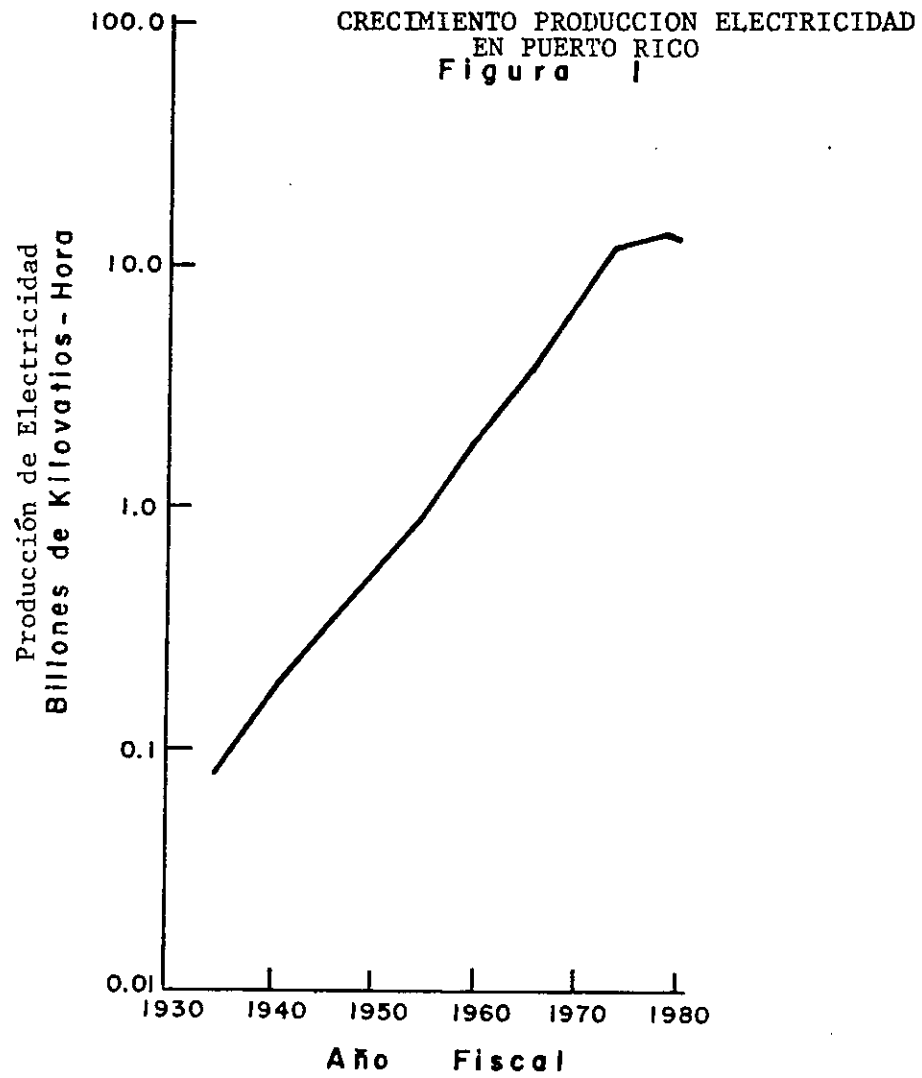
² Departamento de Hacienda y Departamento de Transportación y Obras Públicas

³ Estimados por los autores. Los totales para los años naturales 1972-1979 fueron suplidos por la Oficina de Energía de los cuales se calcularon los usos industriales. Para los años 1966-71 se presumió un 9% de incremento anual con una base de 25% industrial en el 1966.

⁴ Totales para años naturales 1972-79 suplidos por la Oficina de Energía y convertidos a años fiscales

⁵ Junta de Planificación

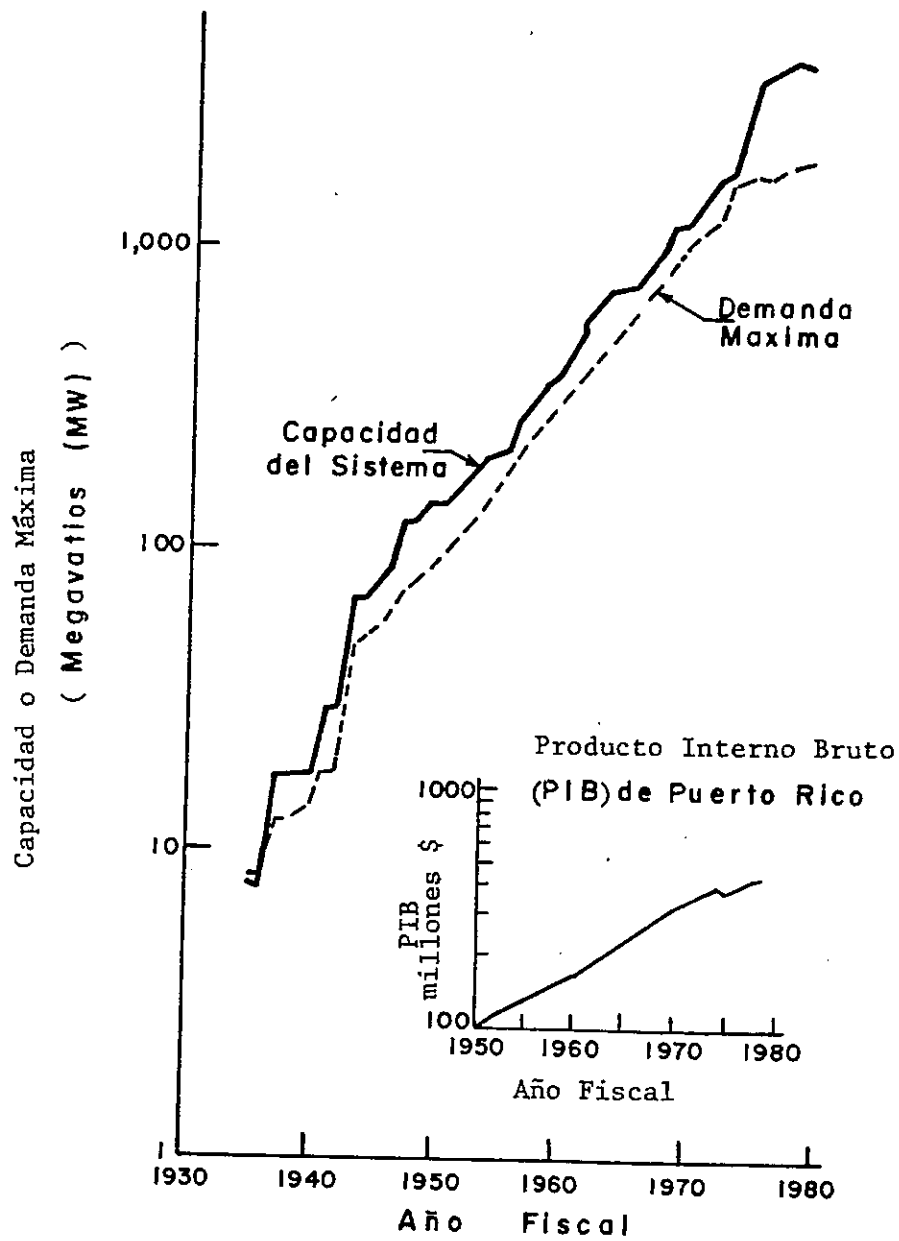
⁶ PIB = PRODUCTO INTERNO BRUTO



Fuente: Autoridad de Energía Eléctrica.

CAPACIDAD ELECTRICA TOTAL INSTALADA Y DEMANDA MAXIMA EN PUERTO RICO

Figura 2



Fuente: Energy in Puerto Rico's Future; National Academy of Sciences, 1980

Hasta mediados de la década de los 50 los requisitos internos para productos refinados - gasolina para transportación y combustible residual para generación de electricidad y para usos industriales - eran suplidos por importaciones. Pero la disponibilidad del crudo de Venezuela a precios inferiores, 30% por debajo del continente norteamericano, creó un incentivo para el establecimiento de pequeñas refinerías. A mediados de la década éstas se establecieron para llenar la creciente demanda insular por productos refinados del petróleo. La exención contributiva sobre ingreso, propiedad e impuestos municipales establecidos bajo el programa de "Manos a la Obra" y el programa del gobierno de E.E. U.U. de cuotas de importación del petróleo crudo, el cual le daba trato preferencial a Puerto Rico a partir del 1965, ofrecieron un fuerte estímulo gubernamental para el desarrollo y crecimiento de las refinerías. En el 1956 la capacidad de las refinerías en la isla era de 33,000 barriles de petróleo por día; para fines de la década del 70 estas habían alcanzado una capacidad de aproximadamente 290,000 barriles por día no solo llenando las necesidades domésticas sino para exportación a los E.E. U.U. continentales.

Paralelo al desarrollo de las refinerías ocurrió el desarrollo de la industria petroquímica. La ventaja absoluta en el precio del crudo y nafta importado sobre el de Estados Unidos conjuntamente con la política gubernamental basada en exenciones contributivas y las cuotas de importación arriba mencionadas sirvieron como fuerte estímulo para que los productos petroquímicos llegasen a constituir una parte significativa de la capacidad total en los Estados Unidos. En la Tabla 3 podemos ver cómo la capacidad de producción de Puerto Rico comparada con la capacidad total de Estados Unidos para productos petroquímicos principales varía entre 5.1% para etileno hasta 32.2% para orto-xileno. La Tabla 4 nos ofrece una relación del tamaño de las refinerías en Puerto Rico comparada a otras del Caribe. En la Figura 3 presentamos un diagrama de la industria de refinería y petroquímicas de Puerto Rico.

Hasta ahora hemos examinado por separado la situación histórica de tres de los componentes de la estructura energética de Puerto Rico antes de 1973: el rápido crecimiento del consumo, el programa de expansión de la capacidad de la generación de electricidad y el crecimiento de las industrias de refinería de petróleo y petroquímicas. Pero los tres componentes en realidad están completamente interrelacionados. El desarrollo de las refinerías y petroquímicas aumentó considerablemente la demanda por electricidad, aumentando así el consumo energético total y la necesidad de expansión del sistema eléctrico. Por otro lado las refinerías dependen considerablemente para sus ventas del consumo energético de Puerto Rico incluyendo la demanda por gasolina para la transportación y la demanda de combustible residual para la generación de electricidad.

Tabla 3

10

CAPACIDAD DE PRODUCCION DE CIERTOS PRODUCTOS QUIMICOS
MANUFACTURADOS EN PUERTO RICO Y EN LOS ESTADOS UNIDOS
(en millones de libras anuales)

| Producto | Capacidad en Puerto Rico | Capacidad total en E.U. | Por ciento del total en Puerto Rico |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---|
| Benceno* | 355 | 2,263 | 15.7 |
| Ciclohexano | 137 | 481 | 28.4 |
| Para-xileno | 1,170 | 5,735 | 20.4 |
| Orto-xileno | 437 | 1,355 | 32.2 |
| Etileno | 1,800 | 35,015 | 5.1 |
| Glicol de Etileno | 1,075 | 6,825 | 15.8 |
| Monómero de Cloruro de Vinilo | 500 | 8,295 | 6.0 |

* Millones de galones anuales

Fuente: The Pace Company, Refining and Petrochemicals in Puerto Rico,
enero, 1979.

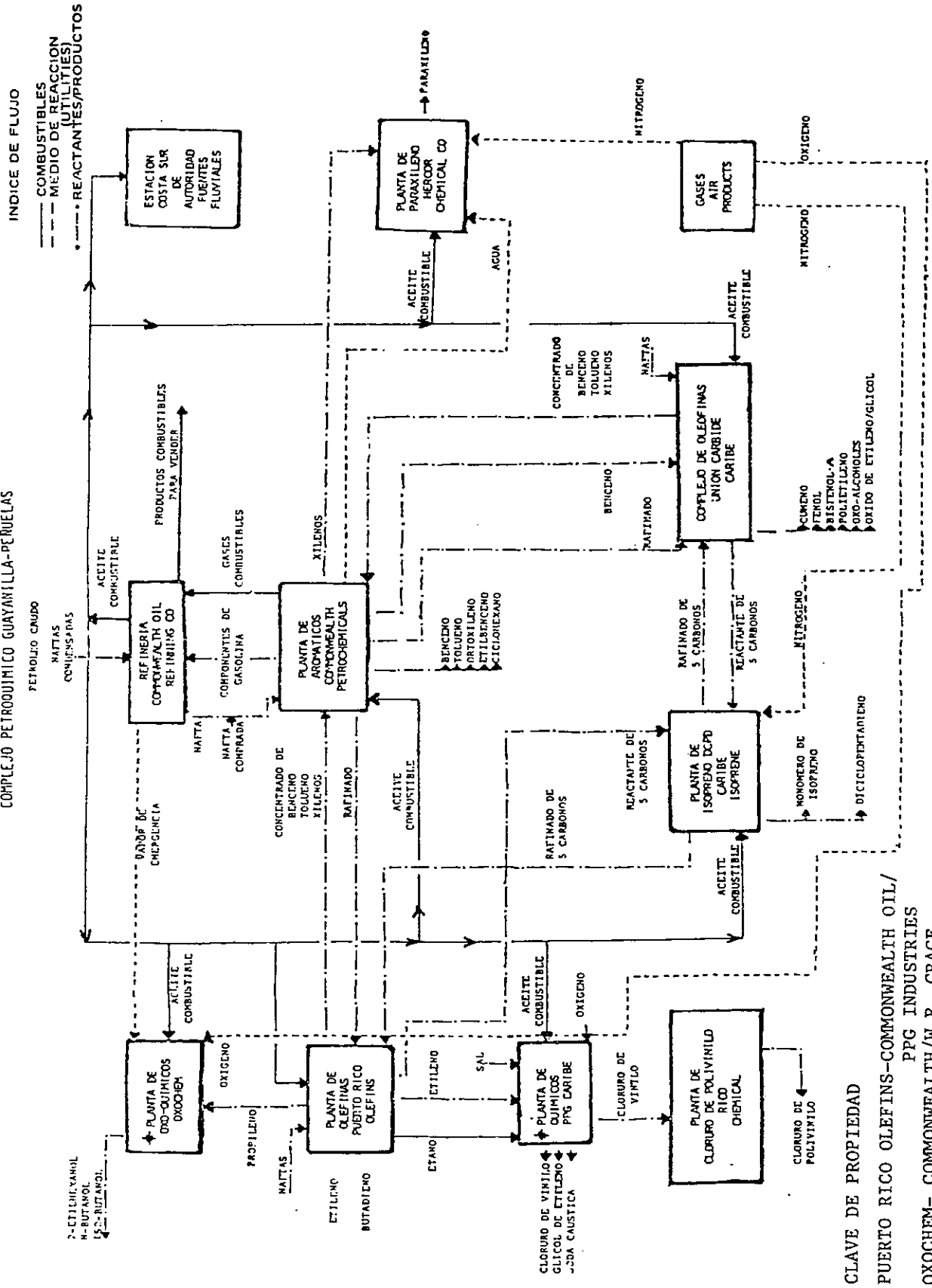
Tabla 4

CAPACIDAD NOMINAL DE LAS REFINERIAS DE PETROLEO
EN EL CARIBE Y MEJICO

| País | Capacidad (miles de barriles por día) |
|--------------------------|--|
| 1) Venezuela | 1,445.5 |
| 2) Méjico | 1,243.5 |
| 3) Antillas Holandesas | 842.0 |
| 4) Islas Vírgines | 782.0 |
| 5) Bahamas | 500.0 |
| 6) Trinidad-Tobago | 461.0 |
| 7) Puerto Rico | 284.0 |
| 8) Colombia | 165.0 |
| 9) Panamá | 100.0 |
| 10) República Dominicana | 46.5 |
| 11) Jamaica | 32.6 |
| 12) El Salvador | 16.5 |
| 13) Nicaragua | 14.9 |
| 14) Guatemala | 14.0 |
| 15) Honduras | 14.0 |
| 16) Martinica | 11.9 |
| 17) Costa Rica | 10.0 |
| 18) Barbados | 3.0 |
| TOTAL | 5,986.4 |

Fuente: Petroleum Publishers, 1978. International Petroleum Encyclopedia.

FIGURA 3
COMPLEJO PETROQUIMICO GUAYANILLA-PUERTO RICO



CLAVE DE PROPIEDAD
 PUERTO RICO OLEFINS-COMMONWEALTH OIL/
 PPG INDUSTRIES
 OXOCHEM- COMMONWEALTH/W.R. GRACE
 HERCOR - COMMONWEALTH/HERCOFINE*
 CARIBE ISOPRENE-NIPPON ZEON/MITSUBISHI/COMMONWEALTH OIL
 RICO CHEMICAL - FORMOSA PLASTICS/VASSALLO

* Proyecto conjunto de Hercules and American Petrofina
 † Recientemente cerrada, futuro incierto

El sector energético de la isla influyó grandemente en el crecimiento económico a la vez que formó parte del mismo. Los siguientes factores muestran evidencia de la importancia de la relación energía-economía para Puerto Rico:

(1) La Commonwealth Oil Refining Company, CORCO, fue una de las primeras compañías manufactureras en establecerse en la isla bajo el programa de desarrollo económico. Para el 1974 se había convertido en la empresa industrial individual más grande de Puerto Rico y una de las refinerías de petróleo y manufactureras de petroquímicas independientes más grandes del mundo.

(2) Para 1974 la industria de refinerías y petroquímica se había convertido en la primera industria manufacturera en Puerto Rico en cuanto al valor de la producción total y la cuarta después de la industria química, de alimentos y de ropa, en cuanto a valor añadido o ingreso neto de la manufactura. El valor original de la inversión en Puerto Rico de la industria petroquímica y de refinerías alcanzó alrededor de 1.3 billones de dólares.

(3) La inversión y producción generada por la industria de las refinerías y petroquímicas, y por la industria de generación eléctrica, no sólo tuvo un impacto directo sustancial sobre la actividad económica, sino que por el efecto multiplicador estimado en alrededor de 2, influyó indirectamente sobre la inversión, el empleo y la producción total en la isla.

(4) El efecto que tuvo el desarrollo de las industrias energéticas en Puerto Rico sobre el capital humano y la ingeniería constituyó un estímulo adicional para el desarrollo económico. Al existir una demanda por recursos humanos con preparación tecnológica se indujo en la isla una expansión en la enseñanza de la ingeniería y de otras disciplinas técnicas. Estos recursos humanos juegan un papel importante en el desarrollo y adaptación de cambios tecnológicos.

(5) La utilización de la energía ha sido un factor importante en el adelanto del desarrollo económico e industrial. Por ejemplo, estimados de la Oficina de Energía de Puerto Rico indican que el sector manufacturero, el más dinámico de la economía en términos de generación de ingresos, prácticamente triplicó su consumo de energía eléctrica entre los años 1967 y 1972. El sector industrial también se benefició del establecimiento de una industria local de petroquímicas y refinería al proveer el combustible necesario para alimentar las instalaciones industriales así como para proveer los productos petroquímicos requeridos en los procesos de manufactura.

AUMENTOS EN EL PRECIO DEL PETROLEO Y LOS EFECTOS EN EL COMERCIO EXTERIOR

La bonanza de industrialización y utilización de la energía barata terminó con la crisis energética de 1973-74. La ventaja de precio del crudo importado sobre el producido en Estados Unidos se convirtió en una desventaja con los aumentos en los precios de la OPEP. En la Tabla 5 vemos una comparación de los precios promedio del barril del petróleo crudo de Venezuela y de Estados Unidos entre 1970 y 1979. En el año 1971 el crudo de Venezuela estaba un 31.9% por debajo del precio del crudo de Estados Unidos. Pero para 1974 los precios del crudo importado habían aumentado a un factor de cuatro dándole así la ventaja de precio al crudo norteamericano.

Tabla 5

PRECIOS PROMEDIO DEL PETROLEO CRUDO
(Dólares por Barril)

| Año | País Exportador | |
|------|-----------------|----------------|
| | Venezuela | Estados Unidos |
| 1970 | 2.34 | 3.18 |
| 1971 | 2.31 | 3.39 |
| 1972 | 2.79 | 3.39 |
| 1973 | 3.09 | 3.89 |
| 1974 | 11.61 | 6.87 |
| 1975 | 11.65 | 7.67 |
| 1976 | 11.80 | 8.19 |
| 1977 | 13.13 | 8.57 |
| 1978 | 12.83 | 9.00 |
| 1979 | 18.18 | 12.64 |

Fuentes: Monthly Energy Review, U.S. Department of Energy. Varios.

Este aumento en precio también se extendió a otros productos del petróleo importados a Puerto Rico. En la Tabla 6 presentamos datos sobre el precio promedio del crudo y nafta importados a Puerto Rico. Los datos disponibles para enero de 1980 muestran el precio promedio del crudo en \$26.95 y el de nafta en \$42.50.

Tabla 6

PRECIOS PROMEDIOS DE LAS IMPORTACIONES DEL CRUDO Y NAFTA
(Dólares por Barril)

| Año Fiscal | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980* |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CRUDO | 12.30 | 13.30 | 13.80 | 14.70 | 24.00 |
| NAFTA | 14.00 | 14.30 | 14.60 | 21.30 | 35.90 |

* Hasta diciembre de 1979

Fuente: Oficina de Energía de Puerto Rico

La problemática se acentúa en el efecto de los aumentos de precios del petróleo sobre el valor de las importaciones de productos del petróleo y de la posición competitiva de las refinerías y petroquímicas. El valor monetario de las importaciones aumentó por 500% desde 1973 a 1977 aún cuando la importancia en términos físicos disminuyó de 129 a 125 millones de barriles anuales. Las importaciones netas, o sea la diferencia entre las importaciones y exportaciones, aumentaron durante el mismo período, en un 900%. El valor de las importaciones netas como porcentaje del Producto Interno Bruto aumentó del 2% al 14.1/2% durante el mismo período.

El efecto que tiene el aumento del petróleo sobre los varios sectores de la actividad económica en Puerto Rico está ilustrado en un estudio realizado por CEEA⁹ en términos del efecto en el índice de precios inducido por un cambio de 400% en el precio del petróleo. Según se desprende de este estudio la minería, construcción, transporación y electricidad son severamente impactados.

Conjuntamente con el cambio en el nivel de las importaciones ha ocurrido un cambio en la estructura por país de origen. Tradicionalmente Venezuela suplía más de un 90 por ciento de nuestras importaciones de crudo. Como nos muestra la Tabla 7 a partir del 1974 el Mediano Oriente y otros países y más recientemente los Estados Unidos, están supliendo parte de estas necesidades.

Este aumento en el valor de las importaciones de petróleo y productos derivados ha tenido un efecto adverso sobre la situación económica de la isla. Ha sido un factor principal en la alta tasa de

inflación que ha experimentado la isla. Ha tenido el efecto de disminuir el ingreso real y conjuntamente con el control de precios del petróleo norteamericano ha eliminado la ventaja competitiva de las refinerías y petroquímicas en el mercado norteamericano.

La posición económica de la industria de refinerías y petroquímicas depende grandemente de la política de gobierno de los Estados Unidos. Al controlarse el precio del crudo doméstico se creó e implementó un programa de "derechos" (entitlements, en inglés) encaminados a equiparar los costos entre la industria que utiliza petróleo doméstico y la que utiliza petróleo importado. Este programa se aplicó a derechos del crudo y nafta y se extendió a Puerto Rico. Pero aún con el programa de derechos de petróleo y nafta o con la presente política del gobierno federal del descontrol de precios, la industria petroquímica y de refinerías se mantiene en desventaja con respecto a la industria situada en el Golfo de México.

Se han llevado a cabo varios estudios que evalúan la posición competitiva de la industria de refinerías y petroquímicas en Puerto Rico. Entre estos están dos estudios de Arthur D. Little, Inc. y uno de Pace Company, Consultants & Engineers, Inc. Puerto Rico y el Golfo de México de los Estados Unidos compiten por el mercado de productos petroquímicos en la costa este de los Estados Unidos. En la Tabla 8 se obtiene una comparación de costos para dos plantas produciendo el mismo volumen de productos. El estudio muestra una desventaja competitiva considerable para Puerto Rico con respecto al Golfo de México. Los costos de la materia prima (nafta y aceite), electricidad, combustible y vapor, y transportación son mayores en Puerto Rico. Sin embargo, los estudios pronostican que los costos aumentarán más rápidamente en el futuro para el Golfo de México, reduciéndose el diferencial de costo.

Al ocurrir el cambio relativo en la posición competitiva de las petroquímicas de Puerto Rico, varias plantas cierran sus operaciones disminuyendo así tanto la producción total como las exportaciones de productos petroquímicos.

Además de las refinerías y las petroquímicas otras industrias como la manufactura, la agricultura y el turismo vieron sus posiciones competitivas afectadas adversamente por el aumento en el precio del petróleo.

IMPORTACIONES DE CRUDO DE LAS REFINERIAS EN PUERTO RICO, POR PAIS DE ORIGEN
Años Naturales Seleccionados
(Miles de Barriles)

| País de Origen | 1972 | 1974 | 1977 | 1978 |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| Venezuela | 65,920.0 | 35,013.9 | 31,412.8 | 26,233.4 |
| Mediano Oriente | 1,404.7 | 22,122.4 | 22,717.7 | 11,258.2 |
| Estados Unidos | --- | --- | 534.8 | 13,075.1 |
| Otros Países | 3,563.4 | 17,045.8 | 23,031.8 | 26,706.3 |
| TOTAL | 70,888.1 | 74,182.1 | 77,697.1 | 77,273.0 |

Fuente: Oficina de Energía de Puerto Rico

Tabla 8

COMPARACION DE COSTOS DE OPERACION ANUAL
DE COMPLEJO PETROQUIMICO, 1974 Y 1977
(Millones de dólares)

| Factores | 1974 | | 1977 | |
|-------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | E.E.U.U. | | E.E.U.U. | |
| | Puerto Rico | Golfo México | Puerto Rico | Golfo México |
| Materia prima | 160.6 | 143.5 | 400.0 | 374.5 |
| Electricidad | 42.2 | 13.0 | 68.5 | 24.4 |
| Combustible y vapor | 61.0 | 27.1 | 71.9 | 64.4 |
| Fuerza Obrera | 11.6 | 11.2 | 9.4 | 10.2 |
| Mantenimiento | 12.5 | 12.2 | 19.8 | 19.3 |
| Costo Fijo | 43.7 | 46.8 | 67.8 | 74.5 |
| Costo Total | 331.6 | 253.8 | 637.4 | 567.3 |
| Créditos por otros productos | (141.3) | (113.8) | (258.7) | (252.2) |
| Costo Neto de la Planta | 190.3 | 140.0 | 378.7 | 315.1 |
| Diferencial de transportación | 7.2 | | 20.2 | |
| Costo Neto Anual de Operación | 197.5 | 140.0 | 398.9 | 315.1 |

Fuente: Arthur D. Little, Inc. Comparative Cost Positions of the Puerto Rican Petrochemical Industry, 1974 y 1977.

POLITICA ENERGETICA E INNOVACIONES INSTITUCIONALES

La dependencia casi exclusiva en una sola fuente de energía que es el petróleo extranjero resultaba ser una solución eficiente y económica a las necesidades energéticas de la isla bajo condiciones y precios bajos. Sin embargo, esta misma dependencia se ha convertido en el problema energético fundamental para la isla. Puerto Rico no se ha mantenido inerte ante esta dificultad. El aumento sustancial y sostenido en el precio del petróleo ha resultado en una política energética encaminada hacia la conservación de energía y la reducción de la dependencia en el petróleo como combustible.

Esta política energética propone agilizar los cambios que están ocurriendo en la estructura energética de la isla. Los aumentos en precios del crudo son la fuerza motriz para la reducción en la dependencia del petróleo. Pero en un sistema de capitalismo mixto como el de Puerto Rico, con las imperfecciones e incertidumbres existentes en los mercados, el estímulo de los precios no resulta suficiente. Es necesario establecer una agencia gubernamental para coordinar los cambios en la estructura de la demanda y la producción y de esta manera agilizar los efectos de los precios sobre el mercado.

En el área de desarrollo de nuevas tecnologías de producción los esfuerzos del sector privado también tienen que ser complementados. Los conocimientos obtenidos mediante la investigación y el desarrollo tecnológico tienen carácter de bien público y deben ser estimulados por el sector gubernamental.

El gobierno de Puerto Rico ha respondido a la necesidad de establecer una agencia coordinadora al crear en el 1977 una Oficina de Energía adscrita a la Oficina del Gobernador. Esta institución tiene por finalidad el desarrollar la política energética de la isla. Por consecuencia la Oficina de Energía trabaja en coordinación con otras agencias involucradas en el campo de la energía como lo son el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico y la Autoridad de Energía Eléctrica. Existen unas 30 agencias del gobierno de Puerto Rico que tienen un interés o responsabilidad pública en el campo energético.

A fin de cumplir su misión y objetivos la Oficina de Energía ha producido un Plan de Política Energética de Puerto Rico. Entre las recomendaciones enmarcadas en este plan resaltan las siguientes: una estrategia de conservación de energía que a su vez esté expresada en un Plan de Conservación (el cual discutiremos más adelante) y una estrategia de diversificación en la utilización de la energía solar y fuentes renovables de energía, el gobierno de Puerto Rico ha asignado aproximadamente 5 millones de dólares como fondo de pareo.

Dentro del Plan de Política Energética de Puerto Rico las estrategias de conservación y de diversificación en el uso de fuentes alternas apuntan hacia una nueva estructura energética para la isla. El Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico juega un papel importante en esta nueva estructuración. Esta institución fue creada en 1976 bajo un contrato entre el Departamento de Energía de los Estados Unidos y la Universidad de Puerto Rico. El acuerdo provee fondos institucionales de aproximadamente 2 millones de dólares anuales para el desarrollo e investigación de fuentes renovables de energía propias para Puerto Rico. También se proveen fondos para estudiar las consecuencias ambientales de las fuentes de energía existentes y en desarrollo. El CEEA sirve así como laboratorio tropical no sólo a Puerto Rico, sino también a los Estados Unidos y a los países del Caribe y de la América Latina. Como un ejemplo de esta participación en el plano internacional el CEEA está envuelto junto a la Universidad de Delaware, en ayudar a la República de Panamá a planificar el desarrollo de fuentes alternas de energía.

La política energética de conservación y desarrollo de fuentes alternas de energía y diversificación de la producción pone de manifiesto la importancia de la ingeniería en el desarrollo de la nueva estructura energética. Para alcanzar los objetivos señalados en la política energética se hace imprescindible las innovaciones tecnológicas. Nathen Rosenberg, estudioso del proceso del cambio tecnológico, subraya la primacía de la ingeniería en el desarrollo y adaptación de innovaciones. Para poder alcanzar una mayor eficiencia en el consumo de energía y para poder adoptar alternativas energéticas viables y económicas necesitamos del ingeniero para adelantos en el diseño y en la producción. El ingeniero como agente innovador ayuda a señalar el camino específico en cuanto a técnicas de conservación y la producción. Como veremos al examinar los cambios tecnológicos ocurridos en la estructura de la demanda y de la producción ya se perfila esta función del ingeniero.

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LA DEMANDA

La demanda por energía bien sea en forma de electricidad, gasolina u otro combustible es una demanda derivada pues la energía no se consume como tal sino que se utiliza para producir otros bienes y servicios. Dentro de este contexto, podemos añadir la energía a la lista de factores de producción tradicionales como tierra, trabajo, capital, capacidad empresarial. De esta manera la demanda por energía como factor de producción surge de la demanda por el bien o el servicio en que ésta se utiliza. Pero la demanda por energía también depende de la eficiencia en su utilización y es aquí donde la energía juega un papel principal.

Frecuentemente se menciona la existencia de grandes ineficiencias en el consumo de energía. Pero estas ineficiencias surgen como un resultado

racional de la disponibilidad de energía barata. Al haber el incremento en el precio del petróleo aparece un incentivo para economizar el factor energía y sustituirlo por otro. Por ejemplo el calentador de agua solar conserva energía eléctrica pero es más intensivo en el factor capital. Por otro lado otra técnica para conservar electricidad en la producción de agua caliente es la de apagar el calentador cuando no se utiliza, siendo esta técnica más intensiva en el uso del factor trabajo.

La Oficina de Energía ha establecido una estrategia para estimular la conservación mediante el Plan de Conservación de Energía de Puerto Rico. La conservación se atempera a los planes de desarrollo económico de Puerto Rico al fomentar el uso más eficiente de los recursos. Se le ha dado prioridad a los programas que presentan una mayor oportunidad de ahorro. El plan cubre lo siguiente: la educación e información encaminadas a crear una ética de conservación; diseño de edificios, dirigidos a estimular la eficiencia en la iluminación y proveer normas de eficiencia térmica y auditorías energéticas; el sector gubernamental, incluyendo la reglamentación del uso de la energía por el propio gobierno, incluyendo compras de productos de consumo energético eficiente y medidas de conservación por parte de la compañía de electricidad; la transportación, incluyendo mejoras en la ingeniería del tránsito y promoción de incentivos para una mayor utilización de la transportación pública; la energía solar, destinada a estimular la utilización de calentadores solares. En la Tabla 9 presentamos los estimados de ahorro energético que se esperan alcanzar directamente con el programa de conservación de energía para 1980. Para el 1979, según los estimados de la Oficina de Energía, se logró un ahorro energético de 4,640 billones de BTus (equivalente a 773,000 barriles).

Entre las medidas y logros más significativos para estimular la conservación de energía en Puerto Rico están los incentivos contributivos personales y corporativos; la exención de arbitrios y la exención de contribución sobre propiedad aprobados por la Legislatura para estimular la utilización de calentadores solares; un nuevo reglamento de construcción que incluye normas para adelantar la eficiencia energética, incluyendo aspectos importantes de aislación, ventilación, los sistemas eléctricos y requisitos de instalación de tuberías para los calentadores solares; y en términos generales una ética de conservación que se refleja en la disminución en el consumo per cápita de energía como examinaremos más adelante. La Oficina de Energía también participó con la Universidad de Puerto Rico y el asesoramiento del Centro para Estudios Energéticos y Ambientales en el desarrollo de un programa universitario de grado asociado en conservación de energía que se estableció en el Colegio Universitario Tecnológico de Bayamón además de numerosos cursos de energía en otras instituciones universitarias del país.

Tabla 9

ESTIMADOS DE AHORRO DE ENERGIA PARA 1980*
(En miles de barriles)

| | Ahorros por Medida | | Ahorros por Programa | |
|---|--------------------|--------|----------------------|-----------------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| Programa de Transportación | | | 822.34 | 839.58 |
| Estacionamientos Intermedios | 20.88 | | | |
| Viraje a la Derecha con Luz Roja | 13.01 | | | |
| Mejoras de Ingeniería de Tránsito | 148.80 | | | |
| Mejoras en el Sistema de Transportación Pública | 225.86 | | | |
| Revisión de la Estructura de Arbitrios y de los Cargos Anuales por Matrícula | 413.79 | 431.03 | | |
| Programa de Edificios | | | 580.24 | 726.14 |
| Normas de Eficiencia en Alumbrado | 179.43 | 237.23 | | |
| Normas de Eficiencia Térmica | 4.21 | | | |
| Auditorías Energéticas | 396.60 | 484.70 | | |
| Programa Solar | | | 101.87 | 223.98 |
| Calentamiento de Agua por Energía Solar | 101.87 | 223.98 | | |
| Programa de Gobierno | | | 1,544.47 | |
| Uso de Energía por Parte del Gobierno | 192.98 | | | |
| Compras Gubernamentales de Productos Eficientes en su Consumo Energético | 126.36 | | | |
| Conservación por Parte de la Compañía de Electricidad | 1,225.13 | | | |
| Programa de Educación e Información | | | | |
| Campaña de Concientización Pública | | | | |
| Sistema de Información Pública | | | | |
| Desarrollo de Programas de Educación Formal | | | | |
| Total | | | 3,048.92 | 3,334.17 |
| Ajuste para combustible de refinería, 8% | | | 3,292.83 | 3,600.90 |
| Porcentaje del Consumo Proyectado para 1980 (61,793,000 barriles) | | | 5.33 | 5.83 |
| Ahorros** (en millones de dólares) | | | 79.03 | 86.42 |

* Sujeto a ajustes periódicos según se vaya implementando el plan de conservación.

** A base de un precio de \$24.00 por barril de acuerdo a Tabla 6.

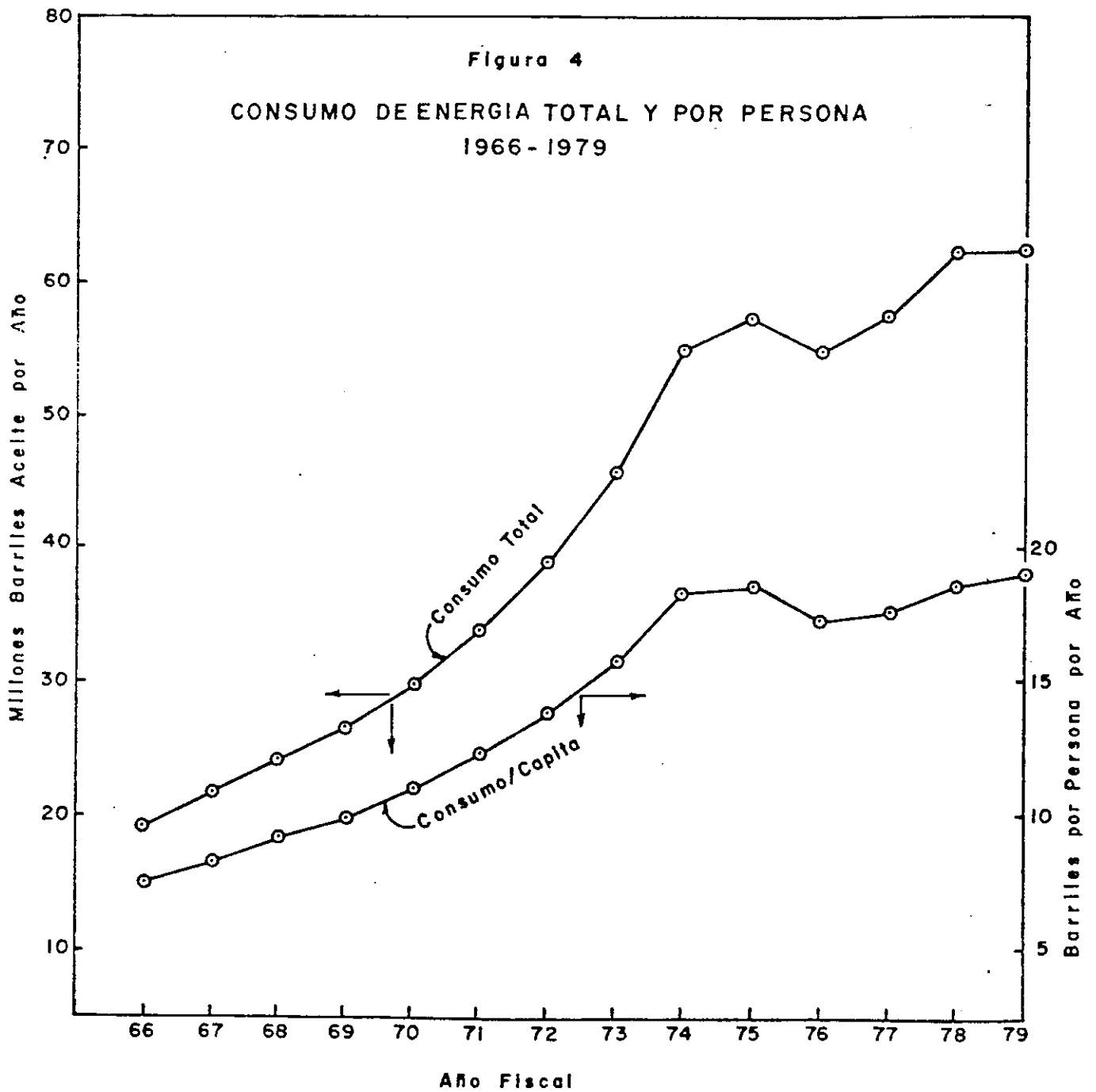
Fuente: Conservación de Energía, Oficina de Energía, 1978.

El gobierno federal de los Estados Unidos ha jugado un papel importante en el adelanto de los programas de conservación de energía. El programa de conservación de energía de la Oficina de Energía ha recibido fondos federales para su operación. Recientemente también se estableció el programa federal de Servicio de Extensión Energética, modelado en base del Servicio de Extensión Agrícola y encaminado a ofrecer servicios de información para estimular el ahorro energético. Los programas establecidos bajo el Servicio de Extensión Energética son programas de clínica de mantenimiento de automóviles, un programa de auditorías energéticas para pequeños comerciantes, un programa de seminarios para agricultores, talleres de conservación de energía para gobiernos municipales, programas de conservación de energía para residentes y auditorías para áreas comunales en los condominios.

Otro programa establecido por el gobierno de los Estados Unidos y extendido a Puerto Rico es el Servicio de Conservación Residencial. Este es un servicio de auditorías energéticas para las residencias y es operado por la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico. La AEE, en cumplimiento con la reglamentación federal, está envuelta en un análisis de las tarifas de electricidad para que éstas respondan a las metas de conservación de energía y los objetivos de eficiencia en la asignación de recursos y justicia social. La Autoridad, bajo la iniciativa del gobierno de Puerto Rico, ha establecido un subsidio en la tarifa residencial encaminado a cumplir con este último objetivo. Los consumidores de menos de 425 Kwhr reciben un subsidio por parte del gobierno en el pago del ajuste de combustible. Este subsidio ayuda a los consumidores de bajos ingresos a subsanar los efectos de los aumentos en las tarifas de electricidad.

Con el incremento en el precio del petróleo, las iniciativas públicas y privadas de conservación de energía han resultado en cambios en el nivel de demanda. En la Figura 4 mostramos evidencia gráfica de este cambio. Vemos cómo a partir de la cuadruplicación de los precios de la OPEP ocurrió una reducción en el consumo total y per cápita de energía.

Entre 1976 y 1979 volvió a ocurrir un aumento en el consumo total y per cápita de energía pero quedó alterada la relación entre el crecimiento de la actividad económica y el consumo de energía. Esto es una muestra del cambio transcurrido en la estructura energética de Puerto Rico. Una manera de cuantificar este cambio es la de estimar la elasticidad del consumo de energía con respecto al Producto Interno Bruto para el período 1974-1978 y compararla con los resultados señalados previamente para el período 1965-1974. La regresión obtenida para el período 1975-1979 es la siguiente:



$$\ln \text{ Consumo Energía} = .771 + 0.58 \ln \text{ PIB}$$

$$r^2 = .753$$

El coeficiente de elasticidad resultante de 0.58 refleja una reducción sustancial con respecto al coeficiente de 1.84 estimado para el período 1966-1973. Las tasas de crecimiento en el consumo de energía en los últimos años aparecen ser inferiores a las tasas de crecimiento de la actividad económica. El consumo total de energía aumentó al ritmo promedio anual de 2.3%; el Producto Interno Bruto a precios constantes aumentó en 5.2%.

En la Tabla 10 examinamos el consumo de electricidad por categorías de consumidores. Entre 1965 y 1974 el consumo tuvo un aumento promedio anual de 14.0%. Entre 1974 y 1979 el aumento anual promedio fue de 2.2%. Conjuntamente con la disminución en la tasa de crecimiento ha ocurrido una inestabilidad e incertidumbre en los aumentos lo que dificulta el proceso de planificación de capacidad para la Autoridad de Energía Eléctrica.

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LA PRODUCCION

El Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico jugará un papel importante en la implementación de la política energética de diversificación de fuentes de energía. Esta estrategia depende en gran parte del desarrollo de alternativas de energía solar y fuentes renovables. Debido a su posición geográfica, Puerto Rico posee los recursos naturales necesarios. Corresponde ahora explotar los recursos de energía solar disponibles por medio de tecnologías eficientes, económicas y ambientalmente aceptables.

Un estudio reciente llevado a cabo por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, Energy in the Future of Puerto Rico, evalúa distintos escenarios para el desarrollo e implementación de las fuentes renovables de energía. El estudio fue comisionado por la Oficina de Energía de Puerto Rico. La Tabla 11 nos señala las proyecciones del estudio con respecto a la utilización de fuentes renovables de energía para desplazar el uso del petróleo en la generación de electricidad. Las tecnologías solares examinadas incluyen la biomasa, calentadores solares residenciales, energía hidroeléctrica, energía eólica, celdas fotovoltaicas y energía oceano-térmica (OTEC). Las proyecciones en cuanto al por ciento de la demanda por electricidad que se generará por fuentes renovables de energía para el año 2000 varía entre 12.7% y 43.6%. En particular, el estudio señala el gran potencial de la biomasa en forma de caña y hierbas tropicales para generar electricidad.

Tabla 10

CONSUMO DE ELECTRICIDAD, AÑOS ESCOGIDOS

| Año Fiscal | Residencial | | Industrial | | Comercial | | Iluminación Pública y Otros | | Total Millones de kWh |
|------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| | Millones de kWh | Porcentaje del Total | Millones de kWh | Porcentaje del Total | Millones de kWh | Porcentaje del Total | Millones de kWh | Porcentaje del Total | |
| 1960 | 587 | 35.2 | 569 | 34.1 | 402 | 24.1 | 109 | 6.5 | 1,667 |
| 1965 | 1,193 | 37.4 | 923 | 29.0 | 824 | 25.9 | 246 | 7.7 | 3,186 |
| 1970 | 2,415 | 37.2 | 1,988 | 30.6 | 1,589 | 24.5 | 503 | 7.7 | 6,495 |
| 1973 | 3,277 | 32.5 | 4,180 | 41.5 | 2,162 | 21.4 | 465 | 4.6 | 10,084 |
| 1974 | 3,330 | 32.1 | 4,406 | 42.5 | 2,230 | 21.5 | 411 | 4.0 | 10,377 |
| 1975 | 3,196 | 31.3 | 4,339 | 42.6 | 2,283 | 22.4 | 380 | 3.7 | 10,197 |
| 1976 | 3,277 | 31.0 | 4,558 | 43.1 | 2,352 | 22.2 | 388 | 3.7 | 10,575 |
| 1977 | 3,462 | 30.8 | 4,807 | 42.8 | 2,553 | 22.7 | 408 | 3.6 | 11,230 |
| 1978 | 3,630 | 31.4 | 4,841 | 41.9 | 2,654 | 22.9 | 442 | 3.8 | 11,567 |
| 1979 | 3,661 | 31.6 | 4,709 | 40.7 | 2,784 | 24.1 | 418 | 3.6 | 11,572 |

Fuente: Autoridad de Energía Eléctrica

TABLA 11

CONTRIBUCION POTENCIAL DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA EN PUERTO RICO

Producción Anual en el Año 2000

| Fuente | Proyección Optimista | | Proyección Conservadora | |
|---------------------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| | Billones de kilo- vatios Hora | Proporción de la de- manda de electricidad | (1) Billones de kilo- vatios Hora | Proporción de la demanda de electricidad (1) |
| | Alt. A | Alt. B. | Alt. A | Alt. B |
| Biomasa | 8.1 | 30.0% | 2.7 | 9.9% |
| Calentadores Solares Residenciales | 0.55 | 2.0% | 0.29 | 1.1% |
| Hidroeléctrica | 0.27 | 1.0% | 0.17 | 0.6% |
| Eólica | 0.50 | 1.8% | 0.13 | 0.5% |
| Fotovoltaico | 0.02 | 0.17% | 0 | 0 |
| Oceano Térmica (OTEC) | 0.35 | 1.3% | 0.18 | 0.6% |
| TOTAL Fuentes Renovables | 9.8 | 36.2% | 3.6 | 12.7% |
| | | | | 16.3% |

Fuente: Estimados calculados de datos obtenidos del estudio Energy in Puerto Rico's Future, National Academy of Science, 1980.

(1) Las proporciones estimadas se basan en dos alternativas distintas de la demanda total para la electricidad; la Alternativa A presume un crecimiento relativamente más alto.

En adición se enfatiza el potencial de la energía solar para procesamiento de vapor industrial y la utilización de la biomasa para producir etanol como combustible.

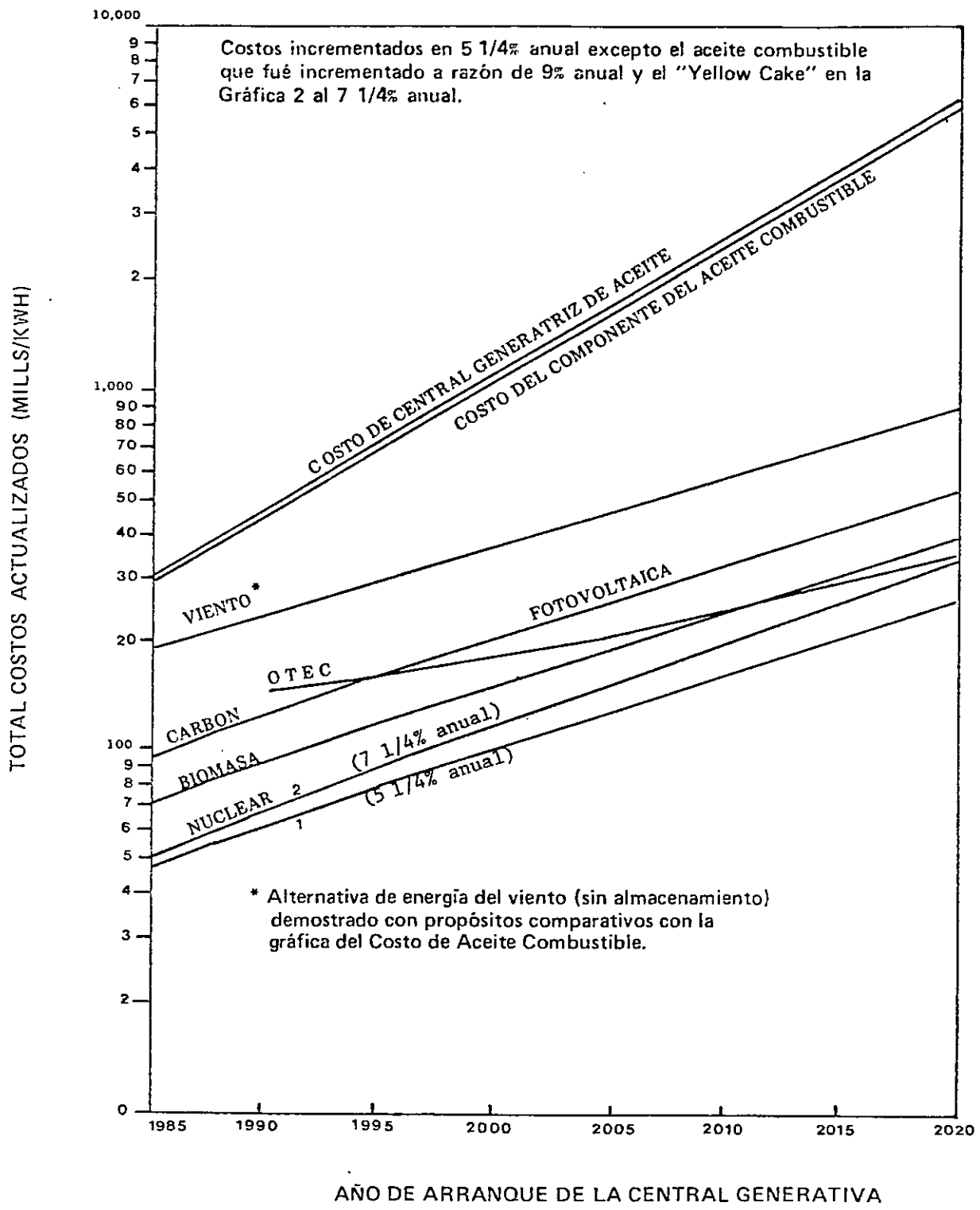
Aun las proyecciones más "optimistas" de la Academia podrían ser superadas si se desarrolla la energía oceano-térmica y se reducen los costos de las celdas fotovoltaicas según las proyecciones del Departamento de Energía de los Estados Unidos. El mismo estudio de la Academia Nacional de Ciencias reconoce que bajo condiciones de rápidos avances en la investigación y el desarrollo, las técnicas fotovoltaicas podrán tener un gran impacto, particularmente con el desarrollo exitoso de sistemas pequeños descentralizados para generar electricidad.

Un estudio⁹ independiente llevado a cabo por el CEEA donde se calculan los costos de las alternativas energéticas para generar electricidad nos ofrece un cuadro más positivo para las alternativas de OTEC y fotovoltaicas. La Figura 5 presenta gráficamente los resultados del estudio. A continuación las conclusiones más importantes:

- . La energía nuclear es la alternativa más barata,
- . El carbón resulta ser la segunda fuente comercialmente disponible más barata, contra la cual las alternativas energéticas solares tienen que competir.
- . La biomasa es la alternativa más atractiva entre las solares, seguida por OTEC; los costos de producción de la biomasa, de estar ésta disponible en la actualidad, compiten favorablemente con el carbón; OTEC competirá con el carbón para principios de la próxima década.

Las proyecciones de la Autoridad de Energía Eléctrica indican la necesidad de una planta central de generación para mediados de la década. Después de estudiar las alternativas comerciales disponibles incluyendo unidades de petróleo, nucleares y de carbón la Autoridad se ha decidido por ésta última. Los planes al presente indican la instalación de tres centrales de 300 megavatios que comenzarán a operar para 1986. Aunque la alternativa nuclear resultaba ser más económica el hecho de no haberse resuelto el problema de la disposición de los desperdicios radioactivos, la preocupación de la ciudadanía por problemas de seguridad, y la necesidad de utilizar escalas de plantas consideradas por algunos como más grande de lo recomendable, llevaron a la compañía de electricidad a descartar esta alternativa. De este modo se presenta al carbón como la alternativa de transición en el camino hacia el desarrollo de las fuentes renovables.

Figura 5: Total de Costos de Generacion Actualizados de Alternativas de Producción de Energía Electrica en Puerto Rico.



Fuente: Energy Analysis and Socioeconomic Considerations for Puerto Rico, CEER-X-72, mayo de 1980

Para poder alcanzar esta nueva estructura de producción de energía para Puerto Rico son necesarios algunos adelantos científicos y de ingeniería en el desarrollo de las fuentes alternas. El Centro para Estudios Energéticos y Ambientales (CEEA) ha tomado la posición de liderato en este desarrollo. Para estos propósitos cuenta con programas en la División de Energía Solar, División OTEC, División de Biomasa, División de Ecología Marina y Terrestre y los Programas de Combustibles Fósiles y de Bioconversión. Las actividades y hallazgos más significativos del CEEA son los siguientes:

División de Energía Solar

Su misión principal de demostrar e introducir sistemas solares de aceptación económica y ambiental ha tenido una gran actividad. Sus logros más significativos han sido:

La evaluación de calentadores solares para el uso del ciudadano y de la industria con acopio de datos importantes relativos a su operación bajo las condiciones adversas prevalecientes en un clima tropical de alta humedad;

El desarrollo de proyectos para proveer energía térmica en escala industrial tales como mejoramiento de los concentradores solares; aplicaciones en la industria farmacéutica; demostraciones en escala industrial para compañías de procesado de alimentos;

El desarrollo de sistemas de enfriamiento basados en el secado solar del aire antes de su acondicionamiento convencional con la consecuente reducción significativa de uso de energía;

El inicio de programas diversos tales como desarrollo de materiales para colectores fotovoltaicos; el secado solar de productos agrícolas e instalación de celdas fotovoltaicas en lugares aislados.

División OTEC (Energía Oceano-Térmica)

Esta División llevó a cabo un activo programa de investigación. Los asuntos de mayor significación comprendidos en este estudio son:

La corrosión química y bio-corrosión del intercambiador térmico de OTEC, su naturaleza, variaciones estacionales, efectos sobre la eficiencia e integridad del intercambiador.

Los estudios oceanográficos conducentes a asegurar una planta OTEC consistente con el agua que la rodea, por ejemplo, corrientes de agua, medios para evitar efectos adversos de agua térmicamente degradada y otros.

Otro estudio importante llevado a cabo por la División OTEC es la exploración del concepto del ciclo de espumas. En este concepto se utiliza la expansión de la espuma al pasar el nivel y crear una caída de agua. El CEEA investiga principalmente la eficacia y estabilidad de los materiales espumantes.

Para conducir estos estudios la División OTEC adquirió del Departamento de la Marina de los Estados Unidos una barcaza de desembarco en desuso la cual modificó y amarró permanentemente en el área de Punta Tuna donde se proyecta establecer la planta OTEC. Este laboratorio flotante en Punta Tuna sirve de base para todos estos estudios.

División de Biomasa

Se han dirigido los estudios de esta División a obtener especies de hierbas tropicales y cañas capaces de producir económicamente combustibles para calderas o materia fermentable para la generación de alcohol. Se ha incluido en el estudio plantas madereras, semi-acuáticas y plantas productoras de hidrocarburos todas de crecimiento rápido. Los mayores esfuerzos se han dirigido a demostrar el valor económico para Puerto Rico de crecer caña y hierba para energía. A esos efectos se hicieron pruebas de campo con tres variedades de caña y con hierba napier, en todos los casos obteniéndose un rendimiento mayor que en el año anterior.

División de Ecología Marina y Terrestre

Esta ha colaborado en la investigación de aspectos ambientales de las alternativas energéticas. El proyecto más significativo incluye:

Estudios oceanográficos para OTEC, dirigidos a proveer información ecológica necesaria para llegar al diseño adecuado de una estación generatriz OTEC. Se usa el barco CRAWFORD, propiedad de la Universidad de Puerto Rico, para obtener cada dos meses datos sobre la magnitud y dirección de las corrientes marinas en el área al sur de Puerto Rico y muestras para medir propiedades oceanográficas importantes.

También como parte de un contrato con la Autoridad de Energía Eléctrica, se estudian en tres zonas geográficas ya seleccionadas, los riesgos ambientales envueltos en la operación de una planta termoeléctrica que utiliza carbón.

Combustibles Fósiles

Este programa tiene como objeto aumentar la disponibilidad de fuentes no convencionales de combustibles fósiles, particularmente crudos pesados dentro de un marco de seguridad ambiental. La metodología usada principalmente envuelve el uso de microorganismos en la biodegradación de crudos pesados de alto contenido de azufre. Algunos resultados son los siguientes:

Aislación y cultivo de microorganismos específicos para degradar crudos pesados.

Demostración a escala de laboratorio de la degradación de crudos pesados y de la acción de microorganismos capaces de generar emulsificantes para el desplazamiento de petróleo en rocas carbonaceas.

Bioconversión

Varios tipos de desperdicios industriales, agrícolas y marinos constituyen fuentes de gran potencial energético particularmente para la producción de metano, hidrógeno y productos secundarios como materia prima para industrias químicas y alimentos para animales.

A través de una variedad de programas, la sección de bioconversión del CEEA investiga métodos técnica y económicamente viables para producir biogas por procesos de digestión de materiales locales. En adición, la Sección instrumenta y observa facilidades de producción, desarrolla usos para desperdicios de procesos fermentativos y para efluentes, y finalmente ayuda a la industria local y a la agricultura en la utilización de desperdicios contaminantes para usos energéticos y otros productos.

En adición a los programas de investigación y desarrollo del CEEA existen en Puerto Rico varios proyectos de demostración, activos o en preparación, destinados a señalar la viabilidad de las fuentes renovables de energía. Estos proyectos incluyen:

- Un molino de viento con capacidad de 200 KV, operado por la AEE en la isla de Culebra y auspiciado por el Departamento

de Energía de los Estados Unidos y la Administración Nacional de Espacio y Aeronáutica (NASA).

- . Una fábrica de la Administración de Fomento Industrial con un sistema de aire acondicionado solar y localizado en Canóvanas, en un suburbio de San Juan.
- . Un moderno correo en Guayama, al sureste de Puerto Rico con un sistema de aire acondicionado solar.
- . Una instalación de 350 paneles individuales de colectores solares para un sistema de precalentamiento de agua en la fábrica de Johnson & Johnson en Las Piedras.
- . Una finca de cerdos en el área sur de la isla que ha sido desarrollada para cumplir con la reglamentación ambiental y la producción de electricidad para la auto-suficiencia energética. Utiliza el tratamiento de desperdicios biológicos para producir biogas mediante un proceso de digestión anaeróbica. El biogas como combustible se utiliza para mover dos generadores de electricidad.
- . Una instalación proyectada, con valor de \$2.3 millones de un sistema de procesamiento de vapor mediante la utilización de colectores solares en la fábrica de Nestlé-Libby para procesamiento de alimentos.
- . Facilidades de tratamiento de desperdicios sólidos que producirán gas metano por la Autoridad de Desperdicios Sólidos y por el municipio de Caguas.

Estas instalaciones son sólo el comienzo de la implementación de adelantos en las alternativas energéticas renovables que vislumbran una nueva estructura de producción de energía para Puerto Rico.

CONCLUSION

La seriedad del problema energético frente a la escasez de recursos obliga a hacer unos trabajos extraordinarios y aunar esfuerzos. Es necesaria la colaboración de profesionales en varias disciplinas.

Al presente existen interrogantes sobre si el mundo actual en que vivimos es lo que en realidad necesitamos y debemos dejarle a futuras generaciones. Algunas personas objetan y se frustran ante las consecuencias de adelantos científicos dudando en ocasiones sobre la capacidad socio-humanista de los técnicos para tomar las mejores

decisiones. Debemos recordar que el ingeniero en su capacidad, busca cómo usar los conocimientos para ser útiles a la humanidad y a la sociedad. A estos fines los ingenieros analizan las soluciones más eficientes combinando los recursos de la tierra, trabajo, capital humano y físico de la energía.

El científico o ingeniero en su búsqueda de soluciones a la problemática energética deberá tomar un énfasis interdisciplinario. Para que las soluciones sean viables y aceptables a la sociedad deberá aplicar no solo los conocimientos derivados de las ciencias físicas y las matemáticas, sino también los de las ciencias biológicas y ambientales, las ciencias económicas y sociales y las humanidades. De no hacerlo así las soluciones brindadas no recibirán la aceptación adecuada y causarán conflictos a la sociedad.

Así resultó con el caso de la energía nuclear que todavía no ha rendido su potencial de convertirse en una alternativa principal al petróleo importado.

Estamos convencidos que en Puerto Rico existe el potencial para desarrollar una nueva estructura energética viable bajo las condiciones prevalecientes de costos altos de la energía. La Oficina de Energía, el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales y la Autoridad de Energía Eléctrica jugarán un papel importante en el desarrollo e implementación de las innovaciones tecnológicas requeridas. Puerto Rico se convertirá de así serlo en un laboratorio de alternativas energéticas renovables y podría ser uno de los líderes mundiales en este campo.

BIBLIOGRAFIA

1. Arthur D. Little, Inc., Comparative Cost Positions of the Puerto Rican Petrochemical Industry, 1974.
2. _____ Comparative Cost Positions of the Puerto Rican Petrochemical Industry, 1977.
3. Banco Popular de Puerto Rico, Datos Básicos: Progreso en Puerto Rico, marzo 1980.
4. Bonnet, Juan A., La Situación Energética de Puerto Rico y sus Alternativas para Generar Electricidad", ponencia dictada ante el XV Congreso de la UPADI en Santiago, Chile, octubre de 1978.
5. _____ La Crisis de Energía y sus Alternativas: Soluciones a Corto Plazo y Soluciones a Largo Plazo. Primera parte de conferencia dictada en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, noviembre 1977.
6. _____ "Energía Océano-Térmica para Latinoamérica", ponencia dictada en la Conferencia SOLAR 80 en Caracas, Venezuela, agosto 1980.
7. Centro para Estudios Energéticos y Ambientales, Informe Anual, 1979.
8. _____ Informe Anual, 1980.
9. Iriarte, Modesto y Sardina, Rafael, Energy Analysis and Socioeconomic Considerations for Puerto Rico, CEER-X-72, mayo de 1980.
10. Joskow, Paul L., Prospects and Problems for Nuclear Energy in the United States, Department of Economics, Massachusetts Institute of Technology, Unpublished, 1979.
11. Junta de Planificación, Ingreso y Producto 1979, Negociado de Cuentas Sociales y Censos, 1980.
12. National Academy of Sciences, Energy in Puerto Rico's Future; Final Report of the Committee on Future Energy Alternatives for Puerto Rico, 1980.
13. Oficina de Energía, Conservación de Energía: Un Compromiso con el Futuro de Puerto Rico, 1978.
14. _____ Indicadores Energéticos Mensuales de Puerto Rico, 1979 y 1980, varios.
15. _____ La Política Energética de Puerto Rico, 1979.

16. _____ La Situación Energética de Puerto Rico en el 1978, 1979.
17. Organización de los Estados Americanos, Bases para un Programa Sectorial de Energía, Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos, 1980.
18. The Pace Company Consultants and Engineers, Inc., Refining and Petrochemicals in Puerto Rico, 1979.
19. Petroleum Publishers, International Petroleum Encyclopedia, 1978.
20. Rosenberg, Nathan, Perspectives on Technology. Cambridge University Press, 1976.
21. U. S. Department of Commerce, Economic Study of Puerto Rico, 1980.
22. U.S. Department of Energy, Monthly Energy Review, 1974-80, varios.