

CER ~ X-086 LA SITUACIÓN ENERGÉTICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO por CENTRO PARA ESTUDIOS ENERGÉTICOS Y AMBIENTALES Universidad de Puerto Rico

LA SITUACIÓN ENERGÉTICA 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 SITUACIÓN ENERGÉTICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO Por: Juan A. Bonnet, Jr. y William Ocasio

RESUMEN

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 energética y su estado actual incluyendo aspectos tecnológicos 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, oceánica térmica, biomasa, geotérmica 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 esta tiene sobre la demanda y oferta de la energía.

El Dr. 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 la Economía del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y científico en la Oficina de Análisis y Avalúo Energético del CREA.

LA SITUACIÓN ENERGÉTICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO

INTRODUCCIÓN

La situación energética de Puerto Rico está en un periodo 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 vemos cómo la isla acomoda en un área de 3,435 millas cuadradas una población. Con una población de 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 menor 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.

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 3.82% 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 HISTÓRICOS

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.

Petróleo y petroquímicas en la estructura económica de Puerto Rico. TABLA 1 INDICADORES ECONÓMICOS DE PUERTO RICO Área 3,435 millas. Población 3.534 millones (Est. 1980) Densidad Poblacional 1,029 personas/milla (Est.1980) Producto Interno Bruto (PIB) 922,447.4 millones (1979) Crecimiento del PIB (1974-79) (1965-1974) Precios Constantes 3.8% 7.08 Precios

Corrientes 9.9% 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 de 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 14.02, 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: $\text{Logaritmo (ln) del Consumo Energía} = 11.28 + 1.84 \ln \text{ PIB } x? = 0.958$ 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.

I'm sorry, but the text provided seems to be a mix of Spanish and nonsensical characters. I'm unable to fix it as I cannot understand what is intended to be conveyed. Could you provide a clearer context or perhaps retype the text?

"Ex's say, 'Come on out on 09/9961, you see, so horse [Get 2p vardes [c sovortze |yrevei| csonno | creserall|ypeprovssoota | Worse 1a) omoueg | 4932920, Tad | Seproercea sfraenpr | 9 obytorea ow gate aq (isa) same' Soo TIN 62-9961 = Oo1W oLwand xa VloWaNG a0 onnSNOD z erae.

100.0} 'INCREASED ELECTRICITY PRODUCTION IN PUERTO RICO Figure 10.0] Electricity Production 0.01 1930-1940-1950-1960-1970-1980 Fiscal Year. Source: Electric Power Authority.

TOTAL ELECTRICAL CAPACITY INSTALLED AND MAXIMUM DEMAND IN PUERTO RICO Figure 2 (MW) (Megawatts) Gross Domestic Product (GDP) of Puerto Rico 1980-1960-187 Fiscal Year 1930-1940-1950-1960-1970-1980. Fiscal Year. Source: Energy in Puerto Rico's Future; National Academy of Sciences, 1980.

9 Up until the mid-1950s, the internal requirements for refined products - gasoline for transportation and residual fuel for electricity generation and industrial uses - were supplied by imports. But the availability of Venezuelan crude at lower prices, 30% below the North American continent, created an incentive for the establishment of small refineries. By the middle of the decade, these were established to meet the growing insular demand for refined petroleum products. The tax exemption on income, property, and municipal taxes established under the "Hands to Work" program and the US government's crude oil import quota program, which gave preferential treatment to Puerto Rico

from 1965, offered a strong government incentive for the development and growth of refineries. By 1956, the island's refinery capacity was 33,000 barrels of oil per day; by the end of the 1970s, this had reached a capacity of approximately 290,000 barrels per day, not only meeting domestic needs but also for export to the continental US. The development of the refineries was parallel to this.

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

CAPACIDAD DE PRODUCCION DE CIERTOS PRODUCTOS QUÍMICOS 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

---|---|---|---

Producto 1	355	2,263	15.7
Producto 2	437	4,800	28.4
Producto 3	2,170	5,735	20.4
Producto 4	437	1,355	32.2

32.2 1,800 35,015 5. Ethylene Glycol 2,075 6,825, 158 Vinyl Chloride Monomer 500 8,295 6.0 * Millions of annual gallons Source: The Pace Company, Refining and Petrochemicals in Puerto Rico, January, 1979. Table 4 NOMINAL CAPACITY OF OIL REFINERIES IN THE CARIBBEAN AND MEXICO 'Capacity Country (thousands of barrels per day) - 1) Venezuela 1,445.5 2) Mexico 1,243.5 3) Dutch Antilles 842.0 4) Virgin Islands 782.0 5) Bahamas 500.0 6) Trinidad-Tobago 461.0 7) Puerto Rico 284.0 8) Colombia 165.0 9) Panama 100.0 10) Dominican Republic 46.5 11) Jamaica 32.6 12) El Salvador 16.5 13) Nicaragua 16.9 14) Guatemala 14.0 15) Honduras 14.0 16) Martinique 13.0 17) Costa Rica 10.0 18) Barbados 3.0 TOTAL 5,986.4 Source: Petroleum Publishers, 1978. International Petroleum Encyclopedia.

Various other items

2 The energy sector of the island greatly influenced the economic growth as it formed part of it. The following factors show evidence of the importance of the energy-economy relationship for Puerto Rico:

(1) The Commonwealth Oil Refining Company, CORCO, was one of the first manufacturing companies to establish itself on the island under the economic development program. By 1974 it had become the largest individual industrial company in Puerto Rico and one of the largest independent oil refineries and petrochemical manufacturers in the world.

(2) By 1974 the refinery and petrochemical industry had become the leading manufacturing industry in Puerto Rico in terms of total production value and fourth after the chemical, food and clothing industries, in terms of added value or net income from manufacturing. The original value of the investment in Puerto Rico of the petrochemical and refinery industry reached around 1.3 billion dollars.

(3) The investment and production generated by the refinery and petrochemical industry, and by the electricity generation industry, not only

Tuvo un impacto directo y sustancial sobre la actividad económica, no solo por el efecto multiplicador estimado en alrededor de 2, sino que indirectamente influyó 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. (5) La utilización de la energía ha sido un factor importante en el adelanto del desarrollo económico e industrial. Por ejemplo, los datos 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 cambió y se benefició del establecimiento de una industria local de petroquímicas y refinerías, como el combustible necesario para alimentar las instalaciones, así como para proveer los productos petroquímicos requeridos en los procesos de manufactura.

33 AUMENTOS EN EL PRECIO DEL PETRÓLEO 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

Venezuela suplía más del 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 cumpliendo 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 idea de costos para dos plantas produciendo el mismo volumen. El estudio muestra una desventaja competitiva considerable para Puerto Rico con respecto al Golfo de México. Los costos.

Los costos de la materia prima (nafta y aceite), electricidad, combustible y vapor, y transporte son mayores en Puerto Rico. Sin embargo, los estudios pronostican que los costos aumentarán más rápidamente en el futuro para el Golfo de México, reduciendo 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.

---Página Interrumpida---

Tabla 7. IMPORTACIONES DE CRUDO DE LAS REFINERÍAS EN PUERTO RICO, POR PAÍS DE ORIGEN (Años Naturales Seleccionados, Miles de Barriles)

País de Origen | 1972 | 1973 | 1974 | 1975

---|---|---|---|---

Venezuela	5,920.0	35,013.0	32,812.8	26,233.4
Medio Oriente	22,122.0	22,717.7	1,258.2	-
Estados Unidos	534.8	13,075.2	-	-
Otros Países	3,563.4	7,045.8	23,031.8	26,706.3
TOTAL	70,888.1	74,182.1	77,697.1	77,273.0

Oficina de Energía de Puerto Rico

Tabla 8. COMPARACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL DE COMPLEJO PETROQUÍMICO, 1974 Y 1977 (millones de dólares)

Factores | EEUU 1974 | EEUU 1977 | Puerto Rico 1974 | Puerto Rico 1977 | México 1974 | México 1977

---|---|---|---|---|---

Materia prima	160.6	143.5	400.0	374.5	-	-
Electricidad	42.2	13.0	68.5	26.4	-	-
Combustible y vapor	61.0	-	-	64.4	-	-
Fuerza Obrera	11.6	2.9	4.0	10.2	-	-
Mantenimiento	32.5	-	19.8	19.3	-	-
Costo Fijo	43.7	46.8	67.8	16.5	-	-
Coste Total	331.6	253.8	637.4	567.3	-	-
Créditos por otros productos	-	-	(13.8)	(258.7)	(252.2)	-
Costo Neto de la Planta	190.3	140.0	378.7	315.1	-	-
Diferencial transporte	1.2	2.0	-	-	-	-
Costo Neto Anual de Operación	197.5	140.0	398.9	315.2	-	-

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

---Página Interrumpida---

POLÍTICA ENERGÉTICA E INNOVACIONES INSTITUCIONALES

La dependencia casi exclusiva en una sola fuente de energía

"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 enfocada 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 1977 una Oficina de Energía bajo la Oficina del Gobernador. Esta institución tiene por finalidad 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 destacadas en este plan se encuentran 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 solo a Puerto Rico, sino también a los Estados Unidos y a los países del Caribe y de América Latina. Como un ejemplo de esta participación en el plano internacional, el CEEA está involucrado 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. Nathan 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...

9 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 superpone 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 regulación 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

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 Sayanin además de numerosos cursos de energía en otras instituciones universitarias del país.

Tabla 9

ESTIMADOS DE AHORRO DE ENERGÍA PARA 1980 (En miles de barriles)

Ahorros por Medida Ahorros por Programa

Programa de Transportación en 088 Vinee Durch co Lot Rie ger dn

Programa de Edificios Noma de Ehsanin Temes "at 'Asda Gertie 296.80 494.70

Programa Solar ota 223.98 Catriona ge Apia porEowis Soir 101.87 mse

Programa de Gobierno var se oe Eur or arm et Gio ComprGubenonenae de Pett 'Eticaris nn Connor Eerghice 'Coneracsn go Put dela Conon

Programa de Educación e información Ccenoooh Concentén Pic 'ive para caroute iar 320.289 380.0390

Poca el Caran Poyeciade pre 1860 \$33 653 AnGrrOS** (en millones de ees) yaaa wae

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 al 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 comunes en los condominios. Otro programa establecido por el gobierno de...

El servicio extendido a Puerto Rico es el Servicio de Conservación Residencial. Este es un servicio de auditorías energéticas para residencias y es operado por la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico. La AEE, en cumplimiento con la reglamentación federal, está involucrada en un análisis de las tarifas de electricidad para que estas 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. Unidos 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 obtenidos previamente para el período 1965-1974. La regresión obtenida para el período 1975-1979 es la siguiente:

---Página en blanco---

2.00 CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL Y POR PERSONA 0 1966-1979

---Página en blanco---

$$23 \text{ Año Consumo Energía} = .771 + 0.58 \ln \text{ PIB } 2 \text{ 753}$$

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 parecen ser inferiores a las tasas de crecimiento de la actividad económica. El consumo total de energía aumentó al ritmo medio anual de 2.32; el Producto Interno Bruto a precios constantes, aumentó en 5.22. 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 PRODUCCIÓN

El Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico juega 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.

[The middle section of the text appears to be a random collection of letters and numbers, and therefore cannot be corrected.]

Roaye spy squoweayiefou owuoTMYseWO un suneod y ear yBLIO "TW PT tpepyoysiseTe ET
exed T2303 epuEuep eT 9p SEIUTIETP SeATIEUIOATE SOP UB WEEE] es SEpEUTISe
soUOTOIOdOM SET (T) 0861 'eouatas Jo Auopeoy TevorieN 'BiTIN BOOT ORIONT UF TBST
oyprass Top sopuergo sor" ep sopeinotes sopeuriea requaKd et wee ve wer were es sorgenously
sowweng WWsaE, 80 10 ero srt set sero (out0) rorat oers00 ° ° ° 0 ure 200 'opeatonozo4 0 170
evo x2 wert oto 10 10 iro xr wort eo eoranoptoupHt wt wt eo we we so sorerouoprsey soueyos
sau0pey89Te) wer 46°6 ke sore or06 ve eenore ecw veaw (0) peororsncsre 9 suns 0 ouy Te ue
Tenuy UpToonpoAg 'oor ouwand Na VI9WANG 30 SaTEYAOKEH SALMNE SVT 90 'IVIOKA2O!
NOTONELUINOD 1 vig

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

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 estudio 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 S 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 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 ha decidido por esta 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 grandes 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.

Total Costos Actualizados (Mills/Kiwh)

Fuente: "Total de Costos de Generación Actualizados de Alternativas de Producción de Energía Eléctrica. Costos incrementados en un 1/42 anual, excepto el aceite, que fue incrementado en un 74% anual. Gráfica 217 demostrada con propósitos comparativos con la gráfica 34 del Coste de Aceite Combustible. Año de Arranque de la Central Generativa. Fuente: Energy Analysis and Socioeconomic Considerations for Puerto Rico, CEERICTZ, mayo de 1960.

28 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 Biota, 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 y 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 Oceánica Térmica) Esta división lleva 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.

29 Los estudios oceanográficos conducen 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 ancló permanentemente en el fin de Punta Tuna donde se proyecta establecer la planta OTEC. Este laboratorio flotante en Punta Tuna sirve de base para todos estos estudios. 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 TEC. Se usa el barco CRANFORD, 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.

30 También como parte de un contrato con la Autoridad de Energía Eléctrica, se estudian en tres zonas geográficas ya seleccionadas, los riesgos ambientales involucrados en la operación de una planta termoeléctrica que utiliza carbón. Combustibles FS: Este programa tiene como objetivo aumentar la disponibilidad de fuentes no convencionales de combustibles fósiles, particularmente crudos pesados dentro de un marco de seguridad ambiental. La metodología usada principalmente involucra 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 carbonáceas. 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 en CEEA investiga métodos técnicamente y económicamente viables para producir biogás 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 CEA 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 sur de la isla que ha sido desarrollada para cumplir con la regulación ambiental y la producción de electricidad para la autosuficiencia 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 adelantos en las alternativas son solo el comienzo de la implementación de energías renovables que vislumbran la estructura de producción de energía para Puerto Rico.

CONCLUSIÓN

La seriedad del problema energético frente a la

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-humanitaria de los técnicos para tomar las mejores decisiones.

---Página en Blanco--- 32

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 de 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 ser así, en un laboratorio de alternativas energéticas renovables y podría ser uno de los líderes mundiales.

---Página en Blanco--- 3

BIBLIOGRAFÍA 1.

