

CEER-X-086

CER ~ X-086

LASITUACION ENERGETICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO

por

CENTRO PARA ESTUDIOS ENERGETICOS Y AMBIENTALES

Universidad de Puerto Rico

---Page Break---

LA SITUACION ENERGETICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO

por

Dr. Juan A. Bonnet, Jr.

Director

x

Sr. Willian Ocasio

CientSfico, Oficina de Anklisis y AvalGo Energético

Centro para Estudios Energéticos y Ambientales

Universidad de Puerto Rico

---Page Break---

LA SITUACION ENERGETICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO

Por: Juan A. Bonnet, Jr.

y Willian Ocasio

ABSTRACTO

Puerto Rico, a 1a vez que goza del ingreso per eSpita segundo mis alto de Latinoamérica, sostiene el mayor consuno de energia per cépita.

La Isla carece de recursos energéticos conocides no renovables, pero cuenta con anplios recursos energéticos renovables.

En este trabajo se discute el desarrollo histórico de 1a energética y su estado actual incluyendo aspectos tecnológicos, ¥ económicos. Se explican en detalle los esfuerzos ya iniciados que Jincluyen 1a creación del Centro para Estudios Energéticos y Aubientales Ja Oficina de Energia y el ordenamiento del Plan de Política Energ?tic: fel Plan de Conservación de Energia; medidas legislativas especiales y otros. También se discuten los esfuerzos realizados para desarrollar fuentes renovables couo la solar, océano térmica, biomasa, eSlica y otras. La transiciéa de una sociedad basada en costos bajos de energia 2 una de escasez es analizada tonando en consideración los efectos que

Geta tiene sobre 1a denanda y oferta de la energia.

FET Se, Juan Ay Bomet, Je. posse vn PAD en Ingenierfa Nuclear de 1a Universidad de Michigan y es Director del Centro para Estudios Energéticos y Ambientales (CEEA) de 1a Universidad de Puerto Rico. Es aiexbro de la Academia de Arte y Ciencia de Puerto Rico, Academia de Ciencia

ge Nueva York, Tau Beta Phi y Signa Xi. En adición es Presidente de

1a Junta Exaninadora de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores de Puerto Rico y Catedrético Asociado en el Colegio Universitario Tecnológico de Bayanin.

EL Sr. William Ocasio es candidato a PAD en Economfa del Instituto ?Tecnológico de Massachusetts (MIT) y cientffico en 1a Oficina de Anélisis y AvalGo Energético del CREA.

---Page Break---

LA SITUACION ENERGETICA DE LA ISLA DE PUERTO RICO*

?LeTRoDUCCTON

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 ex-

aminaremos 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 jus-

ticia 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 ocupa en un área de 3,435 millas cuadradas una población

de 1.1 millones de 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 canchales 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 3.82 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.

---Page Break---

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 eléctrica, 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 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 refinación de petróleo y petroquímicas en la estructura económica de Puerto Rico.

TABLA 1

INDICADORES ECONÓMICOS DE PUERTO RICO

Área 3,435 millas²

Población 3,534 millones (Est. 1980)

Densidad Poblacional 1,029 personas/milla² (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% anual

Ingreso Per Capite \$ 2,694 (1980)

Empleo Total. 831 mil

Fuentes: Datos Básicos: Progreso en Puerto Rico, marzo 1980,

Banco Popular de Puerto Rico; Ingreso y Product, 1979

y Junta de Planificación de Puerto Rico.

---Page Break---

5

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 @ 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 cre-

cimiento 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:

Logaritmo (ln) del Consumo Energía = 11.28 + 1.84 ln 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 en 1941 como un pequeño sistema en el 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 se muestran el crecimiento en la producción de electricidad entre 1935-1978

fen billones de kilovatios-horas y en la Figura ? 1a capacidad total instalada, 1a demanda nfxina y crecimiento del Producto Interno Bruto fen Puerto Rico. Estas dos figuras nos muestran 1a estabilidad en el creciniento de la generaci6n de electricidad y 12 demanda mfxina hasta el 1974,

Dada 1a escates de recursos hidroel6ctricos en 1a isla y 1a dispo~nibilidad del combustible residual obtenido del petr6leo a precios bajos, el programa de expansi6n de la Avtoridad se bas6 en Ja utilizaci6n de plantas termel6ctricas utilizando petr6leo como combustible. Este prograna de expansi6n utiliz6 las innovaciones tecnol6gicas en los sistemas de generaci6n y distribyei6n de electricidad facilitando La explotaci6n de econonfas de escala.

---Page Break---

ounwe onwaaNr oxonaowa = er

ugrowsqa Tut 9p eauMrg

soyworys sogē © eopsasaauo> £ vs8a0ug 9p eus>T30 eT sod SopTTdns G1-z/6t SeTeATaTy soye
Raed SoTPIOR,

+9961 {9 vo TexAlsMpuy 367 Bp a6eq BUN UOD TwAUE o3¥oUOI=uy AP x6

Seq uoze{nage> a¢ sozens soy ap ey3z0u3 9p

tun gyunsoad 98 11-9961 soue sor exeg

woret0 #1 20d soprtdns woxeny gu6t~Z16t Serwanaey soe soy Favd sozel0) Hoy ?soR0INY BOT
0d tOpEHTIED,

seorTapa #8390 & votoeasodeuesy 9p owesezandea & puetouy 9p onusmeszedag,

sraraengeeg ap wuyoyso ?worazspr2 wsfioua 9p peprsozny,

TugvouuoseT ap Seauang

ust gesty seek ure syrze - ~ ust

zontot nz'y 09 acre onze geez aust

séo"n go's eset ate SES ostzz ust

soztot ace'e wre sens 69°02 seer

our'st 69" sore ores eran sest

sro wae 1662 069s zor et

aso'zt oiez oes 62-02 cust

cert cue'z 668 65°91

962'0t uate etme nee eect 61

wou's Boos wsror tz wee ect oust

ves o'r 86 sez osv9z 06's 636

car's cost ars osorz cerns ore 896

ent sirt oe eer agrie ase eset

occ's ex'z sae c09"e ont 09 9961

yee soorrse [Geet 2p vardes [c sovortze |yrevei| csonno | creseral|ypeprovssoota | Worse

1a) ommoueg | 4932920, Tad | Seproercea sfraenpr | 9 obytorea ow

gate aq (isa) samme? Sao TIN

62-9961 = Oo1W oLwand xa VloWaNG a0 onnSNOD

z erae

---Page Break---

100.0} ?CRECIILENTO PRODUCCION ELECTRICTDAD

Fe PUERTO RICO

gure

10.0]

Producei3n de Electricidad

0.01

1930 1940 1950 1960 1970 1980

Año Fiscal

Fuente: Autoridad de Energía Eléctrica.

---Page Break---

(CAPACIDAD ELÉCTRICA TOTAL INSTALADA Y DEMANDA MÁXIMA EN PUERTO RICO

Figura 2

(mw)

(Megovatios

Producto Interno Bruto

(P1B)de Puerto Rico

19801960 187 Ta80

Ao Fiscal

193019401950. 196018701980.

Año Fiscal

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

---Page Break---

9

Hasta mediados de la década de los 50 los requisitos internos para productos refinados ~ gasolina para transportación y combustible re-

Sidual para generación de electricidad y para usos industriales - eran

suministrados por importaciones. Pero la disponibilidad del crudo de Ve-

nezuela a precios inferiores, 30% por debajo del continente nort-

americano, creó un incentivo para el establecimiento de pequeñas refineras.

A mediados de la década estas se establecieron para llenar la creciente

demandas insular por productos refinados del petróleo. La exención con

tributiva 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.

---Page Break---

Tabla 3 10

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

Capacidad en Capacidad Por ciento

Producto Puerto Rico total en ? dell total en.

E.U. Puerto Rico

355, 2,263 15.7,

437 48h 28.4

2,170 5,735 20.4

437 1,355 32.2

1,800 35,015 5.

Glicol de Etileno 2,075 6,825, 158

Monómero de Cloruro

?? 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. REFINERTAS DE PETROLEO
EN EL CARIBE Y MEJICO

ee

?apacidad

Pats (siles de barriles por dfa)

?

1) Venezuela 1,445,5

2) Héjico 1,243.5

3) Antillas Holandesas 8420

4) Islas Virgines 782.0

5) Bahamas 500.0

6) Trinidad-Tobago 461.0

7) Puerto Rico 284-0

8) Colombia 165.0

9) Panand 100.0

10) RepGblica Dominicana 46.5

11) Janaica 32.6

12) EL Salvador 16.5

13) Nicaragua 16.9

14) Guatemala 140

15) Honduras 14.0

16) Martinica ais

17) Costa Rica 10:0

18) Barbados 3:0

SSS

TOTAL 5,986.4

ee

Fuente: Petroleum Publishers, 1978. International Petroleum Encyclopedia.

---Page Break---

vartaoua aa aav19

oes

---Page Break---

2

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:

(2) 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 refineras alcanzó alrededor de 1.3 billones de dólares.

(3) La inversión y producción generada por la industria de las refineras y petroquímicas, y por la industria de generación eléctrica, no 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

(5) La utilización de la energía ha sido un factor importante en

el adelanto del desarrollo económico e industrial. Por ejemplo, estudios 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 para el combustible necesario para alimentar las instalaciones así como para proveer los productos petroquímicos requeridos en los procesos de manufactura.

---Page Break---

33

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, perdiendo así la ventaja de precio al crudo norteamericano,

Tabla 5

PRECIOS PROMEDIO DEL PETROLEO CRUDO

(Dólares por Barril)

País Exportador

Venezuela Estados Unidos

1970 2.36 3.18

1974 9.50 11.38

Ratio 279 339

4973 3103 3ia9

in net ser

1975 1165 767

1976 aaleo as

wn a3a3 8137

1978 ile 9100

1979 3118 12164

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 1a Tabla 6 presentencs datos sobre el precio prosedio 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 nafts en \$42.50.

---Page Break---

4

Tabla 6

PRECIOS PROMEDIOS DE LAS IMPORTACIONES DEL CRUDO ¥ NAFTA

(DStares por Barril)

Afo Fiscal 1976 197719781979 980%

cRuD0 32,30 13.30 13,80 14.70 26.00

NAPTA 14.00 14.30 14,60 21.30 35.90

* Hasta Hicleabre de 1979

Puente: Oficina de Energia 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 pe-

tróleo y de la posición competitiva de las refineras y petroquímicas.

El valor monetario de las importaciones aumentó por 500% desde 1973 a

1977 aun 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 =

factores de la actividad económica en Puerto Rico está ilustrado en un

estudio realizado por CEEA? 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, transporte 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 Medio Oriente y otros países y más recientemente los Estados Unidos, están cubriendo 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 utilice 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

imagen de costos para dos plantas produciendo el mismo volumen de

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 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.

Adee de las refinerfas y las pettoquSmicas otras industrias cose
1a manufactura, 1a agricultura y el turism vieron sus posiciones com
petivivas afectadas adversanente por el aumento en el precio del petrSleo.

---Page Break---

Tabla 7 16

TMPORTACIONES DE CRUDO DE LAS REFINERIAS EN PUERTO RICO, POR PAIS DE
ORIGEN

?Afio g Naturales Seleccionados

tiles de Barriles)

Fale de Origen] 972 97 599 3595

po

Veneruele 5,920.0 35,013, 32,812.8 26,233.4

Mediano Oriente	22,122.	22,717.71,	258.2
Estados Unidos	534.8	13,075.2	
Otros Pafses	3,563.4	7,045.8	23,03118 26,706-3
TOTAL	70,888.1	© 74,182.1	77,697.12 -77,273.0

Oficina de Energia de Puerto Rico

Tabla 8

COMPARACION DE COSTOS DE OPERACION ANUAL.

DE COMPLEO PETROQUIMICO, 1974 ¥ 1977

(iillones de d6lares)

Ta oo

Factores EEUU. Eee

Puerto Rico Golfo México Puerto Rico México

ee cic _Parorto Rilo MExcico

Materia prima 160.6 143.5, 400.0 374.5

Electricidad 4212 13.0 68.5 26.4

Cocombustible y vapor 61:0 ara n3 64.4

Fuerza Obrera 116 2 9.4 10:2

Mantenimiento 32s a2 19.8 19.3,

costo Fijo 43.7 46.8 67:8 16.5

OO

Coste Total 331.6 253.8 637.4 567.3

créditos por

otros productos aar.3) 13.8) (258.7): (252.2)

Costo Neto de 1a Planta 190.3 140.0 378.7 315.1

Diferencial

transportación 1.2 20.2

et

costo Neto Anual

de Operación 197.5 140.0 398.9 35.2

Seen

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

---Page Break---

a
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

para 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 estén ocur-

tiendo en la estructura energética de 1a isla, Los aumentos en precios del crudo son 1a fuerza motriz para 1a reducción en la dependencia del PetrGleo. Pero en un sistema de capitales 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 1a estructura de la demanda y 1a 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 1a 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 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 ensaradas 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.

---Page Break---

as

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

Panand 2 planificar el desarrollo de fuentes alterna de energia.

La politica energética de conservacin y desarrollo de fuentes alternas de energia y diversificaci6n de 1a produci6a pone de manifiesto 1a importancia de 1a ingenierfa en el desarrollo de 1a nueva estructura energética. Para alcanzar los objetivos sefalados en la politica energética ae hace Amprescindible las innovaciones tecnológicas. Nathen Rosenberg, estudioso del proceso del caabio tecnológico, subraya la primacta de 1a iagenieria en el desarrollo y adaptaci6n de imovaciones. Para poder alcanzar una ayor eficiencia en el consuo de energfa y para poder adoptar alterna eivas energéticas viables y econSaicas necesitamos del ingeniero para adelantos en el disefo y en 1a producci6n, £1 ingeniero como agente innovador ayuda a sefalar el camino especifico en cuanto a técnicas de conservaci6n y 1a producci6n. Como verenos al exaninar los cambios tecaclé- gicos ocurridos en 1a estructura de 1a demanda y de 1a produci6n ya se Perfila esta funci6n 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

---Page Break---

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 atepera 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 presenten una mayor oportunidad de ahorro. El plan cubre lo siguiente: la educación e información encaminadas a crear una cultura 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 1960. 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 contribuciones 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 aislamiento, ventilación, los sistemas

eléctricos y requisitos de instalación de tuberías para los calentadores solares; y en términos generales «a ética de conservación que #e 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 San Juan además de numerosos cursos de energía en otras instituciones universitarias del país.

---Page Break---

20

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 49470

Programa Solar ota 22398

Catriona ge Apia porEowis Soir 101.87 mse

Programa de Gobierno var

se oe Eur or arm et Gio

?ComprsGubenonenae de Pett

?Eticariss nn Connor Eerghice

?Coneracsn go Put dela Conon

Programa de Edvcacibn e informacion

Ccenoooh Concentén Pic

?ive para caroute iar ?320289 ?3800390

Poca el Caran Poyeciade pre 1860 \$33 653

AnGrrOS** ton milons de ees) yaaa wae

Fuente: ConservaciGn de Energia, Oficina de Energia, 1978.

---Page Break---

a

EL gobierno federal de los Estados Unidos ha jugedo un papel im

Portante en el adelanto de los programas de conservación de energía

EL programa de conservación de energía de 1a 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 autoaviones, 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 los Estados:

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 estas respondan

4 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 Kwh 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,

Estados

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. Venos cómo a partir de la cuádruplicación 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:

---Page Break---

2

00

CONSUMO DE ENERGIA TOTAL Y POR PERSONA

0 1966-1979

?

|

Ey, i

::

20 :

10] se

ee 67 68 69 70 Ti 7273787516 77 7879

Ano Fiscal

---Page Break---

23

An Consuso Energia = .771 + 0.58 ln PIB

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 Guineos años aparecen ser inferiores a las tasas de crecimiento de la actividad económica. El consumo total de energía aumentó al ritmo promedio anual de 2.32; 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 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 explorar 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 fuentes renovables de energía. El estudio fue coordinado 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.

---Page Break---

?orano9ta eyRioug 9p pepruoiny :enueng

?ortany UpTORUnETT

ve ve wae Loy fol'y ote wre 646

ee 62 we9'e oly ey ve ocg'e ?eL6t

oe vee este wen toe'y roe arte use

ve ve a2 easy one ute oust

ve vee cz ty eey ee ser'e ster

OF ste oetz Se 909'y vee oe'e yL6T

* ve ae Sty ca'y sae uate cube

ve sve fst 08 wer ele swe ust

be ose vee ove ea wie cer't ?s86t

ss wre an ve 6s ese 186 oer

reves top Weer To ut op Leet tep ep = Teor Top amt op Teoeng

ae ee SS Seay

Soaioooss Sosy ?avaroraioiia su oansiao

ou eran

---Page Break---

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 sorqenously 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

---Page Break---

26

Adicionalmente 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,

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, la técnica fotovoltaica podría 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 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 Esta disponible en 1a actualidad, compiten favo-
mente con el carbón; OTEC compitiendo con el carbón para prin-
cipios de 1a próxima década,

Las proyecciones de 1a Autoridad de Energía Eléctrica indican la
necesidad de una planta central de generación para mediados de la
década, Después de estudiar las alternativas comerciales disponible:
incluyendo unidades de petróleo, nucleares y de carbón 1a Autoridad
se ha decidido por Gas Natural. Los planes al presente indican la
instalación de tres centrales de 300 megavatios que comenzarán
operar para 1986. Aunque 1a alternativa nuclear resultaba ser ni
económica el hecho de no haberse resuelto el problema de la dispo-
sición de los desperdicios radioactivos, 1a preocupación de la ciudada-
nia por problemas de seguridad, y la necesidad de utilizar escalas de
plantas consideradas por algunos como las más grandes de lo recomendable,
Llevaron a 1a 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.

---Page Break---

TOTAL COSTOS ACTUALIZADOS (MILLS/KIWH)

Fura :

?

?Total de Cotto: de Generation Actualizados de Altemativas de Prosuccion

1 Energia Elect

?Costorincrementados on § 1/42 anual excepto el aceite com

que fut incrementado =

Grifiea 217 74% anual.

?demonstre con propósitos comparativos con la

34 (ficha del Coste de Aceite Combustible

ARO DE ARRANQUE DE LA CENTRAL GENERATIVA,

Fuente: Energy Analysis and Socioeconómec Considerations for Puerto Rico,

CEERICTZ, mayo de 1960

---Page Break---

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 liderazgo en este desarrollo. Para estos propósitos cuenta con programas en la División de Energía Solar, División OTEC, División de Bionología, División de Ecología Marina y Terrestre y los Programas de Combustible:

F6siles y de Bioconversión. Las actividades y hallazgos nie significativos del CEEA son los siguiente:

Divisi6n de Energia Solar

Su misi6n principal de denostrar @ introducir sistens eolares de aceptaci6n econ6mica y ambiental ha tenido una gran actividad. Sus logros nis significativos han sido:

La evaluaci6n de calentadores solares para el uso del ciudadano y de 1a industria con acopio de datos importantes relatives a st foperaci6n bajo las condiciones adversas prevalecientes en un clima tropical de alta hunedad;

El desarrollo de proyectos para proveer energia t6rmica en escala industrial tales cono wejoramiento de los concentradores. solare

aplicaciones en la industria farmacéutica; demostraciones en escala industrial para compañías de procesamiento 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 Oceanotérmica)

Esta División llevó a cabo un activo programa de investigación.

Los asuntos de mayor significación comprendidos en este estudio

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

---Page Break---

29

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 empleados.

Para conducir estos estudios la División OTEC adquirió del Departamento de la Marina de los Estados Unidos una barcaza de desecho. Barco en desuso la cual modificó y ancló permanentemente en el fondeo 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 generadora OTEC. 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 marítimas en el área al sur de Puerto Rico y muestras para medir propiedades oceanográficas importantes.

---Page Break---

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 objeto aumentar la disponibilidad de fuentes no convencionales de combustibles fósiles, particularmente los pesados dentro de un marco de seguridad ambiental. La meta~

Gología usada principalmente envuelve el uso de microorganismos en la biodegradación de crudos pesados de alto contenido de azufre

Algunos resultados son los siguientes:

Aislamiento y cultivo de microorganismos específicos para degradar crudos pesados.

Demstración 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.

Biogeneración

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 técnicos 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 CEA existen en Puerto Rico varios proyectos de demostración, activos o en preparación, destinados a evaluar 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

---Page Break---

31

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 Candelinas, 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 reglamentación ambiental

y la producción de electricidad para la auto-suficiencia energética, Utilice 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

8610 el comienzo de la implementación de energías renovables que visualicen la estructura de producción de energía para Puerto Rico.

(CONCLUSIÓN)

La seriedad del problema energético frente a la escasez de recursos obliga a hacer 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-humana de los técnicos para tener las mejores

---Page Break---

32

decisiones. Debemos recordar que el ingeniero en su capacidad, busca
no 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 hu-
mano y físico de la energía.

El científico o ingeniero en su búsqueda de soluciones a la pro-
blema energética debe tomar un énfasis interdisciplinario.

Para que las soluciones sean viables y aceptables a la sociedad debe
aplicar no solo los conocimientos derivados de las ciencias físicas

y las matemáticas, sino también los de las ciencias biológicas y an-
tropométricas, las ciencias económicas y sociales y la humanidad. De
no hacerlo así las soluciones brindadas no recibirán la aceptación
adecuada y causarían conflictos a la sociedad.

Así resultó con el caso de la energía nuclear que todavía no ha
desarrollado 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 condi-
ciones prevalecientes de costos altos de la energía. La Oficina de
Energía, el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales y la Au-
toridad de Energía Eléctrica jugarán un papel importante en el desar-
rollo e implementación de las innovaciones tecnológicas requeridas.
Puerto Rico se convertirá de así serio en un laboratorio de alternan-
s energéticas renovables y podría ser uno de los líderes mundiales

---Page Break---

3

BEBLIOGRAFTA

1. Arthur D, Little, Inc., Comparative Cost Positions of the Puerto Rican

Petrochemical Industry, 1974,

Comparative Cost Positions of the Puerto Rican Petrochemical

industry, 1977.

Banco Popular de Puerto Rico, Datos Basicos: Progreso en Puerto Rico,

marzo 1960,

4, Bonnet, Juan A., La Situación Rnergética de Puerto Rico y sus Alternatives

pare Generar Electricidad", ponencia dictada ante el XV Congreso de le

?UPADI en Santiago, Chile, octubre de 1978.

3. La Crisis de Energia y sus Alternativas: Soluciones a Corto

Plazo y Soluciones a Largo Plazo. Priser a parte de conferencia dictada

en 1a Universidad de Puerto Rico, Recinto de Rio Piedras, noviesbre 1977,

6, "Energía Nuclear-Técnica para Latinoamérica", ponencia

dictada

"Gi Ta Conferencia SOLAR 60 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.

U1, 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, 197

a. Indicadores Energéticos Mensuales de Puerto Rico, 1979 y
58, varios.

La Política Energética de Puerto Rico, 1979,

as.

---Page Break---

16.

wv.

18.

as.

20.

a.

22.

34

La Situación Energética de Puerto Rico en el 1978, 1979.

Organización de los Estados Americanos, Bases para un Programa Sectorial

de Energía, Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos, 1980,

The Pace Company Consultants and Engineers, Inc., Refining and Petrochemicals in Puerto Rico, 1979.

Petroleum Publishers, International Petroleum Encyclopedia, 1978.

Rosenberg, Nathan, Perspectives on Technology. Cambridge University Press, 1976.

U.S. Department of Commerce, Economic Study of Puerto Rico, 1980.

U.S. Department of Energy, Monthly Energy Review, 1974-80, varios.

---Page Break---