

CHER-X-130 NATIONAL PRESENTATIONS FROM PUERTO RICO PRESENTED AT THE XVII CONVENTION OF THE PAN AMERICAN UNION OF ENGINEERING ASSOCIATIONS (UPADI-82) AUGUST 1 TO 7, 1982 SAN JUAN, PUERTO RICO CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH

NATIONAL PRESENTATIONS FROM PUERTO RICO Presented at the XVII Pan American Union of Engineering Associations Convention (UPADI-82) August 1 to 7, 1982 San Juan, Puerto Rico

I am pleased to include in this volume the six main presentations presented on behalf of Puerto Rico at the XVII Convention of the Pan American Union of Engineering Associations (UPADI-82) held from August 1 to 7 in San Juan, Puerto Rico. The national presentations were presented by invitation of each of the Congresses and on behalf of the College of Engineers and Surveyors of Puerto Rico. These presentations capture the point of view of the presenter with relation to the corresponding problem and its consequences and solutions for our island. Presentations were made related to the environment, civil engineering (housing), costs, energy, education and oceanic. Due to the importance of the topics discussed for the future of our people, this volume has been published as a courtesy of the Center for Energy and Environmental Studies of the University of Puerto Rico. Dr. Juan A. Bonnet, Jr. Director Technical Committee UPADI-82

## Preface

Table of Contents. Convention Authorities. BOARD OF TECHNICAL SESSIONS. Environmental Policy for Sustainable Development by Mr. Pedro A. Gelabert - President, Environmental Quality Board, Puerto Rico Housing 82 and its Alternatives: Eng. Jorge A. Pierluissi - Secretary, From Housing: The Problem of Applying a Price Adjustment Clause to Construction Contracts in Puerto Rico by Eng. Max Figueroa Dominguez, Consultant. The Energy Situation of Puerto Rico by Eng. Alberto Bruno Vega - Executive Director, Authority.

"La Energía Eléctrica de Puerto Rico. La Ingeniería: Sostén y Esperanza del Desarrollo de Puerto Rico por Ing. José A. Toledo Morell, Decano del Colegio de Ingeniería de la Universidad de Puerto Rico. Energía del Océano por Dr. Juan A. Bonnet, Jr., Director del Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico.

## AUTORIDADES DE LA CONVENCION

Autoridades de la Convención:

Presidente de UPADI: Ing. Pablo R. Gorostiaga  
Presidente del CIAPR: Ing. José Ojeda  
Comité Organizador XVII Convención de UPADI:  
Presidente: Ing. Guillermo Godreaw  
Vicepresidente: Ing. Pedro J. Ortiz, Jr.

Tesorero Secretario: Ing. Denjiro Rivers  
Asistente Especial del Presidente: Ing. David Berrocal  
Director Técnico: Ing. Juan A. Bonnet, Jr.  
Director Administrativo: Ledo. Angel López Hidalgo

Argentina Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico

## MESA DIRECTIVA DE LAS SESIONES TÉCNICAS

Mesa Directiva de las Sesiones Técnicas:

Congreso Panamericano de Ingeniería Civil:  
Ing. José A. Fernández Ordoñez  
Pasado Pres. Col. Ing. de Puertos y Caminos  
Presidente: Ing. Enrique Ruiz  
Vicepresidente: Ing. Jorge Seismareila  
Secretario: Dr. Mermenegildo Ortiz  
Relator General: Dr. Samuel Díaz  
Vocales: Ing. Félix García, Dr. Leandro Rodríguez

2ndo. Congreso Panamericano de Ingeniería Oceánica:  
Presidente Honorario: Ing. Mauricio Porras  
Presidente: Ing. Fernando Pérez Bracetti  
Vicepresidente: Dr. Julio G. Giannotti  
Secretario: Dr. Donald Sasser  
Relator General: Ing. Carlos García Troche  
Vocales: Ing. Angel R. Rivera Rodríguez, Ing. Modesto Roubert, Ing. Gilberto A. Vélez, Dr. Frank Torres

España Puerto Rico Argentina Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico México Puerto Rico Argentina  
Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico

Conferencia Nacional de Alternativas Renovables de Energía:  
Presidente Honorario: Dr. Juan A. Bonnet, Jr., Director CEEA Puerto Rico  
Presidente: Ing. Pedro A. Sarkis Puerto Rico"

Vicepresidente Rico De. Rich Farber Kv. Secretario Dr. Modesto Triarte, Jr, Puerto Rico. Relator General Ing. Jorge El Koury, Puerto Rico. Vocales Ing. Francisco Gutierrez, Venezuela. Ing. Kenneth Soderstrom, Puerto Rico. Dr. Peter Kerios Ev. Con. Presidente Honorario Ing. José Luis Castillo Tufiño, Mexico. Presidente Ing. José A. Fernández, Puerto Rico. Ing. Alfred L. Delion, Secretario. Ing. Waldemar Carmona González, Puerto Rico. Relator General Ing. Miguel R. Vélez, Puerto Rico. Vocales Ing. Francisco Sanfiorenzo, Puerto Rico. Ing. Bruno E. Tenze, El Salvador. Ing. H. Hirshfield, Brasil.

Presidente Honorario Ing. Vladiair Yackoviev, Congreso Panamericano de Ingeniería Ambiental. Director para Ciencia y Tecnología de la Organización de Estados Americanos. Presidente Ing. Vicepresidentes Secretario Ing. Relator General Ing. Vocales Ing. Foro Libre Presidente Ing. Vicepresidenta Tag. Secretaria Ing. Relatora General Ing. Vocales Ing. Ig. Tag.

Te Rafael Cruz Pérez Marfa M, Casó de Cruz - Cart Axel P. Soderberg Carlos Bassat Elizabeth Vesxovacei Carmen González Linda Vélez + Edith Vázquez Billa Nazario Zaida Peres Billen Wats, Venezuela Puerto Rico Puerto Rico Puerto Rico.

## POLÍTICA AMBIENTAL PARA UN DESARROLLO SOSTENIDO

Sr. Pedro A. Gelabert, Presidente Calidad Ambiental.

## UNIÓN PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS - 92

Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico, El 7 de agosto de 1982. 'SEGUNDO CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

## PRESENTACIÓN NACIONAL PUERTO RICO

## POLÍTICA AMBIENTAL PARA UN DESARROLLO SOSTENIDO

Por: Pedro A. Gelabert, Presidente Junta de Calidad Ambiental, 2 de agosto de 1982.

Excelentísimo señor Presidente, distinguidos miembros de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros e ilustres invitados: Inmenso honor constituye para mí el dirigirme a la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI) durante esta décimaséptima convención, para hacer la presentación nacional del Segundo Congreso Panamericano de Ingeniería Ambiental. Tal.

La distinción demanda una perfección de ejecutorias que fuerzan sobre mi persona y mi profesión geológica una gran sensación de responsabilidad a tono con la solemne ocasión. Sin embargo, me es sumamente grato poder compartir con ustedes como en numerosas ocasiones lo hiciera mi padre, el Ing. Ramón Gelabert, quien fuera delegado de Puerto Rico por varios años ante vuestra prestigiosa organización. Aprovecho la ocasión para agradecerles en su nombre aquellos felices momentos que él pasó en tan amena compañía con todos ustedes a través de los diferentes países del hemisferio. Desde el punto de vista de la ciencia geológica, el ser humano ha sido hasta hace poco un simple detalle en la larga historia de nuestro planeta. Si comparamos su existencia con la edad geológica de la Tierra que se remonta a unos 4,500 millones de años, podemos concluir que somos de una época relativamente reciente. Durante los primeros 3,900 millones de años habitaron solamente el planeta simples organismos de plantas y animales que evolucionaron lentamente a través de los últimos 600 millones de años en invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. El ser humano ha existido solamente por el último millón de años y el desarrollo de su actual capacidad intelectual no pasa de medio millón de años. No fue hasta mediados del siglo pasado que el cerebro humano logró generar la revolución industrial, la cual cambió por

completo su modo de vida de una sociedad agrícola a una industrial. Durante este corto espacio de tiempo, el hombre ha transformado el mundo con sus máquinas, inventos, descubrimientos y su propio comportamiento alterando el equilibrio ecológico hasta el extremo que algún día pueda afectar adversamente su propia subsistencia. El éxito obtenido por los científicos y técnicos al sobrepasar los límites naturales ha creado una tradición cultural en la gran mayoría de las personas del mundo contemporáneo. Durante los últimos dos siglos, hemos estirado los límites mediante la utilización de una serie de medidas.

Tecnológicas. La tecnología es simplemente el mecanismo para cambiar la dependencia de un recurso a otro, ya que no expande la base actual del recurso. Muchas personas esperan que los avances tecnológicos sigan alterando los límites ambientales indefinidamente y la humanidad continúa tratando de conquistar los límites en vez de aprender a vivir con ellos. Esta tendencia ha sido reforzada por la aparente inmensidad de los recursos naturales al compararlos con la relativa pequeñez del ser humano y sus actividades cotidianas.

--- Página de Interrupción ---

En las Islas del Caribe, donde nos encontramos presionados por limitadas extensiones territoriales, escasos recursos naturales y altas concentraciones poblacionales, nuestras políticas de desarrollo están afectadas por la delicada capacidad asimilativa de nuestros ecosistemas. Por consiguiente, tenemos que prestarle mayor atención a estas limitaciones que nuestros vecinos de Norte y Sur América, quienes fueron bendecidos con una base mayor de recursos. De no ser así, estaríamos destinados a sufrir las consecuencias de unas políticas de desarrollo irracionales.

Intentaré hoy, ilustrar por medio de una presentación visual, el efecto ambiental que puede ser causado por ciertas políticas de desarrollo. La gran densidad poblacional combinada con la limitación de terrenos cultivables, distribución precaria de los abastos de agua dulce y escasos recursos minerales, hacen de Puerto Rico una localidad excelente para analizar el impacto ambiental causado por tres décadas de extraordinario desarrollo.

Basándome en la presunción de que los resultados obtenidos en Puerto Rico pueden aplicarse a algunos países del Caribe que tengan similares condiciones, se presenta este trabajo para que ustedes puedan beneficiarse de nuestros éxitos y fracasos.

La zona costanera es el recurso natural más crítico de cualquier isla. Mientras más pequeña sea la isla, más crítica se torna la zona costanera. Esta franja de tierra y mar es muy importante debido a que es el área de mayor asentamiento.

Despejar los terrenos para el desarrollo subsiguiente expone al suelo a través de la eliminación de la capa vegetativa e inicia ciclos severos de erosión de suelos. Una vez el terreno ha sido preparado para el desarrollo, una selva de cemento se siembra con la construcción de residenciales al costo más bajo. La construcción de casas sencillas abre paso al desparramamiento urbano que requiere una infraestructura costosísima para proveer a la comunidad sus necesidades diarias de agua, luz, teléfono, alcantarillado, calles, etc. El uso intenso del automóvil se convierte en una necesidad por la falta de transporte colectivo o en masa. El automóvil trae consigo la congestión de tráfico y la contaminación de aire y ruido. Finalmente, propicia el depósito de

chatarra al convertirse en inservible con el pasar de los años. Para tratar de detener el desparramamiento urbano, se construyen edificios de multipisos o rascacielos, aumentando la densidad poblacional en algunas partes de la ciudad. Las altas densidades poblacionales originan una gama de problemas sociales desde la droga hasta el crimen. Con el deterioro de la ciudad, las clases más acaudaladas se mudan a los suburbios y simultáneamente se reducen los ingresos por impuestos de la ciudad, generando déficits presupuestarios en los gobiernos locales.

---Página en blanco---

La basura se concentra en la ciudad, se recoge en camiones y se dispone en el vertedero. Si la basura no se entierra diariamente, la lluvia cae sobre los desperdicios y la escorrentía contamina los cuerpos de agua. La basura también es quemada por los empleados públicos o por recolectores que buscan metales y otros objetos para reutilizarlos. La quema a campo abierto causa contaminación de aire sobre las comunidades ubicadas viento abajo del basurero. La lixiviación de la basura contamina las aguas subterráneas. Con el aumento de sustancias tóxicas y peligrosas en nuestras actividades diarias, la contaminación del aire, agua y terreno puede causar graves daños a la salud de los habitantes de la ciudad.

Ciudad. La vida en la rural sigue un ritmo más lento y diferente al de la ciudad. La gente cansada de la ciudad retorna al campo y viaja diariamente a las ciudades para trabajar en la urbe. Algunos vuelven nuevamente a la tierra y la vieja finca se reabre. Problemas de erosión se dan en la finca por movimientos de tierra para construir caminos o por pobres prácticas agrícolas. Deforestación, erosión de suelos y sedimentación de los cursos de agua se desarrollan mientras que el campo es devorado por la expansión urbana. El cultivo de la tierra requiere la eliminación de la cubierta vegetal para la siembra. En áreas de pendientes inclinadas y alta precipitación, se inicia un ciclo de erosión de suelos que elimina totalmente el suelo fértil al dejar la roca aflorando en la superficie. Esta fue una práctica común durante el pasado siglo para proceder con el cultivo del café. De esta manera, se eliminaron vastas extensiones de bosques tropicales para cultivar la tierra. Aún en áreas relativamente planas, la erosión de suelos es un enemigo serio. La caña de azúcar se corta y se transporta hasta el ingenio donde el molino descarga el agua con altos contenidos de materia orgánica al cuerpo de agua más cercano. La molienda de la caña de azúcar también trae contaminación de aire generado por las partículas emitidas por la chimenea. Estos ingenios son viejos y requieren la instalación de costosos equipos de control de contaminación. El desarrollo industrial requiere energía para mover las máquinas. La energía es generalmente producida en las Islas del Caribe mediante la quema de combustibles fósiles, especialmente el petróleo. Las plantas generadoras de energía eléctrica queman petróleo y causan contaminación de aire cuando los combustibles tienen un alto contenido de azufre. Además, causan contaminación de agua por la descarga caliente del agua de enfriamiento. La necesidad de combustibles trae la refinería de petróleo que también añade a la contaminación de agua y aire.

Venezuela atrae las petroquímicas, "Repentinamente, un complejo petroquímico se ha desarrollado en una pequeña isla del Caribe. Su economía se convierte casi por completo dependiente en el flujo de petróleo. El riesgo de derrames de petróleo aumenta proporcionalmente con el incremento de las importaciones de petróleo crudo y las exportaciones de productos derivados de petróleo. Los derrames de petróleo pueden ser causados por las operaciones de trasbordo en el puerto, por accidentes de buques tanques, o por prácticas pobres de manejo. Los derrames de petróleo afectan adversamente las playas, los manglares, la vida marina, la pesca, el turismo y las utilidades recreacionales costeras. El daño a la vida silvestre puede ser extenso,

afectando todos los organismos desde el plancton microscópico a las aves marinas. La expansión industrial se torna más sofisticada con el establecimiento de plantas químicas que usan sustancias peligrosas. Con el aumento en el comercio de sustancias tóxicas y peligrosas, el riesgo de derrames más devastadores aumenta a un ritmo acelerado en las aguas costeras y amenaza otras islas que no tienen tales industrias. Hoy vivimos en un momento histórico cuando el medio ambiente está sufriendo un violento cambio y nos enfrentamos repentinamente a una realidad distinta al descubrir que los conceptos de nuestros padres ya no corresponden a las condiciones actuales. No obstante, muchas personas no se dan cuenta de las realidades por carecer de información adecuada y los que tenemos la información no poseemos la capacidad de integrarla a nuestros principios de desarrollo para afrontar la situación actual del medio ambiente. Numerosos estudios del problema ecológico nos señalan que debemos tener conciencia de nuestra actitud hostil hacia el medio, pero ninguno nos responsabiliza a cada uno de nosotros por la crisis ambiental. Estos estudios hablan del hombre como si fuera una entidad abstracta, sinónimo de una sociedad, cultura o civilización. Sin embargo, todos los estudios llegan a la conclusión de

La solución radica en el cambio de valores y hábitos de todos los seres humanos. La solución requiere que cada persona esté consciente de su potencial destructivo, que pueda estimar el daño individual y que pueda llevar a cabo modificaciones positivas al reconocer el significado de su propia conducta. Nuestro concepto de que somos seres distintos al resto del mundo se relaciona con nuestra necesidad de controlar el medio ambiente. Mientras más controlamos la naturaleza, más alejados nos sentimos de la idea de que somos parte y eslabón del ecosistema. Al darnos cuenta de nuestra superioridad ante otros organismos, hemos dividido a nosotros y todos los otros seres existentes. El hombre urbano, bajo el atractivo del dinero, de cotidianos materiales y, encerrado en sus ciudades inhóspitas, se encuentra progresivamente separado de la experiencia viva y consciente de los principios biológicos. La capacidad de consumo nos lanza a un alto nivel de vida dividiendo a los habitantes del planeta en consumidores y consumidos, a sus países en desarrollados y subdesarrollados. Nuestra separación casi absoluta con nuestro medio ambiente, al sentirnos seres distintos y contruidos de una sustancia especial, ha contribuido significativamente a desarrollar una actitud destructiva hacia el medio. En vez de confrontar la situación, encontramos caminos mentales para negar, rechazar, engañarnos y posponer las soluciones. Las actividades desconsideradas de la humanidad van reduciendo paulatinamente la capacidad asimilativa del medio ambiente para mantener la calidad de la vida, especialmente cuando el aumento poblacional y el consumo material plantean unas crecientes exigencias humanas. La relación entre el ser humano y el medio ambiente continuará empeorándose hasta que se estabilice la población, se adopte una nueva ética ambiental, se establezcan unos nuevos valores y hábitos humanos y se aspire a un desarrollo sostenible en vez de un crecimiento desproporcionado. El desarrollo ha sido...

Definido por las Naciones Unidas como la modificación del medio ambiente y la aplicación de los recursos naturales, humanos y financieros en pro de la satisfacción de las necesidades humanas y el mejoramiento de la calidad de vida. Cuando el desarrollo intenta alcanzar las finalidades del hombre mediante la utilización máxima del medio ambiente, la conservación trata de lograr estas finalidades sosteniendo su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. Aunque sería en vano esperar que la gente cuya supervivencia es ya precaria y cuya esperanza de prosperar sea mínima, subordinen sus necesidades inmediatas a la posibilidad de una recompensa lejana. En este caso solo el desarrollo sería capaz de romper el círculo vicioso de la miseria causada por la degradación ambiental que produce aún más pobreza. Para que este desarrollo no sea a largo plazo contraproducente, deberá ser un desarrollo

sostenible. Una estrategia diseñada a lograr un desarrollo sostenido puede ejecutarse en tres etapas para no ocasionar una dislocación económica muy grave. En la primera etapa, se aplican unas medidas de control de contaminación combinadas con unas soluciones tecnológicas que están influenciadas por su viabilidad económica. Esta etapa provee un periodo de amortiguamiento donde los límites materiales se extienden, pero no resuelven las causas que originan el problema. Actualmente ya estamos implantando algunas de estas medidas al requerir la instalación de unos equipos de control de contaminación. En la segunda etapa, se aplicarán unas medidas de racionamiento que obligan al sistema económico a producir dentro de unos límites ecológicos viables, pero estas medidas actualmente son incompatibles con los valores de nuestra sociedad. Sin embargo, la necesidad urgente de aplicar medidas de racionamiento se palpa en el consumo de energía y el uso indebido de terrenos cultivables. En la tercera etapa, se aplican medidas sociales dirigidas a eliminar las raíces del crecimiento.

Material a través de unos nuevos valores humanos y las aspiraciones del pueblo. Esto solo se podrá obtener mediante educación a largo plazo y la autodisciplina basada en una nueva ética ambiental donde el ser humano y el medio ambiente puedan existir en armonía productiva a través de un aprovechamiento sostenido. La Tierra es todavía joven, mirándola desde el punto de vista geológico, pero nosotros ya estamos envejeciendo a un paso acelerado con nuestras acciones desconsideradas. Tenemos ahora la gran oportunidad de aplicar nuestros conocimientos científicos para conservar un ambiente agradable y saludable. Sin la aportación de ustedes, los ingenieros de UPADI, esta tarea será difícil o imposible de realizar. Será mediante la utilización de tecnología que la mayoría de estos problemas se resolverán, pero debe ser una tecnología enfocada hacia un desarrollo sostenido. No lo hagamos por nosotros, que quizás no vivamos mucho en el próximo siglo. Vamos a hacerlo por nuestros hijos, por nuestros nietos y por las generaciones futuras. Estoy seguro que ellos lo agradecerán más que cualquier cosa que puedan heredar. Muchas gracias.

#### PUERTO RICO VIVIENDA 82 Y SUS ALTERNATIVAS

Ing. Jorge A. Pierluisi

Secretario Departamento de la Vivienda

#### UNIÓN PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS - 62

Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico

7 de agosto de 1983

CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA CIVIL, PRESENTACIÓN NACIONAL

PUERTO RICO

PUERTO RICO VIVIENDA 82 Y SUS ALTERNATIVAS

Jorge A. Pierluisi

Secretario Departamento de la Vivienda

2 de agosto de 1982

Señoras y Señores, muy buenas tardes:

Es para mí un verdadero privilegio y una encomienda de gran responsabilidad representar a Puerto Rico con la ponencia gubernamental en el Primer Congreso de Ingeniería Civil de la Decimoséptima Convención de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros. El

compartir ideas, puntos de vista y métodos de acción con excelentes profesionales de la ingeniería en nuestro.

"Mundo panamericano, ha sido también un estímulo vital que me motivó a participar en UPADI-@2. Me sentiría satisfecho si alguna de las experiencias y lineamientos de acción que hemos seguido hacia la solución de los problemas de vivienda en Puerto Rico, tuvieran aplicabilidad a la solución de los problemas de vivienda de los países hermanos participantes. Las características específicas de los patrones de desarrollo económico y social de Puerto Rico y nuestras relaciones con nuestros conciudadanos en Estados Unidos hacen de la Isla una comunidad con elementos valiosos para la observación y análisis de otros países con condiciones similares a las nuestras en el aspecto socioeconómico y cultural. Incluso, en la Isla se han aplicado experimentalmente, alternativas a la problemática habitacional que después han sido aplicadas con éxito en otros estados de la Unión. Las circunstancias actuales nos estimulan hacia la búsqueda de procesos nuevos para alcanzar productividad y soluciones efectivas, por las condiciones limitadas de los mercados en la construcción de viviendas adecuadas al alcance de las familias con medianos y escasos recursos económicos. Me atrevería afirmar que esta condición, que restringe el desarrollo de la Ingeniería Civil en Puerto Rico, es común en casi todos los países participantes de este Congreso y estoy seguro que ustedes tendrán aportaciones muy valiosas a la problemática de la vivienda de Puerto Rico.

Sr. PONENCIA GUBERNAMENTAL DE PUERTO RICO Introducción La provisión de albergue es una de las necesidades básicas del hombre, junto a alimentación y vestimenta. Sin embargo, albergue no es solo un techo, un piso, materiales, diseño; incluye también, aspectos de localización, acceso a empleos, educación, seguridad, salud, facilidades públicas, sentido de pertenencia, etc. El concepto de vivienda ha evolucionado a través de la historia desde la simple función de proteger al hombre de las inclemencias del tiempo, hasta nuestros días en que responde a complejas funciones sociales."

Su definición debe incluir servicios esenciales tales como agua, electricidad, y todos aquellos que promuevan un ambiente seguro y higiénico. La vivienda, elemento esencial de nuestra vida comunitaria y una de las principales áreas de responsabilidad gubernamental, representa una actividad compleja. Su dinámica incluye los valores sociales prevaletentes, las preferencias y aspiraciones de la población, el nivel de desarrollo socio-económico, el estado del ambiente y el grado de desarrollo urbano y rural. La Ingeniería Civil de los tiempos actuales, que practicamos con honra y orgullo, debe ampliar los horizontes y perspectivas y debe abarcar el ámbito humano de las familias a quienes sirve en todas sus dimensiones.

Problema de la Vivienda: El problema de la vivienda es trascendental en la vida de un pueblo, ya que afecta la productividad y estabilidad del mismo. Es de tal magnitud, y se complica con tal rapidez, que resulta imperativo buscar nuevas alternativas que permitan agilizar la construcción y la rehabilitación de unidades inadecuadas para promover mejores unidades de vivienda para beneficio de nuestras familias. El Gobierno de Puerto Rico reconoce el derecho de las familias a disfrutar de una vivienda adecuada y su responsabilidad para propiciar el disfrute de un hogar que propenda al desarrollo de las potencialidades y aspiraciones del ser humano.

No es tarea fácil eliminar o reducir el número de viviendas inadecuadas ya que existen varios

factores que contribuyen a magnificar el problema, entre ellos: el crecimiento poblacional, la migración de familias de la zona rural a la urbana en busca de más y mejores oportunidades de empleo, el retorno a la isla de muchas familias puertorriqueñas, la inmigración de ciudadanos de otros países, las invasiones de terrenos, así como el deterioro natural de las viviendas ya existentes, la escasez de terrenos y el aumento en los costes de construcción y financiamiento. De acuerdo a cifras preliminares del Censo de Población y Vivienda de.

En 1980, la situación actual de la vivienda en Puerto Rico refleja que para una población de 3.2 millones de habitantes existe un inventario de 990,172 unidades, de las cuales unas 217,000 son inadecuadas y de estas 77,000 no son rehabilitables. Por otro lado, anualmente se constituyen unas 20,000 nuevas familias que van a incrementar la necesidad de vivienda. No hay familia sin vivienda en Puerto Rico, aunque sí viviendas inadecuadas, muchas de ellas consideradas así, por hacinamiento. Esto es indicativo de que para resolver el problema habitacional en Puerto Rico, debemos tener un enfoque agresivo hacia la rehabilitación de la vivienda inadecuada existente y construir un mínimo de 28,000 unidades anualmente para reemplazar en 10 años las unidades inadecuadas, al presente no rehabilitables y proveer viviendas a las nuevas familias. Los siguientes objetivos constituyen elementos básicos para el desarrollo de nuestra política pública:

- Mejorar la calidad de vida en las áreas residenciales tanto en la zona urbana como en la rural y propiciar un ambiente apropiado, seguro y saludable para los residentes a un costo proporcional a su capacidad económica.
- Estimular la provisión de hogares adecuados para todas las familias, especialmente a las familias con ingresos bajos y moderados.
- Mejorar las condiciones físicas, sociales y económicas de las comunidades, sustituyendo las viviendas inadecuadas y deteniendo el deterioro en las zonas urbanas.

---Página siguiente---

- Proteger el carácter peculiar del sector rural, reduciendo la vivienda inadecuada, proveyendo oportunidades de empleo y estimulando la permanencia de las familias en las áreas rurales.
- Relacionar la vivienda con factores económicos, utilizando aquellos mecanismos fiscales y financieros que respondan más efectivamente a las necesidades de las familias en la obtención de su vivienda.
- Alcanzar una mayor eficiencia y economía en la producción de viviendas, de manera de hacer hogares adecuados accesibles a familias de distintos grupos económicos.
- Realizar

Diseños más apropiados de la vivienda que se adapten a nuestro medio ambiente e idiosincrasia. Integrar todos los esfuerzos gubernamentales en la planificación de la vivienda para coordinar las acciones y decisiones de los sectores públicos y privados para afrontar las necesidades y demanda por vivienda. Marco Filosófico "Vivienda Para Los Muchos" y "Lo Necesario Es lo Que Cuenta" son las dos premisas fundamentales que enmarcan nuestra filosofía de vivienda. Estos lineamientos de acción han sido producto de una evaluación cuidadosa y minuciosa de todos

nuestros programas para encaminarlos correctamente de acuerdo a la realidad social y económica de Puerto Rico. Aspiramos, dentro de las circunstancias actuales, a mitigar el problema de vivienda en la Isla, tomando en consideración dos criterios vitales: La función práctica y eficiente de nuestros programas y el involucramiento social y comunitario con las familias a quienes servimos. La comunidad en general y los sectores privados y públicos son elementos fundamentales hacia la solución de nuestros problemas de vivienda y así el Gobierno lo reconoce y busca los medios de mantener los lazos de comunicación y de ayuda mutua hacia la meta de mejorar todo.

Para poder implementar la estructura programática y los enfoques filosóficos ya mencionados del sector de Vivienda, estamos dirigiendo todos nuestros esfuerzos también hacia la modificación de las expectativas de vivienda de la comunidad puertorriqueña, especialmente nuestra clientela primaria, las familias de escasos recursos económicos. La familiarización del consumidor con el concepto de una vivienda básica más pequeña y compacta, obviando lo deseable pero opcional, es esencial para el logro de nuestras metas. Marco Económico Al analizar la problemática de vivienda no puede pasarse por alto el marco económico en que se desenvuelve actualmente Puerto Rico. Es por lo tanto, una necesidad ser y comprometerse con la actividad económica de la Isla que genera la construcción de viviendas.

Viviendas. El papel que desempeña la Industria de la Construcción en toda esta problemática es sumamente importante. Durante los últimos años, el Gobierno de Puerto Rico ha sido consistente en reconocer que la Industria de la Construcción es un indicador económico vital para la Isla y a tales fines, ha tomado medidas para mantenerla como una fuerza económica de impacto positivo. La creación del Consejo Asesor del Gobernador Sobre la Industria de la Construcción, es una de estas medidas. El propósito de este organismo asesor es unir los recursos públicos y privados de forma tal que los mismos sean más productivos y efectivos en ayudar a la Industria de la Construcción. Esta industria es una de las más afectadas cuando el país sufre alguna crisis económica. Sin embargo, es una de las que más empleo genera. El efecto de una inversión en esta industria se refleja rápida y positivamente sobre la economía. El Consejo está compuesto por miembros de instituciones privadas y Agencias del Gobierno designadas por el Gobernador. No obstante, las iniciativas gubernamentales, han tenido que enfrentarse a obstáculos muy difíciles, entre los más significativos, lidiar con una economía trastornada por las leyes de subsidio.

Tanto el Gobierno Federal como el Insular, con el propósito de ofrecer una ayuda a las familias con bajos y limitados ingresos, que no tenían un lugar adecuado e higiénico para vivir, ni los recursos para obtenerlos, diseñaron varios programas de asistencia pública o subsidios para viviendas. Estos programas estaban orientados a cubrir en parte las altas tasas de interés hipotecario, a proveer los medios a las familias sin la capacidad de compra para que pudieran alquilar la vivienda necesaria, así como para estimular la Industria de la Construcción. En un momento dado, estos programas cumplieron su cometido pero se dependió demasiado de los mismos. Lo que ocasionó que estos crearan un movimiento económico artificial sobrecargando el presupuesto del Gobierno Estatal y el Federal. Una vez que...

Se han estado reduciendo y, en varios casos, eliminando estos programas de subsidios. Se hace evidente un desajuste en el equilibrio de nuestra economía, pues actividades como la construcción de unidades de vivienda tendrán que crear su propia estabilidad y crecimiento sin subsidio directo

gubernamental. Esta situación obligará a los constructores a producir solares y unidades de vivienda más económicas al alcance de las familias de bajos y moderados ingresos. Muchas familias compraban unidades de viviendas de mayor tamaño de lo necesario y con facilidades opcionales no absolutamente necesarias, sin exigir calidad, ya que se les facilitaba el hacerlo. En adición a esto, tampoco se estableció una verdadera competencia en los sistemas de financiamiento ya que los subsidios cubrían todo el exceso. En el año 1981, el impacto económico de estos programas de subsidio resultaba ya una carga demasiado onerosa para el erario público a nivel local, a medida que se fueron reduciendo o eliminando los subsidios a nivel federal.

#### Política Pública de Vivienda A.

Las metas de la política pública del sector de la vivienda son las siguientes:

1. Facilitar, en el alcance que sea posible, la aspiración de que cada familia pueda proveerse en el tiempo más corto de una vivienda adecuada conforme a sus necesidades, preferencias y posibilidades económicas, y en un ambiente adecuado que propicie una sana convivencia.
2. Poner un máximo esfuerzo en el tratamiento y rehabilitación de áreas deterioradas, conservando y enaltecendo los valores positivos de los vecindarios existentes.
3. Aumentar las oportunidades a las familias de ingresos bajos para que puedan adquirir un hogar propio adecuado, incorporando nuevas alternativas: viviendas modestas, transitorias, o de desarrollo progresivo, a las opciones prevalecientes.
4. Fortalecer la coordinación de servicios socioeducativos en los núcleos habitacionales de familias con ingresos limitados, enfatizando así la preocupación por el desarrollo integral del ser humano.
- 5.

Establecer criterios racionales para guiar de manera ordenada el futuro desarrollo de las áreas residenciales. Integrar las relaciones del sector vivienda con las políticas de desarrollo general, regional y comunal de Puerto Rico. B. Las siguientes son las alternativas que se han propuesto para la solución del problema de la vivienda en Puerto Rico: 1. La experimentación con diferentes materiales y técnicas de construcción, prestando un interés muy especial a las viviendas de tipo industrializado. Hemos analizado distintos sistemas de este tipo y su aplicación en la vivienda de interés social, así como la preparación de prototipos de vivienda unifamiliar y multifamiliar. 2. La evaluación de diferentes diseños de vivienda construidos a base de materiales más económicos utilizando técnicas sencillas, a manera de sustituir en un plazo más breve el inventario actual de vivienda inadecuada. 3. Mejor utilización del terreno y su interrelación con áreas adyacentes, mediante estudios de diseño urbano para sectores urbanizados y áreas vacantes.

---Página Siguiente---

Desarrollo del Concepto de Comunidad Río Bayamón: Dicho concepto tiene elementos sumamente significativos en la lucha diaria con los problemas de vivienda, porque reúne de una forma integrada y armoniosa los diferentes sectores públicos y privados hacia la solución de un problema común. La coordinación interagencial representada en las agencias que componen la

Comisión para el Desarrollo de la Comunidad del Río Bayamón, designada por nuestro Honorable Gobernador mediante Orden Ejecutiva y de la cual el Secretario de la Vivienda es Presidente, ejemplifica a las agencias trabajando en acción coordinada. Dichas agencias son la Junta de Planificación, Administración de Terrenos, el Departamento de la Vivienda y el Municipio de Bayamón. La integración del Municipio de Bayamón a esta Comisión no solo representa al Gobierno Municipal trabajando en conjunto con el Estado, sino también viabiliza la oportunidad para poder competir por los fondos UDAG (Urban Development).

Acción del Gobierno Federal (Action Grants). Estos fondos serán utilizados primariamente en el desarrollo de la infraestructura del proyecto. Entendemos, y ya los estamos recibiendo mediante la opinión oficial que emitió recientemente la Asociación de Constructores de Hogares de Puerto Rico, que esto es un elemento que resulta ser más atractivo para los inversores que desarrollarán el proyecto en sus distintas etapas. Finalmente, los beneficiados serán las familias participantes quienes podrán optar por una vivienda adecuada a un precio justo. Hemos estudiado alternativas para uso más intensivo de terrenos remanentes del Departamento de Vivienda y de otras agencias gubernamentales. Hemos evaluado los aspectos sociales, económicos, físicos y administrativos de los programas relacionados con el campo de la vivienda y la renovación urbana. Las recomendaciones de estos estudios ayudan en la orientación y evaluación de la política pública, así como a mejorar los instrumentos y recursos existentes para su ejecución. Contribuyen también, a orientar de forma más efectiva los esfuerzos combinados de la planificación con la acción. Para lograr un mayor acceso a la vivienda propia es necesario tomar distintas medidas, tales como: La disponibilidad de terrenos, el abaratamiento de los costos de construcción y el mejoramiento de los niveles de vida de las familias. Consideramos que el concepto de proveer lo esencial en las unidades de vivienda debe ser observado en la construcción de otros tipos de vivienda, si con esto se logra abaratar los costos de las mismas y llegar a un mayor número de familias. Cada sector económico puede obtener un tipo de vivienda que responda a sus necesidades reales y a sus expectativas esenciales, sin que se afecte el poder adquisitivo de las familias. Hemos desarrollado nuevos conceptos y alternativas de vivienda para beneficio tanto de las familias de la zona urbana como de la rural. Entre estos nuevos conceptos encontramos el de las "Casas Básicas Habitables".

Dirigido a solucionar los problemas de vivienda de nuestras zonas urbanas y el de "Vivienda Típica" para las zonas rurales. La Vivienda Básica es una unidad cuya estructura básica incluye balcón, sala-comedor, cocina, una habitación y un baño, a la cual se le pueden hacer expansiones periódicas hasta convertirla en un amplio hogar, en la medida en que las necesidades de la familia aumenten y los recursos les permitan. Su precio es razonable y con ella se estarán cubriendo las necesidades inmediatas de albergue con todas las comodidades indispensables. La Vivienda Típica es nuestra opción actualizada para las zonas rurales, que representa la evolución del Programa de Ayuda Mutua y Esfuerzo Propio, conocido en toda Latinoamérica. Hemos logrado con este programa ofrecer una unidad de vivienda adecuada a las familias de la zona rural en corto tiempo sin perder el principio básico de involucrar a la familia personalmente, en la construcción de sus viviendas. Debemos continuar desarrollando mecanismos para reducir el costo de la infraestructura de las facilidades vecinales en los proyectos de vivienda. Se debe sufragar el costo de gran parte de los mismos, de fondos Estatales, Federales o de Agencias de Servicios, de manera que este renglón no tenga que ser totalmente costado por el comprador de una vivienda. Otra alternativa para mejorar esta situación es desarrollar proyectos de vivienda en aquellas áreas donde ya exista gran parte de la infraestructura. En general: La aceptación por el consumidor de una vivienda esencial más pequeña y compacta, susceptible a ser mejorada

cuando los ingresos de la familia así lo permitan, es una meta fundamental en nuestro proceso de mitigar significativamente el problema de la vivienda en Puerto Rico. Países en proceso de desarrollo no deben cometer el error de, por excesivo paternalismo, conceder regalías y soluciones que no puedan seguir ofreciéndose en el futuro. Esta situación lo que propicia es un crecimiento económico artificial que proyecta en las

Las familias son servidas un espejismo de abundancia y prosperidad, que hace muy difícil el regreso a la realidad, cuando las circunstancias gubernamentales impiden conceder estos tipos de ayuda.

--- Página Interrumpida ---

Aún más importante, este espejismo evita que las familias adquieran la perspectiva correcta entre su poder adquisitivo y el producto al que aspiran. Al no tener que pagar por unas comodidades deseables pero no esenciales en una vivienda, no exigen calidad en lo básico de la vivienda y comienza un proceso de construcción que deja mucho que desear en términos de lo que es una vivienda duradera, y las familias vienen a notarlo y sufrirlo mucho tiempo después de haber hecho la inversión en lo que supuestamente sería su hogar ideal.

Por esto, nuestra sugerencia a los países que han estado o estén pasando por un proceso similar al de Puerto Rico, es que mantengan una perspectiva realista del tipo de producto que se le ofrece a las familias, haciendo énfasis en lo básico indispensable y sostenible. La selección de métodos y programas de vivienda debe considerar fundamentalmente las preferencias y necesidades en un momento dado, de las familias a las que se sirve. Porque de las necesidades de la gente misma es que emergen las alternativas de hogar adecuado que se ofrecen a las familias en unas circunstancias específicas. Planificar y programar viviendas sin considerar el criterio humano no conduce a otra cosa que al fracaso en más o menos corto o largo plazo.

El crecimiento poblacional, la migración de familias de la zona rural a la urbana en busca de más y mejores oportunidades de empleo, el retorno a la isla de muchas familias, la inmigración de ciudadanos de otros países, las invasiones de terrenos, así como el deterioro natural de las viviendas ya existentes, la escasez de terrenos y el aumento en los costos de construcción y financiamiento, son problemas comunes de muchas comunidades latinoamericanas participando en este Congreso. La única manera de resolverlos es buscando nuevas

Alternativas que permitan agilizar la construcción y la rehabilitación de unidades de vivienda. La migración agresiva de las familias de la zona rural a la urbana, es un elemento fundamental que debe mantenerse bajo control, si no se quiere llegar a la problemática de hacinamiento y los problemas sociales que esto ocasiona, por falta de destrezas.

De oportunidades de empleo y una adaptación a patrones nuevos de conducta, en un momento particular de nuestro desarrollo social y económico, la zona urbana va a perder estímulos atractivos para las familias y entonces nos encontramos con el regreso a la ruralidad y debemos estar preparados para ofrecer alternativas adecuadas. La infraestructura es uno de los factores que más encarece el costo de las viviendas. Es preciso establecer estrategias a nivel gubernamental para facilitar a los desarrolladores privados una infraestructura básica que les permita abaratar sus costos y ofrecer una vivienda a las familias al alcance de su bolsillo. El Gobierno de Puerto Rico continuará fortaleciendo una política de esfuerzos coordinados entre el Gobierno y la Industria de la Construcción privada, pero hacia la eliminación total del paternalismo

tradicional en la Isla. Al 1982, constructores, desarrolladores, y consumidores no han aceptado aún que las expectativas de vivienda presente, tienen forzosamente que adaptarse a las realidades actuales. Es inminente la transformación radical de los patrones de consumo, evolucionando hacia un tipo de vivienda más pequeña y compacta, que sea el comienzo del hogar ideal. Es por eso, que definitivamente la Industria de la Construcción no puede pasar un día más, sin aceptar que hay unas circunstancias que van a prevalecer por mucho tiempo como parte fundamental de nuestra realidad económica y no importa lo que hagamos, ineludiblemente, tendremos que levantar la Industria de la Construcción de viviendas puertorriqueñas, con incentivos distintos entre los cuales no hay cabida para programas de subsidio a los...

Nuestros problemas, especialmente los de vivienda, pueden seguramente tener características similares y este Congreso nos permitirá de manera única enriquecernos en experiencias para beneficio de la gran familia Panamericana.

Lo- ae a2. Eb LOGRAP In Census of Population and Housing ~ U.S. Department of Commerce ~ Bureau of the Census ~ 1960 Convención anual, Asociación de Constructores de Hogares de Puerto Rico - Marzo -1962. Convención Anual, Asociación Puertorriqueña de Corredores de Bienes Raíces ~ Abril ~ 1980. El Significado de Vivienda Rural en el Desarrollo Integrado de la Ruralidad - Naciones Unidas - 1978. Evolución de la Política Pública de Vivienda hasta 1982 ~ abril - 1982. Informe Anual ~ Administración y Vivienda = 1970-71. Renovación Urbana Panel Ante Asociación Puertorriqueña de Corredores de Bienes Raíces ~ Septiembre 1981. Política Pública de Vivienda de Puerto Rico - Junta de Planificación - 1980. Política Pública del Departamento de la Vivienda 1981-1984. Preparing a National Housing Policy - United States Agency for International Development - 1977. Puerto Rico, Vivienda 82 - A New Outlook In 'Trends of Living ~ January 1982. Seminario Regional Sobre el Problema Habitacional en Centroamérica, Informe Final ~ Guatemala ~ 1992.

LA PROBLEMÁTICA DE LA APLICACIÓN DE UNA CLÁUSULA DE AJUSTE DE PRECIO A LOS CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN EN PUERTO RICO Ing. Max Figueroa Dominguez Consultor

UNIÓN PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS - 82 Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico 7 de agosto de 1982. CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA ECONÓMICA Y DE COSTOS PRESENTACIÓN NACIONAL PUERTO RICO LA PROBLEMÁTICA DE LA APLICACIÓN DE UNA CLÁUSULA DE AJUSTE DE PRECIO A LOS CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN EN PUERTO RICO Por Max Figueroa Dominguez Consultor 2 de agosto de 1982

"LA PROBLEMÁTICA DE LA APLICACIÓN DE UNA CLÁUSULA DE AJUSTE DE PRECIO A LA CONTRATACIÓN NACIONAL POR PUERTO RICO" POR Ing. MAX FIGUEROA DOMINGUEZ DURANTE LOS

En los últimos años, he tenido la oportunidad de participar con colegas de varios países latinoamericanos, miembros del FEPIEC. Hemos observado el grave problema económico por el que atraviesan estos países en la actualidad. Dentro de este problema económico general, se destaca el de la inflación. Se habla en algunos casos de una inflación anual de un 50 por ciento y en Argentina se habla hasta de un 100 por ciento anual. Puerto Rico aún no sufre de una problemática inflacionaria de esta magnitud pero no hay duda de que vivimos el peligro de esta tendencia.

En el sistema democrático que vivimos existe, a nivel económico, la libre empresa. Dentro de ella, la industria de la construcción es uno de los más importantes renglones. Siendo así, es necesario que dicha industria se siga fortaleciendo en bien del pueblo de Puerto Rico y de tantos trabajadores, técnicos y profesionales que la constituyen. El único modo que esto es posible es garantizando un beneficio que sea razonable para que lo invertido en capital en esta industria se mantenga a un nivel que sirva para estabilizar la economía en general.

En estos momentos, la industria está atravesando por una disminución sustancial en el volumen de trabajo. Podemos constatar esto a través de los números que se desprenden de la venta de estampillas del Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico que durante el año fiscal ha tenido una venta del 57 por ciento del año anterior. Esto nos indica que lo invertido en este año ha tenido una baja similar.

Los representantes de la industria han logrado que algunas de las agencias gubernamentales de Puerto Rico acepten una metodología que, aplicada, sirva para compensar el ajuste en el precio del cemento, hormigón y asfalto. Esta cláusula, sin embargo, no ha sido implementada en todas las agencias, lo que ocasiona una disparidad en la presentación de los estimados para la realización de proyectos de construcción. Es obvia la relación que existe entre este dato y el riesgo que supone para la estabilidad de...

La economía si se toma en consideración además, la disminución en el volumen de trabajo. Los datos anteriores nos ofrecen el marco de referencia para situar el efecto que tiene la mencionada cláusula de ajuste en precio en su aplicación a los contratos de construcción en Puerto Rico. Hemos escogido un tipo de proyecto que entendemos es representativo de un renglón de inversión de capital notable en la industria en nuestro país. Este tipo de proyecto es la construcción de hospitales. En algunos casos, la data es aproximada, sin embargo, entendemos que las variantes no ofrecerán mayor problema ante la realidad que presenta la industria ni para los efectos de esta exposición. El estudio comprende la evaluación de una información que se obtuvo de varios proyectos y que incluimos como anexo a este trabajo. Dichos proyectos son: Hospital Sub-regional de Bayamón, Hospital de Aguadilla, Hospital de Guayama, Hospital de Yauco, Hospital de Carolina y Hospital de Manatí. Estos proyectos fueron construidos entre los años 1971 y 1983. En el esquema No. 1, notamos primeramente el año en que fue construido, el costo total de construcción, el área de construcción de cada proyecto, el costo total por pie cuadrado y por cama, el costo del trabajo mecánico por pie cuadrado y por cama, el costo del trabajo eléctrico por pie cuadrado y por cama y el costo de la estructura por pie cuadrado y por cama. El propósito de la presentación de este esquema es el de tener una visión del costo general y de las diferentes partidas con énfasis en las áreas principales de trabajo tales como mecánico, eléctrico y estructural. Se incluye además el concepto de costo por cama por ser este importante en la relación entre las zonas y la magnitud del costo de las zonas accesorias a las habitaciones. Es

especialmente importante ya que implica el costo del equipo que tiene un efecto notable en el costo total del proyecto en cuestión. El esquema No. 2 pretende entrar un poco más en detalle en el costo de las partidas más.

Importantes por pie cuadrado. Se analiza además, el efecto del peso de estas partidas en términos de porcentaje. Se estudia cómo se descompone el costo de hormigón y cemento en relación a la totalidad del proyecto. Se puede notar la realidad en el costo de las partidas que algunas agencias gubernamentales han aceptado, en términos generales, como ajuste en precio de un contrato.

---Página nueva---

En el esquema Núm. 3 se establece ya, concretamente, la relación del costo de las partidas que son aceptadas con ajustes y la relación con el costo total del proyecto. Este estudio incluye la verificación del costo real del hormigón y del cemento en cada proyecto en específico. La relación con el costo total de dichos materiales y el porcentaje que esto representa en relación con el costo total del proyecto. El estudio nos ofrece la oportunidad de evaluar en términos porcentuales las variantes en estos costos, en la partida de hormigón, por ejemplo, notamos una variación comparativa desde el 1.4 por ciento hasta un 2.50 por ciento. El costo del material de cemento varía desde un 0.65 por ciento hasta un 1.17 por ciento del costo real del cemento. A continuación detallamos los puntos clave que se desprenden de nuestro estudio, partidas año 1971 año 1980.

- 1- Costo de construcción total por pie cuadrado 58.69 84.70
- 2- Costo total por cama 51,664.99 146,988.09
- 3- Costo trabajo mecánico por pie cuadrado 16.89 14.42
- 4- Costo de trabajo eléctrico por pie cuadrado 8.45 12.88
- 5- Costo de trabajo estructural por pie cuadrado 6.82 13.80
- 6- Costo de hormigón por yarda cúbica 21.00 44.59
- 7- Costo de cemento por saco 1.40 3.21

---Página nueva---

Relación de aumento porcentual por partidas.

- 1- Aumento del costo total por pie cuadrado 45%
- 2- Aumento del costo mecánico 85%
- 3- Aumento del costo eléctrico 95%
- 4- Aumento del costo estructural 102%
- 5- Aumento del costo del hormigón 223%
- 6- Aumento del costo del cemento 245%

Podemos ver claramente los aumentos en costos de las distintas partidas. Ahora bien, el costo real de los materiales que el...

El gobierno de Puerto Rico ha aceptado ajustar, varía en el caso del hormigón de un 0.96 por ciento a un 2.15 por ciento y en el caso del cemento de un 0.38 por ciento a un 0.33 por ciento. Concluimos por tanto, que solamente se está reconociendo un ajuste en los precios en una partida que puede llegar hasta un máximo de 2.15 por ciento. Si este costo se duplicara se afectaría el riesgo del contratista en un 2 por ciento, nos preguntamos cómo queda el factor costo, si no se

evalúa el ajuste de partidas tales como el trabajo mecánico que en el año 1971 costaba \$16.83/pc, y que llegó a costar en un momento dado \$22.53/pc (en el análisis por partidas se refleja una baja en costo, posteriormente sufrió el aumento máximo), o un aumento del 33 por ciento, el trabajo eléctrico que en el 1971 costaba \$8.45/pc, llegó a costar \$12.88 o un aumento del 52%. Este problema tiene una magnitud astronómica y entendemos que tanto la industria privada como el gobierno pueden cooperar para evitar los riesgos que esto supone. Evitaría además que los contratistas estimen el costo de la inflación, procurando unos precios razonables para las subastas del gobierno. En resumen, podemos notar que se ha aceptado únicamente un ajuste en precio relacionado con los materiales de hormigón y cemento, en cambio, los trabajos que pudieran significar un riesgo para el contratista en términos de aumento porcentual no han sido aceptados para ajuste. A su vez, el hecho de que solo algunas agencias han hecho provisiones para el ajuste que hace más difícil la programación y proyección del contratista en términos del costo total de la construcción y su beneficio final, obligándole a calcular el costo de inflación. Recomendamos, por tanto, que a través de los mecanismos que provee el consejo asesor del gobernador para la industria de la construcción o algún otro organismo que tenga la debida autoridad o inherencia, se estudie la posibilidad de re-evaluar la inclusión de una "cláusula de ajuste en precio de construcción que cubra la...

TOTALIDAD DE LAS PARTIDAS DE TRABAJO EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCION, ESTA CLAUSULA DEBERÁ GARANTIZAR SIEMPRE AL PUEBLO DE PUERTO RICO UN CONTRATO JUSTO Y RAZONABLE PARA EL GOBIERNO Y A SU VEZ EVITAR RIESGOS IMPRECISOS A LA INDUSTRIA PRIVADA. SI SE LOGRA ESTE OBJETIVO, SE CONSEGUIRÍA UN PRECIO MÁS RAZONABLE PARA LOS CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN Y UNA DISMINUCIÓN EN EL RIESGO QUE YA DE POR SÍ DEBE ASUMIR LA INDUSTRIA QUE ES VÍCTIMA DE UN SIN NÚMERO DE PROBLEMAS FISCALES.

#### LA SITUACION ENERGETICA DE PUERTO RICO

Ing. Alberto Bruno Vega

Director Ejecutivo Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico

#### UNIÓN PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIERÍA - 82

Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico

Val de agosto de 1982

11 CONFERENCIA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA RENOVABLE.

PRESENTACIÓN NACIONAL, PUERTO RICO

LA SITUACION ENERGETICA DE PUERTO RICO

Alberto Bruno Vega

Director Ejecutivo Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico

#### LA SITUACION ENERGETICA DE PUERTO RICO

PONENCIA PRESENTADA POR EL Director Ejecutivo DE LA AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA, Inc. ALBERTO Bruno, ANTE LA CONVENCIÓN DE LA UNIÓN PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIERÍA (UPADI)

LA SITUACION ENERGETICA DE PUERTO RICO  
PUERTO RICO OCUPA UNA POSICIÓN CENTRAL EN ESE ARCO DE MONTAÑAS SUMERGIDAS QUE SE EXTIENDE ENTRE LAS DOS AMÉRICAS, FORMANDO EL ARCHIPIÉLAGO DE LAS ANTILLAS. DE PUERTO RICO HACIA EL OESTE SE EXTIENDEN LAS ANTILLAS MAYORES: Puerto Rico, Española (SIENDO SUS DOS PAÍSES COMPONENTES, República Dominicana y Haití), Jamaica y Cuba. De Puerto Rico, HACIA EL SUDESTE, HASTA LAS COSTAS DE VENEZUELA, SE ENCUENTRAN CENTENARES DE PEQUEÑAS ISLAS CONOCIDAS COMO LAS ANTILLAS MENORES. EL TOTAL DEL TERRITORIO DE PUERTO RICO, INCLUYENDO LAS PEQUEÑAS ISLAS VECINAS QUE DEPENDEN POLÍTICAMENTE DE ÉL, ES DE UNAS 3,435 MILLAS CUADRADAS. LA ISLA PRINCIPAL TIENE FORMA ALARGADA DE ESTE A OESTE, CON UNA LONGITUD MÁXIMA DE 111 MILLAS Y UNA ANCHURA MEDIA DE

De norte a sur de 36 millas, en Puerto Rico, al igual que en toda el área del Caribe, por su posición tropical, la agricultura constituyó la base de su economía. En los siglos 18 y 19 comenzó a desarrollarse el potencial agrícola de Puerto Rico sobre la base del cultivo del tabaco, el café y la caña de azúcar para la exportación. El desarrollo de nuestra agricultura fue relativamente lento hasta que en 1893, con el estímulo del capital norteamericano, la industria azucarera de Puerto Rico progresó grandemente.

Con la ampliación del mercado azucarero se crearon los primeros embalses en áreas como: Patillas, Carte, Coamo y Guayabal, destinados principalmente al servicio de riego y algunos a la producción de energía hidroeléctrica como sub-producto. El aumento en la demanda por electricidad estimuló el desarrollo de nuevas fuentes hidroeléctricas, y en 1936-37 el 81 por ciento de toda la electricidad producida en Puerto Rico tenía esta procedencia. No obstante una participación más activa por parte de la agricultura para esta fecha, el desempleo estacional, la gran depresión mundial del año 1929 y la duplicación de nuestra población, causó un deterioro y estancamiento en esta industria, principalmente en el sector azucarero. Era obvio ya que nuestro bienestar económico y social no podía depender exclusivamente de la agricultura.

La etapa de 1940-1950 fue un periodo de transformación decisivo en la vida económica de Puerto Rico. Se vio en la industrialización el mejor recurso para proveerle trabajo al gran número de desempleados. El cambio de una economía preponderantemente agrícola a una más industrializada y diversificada, exigió un ritmo de expansión en la producción de electricidad muy superior al que podía obtenerse de fuentes hidroeléctricas. A su vez, debido al bajo costo del aceite combustible, las centrales termoeléctricas tuvieron

3 una preferencia tan significativa que en 1965 la proporción en la producción de energía eléctrica era la siguiente: plantas hidroeléctricas,

Problemas que podrían obstaculizar todo lo que se ha logrado y lo que queda por hacer. Esta problemática es de índole energética. Puerto Rico, a consecuencia de su gran expansión industrial y económica, ha desarrollado una dependencia por el petróleo para la satisfacción de un 98 por ciento de sus necesidades energéticas. Una dependencia mayor que la de cualquier otra región de

América. El problema energético ha sido producto de una situación evidente, tanto en el plano internacional como local. En cuanto al factor internacional, este se debe principalmente a la incertidumbre relacionada con la disponibilidad de combustible y a su costo prohibitivo. El cartel de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), fuente de la mayor parte del petróleo, ha controlado con efectividad la oferta y el precio a los países compradores. En el pasado, la unidad existente en la OPEP ha permitido a sus miembros reducir la oferta y aumentar los precios a su antojo. Por ejemplo, la OPEP disminuyó la producción y cuadruplicó los precios durante el embargo de 1973-74. El impacto de estas acciones y de aumentos subsiguientes ha representado para Puerto Rico un aumento de un 823,5 por ciento en los costos del crudo desde 1973 hasta 1981. Los costos de las importaciones de petróleo para el año 1981 han ascendido a \$1.1 billones, un 11 por ciento de los costos totales de importación de Puerto Rico. La dependencia excesiva del petróleo en Puerto Rico también ha generado varios problemas relacionados unos con otros, que enumeramos a continuación:

-Puerto Rico no solamente consume grandes cantidades de petróleo, sino que también lo utiliza ineficientemente.

-Puerto Rico utiliza una sola fuente de energía, el petróleo, cuya disponibilidad y precio constituyen la causa misma del problema energético mundial.

-La industria petroquímica y de refinación depende exclusivamente del petróleo y de sus productos derivados.

-El sector de generación de energía eléctrica en Puerto Rico depende casi

Exclusivamente de combustibles derivados del petróleo, en Puerto Rico el 98 por ciento de la electricidad se produce a base de aceite derivado del petróleo. Este detalle es muy importante, puesto que apunta al hecho de que

la crisis energética en el sector de la electricidad en nuestra isla es mucho más crítica que en este mismo sector en los Estados Unidos. En los Estados Unidos, cerca del 51 por ciento de la electricidad se produce a base de carbón mineral, combustible cuyo costo es una tercera parte del costo del petróleo. El sistema generador existente fue desarrollado a un alto costo capital y no puede ser descartado en términos económicos. Esta industria genera un producto, la electricidad, cuyo costo continuará aumentando, según aumenta el precio del petróleo. El sistema de transportación en Puerto Rico depende casi exclusivamente del automóvil privado y este, como todos sabemos, depende de la gasolina. El puertorriqueño gasta un por ciento mayor de su ingreso en energía que la mayoría de los norteamericanos. Además, los costos de otros productos son más elevados aquí, debido en parte al alto costo de la energía que se utiliza para producirlos. Esta combinación apunta claramente hacia la necesidad en Puerto Rico de conservar energía y buscar alternativas energéticas.

Conservación de energía: dispuestos a mantener nuestra economía y nuestro nivel de vida sobre una base sólida, debemos encarar el reto mediante una planificación cuidadosa y un control de nuestro consumo energético.

Un aspecto vital de nuestro plan energético es la conservación de energía. El ahorro de energía tiene una serie de ventajas, tales como: la conservación reduce nuestra dependencia del petróleo y nos provee tiempo adicional para la diversificación de nuestras fuentes convencionales y para el desarrollo de fuentes alternas. La conservación en muchas ocasiones requiere una inversión de capital mucho menor que la inversión requerida para aumentar la capacidad de generación eléctrica. Las medidas...

Las medidas de conservación pueden implementarse con mayor rapidez que las que se pueden aplicar al desarrollo de nuevas fuentes. Los efectos de la conservación generalmente son acumulativos y logran un impacto a corto plazo que va aumentando a largo plazo. La conservación de energía no es perjudicial para el medio ambiente. En los últimos años, Puerto Rico se ha centrado en el desarrollo de un plan de conservación de energía. Hoy, el énfasis radica en ejecutar ese plan. Sin embargo, la implementación del plan no consiste en una acción ejecutiva o legislativa aislada; por el contrario, requiere la acción conjunta de todos: la industria, el comercio, el gobierno y, más importante aún, el pueblo; y todo esto durante un tiempo indefinido.

La política de la Autoridad de Energía Eléctrica en relación a la conservación de energía es la siguiente: 1. El mantenimiento del sistema eléctrico continuará recibiendo la primera prioridad dentro de los recursos de la autoridad. A corto plazo, el sistema existente, trabajando a toda su capacidad y a una eficiencia máxima, constituye la alternativa más efectiva y eficiente de generación. La inversión para el año fiscal 1981-82 en el renglón de mantenimiento se elevó a cerca de \$83 millones. Una de las posibilidades de aumentar el rendimiento térmico del combustible es la cogeneración de electricidad, en consonancia con la Ley "Public Utilities Regulatory Policies Act of 1978" (PURPA), promulgada por el Congreso de los Estados Unidos de América. La Autoridad de Energía Eléctrica estableció en el año 1981 un programa de cogeneración de forma provisional. Los términos y condiciones para la interconexión de cogeneradores al sistema eléctrico y las tarifas para la compra de electricidad por ellos producida, fueron objeto de vistas públicas y confiamos que próximamente se acepten de forma definitiva. Dentro del marco de la cogeneración, la autoridad está analizando la recuperación del calor de los gases de salida de nuestras turbinas de gas para producir vapor a utilizarse en ciertas situaciones.

Industrias y en las calderas de nuestras centrales termoeléctricas.

8. La Aurora desarrolló tarifas especiales y elaboró un plan de reemplazo de las luminarias de mercurio por unas de sodio de alta presión para los sistemas de alumbrado público. Estas nuevas luminarias consumen alrededor de la mitad de la electricidad que utilizan las de mercurio, ultimando la publicación de medidas de conservación de electricidad. Además de intensificar las actividades de rehabilitación de las centrales generadoras, estamos mejorando la eficiencia de los sistemas de transmisión y distribución con mejoras como la instalación de bancos de condensadores. Se han implementado medidas de conservación de energía en nuestros edificios y facilidades y en nuestros procesos de compra y operación de equipos. Se preparó un plan de conservación de energía, que incluye auditorías energéticas en las residencias. Próximamente se empezará a ejecutar este programa. Se han investigado opciones tarifarias para evaluar su efectividad en el ahorro de energía. Por ejemplo, en el año 1976 se comenzó un estudio cuyo propósito era el de diseñar tarifas basadas en la demanda por electricidad que existe en un tiempo dado. Este tipo de tarifas eléctricas experimental promueve la

conservación de energía, puesto que al ser más cara en un momento dado, el consumidor tiende a ser más eficiente en su uso. Ciertas otras áreas relacionadas con este estudio están siendo analizadas en este momento. Fuentes alternas de energía: Otro aspecto de suma importancia en el desarrollo de una política energética, es el análisis y la planificación a base de fuentes alternas de energía. Podríamos decir que las alternativas que existen a los derivados del petróleo para la generación de electricidad en Puerto Rico se deben considerar en términos de un corto, un mediano y un largo plazo. Dado el caso de que nuestro sistema eléctrico puede suplir en la actualidad la demanda por electricidad de todo Puerto Rico.

La orientación lógica en este momento es convertir, hasta donde sea posible, nuestras centrales generadoras a un combustible alternativo, como el carbón mineral. Para estos efectos, la AEE ha hecho un análisis exhaustivo sobre las posibilidades que existen en este campo, en cuanto a cuáles de nuestras centrales generadoras podrían convertir sus calderas que utilizan derivados del petróleo como combustible, al carbón mineral. Encontramos que la central termoeléctrica de Aguirre (las unidades 1 y 2, con una capacidad de 450 cada una) es la más conveniente para efectuar dicha conversión. En este momento estamos estudiando cuál de las alternativas de conversión sería la más aceptable.

Esta nueva alternativa resulta más conveniente para Puerto Rico en estos momentos, que las tres unidades utilizando carbón de piedra que la autoridad se proponía construir en Aguada, por varias razones. En primer lugar, la estabilización en el consumo de energía eléctrica ha hecho innecesario la adición de nueva capacidad generatriz durante esta década. Por otro lado, estarían en funcionamiento comercial mucho antes, lo que significaría una más rápida recuperación de la inversión y un más pronto disfrute de los beneficios por los consumidores. Cuando hablo de beneficios, me refiero a una economía de millones de dólares al año por concepto de costo de combustible. En adición, la central a base de carbón hubiese costado 1,600 millones de dólares, mientras la conversión a carbón costará alrededor de 700 millones de dólares.

Otras alternativas energéticas que podríamos catalogar bajo el marco de a corto plazo, lo son: los desperdicios sólidos; la biomasa, específicamente el bagazo de la caña de azúcar y la rehabilitación y construcción de unidades hidroeléctricas de baja caída. En cuanto a estas alternativas, la autoridad está cooperando, tanto con los municipios de San Juan y Caguas, en sus respectivos proyectos de desperdicios sólidos, como con el Centro de Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico.

Puerto Rico, en sus estudios relacionados con el uso del bagazo de la caña de azúcar como combustible, ---Página Interrumpida--- -12- la biomasa ofrece una serie de ventajas entre las que se encuentran las siguientes: tiene un sistema natural de almacenaje, al igual que los combustibles fósiles, que se pueden extraer en cualquier momento. Es una fuente renovable de energía. No conlleva un peligro de deterioro significativo del medio ambiente. Una planta generatriz que utilice biomasa como combustible no contempla peligros potenciales, altos costos capitales o problemas asociados con desperdicios, como es el caso de las plantas nucleares.

Una desventaja que conllevaría utilizar biomasa como combustible, es que no podríamos depender de esta para el cien por ciento de nuestra generación eléctrica. Esto es así debido a que se

necesitarían grandes extensiones de terreno, para poder cultivar la biomasa necesaria para satisfacer el total de la demanda por electricidad en nuestro país.

Recientemente se dio a la luz pública el informe final de la Academia Nacional de las Ciencias, contratada por el Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, para estudiar la situación energética de Puerto Rico y su futuro. Dicho informe enfatiza el hecho de que la biomasa es un recurso energético que se debería explotar en Puerto Rico y concluye que este recurso podría aportar hasta un diez por ciento de la electricidad que se necesita en la isla. Este informe ---Página Interrumpida--- -13- recomienda que se contrate una firma para que estudie la viabilidad de establecer una planta piloto de 10 a 20 megavatios de capacidad, utilizando exclusivamente el bagazo de la caña de azúcar como combustible.

La autoridad está estudiando muy cuidadosamente esta recomendación, sobre la energía hidroeléctrica. Estamos construyendo una unidad hidroeléctrica de baja caída en el pueblo de Patillas y se planifica el desarrollo de otra en Ponce. Se espera que la de Patillas esté lista para el año fiscal 1983. Otras 2 centrales hidroeléctricas, localizadas.

En las montañas del centro de la isla, que están actualmente cerradas, están bajo un programa de rehabilitación. La capacidad adicional que se necesite en unidades a gran escala en un futuro, sería suplida, según nuestros estudios, por unidades termoeléctricas que utilicen el carbón como combustible. El uso del carbón como combustible, armoniza con el objetivo de mantener la calidad del ambiente, diversificar nuestras fuentes energéticas y reducir el costo de producir electricidad.

En cuanto a lo ambiental, tanto el gobierno de Puerto Rico como el de los Estados Unidos, han creado unos fuertes cedazos estatutarios para proteger la ecología del hombre, la fauna y la flora, de las invasiones degradantes de la contaminación. En los Estados Unidos, las reglamentaciones ambientales vigentes aseguran que la combustión de carbón no degrade la calidad del aire y del agua. Y aún las personas encargadas de proteger el ambiente, lo mismo que otras voces influyentes en la nación, han llegado al convencimiento de que el carbón proveerá la respuesta al problema energético a corto plazo, sin que necesariamente haya que sacrificar el ambiente.

Entre las alternativas a medio y largo alcance, se encuentran: la nuclear, la energía oceánica, el viento y otras tecnologías solares. Estas alternativas, con la excepción de la nuclear, están en una etapa experimental en estos momentos. La búsqueda de alternativas al petróleo impulsó a los Estados Unidos, al Japón y otros países, a proliferar el uso de centrales generatrices a base de combustible nuclear.

En un estudio reciente, la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico encontró, que tomando en consideración solamente el aspecto económico, la energía nuclear resulta ser una alternativa económica para la producción de energía eléctrica en Puerto Rico. Sin embargo, existen otras consideraciones que tienden a contrarrestar los beneficios económicos de una unidad nuclear. Por ejemplo, está el problema que presentan los desechos radioactivos de la central.

También su elevado costo capital haría difícil su financiamiento y, en adición a esto, el omnipresente riesgo de accidentes que obligaría a cerrarla temporalmente, en tanto se realiza una costosísima tarea de limpieza. Desde luego, debemos mencionar también el complicado proceso de reglamentación con el que hay que cumplir para obtener los permisos de construcción y uso.

No obstante el hecho que muchas de las fuentes alternas están en una etapa experimental, la Autoridad de Energía Eléctrica está participando activamente en la investigación y desarrollo de estas. Prueba de esto lo es el hecho de que allá para el año 1964, cuando la energía nuclear estaba en una etapa experimental, la AEE obtuvo de la Comisión de Energía Atómica un proyecto para construir un reactor nuclear de 17 megavatios e incorporarlo a nuestro sistema generatriz. Esta planta generatriz estuvo funcionando exitosamente durante toda la duración del proyecto que fue de alrededor de tres años.

Otro ejemplo es que en el año 1977 esta Autoridad instaló en la isla-municipio de Culebra, un turbo-generador de 200 kilovatios de capacidad, propulsado por el viento. Este experimento, realizado en combinación con la Administración Nacional de Aviación y el Espacio (NASA) y el Departamento de Energía Federal (DOE), ha sido un éxito al extremo de que ha provisto en ocasiones, en promedio, una cuarta parte de las necesidades de electricidad de la isla de Culebra.

En relación a la fuente energética proveniente de la diferencia en temperaturas del mar (OTEC), la Autoridad de Energía Eléctrica recientemente terminó un estudio económico en el que se comparaba esta alternativa energética con las fuentes convencionales. Dicho estudio concluye que esta alternativa energética compara favorablemente con las fuentes energéticas usadas hoy en día.

De hecho, geográficamente hablando, podríamos decir que Puerto Rico es una de las áreas más apropiadas del mundo para la instalación de estas plantas generadoras de electricidad debido a que, entre otros...

Factores, se pueden alcanzar

16 edades a dos millas de sus costas. La Autoridad de Energía Eléctrica también ha realizado esfuerzos para traer a Puerto Rico proyectos de demostración de centrales termoeléctricas que funcionan con energía solar. La autoridad confía en que estas fuentes alternas de energía llegarán a ser un factor de primordial importancia en la solución de nuestros problemas energéticos, y por esta razón sigue participando en el desarrollo de estos proyectos.

Puerto Rico, al igual que el resto del mundo, se encuentra en una era difícil. Uno de los factores que más promueve a esta dificultad lo es la energía. Se hace imperativo, por lo tanto, que cada país desarrolle una política energética lo mejor analizada posible, dado el marco de incertidumbre que existe. De nosotros tener la visión correcta de cuál es el futuro energético que nos espera, no cabe la menor duda de que las futuras generaciones vivirán contentas, productivas y en armonía con el ambiente. La tecnología puede proveer contestación a muchas de esas interrogantes y por ende, nuestro rol es de suma importancia hoy en día.

Conclusión: No cabe la menor duda que el aumento en el costo por petróleo importado ha afectado severamente toda nuestra economía. El hecho que el 98 por ciento de nuestra energía eléctrica es generada con derivados del petróleo, que el sector de la transportación depende casi exclusivamente en la gasolina y el diesel

Y que las petroquímicas, refinerías y otras industrias satélites, dentro del sector industrial, utilizan petróleo como materia prima. Constituye nuestro país, la crisis energética en su conservación de energía es la solución inmediata en la mayoría de los sectores afectados. No obstante, el sector encargado de producir la electricidad tiene la obligación de buscar, además, otras alternativas para la generación de energía eléctrica. Hoy en día la fuente alterna más realista desde el punto de vista tecnológico y económico lo constituye el carbón de piedra, fuentes.

Alternativas como el sol, la energía oceánica y el viento, están en una etapa experimental en la actualidad y no se espera que las mismas contribuyan sustancialmente a la solución del problema energético hasta finales del siglo. Sin embargo, consciente de la necesidad imperiosa de desarrollar esas fuentes alternas de energía lo antes posible para su utilización en beneficio del pueblo de Puerto Rico, la Autoridad de Energía Eléctrica ha establecido la política de apoyar y participar en todos los programas de investigación, desarrollo y demostración que conduzcan a ese fin.

Por la ingeniería: sostén y esperanza del desarrollo de Puerto Rico. Ing. José A. Toledo Morell, Decano del Colegio de Ingeniería de la Universidad de Puerto Rico.

Unión Panamericana de Asociaciones de Ingeniería - 82 Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico. 7 de agosto de 1982. X Congreso Panamericano de Enseñanza de la Ingeniería. Presentación Nacional Puerto Rico a Ingeniería: Sostén y Esperanza del Desarrollo de Puerto Rico. Por José A. Toledo Morell, Decano del Colegio de Ingeniería de la Universidad de Puerto Rico. 2 de agosto de 1982.

La ingeniería: sostén y esperanza del desarrollo de Puerto Rico. La ingeniería fue la chispa intelectual que al comienzo de las edades separó al hombre de la bestia y lo hizo dueño y señor de su destino. En el instante en que el último animal, en la escala evolutiva del hombre, utilizó algo, además de sus manos, para mejorar la condición de su existencia, nació el hombre, y con él, la ingeniería. Esto es, nació el uso del ingenio para prolongar la vida y hacerla mucho más placentera y digna. Y ese uso inteligente de los recursos físicos en el mundo propició el desarrollo intelectual que dio impulso al avance de la civilización desde las oscuras cavernas de la Edad de Piedra hasta el luminoso desarrollo que hizo posible al hombre caminar con paso seguro sobre la faz de la luna. Y ese desarrollo científico, tecnológico y humanista, esto es, el desarrollo de...

La ingeniería, que ha hecho posible en nuestro tiempo que un humilde ser humano en las colinas de Jayuya, goce de la salud, la seguridad, el abrigo y los placeres que no pudieron disfrutar los potentados del mundo en un ayer no muy lejano, está sostenida por el ingeniero, piedra angular sobre la que se apoya el progreso del mundo. Por el ingeniero, ente que nace, como hemos señalado, en las cavernas de la prehistoria y se mueve a lo largo del Nilo, creando la asombrosa civilización egipcia donde deja la historia de su tiempo escrita en estructuras increíbles que aún hoy desafían a la imaginación y a la capacidad de los sabios del mundo. Y que cruza el Tigris y el Éufrates y salta a Grecia, donde con una explosión intelectual, pone en movimiento al carro de nuestra civilización occidental, que luego hace a Roma, al amparo del influjo helénico, recibiendo

allí, aquel viajero milenario que había llevado sobre sus hombros, desde una caverna desconocida hasta el esplendor de los palacios imperiales, todo el conocimiento empírico que hacía posible el proveer una vida cada vez más amplia para el ser humano, el nombre, por primera vez, de ingeniero. Vías de comunicación que aún hoy conducen vehículos, acueductos sobre los cuales aún corre el agua, y estructuras y parques, aún siguen pregonando al mundo la gloria de aquellos colegas nuestros que nos señalaron el rumbo, siguen en pie, como las huellas imborrables de los que nos precedieron. Y desde Roma se riega por Europa el conocimiento de la ingeniería y ese mismo conocimiento hace posible que en el año 1492 se abran las puertas de nuestro mundo americano a las maravillas de una civilización nueva y poderosa que pone sus plantas en nuestra isla en un lugar cuyo nombre se perdió en el tiempo. Pero ya la ingeniería hacía siglos que estaba aquí. Para la época en que los romanos desarrollaban máquinas y terraplenes con el propósito de destruir las murallas enemigas, los indios Igneri trazaban un Parque Ceremonial en lo que es hoy el... [texto incompleto]

El barrio Tibes es una ciudad de Ponce. Así, mientras en el año 400 DC, los romanos disfrutaban viendo a los humanos luchando contra las fieras en el Coliseo, nuestros indígenas jugaban en su acogedor parque de recreo del barrio Tibes. Sin embargo, el origen de nuestra ingeniería insular se pierde en la distancia que nos separa de la llegada del primer hombre a nuestra tierra, pero ésta, a comienzos del siglo XVI, recibe el gran influjo de la ingeniería europea, a través de España, trabajo que hace posible la construcción de puertos, caminos, edificios, abastos de agua y fortalezas. Para el año 1508 se construye en Caparra la casa-fuerte de Don Juan Ponce de León, primer gobernador de Puerto Rico, cuyas ruinas se conservan como un monumento histórico. Otro hito en el plano de la ingeniería en nuestro suelo durante esa época y que aún perdura, es el Castillo del Morro, fortaleza para la protección de San Juan que se completa en el 1783, con sus murallas de 140 pies de alto en muchos sitios que representan una de las más grandes obras de esta naturaleza en el mundo. A fines del siglo XIX y principios del XX la corriente del desarrollo en la ingeniería deja de fluir a nuestra tierra desde España y empieza a fluir desde Norte América. Pero muy pronto, dentro de los primeros cuatro lustros de este siglo, con el desarrollo de nuestro Colegio de Ingeniería dentro de la Universidad de Puerto Rico, sentamos las bases para crear nuestra propia ingeniería, y ya hoy, aunque continuamos siendo recipientes, también somos fuente del conocimiento en este renglón del saber humano. El desarrollo de la ingeniería en Puerto Rico, y por consecuencia, el desarrollo de nuestro pueblo, puede dividirse en dos períodos históricos: el período pre Segunda Guerra Mundial y el período post Segunda Guerra Mundial. Antes de la Segunda Guerra Mundial nuestra ingeniería respondía a las necesidades de un Puerto Rico agrario, cuyas industrias dependían del procesado de nuestros productos agrícolas en su mayoría.

La Guerra Mundial despierta nuestra isla de un letargo de siglos, crea conciencia de que ya no es posible sostener adecuadamente a un pueblo en crecimiento con la producción agrícola del pasado, y echa mano, como único recurso de salvación, a la industrialización, más productiva y por consiguiente, más compleja. Nos movemos rápidamente desde el maestro de obras que construía las estructuras y creaba los procesos del pasado, para poner nuestro destino industrial en las manos capaces de nuestros ingenieros.

Y así logramos que, de los 424 kilómetros de carreteras que cruzaban la isla a principios del siglo, arrancara una red de caminos extraordinaria, que hoy lleva a todos los rincones de la isla a lo largo de 7,000 kilómetros. Y se ha hecho posible que sobre esas vías, de 99 vehículos de motor que se movían en el año 1907, hoy tengamos más de un millón trescientos mil, regando el progreso a lo

largo y ancho de esta pequeña isla. Es cierto que desde el año 1961, nuestro café ya no es el que se toma con exclusividad en las mesas del Vaticano, servido por la Tahona Sobrinos de Mayol de Ponce, pero es cierto que desde los cerros de Maricao suministramos productos médicos para el mundo entero.

Sí, hemos caminado un largo trecho desde la construcción del Parque Ceremonial en el barrio Tibes de Ponce, pasando por la construcción de la Carretera Central durante la época española, hasta llegar a la construcción de la singular obra de ingeniería que es el Expreso Las Américas. Y todo este caminar, buscando la felicidad de nuestro pueblo, ha seguido el rumbo trazado por una pléyade gloriosa de ingenieros, entre los que brillan, con luz propia, los nuestros. Hemos señalado que la Ingeniería es la piedra angular sobre la que descansa el desarrollo de los pueblos. Para comprender esto solo bastaría pensar que en un instante una mano funesta borrara de la faz de la tierra a todos los ingenieros. ¿Qué quedaría? Rotos los mecanismos para buscar, ordenar, transportar y diseminar el conocimiento.

Humano, perdidas las fuentes de energía que hacen posible la vida en las grandes ciudades, desaparecidos los sistemas de producción, transportación, distribución y preservación de alimentos, ausente la protección contra las inclemencias de las fuerzas naturales, y sueltas las mil y una enfermedades que ha padecido el ser humano, todo esto, sembrando la desesperación sobre los pueblos indefensos, ¿qué quedaría? El funesto galope de los cuatro jinetes del Apocalipsis sobre la maltrecha humanidad. Pero no ha de ser así porque Dios ha querido que nuestros ingenieros se multipliquen para que sigan escribiendo con sus obras la historia que siglos después ha de conocer la humanidad. Y sobre esas obras, y esa historia, descansará luego el conocimiento social y humanístico del hoy y del mañana, como lo estudiamos nosotros en las obras y procesos de la antigüedad que han llegado hasta aquí. Y legaremos también a los que sigan nuestros pasos en la senda de otros siglos, instrumentos y procesos capaces de desentrañar los más recónditos misterios, desde las profundidades insondables del microcosmos, hasta las alturas inalcanzables del macrocosmos. Si los ingenieros del pasado pusieran en nuestras manos el conocimiento de los siglos, nosotros podemos dejar a la posteridad el conocimiento de los milenios. El ingeniero tiene la responsabilidad de transportar ese conocimiento a lo largo del tiempo.

Pero nuestro ingeniero es también fuente de ese conocimiento. De sus obras centenarias se nutren los custodios del saber socio-humanístico y su ordenado razonar sobre la ciencia de materiales y procesos químicos y físicos, permitió la llegada a nuestros días de mil sabios documentos del pasado. Pero no solo el ingeniero es fuente de conocimiento sino también el creador de procesos que permiten la búsqueda del conocimiento. Ya el ingeniero ha diseñado técnicas especiales para arrancarle ciertos secretos a la naturaleza, ha facilitado asombrosamente el almacenaje y transportación de datos.

Los científicos han diseñado equipos especiales capaces de producir información en circunstancias sobrenaturales, y han logrado reducir las distancias, poniendo el cosmos al alcance del hombre. Han creado instrumentos y métodos insospechados para llevar el conocimiento a todos los rincones del mundo y del espacio. Han agilizado la producción y transporte de libros, han hecho posible el acceso a los grandes centros de información del mundo desde las distancias más remotas por rutas electromagnéticas, han logrado el almacenamiento de inmensas cantidades de información en espacios infinitamente pequeños y han puesto las grandes obras artísticas de todos

los tiempos al alcance de todos los hombres. El ingeniero sostiene al conocimiento humano. Es la fuerza motriz en la producción de los bienes materiales que protegen a los bienes espirituales del hombre. Por eso los encontramos, sobre esos mundos de Dios, cortando montañas para construir caminos, cruzando con puentes los abismos para acortar las distancias, cerrando cauces de ríos para producir energía, construyendo puertos para recibir lo que nos falta y enviar a otros lo que nos pidan, estableciendo líneas de comunicación instantáneas a los cuatro vientos, buscando fuentes de energía para mover el mundo, creando las estructuras capaces de proteger al hombre y a su obra, creando procesos que hagan posible la producción de más bienes con menos esfuerzo y menos dolor. Con los ojos puestos en el futuro que permita al hombre más gozos espirituales cuando las maravillas electrónicas procesadoras de datos actúen como cerebros imbéciles sobre brazos torpes que puedan entonces hacer trabajos no dignos del hombre. Dijimos al comienzo que la ingeniería propende al disfrute más pleno de la vida y a la prolongación de nuestra existencia, y esto es así porque la ingeniería hace llegar al hombre una provisión mayor y mejor de alimentos, porque permite llegar a cada uno un conocimiento más amplio sobre la salud, y pone en manos del personal médico y paramédico un

Flujo continuo de conocimientos y técnicas que le capacitan extraordinariamente. También produce y mantiene, el ingeniero, estructuras que albergan centros de salud equipados con memorias electrónicas capaces de almacenar cantidades increíbles de datos, de analizarlos instantáneamente y de enviar el diagnóstico al médico y señales vitales a los indicadores electrónicos junto al custodio del paciente. Todas las maravillas que la ingeniería ha creado para servir a la salud del hombre, han multiplicado las oportunidades que tiene el ser humano ante su lucha eterna contra el dolor físico. La rapidez y versatilidad de los medios de transportación terrestre, acuática y aérea, provistos por la ingeniería, hace más difícil hoy día a la muerte el ganarle la carrera a un enfermo en su ruta a un centro médico. Y en su lucha por prolongar y hacer más feliz la vida del hombre, el ingeniero busca el desarrollo de nuevos materiales para su protección, nuevas fuentes de alimentos para saciar el hambre de su cuerpo, nuevas formas de producción, transporte, almacenaje y distribución de estos bienes para que lleguen a todos los seres de la tierra con la esperanza de que muy pronto el hambre y el desamparo sean el recuerdo de una pesadilla que se borra en el pasado de todos los hombres en todas las tierras. Y cuando el eterno trabajar del ingeniero haya hecho llegar el conocimiento necesario al cerebro de todos los hombres, y haya hecho producir a la naturaleza bienes y alimentos suficientes para todos, y haya asegurado hasta lo posible la ausencia del dolor físico en el hombre, entonces empezará una nueva lucha por proveer al ser humano de aquello que pueda hacerle feliz: sus horas de ocio, que serán muchas. "Y su lucha" producirá salas y discos, dondequiera que sean necesarios para desarrollar actividades que estimulen al espíritu del hombre. Ya las grandes actividades artísticas y culturales no estarán encerradas por las murallas de los grandes centros metropolitanos, sino que

"La vivencia es riqueza y esplendor en todo lugar donde exista un hombre. Hasta un jibarito nuestro, en su casita del Cerro de la Pica, puede, como un regalo de los ingenieros del mundo, disfrutar viendo la televisión en su rincón, a la gloria, o escuchando la maravillosa quinta sinfonía que aporta el sordo cascarrabias que nació una noche tempestuosa en la ciudad. Sí, ese mundo maravilloso estará al alcance de todos los seres humanos mientras contemos con los ingenieros necesarios para hacerlo realidad. Pero se adivinan en el horizonte graves peligros. Las universidades, fuentes que producen a los ingenieros que necesita la industria para echar a caminar el progreso del mundo, están siendo adversamente afectadas por esas mismas industrias que consumen su producto. El reclutamiento y la retención en nuestras aulas de profesores capacitados es cada vez más difícil debido a que los sueldos que ofrece la industria a los

egresados, en promedio, son mucho más altos que los sueldos que puede pagar la academia. Al presente, la retribución que nosotros podemos ofrecer a un recién graduado de bachillerato para prepararlo como profesor es de cerca de \$14,000 anuales, a esa misma persona la industria le ofrece \$22,000. Nos encontramos con el absurdo de que estudiantes recién graduados de nuestro Colegio reciben ofertas de salarios superiores a los que reciben muchos de los profesores que les entrenaron, siendo esto así en razón de que los sueldos del profesor no responden a la fluctuación de la oferta y la demanda. Los altos sueldos que paga la industria producen otro efecto adverso sobre la salud de nuestras escuelas de ingeniería. Ante el ofrecimiento de un ingreso de más de dos decenas de miles de dólares anuales, muy pocos estudiantes están dispuestos a emprender otra jornada de estudio a lo largo de cuatro años adicionales para completar su doctorado, señalan la Asociación Americana de Sociedades para la Ingeniería, la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos y la Asociación Americana para la..."

Educación en Ingeniería, que en el año 1921 la producción de bachilleres en Ingeniería alcanzó la cifra de \$58,742 en la nación, mientras que al mismo tiempo la producción de doctorados llegó solo a 2,751. Señala así mismo, que a lo largo de los últimos cinco años la producción de ingenieros a nivel de bachilleres aumentó en cerca de un 54%; la de doctorado en el mismo campo se redujo en un 13%. Lo anterior indica, sin lugar a dudas, un asomo de crisis para los centros universitarios no solo con peligro para la enseñanza de la Ingeniería, sino también para el área de investigación en dicho renglón académico, que de tanta importancia es para el desarrollo total de la humanidad. Por otro lado se señala que la matrícula en los colegios de Ingeniería alcanza una magnitud nunca antes vista, superior a la de 1979 cuando 240,488 estudiantes llenaban los colegios de Ingeniería de la nación. De los cuales 103,724 iniciaban sus estudios. En nuestra isla para la misma fecha teníamos un total de 276 estudiantes de los cuales 650 cursaban su primer año. Esta demanda brutal por los estudios de Ingeniería, acompañada por la escasez de material profesoral ya señalada, apunta a una crisis académica cuyas consecuencias pueden resultar desastrosas para las esperanzas del mundo que vivimos. Pero hay otro problema que amenaza nuestros colegios de ingeniería, la fuente natural de ingenieros. Un estudio hecho por la Fundación Nacional de Ciencias indica, con respecto al equipo de laboratorio en nuestros colegios, lo siguiente: "La mayor parte de los laboratorios visitados son inferiores a aquellos dentro de la industria." Señala también que la edad media del equipo en la universidad es el doble del mismo equipo operando en la industria. Esta condición es un estímulo más sobre el profesorado joven de nuestras universidades que les impulsa a abandonarnos por la industria. Se estima que el costo de reemplazar el equipo de laboratorio para Ingeniería alcanza a \$1,500 anuales por cada grado de bachiller.

En nuestro colegio, alcanzará una cantidad de \$500,000 por año para reemplazo únicamente, sin adelanto alguno. El Decano Robert Page, de la Universidad de Texas A & M, en un estudio que toma como base a nueve instituciones del estado, concluye que en Texas la cantidad de dinero necesaria para poner al día el equipo de laboratorio es de \$17,409 por cada grado de bachiller concedido. Sería lógico pensar que esa misma necesidad a ese mismo costo, padece nuestra universidad del estado, por lo que el capital requerido para poner nuestros laboratorios a la altura que demandan los tiempos resultaría ser \$5,803,000. En los últimos dos años hemos recibido \$2 millones. Dura tarea nos espera. Hay nubes en el horizonte pero vamos hacia él. Vamos porque sabemos que el ingeniero ha cargado sobre sus hombros todos los problemas del mundo y para todos ellos ha encontrado la solución adecuada. Sabemos que los que habrán de recoger en su ruta hacia el futuro serán mucho más complejos y pesados, pero tenemos mejores herramientas y más fuerzas. A pesar de las nubes que oscurecen el horizonte, la ruta se ve clara bajo la luz

segura que deja sobre el camino el paso del ingeniero.

## REFERENCIAS

Datos relacionados con la crisis en la educación de ingeniería. Un informe preparado por un grupo de trabajo de la Asociación Americana de Sociedades de Ingeniería, la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos y la Sociedad Americana para la Educación en Ingeniería. Breve historia de las obras de ingeniería de Puerto Rico por el Prof. Luis F. Pumarada O'Neill.

## ENERGÍA DEL OCÉANO

Dr. Juan A, Bonnet, Jr. Director Centro para Estudios Energéticos y Ambientales Universidad de Puerto Rico

## UNIÓN PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS - 82

Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico

7 de agosto de 1982

## CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA OCEÁNICA, PRESENTACIÓN NACIONAL. PUERTO RICO ENERGÍA DEL OCÉANO

Por: Juan A. Bonnet, Jr. Director Centro para Estudios Energéticos y Ambientales

Universidad de Puerto Rico, 2 de agosto de 1982

---Página de Interrupción---

## ENERGÍA DEL OCEANO

Bonnet, Jr, Director, Centro para Estudios Energéticos y Ambientales, Universidad de Puerto Rico

## RESUMEN

En el planeta Tierra, los océanos cubren el 70% de su superficie y almacenan grandes cantidades de la radiación solar total que se recibe. Los océanos son la pila o batería de energía solar más grande en nuestro planeta y esta energía se puede utilizar durante todas las horas del día y de la noche.

Los países de la cuenca del Caribe tienen una extensión de mar de 2,640,000 kilómetros cuadrados, una costa de más de 1,680,000 kilómetros. Todo este territorio está localizado entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio. Más del 50% del mar Caribe tiene profundidades mayores de 1000 metros. Estas condiciones en sí hacen muy atractiva la alternativa de utilizar la energía oceano-térmica en los países del área del Caribe. Un cálculo aproximado del potencial de energía térmica del Caribe (incluyendo las corrientes del Golfo) arroja unos 18 billones de kilovatios-hora por año. En este artículo se discuten los fundamentos de la conversión de la energía térmica del océano (OTEC), la historia del desarrollo de ésta, junto al potencial y el futuro para los países del área del Caribe de esta opción energética.

---Página de Interrupción---

## PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

En el sistema solar al que pertenece el planeta Tierra, el sol es la fuente de energía principal. En nuestra biosfera no estamos aprovechando a cabalidad la energía que nos provee la radiación que nos llega del sol. Los organismos aprovechan esta energía por medio de la fotosíntesis, proceso que permite energizar la acción vital y liberar el oxígeno necesario para la subsistencia. Además, la energía del sol se almacena en el planeta en diferentes sitios incluyendo los océanos. También la energía del sol ocasiona las corrientes tanto de agua como de aire, dando lugar a los movimientos de los océanos (Figura 1) y los vientos que mantienen niveles de temperatura adecuadas para sostener la vida.

Ciclo de vida, pero hasta ahora ha sido bien sin Git estos últimos desarrollar técnicas para concentrar los rayos solares que llegan tan difusos a la superficie de la Tierra y aprovecharlos efectivamente como una fuente de energía. En la última década, debido a los aumentos tan altos en el precio del Petróleo, el combustible principal para producir energía, se ha hecho necesario realizar esfuerzos significativos para utilizar los rayos solares como fuente energética. Estos intentos incluyen entre otros, la utilización de los vientos como energía eólica, de las olas del mar, de los cambios en las mareas, de la concentración de los rayos solares para calentar líquidos y producir agua caliente o vapor, la utilización de la biomasa y la geotermia como una fuente de energía y muchos otros. Entre otras posibilidades también se ha considerado la utilización de la diferencia de temperatura entre la superficie y las profundidades del mar. Esta alternativa fue sugerida y probada por primera vez por el francés George Claude en las costas de Cuba en el año 1929. Operando con una diferencia en temperatura de 20 grados, el doctor Claude, miembro de la Academia de Ciencias, logró producir 22 kilovatios de energía con su motor. Sin embargo, la naturaleza se encargó de vencerlo y un huracán rompió el tubo que traía el agua fría. Desde entonces no se consideró viable y se discontinuó su desarrollo hasta la pasada década. El ingeniero Claude utilizó el ciclo directo de Rankine en sus experimentos. Básicamente, la idea de cómo extraer esta energía se explica por el principio de Carnot que rige el funcionamiento de los termocotores: una diferencia de temperatura puede aprovecharse para producir energía mecánica. Los rayos solares al penetrar los primeros metros de la superficie del mar transfieren su energía al mar. Esto causa que entre el Trópico de Capricornio y el Trópico de Cáncer la temperatura de la superficie del mar sea del orden de 20 a 25 grados Celsius. Estos rayos, sin

Sin embargo, son absorbidos en los primeros metros de la superficie y no penetran hasta las profundidades del mar. Por lo tanto, según se va profundizando en el mar, la temperatura es más baja. Entre los 700 a 900 metros de profundidad, pasamos por un área llamada termoclina, donde la temperatura del mar se reduce a una mayor razón que en cualquier otra región. Cuando llegamos aproximadamente a los 1000 metros de profundidad, la temperatura está en temperaturas de congelación del agua, o sea de 0° Celsius. Por lo tanto, existe una diferencia o diferencial de temperatura entre la superficie del mar y los 1000 metros de profundidad del orden de 25° Celsius aproximadamente. Es una consecuencia de la segunda ley de termodinámica que para poder utilizar la energía térmica contenida en un cuerpo es necesario moverla a un cuerpo de temperatura más baja. Solo así, parte de la energía térmica trasladada podría convertirse en energía útil, mecánica, eléctrica, etc. La ley fija una eficiencia máxima que es proporcional a la diferencia en temperatura entre los dos cuerpos. En el concepto de CETO se utiliza el diferencial de temperatura entre el agua del fondo y la superficie del mar. Fundamentalmente, se hace pasar el agua caliente de la superficie por los tubos de un intercambiador de calor por cuyo exterior fluye un líquido de bajo punto de ebullición llamado el líquido operacional. El amoníaco es un buen ejemplo. El agua caliente evapora al líquido operacional, digamos amoníaco, el cual al expandirse mueve un turbogenerador eléctrico. El vapor del amoníaco, una vez expandido, pasa por un

condensador que usa el agua fría del fondo del mar como refrigerante. Aquí el vapor del amoníaco se condensa a la forma líquida y se completa el ciclo para un funcionamiento continuo. De esta manera, la máquina CETO puede recobrar grandes cantidades de energía térmica y convertirla en energía útil. Ver la Figura Número 2. De lo que hemos dicho es evidente que la eficiencia termodinámica de la máquina.

La eficiencia de CETO es bastante baja, debido a la pequeña diferencia entre las temperaturas del fondo y de la superficie del mar. Sin embargo, la energía es prácticamente ilimitada y gratuita, de modo que si se construyen máquinas capaces de procesar grandes cantidades de agua de mar, podrán generar grandes cantidades de electricidad. En la Tabla 1 podemos apreciar algunas cifras hasta el año 2000. La eficiencia teórica del proceso fluctúa entre un 7 y un 6 por ciento. En la práctica, esta se sitúa entre un 4 y un 3 por ciento. La eficiencia del proceso CETO es muy baja si se compara con la eficiencia de las centrales de carbón, petróleo y nuclear, en las que la eficiencia es de aproximadamente un 33% en las dos primeras y de aproximadamente un 40% en la última. El concepto descrito anteriormente es conocido como el ciclo cerrado de CETO. Sin embargo, también existe un concepto llamado ciclo abierto de CETO. En este concepto, se utiliza el agua de la superficie del mar a una temperatura aproximada de 27°C. Esta se lleva a unos recipientes donde la presión atmosférica se reduce, lo que permite crear vapor directamente de esta agua para mover la turbina. El vapor de agua expandido se condensa con el agua fría del fondo y se devuelve al mar nuevamente. En la figura número 3, proceso de ciclo abierto de energía oceánica térmica, podemos ver que es necesario alcanzar vacíos del orden de 1/2 psi o 1/30 atmósfera para convertir el agua de mar en vapor. En otras aplicaciones y ciclos para convertir el agua en vapor, se añaden agentes químicos como detergentes, lo que reduce la temperatura de ebullición. Esto se conoce como el proceso de espuma de energía oceánica térmica. La figura número 4 nos muestra el ciclo de este proceso. El Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico, en cooperación con la Universidad Carnegie Mellon, ha sido pionero en estudios relacionados con el concepto de espuma de CETO. En el proceso de ciclo abierto de rocío o ducha (Mist) de energía oceánica...

La energía térmica utiliza una caída de agua de mar a presiones reducidas para mover una turbina-generator y producir electricidad. Al caer, se vaporiza el agua de mar y así se vuelve a subir y retornar al mar.

---Página en blanco---

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA DE CICLO CERRADO. Figura  
FUENTE: ADAPTADO DE DOE, 1979.

---Página en blanco---

Porcentaje de la proyección de necesidad de electricidad para el año 2000 en el Golfo de México y Puerto Rico. Zona de electricidad | Electricidad proyectada | Porcentaje del total | Área | Necesidad para el año | Suministrado por CETO | Proyectado para el 2000 para el año 2000 | Año 2000. Golfo de México 21,700 | 63 0.2 a (incluyendo Puerto Rico) 0.08 5.

---Página en blanco---

Figura 3: Diagrama Esquemático de un Sistema de Energía.

Figura 4: Diagrama Esquemático de un Sistema de Energía CETO de Espuma.

---Página en blanco---

ESTADO ACTUAL DEL DESARROLLO DE PLANTAS OCEANO-TÉRMICAS: El Presidente de los Estados Unidos aprobó durante 1979 dos leyes relacionadas con el desarrollo de la energía oceano-térmica. Estas leyes se llaman: La Ley de Investigación, Desarrollo y Demostración de Energía del Océano. Es necesario señalar que en inglés el concepto de energía oceano-térmica se conoce como "Ocean Thermal Energy Conversion" y se identifica en muchos documentos con las siglas "OTEC". Aquí hemos usado las siglas CETO correspondientes al español "Conversión de la Energía Térmica del Océano". Esta es la Ley Pública N°. 96-310 del 17 de julio de 1980. La segunda ley se conoce como El Acta de Energía Oceano-Térmica del 1980 y es la Ley Pública N°. 96-320 del 3 de agosto de 1980. La primera de estas leyes señala que se acelere el desarrollo tecnológico de CETO, de tal manera que se puedan conseguir los siguientes objetivos de producción energética: 1. Demostrar para el 1986 por lo menos 100,000 kilovatios eléctricos de producción eléctrica por medio de CETO. Esto equivaldría al 0.04% de la demanda de energía de los Estados Unidos de América. 2. Demostrar para el...

1989: al menos 500,000 kilovatios eléctricos de capacidad de energía oceano-térmica, equivalentes aproximadamente al 0.24 de la demanda de energía en los Estados Unidos de América. Alcanzar para mediados de la década de 1990 costos promedio de producción de electricidad o productos equivalentes energéticos mediante energía CETO que sean comercialmente competitivos en las regiones de la Costa del Golfo, islas y territorios de los Estados Unidos de América. Establecer como una meta nacional una capacidad de producción de 10 mil millones de kilovatios de energía eléctrica o en productos equivalentes por medio de CETO para el año 1999. Esto equivaldría al 38% de la demanda proyectada de energía para los Estados Unidos de América. La figura número 5 resume estas proyecciones en forma gráfica.

La segunda Ley de Energía Oceano-Térmica ordena: (1) al administrador de la Administración Nacional de Oceanografía Atmosférica (NOAA) establecer un régimen legal estable para desarrollar comercialmente la CETO. Para llevar a cabo esta encomienda ordena (a) adquirir licencias de operación; (b) preparar un plan de licencia, (c) (2) [El Secretario de NOAA debe entre otras cosas: (a) cuidar de la seguridad de la vida y la propiedad en el mar por medio de iluminación y otros métodos con relación a las operaciones de futuras plantas de energía oceano-térmica, (b) evitar la contaminación del medio ambiente marino, (c) limpiar cualquier contaminación que pueda ocurrir debido a la operación de centrales de CETO, (4) prevenir y minimizar todos los impactos adversos...

9340 9 oljonesag ap ewesBorg @ esnby (orvand st susunpransosde 945 6) rt ond 5¢ mumps 9496 9) \_ \$A ana) (orvond ¢ esuepesnoideo4oE 1 9 onary 9p erase (on 090139400 -¥ (an) 0139¥ oan 0") 2 0439 eng mu i ? ri oan on fe opoued 99 m3 =e versa net : e ia 0 i cram tt a worsen! ES a ee (Te |

...que puedan ocurrir debido a la construcción y operación de centrales de energía oceano-térmica, (e) asegurarse de que las descargas termales de las centrales de CETO no...

Afectan la vida marina ni los recursos de estas. 3) El Administrador de NOAA debe compartir responsabilidades para hacer cumplir las reglas bajo esta ley con el Secretario del Departamento de la Guardia Costera. 4) El Secretario de Estado en cooperación con el Administrador de NOAA y el Secretario del Departamento de la Guardia Costera debe llevar a cabo negociaciones internacionales según sea necesario para mantener la seguridad de la navegación y resolver cualquier otra cuestión relacionada con el establecimiento de centrales de energía oceánica térmica. 5) El Secretario de Energía debe establecer y hacer cumplir las reglamentaciones y estándares que exijan la construcción y operación segura de cables submarinos para la transmisión eléctrica y cualquier otro equipo que esté asociado con las centrales de energía oceánica térmica. DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS CONCEPTOS DE CENTRALES OCEÁNICAS TÉRMICAS DE CICLO CERRADO. Las centrales de energía oceánica térmica de ciclo cerrado pueden consistir en: a) una plataforma flotante en la superficie del mar sujeta por cables; b) torres descansando sobre el lecho del mar; c) centrales ubicadas en tierra firme o d) barcos.

Discutiremos brevemente algunos de estos conceptos. a) Plataformas flotantes: Las plataformas flotantes sujetas por cables es el concepto que más publicidad se le ha dado. Compañías tales como la Lockheed y Solar Power, han desarrollado descripciones artísticas de sus conceptos los cuales podemos apreciar en las figuras 6. Básicamente consisten en una plataforma localizada en un sitio donde la profundidad del mar es de más de 1,000 metros y de donde cuelga una tubería para extraer el agua de mar fría. En esta plataforma, se recoge el agua caliente del mar cerca de la superficie y también queda instalado el equipo necesario para producir electricidad. La plataforma se mantiene fija en su localización por medio de un cable anclado (cable ancla), en el lecho del mar. Es posible producir electricidad u otros productos industriales cuya.

La producción consume grandes cantidades de energía, tales como amoníaco, hidrógeno o fertilizantes. Las plataformas están localizadas en la superficie. Según se construyen plataformas para extraer petróleo en el mar, es posible utilizar esta tecnología para establecer plataformas a profundidades de 300 a 400 metros para instalar centrales oceano-térmicas. Se instala una tubería que baja de la plataforma hasta el fondo del mar y de ahí sigue recostada al lecho del mar hasta llegar a los 1,000 metros de profundidad. Véase figura número 7.

---Página siguiente---

Módulos Energéticos Desmontables Plataforma Tubo de Agua Fría Tirante Simple de Anclaje Fig. 6 Planta CETO Anclada. Sistemas. Propuesta por Lockheed Ocean.

---Página siguiente---

ENTRADA DE AGUA TEMPLADA DESCARGA ENTRADA DE AGUA FRÍA Figura 7 DISEÑO TÍPICO DE TORRE DE DESCANSO EN LECHO SUBMARINO. FUENTE: SULLIVAN et al., 1980.

---Página siguiente---

Ubicadas en tierra firme. En este caso, la central se establece en la costa y de ésta se extiende una tubería hasta conseguir las aguas calientes y otra hasta 14,000 metros de profundidad para obtener las aguas frías. Este arreglo aparece ilustrado en la figura número 8.

Barcos: La central está construida en un barco. Este sistema permite mover la central para obtener el gradiente de temperatura óptimo en un momento dado o ir de un sitio a otro. Su uso se adapta

ventajosamente en la producción de productos cuya preparación requiere grandes cantidades de energía como el hidrógeno o el nitrógeno. El barco sirve para almacenar la producción para embarque posterior a tierra.

En la tabla número 2 se hace una comparación de los diferentes líquidos operacionales que se podrían utilizar en estas centrales oceano-térmicas. Podemos ver que se ha experimentado con amoníaco, freón, cloruro de metilo, dióxido de nitrógeno, y otros. La tabla resume las características principales de estos líquidos.

La tabla número 3 presenta una descripción de los metales de posible utilización en los sistemas oceano-térmicos.

Intercambiadores de calor, tales como el titanio, aluminio y aleaciones de cobre y otros metales, potencial térmico. En la banda de latitud entre los 10°N y 10°S hay 80 millones de kilómetros cuadrados de mar que reciben más de 215 vatios por metro cuadrado para un total de  $1.7 \times 10^9$  megavatios. Lo anterior respalda lo que señalamos en la introducción, esto es, que las costas del Caribe ofrecen un gran potencial para la producción de energía oceánica térmica. Además, encontramos numerosos sitios específicos cercanos a Puerto Rico, Cuba, Jamaica, Islas Vírgenes, y Florida donde existe un excelente potencial para establecer centrales oceánicas térmicas. Las figuras 1, 10 y 11 dan una idea de la distancia que media entre la costa y una profundidad de 1,000 metros o más. Los últimos informes en las noticias, principalmente en la revista Ocean Energy, son en el sentido de que se ha renovado un gran interés en las naciones industrializadas y en desarrollo por la energía oceánica térmica. En Francia, India, Taiwán, Costa de Marfil se están realizando estudios y evaluaciones de localidades para centrales de energía térmica oceánica. En el Caribe, se está avanzando en su consideración por esta fuente de energía. Según nuestra información, allí el gobierno de la isla ha formado un consorcio con firmas suecas y noruegas para iniciar la evaluación de localidades y hacer pruebas de intercambiadores de calor. Aparentemente también el interés por la energía oceánica térmica se ha despertado en México y Panamá, ambos países con magníficos sitios para la instalación de plantas de energía térmica oceánica. Además, Brasil y Curazao en cooperación con el gobierno finlandés están desarrollando sus propios planes para el establecimiento de plantas de energía térmica oceánica.

Diagrama de Agua Templada (15 m.) Agua Fría (100 m.) Entrada de Agua Fría (1,000m.) Figura. Diseño Típico de Base en Tierra

Varios TAVIN 40 ALISUAAINA 'SUAITLSNI HOWVESTA KOWENa NVETO ~  
SA'TYNOIONSANOD ON SvroWaNa °sauNana OLNSININGINYR, 'NOTSONYOD

The assistant cannot perform the requested task as the text is illegible and appears to be in a different language or incorrectly transcribed. Please provide a correct version of the text.

"Nacional de Ingenieros Profesionales entre los diez proyectos más importantes basados en la ingeniería en 1979. Este proyecto fue financiado por un consorcio de industrias privadas y el estado de Hawái. Se demostró con Mini-OTEC que es técnicamente viable producir energía utilizando la diferencia de temperatura del mar. Se encontró que a esta escala de producción, la

degradación de los coeficientes de transferencia de calor debido a la utilización de agua de mar de las profundidades y al crecimiento de vida marina en los tubos de los intercambiadores de calor es muy pequeña. Se produjeron 10 kilovatios hora de electricidad. Otro proyecto de importancia es el de OTEC-1 o CETO-1 que también se desarrolla en la isla de Hawái. En este se prueban diferentes tipos de intercambiadores de calor como son los tipos convencionales de tubo y casco, así como placas verticales. También se han probado diferentes tipos de materiales. Las fotografías número 1 y 2 muestran estos laboratorios. En Puerto Rico, el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico posee un laboratorio flotante (ver la foto No. 3), el cual estuvo anclado en el sureste de Puerto Rico a una milla y media de la costa (Ver figura No. 12). En este se llevaron a cabo los experimentos de más larga duración dedicados a probar diferentes materiales y al crecimiento de vida marina en su superficie. También se estudió la eficacia de diferentes métodos para limpiar los materiales de los intercambiadores de calor. Se esperaba poder instalar una tubería de agua fría durante 1980 para proceder con experimentos similares en esta tubería, pero los últimos esfuerzos han sido frustrados por falta de fondos. Hasta ahora, ha sido posible determinar las características del crecimiento de vida marina y las diferentes maneras de limpiarlas periódicamente. INCERTIDUMBRES De lo apuntado anteriormente, podemos apreciar que las incertidumbres son relacionadas a cuáles son los materiales más apropiados y cuál es el efecto del crecimiento de"

La vida marina es motivo de estudio en diferentes sitios. Recientemente, a finales de los años 1980, el Departamento de Energía de los Estados Unidos de América solicitó propuestas para la construcción de las primeras dos plantas de demostración de 40,000 kilovatios eléctricos de energía oceano-térmica. Los estados de Hawái y Florida, así como Puerto Rico y las Islas Vírgenes, sometieron propuestas. La idea es construir una o dos de estas centrales de demostración para que estén operando para el año 1985-86.

Las propuestas de Puerto Rico eran para una plataforma flotante anclada a la superficie y otra para una torre a ser instaladas al sureste de Puerto Rico. En la primera propuesta participan Sea Solar Power con General Dynamics, la Autoridad de Energía Eléctrica y el Centro para Estudio Energéticos Ambientales. En la segunda propuesta participa la Autoridad de Energía Eléctrica con Westinghouse y la United Engineering. Ninguna de estas dos propuestas fue aprobada y solamente dos propuestas del estado de Hawái fueron aprobadas.

La Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico ha solicitado se revise el procedimiento de evaluación y otorgación de esta competencia ya que este hemisferio quedaría huérfano en el desarrollo de CETO de no otorgarse una de las propuestas mencionadas.

## ESTUDIOS AMBIENTALES

Además de los estudios técnicos ya discutidos, se investigó el ecosistema o sea las características desde el punto de vista ambiental de los posibles sitios de instalación de plantas oceano-térmicas. En la Tabla 5 se comparan características fisicoquímicas en distintas tomas de áreas en las Islas de Hawái, Puerto Rico, Islas Vírgenes y Guam para las áreas de mezcla en relación con las propiedades fóticas y el contenido de nitratos, fosfatos, silicio y oxígeno disuelto. La figura número 13 nos compara el gradiente térmico.

Lo que existe en estas áreas es importante determinar todos los parámetros ambientales importantes (ver figura número 14) con el fin de tomarlos en cuenta en el diseño y al mismo tiempo

tener una base para determinar cualquier impacto adverso resultante de la operación de estas plantas. La tabla 6 resume algunos de estos datos. Es interesante mencionar que cuando se extrae agua del mar de profundidades como de 1,000 metros, estas tienen un alto contenido de nutrientes. En el caso de las centrales oceano-térmicas en tierra, esto hace posible establecer industrias de acuicultura y producir cosechas de alimentos marinos para el hombre y los animales. Este es el concepto de centros híbridos de energía oceano-térmica, es decir, un conjunto de centrales en las cuales se puede producir electricidad, amoníaco, hidrógeno, cosecha de alimentos marinos, extracción de minerales y otros elementos importantes, o una combinación de estos. Este es un aspecto de gran importancia en la energía oceano-térmica y debe considerarse seriamente en los planes de los países latinoamericanos para estas centrales. El desarrollo de las centrales de energía oceano-térmica no es solo un problema de ingeniería o de biología marina aplicada, o de planificación económica o social: ¡es todo eso y mucho más! Los estudios llevados a cabo por el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico indican que los costos de producción de electricidad por medio de la energía oceano-térmica competirán con el carbón para principios de la próxima década. Para el año 1000, se estiman los costos de generación de una Central de CETO en 15 centavos de dólar (E.U.) por kilovatio hora.