

CEER-S.091 DESARROLLO DE FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA SOLAR PARA EL CARIBE
por Dr. Juan A. Bonnet, Jr. Director CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH

DESARROLLO DE FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA SOLAR PARA EL CARIBE por Dr. Juan A. Bonnet, Jr. Director Centro para Estudios Energéticos y Ambientales, Universidad de Puerto Rico Presentado en el Primer Taller Subregional Sobre Fuentes No Convencionales de Energia Para Los Países Del Caribe De Habla Hispana Santo Domingo, Republica Dominicana 8 al 10 de abril de 1981

DESARROLLO DE FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA SOLAR PARA EL CARIBE Por: Dr. Juan A. Bonnet, Jr. Centro para Estudios Energéticos y Ambientales Universidad de Puerto Rico

ABSTRACT

Puerto Rico es un ejemplo emblemático de la urgente necesidad de desarrollar fuentes alternas de energía y controles ambientales en el Caribe. Esta isla densamente poblada depende en 90 por ciento del petróleo importado que le cuesta la suma brutal de más de mil quinientos millones de dólares al año. Sus problemas ambientales se encuentran generalmente a nivel crítico. Por otro lado, la isla recibe grandes cantidades de energía solar. En atención a estas circunstancias, la Universidad de Puerto Rico entró en acuerdo con el Departamento de Energía de los Estados Unidos para establecer el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales (CEEA) en 1976. El CEEA desarrolla programas encaminados a explotar los inagotables recursos del sol, vegetación y mar, así como el potencial inherente en la conservación, reciclaje, conversión o eliminación de los productos de desecho y sustancias contaminantes que afectan a la sociedad moderna. El CEEA ha obtenido progresos significativos en estos empeños.

-2- Es el propósito de este trabajo señalar los alcances de los programas que desarrolla el CEEA y analizar los logros más significativos.

INTRODUCCION

El Centro para Estudios Energéticos y Ambientales (CEEA) fue establecido para realizar programas de investigación y otras iniciativas.

Tendientes a desarrollar fuentes alternas de energía, aprovechando los singulares recursos y condiciones de Puerto Rico. El CEEA, creado para beneficio tanto de los Estados Unidos como de Puerto Rico, fue organizado en julio de 1976 por contrato entre la Universidad de Puerto Rico y la Administración de Investigaciones y Desarrollo Energéticos de los Estados Unidos que ahora forma parte del Departamento de Energía (DOE) de la nación. La Figura número 1 enseña la fachada del edificio principal del CEEA en San Juan.

Entre 1976 y 1981, el Departamento de Energía habrá facilitado alrededor de 10 millones de dólares para que el CEEA pueda reclutar personal de investigación, adiestrar y re-adiestrar a los científicos de la Universidad de Puerto Rico para la investigación energética, y adquirir el equipo de investigación necesario. La Universidad se propone desarrollar un programa sistemático de

investigación que involucre a la mayoría de sus facultades y recintos, en colaboración con otras universidades, instituciones de investigación, las agencias del gobierno federal y locales, y grupos del sector privado.

PRINCIPALES OBJETIVOS DEL CEEA:

- Ayudar mediante la investigación a conseguir fuentes alternas de energía útiles dentro de un régimen de seguridad ambiental.
- Ayudar a desarrollar científicos, ingenieros y personal técnico especializado en las áreas de energía y ambiente.
- Servir de enlace en programas de cooperación internacional relacionados con la energía y el ambiente, particularmente en el Caribe y América Latina.

Para realizar dichos objetivos, el CEEA cuenta con oficinas, equipo, laboratorio y talleres en San Juan y Mayaguez valorados en más de 12 millones de dólares, proveyendo así alta calidad en la investigación aprovechando la experiencia de que se dispone dentro del sistema universitario. Atrae el talento en el sistema universitario hacia el campo energético; y se esfuerza por mejorar la calidad académica y por desarrollar planes de estudios.

Sobre la energía con el fin de consolidar los esfuerzos de la Universidad, la industria, el gobierno y la comunidad. Los programas de investigación del CEEA comprenden dos áreas principales: la energía y el ambiente. Aunque los programas y proyectos de cada área son independientes y organizados por separado, existen estrechas relaciones de trabajo entre las distintas divisiones, de modo que cada problema es considerado tanto en su aspecto ambiental como en el energético. Ambos aspectos son esenciales en el desarrollo de nuevos escenarios para Puerto Rico. A continuación se presenta una breve descripción de algunos de los programas energéticos principales. Energía Solar Uno de los principales objetivos del CEEA es llevar a cabo proyectos de investigación y desarrollo cabales en el campo de la energía solar tomando en cuenta la abundancia de luz solar directa en el Caribe. La isla goza de condiciones ideales para la investigación y el desarrollo solar y para la comercialización de tecnologías solares.

En un área de solo 8,800 kilómetros cuadrados hay gran variedad de zonas climáticas, desde lo frío hasta la humedad del bosque de lluvia, pero todas, con un alto grado de insolación. Las mediciones muestran que las zonas costeras del norte y sur reciben un promedio de 2,000 kilovatios hora por metro cuadrado de insolación, lo que es similar a muchas otras áreas del Caribe. Constantemente se están recogiendo datos solares a través de una serie de estaciones repartidas por toda la isla. La localización de las estaciones e instalaciones principales del CEEA están indicadas en el mapa de Puerto Rico en la figura número 2. Instalaciones del CEEA en Puerto Rico Fig. 2

Estos datos forman la base para la experimentación con calentadores solares de agua con fines residenciales, acondicionadores de aire solares, generadores de vapor industrial y sistemas de almacenamiento de calor. Se están llevando a cabo también en colaboración con la Universidad de Puerto Rico, estudios y evaluaciones de

Materiales solares para el mejoramiento de las células fotovoltaicas. Colector Solar para la

Producción de Vapor Industrial. La División de Energía Solar del CEFA ha diseñado, construido y evaluado un concentrador de energía solar para la producción de vapor industrial en un medio ambiente tropical. El concentrador consta de una superficie reflectiva (espejo) en forma de zanja incidente que concentra la luz en un tubo de cobre (absorbedor) donde se convierte en energía térmica y se transfiere a un líquido. El factor de concentración es de 5.25. El absorbedor de cobre está sellado dentro de un tubo de cristal al vacío (10-5 torr) para minimizar las pérdidas de energía por convección y conducción. El fluido que lleva el calor circula en un conducto de cobre en forma de "U" soldado al absorbedor a intervalos de 2.5 cm. Un aspecto innovador de este colector es la segmentación de la superficie reflectiva y su encapsulación dentro de tubos de cristal (tubos de bajo costo de los usados en las lámparas fluorescentes).

---Página Interrumpida---

-8- Esta característica provee un soporte estructural liviano a la vez que protege al espejo del medio ambiente tropical que es muy corrosivo. La superficie reflectiva consiste de una película de aluminio sobre acrílico (reflectividad espectral de 96%), pegada a una lámina de flexiglass de 3 mm de espesor. La forma de la superficie reflectiva no es una parábola sino una zanja parabólica compuesta ("compound parabolic trough"). A esta forma también se le llama un concentrador "ideal" en dos dimensiones. Este concentrador no forma una imagen de la fuente de luz como lo haría una parábola o un lente. Es "ideal" en el sentido de que tiene la eficiencia máxima teórica para capturar la luz que incide a ángulos fuera de la dirección perpendicular a la apertura del colector. Esta característica permite la colección de luz difusa dentro de un ángulo de 18°. También reduce la necesidad de un mecanismo para seguir la trayectoria solar. El colector del CEFA fue diseñado para producir vapor industrial a...

Temperatura, La segunda es para proveer maíz seco y frío. El maíz al salir de la máquina de secado tendría que ser enfriado con un sistema de refrigeración convencional. Esto ahorra el gasto de energía para disipar el calor liberado por la condensación de la humedad del ambiente. En el trópico, este gasto es de consideración. El programa incluye la construcción y evaluación de un colector con tubos al vacío diseñado especialmente para el calentamiento del aire usado en la regeneración del gel. En estos momentos, el colector está en la etapa de pruebas y evaluación. Ver figura número 5.

A base de estas pruebas experimentales, se concluyen estudios teóricos mediante el uso de un modelo simulador. El modelo se presta para analizar el comportamiento del sistema bajo diversas condiciones de funcionamiento, lo que permite el cálculo teórico de los valores óptimos para los distintos parámetros de operación.

Estación Experimental para Sistemas Fotovoltaicos Residenciales

Un proyecto propuesto al DDE es el establecimiento y operación de una estación experimental de sistemas fotovoltaicos residenciales. El fenómeno fotovoltaico convierte la energía luminosa en energía eléctrica directamente. Esto se consigue usando placas finas de semiconductores. En la actualidad estos materiales se pueden producir solo en la forma de celdas de un tamaño máximo

de 200 x 200 cm. La mayoría se produce en tamaño de 5 cm x 5 cm.

Un sistema fotovoltaico residencial consta de dos partes principales. El módulo fotovoltaico en el techo de la casa es el arreglo de celdas interconectadas. La energía eléctrica producida por el módulo es en forma de corriente directa. La segunda parte del equipo es el inversor de corriente directa a corriente alterna, la cual es el tipo de electricidad usada por los utensilios eléctricos residenciales.

Los primeros sistemas fotovoltaicos residenciales no tienen un componente de almacenamiento (baterías) ya que esto aumenta el costo del sistema considerablemente. Estos

The text appears to be in Spanish and contains many spelling mistakes and some non-existent words. Here's a corrected version:

El asunto ha cobrado importancia singular para Puerto Rico debido, primero, a la carestía del petróleo y segundo, a los estudios oceanográficos que indican que la isla cuenta con varios de los mejores lugares del mundo para el desarrollo de CET. Entre estos sitios, los más convenientes son Punta Tuna en la costa suroriental y Punta Vaca, en la Isla de Vieques. Ver figura número 7.

En consecuencia, el CEEA ha apoyado la investigación y desarrollo de CET dentro de su programación global. Actualmente se trabaja en colaboración con la Oficina de Energía de Puerto Rico —responsable del plan energético del país—, y con la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (AEE) —una corporación del gobierno interesada en el progreso del desarrollo de CET. La AEE ha presentado al Departamento de Energía Federal varios planes para la investigación, desarrollo y demostración que conduzcan a la construcción de una planta piloto de CET con una capacidad de 40 megavatios, suficientemente grande para demostrar la viabilidad de plantas de CET en escala comercial. En 1978 la Junta de Energía de los Estados Unidos del Sur aprobó una resolución apoyando el concepto de CET para Puerto Rico y subrayando la gran prioridad que esta explotación tiene tanto para los Estados Unidos continentales como para la Isla. En 1979 un funcionario de la AEE, al declarar ante el Comité de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos, presentó estudios que demuestran la viabilidad económica de una planta CET de 250 megavatios, sólo un 1.86 por ciento más cara que una planta nuclear y menos que una de carbón. El Comité aprobó asignaciones cuantiosas para el desarrollo del concepto CET y para la construcción de plantas de demostración. De recibir el proyecto la aprobación final, CET se convertirá en motivo de investigación y desarrollo intenso durante la próxima década.

Para estos estudios, la División CET adquirió del Departamento de la Marina de los Estados Unidos una...

Balse de desembarco en uso, la cual se modificó y ancló por más de un año en el área (Punta Trina) donde se proyecta establecer la planta CBT. Este es el único lugar en el mundo donde se efectúan los estudios de viabilidad de una planta CBO precisamente en el lugar donde la misma quedará ubicada, y por un periodo tan prolongado. Ver figura número 10. ¿Y el Laboratorio Flotante CBO? del CEES. Fig. 10.

Otro estudio importante llevado a cabo por la División CBOL es la exploración del concepto del ciclo de espumas. En este concepto se utiliza la expansión de la espuma al pasar de la región fría del fondo del mar a la caliente de la superficie para elevar el nivel de agua dentro de una torre y crear un potencial hidrostático utilizable por una turbina hidroeléctrica. El CEES investigó principalmente la eficiencia y estabilidad de los materiales espumantes. Foto de Espuma en la Columna Experimental. Fig. 11.

El potencial que Puerto Rico y otros países de Centro y Sur América pueden esperar de estas centrales oceano-térmicas se desprende de un estudio hecho por el profesor William Heronemus de la Universidad del Estado de Massachusetts. Estima el profesor Heronemus que en un área de 725 kilómetros de largo por 25 de ancho localizada entre los estados de Florida y Georgia pueden instalarse 4,500 centrales oceano-térmicas de tamaño comercial. Con estas centrales, podría producirse dos veces la cantidad de energía eléctrica que los Estados Unidos consume actualmente. Aunque los estudios aún no se han hecho, es de esperarse encontrar una condición similar a lo largo de las costas del Golfo de México y las de América del Sur. Como cuestión de hecho, en el proyecto de ley mencionado anteriormente aprobado por el Comité de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos, hay una proyección para establecer no más tarde del 1990, plantas comerciales CBT, de 500 megavatios a lo largo de las costas del Golfo de México. Biomasa. El cultivo de "fincas energéticas" dentro de las.

Condiciones óptimas de producción es el objetivo fundamental de la División de Biomasa del CEEA. Durante los últimos años, más de \$1,000,000 se han invertido en este objetivo.

Los estudios de biomasa se han enfocado principalmente en la producción de variedades de caña y hierbas tropicales para optimizar la producción de fibra como un sustituto del combustible para calderas. En el caso de la caña, se ha tratado de obtener un máximo de fibra pero también suficiente sacarosa para producir miel enriquecida, una materia prima en la industria de la fermentación que ha escaseado últimamente en Puerto Rico. El uso de la caña de azúcar para producir biomasa es un resultado natural de las dificultades económicas por las que atraviesa esa industria en Puerto Rico. Los estudios indican que por cada cuatro kilómetros de cultivo de caña hay que invertir alrededor de \$1,200. Sin embargo, el rendimiento de ese producto no pasa de \$700. Para mantener la industria viva, el gobierno de Puerto Rico ha pagado la diferencia, la pérdida para el gobierno por los 260 kilómetros cuadrados de cultivo de caña es entre 30 y 40 millones de dólares anuales. Por otro lado, la miel producida por la industria azucarera es de sólo 4.7 millones de galones frente a una demanda de la industria del ron de 39.4 millones de galones. La diferencia, a un costo de más de \$17 millones, hay que suplirla con mieles foráneas. Los estudios del CEEA demuestran que este cuadro de pérdidas puede nivelarse si se sembrara la caña para energía en vez de azúcar. Según los experimentos del Dr. Alex Alexander cada tonelada de fibra seca obtenida de un cañaveral manejado para energía, en vez de

azúcar, costaría aproximadamente \$20 producirla. La energía en esta tonelada es equivalente a la contenida en dos barriles y medio de petróleo. En términos de los costos del petróleo y las mieles para el 1979, cada cuerda de "caña energética" podría producir más de \$1,000 en energía y una

cantidad aproximadamente igual en mieles ricas. Los