

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**PLAN MODELO PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE CELDAS
FOTOVOLTAICAS SOLARES EN UNA ESCUELA PÚBLICA**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental
en- Planificación Ambiental

Por
Amarilys Rodríguez Amaro

3 de diciembre de 2008

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a Dios sobre todas las cosas, y a ti hijo porque fuiste mi principal fuente de inspiración...

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en gran manera a todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron para que esta meta fuera alcanzada. Las más sinceras gracias a mi comité de tesis, el Dr. Abraham Ruiz (Profesor de Física en la UPR-H) quien fungió como mentor, así como a los lectores Dr. Neftalí García y Dr. José Córdova por su colaboración y dedicación en este proceso. De igual forma, estoy muy agradecida del personal de la compañía distribuidora de equipos solares en Puerto Rico conocida como Energ Tech, Inc. (Energy Engineering Technologies, Inc.), en especial a su Ingeniero Jaime Negrón por su gran aportación en la parte técnica del proyecto y la realización de cotizaciones. También, deseo reconocer la labor del arquitecto Omar Torres Rivera y del Licenciado Jesús J. Rosa Navarro por la preparación del croquis de la escuela Francisco Sustache y la orientación legal, respectivamente.

Por otra parte, extiendo mi agradecimiento a la compañía química Shell en Yabucoa y al personal asignado del municipio por haberme permitido exponer mi plan ante ellos y haber acogido el mismo con beneplácito. Por esta misma razón, incluyo aquí al personal de la escuela elemental Francisco Sustache quienes abrieron sus puertas y recibieron la idea con gran entusiasmo. Para finalizar, expreso al Dr. Pedro Elvis Ruiz Rosa las más infinitas gracias por todo su apoyo emocional con el propósito de que alcanzara uno de mis sueños, a ti... mil gracias.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE APÉNDICES.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
Trasfondo del problema de estudio.....	1
Problema de estudio.....	5
Justificación del Estudio.....	6
Hipótesis.....	10
Meta.....	10
Objetivos.....	10
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
Trasfondo Histórico.....	11
Marco Conceptual.....	15
Estudio de Caso.....	18
Marco Legal.....	20
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	36
Área de estudio.....	36
Objetivos.....	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
CAPÍTULO V: PLAN MODELO PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE CELDAS FOTOVOLTAICAS SOLARES EN UNA ESCUELA PÚBLICA.....	48
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
LITERATURA CITADA.....	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de Energía Eléctrica de la Escuela Francisco Sustache	63
Tabla 2. Plan Modelo para Establecer Sistema de Celdas Fotovoltaicas Solares	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de la Escuela Francisco Sustache.....	66
---	----

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1-2.	Fotos de la Escuela Francisco Sustache.....	68
Apéndice 3.	Hoja de Compromiso Departamento de Educación.....	70
Apéndice 4.	Comunicado a Superintendente Escolar del Distrito de Maunabo.....	71
Apéndice 5.	Comunicado a Secretario Auxiliar de Servicios Auxiliares en el Departamento de Educación.....	72

RESUMEN

Preparamos un plan modelo para establecer un sistema de celdas fotovoltaicas solares en una escuela pública. Determinamos cuál sistema es el mejor para la institución educativa considerando los criterios económicos y de eficiencia energética. Los métodos utilizados para el desarrollo del estudio fueron: inspecciones visuales, reuniones con miembros de comités ya sea industriales, comunitarios, del sector público o educativo. Además nos comunicamos con expertos en el área de la ingeniería eléctrica, física y el campo ambiental. Como parte de los hallazgos, encontramos que el mejor sistema solar para instalar en la escuela es uno que produce alrededor de 10 kW (kilovatios) pico. Está constituido por 36 módulos solares de 300W (vatios) cada uno; tres inversores de 3800W (vatios); un tabulador electrónico de datos en red (Web Data Logger); un sistema de montaje y la cabling necesaria para su funcionamiento. Este proyecto provee energía suficiente para el equipo y más aún, al estar conectado a la red eléctrica de la Autoridad permite llevar la lectura del contador a cero o negativo dando lugar a ahorros significativos. La investigación presente tuvo como objetivo ofrecer nuevas alternativas energéticas con el fin de colaborar en el alcance del crecimiento sostenible del país. También, pretende servir de guía a aquellos que persiguen la idea de utilizar la tecnología solar, al ser utilizada como punto de partida para otros proyectos.

ABSTRACT

In order to establish a photovoltaic solar cells system in a public school, a model plan was prepared. Considering economical criteria, as well as energy efficiency, it was determined which system suited best for the school. The methods used for the development of this study were: visual inspection of the school and meetings with members of several committees from all pertinent areas, including private industry, community, municipal government and educational entity. In addition, we consulted with experts in the electrical engineering, physics, architecture and environmental field. We found that the best solar system to install at school is one that produces roughly 10 kW peak. It is made up of 36 solar modules of 300W each, three 3800W inverters, a Web Box Data Logger, mounting racks, and the wiring needed to operate. This arrangement not only provides enough energy to the school, but since it is grid-tie to the Electric Power Authority, it allows the meter to reach a zero or negative reading; thus, resulting in significant savings. The investigation aims to provide energy production alternatives in order to collaborate on the scope of sustainable growth of the country. Also, intends to serve as a guide for those pursuing the idea of using solar technology, being used as a starting point for other projects.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema

En los últimos años, se ha venido comentando sobre la necesidad urgente de sustituir el uso de recursos que no son renovables, como el petróleo, con fuentes renovables para la producción de electricidad. El mundo consume dos barriles de petróleo por cada barril descubierto (Alekkett, 2006). Desde el año 1950 el consumo mundial del mismo ha aumentado de alrededor de 500 millones de toneladas a aproximadamente 4,000 hacia el año 2006 (Swain & Mukherjee, 2007). Según Rowlands (2004) para el año 2000 menos de 2% de la energía suplida en el ámbito mundial era provista por recursos renovables como el sol, viento y el océano, entre otros.

Si evaluamos el suplado de energía en el mundo para el año 2004, se observa que el 80.1% de ésta proviene de los combustibles fósiles, 6.3% de la energía nuclear y un 13.6% es renovable (Goldemberg, 2007). De acuerdo a Goldemberg, los combustibles fósiles no serán la primera fuente de energía en el ámbito mundial por más de una o dos generaciones.

El uso de fuentes que no son renovables provoca el cambio climático. El nivel del mar comienza a elevarse, algunas costas desaparecen, surgen inundaciones y aumenta la probabilidad de fuegos espontáneos, entre otros (Friedmann & Homer-Dixon, 2004). Por ello, los gobiernos de diversos países se encuentran bajo presión para reducir las emanaciones de CO₂ (bióxido de carbono) producidas por la combustión de materiales fósiles (Freling, 2001).

La energía renovable es una alternativa para sustituir el uso del petróleo, el carbón y el gas natural. Es una fuente de energía que no aumenta la producción neta de CO₂ y su uso ha sido parte de las estrategias y medidas tomadas por algunos países desarrollados y en desarrollo con el fin de cumplir con el Protocolo de Kyoto. Este persigue la disminución de la emanación de gases con efecto invernadero al ambiente (Bilgen et al., 2004), causantes del llamado calentamiento global. Además, como consecuencia del uso del petróleo surge una secuela de cambios ambientales, económicos y hasta militares. Al subir los precios de los combustibles se reducen las fuentes y se pelean los países por sus reservas (Asif & Muneer, 2007).

Estados Unidos es uno de los países donde más claro se observa la situación antes descrita. Es urgente para ellos desarrollar tecnología que utilice energía renovable. Como ejemplo, Herzog et al. (2007) nos comentan que en el año 2000 Estados Unidos gastó más de \$600,000 millones en energía, sumándose a ello unos \$120,000 millones en impuestos por el petróleo. Por consiguiente, es evidente que la mejor alternativa, a corto plazo, para este país es la eficiencia energética y, más aún, lograr expandir el mercado de la energía renovable.

Mientras esto sucede en los Estados Unidos, existen algunos dos mil millones de personas en el planeta sin acceso a electricidad (Freling, 2001). Son países subdesarrollados en los cuales es imperativo mejorar las condiciones en áreas rurales (Balat, 2006). En éstas, para poder alumbrarse, los habitantes utilizan lámparas de gas queroseno y velas provocando así un grave peligro para su salud, pues el humo generado por esta práctica equivale a fumarse dos cajas de cigarrillos diarios.

Estos materiales son utilizados para la realización de tareas escolares, entre otras cosas. La educación de los niños se ve afectada o limitada, pues no pueden permanecer largas horas estudiando y, más aún, no cuentan con la electricidad para poder utilizar la nueva tecnología educativa (Freling, 2001) y mucho menos con la infraestructura. Esto ocurre en un menor grado en los sistemas escolares a través de Estados Unidos, ya que se necesita renovar las escuelas más antiguas y construir nuevas que puedan cumplir con los requisitos de escuelas sostenibles para lo cual son necesarios unos \$127,000 millones (Bosch & Pearce, 2003).

Se ha comprobado que la energía solar puede ayudar a mejorar la calidad de vida de los humanos. Forma parte de un sistema de energía que brinda mayor seguridad en el aspecto físico, ambiental, geopolítico y hasta de igualdad. Los sistemas de celdas fotovoltaicas solares, por ejemplo, resultan ventajosos para lugares donde haya que mejorar la calidad de vida ya que no dependen de cuán remota sea la ubicación. La luz solar está siempre accesible a cada uno, es inextinguible y libre de riesgos (Alferov et al., 2004), todo lo contrario de los combustibles fósiles. Más aún, resultan beneficiosas para zonas rurales, por ejemplo en escuelas, ya que producen energía sin emitir gases de efecto invernadero, sin hacer ruido ni producir vibraciones que interrumpan el proceso de enseñanza-aprendizaje y el diario vivir de la comunidad (Balat, 2006).

En Puerto Rico no estamos muy lejos de esta realidad pues se depende, en más de 98% de las fuentes de combustible fósil para producir electricidad (Cerame, 2001). La dependencia en el petróleo es excesiva. Su alto costo está encareciendo los bienes y servicios, provocando que los recursos económicos disponibles disminuyan. Por consiguiente, se afecta el presupuesto municipal limitando así el desarrollo de otras áreas

como infraestructura (Senado de Puerto Rico, 2006). Sin embargo, no existe ley o reglamento alguno que obligue a sustituir la energía eléctrica con una fuente de energía renovable al menos a las grandes empresas o instituciones gubernamentales. Existe una ley que promueve la eficiencia energética, la diversificación de combustibles y fuentes de energía renovable (Fiddler et al, 1996). Por consiguiente, se gastan muchos millones de dólares en la producción y el consumo de energía.

El hogar promedio en la isla gasta entre 5 y 10 % de su presupuesto para energía en la iluminación (R.C. del S. 814, 2007). Como reacción a esta situación, el gobierno de forma inmediata, como bien menciona Balat (2006) en su artículo, debe buscar la manera de subsidiar el uso de celdas fotovoltaicas solares en el ámbito rural o urbano y así motivar a los ciudadanos a utilizarlas y a su vez ayudar a moverse hacia el crecimiento sostenible.

El crecimiento sostenible implica el uso de los recursos disponibles para suplir nuestras necesidades sin comprometer el bienestar de las futuras generaciones. El concepto en su significado incluye dos palabras claves. Una de ellas es necesidades, que en esencia se refiere al ámbito de pobreza el cual debe tener prioridad. La otra es la limitación impuesta por el estado de la tecnología y la organización social, además de la capacidad del ambiente para llenar las necesidades presentes y futuras. En resumen, la necesidad es un problema de igualdad y la limitación va de la mano con la disponibilidad de los recursos.

Según los expertos, nos encontramos en una época ideal para alcanzar avances en la producción de energía limpia (Kammen, 2006). Se ha visto en otros países del mundo que impulsan la eficiencia energética, grandes ahorros en consumo de electricidad que

pueden resultar de ello. Como ciudadanos preocupados por el ambiente debemos comenzar a realizar movidas inteligentes que lleven a Puerto Rico al crecimiento sostenible. Según Lucon et al. (2006), la implantación temprana de recursos de energía alternativa puede asegurar que países en desarrollo puedan estar preparados para cuando ocurra una conversión global, pues el uso de energía renovable es clave para una sociedad sostenible.

Problema de estudio

Las escuelas son instituciones que utilizan una gran cantidad de energía. Por eso es necesario comenzar a desarrollar tecnologías que utilicen energía renovable. La nanotecnología es un campo que promete mejorar el uso de la energía en el mundo utilizando por ejemplo celdas fotovoltaicas solares (Dittrick, 2005). Posee un enorme potencial para beneficiar a la sociedad en una variedad de sectores y aplicaciones que van desde las relacionadas al campo ambiental hasta el energético (Hood, 2004). Los avances en las celdas fotovoltaicas solares, impactan de manera positiva las variables económicas y la eficiencia energética (Pierce, 2004). Fomentan la construcción de edificios verdes los cuales resultan menos costosos y excelentes en cuanto a eficiencia energética se refiere (Nanotechnology Enhances Green Building, 2007). Varias agencias, ciudades como Chicago y estados como Nuevo México han trabajado en la evaluación e implantación de estos sistemas solares en escuelas (Klein, 2006). Se pronostican ahorros de hasta \$46 millones, a largo plazo, en costos de utilidades relacionadas a la energía (Illia, 2005). Es de suma importancia implantar modelos que utilicen esta tecnología para que las entidades los tomen de ejemplo, puedan comparar y contribuir al crecimiento sostenible poniéndolos en práctica (Tsoutsos et al., 2005).

Justificación del estudio

La planificación ambiental resulta imprescindible para cualquier país. Un buen diseño urbano, que forma parte de este tipo de planificación, alcanza un valor económico, social y ambiental en potencial bien significativo (Carmona, 2002). Es lamentable, que Puerto Rico carezca de ella en muchas áreas. Se necesita comenzar a ofrecer alternativas viables que solucionen los problemas ambientales que resulten a su vez en ventajas económicas. Uno de los ejemplos claves es el suplido de energía proveniente en su mayor parte de recursos no renovables como el petróleo (Administración de Asuntos de Energía, 2004).

La presente investigación tiene como objetivo aportar nuevas ideas para la integración de sistemas de energía limpia que apoyen el crecimiento sostenible y, más aún, uno de los aspectos más relevantes e importantes de un pueblo, su educación. Como bien se conoce, la energía es pieza central a la hora de hablar de crecimiento sostenible y reducción de pobreza. Afecta casi todos los aspectos sociales y económicos del desarrollo, incluyendo la salud, la educación y creación de empleos (Bilgen et al., 2004). Es un punto importante para lograr alcanzar los tres pilares del crecimiento sostenible: equidad social, crecimiento económico y la protección del ambiente.

Bilgen et al. (2004) explican en su artículo que la política energética debe estar orientada hacia sistemas basados en energía renovable, eficiencia energética y tecnologías limpias, libres de combustibles fósiles. La razón principal para ello resulta ser, según Goldemberg (2007), que la fuente de donde un país deriva su energía revela mucho en términos de su crecimiento sostenible. Una de las formas más limpias de energía es la solar que aunque nos llega en forma diluida es bien abundante. Al planeta

Tierra llegan 1.4kW por metro cuadrado de luz solar en los trópicos. Cerca de 1kW está disponible para ser convertida en energía eléctrica mediante el uso de celdas fotovoltaicas (Rath & Marder, 2007). Reflejándose entonces, por la atmósfera, alrededor de un 30% (Ruiz, 2008).

Según Balat (2006), cada día recibimos del sol más energía de la que 6,100 millones de habitantes en la Tierra pudieran consumir en un total de 27 años. Por día, la cantidad de energía que llega a la tierra es equivalente a la contenida en 2 millones de barriles de petróleo. El flujo total de luz solar que intercepta la misma es más de 10,000 veces las necesidades anuales de energía que puede tener la humanidad (Administración de Asuntos de Energía, 2004). Esto es más que suficiente para satisfacer una demanda de consumo de energía de cada uno de los habitantes del planeta con una tasa de consumo igual a la de los países desarrollados (3kW/hora diarios).

El uso de la energía renovable se hace más importante en aquellos países subdesarrollados o en desarrollo donde no existen las plantas generatrices para producir electricidad. Muchos de estos lugares son remotos por lo que los sistemas fotovoltaicos solares resultan favorables ya que pueden ser utilizados e instalados rápido sin importar cuán lejos esté el lugar (Freling, 2001). Estos sistemas son capaces de generar energía limpia en casas rurales, escuelas, clínicas y centros comunitarios, sólo con instalarlos en los techos de edificios. Según Bosh & Pearce (2003), esto resulta muy atractivo para los accionistas, pues comienzan a ver la sostenibilidad como una meta realista y beneficiosa porque reduce la demanda en infraestructura y resulta en edificios que van a requerir menos mantenimiento, con una reducción en sus gastos.

Es importante desarrollar planes para establecer sistemas de celdas fotovoltaicas solares por ejemplo en escuelas pues, según Cabraal et al. (2005), la electricidad proveniente de recursos renovables ha provisto un mayor aumento en los niveles de escolaridad de los niños en lugares que no están desarrollados. Además, se ha demostrado que estos servicios modernos de energía pueden tener un impacto positivo en el tiempo que los estudiantes pasan en el aula y también aumentan la calidad de estas y de la enseñanza (Cabraal et al., 2005).

Los maestros se sienten motivados, orgullosos y satisfechos de trabajar en un aula que resulte innovadora y beneficiosa para el ambiente, lo que provoca un aumento en su productividad (Bosch & Pearce, 2003). Ayuda a los alumnos a sentir un compromiso y un vínculo directo con la naturaleza, logrando mejorar su conducta y reducir el ausentismo (Kellert, 2005). Un ejemplo de esto es una escuela de California llamada “Midland School” donde se realizó un proyecto de energía renovable. Los estudiantes colaboraron con el proceso de instalación del sistema solar promoviendo así que ellos se expresaran, mediante talleres a comunidades y a otros alumnos, de forma apasionada e inteligente sobre el valor de la energía renovable (Goddard, 2008).

Por otra parte, en estudios realizados en India se demostró que la electricidad está relacionada a los niveles de educación y a los ingresos económicos. La combinación de la electricidad y educación tiene un mayor efecto en los ingresos de una comunidad que el que puede tener cada una por separado (Cabraal et al., 2005). En un estudio hecho en Perú se encontró que los dueños de hogares con acceso a servicios básicos como electricidad y agua tuvieron un mayor aumento en consumo per cápita que aquellos que no tenían dicho acceso (Cabraal et al., 2005).

Estos sistemas solares pueden beneficiar en otros aspectos, como por ejemplo los relacionados a la ética, la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, Dix (2005) explica en un artículo cómo el instalar un sistema de paneles solares en unas instituciones de Haití, con el fin de mejorar la educación, la salud y la sociedad, logró grandes transformaciones. Se añadió el uso de computadoras con el propósito de mejorar la comunicación y la educación. Se implantaron sistemas de agua potable que funcionan con luz solar logrando así disminuir los riesgos para la salud y, más aún, iluminando comunidades con alto riesgo por falta de electricidad. De igual modo, Dix (2005) indica en su artículo que el uso de la ciencia y la tecnología tienen el potencial de ayudar a crear un mundo más justo, pues la tecnología puede ser dirigida hacia la justicia social.

El gobierno en Puerto Rico puede beneficiarse de una manera significativa de los sistemas de energía renovable. Las instituciones educativas son lugares donde se consume mucha energía eléctrica aumentando así los gastos del estado. El Departamento de Educación, puede colaborar a mejorar el ambiente, pues los edificios sostenibles serán parte esencial en la lucha por detener el avance del calentamiento global (Brandt, 2007). Utilizarán aunque sea una parte de la electricidad proveniente de una fuente de energía que no produce CO₂. El sol es una fuente de energía 100% renovable que puede usarse para generar electricidad, proveer agua caliente, calentar y enfriar espacios, proveer iluminación a edificios sin contaminar el ambiente (Balat, 2006). Según Bosch & Pearce (2003), se ha demostrado que un diseño y construcción sostenible resulta en eficiencia en el consumo de energía y reducción de su costo.

Hipótesis

El plan modelo diseñado para establecer un sistema de celdas fotovoltaicas solares en una escuela pública puede resultar en beneficios económicos y educativos.

Meta

Diseñar un plan modelo para establecer un sistema de celdas fotovoltaicas solares en un plantel escolar que resulte beneficioso en términos económicos y educativos que sea acorde con sus necesidades e infraestructura.

Objetivos

- 1) Identificar y evaluar las características físico-espaciales del plantel escolar seleccionado para el estudio.
- 2) Elegir el modelo de celdas fotovoltaicas solares más beneficioso para la escuela.
- 3) Elaborar un plan modelo para el establecimiento del sistema de celdas fotovoltaicas solares en la escuela.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Trasfondo histórico

El primer tipo de energía que el hombre descubrió accidentalmente fue la de combustión proporcionada por el fuego. La utilizaba para calentarse del frío, cocinar los alimentos, alumbrarse y defenderse de los animales. Alrededor de dos siglos después de la Revolución Industrial (siglo XVII), aparece el motor de combustión interna. Este aprovecha la fuerza de la explosión producida por la combustión de una mezcla de aire y combustible líquido pulverizado, ya sea gasolina, “fuel oil” o combustóleo, entre otros derivados del petróleo. Dicho motor fue entonces aplicado a automóviles, embarcaciones, aviones y máquinas generadoras de electricidad. Aquí comienza ya a evidenciarse la dependencia del petróleo y otros combustibles fósiles para la generación de electricidad. No obstante, la explotación exhaustiva de las fuentes de combustibles: carbón y petróleo, está provocando su agotamiento. Ello obliga al hombre a buscar nuevos recursos. Este hecho, da a lugar a que a principios del siglo XX, Albert Einstein aportara en el descubrimiento de la energía atómica. La misma se utilizó para la Segunda Guerra Mundial con fines bélicos y luego para usos pacíficos que permitieron una verdadera revolución de tipo tecnológica e industrial. Pero, al igual que sucede con los combustibles fósiles, los átomos se consumen al generar energía por lo que escasean. Además, aportan de forma adversa a la contaminación ambiental y a la salud humana.

La historia energética en Puerto Rico se remonta a finales del siglo XIX y desde entonces se evidencia el uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad.

El explosivo crecimiento de la demanda por energía eléctrica impuso la creación de la primera corporación pública de Puerto Rico, La Autoridad de Fuentes Fluviales, creada en virtud de la Ley Número 83 del 2 de mayo de 1941.

Ya para el año 1946, se da inicio a la construcción de la torre de Monacillos desde donde se monitoreaba y controlaba tanto la producción como la distribución de la energía eléctrica en toda la Isla. De igual modo, en el 1950, se inaugura la Central Termoeléctrica de San Juan la cual marcó en Puerto Rico el inicio de la producción de electricidad a gran escala utilizando petróleo como base.

Para el 1963, la Autoridad de Fuentes Fluviales realizó sus primeros experimentos tendientes a diversificar las fuentes energéticas en la Isla. El pueblo de Rincón fue la sede para poner en función la primera Central Nuclear experimental de Hispanoamérica, la Central Bonus. De aquí en adelante, ya para la década del 70, la Autoridad experimentó su última expansión en su sistema generatriz. En 1974 se inauguró la Central Termoeléctrica de Aguirre, luego entraron en funcionamiento las unidades del Ciclo Combinado de Aguirre. Fue en ese momento que el petróleo y sus derivados constituían la fuente energética para la producción del 98% de la electricidad que consumía Puerto Rico y las fuentes de agua solo el 2%. Ya a finales de esta década, específicamente el día 30 de mayo de 1979, mediante la Ley Número 57 la Autoridad de Fuentes Fluviales cambió su nombre por el de la Autoridad de Energía Eléctrica. Este cambio fue debido a que ya las fuentes fluviales no constituyen la principal fuente energética para suplir la electricidad en la Isla.

Los combustibles fósiles, entiéndase petróleo, gas natural y carbón proveen el 95% de toda la energía comercial en el ámbito mundial. Los recursos renovables como la

energía solar, biomasa, hidroeléctrica entre otros, sólo proveen un 2.5% de las necesidades energéticas mundiales. Esta aseveración resulta un tanto impactante ya que la idea de utilizar el calor solar, por ejemplo, es muy antigua. Desde los siglos XVIII, XIX e inicios del XX se comenzó a experimentar con hornos solares, conversión de esta energía en otras formas para generar vapor, la creación de calentadores solares y dispositivos eléctricos, respectivamente. No obstante, los habitantes de los países ricos consumen cerca de 78% del gas natural, 65% del petróleo y 50% del carbón mineral producidos cada año en el mundo dejando atrás las fuentes de energía renovable.

Puerto Rico tiene un área de 8600 Km. cuadrados y contaba, para el año 2000, con unos 3.92 millones de habitantes. Su producción de energía se basa en un 98%, de petróleo y otros combustibles fósiles. Si comparamos el consumo de energía en diferentes lugares, observamos que en promedio una persona de Estados Unidos o Canadá usa alrededor de 300 millones de Joule (GJ) por año mientras que en un país pobre cada persona consume por lo general, menos de 1GJ por la misma cantidad de tiempo (Mawad, 2003).

Consumo energético de Puerto Rico

En Puerto Rico el consumo de energía per cápita era mucho menor que el de Estados Unidos, 91 millones de BTU (96 GJ) versus 347 millones BTU (366 GJ), respectivos (Mawad, 2003). De igual modo, cabe mencionar que el sector industrial en la Isla pagaba más por la electricidad que en Estados Unidos, aquí se pagaba un promedio de \$0.25 versus unos \$0.10 allá.

Las fuentes y patrones de energía utilizadas en Puerto Rico son clasificadas como no sostenibles pues utilizan un recurso no renovable, petróleo. Su uso constante y

desmedido provoca riesgo de cambio climático y el rápido agotamiento de sus reservas. Por otra parte, provocan tensión e inequidad entre las naciones (Geller, 2003). Las fuentes que no son sostenibles requieren de un proceso de combustión, en particular el petróleo, donde se liberan a la atmósfera diferentes gases. Los mismos provocan contaminación del aire ocasionando así daños irreparables en la salud de los humanos y hasta la mortalidad de estos (Rabl & Spadaro, 2000).

Las actividades relacionadas a la energía, provocadas por el humano equivalen a 85% de las emanaciones de bióxido de azufre (SO₂), 45% de materia particulada, 41% del plomo, 40% de los hidrocarburos y 20% de los óxidos de nitrógeno (NO_x) a la atmósfera (Geller, 2003), lo cual aumenta la probabilidad de desarrollar enfermedades crónicas como asma, alergias, entre otras.

Resulta evidente la necesidad de una revolución energética la cual enfatiza en una mayor eficiencia en el uso de energía y el aumento en el uso de energía solar, de viento y otras. Para lograr esta revolución, es necesario el desarrollo de políticas públicas que provean varios modelos y lecciones que sirvan de guía para futuras acciones en relación a cambios en los sistemas de energía, con el fin de alcanzar un futuro energético más sostenible.

La Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) es responsable de generar el 70% de la electricidad y es el único distribuidor; 2% de la electricidad proviene de represas hidroeléctricas. La demanda de energía eléctrica ha aumentado en un 3.5% anual durante los últimos años. A diferencia de Estados Unidos y otros países, Puerto Rico no cuenta con grandes ríos ni mucho menos con plantas nucleares para lograr generar la electricidad a un bajo costo. Según Alicea (2008), director de Planificación en la Autoridad de

Energía Eléctrica, en todas las jurisdicciones de Estados Unidos en que se ha privatizado la generación de electricidad se ha observado que el costo para la población es más alto. Por otra parte, Puerto Rico enfrenta un monopolio virtual del sistema eléctrico con alto costo de la electricidad, además de interrupciones y fluctuaciones en el servicio (Rodríguez, 2007). Como consecuencia afectan todos los aspectos de nuestras vidas.

Sin embargo, hay otras opiniones que dicen exactamente lo contrario. El alto costo de la electricidad en Puerto Rico se debe en buena parte a la compra a sobreprecio de electricidad producida por compañías privadas. Estas generan el 30% de toda la electricidad que se consume (A. Ruiz, Profesor de Física, CUH, com. pers.).

Una vez más queda demostrado cuán evidente es la necesidad de un cambio en nuestras fuentes de energía por unas fuentes renovables tales como el sol, el viento, la biomasa, y otras que puedan reducir de forma significativa los daños ambientales y ayudar a sostener la economía del país. Se espera que el precio del petróleo y sus derivados siga aumentando y de igual modo se proyecta que las reservas de combustible fósil vayan limitándose. El uso de energía renovable resultaría beneficioso ya que se proyecta sea una alternativa más viable en cuanto a costos (Rana, 2003). En términos de energía solar y el uso de celdas fotovoltaicas ya esto está siendo evidenciado. Por tal razón, las celdas fotovoltaicas solares están convirtiéndose en una de las opciones predilectas en cuanto al uso de energía limpia se refiere.

Marco Conceptual

En diciembre de 1997 se aprobó el Protocolo de Kyoto para impulsar que las políticas nacionales mitigaran o minimizaran el calentamiento global, requiriendo de las naciones industrializadas reducir las emanaciones de gases de invernadero dentro de un

determinado tiempo. Como consecuencia, los países comenzaron a mirar a los sistemas de energía que resulten menos contaminantes, entre ellos la energía solar.

Definición

Por definición, es la energía proveniente del Sol a la cual llamamos energía solar. Cabe mencionar que es la fuente más poderosa de que dispone nuestro planeta.

Beneficios

Entre sus beneficios se pueden mencionar el hecho de que constituye una fuente de energía inagotable y limpia. Puede ser utilizada para múltiples propósitos desde la generación de electricidad hasta la fabricación de dispositivos tecnológicos que funcionen con esta. Además, los sistemas solares utilizados como una fuente alterna de energía producen una serie de beneficios a saber: seguridad nacional, reducción de la contaminación, creación de empleos y el fortalecimiento de la economía de un país. Por otra parte, la energía solar, como antes mencionado, es una de las fuentes de energía más limpias que existen. Por consiguiente, no se consideran efectos adversos sobre el ambiente. No producen emisiones, ni ruidos o vibraciones y su impacto visual es reducido gracias a que por su disposición en módulos, pueden adaptarse a la morfología de los lugares en los que se instalan.

Impacto ambiental

El impacto ambiental de la energía fotovoltaica no puede considerarse nulo. Algunos de los problemas y los tipos de impactos ambientales que pueden influir de forma negativa en la percepción de las instalaciones fotovoltaicas por parte de la ciudadanía son los siguientes: la contaminación que produce el proceso productivo de los componentes, que depende de la tecnología utilizada, y la utilización del territorio.

Irradiación solar

Puerto Rico se encuentra en una localización estratégica donde se recibe luz solar durante todo el año. La radiación solar promedio que recibimos fluctúa entre 5.5 horas a 6.23 horas pico (Aponte, 2007). Para optimizar esta irradiación, Li & Lam (2007) establecen como requisito conocer la inclinación y orientación óptima de la superficie antes de realizar el diseño de cualquier sistema de conversión solar. Esta irradiación resulta ventajosa para el uso de la tecnología fotovoltaica ya que, según Durich et al. (2000), el funcionamiento de un sistema fotovoltaico es una función de radiación solar recibida, entre otras. Aunque la energía solar, o más bien el equipo, está sujeta a variaciones causadas por diferentes aspectos tales como: vapor de agua, polvo, ozono, bióxido de carbono y la inclinación de la tierra, sigue resultando ventajosa para el ambiente y la humanidad.

Ventajas

Es imprescindible mencionar entre sus ventajas que: a) no poseen partes removibles que dificulten su limpieza; b) mantenimiento reducido, sencillo y menos costoso que el de equipos de energía convencional; c) su tiempo útil es bien largo, pues pueden producir electricidad por 25 años ó más; d) son fáciles de instalar; e) su aplicación es universal; f) el voltaje emitido es bajo y seguro; g) no contaminan el ambiente; h) eliminan gastos en compra de combustibles, almacenamiento y transportación de este; i) la fuente principal de energía, el sol, es inagotable; j) permiten la obtención de energía de forma independiente; k) facilitan electricidad en cualquier lugar del mundo no importa cuán remoto sea.

Desventajas

Los sistemas o equipos solares también poseen sus desventajas, aunque resultan ser menos que las ventajas. Algunas de sus desventajas son: a) su costo inicial es alto comparado con los sistemas convencionales para producir energía; b) la radiación solar varía de acuerdo al clima y posición geográfica; c) sólo trabajan recibiendo luz solar de forma directa; d) falta de promoción y conocimiento de la tecnología en muchos individuos; e) necesidad de baterías las cuales aumentan el costo de los sistemas.

Terminología

Los sistemas fotovoltaicos solares envuelven una serie de terminología que es necesario comprender al momento de utilizarlos como fuente de energía alterna. Algunos de los conceptos relacionados con ello son los siguientes: a) *corriente alterna (CA)* es aquella que cambia la dirección de su flujo 60 veces por segundo; b) *corriente directa (CD)* es electricidad que viaja solamente en una dirección; c) *invertidor* es un dispositivo electrónico que convierte el bajo voltaje de la CD que puede almacenarse en baterías en una CA de 120 voltios; d) *módulo o panel fotovoltaico* es una placa semiconductor que convierte los rayos del sol recibidos en energía eléctrica; y e) *baterías* son las responsables de regular el voltaje del sistema y almacenar la energía.

Estudio de Caso: El Proyecto Chalaco: Electrificación de Escuelas Públicas Rurales de Chalaco mediante Energía Solar Fotovoltaica.

Como estudio de caso presentamos un proyecto realizado en Perú para el año 2005, el cual lleva como nombre: El Proyecto Chalaco: Electrificación de Escuelas Públicas Rurales de Chalaco mediante Energía Solar Fotovoltaica (Organizaciones No Gubernamentales para el Desarrollo; Gobierno de Navarra, 2005). Chalaco es un distrito

rural de la Sierra Andina en Perú conocida como Piura. Dicho lugar cuenta con unos recursos naturales que dan abasto para la autosuficiencia de los habitantes. Es un ecosistema frágil y los habitantes poseen una escasa formación técnica lo que los sitúa como una comunidad bien pobre o de pobreza extrema.

El gobierno de Navarra (España), a través de sus Organizaciones No Gubernamentales para el Desarrollo que en conjunto son llamadas ONGD Navarra ProPerú, en colaboración con el municipio de Chalaco, la Universidad de Piura (UDEP) y la organización Energía sin Fronteras se han dado a la tarea de reforzar los aspectos relacionados a la producción, salud, participación pública y educación. Para ello, elaboraron un Plan Estratégico de Desarrollo 2004-2015.

ProPerú identificó la necesidad de electrificar las escuelas públicas rurales, de la municipalidad antes mencionada, mediante energía solar fotovoltaica. Este proyecto incluye la visión de que cada pueblo debe ser el actor principal de su desarrollo, y que la herramienta clave para que cada uno llegue a ello es la educación. A su vez, el proyecto posee su objetivo específico que consiste en mejorar la calidad de la educación pública, cosa que se persigue también con esta investigación. Por consiguiente, pretenden incorporar al método educativo de las escuelas rurales el uso de medios audiovisuales a los cuales suministran energía con sistemas fotovoltaicos instalados en cada una de las veinte escuelas escogidas.

Estas escuelas fueron seleccionadas con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica que utiliza la UDEP, donde se muestra mediante un mapa el recorrido de la línea de electricidad que atraviesa el distrito y los puntos de baja tensión, así como el trazado de la extensión de la red que el gobierno planifica. De igual modo, incluye los

centros escolares en función, edad de alumnos, los caminos rurales para acceder a cada escuela y de este modo poder instalar la tecnología. El sistema fotovoltaico instalado tiene capacidad para alimentar la totalidad de las cargas por un tiempo de más de tres horas diarias. Se supone que habrá un exceso de energía disponible que en el futuro puede tener otros usos como ya se hace en otros centros de lugares más importantes en la zona.

Para lograr el objetivo de electrificar estas escuelas, el proyecto contó con la donación de entidades privadas, así como la aportación de beneficiarios y del sector político cubriéndose de esta manera su costo total de \$110,000. Es aquí donde ProPerú demuestra el éxito obtenido, pues logra la aportación de los tres pilares de la sociedad que aseguran su sostenibilidad: la comunidad afectada, el gobierno local y la empresa privada.

Marco legal

En la siguiente sección presentamos varias leyes y reglamentos estatales, así como otros estatutos con el propósito de fundamentar el planteamiento de nuestro estudio. Las mismas indican con claridad la necesidad de transformar nuestro sistema de energía en uno que impulse el desarrollo sostenible.

Ley Número 83 de 2 de mayo de 1941 (Ley de la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico, según enmendada, 22 LPRA 196 (1941))

Con esta ley se creó la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (AEE). La misma se crea con el fin de conservar, desarrollar y utilizar las llamadas fuentes fluviales y de energía en la Isla, con viabilidad económica. Bajo esta ley se le confiere a la AEE lo siguiente: formular, adoptar, enmendar y derogar estatutos y reglamentos para regir las normas de sus negocios en general y ejercitar y desempeñar los poderes y deberes que,

por ley, se le conceden e imponen; así como, con miras a garantizar la seguridad de los ciudadanos o la propiedad, reglamentar el uso y disfrute de sus propiedades y de aquellas otras bajo su administración; el uso y consumo de la energía eléctrica; la intervención con y manipulación de equipos, empresas, facilidades, aparatos, instrumentos, alambres, contadores, transformadores y objetos de cualesquiera naturaleza análoga propiedad de la Autoridad de Energía Eléctrica que se utilicen en relación con la producción, transmisión, distribución y uso y consumo de energía eléctrica producida por dicha Autoridad. Los reglamentos, así adoptados, tendrán fuerza de ley, una vez se cumpla con las disposiciones de las secciones 2101 y las siguientes del Título 3. Toda persona, natural o jurídica, que viole o induzca a que se viole cualquier disposición de un reglamento promulgado conforme aquí se provee, incurrirá en delito menos grave, y convicta que fuere, se le impondrá multa no menor de veinticinco dólares ni mayor de cien o cárcel por un término no menor de un mes ni mayor de tres meses o ambas penas, a discreción del tribunal.

Ley Número 128 de 29 de junio de 1977 (Ley de la Oficina de Energía hoy Administración de Asuntos de Energía)

Creó el Comité Asesor Sobre Energía. Estableció política pública sobre energía en el Estado Libre Asociado. Su misión era contribuir al desarrollo de la política pública sobre energía, así como asesorar en la búsqueda de soluciones y estrategias al problema de energía en Puerto Rico. Sirve además, para autorizar al Gobernador a tomar decisiones y medidas necesarias para mantener la salud del pueblo de Puerto Rico en casos de emergencia.

Ley Número 9 de 18 de junio de 1970 (Ley sobre Política Pública Ambiental)

Surge para atender de modo integral los asuntos concretos que se plantean en el país en relación a la administración del ambiente. Enfatiza lo siguiente: “Será la política pública del Estado Libre Asociado la más eficaz y conservación de sus recursos naturales, así como el mayor aprovechamiento de los mismos para el beneficio general de la comunidad.”

Ley Número 267 de 10 de septiembre de 2004 (Ley sobre Política Pública de Crecimiento Sostenible)

Los fines de esta Ley son el establecimiento de una política pública que fomente el logro de una deseable y conveniente calidad de vida para los puertorriqueños; el fomentar la armonización de las políticas, programas y actividades gubernamentales relacionadas con los aspectos sociales, económicos y ambientales, entre otros; dirigir a Puerto Rico hacia el logro de su crecimiento sostenible y el establecimiento de la Comisión de Crecimiento Sostenible de Puerto Rico.

3a LPRA VI (1993) (Ley de Administración de Asuntos de Energía)

Crea la Administración de Asuntos de Energía (AAE) en el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) y transfiere aquí la Oficina de Energía. Se transfieren las funciones del DACO al DRNA junto con fondos y asignaciones disponibles. También, se faculta al Secretario de DRNA a evaluar, considerar, aprobar o no cualquier intento de aumentar la generación de energía eléctrica en Puerto Rico en más de 1MW megavatio). Para ello, se tomará como base de referencia la política pública energética.

1996 LPR 124 (Ley de la Autoridad de Energía Eléctrica)

Exime del pago de derechos y aranceles solicitados por el Registro de la Propiedad, a aquellas entidades que desarrollen en la Isla plantas cogeneradoras o pequeños productores de electricidad, conforme a la Ley Federal de 1978 conocida como: “Public Utilities Regulatory Policies Act” (PURPA). El establecimiento de dichos proyectos de cogeneración representan una economía directa al Pueblo de Puerto Rico, el cual vendría obligado a pagar en sus tarifas de consumo eléctrico los altos costos de construcción que conllevaría el que la Autoridad tuviera que invertir alrededor de seiscientos veinte millones de dólares (\$620,000,000), para construir por sí dichos proyectos. Al presente, las entidades cogeneradoras privadas absorben los riesgos de construcción y operación de dichas plantas, lo que representa grandes economías en el desarrollo de nueva infraestructura al servicio de Puerto Rico.

Para viabilizar el establecimiento de dichos proyectos, entendemos necesario adoptar esta medida, dirigida a eximir el pago de derechos o aranceles en el otorgamiento de instrumentos públicos y su inscripción en el Registro de la Propiedad, relacionado en forma alguna con cualquier planta de cogeneración o de un pequeño productor de energía, siempre que se evidencie que dicha exención redunde en beneficio de los consumidores. Dicha exención, además, es cónsona con la exoneración que sobre dichos costos se le concede a la Autoridad de Energía Eléctrica en su Ley Orgánica, Ley Núm. 83 de 2 de mayo de 1941, según enmendada.

97 LPR 30 (Ley de Conservación Energética)

Esta ley ordena a que varias agencias establezcan una política pública para la compra de equipos bien eficientes en cuanto a uso de energía. Esta ley comprende nueve secciones que indican lo siguiente:

a) Sección 1. -Se ordena a la Administración de Asuntos de Energía del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales que revise, junto a la Administración de Servicios Generales, la reglamentación vigente relacionada a la conservación de energía. El propósito es establecer una política pública preferencial de compras de equipos y enseres de alta eficiencia energética.

b) Sección 2. -La reglamentación revisada aplicará a toda agencia, dependencia, organismo, oficina, departamento, municipio u otra subdivisión política del Gobierno de Puerto Rico como Telefónica de Puerto Rico, Autoridad de Energía Eléctrica, Autoridad de Acueductos y Alcantarillados. Toda otra corporación pública, incluyendo la Oficina del Contralor, independientemente de que esté sujeta a, o excluida de las disposiciones de la Ley Núm. 164 de 23 de julio de 1974, según enmendada, conocida como "*Ley de la Administración de Servicios Generales.*"

c) Sección 3. -Las agencias, municipios u otras dependencias del Gobierno de Puerto Rico excluidas de las disposiciones de la Ley Núm. 164 de 23 de julio de 1974, según enmendada, o que posean sus propios reglamentos de compra, adoptarán dentro de los mismos, como guía básica, las normas de eficiencia energética y uso de fuentes renovables estipuladas en la reglamentación a ser revisada. Eso no impide que dichos reglamentos se elaboren o amplíen.

d) Sección 4. - La Autoridad de Energía Eléctrica brindará su apoyo técnico al proceso de revisión.

e) Sección 5. - La reglamentación deberá ser revisada en o antes de seis meses a partir de la aprobación de esta Ley.

f) Sección 6. - La Administración de Asuntos de Energía y la Administración de Servicios Generales rendirán un informe de progreso cada dos años a la Asamblea Legislativa. Dicho informe versará sobre los siguientes temas, entre otros:

- Los ahorros energéticos generados por la medida.
- El costo-beneficio económico de las normas y medidas al amparo de este Proyecto de Ley.
- Dificultades confrontadas en la implantación de la medida.
- Recomendaciones en torno de la medida.

g) Sección 7.-En los casos en que las disposiciones de esta Ley estén en pugna con las disposiciones de cualquier otra Ley vigente, prevalecerán las disposiciones de esta Ley.

h) Sección 8.-Las disposiciones de esta Ley son independientes las unas de las otras, y si cualquiera de sus disposiciones fuere declarada inconstitucional por cualquier corte con la jurisdicción y competencia, la decisión de dicha corte no afectará o invalidará ninguna de las disposiciones restantes, salvo que la decisión de la corte así lo manifieste expresamente.

i) Sección 9.-Esta Ley comenzará a regir inmediatamente después de su aprobación.

2004 LPR 416 (Ley sobre Política Pública Ambiental)

Crea la Política Pública Ambiental y el desarrollo de energía renovable. Surge con la necesidad de actualizar las disposiciones de la Ley de Política Pública Ambiental ya que era necesario adaptarlas a nuestra realidad. Pretende lograr que los aspectos ambientales sean integrados y tomados en consideración en todo esfuerzo gubernamental. Con ello, se logra satisfacer las necesidades sociales y económicas de las generaciones actuales y futuras. Los fines de esta Ley son los siguientes:

- a) Establecer una política pública que estimule una deseable y conveniente armonía entre el ser humano y su medio ambiente.
- b) Fomentar los esfuerzos que impedirían o eliminarían daños al ambiente y la biosfera, así como estimular la salud y el bienestar del ser humano.
- c) Enriquecer la comprensión de los sistemas ecológicos y fuentes naturales importantes para Puerto Rico.
- d) Establecer una Junta de Calidad Ambiental.

2004 LPR 325 (Ley para el Desarrollo de Energía Renovable)

Surge por la necesidad de crear ley para el desarrollo de la energía renovable, aprovechar fuentes de energía limpia e inagotable y proveer exención de pago de contribuciones sobre equipo y maquinaria a entidades que la utilicen. Este proyecto propone lo siguiente:

- (a) Estimular el desarrollo de energías renovables y aprovechar, las fuentes energéticas limpias e inagotables.

(b) Asegurar la exención sobre impuestos de propiedad mueble, al equipo de capacitación, acumulación, generación, distribución y aplicación, de energía renovable para uso local; ya sea comercial, industrial y doméstico.

(c) Propiciar incentivos fiscales, como las deducciones, créditos o ambos; para el desarrollo, la fabricación y el mercadeo de equipos de energías renovables.

2006 LPR 145 (Ley de Municipios Autónomos; Enmienda Artículo 17.001)

Surge para enmendar la Ley de Municipios Autónomos para que establezcan alianzas con el fin de utilizar energía renovable para la generación de electricidad. Los municipios deben contemplar establecer alianzas estratégicas con el sector privado para aprovechar la oportunidad que representan los desarrollos que se están dando en la generación de electricidad por medio de fuentes renovables de energía. De esta manera los municipios pueden de forma creativa atender sus necesidades energéticas ofreciendo alternativas que conduzcan a reducir los costos operacionales del Gobierno Municipal y de sus habitantes.

Ley Número 248 del 10 de agosto de 2008 (Código de Rentas Internas; Enmienda)

Esta Ley concede unos créditos contributivos por la compra e instalación de equipo solar eléctrico en la residencia principal del contribuyente de un 75% del costo durante los primeros dos años de su vigencia. Posterior a esto, el crédito se reducirá a un 50% del costo durante el tercer y cuarto año. Finalmente, del quinto en adelante el crédito será de un 25%. En el caso de ser un negocio y no una residencia, el crédito funcionará en los mismos por cientos y términos.

Por cada año fiscal el Estado Libre Asociado de Puerto Rico tendrá un total de \$5 millones para distribuir al amparo de esta Ley en el caso de individuos. Sin embargo, en el caso de un comercio el monto será de \$15 millones, unos diez más que el anterior.

“Public Utility Regulatory Policy Act” (1978) PURPA

La Ley Federal, conocida como *Public Utility Regulatory Policies Act of 1978 (PURPA)*, obliga a las compañías de electricidad, en nuestro caso, a la Autoridad de Energía Eléctrica, a comprar energía que produzcan otras entidades a un costo que evita incurrir la compañía de electricidad por razón de no tener que producir la misma (*avoided cost rate*). Este precio puede resultar favorable para la entidad cogeneradora y promueve el uso de otras fuentes distintas al petróleo para producir energía.

El Congreso de Estados Unidos la creó para reducir la dependencia de combustibles provenientes del extranjero y promover el desarrollo de fuentes alternas de energía eficiente. Resulta ser una iniciativa muy eficaz para que la nación comience a establecer proyectos de energía renovable.

“Energy Policy Act” (2005)

Es un estatuto creado por el congreso de los Estados Unidos el día 29 de julio de 2005 y firmado como ley el 8 de agosto de 2005 por el presidente estadounidense George W. Bush en Sandia National Laboratories, New México. El acta es un intento por combatir el aumento en los problemas energéticos, por cambiar la política de energía de Estados Unidos proveyendo incentivos sobre impuestos y garantías de préstamos para la producción diversa de energía.

“Clean Energy Act” (CAA 42 U.S.C.A. §§ 7401 et seq.)

Esta ley comprende lo siguiente:

§ 7402 – Promueve la cooperación de departamentos federales, estados y gobierno local para la prevención y el control de la contaminación del aire.

§ 7403 – EPA exige establecer programas nacionales de desarrollo e investigación con el fin de prevenir y controlar la contaminación del aire.

§ 7405 - EPA puede hacer préstamos para agencias que controlan la calidad del aire.

§7412 – Facilidades que reduzcan sus emanaciones de tóxicos en el aire por 90-95% pueden cualificar para permisos de renuncia.

§7414 - 7418 - EPA debe establecer un mantenimiento de récord, inspecciones y monitoreos de todas las facilidades que emitan contaminantes al aire.

§Subtítulo I, Parte C Sección 7470-7479- Prevención de deterioro significativo de la calidad del aire establecida en un plan que incluya límites de emanaciones para proteger el bienestar público y del ambiente.

“Pollution Prevention Act” de 1990 (41 U.S.C.A. §§ 13101-13109)

Establece la política nacional que indica que la contaminación debe prevenirse o reducirse en la fuente generadora. Esta prevención va dirigida a proteger los recursos agua, suelo y aire.

La importancia de esta estriba en los beneficios económicos que se obtienen ya que si no se producen contaminantes, no hay necesidad de invertir grandes cantidades de dinero en el manejo o limpieza de los desperdicios que contaminan el ambiente.

Órdenes ejecutivas aplicables:

1993 OE 57

Declara como política pública el uso futuro más eficiente de la energía, más económico y sostenible en términos ambientales, así como menos vulnerable. También, ordena al DRNA facilitar la participación pública en la preparación del Plan correspondiente.

2007 OE 41

Para promover la construcción y uso de edificios ecológicamente sostenibles. Se alcanzará mediante la aplicación costo-efectiva del “Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System” (LEED) del United status Green Building Council. Este evalúa los edificios y los certifica como sostenibles en diferentes renglones que van desde energéticamente eficientes hasta consumo de agua, entre otros.

Otros Estatutos:

A continuación, presentamos algunos Proyectos de Ley Radicados, de la Cámara (P de la C) y del Senado (P del S), que ayudarían al justificar al establecimiento de sistemas fotovoltaicos en Puerto Rico.

P de la C 4238

La Asociación de Consultores y Contratistas de Energía Renovable de Puerto Rico, endosan que se aumente el tope de capacidad generatriz de energía eléctrica de 1 MW (megavatio) a 10. Esto tiene como objetivo incentivar el establecimiento de sistemas de energía renovable a grandes escalas como en comercios e industrias. Sería de beneficio ya que puede resultar en incentivos para disminuir los costos operacionales.

P del S 1210 y P de la C 2240

Enmiendas a la Sección 1023 (aa) 2H e (I) del Subtítulo A de la Ley #120 del 31 de octubre de 1994. Estas enmiendas están relacionadas a deducciones al ingreso bruto donde dice que al computarse el ingreso neto se admitirán como deducciones lo siguiente:

- a) deducciones por los intereses pagados o incurridos en préstamos para la compra e instalación de equipo solar eléctrico en hogares.

P del S 1211 y P de la C 2248

Para adoptar la “Ley sobre Normas y Especificaciones de Equipo Solar Eléctrico y Molinos de Viento.” El propósito es establecer los requisitos mínimos de eficiencia que deban cumplir los equipos solares y de viento a fabricarse, venderse y distribuirse comercialmente en Puerto Rico. También los requisitos y calificaciones mínimas que deba cumplir el instalador.

Este proyecto fue comentado por doctores en ingeniería del Colegio Universitario de Mayagüez ya que entendían carecía de información relevante a estos equipos de energía renovable.

P del S 1213 y P de la C 2246

Para añadir un inciso (p) al Artículo 3 de la Ley Número 22 de 24 de julio de 1985 mejor conocida como Ley del Banco de Desarrollo Económico para Puerto Rico. Aquí se ordena al Banco a gestionar con prioridad la consideración de préstamos que soliciten pequeñas y medianas empresas para la manufactura, venta e instalación de equipo solar o de viento para generar electricidad de fuentes de energía renovable.

P de la C 3305

Enmienda la Ley de Política Pública para que la Junta de Calidad Ambiental (JCA) promueva y desarrolle el uso de energía alternativa. La Asamblea Legislativa entiende pertinente facultar a la Junta de Calidad Ambiental para que establezca, urgentemente, una política pública que promueva el desarrollo de fuentes alternas de energía que mejoren la calidad de vida de los puertorriqueños. De esta forma, disminuyen los riesgos de salud asociados a la contaminación y de vez se beneficia el sector económico por la merma en el uso de petróleo y, más aún, se protege el ambiente.

P de la C 3306

Impulsa que la AAE, parte del DRNA, a que sea más efectiva al establecer la política pública energética de Puerto Rico. Le exige a que esté fundamentada sobre lo siguiente:

- (a) Asegurar al país la disponibilidad de abastos energéticos en todo momento.
- (b) Obtener para la sociedad los costos más bajos posibles para la energía.
- (c) Disminuir los efectos no favorables que puedan tener sobre el país los problemas de mercadeo o de política energética internacional.
- (d) Armonizar los factores de índole ambiental así como la generación y utilización de energía, a tono con las disposiciones de la Ley sobre Política Pública Ambiental.
- (e) Promover el estudio, desarrollo y puesta en vigor de iniciativas que maximicen el uso de fuentes alternas de energía.

(f) Minimizar desigualdades o injusticias que puedan surgir como consecuencia de factores económicos o regionales en términos de los costos y disponibilidad de fuentes energéticas.

(g) Ser un instrumento de planificación estratégico que integre todos los sectores económicos, ambientales, sociales, entre otros, que permita elevar la calidad de vida de los ciudadanos.

(h) Ser una que integre y esté en armonía con otras políticas públicas establecidas por otras dependencias gubernamentales como la Junta de Planificación, la Junta de Calidad Ambiental, entre otras, que pudieran incidir con ella.

Análisis legal

Cada una de las leyes antes mencionadas incide de una manera u otra en el proyecto de investigación propuesto. Todas ellas comparten un factor en común, la otorgación de créditos contributivos a individuos, comercios, municipios, otros que inviertan en la compra de equipos de energía renovable. Entendemos que dicho aspecto es muy relevante ya que promueve o estimula el uso de otro tipo de fuente energética que resulte limpia, inagotable y mucho más económica con el pasar de los años. De igual modo, apoya el progreso del crecimiento sostenible en el país.

La Ley Número 248 del 10 de agosto de 2008 busca, sobre todo, fomentar el uso de equipo solar tecnológico en residencias así como en industrias, comercios y otros. Consideramos es una excelente ley, pues resulta ser un incentivo eficiente ya que si es aprovechado durante los primeros años de vigencia de la Ley, se pueden lograr créditos

contributivos de hasta 75% del costo total de estos. Ello hace totalmente viable la compra e instalación de equipos solares en Puerto Rico.

La 2006 LPR 145 por ejemplo, es una enmienda a la Ley de Municipios Autónomos que los incita a establecer alianzas estratégicas con el sector privado con el fin de aprovechar las oportunidades que representan los desarrollos en la generación de electricidad por medio de fuentes renovables. En su particular, este estatuto está estrechamente relacionado con uno de los objetivos del plan modelo sugerido en esta investigación. Se trata del primer objetivo donde se establece la coordinación del financiamiento con los sectores privado, público y comunidad. Siendo el primero de ellos el responsable de asumir el mayor costo del proyecto, los materiales. Además, se hace énfasis en que se fomenten fuertes lazos entre los sectores involucrados con el fin de agilizar o facilitar la iniciativa y desarrollo de proyectos como estos.

El uso de la tecnología propuesta en esta investigación va a la par con los requerimientos de la ley federal conocida como “Prevention Pollution Act” del 1990. En ella se establece que la contaminación debe prevenirse en su fuente. Por consiguiente, una de las ventajas más importantes del uso de las celdas fotovoltaicas solares redunda en la nula producción de desperdicios o contaminantes hacia la atmósfera. Es una fuente de energía limpia con ningún impacto o efecto adverso en la naturaleza. Otra de las leyes federales con inherencia en este asunto es la “Clean Energy Act.” Esta ley promueve la cooperación de parte de los departamentos federales, estados y gobiernos locales para lograr alcanzar la eliminación de contaminantes en el aire. Aquí vemos la relevancia de involucrar a todos los sectores, incluyendo el municipio, en la lucha por la conservación de nuestro planeta. Además, la Ley de Energía Limpia faculta a la Agencia de Protección

Ambiental (EPA) a exigir que se desarrollen programas e investigaciones a nivel nacional que propicien la conservación de la calidad del aire. Es en esta sección 7403 que el proyecto propuesto en esta investigación resulta pertinente.

Por último, es interesante saber que existen leyes que establecen se diversifiquen las fuentes de energía para la generación de electricidad, pero sin embargo no obliga a las entidades a llevar a cabo lo propuesto. Es entonces donde se manifiesta el monopolio que ejerce la AEE en Puerto Rico sobre la producción de energía mediante el uso de combustibles fósiles, en especial el petróleo. No permite que otras alternativas puedan ser consideradas con el fin de beneficiar económica y ambientalmente al país. Como consecuencia, es hora de comenzar a utilizar proyectos como los propuestos en este estudio para minimizar los efectos de esta situación sobre los ciudadanos y el ambiente. De esta forma asegurar la dirección de la política energética existente hacia el crecimiento sostenible, pues la fuente de energía utilizada por un pueblo habla mucho sobre este.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Con el presente estudio, desarrollamos un plan modelo para establecer un sistema de celdas fotovoltaicas solares en una escuela pública que vaya acorde con sus necesidades e infraestructura. Hicimos la selección de esta institución escolar, escuela elemental Francisco Sustache, por su estratégica localización pues se encuentra en el tope de una montaña donde la vegetación alrededor no obstaculiza la irradiación solar; la totalidad de su techo queda al descubierto. Según Muneer et al. (2006) la eficiencia y viabilidad energética, económica y ambiental de producir electricidad a partir de la energía solar resulta más efectiva en localidades con altas latitudes. Además, es una escuela pequeña lo que reduce los gastos en materiales y equipo necesarios para la instalación del sistema, ver Apéndices 1 y 2. De este modo, lograremos contribuir con el crecimiento sostenible del país convirtiendo nuestras escuelas en edificios sostenibles en términos energéticos.

Área de estudio

La escuela elemental Francisco Sustache está localizada en el barrio Camino Nuevo sector El Guano en Yabucoa. La carretera para llegar a ésta es la 901 Km. 8.4. La zona donde está ubicada es rural, su longitud es 18°01'34.11" N y su latitud es 65°50'50.16"O con una elevación de 144 metros (m) sobre el nivel del mar.

Objetivo 1: Identificar y evaluar las características físico-espaciales del plantel escolar.

Para trabajar este objetivo hicimos lo siguiente:

Dialogamos con la Sra. Carmen Rivera de la Secretaría Auxiliar de Planificación y Desarrollo Educativo del Departamento de Educación para recibir orientación sobre la hoja de consentimiento (Apéndice 3) que hay que completar cuando se utilizan escuelas como centros de investigación.

Informamos a la Región Educativa de Maunabo mediante carta dirigida al Sr. José Cruz quien es el Superintendente Escolar (Apéndice 4) sobre el proyecto y lo que se estaría realizando en el plantel escolar. Estas incluyen visitas, entrevistas con el personal, toma de medidas, otras.

Conseguimos una foto aérea del plantel escolar haciendo uso del programa de Internet Google Earth con el propósito de tener mayor idea de la localización, área de superficie y forma de la estructura.

Coordinamos con el conserje escolar una cita para que nos facilitara la entrada a la escuela con el fin de que el arquitecto observara de cerca la estructura y determinara si era viable el proyecto.

Hicimos un estudio de campo para identificar las características de la infraestructura entre ellas: la superficie y sostén del techo para ver si era viable la instalación del sistema. Evaluamos si contaba con un espacio protegido (bajo techo) donde se pudiera instalar el banco de baterías (de ser necesario), invertidores y el interruptor de transferencia.

Tomamos las medidas de la escuela, con ayuda de un arquitecto, para realizar un croquis de la misma con el fin de identificar dónde se colocaría las fotoceldas y demás componentes mencionados.

Objetivo 2: Elegir el modelo de celdas fotovoltaicas solares más beneficioso para la escuela desde el punto de vista económico.

Realizamos llamada y enviamos carta al Departamento de Educación para que nos orientaran sobre cómo conseguir información del consumo energético de la escuela elemental Francisco Sustache de Yabucoa.

Solicitamos al Departamento de Educación, específicamente al Sr. José O. Berdecía Secretario Auxiliar de la Oficina de Servicios Auxiliares, (Apéndice 5) información sobre el consumo energético de la institución durante un periodo de un año (Tabla 1).

Calculamos el consumo energético diario de la escuela para determinar las cantidades y “watts” requeridos para que el sistema funcione adecuadamente. Para hallar este cálculo, utilizamos la siguiente ecuación: $\text{kWh/día} = \sum \text{kW en un año} \div 365 \text{ días}$. Este resultado kWh/día, lo volvemos a dividir entre las horas promedio de irradiación solar en Puerto Rico que son unas 5.5. De aquí se obtuvo el tamaño, en kW, del sistema solar requerido para la escuela.

Visitamos un hogar que supe su necesidad energética con energía renovable para ver su funcionamiento, el equipo utilizado y orientarnos en cuanto a costos, beneficios, ventajas y desventajas de estos sistemas.

Nos comunicamos con varias entidades de Puerto Rico y del extranjero para que nos orientaran y enviaran cotizaciones sobre la cantidad de módulos necesarios y los “watts” requeridos para suplir la necesidad energética de la escuela.

Analizamos beneficios económicos y otros de las opciones ofrecidas en el mercado. Comparamos los beneficios de las opciones ofrecidas por cada entidad.

Elegimos el modelo que resultó con mayores beneficios al ambiente, la escuela, los habitantes del sector y con respecto a otros aspectos tales como su eficiencia, tiempo útil, mantenimiento y que a su vez requiriera el menor costo de inversión inicial.

Objetivo 3: Elaborar un plan modelo para el establecimiento del sistema de celdas fotovoltaicas solares en la escuela.

Una vez adquirida toda la información anterior, nos dedicamos a desarrollar el plan de acción para establecer el sistema de celdas fotovoltaicas en la escuela.

Dialogamos con la Directora Escolar, facultad y padres de la escuela Francisco Sustache para explicarles en qué consiste el plan, cómo se implantará y recibir su sentir hacia el mismo.

Dialogamos con la entidad privada, Shell Chemicals Yabucoa, a la cual explicamos el proyecto y solicitamos la donación del equipo necesario para la instalación del sistema solar.

Dialogamos con funcionarios del municipio, Directora de Oficina de Servicios Educativos, con el fin de explicarles el proyecto y solicitamos su cooperación haciéndose cargo del transporte, almacenaje y gastos que conlleve dicha acción.

Solicitamos información sobre costos de seguros contra huracanes, terremotos y vandalismo a estos equipos con diferentes aseguradoras en Puerto Rico.

Desarrollamos unas estrategias para establecer el plan tomando en consideración aspectos tales como: personas que instalarán el sistema, adiestramiento de empleados de la escuela, mantenimiento del equipo y financiamiento del sistema, entre otros.

Asignamos para cada estrategia la entidad responsable, el costo aproximado para llevarla a cabo, el periodo que tomará implantar dicha estrategia y los resultados esperados con la misma.

Solicitamos orientación al Departamento del Trabajo y Recursos Humanos para conocer sobre el proceso de exponer convocatorias para un determinado trabajo. Cuánto tiempo aproximado se toma en seleccionar al candidato y qué gastos si alguno incluye realizar la misma.

Consultamos a un especialista en Currículo y Enseñanza para orientarnos sobre el proceso de modificar un currículo de una materia. Si se incurre en gastos y cuáles, el tiempo aproximado para lograrlo, de igual modo si entiende viable incluir el tema de la energía solar en el currículo de ciencia de una escuela que cuente con un sistema de celdas fotovoltaicas.

Realizamos un análisis de los datos y llegamos a conclusiones con respuesta a si nuestro plan es un modelo que conlleva beneficios económicos y es apropiado para la escuela.

Sugerimos algunas recomendaciones para futuros estudios relacionados al tema con el propósito de fomentar la investigación en un área que promete un futuro sostenible.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, presentamos los resultados de las tareas que propusimos realizar en el Capítulo 3 con el fin de alcanzar la meta de diseñar un plan modelo para establecer un sistema de celdas fotovoltaicas solares, en un plantel escolar, que resulte beneficioso en términos económicos y vaya acorde con sus necesidades e infraestructura. Los objetivos eran: (1) Identificar y evaluar las características físico-espaciales del plantel escolar; (2) Elegir el modelo de celdas fotovoltaicas solares más beneficioso para la escuela; (3) Elaborar un plan modelo para el establecimiento del sistema de celdas fotovoltaicas solares en la escuela.

Objetivo 1: Identificar y evaluar las características físico-espaciales del plantel escolar.

Recibimos orientación sobre la hoja de consentimiento que se debe completar al utilizar las escuelas como centros de investigación. Es deber de la persona que realice este tipo de estudio, facilitar al Departamento de Educación copia del trabajo investigativo. Obtuvimos la autorización de la Directora y Superintendente Escolar para visitar la escuela Francisco Sustache.

La foto área del plantel escolar conseguida a través de Google Earth fue utilizada para trabajar la construcción del croquis y facilitó además información de la longitud, latitud y altura de la escuela.

El conserje escolar facilitó la entrada al plantel en varias ocasiones para permitir que el arquitecto realizara medidas de cada salón y observara de cerca la estructura.

Observamos que la infraestructura era apropiada para realizar dicho proyecto, con cuántos salones contaba y que el lugar era propicio para captar suficiente luz solar. Se observó también el tipo de contador que utiliza. Las primeras visitas se realizaron con la colaboración del Dr. Abraham Ruiz, Profesor de Física en el Colegio Universitario de Humacao, encargado del proyecto del carro solar que dio la vuelta a la isla. Los hallazgos fueron muy positivos ya que se determinó que la infraestructura podía sostener el sistema fotovoltaico ya que es construida en lo que conocemos como cemento armado. Por otra parte, la escuela se encuentra en un punto estratégico en cuanto a la captación de luz solar ya que se ubica en una loma alta con ningún árbol u obstáculo cerca de su techo que pueda opacar la entrada de la luz y además, es un sector costero.

Tomamos las medidas del plantel escolar con la ayuda de Omar Torres quien se desempeña como arquitecto (AIT) en la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras. Con las medidas de cada salón en la escuela construimos el croquis que representó la estructura y diseño de la misma (Figura 1). Las medidas fueron las siguientes, tomadas en unidades de pies cuadrados: Kindergarten (1,500); Sala de Facultad (176); Oficina de Directora (375); Salón #1 (837); Salón #2, que incluye 3 espacios, (3,072); Comedor (1,740) y Salón #3 con baño (1,200) para un total de 8,900 que son equivalentes a un área de 801 metros cuadrados.

Objetivo 2: Elegir el modelo de celdas fotovoltaicas solares más beneficioso en términos económicos y de eficiencia energética para la escuela.

Obtuvimos de la Oficina de Secretaría Auxiliar del Departamento de Educación una tabla informativa sobre las transacciones de la Autoridad de Energía Eléctrica por escuela, en este caso la Francisco Sustache en Yabucoa, durante un periodo de dos años.

Con la información obtenida de las transacciones de Autoridad de Energía Eléctrica y con ayuda del mentor y del ingeniero Jaime Negrón de Energ Tech (Energy Engineering Technologies, Inc.) calculamos los kW necesarios para suplir la necesidad energética del plantel escolar. Estos resultaron ser unos 10 kW.

Cabe señalar que existen dos tipos de sistemas solares eléctricos. Estos son: 1) conectado a la red de la Autoridad de Energía Eléctrica (“On grid”), y 2) no conectado a la red (“Off grid”). El primero se divide en dos: “Basic grid-tie” (básico conectado a la red), y el “grid-tie with battery back-up” (conectado a la red con banco de baterías).

Luego de investigar costos y beneficios de los dos tipos de sistemas solares eléctricos, se concluyó que el sistema a instalar que resulta necesario para cubrir las necesidades de la escuela y está acorde con su infraestructura, es tipo básico conectado a la red (“Basic Grid-Tie”). Estos sistemas no requieren el uso de bancos de baterías para almacenaje, porque permiten introducir a la red de la AEE el exceso de energía generada. Esta, es una de las razones principales por las que resulta ser el producto o sistema solar de mayor uso en los Estados Unidos (Blankenship, 2003).

Al alimentar la red de la autoridad, el exceso generado causa que el metro eléctrico gire al reverso permitiendo un ahorro en el consumo de energía o simplemente llevándolo a cero. Además, este tipo de sistema solar eléctrico suele ser ventajoso ya que requiere menor cantidad de componentes principales para su funcionamiento. Sólo se

necesitan paneles solares, las unidades de montaje y muy importante el invertidor, excluyendo así el banco de baterías y controladores de carga. Por consiguiente, es un equipo que requiere de menos espacio, facilita el proceso de instalación y por ende su costo es menor. Por estas razones, la instalación de este tipo de sistema “grid-tie” ha reflejado un crecimiento desde el 1999 hasta el año 2003.

El sistema escogido, “Basic grid-tie”, difiere del “grid-tie” en que este último cuenta con un banco de baterías que asegura tener energía en todo momento. Una vez se detecta un fallo energético en el sistema de la autoridad, el sistema automático comienza a utilizar la energía almacenada en las baterías. No obstante, el equipo escogido sigue siendo la mejor opción debido a que uno de los problemas principales en el manejo de este sistema son las baterías. Es necesario conseguir un lugar seguro que permita protegerlas contra robo, lluvia y otras inclemencias del tiempo.

La compañía distribuidora de equipos solares que ofreció mejores precios y beneficios fue: Energ Tech por lo cual se escogió la misma para comprar el equipo. El costo de materiales fue de \$85,717.00 más unos \$6,000.00, concernientes al impuesto sobre ventas de Puerto Rico, para un total de \$91,717.00. Los materiales a utilizar son: 36 módulos solares de 300W marca Schott Solar modelo ASE 300-DGF/50 con 20 años de garantía y un periodo útil de más de 40 años (J. Negrón, Ingeniero, Energ Tech Inc., com. pers.); sistema de montaje marca UniRac; tres invertidores marca SMA America Sonny Boy SB 3800W con una garantía del productor de 10 años, un “WebBox Data Logger” marca SMA America y la cabling necesaria para el circuito.

Objetivo 3: Elaborar un plan modelo para el establecimiento del sistema de celdas fotovoltaicas solares en la escuela.

Obtuvimos de expertos en el tema de energía solar diferentes recomendaciones que llevaron al desarrollo de ciertas estrategias.

La Directora Escolar, la facultad y padres de la escuela Francisco Sustache mostraron gran entusiasmo y estuvieron muy receptivos con el proyecto. Se dio así una dinámica positiva ya que la comunidad escolar comparte la meta de llevar el nombre de la escuela al más alto reconocimiento. Entendemos es una perfecta oportunidad para hacerlo y llevar al plantel a ser amigable con el ambiente.

En relación a las tareas asignadas, todos estuvieron muy de acuerdo en crear un comité de trabajo que apoye el proceso de instalación en todo momento. Reconocen que ellos, y los suyos, serán los beneficiados y se sienten orgullosos de haber sido colaboradores o facilitadores de tan importante proyecto, como lo describen.

Al reunirnos con el Comité de Integración entre la Comunidad y la Empresa Privada, concluimos el sentir de ambos sectores en relación al proyecto. Presentamos el plan a este comité recibiendo de ellos una respuesta alentadora. Ambos sectores entienden que el proyecto es de gran importancia y de mucha relevancia en estos tiempos. La empresa privada expresó que es posible para ellos colaborar en la compra de los materiales a utilizar en la instalación del sistema solar. Consideran es imposible que puedan costear todos los gastos de compra del equipo, pero están en la mejor disposición de ayudar a costearlos siempre y cuando se haga el acercamiento a otras industrias y se dividan los gastos. Por otra parte, explicaron el proceso a seguir para solicitar dicha petición a ellos. Este consta de generar la solicitud y hacerla llegar al Comité SYPAT de

la Shell Chemicals Yabucoa. Este comité se reúne para determinar la viabilidad de la petición. Ello va a depender de varias cosas entre ellas el número de solicitudes enviadas por la comunidad y el presupuesto de la compañía en ese momento.

La representación del Municipio, la Directora de Servicios Educativos, mostró estar interesada en dicho proyecto. Expresó que unos días atrás el honorable alcalde le estuvo mencionando sobre su interés en estos sistemas de energía alternativa. Indicó que el alcalde está interesado en establecer un plan piloto para que una escuela pueda funcionar con algún tipo de esta energía, ya sea solar o eólica. Además, indicó que sería portavoz para dar a conocer el proyecto al alcalde.

Nos comunicamos con diferentes agencias de seguros entre ellas Universal, Mapfre y un vendedor de seguros independiente. Todas informaron que el equipo solar puede ser asegurado contra vandalismo, terremotos y huracanes. El valor asegurado es el costo total de los materiales con una prima anual de \$2,500 y un deducible por pérdida de \$1,000. Sin embargo, también indicaron que puede asegurarse dentro de la cuenta o seguro “master” que poseen los edificios del gobierno.

Concluimos que mediante las estrategias elaboradas en el plan, logramos obtener un menor costo total del proyecto. El crear un comité de trabajo representado por la misma comunidad escolar dio gran apoyo al plan ya que hubo disposición de todos sus miembros para llevarlo a cabo.

El Departamento del Trabajo y Recursos Humanos proveyó información sobre el proceso para exponer la subasta relacionada a la instalación del equipo. Indicó que el Departamento de Educación es quien se responsabiliza por exponer dicha subasta, pero si se les facilita la información pertinente ayudan en el proceso y la exponen en su

biblioteca. Permanece en este lugar, disponible al público, por un periodo de diez días laborables. Esta subasta puede extenderse hasta unos cuatro meses para poder seleccionar a la entidad indicada. Ello depende del Oficial de Recursos Humanos a cargo y del trabajo que se le asigne a éste.

Consultamos a una especialista en Currículo y Enseñanza y concluimos que añadir un tema a una materia puede lograrse en alrededor de seis meses como mínimo. Estas modificaciones son relacionadas a la creación de módulos de actividades, entre otros que pueda elaborar el maestro de acuerdo a su nivel. Los estándares de Ciencia a nivel elemental que facilitan la inclusión del tema de energía solar y sus beneficios son los siguientes: a) Estándar 3: Los sistemas y los modelos, y b) Estándar 5: La energía. Para ello se requiere de reuniones constantes entre el especialista, el maestro de la materia y el director escolar, entre otros.

En relación a costos, se nos orientó que no resultan ser exorbitantes por lo que constituyen una función del DE. Más bien están relacionados a gastos misceláneos, pues serían cambios internos a la escuela en cuestión, una escuela elemental y rural con menos de doscientos estudiantes.

CAPÍTULO V

PLAN DE ACCIÓN PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE CELDAS FOTVOLTAICAS SOLARES EN UNA ESCUELA PÚBLICA

Introducción y alcance del Plan

El plan a establecerse tiene como meta beneficiar a aquellos estudiantes y maestros que participan en el proceso educativo en escuelas cuyos participantes provienen de familias de escasos recursos económicos. Además, pretende beneficiar al Departamento de Educación mediante el ahorro en consumo de energía eléctrica, y por ende en sus gastos de operación.

A continuación, detallamos los objetivos que entendemos es necesario cumplir para ejecutar de manera efectiva el Plan modelo para establecer un sistema de celdas fotovoltaicas solares en una escuela pública (Tabla 2).

Objetivo 1: Coordinar el financiamiento del sistema de celdas fotovoltaicas solares a instalar.

Estrategia:

Que los tres pilares responsables de la sostenibilidad de un pueblo: empresa privada, la comunidad y el sector público se encarguen de cubrir los gastos pertinentes al sistema.

Entidad responsable:

El director (a) escolar y un maestro(a) voluntario(a) se encargarán de hacer el acercamiento a cada uno de los tres pilares arriba mencionados, mediante cartas y reuniones, entre otros.

Costo aproximado:

\$0.00 (Función del DE)

Periodo para lograrlo:

Esta estrategia para ser implantada de forma organizada y estructurada, debe tomar de unos tres a seis meses.

Resultados esperados:

Se espera del sector privado que asuma la responsabilidad social empresarial para el buen funcionamiento de las comunidades haciéndose responsable de cubrir los costos de los materiales. De parte del sector público esperamos se encargue del almacenaje del equipo, además que sea un facilitador efectivo para que se logren proyectos e iniciativas de este alcance. De la comunidad esperamos asuma su responsabilidad como parte beneficiada realizando actividades de recaudación para cubrir los gastos de adiestramiento sobre el uso, manejo y mantenimiento del equipo. Por último, esperamos que el Departamento de Educación se haga responsable de asumir el costo de instalación.

Objetivo 2: Crear un comité de trabajo con integrantes de la comunidad escolar.

Estrategia:

Organizar un comité de trabajo que integren al conserje escolar, padres de estudiantes, maestros (as) y vecinos de la institución.

Entidad responsable:

Trabajador(a) Social de la institución educativa o maestro(a) voluntario(a).

Costo aproximado:

\$0.00 (Función del DE)

Periodo para lograrlo:

En un mes ya se debe haber escogido el comité de trabajo.

Resultados esperados:

Que se organice un comité en representación de la comunidad escolar para que sean responsables de supervisar las labores y apoyar el proceso de instalación del sistema solar en el plantel escolar. Además, que puedan aportar sus habilidades y destrezas para el mejor funcionamiento de este sistema, ya que ellos serán los que recibirán una mejor calidad de vida.

Objetivo 3: Coordinar el almacenaje del equipo a instalar y de equipo de repuesto.

Estrategia:

El municipio se encargará de manejar el almacenaje del equipo a utilizar.

Entidad responsable:

Gobierno Municipal

Costo aproximado:

Donación del municipio (\$1,000).

Periodo para lograrlo:

Alrededor de unas dos semanas para la coordinación con el municipio.

Resultados esperados:

Coordinar de forma efectiva las fechas y horas de recogido, entre otros, con la persona contacto del Municipio para garantizar que el equipo esté disponible en el momento indicado.

Objetivo 4: Seleccionar la persona certificada para instalar el sistema solar en el plantel escolar.

Estrategia:

Hacer la convocatoria de trabajo en el Departamento de Educación y compartirla con el Departamento del Trabajo y Recursos Humanos de la región.

Entidad responsable:

Departamento de Educación junto al Departamento del Trabajo y Recursos Humanos.

Costo aproximado:

\$0.00 (Función del DE)

Periodo para lograrlo:

Se expondrá la convocatoria por un periodo de diez días laborables. Se entrevistará a quienes cualifiquen durante un periodo aproximado de cuatro meses y dentro de este término será seleccionada la entidad encargada de instalar el sistema solar.

Resultados esperados:

Seleccionar la persona certificada en el menor tiempo posible para poder agilizar el proceso de instalación y a la vez reducir su costo.

Objetivo 5: Adiestrar al comité representante de la comunidad escolar en relación al uso, manejo y mantenimiento del sistema.

Estrategia:

Capacitar al comité representante de la comunidad escolar, en relación a estos aspectos para que sean ellos, quienes se encarguen del mantenimiento del sistema y puedan responder de inmediato a cualquier situación de urgencia con el equipo.

Entidad responsable:

La persona certificada y escogida para instalar el sistema solar en la escuela.

Costo aproximado:

\$ 950.00

Periodo para lograrlo:

Luego de instalarse el sistema de celdas fotovoltaicas, el encargado ofrecerá capacitación técnica, en tres ocasiones al comité.

Resultados esperados:

Capacitar de manera efectiva al comité para que pueda economizar a la escuela gastos y mantener a su vez el sistema en óptimas condiciones.

Objetivo 6: Integrar en el currículo escolar de Ciencias el tema de Energía Solar.

Estrategia:

Hacer del proyecto uno pertinente a los estudiantes. De igual modo, desarrollar la conciencia sobre la importancia y beneficios de la energía solar.

Entidad Responsable:

Maestro(a) de Ciencia junto con el (la) Director(a) Escolar o persona certificada en el área de currículo y enseñanza.

Costo aproximado:

\$0.00 (Función del DE)

Periodo para lograrlo:

Dicha estrategia puede ser implantada de forma efectiva en un periodo de 4 meses

Resultados esperados:

Integrar el tema de la Energía Solar no sólo al curso de Ciencia sino también a las demás materias. Incluir temas como radiación solar, energía fotovoltaica y energía solar térmica.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber preparado el plan modelo para establecer un sistema de celdas fotovoltaicas solares en una escuela pública se concluyó que el proyecto es beneficioso y apropiado para su infraestructura. La escuela cuenta con un área de superficie, en sus techos, de 8,900 pies cuadrados que en metros cuadrados serían alrededor de 801. De ejecutarse el plan, la escuela se beneficiaría ya que no costearía los gastos mayores relacionados a materiales e instalación, sino más bien respondería por gastos menores, obteniendo así ganancias económicas relacionadas al consumo de energía eléctrica.

El proyecto planteado tiene un costo total de unos \$100,972.00. Para lograr su viabilidad es de suma importancia que la entidad responsable de buscar el financiamiento, en este caso el Departamento de Educación representado por el (la) director(a) escolar y el maestro(a) voluntario(a), estreche fuertes lazos con el sector privado, quien asumirá el mayor costo económico de éste. Aparte de las entidades antes mencionadas, entiéndase el sector privado, público y comunidad, existen otras agencias con inherencia en el asunto tales como la Autoridad de Energía Eléctrica, la Autoridad de Edificios Públicos, la Administración de Asuntos de Energía y otras a las cuales se les debe incorporar efectivamente en el proceso.

Los costos para hacer del proyecto una realidad pueden ser desglosados de la siguiente manera:

- Materiales = \$85,717.00
- Labor = \$6,700.00

- Adiestramientos = \$950.00
- Almacenaje = \$1,000.00
- Impuestos totales = \$ 6,605.00
- **TOTAL = \$ 100,972.00**

Los sistemas solares pueden resultar un tanto costosos en un principio, lo que llamamos su inversión inicial. Su alto costo está relacionado a que el sol cubre menos de un 25% de nuestros requisitos de energía (Rath & Marder, 2007). A pesar de ello, sus precios han ido disminuyendo con el pasar de los años. Se han trabajado cotizaciones de hasta unos \$0.10/kWh para un hogar típico en los Estados Unidos. Por otro lado, en California se realizó un estudio con el propósito de comparar los costos a corto y largo plazo de estos sistemas. Los hallazgos fueron alentadores, se encontró que al establecer comparación con la compra de gas natural este costaba unos \$0.30/kWh versus unos \$0.08-\$0.20/kWh para la energía proveniente de la luz solar (Wolcott, 2001).

La energía solar puede ser muy competitiva con la producción convencional de electricidad. Se espera que continúe bajando su precio mientras que los de los combustibles fósiles se dirijan en dirección contraria. Al suceder esto, resulta muy conveniente pues las celdas fotovoltaicas se pueden convertir en una opción predilecta para suplir energía eléctrica a escuelas, otras entidades públicas, a viviendas, comercios e industrias. Como cuestión de hecho, ya los distritos escolares de Michigan, Nuevo Méjico, Maine, Kansas y Utah se encuentran combatiendo el aumento en el costo de combustibles y electricidad. Se han apoyado en la conservación y colaboración así como en la aplicación de soluciones creativas. Algunas de estas son: la reevaluación de rutas

de guaguas escolares y “la guagua escolar caminante” que consiste en un adulto escoltando al niño hasta su escuela (Donnelly, 2006), entre otras.

El proyecto propuesto puede llevar a la institución educativa al ahorro de grandes sumas de dinero. Según otras escuelas en Estados Unidos, por ejemplo en San Diego, California donde se han introducido proyectos de instalación de celdas fotovoltaicas solares en techos, se ha logrado estimar un ahorro de más de \$37 millones en costos de energía por los próximos veinte años (Dolan, 2007). Pero no solo resulta beneficioso en términos económicos para la escuela, sino también beneficia en otros aspectos a sus alumnos, maestros y comunidad escolar en general. Provoca un gran sentido de pertenencia lo cual conduce a un aumento en la motivación y productividad de sus empleados por lo que mejoraría la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje. Este tipo de proyectos innovadores ayuda a reducir las ausencias de los estudiantes al plantel y genera en ellos un sentido de compromiso, valor y protección por el ambiente. Por esto último, se recomienda en el plan integrar el tema de la energía solar en el currículo de ciencias así como en otras materias para entender la importancia y relevancia de proyectos solares como estos.

Es importante que Puerto Rico se inicie en el desarrollo de proyectos de esta índole. Necesita urgentemente remodelar su infraestructura por una que vaya a la par con el crecimiento sostenible. Es una de las razones principales que justifica el alto consumo energético en los edificios públicos. Pues no cuentan con el diseño arquitectónico adecuado que vaya acorde con las necesidades de energía.

Antes de culminar, se recomienda a los investigadores interesados en continuar estudios en dicha área, con el propósito de mejorar el problema energético en Puerto Rico, las siguientes sugerencias:

- Realizar una evaluación exhaustiva de costo y beneficio de los sistemas solares versus los sistemas convencionales de energía eléctrica.
- Modificar el diseño del sistema propuesto para generar energía en exceso con el fin de obtener beneficios de su venta a la Autoridad de Energía Eléctrica.
- Establecer un plan modelo utilizando energía eólica como fuente de energía alterna.
- Desarrollar una segunda fase de este estudio en el cual se compare los gastos en consumo de energía eléctrica de la escuela versus lo que gastará con el modelo sugerido en este plan.
- Establecer un plan modelo utilizando la combinación de energía solar con motores térmicos “Stirling”.
- Investigar el efecto o impacto de este tipo de proyecto en la concienciación del uso de energía alternativa.

Así que en términos energéticos, esta investigación representa una herramienta útil para el Departamento de Educación y el sistema de gobierno en general. Sirve de guía, y hasta de proyecto piloto, para dar inicio a la conversión de edificios públicos en infraestructura que apoye el crecimiento sostenible. Provee a la entidad pertinente un plan modelo para la instalación de un equipo solar que incluye los objetivos necesarios para establecer el sistema, en este caso en una escuela pública. Contiene la metodología para hallar desde el tamaño adecuado del sistema a instalar hasta los materiales para ponerlo en función. Es un plan completo que aporta grandes conocimientos relacionados a la energía, concepto clave a la hora de hablar de crecimiento sostenible.

LITERATURA CITADA

- Administración de Asuntos de Energía. (2004). *Fuentes de Energía*. San Juan, Puerto Rico. DOE.
- Aleklett, K. (2006). Oil: A Bumpy Road Ahead. *World-Watch Vision for a Sustainable World*, 19(1): 10-12.
- Alicea, J. (2008). Ponencia ante la legislación de la Legislatura de Puerto Rico.
- Alferov, Z.I., Andreev, V.M. & Romyantsev, V.D. (2004). Solar PV: Trends and Prospects. *Semiconductors*, 38(8):899-908.
- Aponte, H. (2007). *Evaluación de la viabilidad de sistemas fotovoltaicos en residencias como alternativa para la producción de energía renovable en Puerto Rico*. Disertación de tesis de maestría no publicada. Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, San Juan PR.
- Asif, M. & T. Muneer. (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 11(7): 1388-1413.
- Balat, M. (2006). Solar Technological Progress and Use of Solar Energy in the World. *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization & Environmental Effects*, 28(10): 979-994.
- Bilgen, S., Kygusuz, K. & Sari, A. (2004). *Energy Sources*, 26(14): 1119-1129.
- Blankenship, S. (2003). A Sunny Outlook for Grid-Connected PV. *Solar Power*, 107(5): 32- 37.
- Bosch, S.J. & A.R. Pearce. (2003). Sustainability in Public Facilities: Analysis of Guidance Documents. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 17(1): 9.
- Brandt, D. (2007). A world gone green. *Industrial Engineer:IE*, 39(9): 28-33.
- Cabraal, R.A., Barnes, D.F. & Agarrval, S.G. (2005). Productive uses of energy for rural development. *Annual Review of Environment & Resources*, 30(1): 117-C-3.
- Carmona, M. (2002). Stakeholder Views on Value and Urban Design. *Journal of Urban Design*, 7(2): 145-169.
- Cerame, M. (2001). Energía. *Ecología de Puerto Rico*. Publicaciones Puertorriqueñas. 171-180pp.

- Dittrick, P. (2005). Nanotechnology promises energy security supply. *Oil & Gas Journal*, 103(12): 29-30.
- Dix, L. (2005). The Triad of Ethics, Science and Technology: A Threefold Literacy Venture in Haiti. *The Delta Kappa Gamma Bulletin*, 71(3): 37-42.
- Dolan, T.G. (2007). Solar Roof in San Diego. *School Planning & Management*, 46(1): 21-23.
- Donnelly, L. (2006). Energy Alternatives. *Teacher Magazine*, 18(1):16.
- Durich, W., Tille, D., Wörz, A. & Plapp, W. (2000). Characterization of Photovoltaic Generator. *Applied Energy*, 65(1-4): 273-84.
- Fiddler, E., González, J. & Rodríguez, R. (1996). Ley sobre Política Pública Energética de Puerto Rico. PR environmental law handbook, 2da edición. Maryland: Government Institutes, Inc. 76pp.
- Freling, R.A. (2001). Solar Vision. *International Journal of Humanities and Peace*, 17(1): 67-8.
- Friedmann, S. & T. Homer-Dixon.(2004). Out of Energy Box. *Foreign Affairs*. p72-83.
- Geller, H. (2003). Energy Revolution. *Policies for a Sustainable Future*. Estados Unidos: Island Press. 1-12pp.
- Goddard, L. (2008). A Sun-Power Campus. *Orion*, 27(1): 12-13.
- Goldemberg, J. (2007). Energy Choices Toward a Sustainable Future. *Environment*, 49(10): 7-17.
- Hammond, R.L., Turpin, J.F., Corey, G.P. & Hund, T.D. (1997). PV Batteries and Charge Controllers: Technical Issues, Costs, and Market Trends. *Sandia National Laboratories*, 26th IEEE Photovoltaic Specialist Conference. Albuquerque, N.M. 1-4.
- Herzog, A., Lipman, T., Edwards, J. & Kammen, D. (2007). Renewable energy a viable choice. *Environment*, 43(10): 8.
- Hood, E. (2004). Nanotechnology: Looking As We Leap. *Environmental Health Perspectives*. 112(13): A740-A749.
- Illia, T. (2005). New Mexico Legislature Passes Sweeping Solar Energy Bill. *Engineering News-Record*, 254(14): 17.
- Kammen, D. (2006). The Rise of Renewable Energy. *Scientific American*, 295(3): 84-93.

- Kellert, S.R. (2005). Designing healthy schools. *Independent School*, 65(1): 58-61.
- Klein, S. (2006). Planting panels and green thoughts. *Crain's Chicago Business*, 29(44):45.
- Li, Danny & T. Lam. (2007). Determining the Optimum Tilt Angle and Orientation for Solar Energy Collection Based on Measured Solar Radiance Data. *International Journal of Photoenergy*, Volume 2007: 1-9.
- Lucon, O., Painuly, J., Fifita, S., Arvizu, D., Tsuchiya, H., & Wohlgemuth, N. (2006). Is renewable energy cost-effective? *Natural Resources Forum*, 30(3): 238-240.
- Mawad, L. (2003). *Uso de Energía*. Extraído septiembre 15, 2007 de: tcel.uprrp.edu/lydia_web/uso_de_energía.htm.
- Muneer, T., Younes, S., Lambert, N. & Kubie, J. (2006). Life cycle assessment of a medium-sized photovoltaic facility at a high latitude location. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineerings Part A*. 220(6): 517-24.
- Nanotechnology Enhances Green Building. (2007). *Professional Safety*, 52(12): 22.
- Navarro, A. (2007). *Política Energética: Marco legal actual*. Extraído septiembre 15, 2007 de: gers.uprm.edu/aceer/pdfs/pres_anavarro.pdf.
- Organizaciones No Gubernamentales para el Desarrollo. (2005). *El Proyecto Chalaco: Electrificación de Escuelas Públicas Rurales de Chalaco Mediante Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid, España: Área de Programas de EsF. 1-12.
- Pierce, J. (2004). House with a view. *The Engineering* (London England), 29:30-1.
- Rabl, A. & J. Spadaro. (2000). Public Health Impact of Air Pollution and Implications for the Energy System. *Annual Reviews Energy Environment*, 25: 601-27.
- Rana, A. (2003). Evaluation of a Renewable Energy Scenario in India for Economic and CO₂ Mitigation Effects. *RURDS*, 15(1): 45-54.
- Rath, B. & J. Marder. (2007). Power from Sunlight: Photovoltaics. *Advanced Materials & Processes*, 62-64.
- Rodríguez, F. (2007). Monopolio de la AEE nos sale caro. *Primera Hora*, p. 37-38, 15 de enero.
- Rowlands, I. (2004). Why We Need Renewables. *Alternatives Journal*, 30(1): 19.

- Senado de Puerto Rico. (2006). *Ley de Municipios Autónomos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico* del 3 de agosto de 2006. LPR 145 Artículo 17.001.
- Senado de Puerto Rico. (2007). *R.C. del S. 814*. Extraído septiembre 15, 2007 de:
[http://www.senadopr.us/Archivo_Digital/2005-2008/radicaciones/resoluciones
conjuntas/2007/rcs0814-07.pdf](http://www.senadopr.us/Archivo_Digital/2005-2008/radicaciones/resoluciones_conjuntas/2007/rcs0814-07.pdf).
- Swain, J. & I. Mukherjee. (2007). Fossil Fuel Use Up Again. *World-Watch Vital Signs*.p.36.
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N. & Gekas, V. (2005). Environmental Impacts from the Solar Energy Technologies. *Energy Policy*, 33(3): 289-96.
- Wolcott, B. (2001). Solar Gains. *Mechanical Engineering*, 123(10): 66-71.

TABLAS

FECHA LECTURA	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO (kWh)	IMPORTE
20050817	841900	861800	1990	402.31
20051018	861800	895500	3370	689.60
20051219	895500	925300	2980	652.30
20060216	925300	955500	3020	631.06
20060419	955500	974000	1850	382.69
20060619	974000	998600	2460	515.52
20060818	998600	13900	1530	320.09
20061019	13900	34400	2050	436.16
20061219	34400	79200	4480	904.78
20070216	79200	100000	2080	410.47
20070618	133900	161000	2710	580.10
20070817	161000	191000	3000	647.39
			TOTAL	\$6,572.47

Tabla 1. Fuente Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Consumo de Energía Eléctrica de la Escuela Francisco Sustache en Yabucoa.

OBJETIVO	ENTIDAD RESPONSABLE	COSTO APROXIMADO	PERIODO PARA LOGRARLO	RESULTADOS ESPERADOS
• Coordinar financiamiento	Director, maestro	\$0.00 (Función del DE)	3-6 meses	Privado \$85,717 Público \$1,000 Comunidad \$950 D.E. \$6,700
• Crear comité de trabajo	TSE o maestro	\$0.00 (Función del DE)	1 mes	Supervisión y seguimiento a agencias inherentes.
• Coordinar almacenaje	Municipio	\$1,000	2 semanas	Garantizar disposición a tiempo.
• Seleccionar instalador	DE y DTRH	\$0.00 (Función del DE)	4 meses	Reducir tiempo para agilizar la instalación.
• Adiestrar al comité de trabajo	Instalador	\$950	3 días	Ahorrar gastos de mantenimiento.
• Integrar tema Energía Solar al currículo de Ciencia	Director maestro de Ciencia, experto en Currículo y Enseñanza	\$0.00 (Función del DE)	4-6 meses	Integración a otras materias.

Tabla 2. Plan Modelo para Establecer un Sistema de Celdas Fotovoltaicas Solares en una Escuela Pública.

FIGURAS

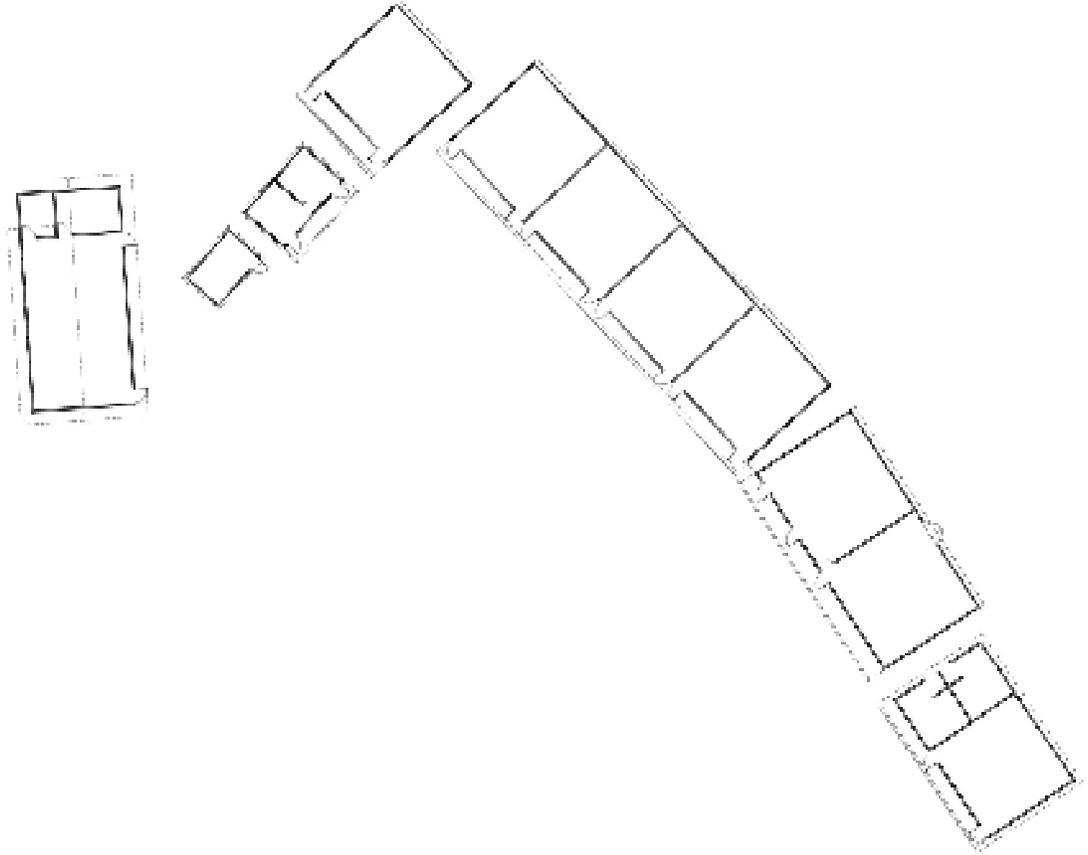


Figura 1. Croquis de la Escuela Francisco Sustache

APÉNDICES



Apéndice 1



Apéndice 2



ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
SECRETARÍA ASISTENTE DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO EDUCATIVO

HOJA DE COMPROMISO

Yo, Amarilys Rodríguez Arana, estudiante
(nombre en letra de molde) (indique si realizará esta investigación en
carácter de estudiante, o empleado)

de Universidad Metropolitana, me comprometo
(nombre de la escuela, universidad, agencia, o institución
para la cual realizará la investigación)

A entregar a la Secretaría de Planificación y Desarrollo Educativo copia de la tesis o del
informe final de la investigación que me propongo realizar (según aplica). Su título es:

Plan modelo para establecer un sistema de
celdas fotovoltaicas solares en una escuela pública.

Firma: A Rodríguez
Teléfono:
Dirección:

Fecha: 23/ octubre /2007

14 de noviembre de 2007

Sr. José Cruz
Superintendente Escolar
Departamento de Educación
Dirección Escolar de Maunabo

Distinguido Sr. Cruz

Por la presente quiero notificar que mi nombre es Amarilys Rodríguez Amaro y soy estudiante de Maestría en la Universidad Metropolitana en Cúpey. En estos momentos me encuentro realizando mi tesis y el tema es: Plan modelo para establecer un sistema de aulas formativas solares en una escuela pública. Para realizar la investigación es necesario visitar en ocasiones, la escuela elemental Francisco Sotache del barrio Camino Nuevo en Yabucoa. Esta fue seleccionada por su estratégica localización.

Dicho estudio no representa riesgo alguno para la comunidad escolar. Sólo se requerirá en ocasiones la participación de la Directora o Facultad para adquirir alguna información relacionada a la escuela o poder acceder a la misma. Sin más preámbulo, quiero agradecer su acostumbrada colaboración para con estos asuntos.

Respectuosamente,


Amarilys Rodríguez Amaro

22 de octubre de 2007

Sr. José O. Berdecia
Secretario Auxiliar de Servicios Auxiliares
Departamento de Educación

Distinguido Sr. Berdecia

Reciba un cordial saludo. Soy referida a usted por la Sra. Carmen Rivera y por la presente quiero informar que mi nombre es Amarilys Rodríguez, soy estudiante de Tesis en la Universidad Metropolitana de Cupey. El tema de mi trabajo de investigación va estrechamente relacionado con las escuelas de Puerto Rico, especialmente la escuela elemental *Francisco Sotache de Yabucoa*. Pretendo realizar un plan modelo para establecer un sistema de energía renovable en la misma, por consiguiente es necesario para mí conocer los gastos en consumo de electricidad correspondientes a la misma para poder hacer referencia y comparar. De esta forma solicito a usted esta información que de ser posible corresponda, al menos, al año escolar anterior. Queda de usted muy agradecida y cualquier duda al respecto puede comunicarse al correo electrónico: rodriamays@yahoo.com

Respetuosamente,



Amarilys Rodríguez
Estudiante Planificación Ambiental