

CEER-S-198 ANÁLISIS DE VIABILIDAD Y DETERMINACIÓN DEL MERCADO POTENCIAL PARA LOS CALENTADORES SOLARES PARA USO RESIDENCIAL EN PUERTO RICO POR WILFREDO TOLEDO, M.A, Y SAMUEL TORRES ROMAN, PH.D. 180 INGS CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH < OCTUBRE 1984

ANÁLISIS DE VIABILIDAD Y DETERMINACIÓN DEL MERCADO POTENCIAL PARA LOS CALENTADORES SOLARES PARA USO RESIDENCIAL EN PUERTO RICO POR WILFREDO TOLEDO, M.A Y SAMUEL TORRES ROMAN, PH.D

Este estudio fue iniciado por el profesor Samuel Torres Román en 1932 en la Unidad de Investigaciones del Departamento de Economía de la Facultad de Ciencias Sociales, con el respaldo financiero del Fondo Institucional para la Investigación (FIPI) de Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico. En la fase inicial de la investigación, recibió la ayuda del Sr. William Jinén, estudiante del Programa Graduado de Economía, quien fue sustituido como auxiliar de investigaciones por el Sr. Wilfredo Toledo, también estudiante del mismo programa. Por acuerdo entre el profesor Torres y el estudiante Toledo, la investigación se convirtió en el proyecto de tesis de este último. Así, el señor Toledo vino a ser el investigador principal con el asesoramiento y tutelaje del profesor Torres. La investigación se benefició significativamente de datos provistos por una encuesta que fue parte de un estudio conjunto del Centro de Estudios Energéticos y Ambientales y del Departamento de Economía de la Facultad de Ciencias Sociales del Recinto de Río Piedras, unidades de la Universidad de Puerto Rico, sobre los impactos socioeconómicos de los aumentos en el precio de la electricidad que fue publicado en 1983.

Una vez concluida la tesis, fue revisada por el profesor Ernesto Rodríguez, instructor en el Departamento de Economía y por el Sr. Salvador Lugo, científico 1 del Centro de Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico. A este último le pareció que por su temática y contenido se justificaba difundir el estudio como parte del

Programa de publicaciones del Centro de Estudios Energéticos y Ambientales. Su recomendación fue aprobada por el director, doctor Juan A. Bonnet, propiciándose así esta publicación como un esfuerzo conjunto más entre el Centro de Estudios Energéticos y Ambientales y el Departamento de Economía del Recinto de Río Piedras, ambas unidades institucionales de la Universidad de Puerto Rico. Wilfredo Toledo, y Samuel Torres Román, Ph.D.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS Y GRÁFICAS

CAPÍTULOS

I. INTRODUCCIÓN

1. El Problema

2. Método de Análisis

3. Hipótesis del Estudio

4. Justificación del Estudio

## II. LOS CALENTADORES SOLARES Y SU UTILIZACIÓN EN PUERTO RICO

1. Introducción

2. Los Calentadores Solares de Agua

3. Aspectos técnicos

4. Aspectos económicos

5. Utilización de los calentadores solares en Puerto Rico

6. Distribución de Los calentadores Solares en Uso

## III. METODOLOGÍA

1. Introducción

2. Estimación del Mercado Potencial

3. Análisis de costo-beneficio

4. Criterios de decisión

## CAPÍTULOS

## IV. RESULTADOS

1. Análisis de coste-efectividad

2. Criterio de decisión utilizado en el estudio

3. Procedencia de los datos

4. Revisión de Literatura

5. Introducción

6. Determinación de Variables y Parámetros Relevantes para el Estudio

7. Enseres disponibles para el calentamiento de agua en Puerto Rico

8. Consumo de electricidad de los sistemas de calentamiento de agua
9. Comportamiento futuro del precio de la electricidad
10. Tamaño del calentador solar
11. Análisis de viabilidad de los calentadores solares
12. Descripción de los escenarios de descuento
13. Identificación de los costes y beneficios
14. Costos y beneficios del calentador solar
15. Sustitución de un calentador eléctrico de uso continuo

## CAPÍTULOS

1. Sustitución de un calentador eléctrico de uso controlado.

Sustitución de un calentador de ducha, análisis de coste-efectividad de alternativas para proveer el mismo nivel de beneficio de agua caliente. Mercado potencial de los calentadores solares. Mercado potencial bajo el supuesto de precios crecientes. Mercado potencial bajo el supuesto de precios constantes. Resumen. Conclusiones y recomendaciones. Apéndice. Consideraciones técnicas sobre los calentadores solares de agua. Bibliografía. Página 9.

Tabla 2.2. Lista de tablas y gráficas. Equipo solar instalado en Puerto Rico. Distribución por grupo de consumidores del acervo de calentadores solares acumulados entre 1976 y 1981 en Puerto Rico. Acervo de calentadores de agua en Puerto Rico, 1981. Distribución por nivel de ingreso del acervo de los diferentes calentadores de agua en Puerto Rico, 1981. Consumo mensual de electricidad de los diferentes calentadores de agua. Precio del kwh sin subsidio de 1956 a 1982. Precio del kwh con subsidio de 1974 a 1982. Proyección del precio del kwh de 1983 al 2002. Valor presente neto y tasa interna de rendimiento de un calentador solar bajo diferentes escenarios del tipo de intensidad de uso del enser sustituido, tasa de interés y tipos de precios vigentes. Resultados del análisis "coste-efectividad". Página 16 20 52 54 55 65 76 87.

Gráfica 3.2. Relación interna de rendimiento. Relación entre el valor presente y la tasa. Página 7.

**CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.** La crisis energética mundial obedece, principalmente, a la dependencia de la expansión económica mundial de fuentes de energía no-renovables. Las fuentes de energía más utilizadas hasta ahora han sido el carbón, el petróleo y el gas natural. En las últimas décadas, la disponibilidad de cantidades abundantes de petróleo y gas natural a precios bajos provocó que estos minerales se convirtieran en las principales fuentes de energía

mundial. Actualmente, el mercado mundial de energía depende.

Del petróleo y del gas natural en alrededor de un 20 por ciento. La sobreutilización de recursos no renovables, especialmente del petróleo, es la médula del problema energético mundial, ya que el precio del petróleo comenzó a subir cuando escasearon los yacimientos de este en 1973. La Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), organización que controla la mayor parte del petróleo existente, actuando en forma de cartel, comenzó a subir los precios en magnitud tal que para 1978 el precio se había cuadruplicado en relación al precio del petróleo de 1974.

---Página en blanco---

Desde entonces, el precio del petróleo ha continuado en ascenso y la situación energética mundial se ha agravado aún más. Este aumento acelerado en el precio del petróleo ha tenido un efecto muy adverso en la situación energética de Puerto Rico, donde se depende principalmente del petróleo importado para producir energía. En Puerto Rico, la generación de electricidad está basada en un 90 por ciento en la utilización del petróleo como combustible, lo que ha provocado que los aumentos en el precio del petróleo se traduzcan en incrementos significativos en el precio del kilovatio hora para todos los abonados de la Autoridad de Energía Eléctrica, agencia encargada de administrar la generación de electricidad en la isla. Por otro lado, industrias como la del cemento, la de la construcción y la de transporte se han visto afectadas por el alza en el precio del petróleo y como resultado han aumentado los precios de sus bienes y servicios.

Toda esta situación energética a nivel mundial ha motivado la investigación de fuentes alternas de energía tanto para sustituir como para completar el petróleo como principal fuente de energía. En Puerto Rico se han realizado estudios para determinar en qué forma algunas de estas nuevas formas de energía pueden ser utilizadas en el país. Las fuentes de energía renovables han sido el objeto principal.

En las investigaciones a nivel mundial, entre estas fuentes se encuentran las que se derivan directa e indirectamente del sol. En este último grupo se incluyen la biomasa, la energía del viento y la energía térmica del océano. Este estudio se concentra en uno de los usos que tiene la energía solar directa, por tanto en los siguientes párrafos se estarán discutiendo los aspectos más importantes de esta fuente de energía. La energía solar es la fuente energética más abundante que existe, la tierra intercepta un total de aproximadamente 170 billones de kilovatios hora (kv/hr) diariamente. De esta cantidad, Puerto Rico recibe un promedio de 50 mil millones kv/hr por año, esto es alrededor de 2,000 veces la cantidad de electricidad generada en la isla diariamente. La energía solar, por ser renovable y abundante, resulta muy atractiva como fuente de energía, ya que no plantea el problema de agotamiento de reservas como sucede con el petróleo. No obstante, la mera disponibilidad física de esta fuente de energía no es el único elemento importante al considerar su uso. Es importante también la existencia de tecnologías apropiadas para utilizar este recurso, y más aún, que los costos de estas compitan favorablemente con los costos de las tecnologías para generar energía ya existentes. De las tecnologías disponibles que utilizan energía solar directa, la de los calentadores solares de agua es la más desarrollada y ha resultado ser económicamente viable en varios países. Por ejemplo, en Israel existen alrededor de 200,000 calentadores solares para uso residencial y en Japón a Puerto Rico Plaza y otros, para el consumidor sobre calentadores solares de agua. En Puerto Rico, también se están utilizando. Para 1979, según estimados de la oficina de energía, existían aproximadamente 18,737 calentadores solares de agua para la implementación de la tecnología de

Los calentadores solares son relevantes en el día de hoy en Puerto Rico ya que, como se mencionó, a pesar de los costes de la energía eléctrica, en realidad probablemente se esté utilizando menos calentadores solares de agua por debajo de su potencial. Como se mencionó anteriormente, el número de calentadores es de 14,737. Esta cifra contrasta con el mercado potencial que tiene la oficina de energía de 759,900 unidades residenciales. Este dato fue obtenido del número de familias que tienen la posibilidad física de tener un calentador solar de agua en su residencia. Esto indica que los calentadores solares de agua representan un porcentaje de su mercado en la oficina de energía. Esta información se utilizará para cubrir esta brecha en la evaluación de esta situación en la que se están haciendo nuevos estudios en este presente momento.

---Página de interrupción---

El problema: Este estudio trata específicamente sobre el uso de calentadores solares de agua en Puerto Rico. El propósito fundamental de este estudio es: a) determinar si en realidad los calentadores solares de agua se están utilizando por debajo de su potencial en el país y b) si se están utilizando por debajo de su capacidad, investigar por qué está ocurriendo esto. La decisión de calentar agua depende principalmente de la situación en que se encuentra la unidad económica en el momento de tomar esa decisión. La misma depende de los costos y beneficios esperados de la inversión en el equipo y estos flujos dependen de la situación específica en que se encuentre la unidad decisional. Se pueden identificar cuatro situaciones en las que se pueden encontrar los posibles compradores, estos son: 1) el comprador potencial que no posee calentador de agua y al querer adquirir uno por primera vez tiene que elegir entre las alternativas disponibles en el mercado.

Mercado tal como son los calentadores de agua eléctricos o solares. b) El comprador potencial que tiene al presente un calentador de agua eléctrico de tanque aún con vida útil, el cual mantiene funcionando todo el tiempo. c) La unidad de decisión tiene al presente un calentador eléctrico de tanque aún con vida útil, del que controla las horas de uso de acuerdo a sus necesidades de agua caliente. d) El posible comprador tiene al presente un calentador eléctrico de ducha.

6) El estudio dependerá principalmente de un análisis de viabilidad de la inversión en un calentador solar bajo los escenarios en que se puedan encontrar los posibles compradores. Si el análisis de viabilidad se medirá el flujo de costos y beneficios para cada caso. Este análisis permitirá determinar en cuáles casos la alternativa de invertir en un calentador solar es económicamente beneficiosa y en cuáles no lo es. De esta forma se podrán inferir posibles causas acerca de por qué los calentadores solares de agua se están utilizando por debajo de las expectativas de las autoridades públicas. Se pueden plantear a priori algunas posibles explicaciones para la baja utilización de los calentadores solares. Primeramente, se puede plantear que las autoridades públicas y privadas han sobreestimado el mercado potencial para los calentadores solares.

Esta hipótesis puede especificarse en dos direcciones. Primero, que los costos de inversión en calentador solar pueden ser mayores que el beneficio que resultará como consecuencia de los ahorros en electricidad para varios de los escenarios específicos anteriormente mencionados. Por otro lado, se puede señalar que para algunos tipos de posibles compradores de bajos ingresos, su

restricción presupuestaria hace que la inversión en un calentador solar resulte prohibitiva. En segundo lugar, se puede establecer la hipótesis de que, aún con una especificación más moderada del mercado potencial, la utilización presente está por debajo de la potencial.

Posiblemente por falta de información.

Precisa sobre los costos y beneficios de la inversión. Justificación del estudio. Con este estudio se pretende explicar de forma amplia las causas que han motivado el limitado uso que se le está dando en Puerto Rico a los calentadores solares, aun cuando estos se han presentado como una alternativa real para aliviar el problema energético del país, como se ha señalado, la energía eléctrica en Puerto Rico es generada básicamente por petróleo. Este hecho ha motivado evaluar fuentes alternas de energía, en lo que se ha puesto gran interés es en la energía solar, específicamente aquella utilizada en calentadores de agua. La necesidad de evaluar esta alternativa energética desde una perspectiva económica hace relevante el presente estudio, ya que este podría arrojar luz sobre el posible problema de la subutilización de los calentadores solares en el país y sus causas. Esta investigación podría servir de guía a la política pública del país en torno al uso de fuentes alternas para la conservación de energía. Como es indicado, en los últimos años se han tomado medidas de política dirigidas a aliviar el problema energético del país. Se puede mencionar específicamente el subsidio sobre el consumo de energía eléctrica que se estableció en 1974 y la exención contributiva hasta 500 dólares que se estableció por la compra de calentadores solares.

Por lo tanto, es relevante que pueda establecer claramente la viabilidad económica de los calentadores solares de agua bajo diferentes circunstancias de manera que pueda explicar su baja utilización. De esta forma, se podrían determinar las medidas que pueden ser efectivas para incentivar su uso y así mejorar la política energética del país. El investigador considera que este estudio puede ser útil en esa dirección. En el siguiente capítulo, se discuten algunos aspectos técnicos y económicos de los calentadores solares y el uso que se le ha dado a estos sistemas en el país. La metodología, la procedencia de los datos y las reglas de la investigación serán discutidas.

La literatura se presenta en el tercer capítulo. Aquí se discute el método utilizado en este estudio para estimar el mercado potencial de los calentadores solares y los aspectos más importantes de la técnica de costo-beneficio, que es la técnica utilizada en el estudio para realizar el análisis de viabilidad. Este capítulo presenta los resultados de la investigación. En este capítulo se presentan los resultados del análisis de viabilidad de los calentadores solares bajo diferentes escenarios y la estimación del mercado potencial de estos enseres. En el capítulo final, se resume el estudio, se presentan las conclusiones y se hacen algunas recomendaciones.

## CAPÍTULO DE CALENTADORES SOLARES Y SU RIESGO Introducción

La energía solar directa se puede utilizar a través de dos procesos; generación de energía eléctrica directa o producción de calor. El primer proceso se lleva a cabo por medio de las celdas fotovoltaicas. Estas celdas transforman la energía solar directamente en energía eléctrica. Aunque este tipo de tecnología está disponible en este momento, no es económicamente viable. El costo

de la electricidad generada por estas celdas es de \$1.59, mientras que en Puerto Rico el costo de la energía eléctrica es mucho menor que este.

El otro tipo de proceso que utiliza la energía solar es la forma de calor. Con este objeto, se convierte la energía solar y la almacena. Este tipo de objeto se llama colector de energía solar. Los colectores de energía solar pueden ser utilizados para: activar sistemas de calefacción, producir vapor y generar electricidad o activar sistemas de calentamiento de agua.

De acuerdo con Pamador Cobas, Hugh Thorne y Seco Concepción, en su Manual de Trabajo para el Proyecto de Energía Solar, (San Juan, Oficina Estatal, THT)

De estas tecnologías, la de los calentadores de agua es la de mayor desarrollo comercial. Los calentadores solares de agua utilizan dos componentes principales; el tanque de almacenamiento de agua y los colectores de energía solar. El tanque de

Almacenamiento, también conocido como termo-tanque, tiene la función de almacenar el agua cuando ésta ha sido calentada. Como se mencionó antes, la función de los colectores de energía solar es transformar la energía del sol en energía de calor. Los calentadores solares para uso residencial utilizan de uno a cuatro colectores. El número de colectores depende de la capacidad de almacenaje que tenga el termo-tanque y del área geográfica en que se instale el equipo. La capacidad de almacenaje, a su vez, depende de la cantidad de agua caliente que requiere la unidad familiar. Mientras más capacidad de almacenaje tenga el termo-tanque, más área de colectores se necesitará para elevar el volumen de agua a una temperatura determinada. Por otro lado, en diferentes zonas geográficas, la disponibilidad, intensidad y distribución de la energía solar, varía por tanto la cantidad de colectores necesaria para elevar una cantidad de agua dada, a una temperatura dada, también varía. Para una discusión más detallada de los aspectos técnicos del calentador solar, ver apéndice 1.

Existen básicamente dos tipos de calentadores solares de agua, el que usa el sistema de termosifón o circulación natural y el de sistema con bomba de circulación forzada. Un tercer tipo surge como variante del sistema de termosifón y es el sistema combinado. El sistema de termosifón opera a base de circulación por gravedad. Para poder hacer uso de este tipo de calentador, el tanque de almacenamiento tiene que ser localizado en un punto más elevado que los colectores. De esta forma, el agua fría que se mantiene en el fondo del tanque puede bajar hacia el colector para ser calentada y luego sube para ser almacenada en la parte superior del tanque. Esto es así debido a que la densidad de un fluido varía inversamente con su temperatura y los fluidos livianos como el agua caliente, se mueven hacia arriba mientras que los pesados se mueven hacia abajo. El sistema de bomba de circulación, además de los componentes comunes.

Todos los calentadores solares tienen una pequeña bomba de circulación que funciona con energía eléctrica. En este tipo de sistema, la presión del tanque con relación a los colectores no es importante, ya que la bomba de circulación mueve el agua hacia el colector, aunque este se encuentre en una posición más elevada que el tanque de almacenamiento. El sistema combinado funciona básicamente igual que el sistema de termosifón, pero con la diferencia de que además de utilizar energía solar, puede utilizar energía eléctrica en el caso de que sea necesario.

Aspectos económicos: La característica económica principal de los calentadores solares es la combinación de costes de inversión iniciales altos y costos de operación bajos. Los costos de operación del calentador solar son bajos debido a que la cantidad de energía eléctrica que utiliza el sistema es poca o ninguna y los costos de mantenimiento son insignificantes. Por otro lado, el costo inicial de un calentador solar depende del tamaño del equipo, el cual es determinado por la demanda de agua caliente que tenga la unidad familiar, lo que determina la capacidad de almacenaje requerida.

La variable que más afecta el costo de un calentador solar es el área de colectores que este requiere, que como ya se dijo, depende de la capacidad de almacenaje del tanque y de la zona geográfica donde se instale el equipo. Es importante seleccionar adecuadamente la capacidad.

El material discutido en esta parte está contenido en: Jyh4 Nodgems, "The economics of solar energy" (California, Stanford Research).

"Tastttate,

Es necesario determinar la capacidad del calentador solar de acuerdo a las necesidades del grupo familiar, ya que la cantidad máxima de energía de calor que genera un sistema de una capacidad determinada es fija para una zona climática dada. Si se adquiere un calentador solar con una capacidad mayor que la requerida, no solo se estará invirtiendo una cantidad de dinero mayor que la necesaria, sino que nunca se podrá obtener el beneficio máximo que puede rendir el sistema.

Por otra parte, un calentador solar con una capacidad menor que la requerida, no proveerá la cantidad de agua caliente suficiente para satisfacer la demanda de la unidad familiar. Por lo tanto, una selección inadecuada de la capacidad del calentador solar puede ocasionar que la inversión en el equipo no sea beneficiosa.

La viabilidad económica de los calentadores solares también depende de la región en que se instale el equipo. La energía solar tiene la característica de que tiene que ser utilizada en el mismo lugar donde se genera, lo que hace que las diferentes tecnologías que hacen uso de ella tengan diferentes escenarios económicos en diferentes regiones.

Por lo tanto, la viabilidad económica de los calentadores solares, depende en gran medida del costo de la energía eléctrica y de la cantidad de días nublados consecutivos, en cada región geográfica. Mientras más alto sea el costo de la electricidad, más alto será el ahorro en el costo de energía eléctrica y mayor la probabilidad de que la inversión en un calentador solar sea beneficiosa. Por otro lado, mientras más días nublados consecutivos ocurran en el año, mayor será la

utilización de energía auxiliar del sistema y menores los beneficios del sistema. Otra variable económica de importancia para la viabilidad de los calentadores solares es el factor de la intensidad del uso, que depende de la cantidad y frecuencia que se necesite el agua caliente. Tiene el mismo costo si se utiliza todos los días del año o si se utiliza todos los días menos uno. Cuanto más sea utilizado, mayor será el ahorro."

This text is highly garbled and it's difficult to fix it without knowing the original context or meaning. However, I'll attempt to make sense of it:

"+1. The consumption of electrical energy is avoided by the use of color IC. The amount of savings is significant, especially considering the increase in the use of wipes. The more beneficial results are the investment in battery-powered stations for the usage of non-G0 hot water. Solar heaters also affect a large part of the volume, particularly in the afternoons or during the night, when the intensity of solar radiation is low. Therefore, it is essential to have an auxiliary electrical system to prevent a drop in temperature in the morning, thus reducing the effects of heat waves in Puerto Rico. The conditions are favorable for the use of solar heaters, as the intensity of solar radiation is high throughout the year. In addition, the cost of electricity is high and has been increasing in recent years, and it is not expected to decrease. This could explain the surge in the use of these devices in recent years.

It is necessary to investigate why their usage is not even higher in line with expectations based on these favorable conditions. Manufacturers and distributors of solar heaters have noticed an increase in demand. These are the ones that supply the majority of solar units in the market. Solar heaters have started to be used in the country, both for home and commercial use in recent years. The number of solar heaters has increased significantly from 1976 to 1981. From 1976 to 1978, a total of 3,573 solar heaters for residential use were installed, with an average of 1,191 heaters per year. If in 1979 a total of 55 million solar heaters were installed, this exceeds the number of solar heaters installed in any year since 1978. These units have commercial, residential, or industrial use. Until 1981, there were a total of 16,757 solar water heaters for residential use."

Una unidad fantástica + Esta posibilidad, unida a la creencia de que los calentadores solares posiblemente se están utilizando por debajo de su demanda potencial, explica un marcado interés por parte del gobierno para promover su uso. En 1980 se estableció en la región una exención contributiva sobre los gastos de compra e instalación de cualquier equipo solar. Aquí se incluyen los calentadores de agua que son el equipo solar más utilizado en el país. En el caso de un equipo solar comprado para uso residencial, se provee una deducción al impuesto del 30 por ciento del costo del equipo, hasta un límite máximo de 500 dólares. Por otro lado, se ha motivado al consumidor para que construya su propio calentador solar, esto se ha hecho a través de la publicación de panfletos que indicaban cómo construir el equipo. Con ese fin, fue publicado un panfleto por el Comité de Trabajadores para Ayudar a la Comunidad (CONTACO) y el Centro para Estudios en Ecología y Medio Ambiente, el Departamento de Asuntos del Consumidor. Estas publicaciones pueden ayudar principalmente a familias de bajos ingresos que no pueden pagar el precio de los calentadores solares provistos por empresas comerciales dedicadas a su producción o distribución, ya que el precio de venta es alto.

19 Distribución de los calentadores solares en uso: Según un estudio realizado por la oficina de energía sobre la distribución de los calentadores solares, la mayoría de los calentadores solares en Puerto Rico están distribuidos entre familias de altos ingresos. Para realizar esta distribución se establecieron tres grupos de consumidores, a base de los niveles de ingresos y el consumo de

energía eléctrica. El grupo de consumidores 2 se compone...

De personas de ingresos bajos y consumo de electricidad (consumen menos del 10 por ciento del total de energía utilizada en Asunción para varias tensiones domésticas de agua). El grupo consumidor I se compone principalmente de usuarios de bajos ingresos y consumo moderado de electricidad (consumen cerca del 35 por ciento del total de energía utilizada para el calentamiento doméstico de agua). El grupo consumidor II está compuesto principalmente por familias de ingresos medios y altos, y consume a un ritmo moderado (consumen más del 53 por ciento del total de energía utilizada en el calentamiento doméstico de agua). La tabla 262 contiene la distribución total de calentadores solares existentes en el país, según lo hecho por la Oficina de Energía. Es importante recordar que los grupos de consumidores I y II se componen principalmente de personas de bajos ingresos y consumidores de energía eléctrica.

20. Distribución, por Grupos de Consumidores, de la reserva de Calentadores solares acumulado entre el 1976 y el 1981 en Puerto Rico.

Las personas de bajos ingresos y que consumen conjuntamente alrededor del 45 por ciento del total de energía eléctrica utilizada en el país para calentar agua para uso doméstico. Sin embargo, poseían únicamente el 10 por ciento del total de los calentadores solares existentes en el país en 1981, según el estudio aludido, mientras que el 90 por ciento de los calentadores solares pertenecían al grupo consumidor II, que estaba compuesto por familias de ingresos altos y medios. La cantidad de calentadores solares, de acuerdo a esta información, es muy baja para los grupos I y II, aunque estos representan un sector importante en el consumo de energía para calentar agua, en Puerto Rico. Un estimado realizado por el Instituto de Tecnología encontró que las familias que habían comprado calentadores solares en la...

Isla tiene un área anual de 415,000 m<sup>3</sup>, lo que corrobora el dato anterior. En este estudio se entrevistó a 100 propietarios de calentadores solares en Puerto Rico. El grupo entrevistado incluye personas que utilizan el calentador solar, propietarios domésticos y no domésticos. De los propietarios, 90 tenían unidades residenciales y 52 tenían ingresos de \$45,000 al año o más, o tenían ingresos igual o mayor de \$25,000 pero menor de \$95,000, 19 tenían ingresos anuales superiores o iguales a \$15,000 y menores de \$25,000, y ninguno tenía ingresos menores de este último.

El análisis de los datos muestra que la calefacción solar parece estar en una etapa donde aún es considerada un lujo por algunos sectores económicos. Esto puede deberse al desconocimiento de los verdaderos costos y beneficios que esta tecnología puede representar. Como se ha visto, la cantidad de calentadores existentes en la isla ha tenido un ritmo creciente de utilización en los últimos años, sin embargo, el número existente en la isla para 1980 era muy pequeño comparado con el mercado potencial estimado por la Oficina de Energía. La baja utilización de estos sistemas puede deberse a su alto costo, ya que parece que son utilizados mayormente por familias de altos ingresos. Pero es posible que el desconocimiento de los verdaderos beneficios de la inversión en estos equipos, o incluso la no viabilidad económica del calentador solar para algunos sectores de la población de la isla puedan explicar en alguna medida la baja utilización que han tenido estos equipos hasta el momento.

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

Introducción: En este capítulo se discute la metodología utilizada en el estudio y se reseñan los estudios que se han realizado para establecer la viabilidad económica de los calentadores solares para uso residencial en...

Puerto Rico. Las primeras tres secciones del capítulo están dedicadas a la discusión de los aspectos metodológicos del estudio. En estas secciones se discuten el método utilizado para estimar el mercado potencial de los calentadores solares, el modelo de costo-beneficio, que es la técnica utilizada para realizar el análisis de viabilidad de la inversión en calentadores solares, y la procedencia de los datos utilizados en la investigación. La última sección discute críticamente los estudios económicos sobre los calentadores solares que se habían realizado anteriormente en Puerto Rico hasta el momento de realizar esta investigación.

Estimación del mercado potencial: En el proceso de investigación se ha encontrado que anteriormente solo se habían hecho dos aproximaciones del mercado potencial de los calentadores solares en Puerto Rico. Una realizada por la oficina de energía de Puerto Rico y otra por David E. Sait. La Oficina de Energía estimó un mercado potencial de 750,000 unidades solares residenciales para toda la isla. Este estimado fue hecho a base del número de viviendas existentes en la isla que cuentan con la facilidad física adecuada para la instalación de un calentador solar.

El método utilizado para calcular el mercado potencial fue el siguiente: Primero se determinó el número de viviendas que existían en la isla, como estimado por la Junta de Planificación. A esta cifra se le restó el número de viviendas que, por una razón u otra, principalmente no se les pueden instalar calentadores solares, como por ejemplo, las residencias de madera y las que cuyo techo no es plano y los residenciales públicos. El número resultante fue aceptado como el mercado potencial de los calentadores solares.

El método utilizado por la oficina de energía, por lo simplista, tiene algunas deficiencias. En primer lugar, en este método no se toma en consideración que, aunque exista una facilidad física adecuada para la instalación del calentador, puede existir una restricción presupuestaria o de otra índole.

I apologize as the text provided is in a mix of English and Spanish and appears to have many typos and grammatical errors. I can attempt to correct it, but the context is not clear which makes it challenging to provide an accurate revision. As a result, the corrected text may not be entirely correct. Here's my attempt:

Please provide more context or a clear version of the text for a more accurate correction.

"Ducha? Han sido varias las familias que han manifestado demanda por calefactores convencionales existentes. Como primer paso para ver el mercado potencial de los calefactores solares, es relevante estimar el número de los calefactores eléctricos existentes. El método utilizado para estimar el mercado potencial de los calefactores solares fue el siguiente: primero, se contaron las familias que usan agua caliente, ya sea de un calefactor eléctrico convencional o de

ducha. De esta cantidad se excluyeron las unidades familiares para las cuales se determinó que la inversión en un calefactor solar no es económicamente viable. También se excluyeron aquellas familias que en el momento no cuentan con el servicio de agua caliente. Sus características económicas, podrían optar por agua caliente y la inversión en un calefactor solar podría ser la mejor alternativa para proveerse.

Para determinar tanto las unidades familiares que se consideraron como las que se excluyeron, se llevó a cabo un estudio de viabilidad de los calefactores solares bajo diferentes situaciones que pueden afectar esa viabilidad. Cabe señalar que, aunque atractivo, producir agua caliente para bañarse, la instalación de uno de estos equipos en lugares apropiados de la casa puede presentar ciertos obstáculos para los calefactores solares y los calefactores eléctricos convencionales.

27 en los que puede encontrarse la unidad familiar. Para llevar a cabo el análisis de viabilidad bajo estos diferentes escenarios, se han catalogado las unidades familiares en dos grupos. El primer grupo consta de las familias que tienen algún tipo de calefactor eléctrico, este grupo ha sido dividido en los siguientes casos: a) se tiene un calefactor eléctrico que aún tiene vida útil y es utilizado todo el tiempo b) se tiene un calefactor eléctrico que aún tiene vida útil y es utilizado sólo cuando se necesita c) se posee un calefactor de ducha aún con vida útil. El segundo grupo consta de las familias que no tienen calefactor de agua alguno y que se enfrentan a las..."

Tres alternativas de calentadores para proveer el servicio de agua caliente. Para realizar el análisis de viabilidad de los calentadores solares, se utilizó la técnica de costo-beneficio. Todo proyecto de inversión generará a través del tiempo una serie de impactos positivos y negativos que pueden ser clasificados como beneficios o costos. El análisis de costo-beneficio lo que pretende es identificar, cuantificar y comparar los costos y los beneficios que genera el proyecto, para de esta forma ayudar a la unidad decisoria a evaluar la conveniencia del proyecto. Esta técnica postula como objetivo maximizar el beneficio neto (BN) de la inversión que se está considerando. La función objetivo del análisis puede ser formulada como:  $BN = B - C$ , donde B es el beneficio total que genera el proyecto y C es el costo total en que se tiene que incurrir para llevar a cabo el proyecto. Un proyecto es aceptable siempre que los beneficios sean mayores que los costos, es decir cuando el beneficio neto es positivo. Cuando se estén considerando varios proyectos alternativos, son colocados en orden de preferencia, de acuerdo a su beneficio neto. El proyecto que genere el mayor beneficio neto será considerado como la mejor alternativa de inversión. A base de esto, se puede notar que la técnica de Costo-Beneficio está fundamentada en la racionalidad económica. Cuando se consideran más de un proyecto se procede de la misma forma en que proceden los individuos racionales cuando se confrontan con varias alternativas y seleccionan aquella alternativa que los coloca en el estado que más prefieren de acuerdo con sus objetivos. En el análisis de costo-beneficio, los beneficios pueden ser considerados como resultados por los cuales el individuo demuestra una preferencia, valorados a base de su disposición a pagar por ellos, y los costos como resultados por los cuales el individuo manifiesta una preferencia negativa, valorados a base de la compensación requerida para dejar a la persona igual que antes.

Por lo tanto, la maximización del beneficio neto es un procedimiento que permite a los individuos afectados por el proyecto evaluado estar en el estado que más prefieren. Un factor importante a considerar en el análisis de costo-beneficio es el factor tiempo. La mayoría de los proyectos de inversión, los beneficios y los costos no ocurren todos en un mismo punto en el tiempo, sino que son flujos a través de la vida económica del proyecto. Usualmente hay que incurrir en gran parte

de los costos en el periodo inicial y los beneficios se reciben más adelante durante la vida útil del proyecto. Por lo tanto, la variable tiempo debe ser incluida en la función objetiva del análisis. Para tratar el problema del tiempo hay que tomar en consideración que los individuos tienen preferencias intertemporales entre consumo en diferentes periodos de tiempo. De acuerdo a estas preferencias, le dan más valor al consumo presente que al consumo futuro, por lo que los impactos del proyecto no son conmensurables hasta que ambos sean actuales. Las preferencias intertemporales son guiadas por medio de una tasa marginal de preferencia intertemporal (TMPI). Si un consumidor es indiferente entre un dólar en un año y otro dólar el próximo año, entonces su TMPI es de uno por uno. Es importante señalar que las preferencias intertemporales son independientes del lugar donde se realicen las transacciones. Por lo tanto, la TMPI no debe ser confundida con la tasa de interés de mercado que es un fenómeno de un sistema particular de organización económica, aunque esta última bajo ciertas condiciones puede ser usada como proxy de la primera. La fórmula (1) debe ser modificada para incluir las preferencias intertemporales de los consumidores. Una manera natural de hacerlo es utilizando la TMPI, para colocar todos los impactos del proyecto a un valor equivalente en un punto en.

En tiempo, preferentemente en el período inicial. Esto es, se puede descontar todos los flujos futuros con la THPI, para calcular así el valor presente del beneficio neto (VPBN). Incorporando una MPT ajustada, la fórmula (1) puede ser reemplazada por la siguiente:

$Be$  = el valor presente del beneficio neto

$By_t$  = el beneficio en el período  $t$

$Gy_t$  = el costo en el período  $t$

$Pr$  = es la tasa de descuento

$T$  es el último período de la vida útil del proyecto.

Esta fórmula hace que todos los impactos sean convertibles al descontar los impactos futuros por una tasa de descuento, que los hace equivalentes a los impactos que ocurren en el presente. La fórmula (2) es la que se utiliza en el análisis de costo-beneficio, para determinar la viabilidad de un proyecto.

Según Robert Sugden y Alan Williams, los principios del análisis costo-beneficio, (Oxford University Press, 1981) para Beth Sata.

El análisis de costo-beneficio se ha utilizado principalmente para evaluar proyectos de inversión pública. Este puede ser efectuado desde una perspectiva social o una privada. Desde una perspectiva social, la función objetivo relevante es el valor presente del beneficio social neto (VPBSN), mientras que desde un punto de vista privado, lo es el valor presente del beneficio privado neto (VPBPN).

Desde una perspectiva privada, en la que el análisis se utiliza para establecer la viabilidad financiera de la inversión, solo se consideran aquellos impactos privados que afectan directamente a la entidad decisional. Esto es, los insumos internos del proyecto, los costos que tendrá que incurrir y los beneficios que recibirá si realiza la inversión. Desde esta perspectiva privada, los costos y los beneficios son valorados a los precios de mercado, ya que, dado el VPBPN como la función a maximizar, esta es la unidad de valor relevante.

Desde un punto de vista social, se incluirán todos los impactos que de una forma u otra pueden afectar las preferencias de la sociedad en pleno, por lo que esta perspectiva de análisis tiene su propia función.

Objective: In this analysis, we consider both the internal effects of interest and the external factors of the project. The external effects or externalities can be both positive and negative, that is, they are impacts of the project that can increase or decrease the utility of the rest of society, in addition to the costs and benefits. These are internal factors perceived by the decision-making unit.

An example of a negative externality is the environmental effects generated by a project, which, although they do not affect the decision-making unit in its role as an investor, do affect the society as a whole. To measure the impacts of the project, social analysis requires a unit of measure that adequately reflects the social evaluation of each impact. Market prices are acceptable for this purpose as long as there is no distortion in the market that prevents them from reflecting the social valuation. If such distortions occur, measures are constructed that correctly reflect the social valuation of the impacts of the project. These measures are known as "shadow prices". Shadow prices are also used to value those project impacts that do not have market prices. The discount rate used in both analysis perspectives can also be different. In private analysis, the discount rate can be approximated with the market interest rate. The market interest rate is determined by individuals' desires to save and borrow, as manifested through the demand and supply of funds.

The demand and supply of funds reflect the willingness to exchange future consumption to increase present consumption and the willingness to postpone present consumption for the future. Therefore, the interest rate that establishes the equilibrium of this intertemporal exchange between individuals can reflect private costs.

However, in addition to reflecting the desires of individuals, the market interest rate measures the element of risk inherent in the project.

Proceso de ahorrar y tomar prestado. Por esa razón, no existe una tasa única de interés. En el mercado existen diferentes tasas, lo que introduce un elemento de ambigüedad en la utilidad del interés del mercado como la PI. Por otro lado, al utilizar la tasa de interés como parámetro de la TNH, se presume que el consumidor está tomando decisiones al ahorrar y tomar prestado. Pero el proceso de maximización tiene la dificultad de que se contienen bienes en diferentes períodos de tiempo, tiene la dificultad de que no se conoce con certeza la restricción presupuestaria que se confronta, ya que esto equivale a saber la cantidad de recursos que entrará durante toda la vida. Por lo tanto, el resultado de esta maximización no necesariamente será un óptimo. La tasa de interés de mercado es una de las variables de la volatilidad económica básica, lo que es objeto de estudio por parte del consumidor, precisa que cada uno de ellos no compite en igual a la medida. Estas son algunas de las causas por las que en el análisis de costos-beneficios se utiliza la tasa de mercado como la tasa de descuento. Aunque en la literatura de costos-beneficios se encuentra un consenso en torno a las tasas de interés que se deben utilizar como tasa de descuento en el análisis de costos. Una de las tasas que se mencionan es la tasa de los bonos del gobierno. Dado que se considera libre de riesgo, se supone que refleja un juicio de valor en cuanto a la MFT social, debido a que esto debe ser una de las consideraciones utilizadas por los encargados de

establecer política económica, al fijar la tasa de interés de los bonos gubernamentales. En el análisis privado se utiliza la tasa de mercado que refleja la TUPI de la unidad de decisión, usualmente se aproxima esta con la tasa de mercado a la cual la unidad de decisión ahorra y toma prestado. Esta tasa de mercado también refleja el costo de oportunidad de realizar el proyecto bajo análisis, que tiene la unidad de decisión. Este es el criterio usado en este análisis.

**Costo-eficiencia:** Se han utilizado diferentes criterios para comparar el flujo de beneficios y costos y determinar la viabilidad económica de los proyectos. Entre estos criterios, los más utilizados son el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Con el criterio del VPN se utiliza la siguiente regla de decisión: aceptar el proyecto si el VPN es mayor que cero y rechazarlo si éste es menor que cero. Si el VPN es mayor que cero, indica que el valor presente de los beneficios generados por el proyecto durante su vida económica es mayor que el valor presente de los costos en los que se incurre para obtener esos beneficios.

El criterio de la Tasa Interna de Retorno (TIR) requiere que la tasa de rendimiento implícita en el flujo de costos y beneficios del proyecto sea calculada y luego comparada con la tasa de descuento que se considere apropiada. La TIR del proyecto es aquella tasa de descuento que hace que el valor presente del beneficio neto sea igual a cero. Esta puede ser calculada resolviendo el siguiente polinomio para 1:

La regla de decisión en este criterio es, aceptar el proyecto si la TIR del proyecto es mayor que la tasa de descuento relevante, de lo contrario, se rechaza el proyecto.

La utilización de la TIR tiene algunas limitaciones tales como:

(a) Esta es sensible a la vida económica del proyecto. Cuando se comparan proyectos con diferentes duraciones, la TIR revela como preferido a los proyectos de más corta duración.

(b) Raíces múltiples: cuando se calcula la TIR, es posible obtener más de una tasa que resuelve el polinomio. Esto ocasiona ambigüedad en cuanto a la selección de la TIR que se va a utilizar entre todas las existentes. Esto ocurre solamente cuando el término cambia de signo más de una vez de un periodo a otro, a través de la vida útil del proyecto, si este es positivo.

Los periodos siguientes hasta el final de la vida económica del proyecto, entonces existe una tasa positiva que soluciona la fórmula (3). (e) Cambio en la tasa de descuento, La TPI puede cambiar a través del tiempo de duración del proyecto bajo análisis. Si esto sucede, existe arbitrariedad en cuanto a escoger la TPI, con la que se comparará la TIR. Sin embargo, el criterio de la TIR cuando se obtiene una tasa única y evalúa un solo proyecto, nos lleva al mismo resultado que el VPBN. Esto puede verse en la gráfica T, que establece la relación que hay entre el VPAN y la TIR. Si la tasa de descuento fuera mayor que la TIR, por ejemplo, el proyecto se rechazaría por ambos criterios, ya que el VPBN es negativo y la TIR mayor. Por otro lado, si la tasa de descuento fuera menor que la TIR, el proyecto se aceptaría también por el criterio del VPBN, ya que a esa tasa este sería positivo.

**Análisis de coste-efectividad:** Una variante de la técnica de costo-beneficio es el análisis de "Coste-efectividad". Este análisis trata de determinar cómo un nivel dado de beneficios puede ser logrado al costo mínimo posible. Este método se utiliza cuando se está seleccionando entre proyectos mutuamente excluyentes que producen un mismo nivel de beneficio bien definido. En

este caso, en vez de tener que medir el flujo de beneficios y costos como en el caso del análisis de costo-beneficio, solo se tiene que cuantificar el flujo de costos para diferentes proyectos alternativos, y se selecciona el proyecto cuyo valor presente de los costos sea menor.

Criterio de decisión utilizado en el estudio: En este estudio se utilizó el VPBN, como el criterio de decisión, en los casos, antes especificados, donde se percibe tanto un flujo de costos como de beneficios durante la vida útil del proyecto.

Calentador solar de agua. Estos son los casos donde la unidad de decisión posee un calentador eléctrico convencional o calentador de ducha que desea sustituir con un calentador solar. En estos casos también se computará la TIR, ya que el hacer esto permitirá establecer la tasa de descuento efectiva que hace viable la sustitución cuando se utilicen en el análisis diversas tasas de descuento. En el caso en que el posible comprador no tiene al presente calentador de agua y considera adquirir uno por primera vez, se utilizará el análisis de "costo-efectividad" para evaluar la decisión de inversión. Este análisis es relevante en este caso debido a que se tienen proyectos mutuamente excluyentes como alternativas para obtener un mismo nivel de beneficio de agua caliente: calentador solar, calentador eléctrico convencional y calentador de ducha. En este caso, el beneficio es el valor de la utilidad que derive el posible comprador del servicio de agua caliente, magnitud desconocida, ya que el consumidor no había manifestado previamente su disposición a pagar por este servicio. Sin embargo, ya que esa magnitud no varía para las diferentes alternativas, su cuantificación puede obviarse y decidir a base del costo, que sí puede establecerse con precisión para cada alternativa.

Procedencia de los datos. Para obtener el número de familias en la isla que tienen calentador eléctrico convencional o calentador de ducha, se utilizó un estudio realizado conjuntamente por el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales y el Departamento de Economía del Recinto de Río Piedras, ambos de la Universidad de Puerto Rico. En este estudio se obtuvo información sobre el acervo de estos enseres en las viviendas de Puerto Rico a principios de 1981. Para hacer este estudio se utilizó como fuente de datos un suplemento añadido a la encuesta mensual del Departamento del Trabajo, utilizada para recopilar estadísticas en cuanto al "status" de empleo de la fuerza trabajadora del país.

Según lo que se ató a la primera encuesta del departamento del trabajo, consiste en un cuestionario sobre el uso y consumo de electricidad, acervo de enseres eléctricos, prácticas de conservación de energía y otras. La muestra que utiliza la encuesta del departamento es del trabajo de Emake Rodríguez y otros, "Distributional and socio-economic Impacts of Electricity" en la población de Puerto Rico. (San Juan, marzo 1983).

El trabajo contiene ocho submuestras, cada una de las cuales es por sí misma una muestra representativa de las viviendas y la población de Puerto Rico. El cuestionario sobre el uso de energía fue administrado solo a dos de estas submuestras. Estas submuestras incluyeron un total de 1,961 familias, pero como cada una de estas es individual y representativa del universo, no existe problema alguno al utilizar dos de ellas.

La muestra del Departamento del trabajo es aplicable para estimar el acervo de calentadores eléctricos y de ducha en Puerto Rico, ya que en ambos casos el universo es la totalidad de viviendas en Puerto Rico. Por lo tanto, utilizando los resultados de esta muestra se puede

extrapolar para estimar el número de estos enseres existentes en Puerto Rico.

Del referido estudio se obtuvo información sobre las características socioeconómicas de los poseedores de enseres que producen servicios de agua caliente, incluyendo los calentadores solares. Esta información es útil también para especificar la extensión del mercado potencial.

Para obtener los datos que se necesitaban sobre los calentadores solares de agua, los calentadores de ducha y los calentadores eléctricos convencionales, se realizó una encuesta entre los productores y distribuidores de estos equipos. Se entrevistó a seis de los 28 distribuidores de los calentadores solares. Es importante señalar que la información obtenida de esta forma, no varió mucho de un productor o distribuidor de los calentadores solares a otro.

Los calentadores eléctricos convencionales de tanque fueron revisados tras entrevistar a tres de los distribuidores de estos equipos. En cuanto a los enseres y calentadores de ducha, se entrevistó a dos de sus distribuidores. Los datos en cuanto al gasto de electricidad que incurre un calentador eléctrico fueron obtenidos de publicaciones de la Autoridad de Energía Eléctrica; el consumo de electricidad de los calentadores de ducha, según la especificación que acompaña estos enseres.

En los últimos años se han realizado varios estudios económicos de los calentadores para uso residencial en Puerto Rico. En todos estos estudios, el beneficio de la inversión se define como el ahorro en electricidad logrado como consecuencia de sustituir un calentador eléctrico convencional por un calentador solar. Sin embargo, las variables que se han tomado en consideración y la metodología que se ha utilizado para analizar los datos, han variado de un estudio a otro.

El método de calcular el período de cobro de la inversión fue utilizado en dos de estos estudios de calentadores solares, uno realizado por Plaza, Soderstrom y Peterson, y otro por Nestor Ortiz. Este método consiste en calcular el período de tiempo necesario para que los beneficios generados por el proyecto igualen la inversión inicial. Según este método, cuando se están evaluando diferentes alternativas, el proyecto que recupera sus costos en un período de tiempo menor es considerado la mejor alternativa de inversión.

En el caso de que sólo se analice un proyecto de inversión, mientras más corto sea el período de recuperación de la inversión, mejor será el proyecto en cuestión. Si la recuperación de la inversión no se logra en ningún momento durante la vida útil del proyecto, entonces este no es económicamente viable.

En el estudio de Plaza, Soderstrom y Peterson se consideró el caso de una familia de cinco miembros que consume 240 Kv/h mensuales para calentar agua. El precio del calentador solar que se utilizó fue de \$909.00 y se

Tom's consideration in the analysis was a rate of increase in the effect of the location/hour, the analysis was carried out for two different scenarios that were constructed from a new way of financing in the solar heater, considering the following forms of financing: 1) 40% of the solar heater inventor Ortiz, solar water heating applications show much value.

Revista del Collegiate of Engineers quotes agreement 48 Fort 65, without Yuan B Speed TAP etc. Breton G. Saxons 4 Villan A, Sanitary content beneficial Analyst A Handbook, (New York:

Academic Press).

43 solar b) loan of 4900, within 24 months c) include solar units in the analysis of a new residence. It was found that the amortization cost for each of the investors is 4.5, 5.7, and 3.4 respectively. The cost of an electric heater was installed in four houses at 140°, in four units of electricity consumption depending on the number of members and the use of hot water, it was found that the consumption of electricity for heating for these families fluctuated between 50 and 309 kW/month. The analysis considers the reduction in electricity cost for these families who would save from 159 to 400 kW by switching to the solar heater.

Analyzing the subsidy on electricity consumption, the result of the cost study of the investment can be observed that these two studies of investment in a heater that the recovery of the initial investment is made in a short period of time, relative to the life of the system which is twenty years. These studies have scientific deficiencies.

In the first place, the method used is not the most appropriate, since it assumes that the flow of saved expenses has the same value even if this expense is more distant in time, it has a higher immediate cost due to the difference that the consumer by its consumption in the present over future consumption, this method is considered.

"Perfecciona el principio de la inversión de la misma ponderación (inversión en lo que se beneficie base 64 criolla), si no utilizas una tasa de valor presente todos los impactos que alteran la magnitud del beneficio se toman. Esto es del periodo de recobro de la inversión. La eficiencia de estos estudios es que sólo se sincroniza en caso de utilización más eficiente del calentador eléctrico convencional, es decir, en el que éste se mantiene al lado. Esto hace que la inversión sea atractiva, quizás sobrecoste, se utiliza para analizar la viabilidad de considerar su valor de rendimiento de inversión (ROI). Este estudio se realizó en un estudio que habla sobre los beneficios de los calentadores solares en la región sur de los Estados Unidos, donde se incluye a Pue. O, 3 DW., Pearce, coste-energía (Londres: Millin Press, 1977, pag. 7a. "David G. Pott, Retorno sobre inversión de un calentador solar en la electricidad del mercado, ese es el costo real de menos los créditos contributivos que se le otorgan al que invierte en un calentador solar. En este análisis se considera el ahorro en electricidad comparando el eléctrico convencional por uno solar, el costo que rige es el de una familia que consume por año y usa más un calentador eléctrico convencional. Se presume que el calentador solar utiliza el 5 por ciento del total de energía utilizada por el sol, el consumo de electricidad que se utilizó fue un promedio en cada jurisdicción, con un 10 por ciento de incremento anual. El método de cálculo del rendimiento de la inversión en un calentador solar tiene ventajas y desventajas. El método del estudio no considera la preferencia intertemporal del valor del dinero en el tiempo y no considera la amortización del periodo de la vida útil de la inversión. Finalmente, como parte de un estudio en el que se investiga el efecto de los sistemas."

Estudios de calentamiento solar y enfriamiento sobre el servicio eléctrico en Puerto Rico, cuantifica el beneficio obtenido como consecuencia de utilizar un calentador solar de agua en lugar de uno eléctrico. Para esto se seleccionaron dos grupos, cada uno compuesto por tres usuarios de la Autoridad de Energía Eléctrica. El grupo I utilizaba el calentador eléctrico convencional, para proveer el servicio de agua caliente y el grupo II utilizaba un sistema solar. Los dos grupos tuvieron

una correspondencia de uno a uno en cuanto a situación económica, tamaño de la familia, modo de vida y consumo de energía eléctrica. Para estos dos grupos se midió el consumo de electricidad utilizada para calentar agua, durante un período de 26 días. En promedio cada consumidor del grupo I consumió 182.42 Kv/h y cada consumidor del grupo II 66.21 kv/h, una diferencia de 116.21 kv/h. Se puede notar, según la información anterior, que hay un ahorro significativo en el consumo de electricidad con la instalación de un sistema solar en reemplazo de uno eléctrico.

Una limitación de este estudio es que al igual que otros estudios citados, solo se considera el caso en que se mantiene el calentador eléctrico funcionando todo el tiempo. Este estudio no valoró los datos sobre el ahorro de energía ni el costo de la inversión, por lo que no tiene resultados en cuanto a la viabilidad económica de los calentadores solares, aunque estos resultados parecen indicar que en este caso específico, dado el ahorro de energía, la inversión podría ser viable.

Finalmente, se realizó un estudio sobre la viabilidad económica de los calentadores solares, utilizando el valor proveniente del beneficio neto, como criterio de decisión. En este estudio se diseñó una guía para determinar la viabilidad económica de los calentadores solares. Para esto se tabularon los pasos intermedios del análisis, bajo diferentes escenarios que tomaban en cuenta diferentes variables que pueden afectar la viabilidad económica.

Efectuar la viabilidad de la inversión. Estos escenarios difieren en cuanto al consumo de electricidad, dependiendo de los usos que el consumidor le da al agua caliente; lavar ropa, lavar platos, y bañarse. La calibración del calentador eléctrico, 130°F a 140°F; el tamaño de la unidad familiar, y el modo de financiar la inversión. Luego que se tuvo esta información tabulada se establecieron 15 escenarios que, dependiendo de la situación en que se encuentre inicialmente la unidad decisional, la refieren a diferentes situaciones para computar el valor presente neto aplicable a su caso y así determinar si el uso del calentador solar es económicamente viable.

Agberto Arias Hernández, "Guía para determinar la viabilidad de los calentadores solares para el uso residencial en Puerto Rico", 1943.

Arias realizó su análisis solo para el caso en que el consumidor hace uso controlado del calentador eléctrico. Pero en su estudio, Arias pretende establecer una guía para determinar la viabilidad económica del calentador solar, se analizan situaciones muy detalladas para casos específicos que resulta difícil generalizar para llegar a conclusiones generales sobre la viabilidad de los calentadores solares. No obstante, se señala en el estudio que todo parece indicar que mientras más numeroso sea el grupo familiar mayor es la probabilidad de que el calentador solar sea económicamente viable. El método del presente estudio es similar al que utilizó Arias en su investigación, sin embargo Arias solo analiza uno de los casos que se consideran en esta investigación, que analiza otras situaciones en las que puede ocurrir la decisión de inversión en un calentador solar.

**CAPÍTULO IV RESULTADOS** Introducción: este estudio realiza un análisis de la viabilidad de la inversión en los calentadores solares para uso residencial en Puerto Rico y se estima el mercado potencial de estos enseres. Para hacer el análisis de viabilidad se

Se utiliza un modelo de costo-beneficio, en el que el mercado potencial se estima en base al número de familias que pueden costear la inversión y que, además, de acuerdo al análisis de viabilidad, la inversión les resulta viable. Este capítulo presenta el resultado de estos análisis. La primera sección discute algunas de las variables y parámetros que son importantes para el análisis de viabilidad y determinación del mercado potencial. En primer término se determina el acervo de enseres para calentar agua existentes en Puerto Rico y se discute el gasto de electricidad requerido para su operación. Luego se discute la proyección del precio de la electricidad para el período de duración del proyecto, que es de 20 años. El precio del kWh es una de las variables principales para determinar la magnitud del ahorro o pérdida, que es el beneficio principal de la inversión en el calentador solar. Dentro de esta sección también se discute el tamaño adecuado del calentador solar en Puerto Rico, conforme al tamaño de la familia y el uso que se le da al agua caliente. De este parámetro depende el tamaño de la inversión. Por último se discuten las tasas de descuento utilizadas en el análisis para convertir a valor presente los flujos futuros de beneficios y costos. La segunda sección se dedica al análisis de viabilidad del calentador solar bajo diferentes escenarios en los que se podría ubicar el comprador potencial. Finalmente en la última sección se hace la determinación del mercado potencial de los calentadores solares. Determinación de variables y parámetros antes para la determinación de variables y parámetros relevantes para el estudio. Enseres disponibles para el calentamiento de agua en Puerto Rico. Las familias puertorriqueñas utilizan al presente tres tipos de enseres para obtener el servicio de agua caliente, el calentador eléctrico de tanque, el calentador solar y el calentador de ducha. De estos equipos, los primeros dos proveen agua caliente para todos los usos, mientras que el último...

El calentador de ducha usualmente se utiliza exclusivamente para proveer agua caliente para bañarse. Sin embargo, si calentadores de este tipo son colocados en otros lugares estratégicos en adición a la ducha, también pueden proveer agua caliente para todos los usos. Los calentadores eléctricos de tanque y los calentadores de ducha se han utilizado tradicionalmente en el país.

Es por eso que los calentadores solares se han utilizado en años recientes, según se menciona en el capítulo dos. La tabla 4 presenta datos sobre estos enseres que existían en Puerto Rico en 1931. Los datos fueron obtenidos de una encuesta realizada por el Departamento de Economía de la Universidad de Puerto Rico y el Centro de Estudios Energéticos y Ambientales de esta misma institución, como parte de un estudio sobre los impactos socioeconómicos y distributivos de los aumentos en el costo de la electricidad sobre la población de Puerto Rico. Según esta encuesta, el 30 por ciento de las familias en la isla poseen calentadores eléctricos de tanque. A base de este porcentaje y el total de familias en Puerto Rico, se calcula el número de viviendas que tenían este enser en el país. Estas son 286,340 del total de 867,697 viviendas que había en Puerto Rico en 1931. La encuesta también reveló que el 22 por ciento de las viviendas en Puerto Rico poseen calentadores de ducha (ver tabla 4). Esto significa que en el país existen alrededor de 190,930 viviendas con estos enseres.

La cantidad es tan importante que se decidió incluir como uno de los escenarios para el análisis de viabilidad del calentador solar. La alternativa en la que la unidad familiar va a sustituir un calentador de ducha. Los calentadores de ducha han sido planteados como una buena alternativa al calentador eléctrico de tanque para reducir el consumo de energía.

Tabla 4: Número de calentadores de agua en Puerto Rico, año 1931

Tipo de calentador | % | Cantidad total de viviendas que poseen el calentador

Calentadores disponibles al contado: Calentador de tanque 3B - 286,340, Calentador de ducha 22 - 90,893, Calentador solar 2 - 17,435. Fuente: Ernesto Rodríguez y otros, Distribución y Sociedad en la Población, (San Juan; Centro para Estadísticas de Puerto Rico, 1983) vol. 87, 92 y 95. \* Datos de la encuesta \*\* Datos obtenidos aplicando los porcentajes de la encuesta al número total de viviendas en el país (867,97), que representa el universo de la muestra.

53. Considerar el gasto de electricidad de calentar agua. Evan Powell afirma que este tipo de aparato puede disminuir en gran magnitud la cantidad de kW/hr que se utilizan para ese propósito. La ventaja que tiene este tipo de calentador es que calienta el agua en la cantidad y en el momento en que se utiliza, de forma que no se desperdicie energía por el enfriamiento del agua caliente almacenada, como en el caso del calentador eléctrico de tanque. En este mismo artículo se plantea que calentadores de ducha pueden ser ubicados en varios lugares estratégicos de la casa para obtener así agua caliente para todos los usos requeridos por la familia. Según la encuesta aludida y como puede ser observado en la Tabla 42, solo el dos por ciento de las viviendas en la isla poseen calentador solar como sistema de calentamiento de agua. Esta proporción representa un total de 17,351 calentadores solares instalados en Puerto Rico. Esta cifra, obtenida proyectando los resultados de la encuesta, se aproxima bastante al estimado de 16,737 sistemas solares residenciales disponibles en el país en 1981, realizado por la oficina de energía. En la Tabla 42 se resume la distribución de los tres sistemas de calentamiento de agua por nivel de la familia. Estos datos fueron obtenidos también de la encuesta.

Referencia: Sevan Powell, "Tankless Water Heaters: New Way to Lower Your Energy Bill", Popular Science, Vol. 217 (Febrero, 1982) páginas 29-47, ver tabla 2.1.

(toquond snbues op e103 dopeuareo) Esta parte del texto es incomprensible y necesita más contexto para ser corregido.

The text appears to be in Spanish with a mix of possibly encoded or garbled information at the beginning. I can correct the Spanish portion, but I'm unable to decode the initial part. Here's the corrected Spanish part:

---Página Interrumpida--- 55 referencia anteriormente. De acuerdo a estos estimados, el 30 por ciento pertenece a familias con un ingreso de 10,600 dólares o más. Esto indica que los calentadores eléctricos convencionales están distribuidos uniformemente entre familias de todos los niveles de ingreso. Por otro lado, tal parece que los calentadores de ducha son considerados en Puerto Rico como un bien inferior, ya que su utilización está limitada a familias de bajos ingresos. Alrededor del 5% por ciento de los calentadores de ducha existentes en la isla pertenecen a familias de ingresos anuales menores de 5,900 dólares y 28 por ciento a familias de ingreso anual entre cinco mil y 9,999 dólares (ver tabla 4.2). Por lo que el 82 por ciento de estos enseres están en manos de familias cuyo ingreso anual es igual o menor de 9,999 dólares. En contraste, los calentadores solares están distribuidos mayormente entre familias de ingreso moderados y altos. Estos enseres están distribuidos por nivel de ingreso en la siguiente forma: el

4% del total pertenecen a familias cuyo ingreso es igual o menor a 4,999 dólares anuales, 30 por ciento a familias cuyo ingreso anual es de 10,000 dólares o más. Con esta evidencia se puede concluir que la mayoría de los calentadores de agua solar pertenecen a familias de ingresos medios y altos. Consumo de electricidad de los sistemas de calentamiento de agua. Una variable importante para el análisis de viabilidad.

---Página Interrumpida--- 56 La economía de los calentadores solares es el ahorro en energía eléctrica que conlleva su uso, bajo los diferentes escenarios de las fuentes alternas para proveer agua caliente que sustituye. Estas son; la utilización continua de un calentador eléctrico de tanque.

Mantenido encendido las 24 horas, el uso moderado del calentador eléctrico convencional mantenido encendido solo el tiempo necesario y la utilización del calentador de ducha, con el fin de determinar ese ahorro en energía se examina el consumo de electricidad bajo cada una de estas alternativas. En los casos en que está involucrado el calentador eléctrico de tanque se considera uno de 20 galones calibrado a 120°F. Se tomó este tamaño debido a que es el adecuado para una familia de cuatro miembros, tamaño promedio de la familia en Puerto Rico. Según los datos del censo de la población de 1989. El tamaño adecuado de un calentador eléctrico de tanque se calcula a base de un consumo de cinco galones de agua caliente por persona. En el caso del calentador de ducha se escogió uno que utiliza una carga de 3.5 kilovatios. Este tipo de calentador de ducha es el que más se usa en la isla, de acuerdo a los distribuidores de este enser. El consumo mensual de estos enseres bajo las condiciones especificadas se presenta en la tabla 4.3. Los datos sobre el consumo del calentador eléctrico de tanque fueron obtenidos de la autoridad de energía eléctrica, mientras que los datos del consumo de energía del calentador.

---Página de descanso---

3 Tabla 4.3 Consumo Mensual de Electricidad de los Diferentes calentadores de agua.

Tipo de calentador   Consumo de electricidad en kW/h
Calentador eléctrico de tanque - Uso continuo   225
Calentador eléctrico de tanque - Uso limitado   60
Calentador de ducha   70
Calentador solar   0

Fuentes: Autoridades de energía eléctrica, fuentes de datos propios y controle su consumo (Eficiencia energética en kWh)

Especificación del fabricante del enser.

---Página de descanso---

58 de ducha se estimaron utilizando la especificación que acompaña a estos enseres. Según la Tabla 4.3, cuando el calentador eléctrico es utilizado todo el tiempo, el consumo mensual de energía eléctrica del enser es de 225 kW/h, este estimado de la autoridad de energía coincide con los estimados independientes hechos por Néstor Ortiz y Ravina, en los trabajos.

Discutidos anteriormente, por lo tanto, se toma esa cifra como una aproximación adecuada del gasto de electricidad para calentar agua, bajo el escenario en que el enser es utilizado

continuamente. El consumo de electricidad estimado para el caso en que la unidad familiar hace uso limitado del calentador eléctrico es de 73 kW/hr al mes, como lo muestra la Tabla 4.3. Este estimado, según los datos de la autoridad de energía eléctrica, corresponde al consumo de electricidad en que incurre un calentador eléctrico convencional de 20 galones calibrado a 120°F si se mantiene encendido hasta que el agua caliente alcanza temperatura. Esta cifra también se aproxima al gasto de electricidad de este equipo si se encendiera por una hora dos veces al día. El consumo mensual de energía eléctrica del calentador de ducha es de 70 kW/hr al mes, esta cifra se obtuvo utilizando el dato de 3,5 kW como la carga requerida por el equipo.

58. Presumiendo que cada miembro de la familia mantiene el calentador encendido por 10 minutos cada día. El calentador de agua consume menos de 10 kWh de energía eléctrica al mes, por esta razón se considera su consumo de electricidad como cero, para fines del análisis del precio de la electricidad. El costo de la energía eléctrica es otra variable que afecta significativamente la viabilidad económica del calentador solar. El precio del kW/hr es el que condiciona el ahorro en el consumo de electricidad para establecer el valor del beneficio de la inversión en un calentador solar, esto es, un ahorro en el gasto de electricidad como consecuencia de cambiar un sistema eléctrico de calentamiento de agua por uno solar. Si el proyecto tiene un periodo de duración de 20 años (vida útil del calentador solar) ha sido necesario hacer una proyección del precio de la electricidad para uso residencial. Se definió un modelo de regresión en el cual se expresa el precio del kW/hr como función del tiempo. De esta forma se pudo determinar la tendencia que ha seguido el precio de la electricidad en el tiempo.

Intento de predecir en el pasado con esta se puede determinar el precio futuro del precio del kw/h. Sin embargo, debido a que el subsidio sobre el consumo de energía eléctrica que existe en la lista, hace que algunas sectores de calentador solar con sistema auxiliar de energía extra adicional hace uso de la electricidad cuando ocurren varios días nublados consecutivos.

50 familias tuvieron un precio del kw/hr de gas bajo, se realizaron 408 proyectos: uno y otro es el precio del kw/hr con subsidio y otra para el precio sin subsidio que se utiliza en el análisis de precio promedio por período de tiempo. Para realizar la proyección del precio del kw/h sin subsidio, se utilizaron datos desde 1956 hasta 1987, obtenidos de la energía. La tabla presenta datos que incluyen una variación de PEP en el precio sobre el costo de la energía. El caso del precio sin subsidio fue el siguiente: si se considera la variable (59006) (090333) para el precio del kw/hr sin subsidio, la diferencia entre los parámetros corresponden a la desviación estándar de los parámetros.

Para este modelo todos los parámetros son significativos a un nivel de confiabilidad de un cien por ciento. La proyección del precio del kw/hr con subsidio se hizo utilizando datos desde 1974 (año en que se estableció el subsidio) hasta 1982. Estos datos aparecen en la tabla. Para tener suficientes observaciones para poder estimar los parámetros esenciales, se utilizó el precio promedio del kw/hr por trimestre en vez de usar datos anuales. En este caso, el que mejor ajusta, utilizando el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO), fue el siguiente (#8992) donde: 14, es el precio del kw/hr con subsidio, teniendo en cuenta que se expresa en trimestres. Los paréntesis corresponden a la desviación estándar de los parámetros. En este modelo todos los parámetros son significativos a un 95 por ciento, como el estadístico de prueba.

La autocorrelación de primer grado sea igual a cero. Para resolver este problema presente de autocorrelación y asegurar la eficiencia de los parámetros, se utiliza el método de estimación de los mínimos cuadrados generalizados (1:0G). El modelo armado con este método fue el siguiente:

Tabla 1. Precio del Kv/hr con subsidio desde 1974 hasta 1982

Año	Cuatrimestre	Precio del Kv/hr
1977	1	4.329
1978	1	4.69
1979	1	
1980	1	
1981	1	
1982	1	

Fuente: Autoridad de Energía Eléctrica

$$PF .0421186 - 901230238 + .0001D97\phi^2 (40023) (0005) \phi - 0005) R = 9352 = 115.440$$

En este caso, todos los parámetros son significativos a un 95 por ciento de confianza y de acuerdo a la prueba Durbin-Watson, no existe autocorrelación de primer grado. La Tabla 4.6 muestra la proyección del precio del Kv/hr, con y sin subsidio, obtenida con los modelos discutidos. En el caso del precio por Kw/hr, la proyección por cuatrimestre se procedió a convertir en precio anual.

Para realizar el análisis de viabilidad era necesario ajustar estas proyecciones del precio del Kv/hr para 20 años, sin embargo, uno debe estar consciente de que una proyección para un periodo de tiempo más prolongado hace que los resultados pierdan precisión. Las correcciones que generaron los datos utilizados para estimar el modelo, pueden cambiar drásticamente en un corto plazo.

Tabla 4.6 Proyección del Precio del Kv/hr de 1983 al 2002

Año	Precio Proyectado
1983	
1984	
1985	
1986	
1987	
1988	
1989	
1990	
1991	
1992	
1993	

1994 |  
2002 |

1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 (long) Price of kv/nr without subsidy was 13,462, 15,067, 16,822, 13,74, 20,830, 25,58, 28,184, 31,620, 34,060, 32,31, 40,779 respectively. With subsidy, it was 24,599, 65.

Error 66 was insignificant. The fact that the models adjusted well, however, doesn't necessarily mean that the predictions will come true. The prediction, which is the factor that affects the cost of kv/hr in Puerto Rico the most, is very unstable and can change significantly in the future. In addition, the development of new technologies for electricity can affect the cost of electricity considerably. This is why a careful decision to build another conservative for the price of kv/hr in Rome is to strengthen the analysis. This is constructed from the price of kv/hr from 1983 to a constant, which brings back the performance of the project. Two scenarios of high and low realization help to determine how sensitive the results of the analysis are to changes in the price of kv/hr.

The size of the water heater is an important factor for the feasibility analysis of solar heaters. The determination of the adequate size of these systems, as mentioned in chapter two, is suggested by the Office of Energy in Puerto Rico. This method assumes that each square quarter of a solar light collector receives, on average, sufficient heat energy to raise the temperature of approximately 1.5 gallons of water from the ambient temperature (89°F) in Puerto Rico to about 130°F. It also assumes that each person uses about 15 gallons of water to bathe, that 20 gallons of water are consumed for each dishwasher use, and that 49 gallons are used for each laundry load.

The storage capacity of the hot water tank tends to be... (The text ends here and seems incomplete)

Revisando los números y las cifras de las cantidades de agua requeridas por una familia para las diferentes necesidades del sector (niños, adultos, ancianos, etc.), se puede calcular la capacidad necesaria de un tanque de almacenamiento. Este debe tener en cuenta factores como la eficiencia de las colecciones de energía solar, como SWE y otras. Las medidas requeridas son de 16 y 20 metros cuadrados. Para determinar cuántos colectores se necesitan, debe ser aprobado y adaptado a múltiples de 16 o 20. Las consideraciones de temperatura son esenciales. La Oficina de Energía normalmente considera que los 15 galones de agua que cada persona usa para bañarse están a 130°F, como se proporciona por el calentador solar, en lugar de considerar agua a 169°F, que es la temperatura que normalmente se usa. Por lo tanto, la capacidad del tanque de almacenamiento debe basarse en los 15 galones. La temperatura deseada de 100°F se lograría mezclando agua a 60°F (temperatura ambiente del agua en Puerto Rico) con agua a 130°F proporcionada por el calentador solar. Para estimar la capacidad correcta del calentador solar, hay que determinar la cantidad de agua a 130°F que hay que mezclar con agua a 60°F para obtener 15 galones de agua por persona a 100°F. La siguiente fórmula sirve para este propósito. Al resolver la ecuación (1) se obtiene que  $H(t)$  es igual a  $V$ . Sustituyendo los valores, se encuentra que  $V$  es igual a 9. Dado que una persona necesita 15 galones de agua para bañarse, se tiene que  $V$  es igual a 15. Pero, ya que por (3)  $V$  es igual a 1.5, tenemos que 9 es igual a 1.5. Entonces, se necesitan nueve galones de agua a 130°F para obtener 15 galones de agua a 100°F (temperatura

agradable para bañarse). Por lo tanto, al calcular el volumen necesario del tanque de almacenamiento del calentador solar, se deben estimar nueve galones de agua por persona para bañarse una vez por día, en lugar de quince galones. Si la familia consta de cuatro miembros, cada uno necesita.

Uno de 60: lote compuesto por dos colectores de 20 pies. De estos sesenta galones, el 2% sería utilizado para desinflarse y quedarían disponibles 36 galones para otro uso. Debido a que un porcentaje bajo de las familias en Puerto Rico poseen lavaplatos, no se considera este uso en el cálculo de la capacidad total de los colectores. El estudio requiere la utilización de una tasa de descuento para convertir el flujo de beneficios y costos del proyecto a su valor presente, para de esta forma compararlos y recomendar o no recomendar la inversión. La tasa de descuento apropiada es aquella que se aproxima a la tasa de mercado. Según una encuesta realizada por el Departamento de Economía y el Centro de Estudios Energéticos de la Universidad de Puerto Rico, sólo el 1,6% de las familias en el país poseen lavaplatos.

Se utilizarán dos tasas de interés para descontar el beneficio neto del proyecto: 9 por ciento y 15.5 por ciento. La tasa de nueve por ciento aproxima la tasa de interés de los certificados de ahorro en el segundo semestre de 1960. Por lo tanto, se tomará la tasa de descuento relevante para las familias que adquirirían el calentador solar financiando el monto de inversión con sus propios recursos financieros. En este caso, la tasa de descuento relevante es el costo de oportunidad de los fondos, es decir, la tasa a la que la unidad familiar ahorra, suponiendo que ésta aproxima su tasa marginal de preferencia intertemporal. Esta tasa de nueve por ciento también puede ser la tasa de descuento relevante para las familias que, aunque financiarían la inversión con dinero prestado, pueden hacerlo a una tasa de interés baja, como las que ofrecen las cooperativas de ahorro. La tasa de 15.5 por ciento es la tasa de interés de los préstamos a Título 1, en este momento, que es el tipo de financiamiento que suelen cubrir los distribuidores de los calentadores solares. Por esta razón se considera el 15.5 por ciento.

"Como dos tasas de descuento relevantes para fuente de Finanzas: las familias que tengan que utilizar estas dos tasas de descuento, una alta y otra baja, en diversas situaciones bajo las cuales el calentador solar tendría que ser viable.

En términos de viabilidad de los calentadores, el proyecto que aquí se plantea es la inversión en un calentador solar para uso residencial. El período de tiempo del proyecto es de 20 años, que corresponde a la vida útil del calentador solar. Se analiza la viabilidad de la inversión para una familia de cuatro miembros, que es el tamaño promedio de la familia en Puerto Rico. El análisis se hizo bajo distintos escenarios que describen situaciones en las cuales podría ubicarse al inversionista potencial.

Estas situaciones explican la manera en que la familia obtendría el agua caliente. A continuación, descripción de los escenarios e identificación de los costos y beneficios en los escenarios considerados en la inversión:

1. La familia tiene un calentador eléctrico convencional que funciona todo el tiempo.
2. La familia tiene un calentador eléctrico convencional y lo utiliza solo cuando lo necesita.
3. La familia posee un calentador de agua solar que utiliza a diario.

#### 4. La familia no posee calentador de agua.

Los primeros tres escenarios...

...consideran el gasto de energía para calentar agua en que incurre la familia en el presente. Como se vio anteriormente, este varía de un escenario a otro. Bajo el cuarto escenario, la familia no está incurriendo en gasto de electricidad para calentar agua. Para los primeros dos casos, el calentador solar sustituye la utilización de un calentador eléctrico de 20 galones con una vida útil de 20 años. El consumo de electricidad de este equipo se mantiene encendido."

"Lote de ocasiones. En este mes, mientras que parece que es el caso en que se hace uso limitado de un calentador, es de 1) Kv/h. En este tercer escenario, en el cual la familia posee un calentador de ducha, considera un equipo que funciona con una carga de 3.5 kilovatios y tiene una vida útil de 10 años. En este caso, se estima que la unidad familiar usa al mes para el calentamiento de agua. Para estos tres casos, se observa tanto un flujo de costos como un flujo de beneficios, por lo que se utilizó la técnica de costo-beneficio para realizar el análisis de viabilidad de la inversión. El costo del proyecto para cubrir el costo de la inversión en el calentador está justificado, que es de tal y tal. Este dato se obtuvo comparando en qué otro lugar venden un calentador nuevo."

23. El mantenimiento y funcionamiento de este equipo son insignificantes, por lo cual se supone igual a cero para fines del análisis. Por otro lado, el beneficio se define como el gasto evitado. Este consiste en el ahorro en electricidad logrado por sustituir un calentador eléctrico convencional o un calentador de ducha, por uno solar, es el costo de reposición del equipo evitado, ya que la vida útil del calentador solar es de 20 años, mientras que la de los otros equipos es de 10 años. Para medir en términos monetarios el beneficio proveniente del ahorro en electricidad, se valoró el costo de energía eléctrica en cada uno de los casos, con precios de kv/h bajo los dos escenarios de inflación antes descritos y utilizando tanto el precio del kv/h con subsidio como el precio sin subsidio. Hay que señalar que existe otro beneficio para las familias que no reciben en la actualidad el subsidio sobre el consumo de energía eléctrica, pero que la utilización del sistema solar les permitiría reducir el consumo de tal manera que podrían acceder al subsidio. Para este caso, un beneficio adicional sería la reducción en el precio del kv/h que se percibiría. En nuestra investigación, consideramos este beneficio pero no tenemos los datos para corroborar esto."

The text appears to be in Spanish but includes several typos and formatting issues. Here's my attempt to correct it:

"La cantidad de Carlo. El beneficio por el costo de reemplazo del equipo se mide aplicándole al costo de 185 del tambor, considerando una tasa de crecimiento promedio igual a la del índice de precios en los últimos 18 años. Esta tasa se obtuvo utilizando la definición de la media geométrica y fue del 5.26 por ciento.

Para efectos del análisis, se presume que la reposición del equipo se haría en el décimo año del proyecto de inversión en el calentador solar. El costo promedio del calentador eléctrico convencional de 20 galones en 1983 fue de 160.00 dólares que, dentro de 10 años, se estima aumentaría a 253.73 dólares, de acuerdo a la tasa de crecimiento indicada.

En el caso del calentador de ducha, el costo promedio en 1983 fue de 38.00 dólares, lo que aumentaría a 60.26 dólares para el décimo año del proyecto. En el último escenario, en el cual la unidad familiar no posee calentador de agua alguno, se analiza solamente el costo de las tres alternativas que se tienen para proveer el servicio de agua caliente: el calentador eléctrico de tanque (el cual puede ser mantenido funcionando todo el tiempo), el calentador de ducha y el calentador solar.

Para este análisis se utiliza la técnica de "Costo Efectivo" que permite seleccionar entre las tres alternativas que proveen el mismo nivel de beneficios del servicio de agua caliente, aquella que lo logre con el menor costo. Al suponer un mismo nivel de beneficio para las tres alternativas, se hace innecesaria su cuantificación.

Los costos bajo este escenario consisten en la inversión inicial, el costo de reposición y el gasto de funcionamiento. A continuación, se ofrecen los resultados del análisis de viabilidad del calentador solar bajo los diferentes escenarios considerados.

En resumen, se especificaron tres escenarios bajo los cuales la inversión en el calentador solar sustituye una fuente alterna de agua caliente. Estas tres alternativas son, a su vez, evaluadas tomando en cuenta dos..."

Escenario: 4ª inflación y dos definiciones de precio del kv/nr, lo que eleva a doce el total de escenarios considerados. Estos doce escenarios fueron analizados usando la técnica de costo-beneficio, a la luz de dos tasas de descuento alternativas. Una última situación considerada es el caso en el que la unidad familiar no posee calentador de agua, pero desea proveerse del servicio de agua caliente. Para evaluar esta decisión, el instrumento de análisis utilizado es la técnica de "costo-efectividad" que elige entre las cuatro alternativas para proveer el servicio de agua caliente la que resulta de menor costo. Cada una de estas alternativas también fue analizada con ambas tasas de descuento. Costos y beneficios del calentador solar, en esta sección se presentan los resultados del análisis de viabilidad en los que la técnica de costo-beneficio era principalmente usada en el análisis. La tabla 4.7 presenta los resultados bajo los diferentes escenarios antes especificados. La sustitución de un calentador eléctrico de uso continuo por una inversión en el calentador solar es económicamente viable cuando sustituye un calentador eléctrico. Se asume que funciona todo el tiempo, tanto suponiendo precios futuros constantes como crecientes y descontando los flujos tanto a una tasa alta como a una baja, siempre que el precio de la electricidad aplicable sea el precio sin subsidio. El valor presente neto positivo, especificado en la tabla, es indicativo de la viabilidad económica bajo estos escenarios. El valor presente neto fluctúa entre 6,103.

"Dólares bajo las condiciones más favorables a la inversión y 476 dólares bajo las condiciones más adversas, siempre que el precio de la electricidad sin subsidio sea el aplicable. Esto significa que el valor presente de los beneficios generados por el calentador supera al valor presente de los costos en los que hay que incurrir para obtener los mismos, la viabilidad de la inversión bajo estas circunstancias es corroborada por una tasa interna de rendimiento (TIR) de la inversión más alta que las tasas de descuento utilizadas. Por otro lado, cuando se analiza la sustitución del calentador eléctrico de tanque de uso continuo por uno solar, bajo el escenario en que son aplicables los precios de electricidad sin subsidio, la inversión es viable en todas las situaciones excepto en la que se suponen precios de electricidad constantes y se descuentan los flujos con una tasa de descuento de 15.5 por ciento. En este caso, el valor presente neto es igual a 87317

dólares. Lo que significa que el valor presente de los costos del proyecto es mayor que el de los beneficios. Como esta situación es la única en la que el VPN es negativo en el escenario en que se hace uso continuo del calentador eléctrico.

78

Para determinar cuán sensible es el resultado bajo este escenario a cambios en los supuestos usados en el análisis, se construyó un escenario intermedio del crecimiento en el precio con subsidio del kv/hr, haciendo crecer este a una tasa de 5.66 por ciento. Este ha sido el crecimiento compuesto promedio del precio con subsidio del kv/hr de 1974 a 1982. Esta tasa de crecimiento fue computada con la fórmula de media geométrica. El VPN bajo este nuevo supuesto del comportamiento del precio del kv/hr es de 13.35 dólares. Esto indica que el proyecto también es viable siempre que el precio de subsidio crezca igual o mayor que lo aquí supuesto. En resumen, cuando el calentador solar sustituye un calentador eléctrico de tanque que se utiliza todo el tiempo, la inversión es económicamente viable."

Viable para todas las soluciones estudiadas, excepto cuando el precio con subsidio del kWh se supone constante a través de los años, y aún esta excepción desaparece cuando se supone una tasa intermedia de crecimiento en el precio del kWh con subsidio de cuatro por ciento. Las situaciones hasta aquí consideradas, particularmente las que suponen la sustitución de un calentador eléctrico convencional de uso continuo y la vigencia de precios ha sido el escenario bajo el cual se han realizado la mayoría de los análisis conocidos sobre la viabilidad de los calentadores solares. Dichos estudios han recomendado el calentador solar como una buena alternativa de inversión.

Sin embargo, según la encuesta realizada por el departamento de economía y el Centro de Estudios Energéticos de La Universidad de Puerto Rico, solo el 16 por ciento de las familias que usan calentador eléctrico en Puerto Rico lo mantienen funcionando todo el tiempo. Por lo tanto, esta no resulta ser la situación en la cual pudiera ubicarse la mayoría de los compradores potenciales de calentadores solares en la isla. La sustitución de un calentador eléctrico convencional por la inversión en el calentador solar para sustituir un calentador eléctrico de uso limitado, es económicamente viable cuando se aplica el precio sin subsidio y hay una expectativa de precios crecientes, tanto a la tasa moderada de nueve por ciento como la alta de 15.5 por ciento. El valor presente del beneficio neto es positivo en ambos casos, como puede verse en la tabla 4.7. Por lo tanto, se concluye que es conveniente invertir en el calentador solar siempre que estén presentes las condiciones especificadas en estas situaciones. Sin embargo, bajo este escenario, cuando se valoran beneficios con el precio del kWh sin subsidio, pero con una expectativa de precios constantes, la inversión en el calentador solar no es viable bajo ninguna de las dos tasas de descuento utilizadas, según se manifiesta en la tabla 4.23.

La tasa interna de rendimiento en este caso es de un por ciento, lo cual representa un rendimiento más bajo que las tasas de descuento consideradas y corrobora que la inversión no es aceptable bajo estos supuestos.

60 Al utilizar el precio del kW/hr con subsidio para evaluar los beneficios de usar el calentador

solar en sustitución del calentador eléctrico de uso limitado, la inversión es viable linealmente bajo el escenario de costos de electricidad crecientes y cuando es aplicable una tasa de descuento moderada de un nueve por ciento. En este caso, el VPBX es de 843 dólares (ver Tabla 4.7). Sin embargo, el valor presente del beneficio neto es de -91 cuando se utiliza la tasa de descuento del uno por ciento para descontar el flujo de beneficios que resulta de ese mismo escenario de proyección.

El precio de la electricidad es concluyente; por lo tanto, cuando se aplican los efectos con beneficios y hay expectativas de precios crecientes, la viabilidad de invertir en un calentador solar en sustitución de uno eléctrico convencional de uso limitado depende de la tasa de descuento aplicable. La tasa interna de rendimiento de 14.45 marca el límite superior a la tasa de descuento para que el proyecto sea aceptable, cuando se evalúa la inversión bajo el mismo escenario, pero utilizando el precio con subsidio y bajo el supuesto de precios constantes, esta no es viable con ninguna de las dos tasas de descuento utilizadas, siendo el valor presente beneficio neto negativo en ambos.

Cuando se analiza la inversión con la tasa de uno por ciento, el VPBX es de 1,042 dólares y que con una tasa de 15.5 por ciento, este es de -1,042, como puede verse en las tablas. Es evidente que si el usuario hace uso limitado del calentador eléctrico, su sustitución por el calentador solar no es beneficiosa bajo ciertas circunstancias.

Sin embargo, cuando se mantiene este equipo encendido todo el tiempo, este escenario es muy importante, ya que alrededor de 84 por ciento de las familias que poseen calentador eléctrico.

Es conveniente hacer uso limitado de éste. Conviene recalcar que en este caso el escenario de inflación es favorable para la inversión (precios crecientes). La inversión en el calentador solar no es viable cuando se utiliza el precio del kw/hr con subsidio y se descuentan los flujos a una tasa de descuento de 15.5 por ciento. Esta situación es importante debido a que el 53 por ciento de las familias que hacen uso limitado del calentador eléctrico o de tanque reciben subsidio y para ellos la inversión en el calentador solar es lo suficientemente alta como para tener que ser financiado a través del financiamiento ofrecido por los fabricantes y distribuidores de los sistemas, en cuyo caso la tasa de descuento relevante es de 5.5 por ciento.

La sustitución de un calentador de ducha fue el último bajo el cual se analizó la inversión en el calentador solar, cuando es factible en este caso el precio del kw/hr sin subsidio, el valor presente neto es positivo únicamente cuando se valoran los beneficios con la proyección en precios crecientes y se usa la tasa de descuento moderada de nueve por ciento. El VPN en esta función es igual a 840 dólares lo que significa que bajo condiciones los beneficios del proyecto superan el costo de inversión contraria. En este sentido, se descuenta en esta función con tasa de 15.5 por ciento, el VPN es negativo bajo el supuesto de inflación y para las dos tasas de descuento, un sistema solar que ducha no es viable bajo las lentes y utilizando una tasa de descuento de 9 por ciento. En este caso, el VPN es negativo, de 808 dólares y por ende la tasa de descuento relevante, cuando se descuentan los flujos a una tasa de 15.5 por ciento.

De igual forma, tampoco es viable la inversión cuando se analiza con la tasa de descuento de 16.5 por ciento. En esta sección, la inversión es viable únicamente bajo una tasa de descuento de nueve por ciento.

Esta frase causa un tanto de preocupación al precio sin subsidio como es 7 ips, es probable, bajo ciertos supuestos. Fabien a su vez, percibe a las personas sin subsidio y creyentes, cuando se le tasa un 15.5 por ciento. Este aumento o amparo tiene un efecto significativo en la mayoría de las familias que luchan, según los planteamientos previos.

La financiación se lleva a cabo con 16.5 por ciento, para proveer a los fabricantes y distribuidores. De hecho, como se mencionó antes, el 76% de las familias que poseen un calentador de aguas, tienen ingresos de 9,000 dólares o menos. Para concluir, el análisis de costo-beneficio estima que puede justificarse la inversión en un calentador solar. Sin embargo, esto no es factible siempre, dependiendo de las circunstancias previas mencionadas.

Se justifica un calentador eléctrico convencional que ha tenido actividad 24 horas al día y que es aplicable en la mayoría de los casos. También es factible cuando hay una expectativa de precios crecientes. Bajo estas condiciones, la inversión en el calentador solar tiene la probabilidad de ser viable. Sin embargo, este es un caso más representativo de la situación en que puede estar la mayoría de las familias puertorriqueñas, que son compradores potenciales del calentador solar, como se mencionó anteriormente.

Según el Centro de Estudios Energéticos y el Departamento de Economía de la Universidad de Puerto Rico. Otra conclusión es que la inversión en el calentador solar es también viable cuando sustituye un calentador eléctrico convencional de uso moderado cuando se aplican los precios sin subsidio y existe una expectativa de precios crecientes. También es viable bajo las mismas circunstancias, pero considerando precios con subsidio.

This text appears to be in Spanish though it has a lot of spelling and grammatical errors. Here's an attempt to fix it:

"En este caso, un descuento inferior al 14.55 por ciento, pero no al 15.5 por ciento. Este último porcentaje es importante, ya que alrededor del 48.4 por ciento de las familias que poseen calentadores eléctricos de tanque hacen uso moderado de este y el 53 por ciento reciben subsidio y probablemente tengan acceso a la inversión en calentador solar solamente con el financiamiento del 15.5 por ciento proporcionado por los proveedores. Finalmente, cuando el calentador solar sustituye un calentador de ducha, la inversión es viable solamente bajo expectativas de precios crecientes y cuando aplica la tasa de descuento moderado con subsidio de nueve por ciento tanto para precios como para precios con subsidio. Sin embargo, según datos de este estudio, el 32 por ciento de los proveedores de los calentadores de ducha son familias de ingresos inferiores a los 10,000 dólares, para quienes probablemente sea aplicable esta tasa de descuento alta de 15.5 por ciento. Además de la "costo-efectividad" de alternativas y la efectividad de alternativas para un gran nivel de beneficio de agua caliente.

En economía se utiliza para seleccionar aquellos sistemas económicos que generen un mayor beneficio al menor costo. Así como en la economía de la energía donde se tiene que considerar el costo del servicio, en este caso el de calentar agua, se tiene que medirlo en términos de la

cantidad de energía utilizada y el costo de las alternativas disponibles. Por ejemplo, si se opta por un calentador eléctrico de agua, se tiene que considerar no solo el costo de la inversión inicial, sino también el costo de mantenimiento y el costo de la energía utilizada. Si se opta por un sistema solar, se tiene que considerar el costo de la inversión inicial, el costo de mantenimiento y la duración del sistema solar. Por lo tanto, es necesario descontar el costo de las alternativas para hacer una comparación posible y determinar las tasas de descuento adecuadas."

¿Cuál es 1,412? Se concluye, por lo tanto, que el calentador solar es la alternativa que minimiza costos solo bajo el escenario de precios crecientes y utilizando la tasa de descuento de 9 por ciento. Esta tasa de interés es relevante solo para familias que puedan financiar la inversión con sus propios recursos. Por otro lado, aún bajo este escenario de inflación, no es la mejor alternativa cuando se aplica la tasa de descuento de 16.5 por ciento, resultando favorecido el calentador de ducha por ser la alternativa de costos menores. El calentador de ducha también es la mejor alternativa para proveer el agua caliente teniendo en cuenta el descuento utilizado. Por lo tanto, el calentador de ducha es la mejor alternativa para familias que tendrían que financiar su inversión en el calentador con el financiamiento disponible en el mercado.

Se ha investigado el potencial de los calentadores solares con el propósito de determinar si en realidad estos sistemas son utilizados por debajo de su potencial de mercado, como ha sido argumentado por la Oficina de Energía de Puerto Rico. Esta agencia, como se mencionó antes, estimó un mercado potencial de 750 mil unidades solares para uso residencial en el pasado. No obstante, para 1991 el número de calentadores instalados en la isla era de alrededor de 17 mil unidades, lo que representa una proporción pequeña del mercado potencial estimado por la oficina de energía.

El mercado potencial de los calentadores solares se define en el presente estudio como el número total de familias que actualmente tienen servicio de agua caliente a través de un calentador eléctrico de tanque o un calentador de ducha, y para quienes la inversión en el calentador les resulta económicamente viable. Incluye también las familias que actualmente no tienen servicio de agua caliente, pero que de decidir tenerlo, el calentador solar sería la forma más económica de obtenerlo. Como se vio anteriormente en la tabla 4.1, el 33 por ciento de las viviendas en Puerto Rico.

The text appears to be in Spanish but is highly garbled with many misspellings and incorrect word usage. It's challenging to correct it without a clear context or understanding of what it's trying to convey. Here's a rough correction to the best of my understanding:

Please provide more context or a clearer text so I can provide a more accurate correction.

I'm sorry, but the text you've provided seems to be incoherent and possibly a mix of different languages. I'm unable to fix it without more context or clarity on what the corrected version should convey.

Alguno de los calentadores de agua, hace un total de 247,020 compradores potenciales. El mercado potencial bajo el supuesto de precios constantes, el calentador solar resulta ser económicamente viable solo en este escenario, y solo para el caso en que se posea un calentador eléctrico de tanque que se mantiene funcionando todo el tiempo, por lo que el estimado del mercado potencial sería de 46 mil familias. A base del análisis previo se puede concluir que los calentadores solares para uso residencial en Puerto Rico tienen un mercado potencial que fluctúa entre 46 mil y 247,020 unidades, dependiendo de la expectativa en cuanto a precios futuros. Este estimado es mucho menor que el mercado potencial de 750,000 unidades estimado por la oficina de Energía de Puerto Rico.

Resumen: En este capítulo se discutieron algunas variables importantes para el análisis de viabilidad y la estimación del mercado potencial de los calentadores solares y se presentaron los resultados del análisis. Se planteó que los calentadores eléctricos de tanque existentes en la isla están distribuidos entre familias de todos los niveles de ingreso, mientras que los calentadores de ducha son utilizados por muchas familias de bajos ingresos, y que la escasa cantidad de calentadores solares existentes en la isla pertenecen, casi en su totalidad, a familias de ingresos altos y moderados.

En esta sección también se especificó el consumo de electricidad de estas alternativas que proveen el servicio de agua caliente. El calentador eléctrico de tanque mantenido encendido todo el tiempo, alternativa que había sido el objeto de estudio en los análisis previos, consume alrededor del triple de energía eléctrica que este mismo sistema con uso controlado, o que el calentador de ducha. Sin embargo, solo el 16 por ciento de las familias que poseen calentador eléctrico de tanque en la isla mantienen este encendido todo el tiempo. Se especificaron dos escenarios alternos para describir el comportamiento del costo de la electricidad durante la duración.

Del proyecto bajo análisis. El primero se construyó utilizando un modelo de regresión basado en el comportamiento histórico del precio para hacer la proyección del precio del kv/nr y el otro se hizo manteniendo el precio del kv/nr de 1987 constante a través de la vida económica del proyecto. Se utilizaron dos tasas de descuento en el análisis de viabilidad, una de nueve por ciento y otra de 15.5 por ciento. La primera es la tasa de interés de los certificados de ahorro, la cual se supone aproxima la tasa usando fondos propios y la otra es la tasa de interés que aplica a las familias que financian la inversión a través del financiamiento provisto por los fabricantes y por los distribuidores del equipo. Se discutió también la determinación del tamaño óptimo de los calentadores solares. Se determinó que el método sugerido por la Oficina de Energía subestima la capacidad deseada de estos sistemas, por lo que se presentó una forma para darle mayor precisión a este cálculo. Las últimas dos secciones del capítulo fueron dedicadas al análisis de viabilidad y la determinación del mercado potencial de los calentadores solares para uso residencial. El análisis de viabilidad se efectuó para diferentes situaciones en las que puede encontrarse la unidad familiar al tomar la decisión de invertir en el calentador solar. Estos son: la unidad familiar sustituye un calentador de tanque que mantiene encendido todo el tiempo; la unidad familiar sustituye un calentador eléctrico convencional del que hace uso controlado; la unidad familiar reemplaza un calentador de ducha y la unidad familiar no posee calentador de agua, pero interesa proveerse del servicio de agua caliente. Los primeros tres casos se analizaron con el modelo de costo-beneficio y el último con la técnica de "costo-efectividad". Los análisis se realizaron bajo los diferentes escenarios mencionados antes en cuanto a tasas de descuento, precios del kv/nr con subsidio y sin subsidio y expectativas de inflación. Los resultados del análisis de

Demostrarán que la viabilidad económica del calentador solar depende de la situación específica en que se encuentre la unidad familiar. El calentador solar es económicamente viable bajo todos los escenarios construidos, solo para el caso en que sustituye a un calentador eléctrico de tanque de uso continuo. Esta es la situación bajo la cual se han hecho todos los análisis previos que han concluido que la inversión en el calentador solar es viable.

No obstante, este no es el caso más representativo de la situación en que puede ubicarse a las familias puertorriqueñas. Por otra parte, cuando el calentador solar sustituye un calentador eléctrico de tanque de uso limitado o un calentador eléctrico de ducha, el análisis resulta viable bajo algunos escenarios y no viable bajo otros. Sin embargo, para estas dos situaciones, la inversión en el calentador solar no es viable bajo los escenarios más relevantes para un gran número de familias en el país.

El análisis de "costo-efectividad" demostró que el calentador solar es la alternativa que minimiza costos, solo cuando se considera la inversión bajo el escenario de costos de electricidad crecientes y se utiliza una tasa de descuento de nueve por ciento. Bajo los otros escenarios, el calentador de ducha resultó ser la alternativa de costos menores y por consiguiente la mejor alternativa de inversión.

Se estimaron dos aproximaciones del mercado potencial, una bajo las expectativas de costo de electricidad crecientes y otra bajo la expectativa de costos constantes, tomando en cuenta los escenarios en que el calentador solar era viable. En el primer caso, se estimó un mercado potencial de 247,020, mientras que bajo el segundo, el estimado fue de 46 mil. Estas cifras son mucho menores que el estimado de 750 mil unidades hecho por la Oficina de Energía de Puerto Rico.

## CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación surge debido a la preocupación existente en Puerto Rico, de que los calentadores solares de uso

El texto parece estar en español, pero tiene varios errores tipográficos y de gramática. Aquí está la versión corregida:

El propósito de este estudio es determinar si en realidad los calentadores solares de agua para uso residencial se están utilizando por debajo de su potencial (como ha sido planteado por la oficina de Energía de Puerto Rico) y si esto está ocurriendo, investigar las causas. Se plantearon diferentes hipótesis sobre el problema. En primer lugar, se planteó que la supuesta subutilización de los calentadores solares podría deberse a que las autoridades públicas y privadas han sobreestimado el mercado potencial de los calentadores solares. Por otro lado, se señaló que tal vez, incluso con una especificación más moderada del mercado potencial, la utilización actual estaría por debajo de su potencial por falta de información por parte del consumidor sobre los verdaderos costos y beneficios del calentador solar. Para analizar el problema, se identificaron cuatro situaciones en las que puede encontrarse la unidad decisoria al momento de considerar el calentador solar como alternativa.

Estas fueron: 1) el comprador potencial posee un calentador eléctrico convencional el cual mantiene funcionando todo el tiempo. 2) El posible comprador posee un calentador eléctrico convencional, pero hace un uso limitado de este. 3) La unidad funcional posee un calentador de duchas. 4) El comprador no posee calentador de agua alguno. En el estudio se efectuó un análisis de viabilidad, que luego fue utilizado para determinar el mercado potencial de los calentadores solares. El mercado potencial fue definido como el número total de familias que, además de enfrentar una restricción presupuestaria que no les impida adquirir el equipo, la inversión en el calentador solar les resulta económicamente viable para la situación aplicable a su caso al momento de hacer la decisión. Para estimar el mercado potencial de los calentadores solares se determinó... (el texto se corta aquí)

Minero de unidades familiares con calentador eléctrico de tanque y de esta cantidad se excluyeron aquellas familias para las cuales no resulta económicamente viable la inversión en el calentador solar. Además, se incluyó en el mercado potencial el total de familias que en el presente no poseen un calentador de agua alguno, pero que de decidirse a tenerlo, el calentador solar resulta ser la mejor alternativa de inversión. La metodología utilizada para efectuar el análisis de viabilidad fue la técnica de costo-beneficio y la técnica de "Coste Efectividad".

La primera técnica se utilizó para los casos en los que el calentador solar sustituye una fuente alternativa de agua caliente, donde es relevante tanto el flujo de costos como un flujo de beneficios. La técnica de "Coste Efectividad" se utilizó para el caso en el que no se posee un calentador de agua y se consideran varias alternativas para obtener el mismo nivel de beneficios de servicio de agua caliente, una situación donde solo es relevante el flujo de costos.

En el análisis de costo-beneficio se definió como beneficio el ahorro en el gasto de electricidad y en el reemplazo del equipo, que resulta de usar el calentador solar en lugar de los otros dos sistemas. El coste del proyecto es el monto de inversión en el calentador solar. Se usó como criterio de decisión el valor presente del beneficio neto (VPBN) con el algoritmo de que el proyecto es viable siempre que el VPBN fuera positivo, ya que indicaría que el valor presente del beneficio es mayor que el valor presente del costo.

El criterio de decisión bajo el análisis de costo-efectividad es que la mejor alternativa es aquella para la cual el valor presente del coste sea el más bajo. Para traer a valor presente los flujos de beneficios y costos, se utilizaron dos tasas de descuento, una de 15.5 por ciento relevante para las familias que utilizarían el financiamiento proveído por los proveedores de los calentadores solares, y otra de nueve por ciento que es relevante para las familias.

Comprar un equipo solar con fondos propios. El análisis de viabilidad considera el caso de una familia de cuatro miembros, por ser éste el tamaño promedio de una familia en Puerto Rico. Este análisis se efectuó basado en dos expectativas alternas de crecimiento del precio del kilovatio/hora, una que proyecta el precio de la electricidad con un modelo de regresión lineal basado en comportamiento histórico del precio y otra que mantiene constante el precio del kilovatio/hora de 1983 a través de la vida útil del calentador solar.

El análisis de viabilidad arrojó los siguientes resultados. Para el caso en el cual un calentador solar reemplaza un calentador eléctrico de tanque que la familia mantiene funcionando todo el tiempo, el calentador solar resulta viable bajo los dos escenarios construidos. En el caso en que se sustituye

por un calentador eléctrico de tanque de uso limitado, el calentador solar es económicamente viable cuando hay una expectativa de precios crecientes y se ve el precio sin subsidio. También es viable cuando se aplica el precio del kilovatio/hora con subsidio y no es viable cuando hay una expectativa de precios crecientes, pero es aplicable el precio con subsidio. A una tasa de descuento de 15.5 por ciento, tampoco es viable bajo la expectativa de precios crecientes.

En el caso de que la familia sustituya un calentador de ducha, la inversión en el calentador solar resulta ser viable únicamente bajo el escenario de precios crecientes construido con el modelo de regresión y utilizando la tasa de descuento moderada de nueve por ciento. Bajo los otros escenarios no es viable.

En el caso en que la familia no posee ningún tipo de calentador de agua al presente, el calentador solar resulta ser la alternativa preferida por ser la de menor costo, solo bajo el escenario del costo del kilovatio/hora presente y utilizando una tasa de descuento de nueve por ciento. Sin embargo, bajo este mismo escenario de inversión, pero utilizando una tasa de... [Text cut off]

"Asegurarte de 15.5 por ciento, el, contador +2 ducha es la mejor alternativa de inversión, 50 por la ducha, también resulta ser la alternativa que minimiza costos, bajo las dos tasas de accesos, cuando se analizan tus alternativas bajo expectativas de costos totales existentes. Por eso, resulta esencial en lo que se nota por las posibilidades existentes en su mercado potencial. Se computa una estimación de mercado potencial bajo cada una de las expectativas de precios al nivel. De esta forma, se pudo especificar un límite superior e inferior para el mercado potencial de solares. Bajo el escenario de expectativas de precios de electricidad constantes, el estudio fue de 5 mil familias, mientras que bajo un escenario de costo creciente fue de 27,000 familias. A base de los resultados del estudio se puede concluir que la energía solar no es siempre económicamente viable para todas las familias de la isla, como se pretendía establecer en estudios previos. En la mayoría de los análisis de viabilidad del calentador solar que se realizaron antes, este fue analizado bajo las condiciones más favorables en las que la inversión en el recurso solar resulta beneficiosa. Este es el caso en que reemplaza un

calentador eléctrico convencional que se mantiene funcionando todo el tiempo. Sin embargo, como se observó antes, ese caso no es el más representativo de la situación en que se encuentran la mayoría de las familias puertorriqueñas. Es importante señalar, no obstante, que en esta investigación sólo se hizo un análisis enfocado en la inversión, por lo que no se consideraron los impactos externos del proyecto. Puede ser que considerando estos impactos en un análisis de los calentadores solares desde la perspectiva más amplia de toda la sociedad, el resultado del análisis sea distinto. Con respecto al mercado potencial de los calentadores solares, se ha encontrado que este es mucho mayor que el que ha sido estimado por la oficina de Energía de Puerto Rico. Esto corrobora la primera hipótesis establecida."

The following is the revised text:

La explicación para el hecho de que el calentador solar no es económicamente viable en todas las circunstancias para todas las familias en La Isla, como estaba implícito en un estudio hecho por la Oficina de Energía, no obstante, con esta especificación moderada de necesidades potenciales, la cantidad de contratos solares existentes en la isla en 1987, resultó ser pequeña en relación al

mercado potencial que se estimó en el presente estudio. Este hecho se puede deber a que falta información en cuanto a los beneficios resultantes de la utilización del calentador solar. Otra explicación puede ser que el elevado costo inicial y la alta tasa de financiamiento hacen la inversión inaccesible para muchos, también puede ser explicado por el hecho de que en este país se están vendiendo sistemas que exceden el tamaño requerido por cada unidad familiar, esto hace que el costo del calentador solar sea más elevado y por ende afecta negativamente la viabilidad económica del sistema.

El análisis de viabilidad del calentador solar en el estudio se realizó utilizando un modelo de calentador solar que va acorde con la necesidad de cada unidad familiar y es el que recomiendan los proveedores de estos sistemas, sin exagerar el tamaño adecuado del equipo. El tamaño más útil aquí considerado mejora la competitividad del calentador solar contra otros sistemas alternativos que proveen agua caliente. A partir de los resultados obtenidos en este estudio se puede recomendar la realización de un análisis de costo-beneficio de los calentadores solares, para determinar si desde la perspectiva de análisis los calentadores solares resultan viables bajo ciertas circunstancias. Esto podría ayudar en la formulación de medidas dirigidas a minimizar el costo de estos equipos en consonancia con su potencial en la sociedad. Sin embargo, se puede señalar que el presente estudio es una base para recomendar que se provea información a los consumidores sobre la forma en que se puede aprovechar el potencial del sistema solar.

99 divulge courses about the benefits of solar heaters under different situations that families may find themselves in. This information allows low and moderate-income families, for whom the investment in solar heaters is significant, to evaluate their options.

99 will acquire a theme from this point forward for utility management and efficient economic practices with potential power. This can form an understanding that leads to a quicker return on investment.

## APPENDIX

### APPENDIX I TECHNICAL CONSIDERATIONS ABOUT SOLAR WATER HEATERS

The solar water heater uses two basic components, the solar energy collector and the water storage tank. It also uses other materials such as pipes, valves, and thermal insulation, as can be seen in Figure 2. The function of the collector is to capture solar energy and transform it into heat energy that can be used. The storage tank is used to store the water that has already been heated.

Solar water heaters use flat plate collectors. These consist of a flat metal plate that captures solar light and several tubes firmly attached to this plate. The metal plate with the tubes attached is placed inside what is known as the collector box. On top of this box, a glass or plastic cover is placed that serves as a window for the entry of solar light, to prevent heat loss, thermal insulators are placed on the sides and underneath the metal plate.

The operation of the collectors is as follows, the majority of the solar energy that falls on the collector's cover is transmitted to the metal plate. The plate absorbs this energy.

## Figure 1: Solar Water Heater Components

The metal plate of the collector absorbs and transmits this energy.

Esto provoca un aumento en la temperatura que afecta a los tubos adheridos a la plancha. Esto hace que el agua que pasa a través de los tubos también sea calentada. La tapa, además de permitir la entrada de los rayos del sol, ayuda a retener el calor hasta su punto máximo. Debe señalarse, sin embargo, que no toda la energía que recibe la plancha es absorbida, sino que parte de ésta es reflejada. Los colectores planos pueden producir temperaturas hasta de 158° en un día soleado y 100% durante un día nublado. El otro componente principal del calentador solar de agua es el tanque de almacenamiento. Este se conoce también como termo-tanque y está construido de acero inoxidable y cubierto con una especie de poliuretano, un aislante térmico tan potente como una pulgada de cemento. Esta cubierta de poliuretano convierte al tanque en una especie de termo que hace que el agua conserve su calor. Existen dos tipos de calentadores solares de agua: el sistema de termosifón y el sistema de circulación natural y el sistema con bomba de circulación forzada. Un tercer tipo surge como una variante al sistema de termosifón y se conoce como el sistema combinado. Todos los sistemas utilizan los mismos componentes que ya fueron mencionados. El sistema de termosifón puede utilizar uno o más colectores dependiendo de la capacidad del tanque de almacenamiento. El principio de operación de este sistema es a base de circulación por gravedad. Es importante recordar que la densidad de un fluido varía inversamente con su temperatura y que los fluidos más livianos se mueven hacia arriba mientras que los más pesados se mueven hacia abajo. Para poder hacer uso de este principio en los calentadores solares de agua, la base del tanque de almacenamiento debe estar ubicada más alta que el punto más elevado de los colectores. Además, la tubería que va al colector debe tener inclinación descendente (ver figura 1). Cuando el agua que es calentada por los colectores llega al tanque, tiene una temperatura mayor que el agua que está en el tanque.

The science of solar energy is fascinating. Solar collectors absorb heat (using temperatures that can be quite high), and then transfer this heat to the solar storage tank to warm the water. This system establishes a circulation of water between the tank and the collector. A system with a circulation pump, in addition to the basic components of solar heaters, also has a circulation pump that operates on electrical energy and a controller. In this system, the location of the water storage tank is not important, as the circulation pump pushes the water towards the collector. However, the closer the tank is to the collector, the less electrical energy the circulation pump will need to function. The water circulation circuit in this system is the same as in the thermosiphon system. The function of the controller in this system is to activate the circulation pump during the day and deactivate it during the night. This prevents the hot water from losing thermal energy as it passes through the collectors and is exposed to lower temperatures.

Another requirement of this system is a professional valve to prevent natural circulation during the night. The combined solar heater system also has a backup heater, ensuring a supply of hot water even in cloudy conditions. The use of solar energy in this system is supplemented by the thermosiphon system. This hybrid system harnesses both solar energy and electricity, providing consistent hot water even on the cloudiest days. The capacity of the solar water heater depends on the amount of solar energy it can collect. The water is supplied by the water and sewer authority

and is heated to approximately 80 degrees. Each square foot of collector absorbs an average thermal energy sufficient to raise the temperature of approximately 1.5 gallons of water from room temperature to nearly 33 degrees.

## Bibliography

Hernandez, Huberto, "Study to Determine the Viability of Solar Heaters for Residential Use".

The text seems to be in Spanish and English with many errors and random symbols. Here is an attempt to fix it:

"La Facultad de Administración de Empresas de la Universidad de Puerto Rico, ubicada en Río Piedras, se graduó en 1985. Autoridad de Energía Eléctrica, cuántos kilovatios hora controla su consumo. San Juan, Puerto Rico.

## Referencias:

1. Bach, Wilfrid, Manshard, William, Mattes, y Harrison Brown. "Renewable Energy Prospects." New York: Pergamon Press.
2. Ball, David G. "Return on Investment: Supply-side Economics."
3. Bonnet, Juan A. "Energy Alternatives for the Caribbean." San Juan: Centro de Estudios Energéticos y Ambientales, Universidad de Puerto Rico.
4. Govan, Amador. "Información Nacional sobre la Energía Solar." San Juan: Oficina de Energía de Puerto Rico, 1977.
5. Gol, Vando. "Con la Energía Solar." San Juan: Pty Some Farrington.
6. Farrington, "La Energía Solar." Madison: Universidad de Wisconsin, Departamento de Geología.
7. Dasgupta, Ajit K. y D. W. Pearce. "Cost-Benefit Analysis." Oxford: Oxford University Press.
8. Departamento de Asuntos al Consumidor, "Cómo Conservar Energía." San Juan: Departamento del Consumidor.
9. Hobson, Barry. "California Energy Report." New York, 1980.
10. Soderstrom, Kenneth. "Domestic Solar Hot Water Systems." Greek University.
11. Soderstrom, Kenneth. "Manual for Solar Hot Water."
12. Sugden, Robert. "Economic Study of Solar Energy." U.S. Department of Commerce, Washington.
13. "Solar Energy Research Institute Report: Collector Manufacturing."
14. "Solar Energy Research Institute Report: Water Heating."