

**Evaluación de la sustitución calentadores
eléctrico de agua hacia calentadores de agua
solares en el Centro de Capacitación W.K.
Kellogg**

Fernando José Rico Hernández

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

Evaluación de la sustitución calentadores eléctrico de agua hacia calentadores de agua solares en el Centro de Capacitación W.K. Kellogg

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Fernando José Rico Hernández

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2016

Evaluación de la sustitución de calentadores de agua eléctricos a calentadores de agua solares en el Centro de Capacitaciones W.K. Kellogg

Fernando José Rico Hernández

Resumen. La evaluación se centró en la viabilidad de la sustitución de calentadores de agua eléctricos a calentadores de agua solares en el Centro de Capacitaciones W.K. Kellogg, con un horizonte de tiempo de 20 años; haciendo dos escenarios, uno con financiamiento requiriendo el 20% del monto total y otro sin financiamiento. La inversión inicial se estimó en 19,000 USD. Los indicadores financieros utilizados: valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), periodo de recuperación y un análisis de sensibilidad del VAN mediante la herramienta GATOF. El VAN (16%) del proyecto con financiamiento se estimó en 67,424 USD, la TIR fue de 89.89% y un periodo de recuperación de 1.37 años. El VAN (18%) del proyecto sin financiamiento fue 59,700 USD la TIR fue de 75.27%, un periodo de recuperación de 1.34 años. La matriz de sensibilidad GATOF se realizó con el precio promedio de 0.15 USD del kWh (los años 2009 al 2015) y una radiación mensual de 4.80 kWh/m². La matriz indicó que el precio del kWh tendría que disminuir hasta un 79% para que el VAN sea igual a cero, debido a que el precio está sujeto al cambio de políticas gubernamentales, es poco probable que baje el precio. La radiación puede disminuir un 80% haciendo el VAN igual a cero. El estudio determinó que el proyecto es factible eligiendo el proyecto con financiamiento.

Palabras claves: Inversión, matriz GATOF, periodo recuperación, tasa de descuento, TIR, VAN.

Abstract. The evaluation focused on the feasibility of replacing electric water heaters to solar water heaters in the Training Center W.K. Kellogg, with a time horizon of 20 years; making two scenarios, one requiring financing 20% of the total amount and the other without funding. The initial investment was estimated at 19,000 USD. The financial indicators used were: net present value (NPV), internal rate of return (IRR), payback period and NPV sensitivity analysis by GATOF tool. The NPV (16%) funded project was estimated at \$ 67,424, the IRR was 89.89% and a payback period of 1.37 years. The NPV (18%) of unfunded project was \$ 59,700 IRR was 75.27%, a payback period of 1.34 years. GATOF sensitivity matrix was made with the average price of 0.15 USD per kWh (taking the years 2009 to 2015) and a monthly radiation of 4.80 kWh / m². The matrix indicated that the price per kWh would have to decrease up to 79% for the NPV is zero, because the price of electricity is not constant or is subject to change government policies, is unlikely to lower the price. Radiation may decrease by 80% NPV zero. The study found that the project is feasible and viable choosing the project financing.

Keywords: Discount rate, GATOF matrix, investment, IRR, recovery period, NPV.

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| Portadilla | i |
| Página de firmas | ii |
| Resumen | iii |
| Contenido | iv |
| Índice de Cuadros, Figuras y Anexos..... | v |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. METODOLOGÍA..... | 3 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 11 |
| 4. CONCLUSIONES | 22 |
| 5. RECOMENDACIONES | 23 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 24 |
| 7. ANEXOS | 26 |

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros Página

| | |
|--|----|
| 1. Datos técnicos del calentador solar de agua | 11 |
| 2. Flujo de caja con financiamiento..... | 15 |
| 3. Matriz GATOF con financiamiento | 16 |
| 4. Flujo de caja sin financiamiento..... | 19 |
| 5. Matriz GATOF sin financiamiento. | 20 |

Figuras Página

| | |
|---|---|
| 1. Esquema del calentador de placa plana con cubierta. | 3 |
| 2. Calentador solar de placa plana con cubierta. | 4 |
| 3. Esquema de un calentador CPC | 4 |
| 4. Marcha de rayos en un calentador tipo CPC. | 5 |
| 5. Calentador de placa plana sin cubierta | 5 |
| 6. Funcionamiento tubo de flujo directo..... | 6 |
| 7. Funcionamiento del tubo de calor | 7 |
| 8. Calentador Solar de tubo de vacío..... | 7 |

Anexos Página

| | |
|---|----|
| 1. Cuadro Comparativo de Número de Huéspedes Centro Kellogg | 26 |
| 2. Consumo de agua al día promedio (Litros) | 26 |
| 3. Cuadro Comparativo de Número de Huéspedes Centro Kellogg al día/ promedio | 27 |
| 4. Porcentaje de ocupación del Centro Kellogg | 27 |

1. INTRODUCCIÓN

La Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, es una universidad situada en el municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. El objetivo principal de Zamorano es formar líderes para Latinoamérica. Su formación tiene un enfoque hacia la agricultura y para esto se hace énfasis en cuatro carreras: Administración de Agronegocios, Agroindustria Alimentaria, Ingeniería Agronómica, Ambiente y Desarrollo, mismas que son sujetas a elección por los estudiantes. (Zamorano 2016)

Dentro de la institución se encuentra diferentes edificios los cuales ayudan al aprendizaje y estadía de los estudiantes, también se encuentra el Centro de Capacitación W.K Kellogg que ofrece condiciones para el desarrollo de seminarios, talleres, cursos cortos, conferencias, reuniones profesionales, ferias, convenciones, así como otros eventos de capacitación y negocios y buen servicio. Tanto para personas internas y ajenas a la institución. (Zamorano 2016)

El Centro W.K. Kellogg se terminó de construir en septiembre de 1988. Financiado con fondos donados por la Fundación W.K. Kellogg de los Estados Unidos de América, contaba con 36 habitaciones dobles y tres aulas de clase, mismas que se usaban en la conducción de Programas de Desarrollo Rural, capacitación a técnicos, profesionales de desarrollo rural y campesinos, provenientes de instituciones públicas y privadas. (Hidalgo, O. L. 2014)

Durante el año de 1992 el Centro W.K. Kellogg promovió una serie de eventos de capacitación dirigidos a profesionales, técnicos y productores por medio de las diferentes unidades de Zamorano. Los beneficios de servicios en las Capacitación conformaron una clientela muy diversa: pequeños, medianos y grandes productores agropecuarios, extensionistas, promotores rurales y profesores de escuelas vocacionales, además de organizaciones públicas y privadas de desarrollo, empresas agrícolas y organismos internacionales. (Hidalgo, O. L. 2014)

En el Centro de Capacitación W.K. Kellogg, se ofrecen diferentes servicios dentro de los cuales se incluye el agua caliente, dando un valor agregado al centro. Este servicio consume el 34% del total de energía eléctrica, contabilizando un gasto total 16, 766.40 USD anuales.

En el año 2015, instituciones como Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) en San José, Costa Rica, analizan calidad en uso de calentadores de agua solares para

estimular su desarrollo. Estos cambios han traído impactos tanto económicos como ambientales que dan un mayor plus y prestigio al país. (OLADE 2015).

En Honduras se encuentra una empresa distribuidora de sistemas de energía renovable (Solaris) para viviendas, hoteles, supermercados y centros de convenciones; con el fin de promover la energía renovable y hacer un país más amigable con el planeta. Esta empresa es reconocida por su calidad en los sistemas de energía renovables como los paneles fotovoltaicos hasta calentadores de agua solares.

El calentador de agua solar de mayor uso según Solaris es el QR-D, este es un dispositivo que almacena agua y la calienta utilizando los rayos ultravioleta del sol. Funciona en todas las épocas del año, elevando la temperatura del agua aun en días nublados y lluviosos, debido a que los rayos ultravioleta atraviesan la capa de ozono, las nubes y calientan los tubos de cobre forrados de vidrio templado al alto vacío, garantizando su funcionalidad los 365 días del año (Ji et al 2015)

Al sustituir los calentadores de agua eléctricos por calentadores de agua solares, se estaría incurriendo en una disminución potencial del 34% el consumo de energía total del centro así mismo en el ahorro del costo de energía eléctrica en calentadores de agua eléctricos en un 100%.

El objetivo general de este estudio fue evaluar el ahorro económico y de energía eléctrica con la implementación de calentadores de agua solar en el Centro de Capacitación W.K. Kellogg. Los objetivos específicos fueron:

- Identificar con un análisis financiero el proyecto de implementación de calentadores de agua solares con las herramientas de análisis financieros: valor actual neto, tasa interna de retorno y período de recuperación
- Encontrar la sensibilidad del valor actual neto (VAN) con la herramienta GATOF
- Determinar el escenario más factible, considerando dos escenarios, el primero con 100% capital propio frente al uso del financiamiento (capital propio 80% y préstamo 20%)

2. METODOLOGÍA

Aspectos técnicos. Se analizó y determinó la planificación operativa de la utilización de calentadores de agua solares, esto se estimó tomando en cuenta los aspectos técnicos y necesidades del calentador de agua solar. Para este procedimiento se utilizaron las recomendaciones de la empresa Solaris, es una empresa de energía solar en Honduras que promueve el uso de energía renovable en sus diferentes aplicaciones (energía eólica y energía solar), y la tecnología de Solaris está respaldada por las mejores marcas a nivel mundial como: SolarWorld, SMA, SunDanzer, Trojan, Phocos, MorningStar y Grundfos (Solaris 2016), con la instalación, funcionamiento, mantenimiento y establecimientos del calentador de agua solar. Se analizó:

Tipos de calentadores solares para calentar agua:

- Calentadores de placa plana con cubierta
- Calentadores Concentradores Parabólicos Compuestos (CPC)
- Calentadores de placa plana sin cubierta
- Calentadores de tubos de vacío

Calentador de placa plana con cubierta: Los calentadores de placa plana son los más usados para calentar agua en los hogares y para los sistemas de calefacción. Un calentador de placa plana se compone básicamente de una caja metálica con aislamiento con una cubierta de vidrio o de plástico (la ventana) y de una placa que absorbe la radiación de color oscuro. La radiación solar es absorbida por la placa que está construida de un material que transfiere rápidamente el calor a un fluido que circula a través de tubos en el calentador. (Placco et. al 2007)

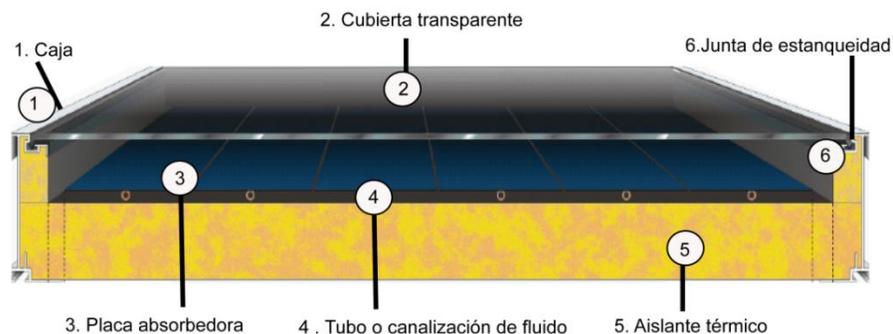


Figura 1. Esquema del calentador de placa plana con cubierta
Fuente: Nafriisa 2010

Este tipo de calentadores, calientan el fluido que circula a una temperatura de 30-70 °C. Son los más utilizados para calentar agua en sistemas domésticos y comerciales y en piscinas cubiertas. Un calentador de placa plana consiste en un plancha que absorbe los rayos solares, una cubierta transparente, un marco, y aislación. La cubierta transparente transmite una gran cantidad de la luz de onda corta del espectro solar y al mismo tiempo, sólo deja pasar muy poca radiación de onda larga produciendo un efecto invernadero (Placco et. al 2007).

Además, la cubierta transparente evita que el viento y las brisas se lleven el calor colectado (convección). Junto con el marco, la cubierta protege el la plancha que absorbe los rayos solares, de las condiciones meteorológicas adversas. Típicamente el marco está fabricado de materiales de aluminio y de acero galvanizado, también se utiliza plástico reforzado con fibra de vidrio (Placco et. al 2007).



Figura 2. Calentador solar de placa plana con cubierta
Fuente: KAISUNDUN

Calentador concentradores parabólicos compuestos (CPC): Su funcionamiento e instalación es exactamente la misma que los calentadores de placa plana convencionales.

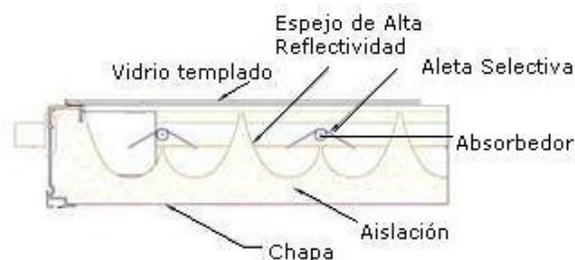


Figura 3. Esquema de un calentador CPC
Fuente: Placco et. al 2007

Estos calentadores poseen un sistema de concentración de radiación solar tipo CPC, para obtener temperaturas más elevadas y un mayor rendimiento. Estas características se deben a que el área de pérdidas es menor al área de colección logrando una minimización de las pérdidas y alcanzando un rendimiento cercano al 50%. (Echevarría López 2011)

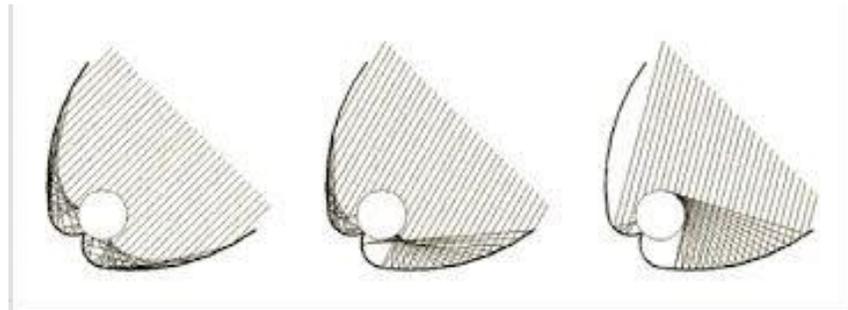


Figura 4. Marcha de Rayos en un calentador tipo CPC

Fuente: Blanco et al 2014

Calentadores de placa plana sin cubierta: Este tipo de calentadores, sencillos, consisten en una plancha que absorbe la energía del sol pero carecen de la cubierta transparente. No incluyen ningún aislamiento adicional, de manera que la ganancia de temperatura queda limitada a unos 20°C sobre la del aire del ambiente, son los más adecuados para aplicaciones de baja temperatura. Actualmente, son utilizados para la calefacción de piscinas al aire libre, pero existen otros mercados, incluidos los de calefacción de temporada en las piscinas cubiertas, calefacción de agua para lavar coches, y calefacción del agua utilizada en piscicultura. También existe un mercado potencial de estos calentadores para calentamiento de agua en lugares remotos, como campamentos de verano. (Placco et. al 2007)



Figura 5: Calentador de placa plana sin cubierta

Fuente: Oku 2016

Las placas que absorben la energía solar de estos calentadores son generalmente de plástico negro tratado para resistir la luz ultravioleta, o están contruidos por tubos de metal o plástico recubiertos de pigmentos ennegrecidos por los que circula el agua. Dado que estos calentadores no tienen cubierta, una gran parte de la energía solar absorbida se pierde principalmente por convección. (Placco et. al 2007)

Calentador de tubos de vacío: Estos calentadores se componen de un conjunto de tubos de cada uno de los cuales contienen una plancha de metal con tratamiento selectivo o de color negro, el cual recoge la energía solar y la transfiere a un fluido portador (caloportador). Gracias a las propiedades aislantes del vacío, las pérdidas de calor son reducidas y pueden alcanzarse temperaturas en el rango de 77 °C a 177 °C. (Placco et. al 2007)

Por su forma cilíndrica, aprovechan la radiación de manera más efectiva que los calentadores planos, al permitir que los rayos de sol incidan de forma perpendicular sobre los tubos durante la mayor parte del día. Estos calentadores son hasta unos 30% más eficientes que los calentadores planos, pero son bastante caros, por unidad de superficie suelen costar aproximadamente el doble que un calentador de placa plana. (Placco et. al 2007)

Existen dos tipos de calentadores tubulares de vacío: uno es flujo directo y el otro con tubo de calor.

Calentadores de flujo directo: Estos consisten en un grupo de tubos de vidrio dentro de cada uno de los cuales hay una aleta de aluminio que absorbe la energía solar, conectada a un tubo de metal (normalmente cobre) o tubo de vidrio. La aleta posee un recubrimiento selectivo que absorbe la radiación solar, e inhibe la pérdida de calor. El fluido de transferencia de calor es el agua y se distribuye a través de las tuberías, una para la entrada del líquido y el otro para la salida de fluidos. (Enerasol 2013)

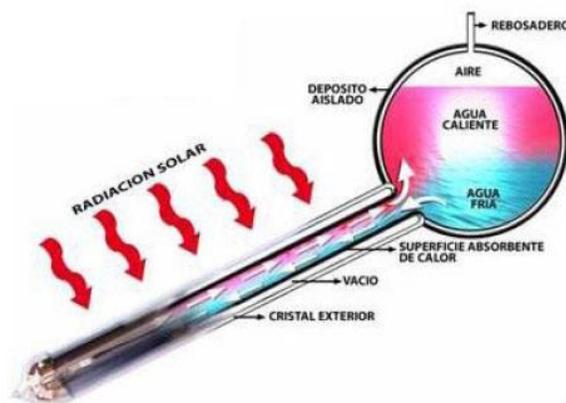


Figura 6. Funcionamiento Tubo de Flujo Directo
Fuente: Enerasol 2013

Calentadores con tubo de calor: En este sistema los tubos de vacío llevan un fluido ya evaporado que no puede salir del interior del tubo y que funciona como calor portador. Este fluido se evapora por efecto de la radiación solar, asciende hasta el extremo superior del tubo que se encuentra a temperatura inferior, esto hace que el vapor se condense, ceda su energía y retorne a su estado líquido cayendo por acción de la gravedad a la parte inferior del tubo, donde al recibir más radiación, vuelve a evaporarse y comienza un nuevo ciclo. (Echevarría López 2011)

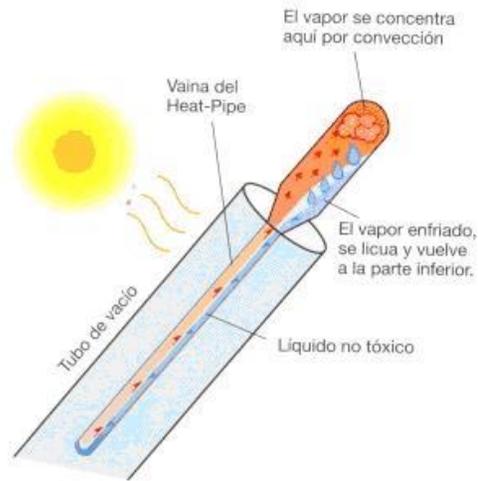


Figura 7. Funcionamiento del Tubo de Calor
Fuente: Enerasol 2013



Figura 8. Calentador Solar de Tubo de Vacío
Fuente: Enerasol 2013

Aspectos financieros. Este estudio tuvo como fin determinar la factibilidad económica de la implementación de calentadores solares en el Centro Kellogg, determinado los recursos económicos para dar iniciación al mismo. Estos análisis son definidos por los índices financieros como el valor actual neto, tasa interna de retorno, periodo de recuperación y matriz GATOF.

También se estimó dos flujos de cajas con financiamiento y sin financiamiento para determinar el beneficio del escudo fiscal, en el flujo con financiamiento se estimó un préstamo de 20% préstamo bancario y el 80% capital propio.

Valor actual neto (VAN): Consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficios y el valor, también actualizar, de las inversiones y otros egresos de efectivos. La tasa que se utiliza para descontar los flujos es el rendimiento mínimo aceptación de la empresa, por debajo del cual los proyectos no deben ser aceptados (Boulangé et al, 2007). El VAN de una propuesta de inversión se puede representar así:

Fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad [1]$$

Dónde:

V_t : Representa los flujos de caja en cada periodo t. (acumulación neta de activos líquidos en un periodo de 20 años)

I_0 : Valor de la inversión inicial (Costo de los calentadores + costo de instalación del equipo + tanque de almacenamiento de agua caliente) 16,500 USD

n : Número de períodos considerado (20 años ya que la vida útil de los calentadores de 20 años).

k: Tasa de descuento (se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro, en Zamorano es del 18%)

Fuente: Boulangé et al, 2007

Tasa Interna de Retorno (TIR): Es la tasa de descuento que hace que el valor actual de los flujos de beneficios sea igual al valor actual de los flujos de inversión. En otras palabras la TIR es la tasa que descuenta los flujos asociados con un proyecto hasta un valor exactamente de cero (Boulangé 2007). Para el estudio se consideraron 20 años en el número de periodos, debido a que la vida útil de los calentadores es de 20 años. Se consideró una inversión inicial de 19,000.00 USD por el costo de los calentadores que es 1,180 USD y la cantidad de calentadores a utilizar es 15 calentadores con una capacidad de 300 litros. También el costo de mantenimiento anual que incluye un cambio de filtro a los 5 años todo esto suma un costo de 650.00 USD

Fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0 \quad [2]$$

Dónde:

V_t : Representa los flujos de caja en cada periodo t.

I_0 : Valor de la inversión inicial.

n : Número de períodos considerado.

TIR : Tasa interna de retorno.

Fuente: Boulangé 2007

Periodo de recuperación: El periodo de recuperación de la inversión está sustentado en una política acentuada de liquidez. Ante problemas de liquidez, cambio tecnológico, acortamiento de los ciclos de vida, aumento de riesgo y fortalecimiento de la competencia; en el caso del estudio los calentadores de agua solares necesitan un cambio de filtro cada 5 años con un incremento en los costos de 250.00 USD y esto eleva los costos a 650.00 USD, este costo cada 5 años no tiene un gran impacto ya que los ingresos por ahorro de energía son de 13,757.00 USD (Cuadro 2).

La empresa tratará de recuperar su inversión en el menor plazo. Una de las principales limitaciones al aplicar el periodo de recuperación es que no se toma en consideración los flujos de efectivo de la inversión obtenidos después del plazo de recuperación, es decir, se supone que una vez que se recuperará la inversión del proyecto, este deja de existir para propósitos de medición de su rendimiento (Boulangé 2007).

Flujo de efectivo: Se realizó un flujo de efectivo con un período de tiempo de veinte años, porque el calentador de agua solar tiene una vida útil de veinte años. Se muestran las variables independientes; como precio unitario del producto, cantidad en kW que se proyecta ahorrar cada año, costos variables unitarios, costos fijos, inversión en activos fijos, depreciación en activos fijos y costo de capital.

Análisis con matriz GATOF: El análisis de Matriz GATOF, es un herramienta del programa Excel desarrollada por Ernesto Gallo y otros en el año 2011; GATOF (Gallo, Alfaro, Torrez, Ortiz y Fuentes), para identificar la sensibilidad del VAN según su precio y costos variables. Permite identificar el precio mínimo del proyecto que hace el VAN igual a cero, también ver cuál es mi costo variable máximo que hace mi VAN igual a cero. El GATOF se encuentra como Add Inn en el programa Microsoft Excel.

El análisis para el proyecto de implementar calentadores de agua solares en el Centro Kellogg, se obtuvieron dos VAN ya que hay dos análisis financieros, uno con crédito bancario y otro sin crédito. El VAN de los análisis son 67,425.89 USD con crédito bancario y 59,700.09 USD sin crédito.

La variable precio de energía es de 0.15 USD /kWh que se estimó con el promedio de precios históricos del 2010 a 2015 (tabla 6). En lugar de costos variables, se utilizó radiación solar ya que el proyecto solo presenta costos fijos, se estimó el promedio de radiación solar en 4.80 kWh/m²/día, la radiación solar influye en el VAN porque los rendimientos de los calentadores varían según la temporada del año.

Para esta matriz, estimado un valor "esperado" y será cierto si y sólo si, todas las variables ocurren conjuntamente en sus valores estimado. Dada la incertidumbre, los análisis con matriz GATOF muestra varios VAN posibles dadas algunas combinaciones de precio y radiación, ya que el proyecto depende de la radiación obtenida por los calentadores solares para calentar agua, afecta mi VAN debido a que produce menos agua caliente al haber menos radiación que caliente el agua.

3. RESULTADOS

Aspectos financieros: En el flujo de caja se utilizó un calentador de agua solar QR-D de 1,180.00 USD, con una capacidad de 300 litros, ya que es lo máximo que pueden almacenar los depósitos de agua del calentador solar; tomando en cuenta el consumo de energía eléctrica para calentar agua de 49% en el Centro de Capacitación W.K. Kellogg y una capacidad máxima de 136 personas (anexo 4), se obtuvo un VAN de 21,421.00 USD, un TIR de 55% y un tiempo de recuperación de 2.24 años. Se obtuvo un número de 13 calentadores de 500 litros para satisfacer la demanda de agua caliente en el Centro de Capacitación W.K. Kellogg.

Cuadro 1. Datos técnicos del calentador solar de agua

| Datos Técnicos | |
|---|----------|
| Área absorción / Calentador (m ²) | 3.74 |
| Área instalación / Calentador (m ²) | 3.98 |
| Costo / Calentador (USD) | 1,180.00 |
| Eficiencia térmica solar (%) | 92.00 |

Fuente: Solaris 2016

Área absorción/calentador: es el área donde recibe los rayos UV para calentar el agua o cualquier otro líquido.

Área de instalación/calentador: área que utiliza toda la estructura del calentador de agua solar.

Eficiencia térmica solar: es la eficacia de los calentadores solares de agua, por ejemplo si la eficiencia térmica es de 92% y se quiere llevar 100 litros de agua de 20 °C a 45 °C, el calentador llevará 92 litros a 45 °C y los otros 8 litros los llevará a una temperatura inferior a 45 °C.

Historial del consumo energético: El consumo energético de los calentadores se estimó a partir del agua caliente consumida en el Centro de Capacitación W.K. Kellogg. Se realizó un aforo a las duchas y lavamanos en las habitaciones en donde se registró la cantidad de agua caliente expulsada durante un minuto, luego se estimó el consumo de agua por persona tomando como referencia el promedio de uso de agua caliente en la auditoría realizada por el Bando Interamericano de Desarrollo (BID) en el 2013 que indica una demanda de 10 minutos de agua caliente para el lavamanos y 20 minutos en la ducha por persona cada día. Esta actividad se realizó cuando el panorama del Centro de Capacitación W.K. Kellogg se encontraba al 80% de ocupación que representa el nivel máximo en los últimos años. El consumo anual de agua caliente fue ponderado tomando como referencia el promedio de ocupación proporcionado. (Hidalgo 2014)

Estos datos fueron tabulados y el consumo energético expresado en términos de kWh se calculó::

$$Energía consumida = m * c_p * \Delta T \quad [3]$$

$$Energía consumida = (Vol_{agua} * P_{agua}) * c_p * \Delta T \quad [4]$$

Dónde:

Vol_{agua} : es el volumen de agua que se va a calentar, estimando que la temperatura se elevará de 20°C a 45°C al salir del calentador.

P_{agua} : es la densidad del agua (1 Kg/L)

c_p : es el calor específico del agua (4.1813 KJ/Kg °C)

ΔT : es la diferencia en temperaturas del proceso
 $(\Delta T = T_f - T_i = 45 - 20 = 25^\circ C)$

Finalmente, se aplica la conversión de que 1 kWh = 3,600 KJ para el cálculo de la energía consumida.

$$kWh = Gal * \frac{L}{Gal} * \frac{kg}{L} * \frac{kJ}{kg^\circ C} * ^\circ C * \frac{kWh}{kJ} \quad [5]$$

$$kWh = 1 * \frac{3.78}{1} * \frac{1}{1} * 4.1813 * 25 * \frac{1}{3600} \quad [6]$$

$$kWh = 0.11kWh$$

Fuente: Hidalgo 2014

Precio del kWh en Honduras: El costo promedio del kilovatio hora actualmente ronda entre 0.11-0.17USD, valor que no ha tenido ninguna variación desde el año 2009, a expensas de que la ley (Decreto No. 404-2013) manda a revisar la tarifa cada cinco años, debido, a los cambios en el deslizamiento de la moneda y otros factores que influyen en la generación, transmisión y distribución de la energía a nivel nacional. A pesar de que el dólar ha aumentado su valor en los últimos siete años frente al lempira (HNL) de 19.03 a 22.76 HNL por USD, los usuarios de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) no han recibido ningún aumento. (ENEE 2016)

Tabla 6 Precio del kWh en USD en Honduras

| Meses/Año | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Enero | 0.13 | 0.15 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.12 |
| Febrero | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.13 |
| Marzo | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.18 | 0.14 |
| Abril | 0.13 | 0.17 | 0.15 | 0.18 | 0.14 | 0.14 |
| Mayo | 0.14 | 0.17 | 0.14 | 0.16 | 0.16 | 0.15 |
| Junio | 0.14 | 0.17 | 0.13 | 0.15 | 0.16 | 0.14 |
| Julio | 0.14 | 0.17 | 0.13 | 0.16 | 0.16 | 0.14 |
| Agosto | 0.14 | 0.17 | 0.14 | 0.16 | 0.16 | 0.13 |
| Septiembre | 0.14 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.14 |
| Octubre | 0.14 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.13 |
| Noviembre | 0.14 | 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.16 | 0.13 |
| Diciembre | 0.15 | 0.17 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.13 |

Se estimó un promedio del precio de la electricidad para el proyecto, el cual es 0.15 USD

Antecedentes de radiación solar: Se identificó la radiación mensual en el área de Zamorano, para así saber cuánto varía por mes la radiación y cómo afecta en el rendimiento de los calentadores agua solares.

Tabla 7. Radiación solar promedio histórica mensual del año 2015

| Mes | kWh/m ² /día |
|-----------------|-------------------------|
| Enero | 4.80 |
| Febrero | 5.63 |
| Marzo | 6.03 |
| Abril | 5.74 |
| Mayo | 4.76 |
| Junio | 4.66 |
| Julio | 4.77 |
| Agosto | 4.85 |
| Septiembre | 4.49 |
| Octubre | 4.18 |
| Noviembre | 4.40 |
| Diciembre | 4.55 |
| Promedio | 4.91 |

Dato de radiación solar de la zona tomado de Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA), resulta un promedio de 4.9 kW/m²/día
Fuente: SWERA 2016

Análisis financiero del proyecto con financiamiento. Para el análisis financiero de este proyecto, se hicieron dos análisis el primero es con financiamiento y el segundo es sin financiamiento, con un horizonte de tiempo de 20 años que es la vida útil de los calentadores de agua solares.

Ingreso por ahorro en energía: Esta es la reducción en el pago de energía que se hace al dejar de usar los calentadores eléctricos que representa el 14% del consumo total del Centro Kellogg. Para calcular el ingreso por ahorro de energía, se utilizó la base de datos del Centro Kellogg, se cuantificó el número de huéspedes del año 2007 al 2015 para estimar un promedio de ocupación mensual durante el mismo periodo. Luego se multiplicó por el consumo promedio de agua caliente por persona, que es de 107.9 litros (28.50 galones), dando como resultado el consumo promedio de agua caliente en el centro Kellogg. Se estima el consumo de energía para calentar el agua (llevarla de 25°C a 45°C) multiplicando el consumo promedio de agua caliente por el consumo de energía de los calentadores (0.03kWh/litro). Luego se multiplica por el precio del kWh que es de 0.14 USD (Tabla 6). Dando como resultado el consumo total en dólares de los calentadores eléctricos de agua que es 13,757 USD.

Mantenimiento y operación: Este monto es el gasto que incurre el centro el mantenimiento de los calentadores anual que tienen un costo de 400 USD, también cada cinco años se tiene que cambiar el filtro de los tanques y este costo incrementa a 650 USD.

Total gastos: Este monto es la sumatoria de mantenimiento y operación más el pago de intereses del préstamo.

Pago de intereses: Es el pago que se debe realizar al banco por los intereses generados del préstamo.

Depreciación: Este monto es lo que se va devaluando de los calentadores anualmente, se utilizó método de depreciación en línea recta.

Pago de capital: Este monto el pago del préstamo a 10 años con una tasa de interés del 10%, que es estipulada por el Banco de Honduras para este tipo de proyectos, este monto solo cubre el capital

Valor de desecho: Es el monto que se recupera al vender los calentadores al finalizar su vida útil de 20 años, que es de 2,850 USD que representa el 15% de su valor inicial.

Escudo fiscal: Es el beneficio de utilizar financiamiento en el proyecto, se calcula sacando el 25% de los intereses y traerlos a valor actual a una tasa del costo de oportunidad ponderado.

Flujo de caja con financiamiento

Cuadro 2. Flujo de caja del proyecto de la sustitución de calentadores de agua convencionales a calentadores de agua solares con financiamiento (USD)

| | Años del Proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ingresos por ahorro en energía | | 13,757 | 13,872 | 13,988 | 14,105 | 14,222 | 14,341 | 14,461 | 14,582 | 14,703 | 14,826 | 14,950 | 15,075 | 15,201 | 15,328 | 15,456 | 15,585 | 15,715 | 15,846 | 15,978 | 16,112 |
| Mantenimiento y operación | | 400 | 403 | 407 | 410 | 672 | 417 | 420 | 424 | 428 | 701 | 435 | 438 | 442 | 446 | 730 | 453 | 457 | 461 | 465 | 468 |
| Total Gastos | | 400 | 403 | 407 | 410 | 672 | 417 | 420 | 424 | 428 | 701 | 435 | 438 | 442 | 446 | 730 | 453 | 457 | 461 | 465 | 468 |
| Utilidad | | 13,357 | 13,469 | 13,581 | 13,695 | 13,550 | 13,924 | 14,040 | 14,158 | 14,276 | 14,126 | 14,515 | 14,637 | 14,759 | 14,882 | 14,725 | 15,132 | 15,258 | 15,385 | 15,514 | 15,642 |
| Depreciación | | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 |
| Gastos financieros | | (380) | (356) | (330) | (301) | (269) | (234) | (196) | (154) | (107) | (56) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UNAI | | 13,785 | 13,920 | 14,059 | 14,201 | 14,089 | 14,497 | 14,652 | 14,811 | 14,976 | 14,877 | 15,323 | 15,444 | 15,566 | 15,690 | 15,533 | 15,939 | 16,065 | 16,193 | 16,321 | 16,451 |
| Valor de Desecho | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,850 |
| Inversión | (19,000) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flujo de Efectivo | (19,000) | 13,785 | 13,920 | 14,059 | 14,201 | 14,089 | 14,497 | 14,652 | 14,811 | 14,976 | 14,877 | 15,323 | 15,444 | 15,566 | 15,690 | 15,533 | 15,939 | 16,065 | 16,193 | 16,321 | 19,301 |
| Flujo Neto Acumulado | (19,000) | (5,215) | 8,705 | 22,763 | 36,964 | 51,053 | 65,550 | 80,202 | 95,014 | 109,990 | 124,867 | 140,190 | 155,634 | 171,200 | 186,890 | 202,423 | 218,362 | 234,427 | 250,620 | 266,941 | 286,242 |
| Préstamo y Amortización | 3,800 | 238 | 262 | 289 | 317 | 349 | 384 | 422 | 465 | 511 | 562 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo de Efectivo con Financiamiento | (15,200) | 13,546 | 13,658 | 13,770 | 13,884 | 13,740 | 14,113 | 14,230 | 14,347 | 14,465 | 14,315 | 15,323 | 15,444 | 15,566 | 15,690 | 15,533 | 15,939 | 16,065 | 16,193 | 16,321 | 19,301 |

Cuadro 3. Matriz GATOF con financiamiento expresado en USD.

| | | Radiación | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|--------|
| | | -84% | -83% | -83% | -82% | -81% | -80% | -79% | -77% | -76% | -20% | -15% | -10% | -5% | 0% |
| Costo de kWh (USD) | | 0.77 | 0.80 | 0.83 | 0.87 | 0.92 | 0.97 | 1.02 | 1.08 | 1.15 | 3.84 | 4.08 | 4.32 | 4.56 | 4.80 |
| 20% | 0.18 | 0 | 694 | 1,450 | 2,279 | 3,191 | 4,198 | 5,318 | 6,569 | 7,977 | 64,090 | 69,092 | 74,095 | 79,098 | 84,101 |
| 15% | 0.17 | (665) | 0 | 725 | 1,519 | 2,393 | 3,359 | 4,432 | 5,631 | 6,980 | 60,755 | 65,549 | 70,343 | 75,137 | 79,932 |
| 10% | 0.17 | (1,329) | (694) | 0 | 760 | 1,595 | 2,519 | 3,545 | 4,692 | 5,983 | 57,419 | 62,005 | 66,591 | 71,177 | 75,763 |
| 5% | 0.16 | (1,994) | (1,387) | (725) | 0 | 798 | 1,679 | 2,659 | 3,754 | 4,986 | 54,084 | 58,462 | 62,839 | 67,216 | 71,594 |
| 0% | 0.15 | (2,659) | (2,081) | (1,450) | (760) | 0 | 840 | 1,773 | 2,815 | 3,988 | 50,749 | 54,918 | 59,087 | 63,256 | 67,425 |
| -5% | 0.14 | (3,324) | (2,775) | (2,176) | (1,519) | (798) | 0 | 886 | 1,877 | 2,991 | 47,414 | 51,374 | 55,335 | 59,295 | 63,256 |
| -10% | 0.14 | (3,988) | (3,468) | (2,901) | (2,279) | (1,595) | (840) | 0 | 938 | 1,994 | 44,079 | 47,831 | 51,583 | 55,335 | 59,087 |
| -15% | 0.13 | (4,653) | (4,162) | (3,626) | (3,039) | (2,393) | (1,679) | (886) | 0 | 997 | 40,744 | 44,287 | 47,831 | 51,374 | 54,918 |
| -20% | 0.12 | (5,318) | (4,855) | (4,351) | (3,799) | (3,191) | (2,519) | (1,773) | (938) | 0 | 37,409 | 40,744 | 44,079 | 47,414 | 50,749 |
| -76% | 0.04 | (12,774) | (12,636) | (12,485) | (12,320) | (12,138) | (11,937) | (11,714) | (11,465) | (11,184) | 0 | 997 | 1,994 | 2,991 | 3,988 |
| -77% | 0.03 | (12,961) | (12,831) | (12,689) | (12,533) | (12,362) | (12,173) | (11,963) | (11,729) | (11,465) | (938) | 0 | 938 | 1,877 | 2,815 |
| -79% | 0.03 | (13,127) | (13,004) | (12,870) | (12,724) | (12,562) | (12,383) | (12,185) | (11,963) | (11,714) | (1,773) | (886) | 0 | 886 | 1,773 |
| -80% | 0.03 | (13,276) | (13,160) | (13,033) | (12,894) | (12,741) | (12,571) | (12,383) | (12,173) | (11,937) | (2,519) | (1,679) | (840) | 0 | 840 |
| -81% | 0.03 | (13,410) | (13,299) | (13,179) | (13,047) | (12,901) | (12,741) | (12,562) | (12,362) | (12,138) | (3,191) | (2,393) | (1,595) | (798) | 0 |

Resultados del análisis financiero con financiamiento. El análisis financiero mostró un VAN de 67,425.89 USD, es el valor de todo el proyecto a lo largo de los 20 años. También una TIR de 89.89% y la inversión inicial se recupera al 1.37 años, los ingresos por ahorro de energía son crecientes debido a que el precio de la electricidad está sujeta al alza y no a la baja

Matriz GATOF Alternativa VAN con financiamiento. El análisis de factibilidad de implementar calentadores solares para calentar agua en el Centro Kellogg, para el análisis se tiene como variables el precio del kWh es de 0.15 USD y la radiación esperado es de 4.80 kWh/m²/día; todos los demás valores esperados de las variables independientes están en el flujo de caja. El VAN del proyecto es 67,425.89 USD como se muestra en el cuadro 2.

Sin embargo ese valor es esperado y será cierto si y sólo si, todas las variables ocurren conjuntamente en sus valores esperados. Dada la incertidumbre, el cuadro 2 muestra muchos VAN posibles dadas algunas combinaciones de precio y costos variables, manteniendo todas las demás variables constantes.

En la cuadro 2 del valor esperado de la radiación el eje horizontal, se puede encontrar la radiación mínima compatible con $VAN \geq 0$, el cuadro 2 muestra que la radiación mínimo compatible con $VAN \geq 0$ es 0.86; la peor caída de la radiación que el proyecto puede tolerar es 4.48 a 0.86, una disminución de -77%, Bajando desde el valor esperado del precio del kWh en el eje vertical, se encontró con el aumento del precio máximo compatible con $VAN \geq 0$, siempre manteniendo las demás variables constantes.. El precio podría disminuir de 0.15 a 0.03; y el VAN seguirá siendo positivo, entonces proyecto tolera una disminución del precio y la radiación de un -77% por encima del precio esperado.

Escudo fiscal. El beneficio del escudo fiscal fue de 408 USD, demostrando que es factible utilizar financiamiento bancario para el proyecto de implementación de calentadores solares de agua en el Centro Kellogg.

Análisis financiero del proyecto sin financiamiento.

Ingreso por ahorro en energía: Esta es la reducción en el pago de energía que se hace al dejar de usar los calentadores eléctricos que representa el 14% del consumo total del Centro Kellogg. Para calcular el ingreso por ahorro de energía, se utilizó la base de datos del Centro Kellogg, se cuantifico el número de huéspedes del año 2007 al 2015 para estimar un promedio de ocupación mensual durante el mismo periodo. Luego se multiplicó por el consumo promedio de agua caliente por persona, que es de 107.9 litros (28.50 galones), dando como resultado el consumo promedio de agua caliente en el centro Kellogg. Se estima el consumo de energía para calentar el agua (llevarla de 25°C a 45°C) multiplicando el consumo promedio de agua caliente por el consumo de energía de los calentadores (0.03kWh/litro). Luego se multiplica por el precio del kWh que es de 0.14 USD (Tabla 6). Dando como resultado el consumo total en dólares de los calentadores eléctricos de agua que es 13,757 USD.

Mantenimiento y operación: Este monto es el gasto que incurre el centro el mantenimiento de los calentadores anual que tienen un costo de 400 USD, también cada 5 años se tiene que cambiar el filtro de los tanques y este costo incrementa a 650 USD.

Total gastos: Este monto es la sumatoria de mantenimiento y operación más el pago de intereses del préstamo.

Utilidad: Este monto es el ingreso por ahorro de energía menos el total de gastos.

Depreciación: Este monto es lo que se va devaluando de los calentadores anualmente, se utilizó método de depreciación en línea recta.

Valor de desecho: Es el monto que se recupera al vender los calentadores al finalizar su vida útil de 20 años, que es de 2,018 USD que representa el 15% de su valor inicial.

Flujo de caja sin financiamiento

Cuadro 4. Flujo de caja del proyecto de la sustitución de calentadores de agua convencionales a calentadores de agua solares sin financiamiento expresado en USD

| | Años del Proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ingresos por ahorro en energía | 13757 | 13872 | 13988 | 14105 | 14222 | 14341 | 14461 | 14582 | 14703 | 14826 | 14950 | 15075 | 15201 | 15328 | 15456 | 15585 | 15715 | 15846 | 15978 | 16112 | |
| Mantenimiento y operación | 400 | 403 | 407 | 410 | 672 | 417 | 420 | 424 | 428 | 701 | 435 | 438 | 442 | 446 | 730 | 453 | 457 | 461 | 465 | 468 | |
| Total Gastos | 400 | 403 | 407 | 410 | 672 | 417 | 420 | 424 | 428 | 701 | 435 | 438 | 442 | 446 | 730 | 453 | 457 | 461 | 465 | 468 | |
| Utilidad | 13357 | 13469 | 13581 | 13695 | 13550 | 13924 | 14040 | 14158 | 14276 | 14126 | 14515 | 14637 | 14759 | 14882 | 14725 | 15132 | 15258 | 15385 | 15514 | 15643 | |
| Depreciación | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 | 808 |
| Valor de Desecho | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2850 |
| Inversión | (19000) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Préstamo | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flujo de Efectivo | (19000) | 14165 | 14276 | 14389 | 14502 | 14358 | 14732 | 14848 | 14965 | 15083 | 14933 | 15323 | 15444 | 15566 | 15690 | 15533 | 15939 | 16065 | 16193 | 16321 | 19301 |
| Flujo Acumulado | (19000) | (4835) | 9441 | 23830 | 38332 | 52690 | 67421 | 82269 | 97235 | 112318 | 127251 | 142574 | 158018 | 173584 | 189274 | 204807 | 220746 | 236811 | 253004 | 269325 | 288626 |
| Valor actual Acumulado | (19000) | (6996) | 3257 | 12014 | 19494 | 25770 | 31227 | 35889 | 39870 | 43271 | 46124 | 48605 | 50724 | 52534 | 54080 | 55378 | 56506 | 57469 | 58292 | 58996 | 59700 |

Cuadro 5. Matriz GATOF sin financiamiento expresado en USD

| | | Radiación | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|--------|
| | | -82% | -81% | -80% | -79% | -78% | -77% | -75% | -74% | -72% | -20% | -15% | -10% | -5% | 0% |
| Costo de kWh | | 0.89 | 0.92 | 0.97 | 1.01 | 1.06 | 1.12 | 1.18 | 1.25 | 1.33 | 3.84 | 4.08 | 4.32 | 4.56 | 4.80 |
| 20% | 0.18 | 0 | 739 | 1,545 | 2,427 | 3,398 | 4,471 | 5,664 | 6,996 | 8,496 | 56,632 | 61,234 | 65,835 | 70,437 | 75,038 |
| 15% | 0.17 | (708) | 0 | 772 | 1,618 | 2,549 | 3,577 | 4,720 | 5,997 | 7,434 | 53,565 | 57,975 | 62,384 | 66,794 | 71,204 |
| 10% | 0.17 | (1,416) | (739) | 0 | 809 | 1,699 | 2,683 | 3,776 | 4,997 | 6,372 | 50,497 | 54,715 | 58,933 | 63,151 | 67,369 |
| 5% | 0.16 | (2,124) | (1,478) | (772) | 0 | 850 | 1,789 | 2,832 | 3,998 | 5,310 | 47,429 | 51,456 | 55,482 | 59,508 | 63,535 |
| 0% | 0.15 | (2,832) | (2,216) | (1,545) | (809) | 0 | 894 | 1,888 | 2,998 | 4,248 | 44,362 | 48,196 | 52,031 | 55,866 | 59,700 |
| -5% | 0.14 | (3,540) | (2,955) | (2,317) | (1,618) | (850) | 0 | 944 | 1,999 | 3,186 | 41,294 | 44,937 | 48,580 | 52,223 | 55,866 |
| -10% | 0.14 | (4,248) | (3,694) | (3,089) | (2,427) | (1,699) | (894) | 0 | 999 | 2,124 | 38,226 | 41,678 | 45,129 | 48,580 | 52,031 |
| -15% | 0.13 | (4,956) | (4,433) | (3,862) | (3,236) | (2,549) | (1,789) | (944) | 0 | 1,062 | 35,159 | 38,418 | 41,678 | 44,937 | 48,196 |
| -20% | 0.12 | (5,664) | (5,171) | (4,634) | (4,046) | (3,398) | (2,683) | (1,888) | (999) | 0 | 32,091 | 35,159 | 38,226 | 41,294 | 44,362 |
| -72% | 0.04 | (13,070) | (12,900) | (12,714) | (12,510) | (12,286) | (12,038) | (11,763) | (11,455) | (11,109) | 0 | 1,062 | 2,124 | 3,186 | 4,248 |
| -74% | 0.04 | (13,301) | (13,140) | (12,965) | (12,773) | (12,563) | (12,329) | (12,070) | (11,781) | (11,455) | (999) | 0 | 999 | 1,999 | 2,998 |
| -75% | 0.04 | (13,506) | (13,354) | (13,189) | (13,008) | (12,809) | (12,588) | (12,344) | (12,070) | (11,763) | (1,888) | (944) | 0 | 944 | 1,888 |
| -77% | 0.03 | (13,689) | (13,546) | (13,389) | (13,217) | (13,029) | (12,820) | (12,588) | (12,329) | (12,038) | (2,683) | (1,789) | (894) | 0 | 894 |
| -78% | 0.03 | (13,854) | (13,718) | (13,569) | (13,406) | (13,227) | (13,029) | (12,809) | (12,563) | (12,286) | (3,398) | (2,549) | (1,699) | (850) | 0 |

Resultados del análisis financiero sin financiamiento

El análisis financiero dio como resultado un VAN de 59,700.09 USD, es el valor de todo el proyecto a lo largo de los 20 años. También una TIR de 64% quiere decir que por cada dólar invertido me retorna 1.64 USD y la inversión inicial se recupera al 1.56 años

Matriz GATOF Alternativa VAN.

El análisis de factibilidad de implementar calentadores solares para calentar agua en el Centro Kellogg, para el análisis se tiene como variables el precio del kWh es de USD0.15 y la radiación esperado es de 4.80 kWh/m²/día; todos los demás valores esperados de las variables independientes están en el flujo de caja. El VAN del proyecto es 40,026.70 USD como se muestra en el cuadro 4.

Sin embargo ese valor es "esperado" y será cierto si y sólo si, todas las variables ocurren conjuntamente en sus valores esperados. Dada la incertidumbre, el cuadro 4 muestra muchos VAN posibles dadas algunas combinaciones de precio y costos variables, manteniendo todas las demás variables constantes.

En el cuadro 2 del valor esperado de la radiación el eje horizontal, se encuentra la radiación mínimo compatible con $VAN \geq 0$, el cuadro 4 muestra que la radiación mínimo compatible con $VAN \geq 0$ es 0.86; la peor caída de la radiación que el proyecto puede tolerar es 4.48 a 0.86, una disminución de -77%, Bajando desde el valor esperado del precio del kWh en el eje vertical, se encontró con el aumento del precio máximo compatible con $VAN \geq 0$, siempre manteniendo las demás variables constantes.. El precio podría disminuir de 0.15 a 0.03; y el VAN seguirá siendo positivo, entonces proyecto tolera una disminución del precio y la radiación de un -77% por encima del precio esperado

4. CONCLUSIONES

- Tomando en cuenta los indicadores financieros el VAN 40,026.70 USD con financiamiento y VAN 39,579.16 USD, con una TIR 73.21% y 63.91% sin financiamiento y con financiamiento respectivamente, el periodo de recuperación de la inversión es de 1.36 años y 1.56 años con financiamiento y sin financiamiento respectivamente, el proyecto de implementar calentadores de agua solares es rentable y viable.
- En la matriz GATOF, se identificó que el VAN no es sensible según sus variables (precio del kWh y radiación solar) ya que el VAN con financiamiento de 40,026.70 USD llegue a ser 0, el precio del kWh tendría que bajar de 0.15 USD a 0.03 USD esto equivale a -77% y la radiación mínimo compatible con $VAN \geq 0$ es 0.86; la peor caída de la radiación que el proyecto puede tolerar es 4.48 a 0.86, entonces proyecto tolera una disminución del precio y la radiación de un -77% por encima del precio esperado. En el VAN sin financiamiento de 39,579.16 USD llegue a ser 0, el precio del kWh tendría que bajar de 0.15 USD a 0.03 USD esto equivale a -77% y la radiación mínimo compatible con $VAN \geq 0$ es 0.86; la peor caída de la radiación que el proyecto puede tolerar es 4.48 a 0.86, entonces proyecto tolera una disminución del precio y la radiación de un -77% por encima del precio esperado. Para los dos proyecto con y sin financiamiento, la sensibilidad de VAN es similar, presentando una sensibilidad del 77%.
- El mejor escenarios considerando 100% capital propio versus 80% con préstamo, es con préstamo ya que el beneficio del escudo fiscal será de 408 USD, lo cual, muestra que al considerar el préstamo bancario está pagando menos impuesto y esto hace que tenga mayor VAN de 67,425.89 USD y con capital propio el VAN es 59,700.09 USD, por ende es factible utilizar financiamiento bancario que capital propio.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio del agua ahorrada por instalar este sistema, ya que, el Centro Kellogg, tiene una demanda promedio por día de 3887 litros de agua debido a que al momento de abrir el grifo el agua está fría (25°C) y es cuando el sistema de calentadores eléctricos inicia el proceso de calentar el agua, entonces los huéspedes esperan a que el agua se caliente (40°C a 45°C) y en ese lapso de tiempo se desperdicia el agua.
- Realizar estudio de la imagen de los calentadores en el techo del edificio ya que Zamorano tiene una política respecto a la estética de los edificios, y sería factible realizar un estudio del impacto en la imagen del Centro Kellogg sobre los calentadores.
- Considerar utilizar otro tipo de calentadores con la diferencia que los tanques irían en la parte de abajo donde no pueden ser vistos por los hospedantes del Centro Kellogg, y los calentadores igualmente que el sistema QR-D los captadores de rayos solares irían en el techo del edificio y los tanques en la parte trasera del edificio.
- Para fines de este estudio se considera factible implementar el sistema de calentadores de agua solares para el Centro de Capacitación W.K. Kellogg.

6. LITERATURA CITADA

Boulangue, J. F., Espinoza, L. C., & Retana, F. L. (2007). Ingeniería Económica (Tecnológica de Costa Rica ed.). Costa Rica

Blanco, J., Malato Rodríguez, S., & Estrada Gasca, C. (2014). Purificación de aguas por Fotocatálisis heterogénea: Estado del Arte. Parte 2. Retrieved from <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=2959>

ENEE. (2014, June 17). La comisión reguladora de energía eléctrica. Retrieved 2016, from Empresa nacional de energía eléctrica, <http://www.enee.hn/index.php/noticias/92-salud-feria-2/451-la-comision-reguladora-de-energia-electrica-cree-sera-responsable-de-revisar-el-nuevo-pliego-tarifario-de-la-energia-electrica>.

ENEE. (2016, Abril 11). La CREE será responsable de fijar normativa para nuevo precio en la tarifa eléctrica de Honduras. Retrieved June 27, 2016, from Empresa Nacional de Energía Eléctrica, <http://www.enee.hn/index.php/component/content/article/156-periodistas/607-tarifa-electrica>

Echevarría López, C. A. (2011). Diseño de un calentador cilindro parabólico compuesto con aplicación para el calentamiento de agua.

El ABC de la Economía. (2010). Retrieved 2016, from El mundo-Economía y Negocios, <http://www.elmundo.com.ve/diccionario/fianza.aspx>

Enerasol. (2013). Funcionamiento de los calentadores solares de agua Enera. Retrieved 2016, from <https://www.enerasol.es/funcionamiento>

Hidalgo (2014). Propuesta para la implementación de Medidas de Eficiencia Energética y Energía Renovable en el Centro de Capacitación W.K. Kellogg

Roldan Vilora, J. (2014). Energías renovables: Lo que hay que saber (Paraninfos ed.)

Fernández Espinoza, S. (2007). Los proyectos de inversión: evaluación financiera (Tecnología de Costa Rica ed.). Costa Rica:

Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra IHCIT. (2012). Atlas climático y de gestión de riesgo de Honduras

Ji, X., Li, M., Lin, W., Zheng, T., & Wang, Y. (2015). Effect of installation of solar collector on performance of balcony split type solar water heaters. International Journal of Photo energy, 2015, 1–9. doi:10.1155/2015/865041

- KAISUNDUN (2015). Calentador solar plano. Retrieved from KAISUNDUN, <http://www.solarwaterheater.es/>
- Liu, Z., Liu, K., Li, H., Zhang, X., Jin, G., & Cheng, K. (2015). Artificial neural networks-based software for measuring heat collection rate and heat loss coefficient of water-in-glass evacuated tube solar water heaters.
- López Zelaya, L. J. R. (1996). El medio ambiente y nosotros. Guía Didáctica II de Educación Ambiental, 1,
- Norton, B. (2011). Solar water heaters: A review of systems research and design innovation. *Green*, 1(2), doi:10.1515/green.2011.016
- Nafriša. (2010). Retrieved 2016, from <http://www.nafriša.com/refacciones/paneles-solares-y-accesorios?pag=4>
- Oku. (2016) Retrieved from <http://www.Oku.es/instalaciones/>
- OLADE. (2015, June 29). Organización Latinoamericana de Energía. Retrieved June 27, 2016, from OLANDE, <http://www.olade.org/noticias/analizan-calidad-en-uso-de-calentadores-de-agua-solares-para-estimular-su-desarrollo/>
- PLOS ONE, 10(12), e0143624. doi:10.1371/journal.pone.0143624
- Placco, C., Saravia, L., & Cadena, C. (2007). Calentador Solar para agua caliente
- R.N, K. (2013). Performance evaluation of solar assisted heat pump water heating system. *IOSR Journal of Engineering*, 03(04), 12–17. doi: 10.9790/3021-03421217
- Roca, F., & Rojas, J. (2013). Evaluación de Proyectos: Para Emprendedores. 372 páginas: 1480270709, 9781480270701.
- SWERA. (2016). Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA). Retrieved from National Renewable Energy Laboratory http://maps.nrel.gov/swera?visible=swera_dni_nasa_lo_res&opacity=50&extent=-89.35,12.98,-83.13,17.42
- Solaris. (2016). Solaris. Retrieved from <http://solarishn.com/>
- Vásquez, S. G. (2003). Teoría para el diseño de calentadores solares de agua. Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural, 1,
- World Bank Group (2015). Progress toward sustainable energy. Sustainable Energy For All
- Zamorano (2016). Centro Kellogg de Zamorano. Retrieved from Zamorano, <https://www.zamorano.edu/centro-kellogg/>

7. ANEXOS

Anexo1. Cuadro Comparativo de Número de Huéspedes Centro Kellogg

| Mes | Días | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Enero | 31 | 846 | 1262 | 924 | 1322 | 1223 | 1015 | 863 |
| Febrero | 28 | 753 | 1667 | 844 | 861 | 745 | 499 | 537 |
| Marzo | 31 | 571 | 2079 | 514 | 1181 | 1317 | 1170 | 1261 |
| Abril | 30 | 466 | 1775 | 764 | 764 | 1296 | 852 | 1001 |
| Mayo | 31 | 1200 | 1284 | 964 | 1755 | 951 | 791 | 697 |
| Junio | 30 | 937 | 1139 | 1130 | 2059 | 1077 | 581 | 744 |
| Julio | 31 | 879 | 441 | 1055 | 2128 | 1971 | 1254 | 702 |
| Agosto | 31 | 2170 | 603 | 1232 | 1540 | 989 | 1089 | 1011 |
| Septiembre | 30 | 2329 | 593 | 853 | 1562 | 885 | 814 | 872 |
| Octubre | 31 | 2930 | 949 | 931 | 2079 | 912 | 1036 | 1094 |
| Noviembre | 30 | 2491 | 1410 | 1038 | 1811 | 773 | 773 | 432 |
| Diciembre | 31 | 417 | 584 | 755 | 1027 | 442 | 946 | 659 |

Anexo 2. Consumo de agua al día promedio (Litros)

| 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | Promedio/Día |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| 2945 | 4393 | 3216 | 4601 | 4257 | 3533 | 3004 | 3707 |
| 2902 | 6424 | 3252 | 3318 | 2871 | 1923 | 2069 | 3251 |
| 1987 | 7236 | 1789 | 4111 | 4584 | 4072 | 4389 | 4024 |
| 1676 | 6384 | 2748 | 2748 | 4661 | 3064 | 3600 | 3555 |
| 4177 | 4469 | 3355 | 6109 | 3310 | 2753 | 2426 | 3800 |
| 3370 | 4097 | 4064 | 7406 | 3874 | 2090 | 2676 | 3939 |
| 3059 | 1535 | 3672 | 7407 | 6860 | 4365 | 2443 | 4192 |
| 7553 | 2099 | 4288 | 5360 | 3442 | 3790 | 3519 | 4293 |
| 8377 | 2133 | 3068 | 5618 | 3183 | 2928 | 3136 | 4063 |
| 10198 | 3303 | 3240 | 7236 | 3174 | 3606 | 3808 | 4938 |
| 8959 | 5071 | 3733 | 6514 | 2780 | 2780 | 1554 | 4485 |
| 1451 | 2033 | 2628 | 3575 | 1538 | 3293 | 2294 | 2402 |

Anexo 3. Cuadro Comparativo de Número de Huéspedes Centro Kellogg al día/
promedio

| Mes | Días | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Enero | 31 | 27 | 41 | 30 | 43 | 39 | 33 | 28 |
| Febrero | 28 | 27 | 60 | 30 | 31 | 27 | 18 | 19 |
| Marzo | 31 | 18 | 67 | 17 | 38 | 42 | 38 | 41 |
| Abril | 30 | 16 | 59 | 25 | 25 | 43 | 28 | 33 |
| Mayo | 31 | 39 | 41 | 31 | 57 | 31 | 26 | 22 |
| Junio | 30 | 31 | 38 | 38 | 69 | 36 | 19 | 25 |
| Julio | 31 | 28 | 14 | 34 | 69 | 64 | 40 | 23 |
| Agosto | 31 | 70 | 19 | 40 | 50 | 32 | 35 | 33 |
| Septiembre | 30 | 78 | 20 | 28 | 52 | 30 | 27 | 29 |
| Octubre | 31 | 95 | 31 | 30 | 67 | 29 | 33 | 35 |
| Noviembre | 30 | 83 | 47 | 35 | 60 | 26 | 26 | 14 |
| Diciembre | 31 | 13 | 19 | 24 | 33 | 14 | 31 | 21 |

Anexo 4. Porcentaje de ocupación del Centro Kellogg

| 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 20% | 30% | 22% | 31% | 29% | 24% | 20% |
| 20% | 44% | 22% | 23% | 20% | 13% | 14% |
| 14% | 49% | 12% | 28% | 31% | 28% | 30% |
| 11% | 44% | 19% | 19% | 32% | 21% | 25% |
| 28% | 30% | 23% | 42% | 23% | 19% | 17% |
| 23% | 28% | 28% | 50% | 26% | 14% | 18% |
| 21% | 10% | 25% | 50% | 47% | 30% | 17% |
| 51% | 14% | 29% | 37% | 23% | 26% | 24% |
| 57% | 15% | 21% | 38% | 22% | 20% | 21% |
| 69% | 23% | 22% | 49% | 22% | 25% | 26% |
| 61% | 35% | 25% | 44% | 19% | 19% | 11% |
| 10% | 14% | 18% | 24% | 10% | 22% | 16% |