

**Proyecto de sustitución de calentadores
eléctricos de agua domésticos por termas
solares para el ahorro económico-energético en
Zamorano**

Carlos Omar Desposorio Nazario

Zamorano, Honduras

Septiembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

**Proyecto de sustitución de calentadores
eléctricos de agua domésticos por termas
solares para el ahorro económico-energético en
Zamorano**

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

Presentado por

Carlos Omar Desposorio Nazario

Zamorano, Honduras
Septiembre, 2008

Proyecto de sustitución de calentadores eléctricos de agua domésticos por termas solares para el ahorro económico-energético en Zamorano

Presentado por:

Carlos Omar Desposorio Nazario

Aprobado:

Ernesto Gallo, M.Sc.-M.B.A.
Asesor Principal

Adolfo Fonseca, M.A.E.
Director Interino
Carrera Administración de
Agronegocios

Guillermo Berlioz, B.Sc.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Oscar Díaz, M.B.A.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

Guillermo Berlioz, B.Sc.
Coordinador de Tesis

RESUMEN

Desposorio, C. 2008. Proyecto de sustitución de calentadores eléctricos de agua domésticos por termas solares para el ahorro económico-energético en Zamorano. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 42p.

El siguiente proyecto muestra cálculos cuya finalidad es tomar la decisión de implementar calentadores solares de agua en las viviendas de Zamorano y tratar de satisfacer el doble objetivo que es, por un lado, el ahorro económico y hacer uso eficiente de la energía, en este caso, la electricidad para calentar agua, y por el otro, promover el aprovechamiento de las energías renovables, utilizando la radiación solar, en lugar de la energía eléctrica.

El consumo total anual de los calentadores de agua eléctricos en el 2007 fue de 259,255.85 kWh/año. El porcentaje de consumo de los calentadores eléctricos en las viviendas de Zamorano según la encuesta realizada a los usuarios es del 49.57%.

Trabajando con un calentador solar de agua de \$ 700 dólares americanos y tomando en cuenta un consumo de energía eléctrica para calentar agua de 49.57% en las viviendas, se obtiene un VAN (8%) de \$253,086.70, una TIR de 51% y un tiempo de recuperación de 2.3 años. Tomando en cuenta un consumo de energía eléctrica para calentar agua, según Eco-Zamorano, de 17% en las viviendas, se obtiene un VAN (8%) de \$52,841.17, una TIR de 18% y un tiempo de recuperación de 7.6 años.

El 73% de los usuarios definitivamente cambiarían el sistema de calentadores eléctricos de agua por los solares y el 27% restante probablemente lo cambiarían.

El proyecto tiene un impacto ambiental positivo y mejora la imagen de Zamorano como institución.

Palabras clave: Ahorro energético, bunker, consumo eléctrico, energía renovable.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Página de firmas.....	ii
	Resumen.....	iii
	Contenido.....	iv
	Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3	METODOLOGÍA.....	8
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
6	BIBLIOGRAFÍA.....	28
7	ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Consumo anual de energía eléctrica (kWh/año) en las viviendas de Zamorano desde el año 2004 hasta el 2023.....	12
2. Radiación solar mínima, promedio y máxima en Zamorano en los años 2005, 2006, 2007 y 2008 (hasta el mes de agosto).....	14
3. Flujo de caja para 20 años, tomando en cuenta un consumo del 49% y un calentador de \$700 dólares americanos.....	22
4. Flujo de caja para 20 años, tomando en cuenta un consumo del 17% y un calentador de \$700 dólares americanos.....	22

Figura	Página
1. Fotografía de un CSA termosifónico con colector de tubos evacuados..	5
2. Consumo de energía eléctrica durante el mes de enero en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2007.....	9
3. Tendencia de consumo promedio de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de julio en las viviendas de Zamorano de Campus Alto tomando en cuenta datos desde el año 2004 hasta el 2008.....	10
4. Tendencia de consumo promedio de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de julio en las viviendas de Zamorano de Campus Central tomando en cuenta datos desde el año 2004 hasta el 2008.....	10
5. Tendencia de consumo total de energía eléctrica (kWh/año) en las viviendas de Zamorano tomando en cuenta datos desde el año 2004 hasta el 2007.....	11
6. Número de personas por vivienda.....	15
7. Actividades en las que se utiliza el agua caliente.....	15
8. Horarios en los que se utiliza el agua caliente.....	16
9. Temperatura del agua para el duchado.....	16
10. Importancia de la presión a la que cae el agua en el duchado.....	17
11. Tiempo promedio por persona empleado en el duchado.....	17
12. Opinión respecto a la situación actual económica y de disponibilidad de energía eléctrica en Honduras.....	18
13. Significancia económica en consumo de energía eléctrica de los usuarios.....	18
14. Conocimiento de los usuarios sobre calentadores de agua solar.....	19

15.	Conocimiento acerca de los beneficios de los calentadores de agua solar.....	19
16.	Conocimiento acerca de los inconvenientes de los calentadores de agua solar.....	20
17.	Disposición al cambio de sistema de calentador de agua.....	20

Anexo		Página
1.	Formato de encuesta.....	30
2.	Consumo de electricidad mensual en las viviendas de Zamorano, tanto de las que se ubican en campus altos como los del central, de tal forma que podemos distinguir cómo ha sido el comportamiento del consumo en los diferentes meses del año desde el 2000 hasta julio del 2008.....	32

1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento de agua es una de las aplicaciones más importantes de la energía solar, que compite económicamente en la mayoría de los casos con métodos de calentamiento a base de fuentes convencionales de energía.

El agua caliente se necesita para uso doméstico (bañarse, lavar trastes y ropas etc.), uso comercial (hospitales, hoteles, centros de recreos, piscinas, residencias estudiantiles, restaurantes, etc.) e industrial (ganaderías, lecherías, embotelladoras etc.).

Uno de los principales problemas para el uso de calentadores solares de agua a grandes escalas en países como Honduras son: el elevado costo de la inversión inicial, lo cual se traduce en la necesidad de esquemas adecuados de comercialización y financiamiento, la falta de normas y procedimientos para garantizar la calidad en su instalación y funcionamiento, así como la ausencia de estrategias de difusión, promoción y divulgación de la tecnología.

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha elevado a un ritmo superior al crecimiento económico, ya que suple las necesidades del aparato productivo, porque está relacionado con mayores niveles de vida y propósitos no materializados, mezcla que lleva a reflexionar, sobre todo si se tiene en cuenta que en energía se gasta una importante cantidad.

El incremento de la demanda de energía conlleva a Honduras importar energía eléctrica (57 millones de kWh/año), pensando en eso se tuvo necesidad de iniciar un proyecto cuya finalidad sea reducir el consumo de energía eléctrica, así como también reducir los costos, además de utilizar tecnologías limpias.

1.1 ANTECEDENTES

El calentamiento de agua con energía solar es una tecnología muy probada y usada en el mundo. Países de Europa y Norteamérica, cuya ubicación con respecto al sol es menos favorable que la de Honduras, utilizan calentadores solares de agua con mucha mayor intensidad que nosotros.

Los sistemas solares con más divulgación en Centroamérica son los sistemas para uso doméstico. Sin embargo, hasta el momento el mercado no ha sido lo suficientemente grande para que las empresas puedan importar sistemas de calidad a gran escala, que permita la venta a un precio accesible. Por esta razón, los sistemas que se ven con mayor

frecuencia son fabricados localmente y no siempre cumplen con criterios de calidad aceptables. Afortunadamente, existen ejemplos de sistemas solares para casas y hoteles que han trabajado ya varios años sin presentar alteraciones en el funcionamiento de estos equipos. Estos sistemas, sobre todo para hoteles, han recuperado su inversión inicial en cinco años por el ahorro de energías convencionales.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El precio de la energía eléctrica en Honduras ha venido incrementándose en los últimos años de manera significativa, paralelamente la disponibilidad de ésta viene disminuyendo, ya que existe un déficit para suplir la demanda total de energía eléctrica en el país. Los calentadores de agua son uno de los artefactos que más energía eléctrica consumen. Se debe calcular el posible ahorro que implica la sustitución de calentadores eléctricos de agua por termas solares en las viviendas de Zamorano.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Este proyecto contempla la elaboración de una de las posibles estrategias a seguir para mejorar el uso de la electricidad, a través de un proyecto de ahorro dirigido a sustituir la utilización de calentadores eléctricos domésticos de agua en las viviendas de la Escuela Agrícola Panamericana por termas solares porque se deduce que las primeras producen uno de los mayores impactos en el consumo de energía en la institución, en general, resultaría un consecuente ahorro.

1.4 LÍMITES DEL ESTUDIO

El estudio no fue dirigido a toda la población de Zamorano, sólo a las viviendas donde Zamorano cubre con los costos de electricidad.

Para un mejor estudio es conveniente implementar en una muestra de viviendas las termas solares, pero debido a su alto costo no se realizó.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Evaluar el ahorro económico y de energía eléctrica sustituyendo calentadores eléctricos de agua domésticos por termas solares en las viviendas de Zamorano.

1.5.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la demanda anual del consumo de energía eléctrica destinada al funcionamiento de los calentadores eléctricos de agua de las viviendas de Zamorano y el costo en Lempiras que implica su utilización.
- Obtener cotizaciones de las diversas empresas que ofrecen termas solares para seleccionar la más conveniente en cuanto a precio, instalación y mantenimiento.
- Evaluar la factibilidad y viabilidad de implementar calentadores solares en las viviendas de Zamorano.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 TIPOS DE CALENTADORES SOLARES DE AGUA:

En función del tipo de energía que utilizan, los calentadores de agua para viviendas se pueden clasificar en: los que utilizan electricidad, los que aprovechan la energía solar y en algunos países como Holanda, Méjico y Perú que utilizan gas.

En el caso de los calentadores de gas, existen tres modelos: de almacenamiento, instantáneos y de rápida recuperación. Los calentadores de agua de almacenamiento, también conocidos como de depósito, calientan el agua contenida en un tanque para ser utilizada cuando se requiera. Cada vez que ésta se extrae, es reemplazada por agua a temperatura ambiente, que vuelve a ser calentada.

Los calentadores de agua instantáneos, también conocidos como de paso, cuentan con un serpentín a través del cual se calienta el agua a una temperatura uniforme cuando el usuario abre la llave correspondiente.

Los calentadores de agua de rápida recuperación son una combinación de los dos anteriores: mediante un pequeño depósito mantienen el agua a una temperatura uniforme, y cuando se encienden, la calientan de manera continua, a través de uno o más intercambiadores de calor.

Respecto de los calentadores eléctricos, su diferencia con los calentadores de gas estriba en que utilizan una resistencia eléctrica para calentar el agua. En este caso, existen dos modelos: el de almacenamiento y el instantáneo.

Los calentadores solares de agua (CSA), que es el que se promulga en este proyecto, son sistemas dotados con un elemento captador de los rayos del sol para calentar el líquido y un depósito para almacenar el agua caliente.

Existen dos tipos de CSA, en función del material captador empleado: los colectores solares planos y los de tubos evacuados, que son los que se recomiendan para este proyecto.

Los colectores solares planos tienen como elemento captador una placa de cobre. Por sus características, se les llama también de baja temperatura, pues sólo alcanzan entre 30 y 60 °C.

Los colectores de tubos evacuados utilizan como colector solar un arreglo de dos tubos concéntricos de cristal, con vacío entre ambos, donde el ubicado en el interior está provisto de una capa que absorbe el calor. Estos equipos, también llamados de alta temperatura, pueden alcanzar hasta de 95 °C.

Por otro lado, desde el punto de vista operacional, los CSA se clasifican en: termosifónicos, con intercambiador de calor y de respaldo integrado. El sistema termosifónico es el más comúnmente usado en el sector residencial, y debe su nombre al fenómeno que hace que fluya el agua entre el elemento captador y el depósito, llamado también termotanque.



Figura 1. Fotografía de un CSA termosifónico con colector de tubos evacuados tomada en una vivienda en la ciudad de San Pedro Sula.

Fuente: Valenzuela (2008), NRGSA (SPS, Honduras).

Los sistemas con intercambiador de calor, conocidos también como de circulación forzada, no almacenan propiamente el agua caliente en el llamado termotanque, sino que toman el calor de un fluido (que puede ser agua u otro líquido) que circula en el colector solar y lo llevan a un tanque, el cual, a su vez, transfiere el calor al agua sanitaria. En algunos casos este termotanque cuenta con una resistencia eléctrica, la cual calienta el agua cuando la temperatura desciende a un nivel predeterminado.

El llamado sistema de respaldo integrado es idéntico al termosifónico, excepto que en el termotanque se encuentra una resistencia eléctrica que calienta el agua bajo un sistema de control o cuando el usuario lo solicita.

En los casos de sistemas de intercambiador de calor y de respaldo integrado, existen equipos que utilizan gas en lugar de contar con una resistencia eléctrica para el calentamiento de agua. Por ello, sus termotanques son depósitos similares a los de los calentadores de almacenamiento.

2.2 SELECCIÓN DEL CALENTADOR SOLAR DE AGUA:

Para seleccionar (dimensionar) un calentador, el primer paso es definir cuánta agua caliente se requiere, tanto en forma simultánea como a lo largo del día.

A continuación se mencionan los factores importantes para determinar una buena selección de la capacidad de los mismos:

- Número de personas en la vivienda:
 - Que viven
 - Que se bañan
 - Edades: niños/ jóvenes/ mayores
 - Número de veces que se bañan al día
- Nivel de equipamiento (considerando el tamaño y forma de uso)
 - Lavadora de ropa
 - Lavatrastos
 - Calentador de agua eléctrico
 - Otros equipos que utilicen agua caliente

Asimismo, aspectos vitales a considerar son los hábitos de los usuarios, que están en función de su edad y las condiciones climáticas del lugar. Algunas encuestas identifican como puntos importantes los siguientes:

- Las personas mayores se bañan rápido.
- Los jóvenes:
 - Se bañan hasta acabarse el agua caliente y consumen 2 o 3 veces más que un adulto.
 - Se bañan una o dos veces al día (dependiendo de la época del año y el tipo de actividades que realicen).
- En climas extremos:
 - En época de invierno, las personas toman calor del baño.
 - En el verano, utilizan agua templada.

- En climas templados ocurre algo similar, pero en menor escala.

En cuanto al consumo de agua por usos finales, existen estudios que muestran cómo y cuánta agua caliente se usa en los hogares:

- Características de una ducha
 - 10 minutos
 - 65% de agua caliente y 35% de agua fría.

3. METODOLOGÍA

3.1 ESTUDIO DE MERCADO

3.1.1 Consumo de energía eléctrica en las viviendas de Zamorano desde el año 2000 al 2008:

Mediante una investigación exploratoria, se obtuvieron datos secundarios sobre el consumo de electricidad mensual en las viviendas de Zamorano, tanto de las que se ubican en campus altos como los del central, de tal forma que podemos distinguir cómo ha sido el comportamiento del consumo en los diferentes meses del año desde el 2000 hasta julio del 2008.

En el siguiente gráfico (figura 2) se muestra cómo ha sido el consumo total de energía eléctrica en las viviendas de Zamorano desde el año 2000 hasta el año 2007. Se puede observar que el consumo disminuyó significativamente entre los años 2002 y 2004, esto se debe a que a mediados del año 2003 se estableció un rango de consumo en donde si en la vivienda se consumía entre 650 y 750 kWh/mes el usuario no pagaba, si sobrepasaba este rango pagaba \$ 0.10 dólares americanos por kWh adicional de consumo y si el consumo estaba por debajo del rango se le bonificaba con \$ 0.05 dólares americanos por kWh ahorrado.

En el año 2007 se consumió en todas las viviendas de Zamorano un total 523 MWh/año.

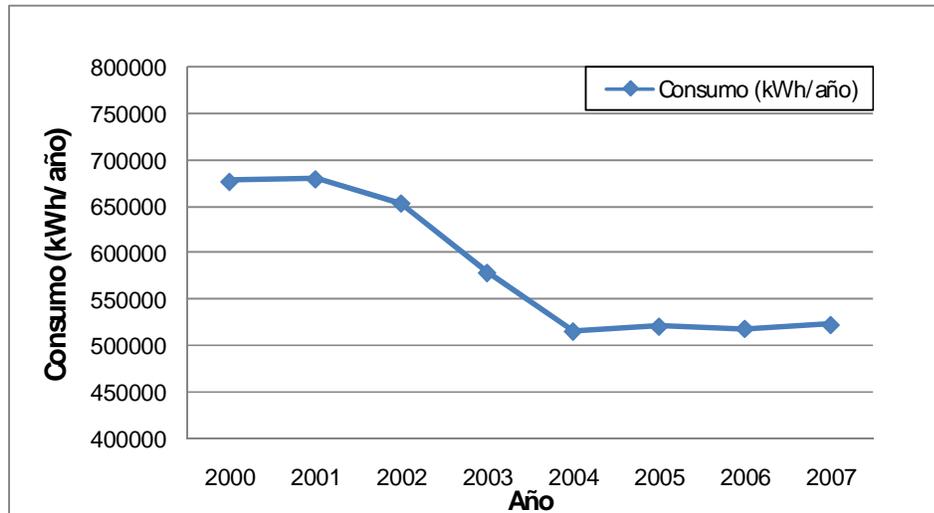


Figura 2. Consumo total de energía eléctrica (kWh/año) en las viviendas de Zamorano desde el año 2000 hasta el 2007.

Para observar el consumo de energía eléctrica en las viviendas de Zamorano se organizaron los datos para mostrarlo tanto por mes como por ubicación (Campus Altos y Central) y con el propósito de evitar sesgos al calcular los promedios, máximos y mínimos de consumo se eliminaron los valores de consumo bajos (menores a 90 kWh/mes) en viviendas donde habitan más de 2 personas ya que esto significa que nadie estuvo habitando en la vivienda durante ese periodo. Éstos datos se muestran en el Anexo 2.

3.1.2 Consumo de energía eléctrica en los próximos años:

En julio del 2008 se modificó el rango de consumo del que se habló en el ítem anterior, éste disminuyó de 650 – 750 kWh/mes a 600 – 700 kWh/mes. Para calcular el consumo de energía eléctrica anual en las viviendas de Zamorano en los próximos años se traza una línea de tendencia en el gráfico de consumo promedio de los meses de julio desde el año 2004 hasta el 2008. Lo anterior debido a que inicialmente se creía que al disminuir el rango de consumo, las viviendas reaccionarían al cambio y presentarían consumos más bajos, pero como se observan en los siguientes gráficos (figura 3 y 4) en las viviendas de Campus Altos el consumo aumentó en promedio 16.63 kWh/mes con respecto al año anterior (julio 2007) y 12.70 kWh/mes con respecto al mes anterior (junio 2008), en las viviendas de Campus Central el consumo disminuyó en promedio tan solo 2.44 kWh/mes con respecto al año anterior (julio 2007) y aumentó 19.09 kWh/mes con respecto al mes anterior (junio 2008).

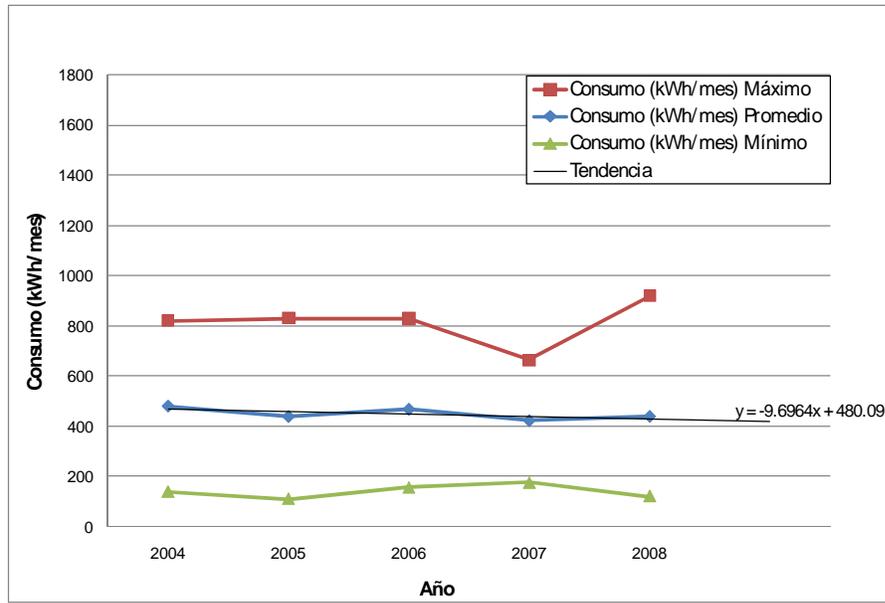


Figura 3. Tendencia de consumo promedio de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de julio en las viviendas de Zamorano de Campus Alto tomando en cuenta datos desde el año 2004 hasta el 2008.

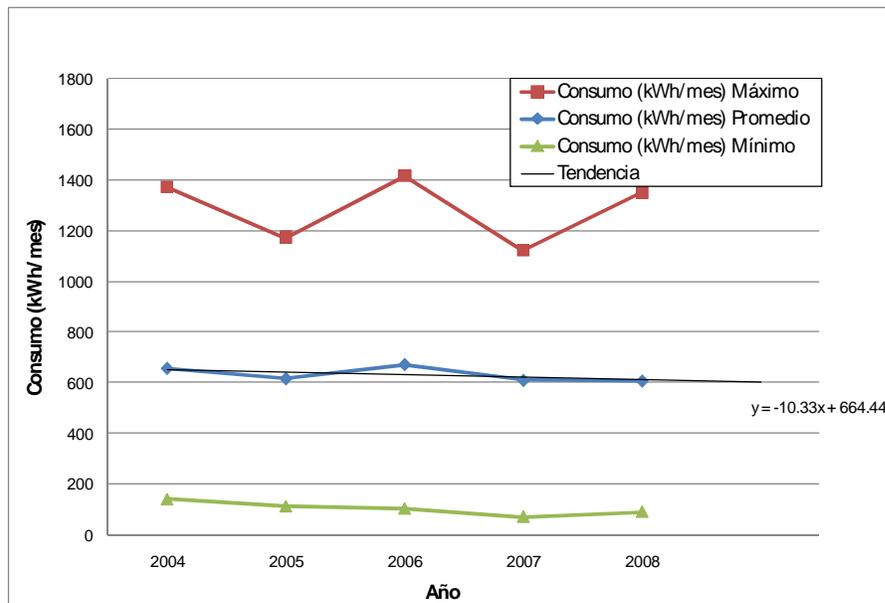


Figura 4. Tendencia de consumo promedio de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de julio en las viviendas de Zamorano de Campus Central tomando en cuenta datos desde el año 2004 hasta el 2008.

Con lo anterior y tomando en cuenta que no se puede concluir utilizando un solo dato, no te permite visualizar de inmediato que el nuevo rango influye significativamente en el consumo de energía eléctrica. Por lo que para el pronóstico de consumo total de energía eléctrica en las viviendas de Zamorano de los próximos años se evaluó la tendencia del consumo desde el 2004 hasta el 2007, tal como se muestra en la figura 5.

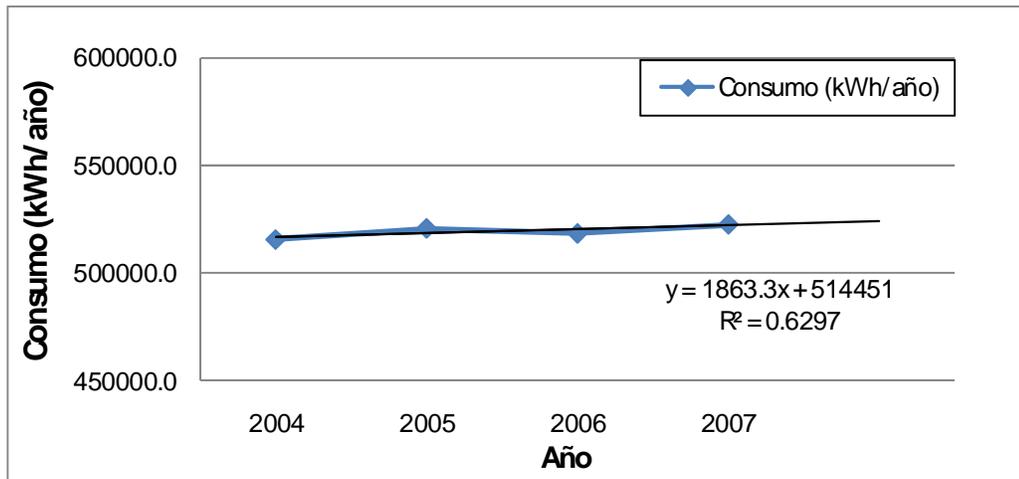


Figura 5. Tendencia de consumo total de energía eléctrica (kWh/año) en las viviendas de Zamorano tomando en cuenta datos desde el año 2004 hasta el 2007.

El consumo anual de energía eléctrica de las viviendas de Zamorano calculado hasta el año 2023 se muestra en la tabla 2, suponiendo que se sigue utilizando los calentadores eléctricos para calentar agua, tomando en cuenta la ecuación de la recta de tendencia dada por la ecuación:

$$Y = 1863.3X + 514441$$

$$R^2 = 0.6297$$

Cuadro 1. Consumo anual de energía eléctrica (kWh/año) en las viviendas de Zamorano desde el año 2004 hasta el 2023, pronosticado a partir de datos desde el 2004 al 2007.

Año	Consumo (kWh/año)
2004	515339.0
2005	520560.0
2006	518199.0
2007	522337.0
2008	523767.0
2009	525630.3
2010	527493.6
2011	529356.9
2012	531220.2
2013	533083.5
2014	534946.8
2015	536810.1
2016	538673.4
2017	540536.7
2018	542400.0
2019	544263.3
2020	546126.6
2021	547989.9
2022	549853.2
2023	551716.5

3.1.3 Consumo de energía eléctrica para calentamiento de agua:

Según los datos que se recolectaron en la encuesta, sobre el tiempo de programación del calentador eléctrico de agua, calculamos el consumo anual de electricidad empleado sólo por el calentador eléctrico de agua.

Consumo anual del calentador de agua = Tiempo de activación diario (horas) \times consumo del calentador eléctrico (kWh) \times 73 casas \times 365 días.

En promedio por vivienda el calentador eléctrico está activado 2.78 horas al día.

El calentador eléctrico consume 3.5 kW en una hora.

Consumo anual del calentador de agua = 259,255.85 kWh/año.

Con la información anterior se calcula el porcentaje de consumo sólo de los calentadores eléctricos, del consumo total.

$$\% = \frac{\text{Consumo anual de electricidad sólo del calentador eléctrico (kWh/año)}}{\text{Consumo anual total de electricidad (kWh/año)}}$$

En el 2007 se consumió en las viviendas 523,000 kWh/año.

Porcentaje de consumo de los calentadores eléctricos = 49.57%.

Según un Diagnóstico energético de vivienda realizada por el Programa Eco – Zamorano, el porcentaje de consumo de los calentadores eléctricos en las viviendas de Zamorano este año 2008 es del 17%.

3.1.4 Precios de la energía eléctrica:

En la facturación del mes de agosto del 2008 se pagó el kWh a \$ 0.10 dólares americanos, incluido el ajuste por combustible.

En el año 2007 se utilizó 1300 galones de diesel que tuvo un equivalente a \$5,538 dólares americanos por uso del generador de electricidad que funcionaba en casos de apagones.

En el año 2007 se consumió en Zamorano un total de 4,529 MWh/año que representó un valor de \$ 452,900 dólares americanos.

El total pagado por consumo de energía eléctrica fue de \$ 458,438 dólares americanos del cual el consumo por el generador de electricidad de zamorano representó el 1.22%.

Según la declaración verbal de Mateo Yibrin, gerente de Azucarera 3 Valles, la electricidad se les paga a los productores que utilizan bunker a \$ 0.30 dólares americanos, entonces el costo real que se paga por kWh es de \$ 0.1018 dólares americanos.

3.1.5 Selección del calentador solar de agua:

En Zamorano actualmente se está utilizando calentadores eléctricos de agua. La selección del equipo adecuado depende, principalmente, del lugar de instalación, ya que se necesita un determinado rango de radiación solar. En Zamorano la radiación solar se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 2. Radiación solar mínima, promedio y máxima en Zamorano en los años 2005, 2006, 2007 y 2008 (hasta el mes de agosto).

Año	Radiación (Cal/cm ²)		
	Mínimo	Promedio	Máximo
2005	162.50	394.90	626.80
2006	105.60	420.74	608.30
2007	58.78	403.56	582.20
2008	139.70	408.20	610.40

Respecto de la selección de un buen CSA, el usuario debe tener presente:

- a) El volumen requerido de agua al día (en litros).
- b) La temperatura deseada (en °C).

También es preciso considerar que está cambiando el concepto de utilizar exclusivamente un calentador eléctrico de uso doméstico. La tendencia es disponer de un sistema híbrido, el cual consiste en instalar un calentador eléctrico, el cual se encuentra instalado en todas las viviendas de Zamorano, y un CSA en serie o combinados.

La razón de lo anterior es simple: usar únicamente electricidad equivale a desperdiciar un recurso cada vez su disponibilidad disminuye, al final de cuentas, resulta más caro; pero atenerse sólo al calentador solar no nos asegura contar con agua caliente cuando utilizamos más de la requerida en días normales. Además, las cambiantes condiciones del tiempo suelen limitar el recurso solar y sería demasiado costoso contar con un sistema para situaciones extremas.

Es por eso que se recomienda utilizar los calentadores de agua solar termosifónico con colector de tubos evacuados, ya que cada tubo de vidrio al vacío consiste en dos tubos de vidrio, el tubo exterior está hecho de borosilicato transparente de alta resistencia capaz de resistir el impacto de un granizo de hasta 2.5 cm de diámetro y el tubo interior está también hecho de vidrio de borosilicato, pero éste está recubierto con nitrato de aluminio que tiene una excelente absorción del calor. Con el tubo al vacío se puede esperar un promedio de temperatura del agua de hasta 95°C y en días muy nublados no menos de 55°C. El sistema proporciona suficiente agua caliente considerando que durante el baño la temperatura usualmente está entre 32° y 40°C.

3.1.6 Hábitos de consumo de agua caliente en las viviendas de Zamorano:

Se diseñó una encuesta (ver anexo 1) a ser realizada durante un censo en las 77 viviendas de Zamorano, pero finalmente solo se aplicó la encuesta al 70% del total, debido a diversas razones, como por ejemplo que 4 de ellas estaban inhabitadas, entre otras.

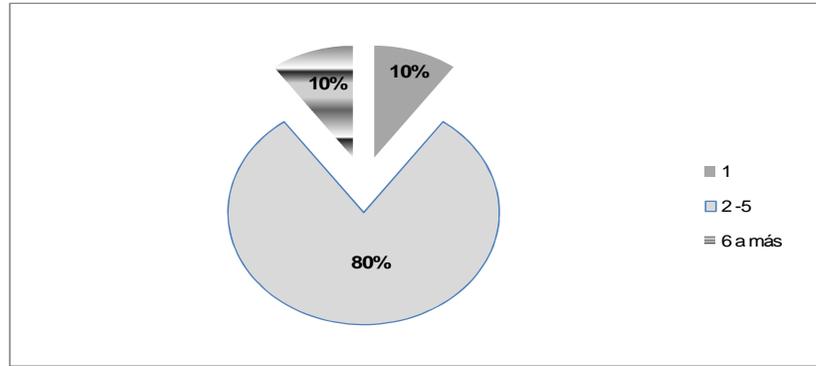


Figura 6. Número de personas por vivienda.

En la figura 7 se muestra cómo el agua caliente destinado para la ducha representa un gran porcentaje en volumen ya que se gasta mucha más agua en la ducha que en lavar trastes.

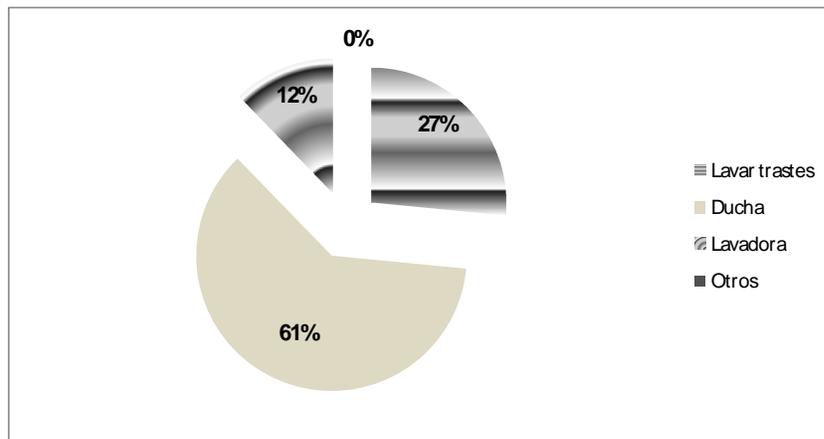


Figura 7. Actividades en las que se utiliza el agua caliente.

El horario en que los usuarios más utilizan el agua caliente es de 5 a 8 de la mañana como se muestra en la figura 8, lo que significa que el calentador solar tiene que garantizar el mantenimiento de la temperatura del agua durante la noche.

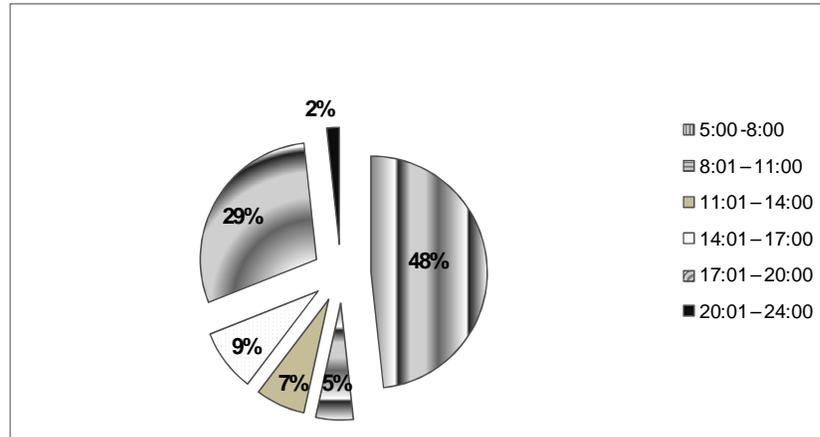


Figura 8. Horarios en los que se utiliza el agua caliente.

La temperatura del agua a la que la mayoría de los usuarios se duchan es tibia (32 – 40°C) como nos muestra la figura 9, esto conlleva a que se pueda mezclar el agua del tanque del calentador solar y el agua que no pasa por el calentador, lo que mejora la presión del agua al caer en la ducha.

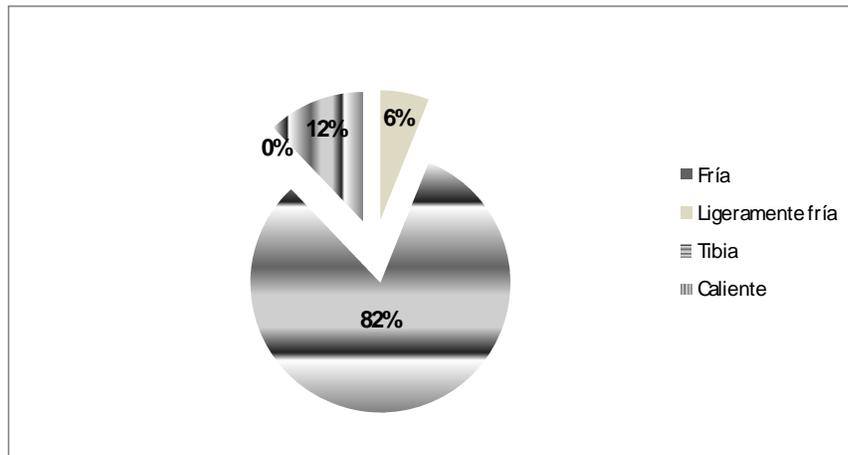


Figura 9. Temperatura del agua para el duchado.

En la figura 10 se muestra la alta importancia que tiene la presión del agua al caer a la ducha, pero como se explicó en la figura anterior la ventaja de que el agua caliente se mezcle con la fría, la cual viene con bastante presión, permite que la disminución de presión del agua que provoca instalar un calentador solar quede corregido.

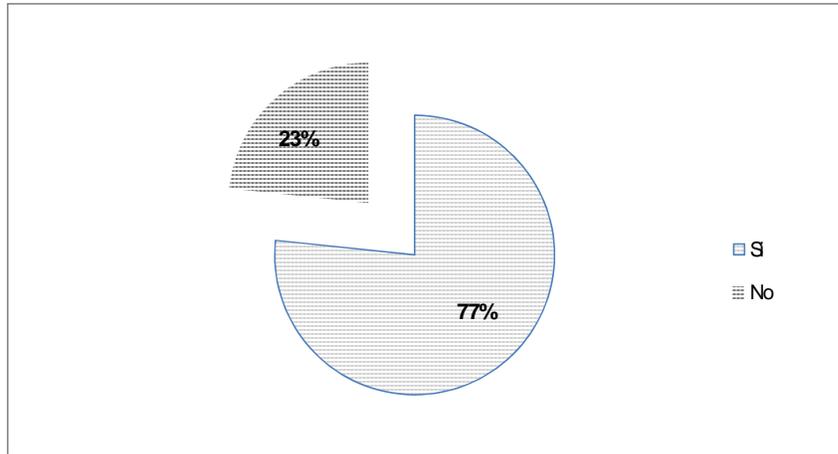


Figura 10. Importancia de la presión a la que cae el agua en el duchado.

Los usuarios por lo general toman no más de 10 minutos para ducharse, esto permite que los 40 galones de agua caliente del tanque pueda ser aprovechado por más personas.

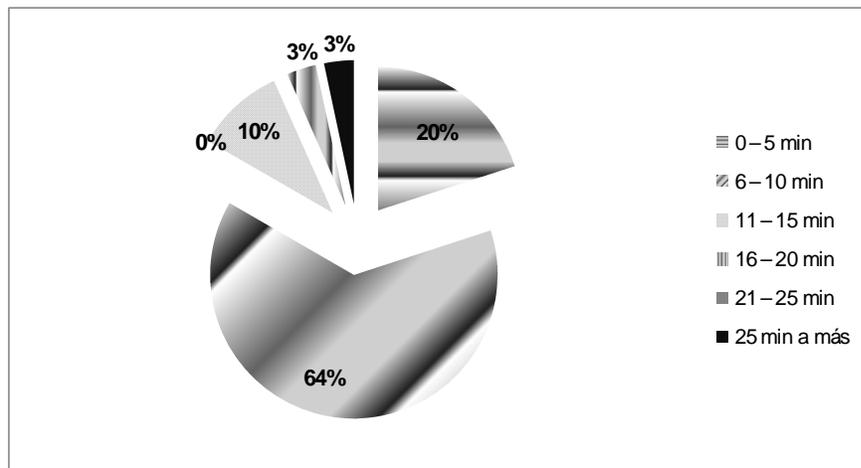


Figura 11. Tiempo promedio por persona empleado en el duchado.

Los usuarios son concientes que la situación actual con respecto a la disponibilidad y el costo de la energía eléctrica en Honduras es problemática, como podemos observar en la figura 12.

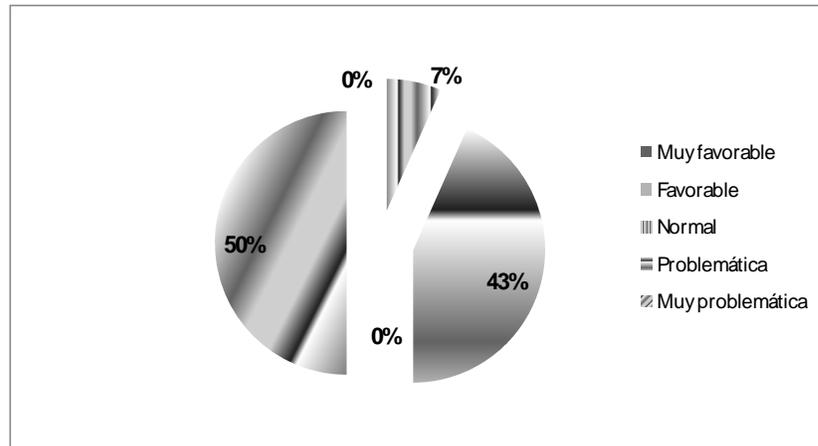


Figura 12. Opinión respecto a la situación actual económica y de disponibilidad de energía eléctrica en Honduras.

La mayoría de los usuarios opinan que el gasto que incurren en consumir energía eléctrica aquí en Zamorano no es significativo, debido a que ellos no pagan el total de la factura, solo pagan \$0.10 dólares americanos por kWh adicional a los 700 kWh/mes.

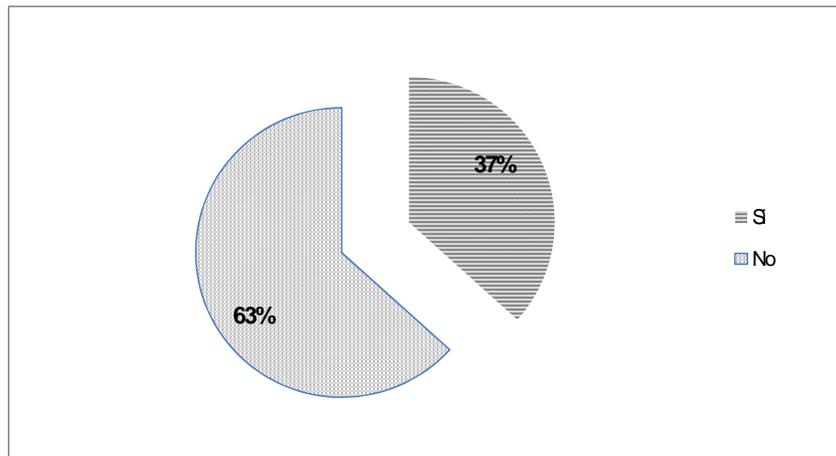


Figura 13. Significancia económica en consumo de energía eléctrica de los usuarios.

El tema de la energía solar es muy conocida y comentada actualmente, esto lo refleja la figura 14 que muestra que el 93% de los usuarios conocen sobre su existencia y funcionamiento.

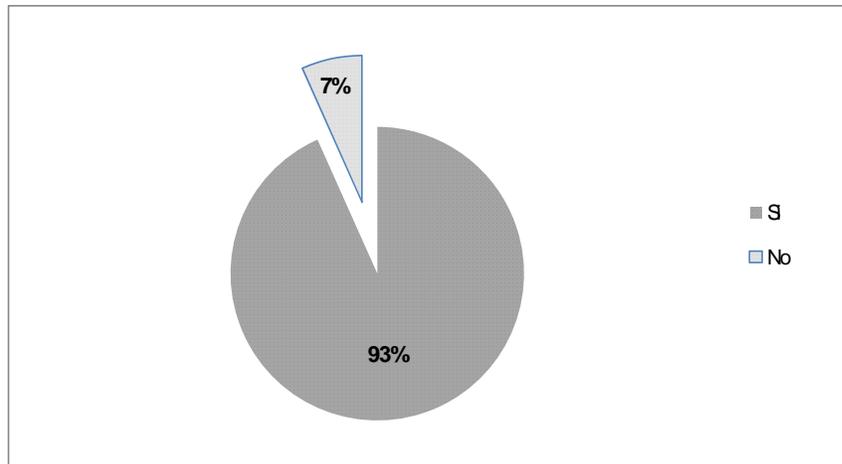


Figura 14. Conocimiento de los usuarios sobre calentadores de agua solar.

En la figura 15 se muestra el conocimiento acerca de los beneficios de los calentadores de agua solar. Los usuarios comentan que entre los beneficios más importantes es el ahorro tanto energético como económico y que es una energía limpia.

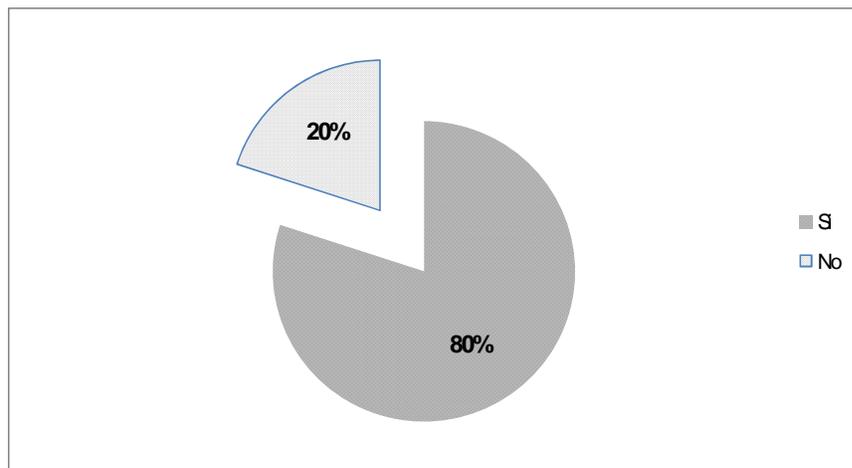


Figura 15. Conocimiento acerca de los beneficios de los calentadores de agua solar.

Entre los inconvenientes que los usuarios piensan que tendría instalar un calentador solar en su vivienda es que no caliente el agua lo suficiente durante los días nublados, y hay que tener en cuenta que es un porcentaje significativo de 34%.

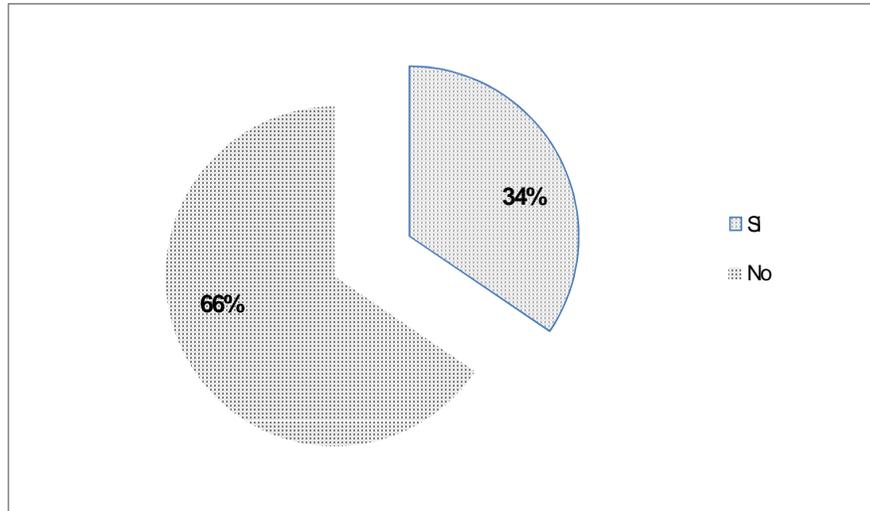


Figura 16. Conocimiento acerca de los inconvenientes de los calentadores de agua solar.

En la figura 17 se muestra que el 73% los usuarios están dispuestos a que le cambien el sistema de calentador de agua, y el 27% que probablemente lo cambien está relacionado con lo que nos muestra la figura 16, que temen que el sistema no les funcione en días nublados y que no satisfaga sus expectativas.

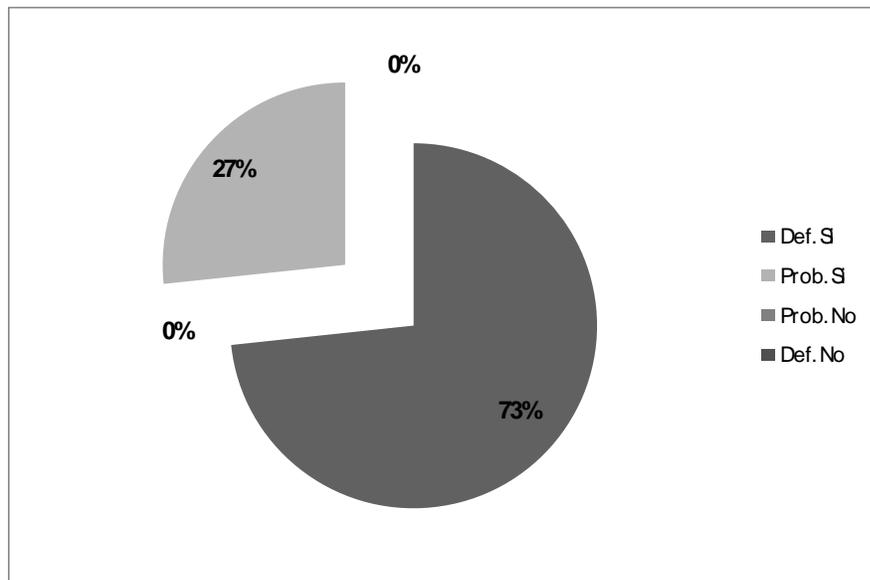


Figura 17. Disposición al cambio de sistema de calentador de agua.

3.2 ESTUDIO FINANCIERO

Para el estudio financiero se tomó en cuenta 2 escenarios:

En el primero trabajando con un calentador solar de agua de \$ 700 dólares americanos y tomando en cuenta un consumo de energía eléctrica para calentar agua de 49% en las viviendas, tal como se muestra en la tabla 3, se obtiene un VAN (8%) de \$253,086.70, una TIR de 51% y un tiempo de recuperación de 2.3 años.

En el segundo trabajando con un calentador solar de agua de \$ 700 dólares americanos y tomando en cuenta un consumo de energía eléctrica para calentar agua de 17% en las viviendas, tal como se muestra en la tabla 4, se obtiene un VAN (8%) de \$52,841.17, una TIR de 18% y un tiempo de recuperación de 7.6 años.

3.3 IMPACTO AMBIENTAL

No se realizó un estudio de impacto ambiental, pero se puede indicar que utilizar calentadores solares ayuda a reducir la emisión de CO₂ a la atmósfera, ya que se reemplaza la energía producida por la combustión de derivados del petróleo por energía solar, que no emite CO₂. Según Kernett (2007) instalar un calentador solar de agua de 200 litros evita la emisión de 1.6 Toneladas de CO₂ en un año.

Además es una energía que no produce ruido, es decir no altera el ecosistema. Utiliza un espacio que no se emplea para otros usos, como son los techos.

3.4 IMAGEN COMO INSTITUCIÓN

La instalación de calentadores solares de agua en Zamorano le proporciona una mejor imagen, siempre y cuando se sepa publicitar, y puede aprovecharla para la captación de más fondos, ya que las empresas e instituciones que utilizan “energías limpias” son bien vistas en todo el mundo.

Además llamará la atención de estudiantes al escoger la institución donde realizarán sus estudios superiores.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Estudio de mercado:

- El consumo de energía eléctrica solo en las viviendas durante el año 2007 fue de 523MWh/año, que representó un valor de \$52,300 dólares americanos.
- El consumo total de energía eléctrica en Zamorano durante el año 2007 fue de 4,529 MWh/año, que representó un valor de \$452,900 dólares americanos.
- El consumo de energía durante el mes de Julio 2008 mantuvo una tendencia sin alteraciones, es decir, que la reducción del rango de consumo no produjo reducción inmediata en el consumo de energía eléctrica en las viviendas.
- El consumo total anual de los calentadores de agua eléctricos en el 2007 fue de 259,255.85 kWh/año.
- El porcentaje de consumo de los calentadores eléctricos en las viviendas de Zamorano según la encuesta realizada a los usuarios es del 49.57%.
- El porcentaje de consumo de los calentadores eléctricos en las viviendas de Zamorano según un Diagnóstico energético de vivienda realizada por el Programa Eco – Zamorano este año 2008 es del 17%.
- El costo real que se paga por kWh es de \$ 0.1018 dólares americanos.
- El tipo de calentadores de agua solar a implementar son los termosifónicos con colector de tubos evacuados, de 40 galones (150 litros).
- En el 80% de las viviendas habitan entre 2 y 5 personas.
- Más del 85% del volumen de agua caliente se utiliza en el duchado en las viviendas de Zamorano.
- El horario en donde más se utiliza el agua caliente se encuentra entre las 5 y 8 de la mañana, representado un 48% del total.
- El 82% de los usuarios prefiere bañarse con agua tibia, entre 32 y 40°C.

- El 77% de los usuarios le da una alta importancia a la presión con la que el agua cae en la ducha.
- El 64% de los usuarios tarda entre 6 y 10 minutos en ducharse, seguido de un 20% que se tarda menos de 6 minutos.
- El 93% de los usuarios es consciente de que la situación energética de Honduras es problemática.
- El 64% de los usuarios no sienten que el gasto económico en el consumo de energía eléctrica es significativo en su hogar.
- El 93% de los usuarios conocen el sistema de calentadores solares de agua.
- El 80% de los usuarios conoce los beneficios de utilizar los calentadores solares de agua.
- El 37% de los usuarios indica que este sistema le puede causar algunos inconvenientes.
- El 73% de los usuarios definitivamente cambiarían el sistema de calentadores eléctricos de agua por los solares y el 27% restante probablemente lo cambiarían.

4.1.2 Estudio financiero

- Trabajando con un calentador solar de agua de \$ 700 dólares americanos y tomando en cuenta un consumo de energía eléctrica para calentar agua de 49% en las viviendas, se obtiene un VAN (8%) de \$253,086.70, una TIR de 51% y un tiempo de recuperación de 2.3 años.
- Trabajando con un calentador solar de agua de \$ 700 dólares americanos y tomando en cuenta un consumo de energía eléctrica para calentar agua de 17% en las viviendas, se obtiene un VAN (8%) de \$52,841.17, una TIR de 18% y un tiempo de recuperación de 7.6 años.
- Impacto ambiental positivo.
- Mejora la imagen de Zamorano como institución.

4.2 DISCUSIÓN

El impacto positivo que tiene el sustituir los calentadores eléctricos por los solares en grandes escalas, como Honduras o Centroamérica, disminuirían una importantísima cantidad de emisión de CO₂, ya que éste se genera a partir de la combustión de bunker, lo que ayudaría a disminuir el efecto invernadero que provoca el calentamiento global.

También se ahorrarían billones de dólares con esta sustitución a nivel latinoamericano, y se dispondría de un mayor porcentaje de energía eléctrica para otros usos.

Si extrapolamos este proyecto a la ciudad de Tegucigalpa, en donde la población es de 1,229,235 personas, con un promedio por vivienda de 5.7 personas y un porcentaje de personas no pobres del 49% (que nos da un total de 105,671 viviendas no pobres), sin tomar en cuenta que en una vivienda de Tegucigalpa el consumo promedio en calentar agua es mayor al 17% del total se obtendría un ahorro en 20 años de 5,584 millones de dólares americanos y se evitaría la emisión de 126,805 toneladas de CO₂ por año.

Ahora si se cuantifica el impacto ambiental a nivel nacional y tomando en cuenta dos cosas: primero, que según la revista IndexMundi, Honduras consume 4,4 miles de millones de kWh/año, del cual el 70% es generada por la combustión de bunker y segundo, que según Broek la combustión de bunker genera 750g de CO₂ por kWh, en Honduras se evitaría emitir 2,310,000 toneladas de CO₂ por año.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La demanda anual de energía eléctrica para el uso de los calentadores de agua eléctricos es de 259,255.85 kWh/año que representa un valor económico actual de 26392.24 dólares americanos.
- La empresa NR-GEA S.A. ofrece calentadores solares a un precio unitario de 631 dólares americanos sin incluir impuestos, adicionalmente ofrece instalación y transporte gratuito por la compra de más de 60 unidades.
- Trabajando con un calentador solar de agua de \$ 700 dólares americanos y tomando en cuenta un consumo de energía eléctrica para calentar agua de 49% en las viviendas, se obtiene un VAN (8%) de \$253,086.70, una TIR de 51% y un tiempo de recuperación de 2.3 años y trabajando con un calentador solar de agua de \$ 700 dólares americanos y tomando en cuenta un consumo de energía eléctrica para calentar agua de 17% en las viviendas, se obtiene un VAN (8%) de \$52,841.17, una TIR de 18% y un tiempo de recuperación de 7.6 años.
- Impacto ambiental positivo y mejora la imagen de Zamorano como institución.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una prueba piloto para asegurarse que el servicio que ofrece el calentador solar es bastante similar al que ofrece el calentador eléctrico, ya que teóricamente, tomando en cuenta los hábitos de los usuarios, mostrados en la encuesta que se realizó, sí lo hace.
- Si el usuario prefiere tener un sistema automático de llenado de agua y control de la temperatura, puede adquirir un minicomputador que tiene un precio de 115 dólares americanos, pero éste incurriría con los gastos.
- Se recomienda realizar estudios futuros del uso de este tipo de calentadores solares de agua en las plantas.

6. BIBLIOGRAFÍA

ANES, Asociación Nacional de Energía Solar, A.C, Consejo XIII, Número 57, Marzo 2006. Revista Solar. “¿Cómo varía mi consumo de gas utilizando un Calentador Solar?”. Consultado el 25 de Mayo del 2008. Disponible en:

<http://www.anes.org/publicaciones/revista/Solar57.pdf>.

Broek, van den R., A. van Wijk. La generación de electricidad a partir de eucalipto en ingenios azucareros en Nicaragua: Costes, aspectos macroeconómicos y medioambientales. En Reunión regional sobre la biomasa para la producción de energía y alimentos, Havana, 1997, 40 p. (Report no. 97081).

CFE, Comisión Federal de Electricidad, 2008. Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico. Consultado el 25 de Mayo del 2008. Disponible en:

<http://www.cfe.gob.mx/es/laempresa/informacionpublica/art7/inforelevpregfrec/paese/paese9/paese9.htm>. (Febrero 2008).

CONAE. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, 2007. Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (Procalsol) 2007- 2012. Consultado el 26 de Mayo del 2008. Disponible en:

http://www.anes.org/publicaciones/documentos/prog_calentadores.pdf.

Greenpeace México, Campaña de Energía y Cambio Climático, Calentadores Solares: Energía Renovable en tu Hogar. Consultado el 26 de Mayo del 2008. Disponible en:

<http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/press/reports/calentadores-solares-energia.pdf>.

7. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta que se realizó en las viviendas de Zamorano, tanto de Campus Altos como del Campus Central.

Encuesta

Por favor marque con una (X) la respuesta que se ajuste más a su situación actual y a la de su familia en Zamorano.

1. ¿Cuántas personas viven en su hogar?

- 1
 2 – 5
 6 a más

2. ¿En qué actividades utiliza el agua caliente?

- Lavar trastes
 Ducha
 Lavadora
 Otros ¿Cuáles? _____

3. ¿En qué horarios utiliza el agua caliente?

- 5:00 -8:00
 8:01 – 11:00
 11:01 – 14:00
 14:01 – 17:00
 17:01 – 20:00
 20:01 – 24:00

4. ¿A qué temperatura utiliza el agua para ducharse?

- Fría (menor a 22°C)
 Ligeramente fría (23 – 31°C)
 Tibia (32 – 40°C)
 Caliente (41°C a más)

5. ¿Es importante para Usted que la presión del agua de la ducha sea alta?

- Si No

¿Por qué? _____

6. ¿Qué tiempo promedio utilizan en su familia para ducharse?

- 0 – 5 min
 6 – 10 min
 11 – 15 min
 16 – 20 min
 21 – 25 min
 25 min a más

7. ¿Según su conocimiento con respecto a la energía eléctrica en Honduras, cuál cree que es la situación actual?
- Muy favorable
 Favorable
 Normal
 Problemática
 Muy problemática
8. ¿El gasto económico en consumo de energía en su vivienda es significativo para Usted?
- Si No
- ¿Por qué? _____
9. ¿Sabe Usted qué es un calentador de agua solar?
- Si No
10. ¿Conoce los beneficios de utilizar un calentador de agua solar en su hogar?
- Si ¿Cuáles? _____
 No
11. ¿Cree Usted que utilizar un calentador de agua solar en su hogar, pueda traerle algunos inconvenientes?
- Si ¿Cuáles? _____
 No
12. ¿Si Zamorano le ofreciera instalar un calentador de agua solar en su vivienda sin costo, estaría Usted dispuesto a cambiar de sistema, del tradicional calentador eléctrico por uno de estos?
- Definitivamente si lo cambiaría.
 Probablemente si lo cambiaría.
 Probablemente no lo cambiaría.
 Definitivamente no lo cambiaría.
13. ¿Con respecto a su respuesta anterior comente por qué?
- _____
14. Tiempo de activación diario del calentador eléctrico: _____
15. ¿Mantiene este tiempo de activación del calentador eléctrico durante todo el año?
- Si No
- ¿En qué meses varía y en cuánto? _____

¡Gracias por su tiempo y colaboración!

Anexo 2. Consumo de electricidad mensual en las viviendas de Zamorano, tanto de las que se ubican en campus altos como los del central, de tal forma que podemos distinguir cómo ha sido el comportamiento del consumo en los diferentes meses del año desde el 2000 hasta julio del 2008.

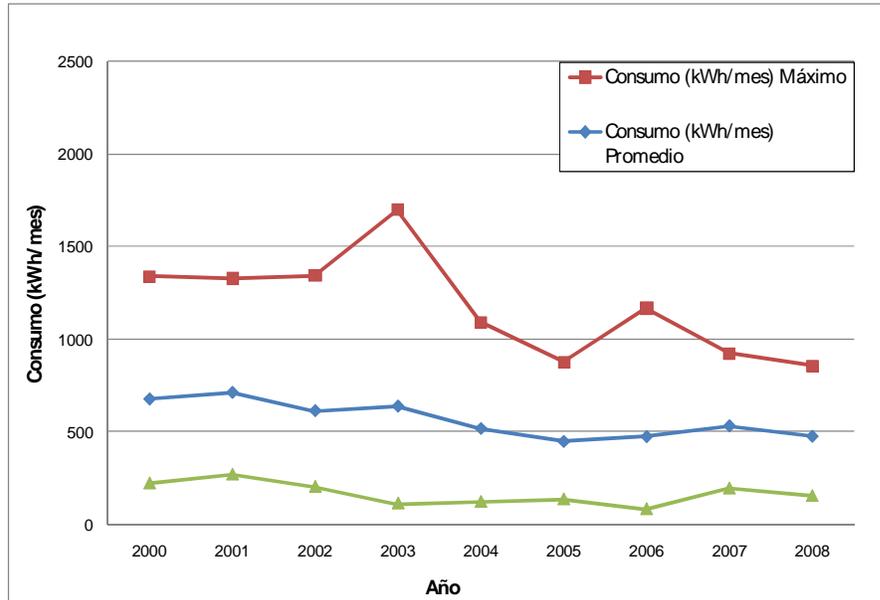


Figura 18. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de enero en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

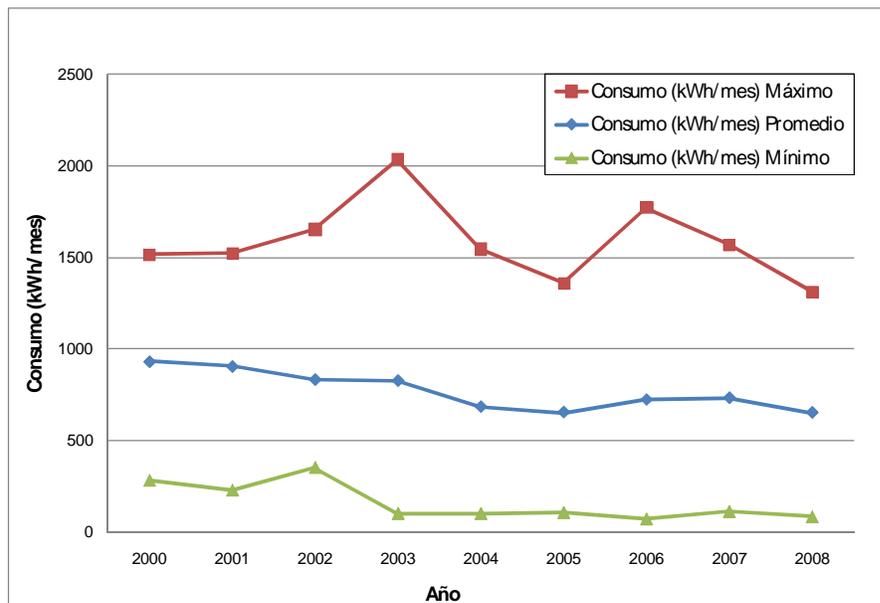


Figura 19. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de enero en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

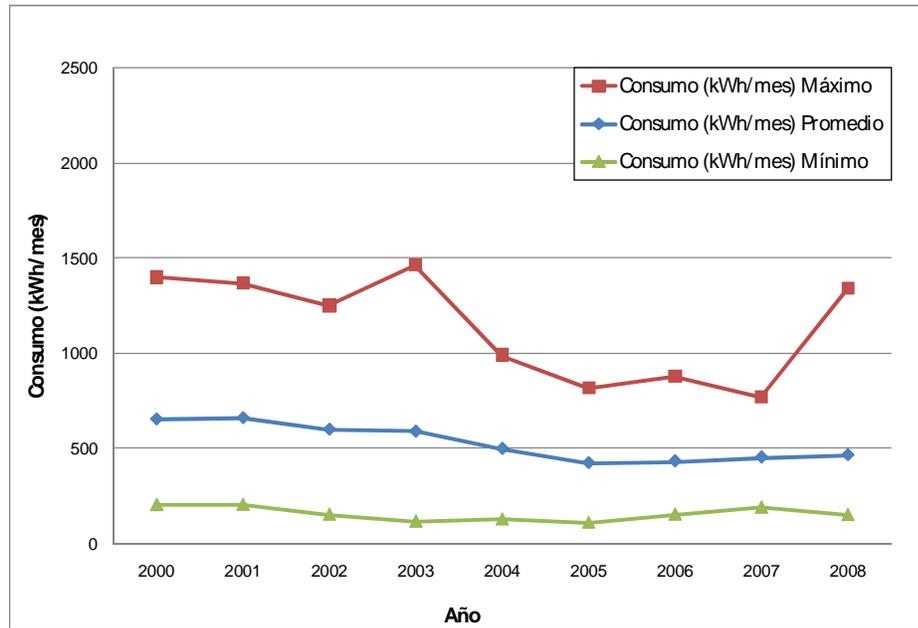


Figura 20. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de febrero en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

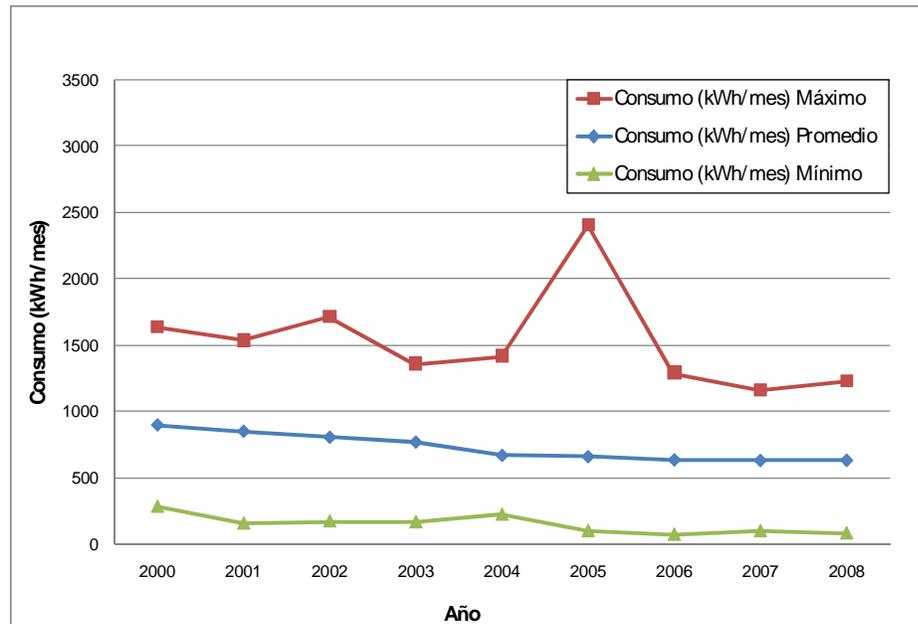


Figura 21. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de febrero en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

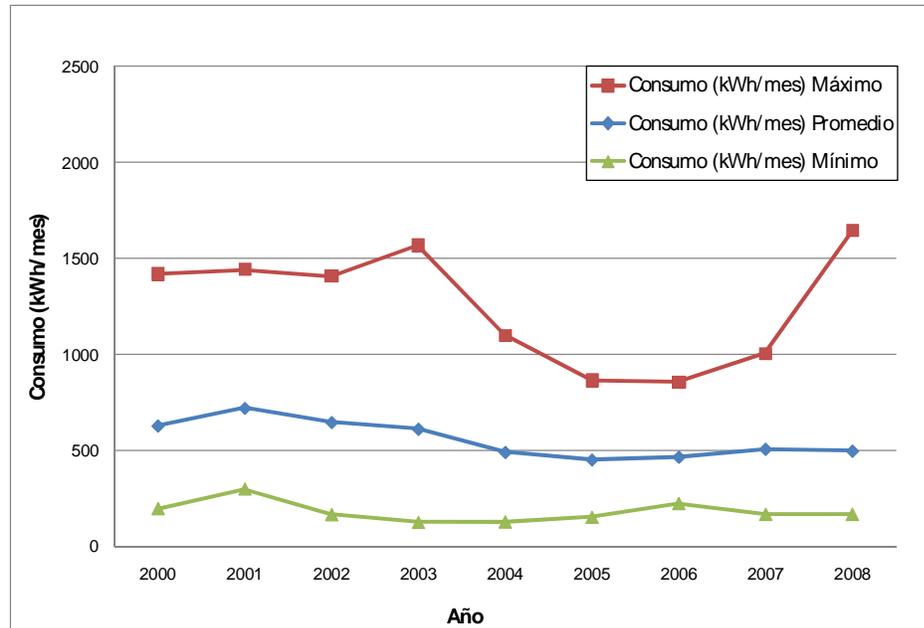


Figura 22. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de marzo en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

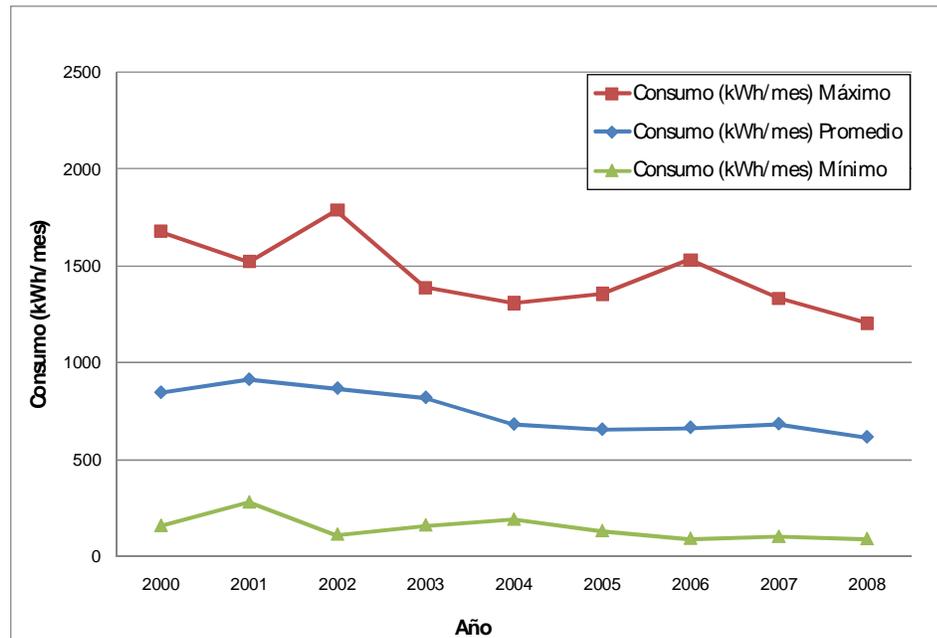


Figura 23. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de marzo en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

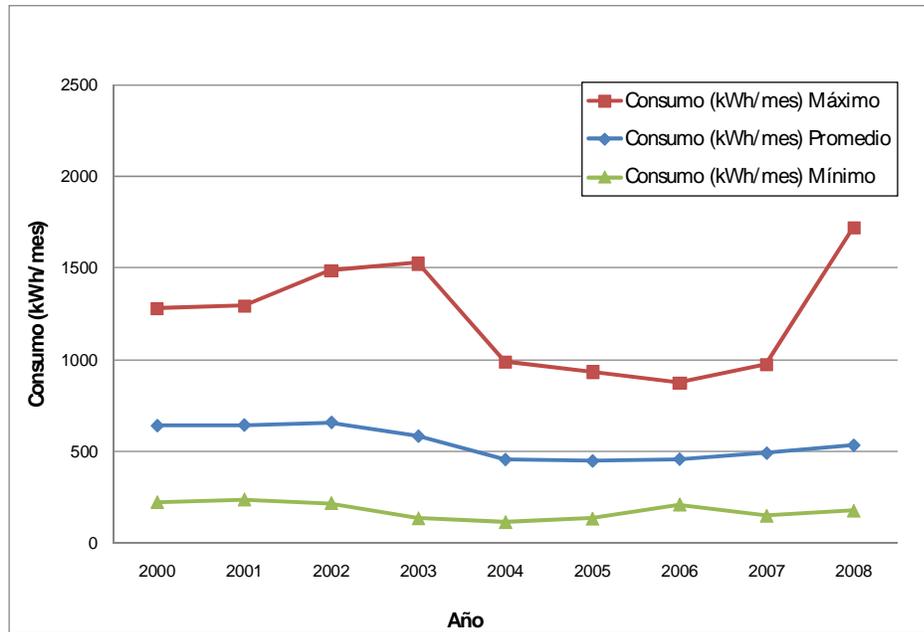


Figura 24. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de abril en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

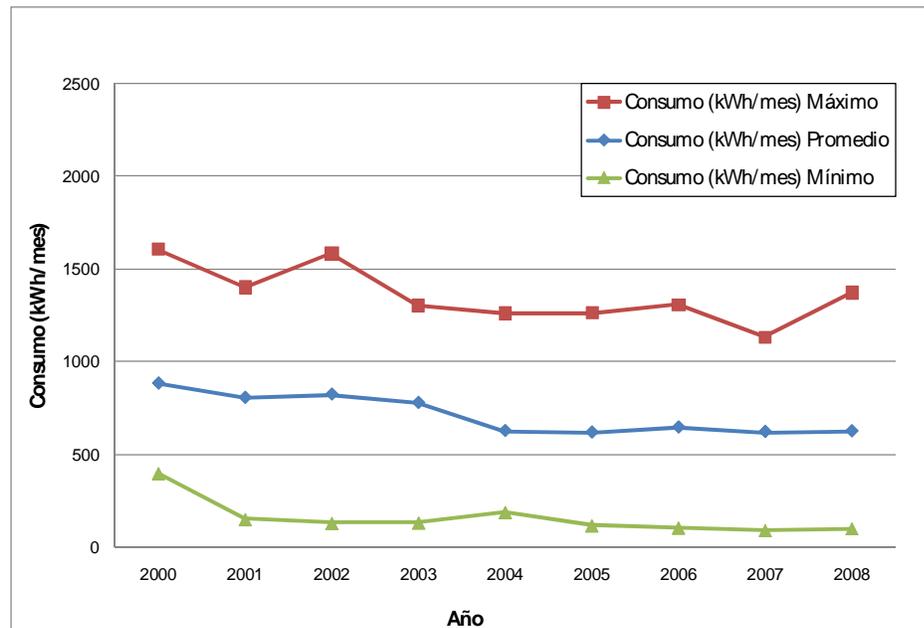


Figura 25. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de abril en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

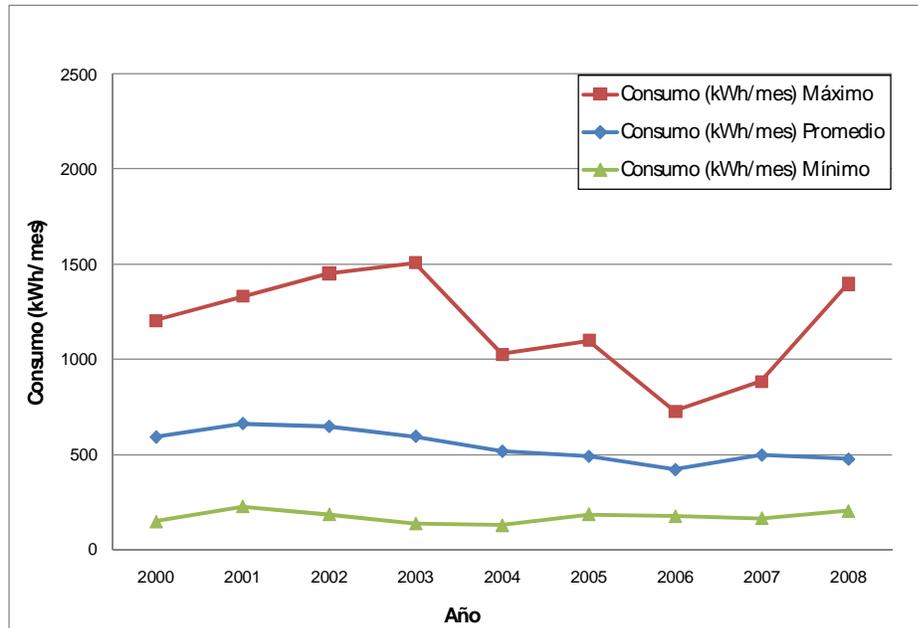


Figura 26. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de mayo en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

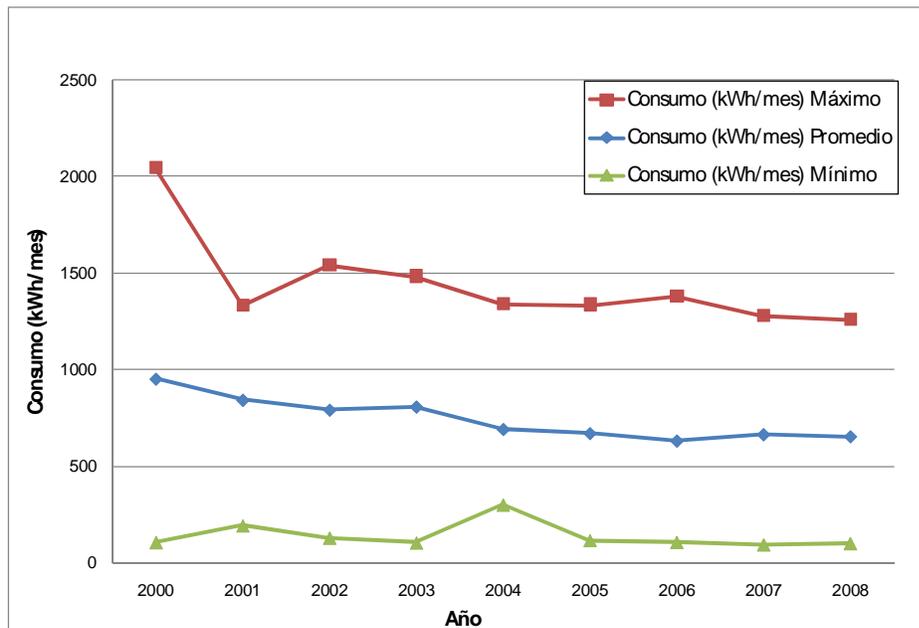


Figura 27. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de mayo en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

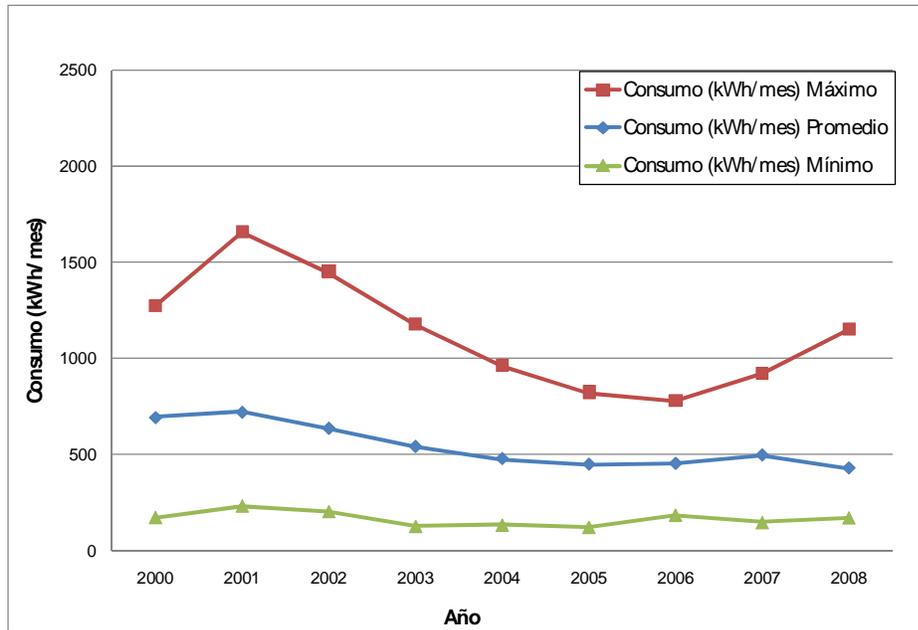


Figura 28. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de Junio en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

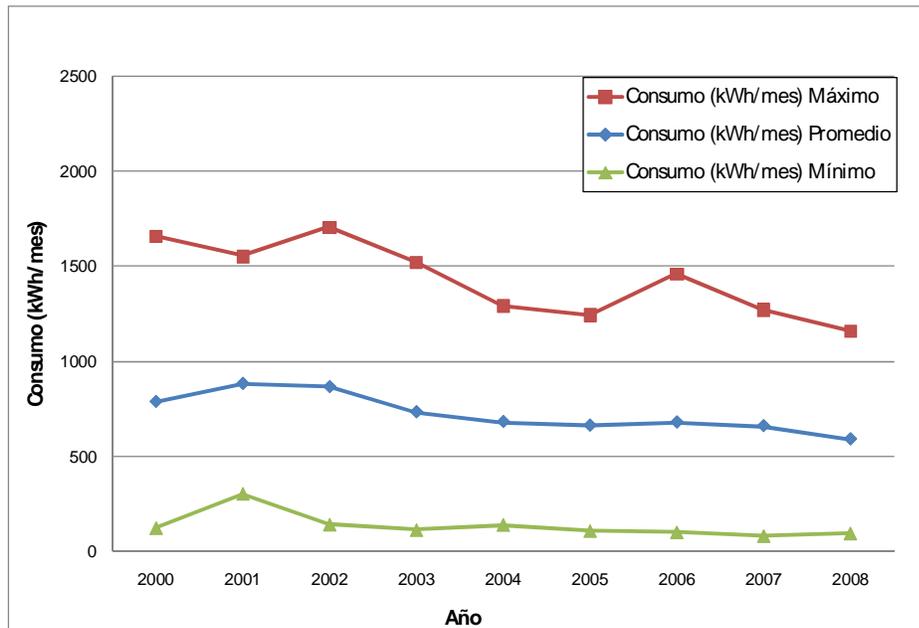


Figura 29. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de junio en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

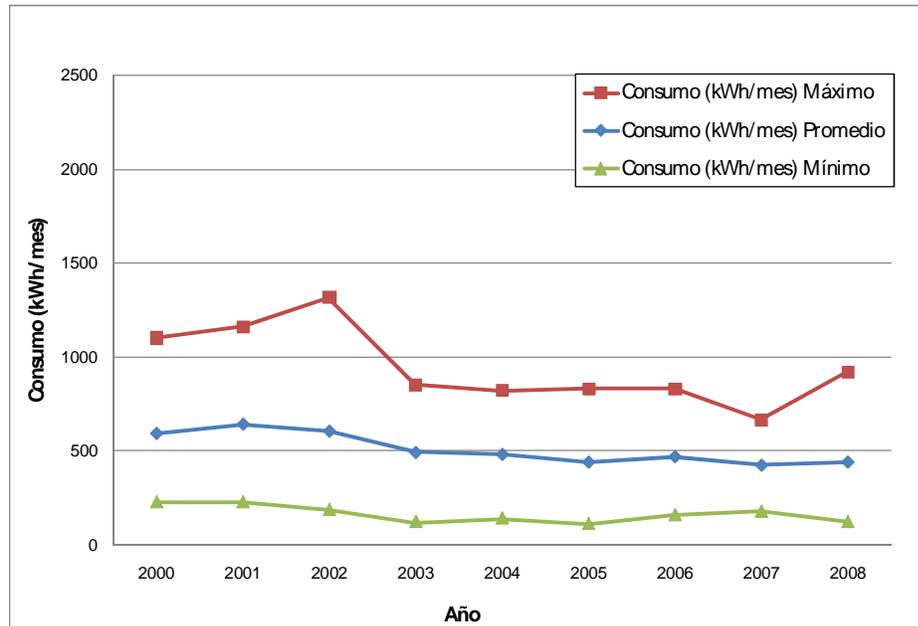


Figura 30. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de julio en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

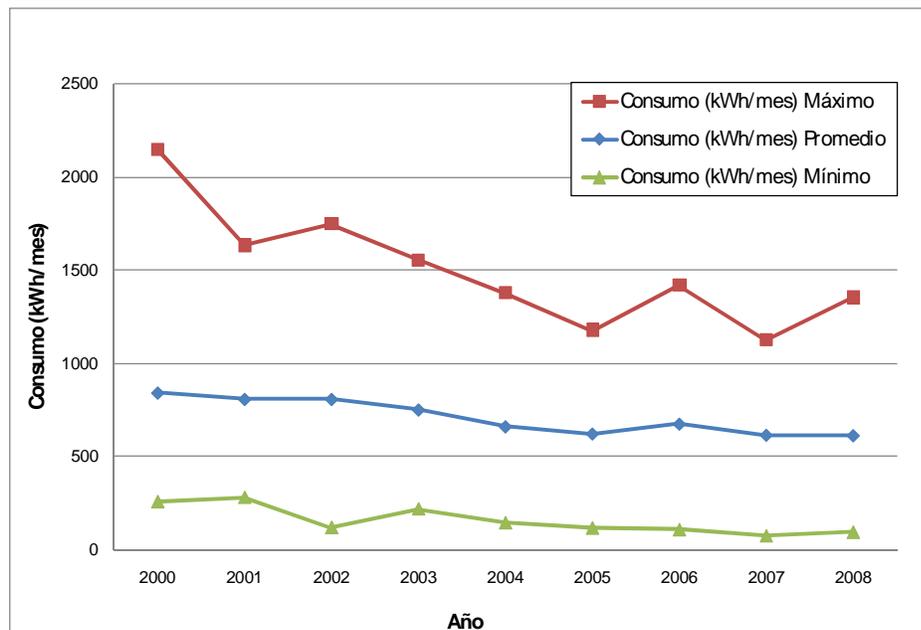


Figura 31. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de julio en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

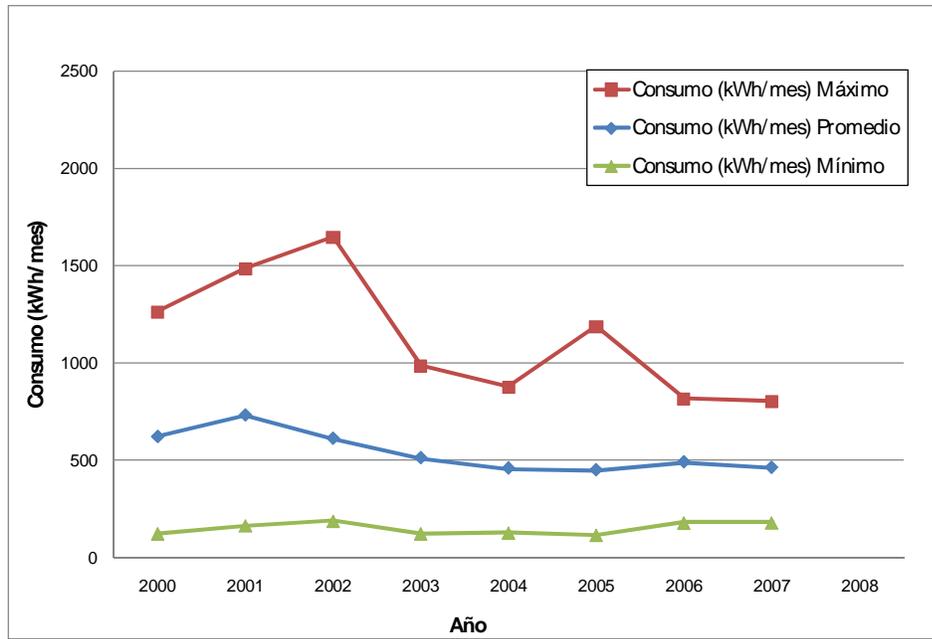


Figura 32. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de agosto en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

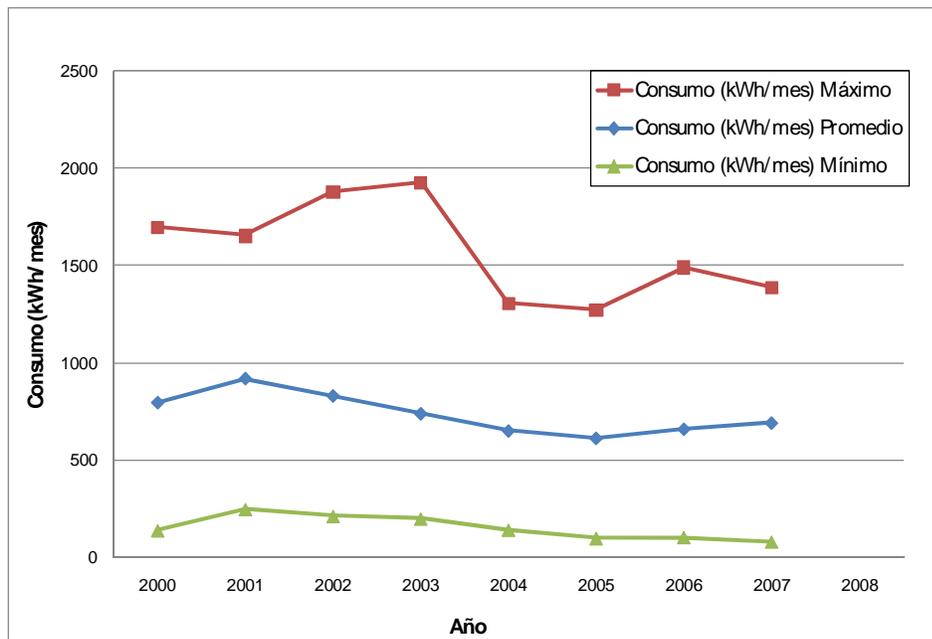


Figura 33. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de agosto en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

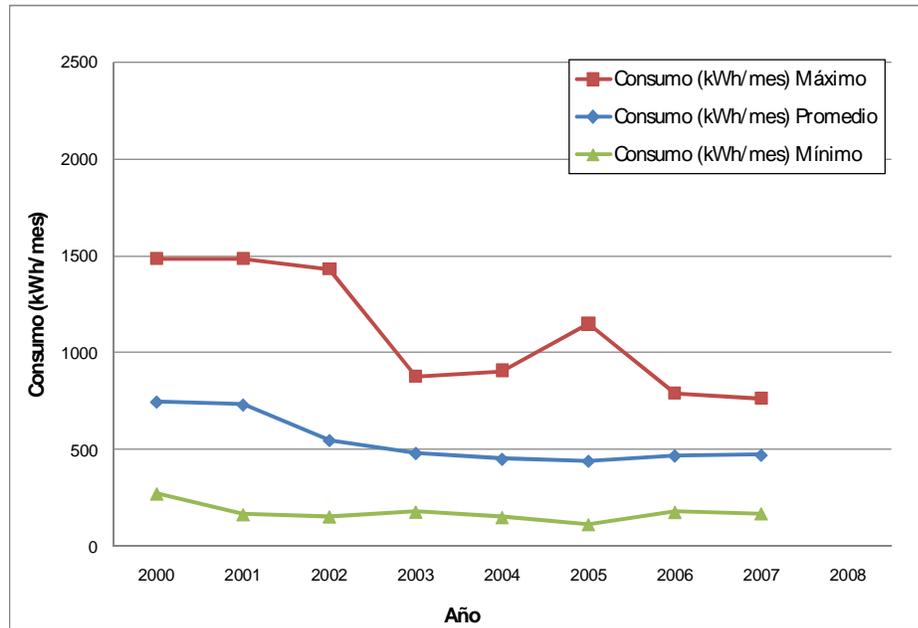


Figura 34. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de septiembre en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

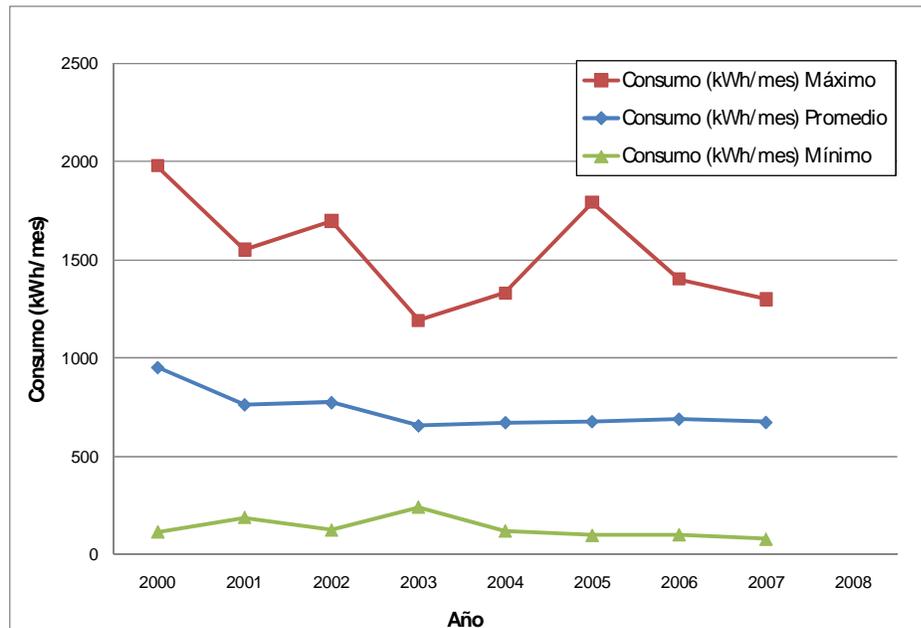


Figura 35. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de septiembre en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

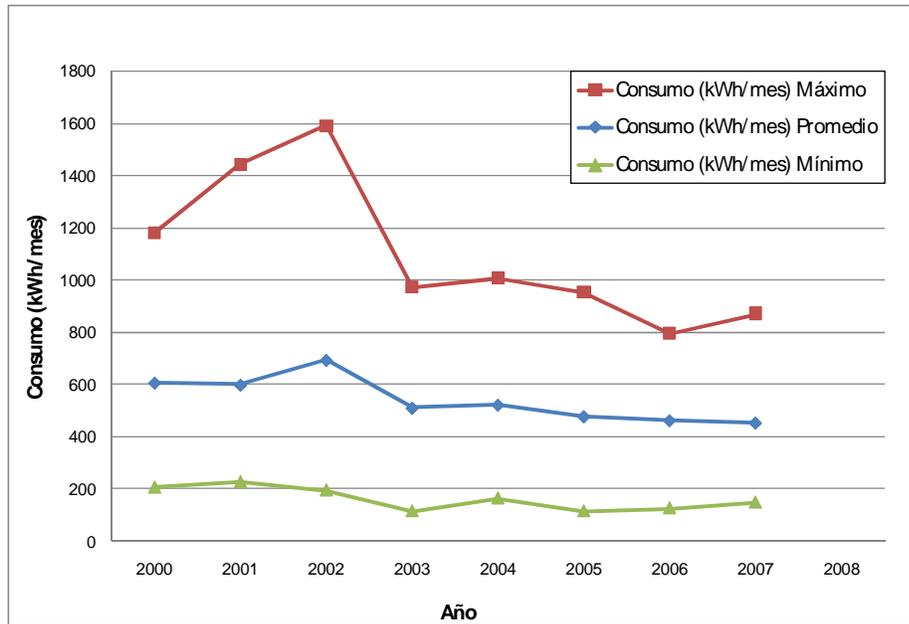


Figura 36. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de octubre en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

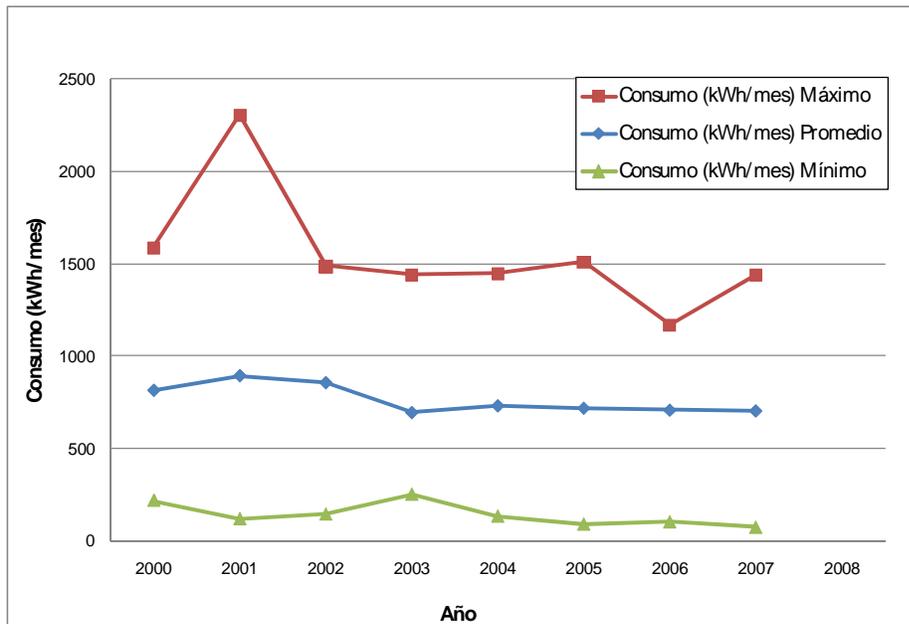


Figura 37. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de octubre en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

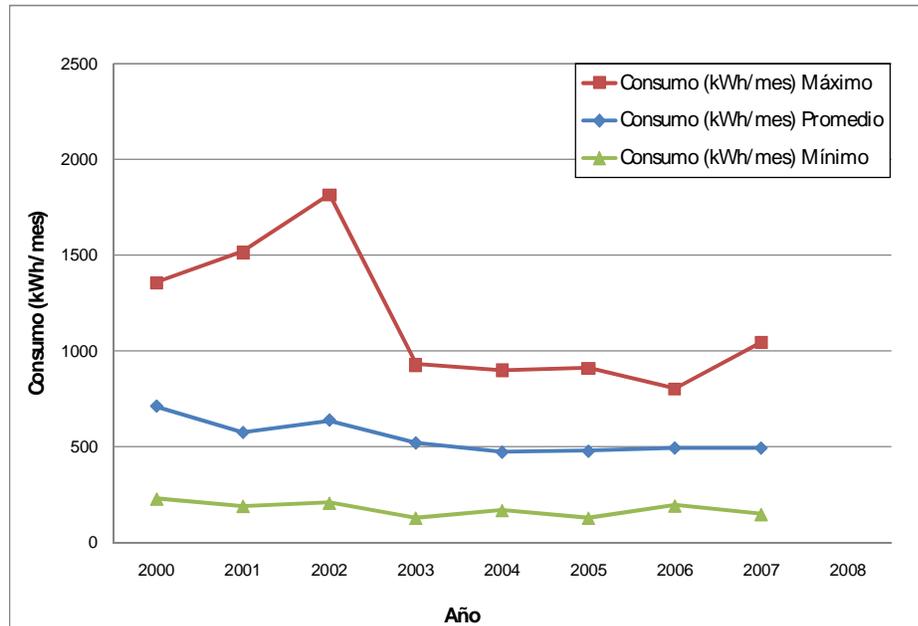


Figura 38. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de noviembre en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

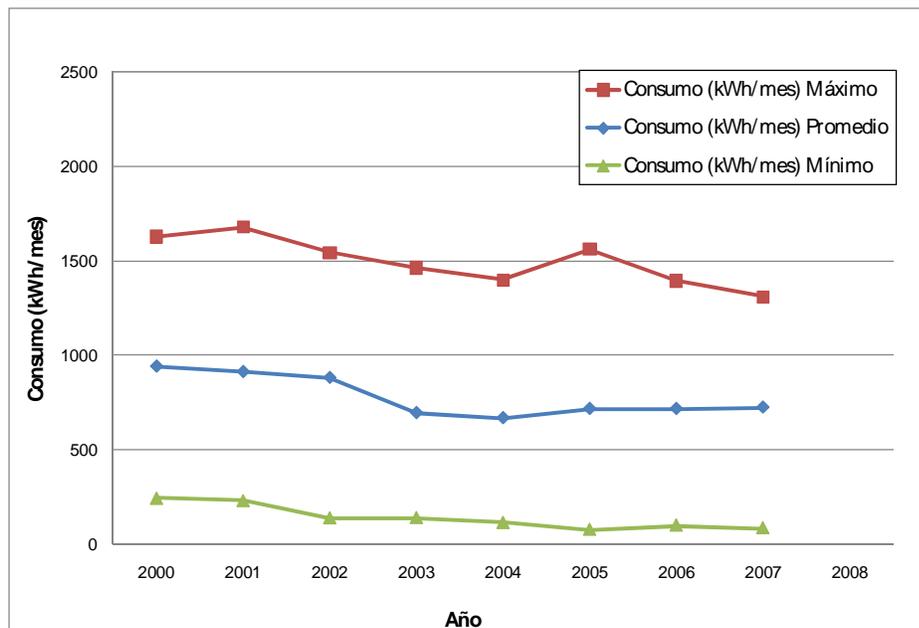


Figura 39. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de noviembre en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.

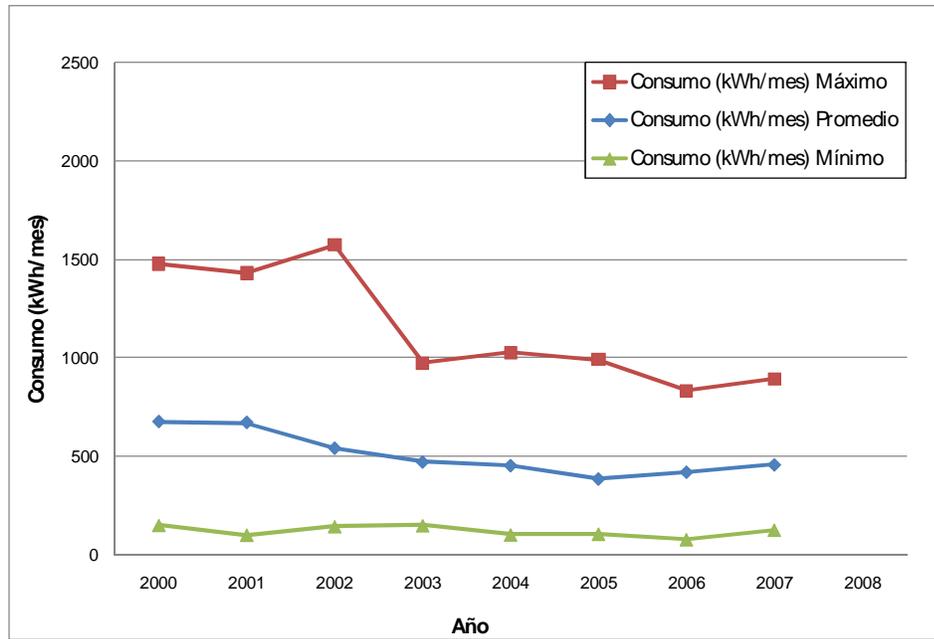


Figura 40. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de diciembre en las viviendas de Zamorano de Campus Alto desde el año 2000 hasta el 2008.

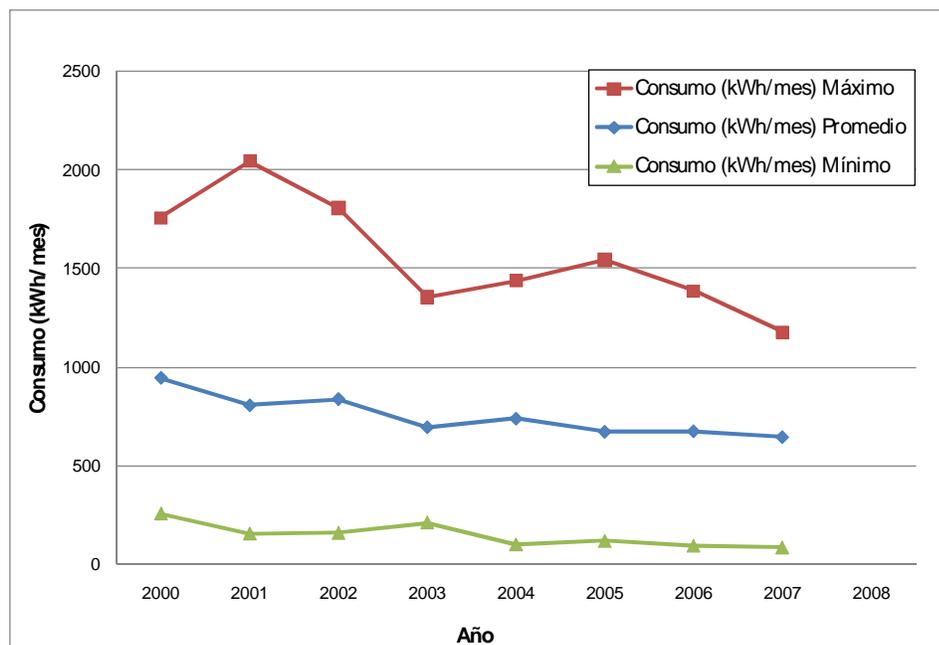


Figura 41. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes) durante el mes de diciembre en las viviendas de Zamorano de Campus Central desde el año 2000 hasta el 2008.