

170
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO ENERGETICO COMPARATIVO DE LOS
CALENTADORES DE AGUA DE USO DOMESTICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
JOEL DEL VALLE MONDRAGON
PEDRO BORJA CARRILLO

DIRECTOR DE TESIS:
ING. JOSE ADRIAN VALERA NEGRETE



CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F.

FEBRERO 1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

Objetivo	1
I Introducción	2
1.1 Metodología	3
PRIMERA PARTE	
II Descripción de los Calentadores y Datos Generales	6
2.1 Clasificación y designación de los calentadores	6
1 Calentadores con tanque de almacenamiento	7
1.1 Con control semiautomático	8
1.2 Con control automático	10
1.2.1 De gas	10
1.2.2 Eléctrico	10
1.3 Sin control	12
1.3.1 De combustibles sólidos	12
1.3.2 De radiación solar	14
2 Calentadores con serpentín	17
2.2 Datos generales	19
III Datos Comerciales Reales	23
• Cal-O-Rex	23
• Magamex	24
• HESA	25
• Delta	26
• Sunway de México	26
• Solarmex	27
• KF	27
• Monterrey	28
IV Datos Caracterizados	32
SEGUNDA PARTE	
V Estudio Técnico-Económico	38
5.1 Estudio económico	38
5.1.1 Análisis para el D.F.	39
5.1.2 Análisis a nivel del mar	41
TERCERA PARTE	
VI Propuesta de Mejoramiento	50
6.1 El calentador solar	52
6.2 Propuesta de mejoramiento	55
Conclusión de la Propuesta	62

VII Conclusiones y Recomendaciones	63
Referencias	67
Bibliografia	68
Apéndice A	70
Apéndice B	72

Objetivos.

Se estudiará cualitativa y cuantitativamente las características físicas y de operación principales, de los calentadores de agua domésticos a base de: gas (Licuado de petróleo y natural), eléctricos, solares y de leña; existentes en el mercado nacional; para obtener eficiencias, consumo de energético y costos por consumo. Asimismo, tomando como referencia el calentador de leña por ser el de mayor consumo energético, se mostrará el estudio económico para observar las ventajas de ahorro que existen entre los diferentes tipos de calentadores y así conocer los calentadores de mayor eficiencia y de mayor ahorro económico para que el usuario pueda decidir dentro de esta gama cual es el que más le conviene.

Finalmente, se presentará una propuesta para aumentar la eficiencia del calentador más rentable y así proponer un calentador que ofrezca agua caliente con mayor eficiencia y a un menor costo de operación.

I. Introducción.

Una de las necesidades hecha costumbre en la mayoría de las personas, es el baño diario, con agua fría o caliente, dependiendo del gusto y la temporada del año. Sin embargo, un alto índice lo acostumbra con agua caliente, siendo indispensable para ello, un calentador de agua para el servicio doméstico.

Otras de las necesidades básicas es el lavado de trastes, el cual se efectúa normalmente tres veces al día y se repite diariamente con escasas excepciones, para ello es necesario utilizar agua caliente; si añadimos a esto la ropa lavada con agua tibia, todas estas actividades hacen del calentador de agua un aparato de mucho uso a nivel doméstico.

El calentador de agua en México es ampliamente usado por la gente, pero a pesar de ello se desconoce mucho de él, debido a que es un producto que el usuario pocas veces lo adquiere directamente, dado que al comprar o rentar una casa o departamento este ya tiene adaptado un calentador de agua que en la mayoría de los casos el criterio de selección, solo fue su bajo costo sin tomar en cuenta su consumo energético, y el nuevo usuario, lo único que hace es utilizarlo.

El desarrollo de este estudio está enfocado a conocer el comportamiento energético y a desarrollar propuestas de innovación en el diseño de los calentadores ya existentes para obtener con ello un mayor rendimiento en cuanto al aprovechamiento de energía. Se tomará las siguientes bases: Normas Oficiales Mexicanas NOM-027-SCFI-1994 y la NOM-022-SCFI-1994 (ver referencias 4 y 5) y las Normas ASHRAE (ver referencia 8).

Los detalles acerca del funcionamiento de los componentes de los calentadores están fuera del alcance de este trabajo, pero se proporcionan las referencias en donde pueden consultarse.

1.1 Metodología.

Para el estudio propuesto se aplicará la siguiente metodología:

1) Investigación de los diferentes tipos de calentadores y fabricantes existentes en el mercado nacional.

Se realizó la búsqueda de los diferentes tipos y marcas de calentadores de los cuales se seleccionaron los más comercializados, así se obtuvieron datos proporcionados por los fabricantes y distribuidores (catálogo, fichas técnicas), también se acudió a diferentes comercios del ramo para saber el valor real del calentador.

2) Recopilación de datos de las Normas.

Con el fin de contar con los límites de parámetros y para realizar los cálculos, se recopiló información técnica sobre el producto y se adquirieron las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas a calentadores que utilizan combustible, y las Normas ASHRAE para calentadores solares; nuestras fuentes de información fueron: DGN (Dirección General de Normas), PROFECO (Procuraduría Federal del Consumidor), SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial), CONAE (Comisión Nacional de Ahorro de Energía) y el II (Instituto de Ingeniería de la UNAM).

3) Desglose de datos comerciales.

De la investigación y recopilación de datos en las distintas fábricas de calentadores se consiguió las fichas técnicas con algunos datos de ellos, en el trabajo se desglosó la información contenida en estas fichas.

Se realizó una tabla de datos de las características particulares de funcionamiento, rendimiento, precios y los parámetros necesarios para realizar un estudio económico; con dichos datos se calculó su eficiencia a partir de las bases establecidas por las normas para calentadores domésticos.

4) Selección de datos generales.

Para hacer una comparación cuantitativa entre los diferentes calentadores de agua, fue necesario seleccionar una capacidad tipo que represente la cantidad óptima de agua caliente usada por una persona, con un mismo incremento de temperatura y a las mismas condiciones ambientales; los datos y sus justificaciones están contenidos en una tabla informativa.

5) Realización de cálculos.

Una vez obtenida la información necesaria, tuvimos que realizar una idealización de los diferentes tipos de calentadores para poder hacer las comparaciones, para lo cual se hicieron los cálculos respectivos de transferencia de calor y eficiencia, usando el método de cálculo propuesto en las normas ya mencionadas.

6) Realización del estudio económico.

Se procedió a hacer el estudio económica (por el método del valor presente) del uso de los diferentes calentadores durante su vida útil, tomando como referencia el de mayor consumo de energético, es decir, el más ineficiente que es el de leña.

7) Propuesta de mejoramiento.

De los resultados obtenidos se seleccionó el tipo de calentador que por su eficiencia presentara la mejor rentabilidad. Este calentador se analizó para poder hacer la propuesta de innovación tecnológica con el fin de aumentar su eficiencia y mejorar aún más su rentabilidad.

8) Conclusiones y recomendaciones.

PRIMERA PARTE

II. DESCRIPCION DE LOS CALENTADORES Y DATOS GENERALES.

2.1 CLASIFICACION Y DESIGNACION DE LOS CALENTADORES.

Los calentadores de agua de uso doméstico existentes en el mercado nacional pueden clasificarse atendiendo a los siguientes parámetros: al tipo de energético que utiliza (gas, electricidad, leña, luz solar, etc.), al tipo de funcionamiento (calentamiento con tanque de almacenamiento o calentamiento en serpentín) o por la forma de controlar la temperatura (sin control, control manual, control automático). El cuadro 2.1 muestra a detalle la forma de clasificación; la NOM (ver referencias 4 y 5) acepta como clasificación primordial el tipo de funcionamiento y la forma de control de temperatura.

CUADRO 2.1
CLASIFICACION DE LOS CALENTADORES DE AGUA

	ENERGIA O COMBUSTIBLE A UTILIZAR	TIPO DE RECIPIENTE	FORMA DE CONTROLAR LA TEMPERATURA
CALENTADOR DE AGUA	GAS (Natural o L.P.)	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	SIN CONTROL CON VALVULA DE SEGURIDAD
			AUTOMATICO CON TERMOSTATO
		SERPENTIN SIN TANQUE	AUTOMATICO CON PRESOSTATO
	ELECTRICO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	AUTOMATICO CON TERMOSTATO
	SOLAR	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	SIN CONTROL
	LEÑA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	SIN CONTROL

2.1.1) Calentadores con tanque de almacenamiento.

Un calentador de agua con recipiente de almacenamiento contiene un tanque cilíndrico de diferentes capacidades cuyo propósito es almacenar agua para ser calentada y posteriormente utilizarla. Tiene una zona de combustión y una chimenea por donde salen los gases; el tanque tiene una chimenea concéntrica con un serpentín en medio para frenar el paso de los gases y estos cedan más calor antes de ser expulsados, tiene una vena mezcladora que llega hasta la parte inferior del tanque por donde entra el agua fría y un tubo colocado en la parte superior por donde sale el agua caliente; todo este equipo está contenido dentro de un cuerpo exterior hecho de lámina galvanizada y pintura horneada con un aislante térmico de fibra de vidrio. Esta es una configuración general pero llegan a variar los aditamentos (dispositivos de control, forma del tanque de depósito, etc.) según el tipo de energético utilizado como lo podemos ver en las figuras 1 a 4.

Su funcionamiento es sencillo, es decir, el agua fría entra al tanque a través de un tubo llamado vena mezcladora, que introduce el agua lo más próximo al fondo del tanque, esto es, para que el agua al calentarse dentro del recipiente tienda a subir a la parte más alta por diferencia de densidad con el agua fría, este fenómeno se repite continuamente hasta que la temperatura del agua, tanto en la parte superior como en la inferior ha alcanzado una temperatura homogénea. Al llegar este momento es cuando se puede disponer de agua caliente que será extraída por el tubo que se localiza en la parte superior del tanque. Al demandarse agua caliente del calentador entra agua fría en sustitución, por la vena mezcladora, ésta toma contacto en la parte más caliente del tanque, adquiriendo calor y tenderá a elevarse por convección.

Cuando el calentador en su zona de combustión carece de calor, el tanque de almacenamiento acusará una disminución de temperatura en su parte inferior cuando entra el agua de sustitución de la caliente demandada, ésta en el tanque, se va haciendo gradualmente tibia hasta llegar a la temperatura del agua de la red.

2.1.1.1) Calentador con control semiautomático.

Su mecanismo se basa en un termopar (interruptor térmico) que controla el paso del gas, tiene una válvula de control que maneja el usuario para ajustar la temperatura del agua (de una forma cualitativa) que desea tener; ésta calibra al termopar para que cuando el agua alcance la temperatura exigida éste bloquee el paso del gas apagando el quemador, la característica principal de estos calentadores es que la flama del quemador no se vuelve a encender sino hasta que lo haga el usuario.

Entre sus características técnicas se puede mencionar lo siguiente; opera con gas licuado de petróleo (LP) o con gas natural y viene con válvula de seguridad que corta el paso del gas si la flama del quemador se apaga accidentalmente, según lo establece la Norma Mexicana NMX-X-30¹; además este calentador se construye con o sin aislante térmico. En la figura 1 se muestra la configuración típica de este calentador sin aislamiento.

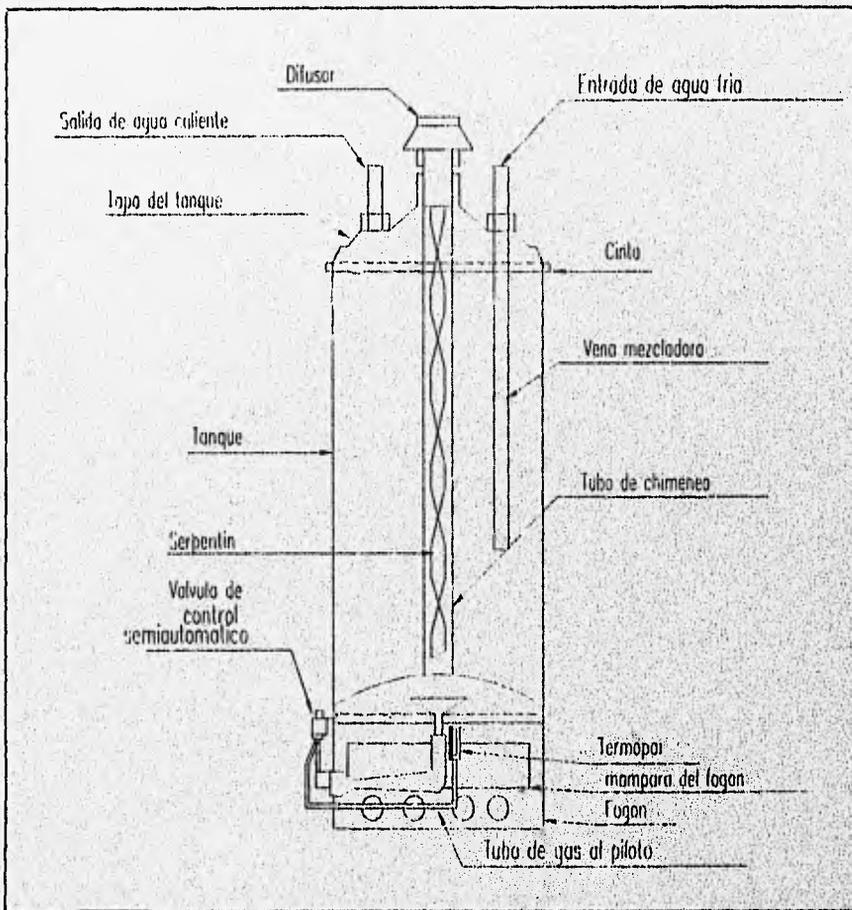


FIGURA 1

¹ Consultar referencias 6 y 7.

2.1.1.2) Calentador con control automático.

2.1.1.2.1) De gas

Básicamente se trata de un calentador de almacenamiento operable con gas (LP o natural), está dotado de un mecanismo automático con sensor de temperatura (termostato), en el depósito de agua caliente, el sensor acciona remotamente la válvula de control del gas combustible cerrándola cuando la temperatura ha llegado al punto caliente máximo de ajuste o abriéndola si la temperatura ha descendido por debajo del punto frío predeterminado; entre estos dos puntos de calibración del termostato, se mantiene la temperatura del agua en el depósito y el calentador trabaja intermitentemente por sí solo. Para efectuar el encendido del gas, se mantiene constantemente prendida una pequeña flama piloto cerca del quemador principal, ésta tiene una válvula de seguridad contra apagado accidental del piloto, ésta válvula cierra la alimentación de gas si el piloto se apaga accidentalmente. (norma NMX-X-53). Ver Figura 2.

2.1.1.2.2) Eléctrico.

Este calentador de agua con depósito utiliza electricidad como fuente de calor por medio de una resistencia eléctrica. Los calentadores eléctricos para agua se fabrican en diferentes capacidades, su exterior es de lámina de acero galvanizado con pintura horneada en esmalte blanco, sus interiores galvanizados por inmersión ofrecen mayor resistencia a la corrosión y buena durabilidad; cuentan con un depósito integral aislado térmicamente con fibra de vidrio, haciendo mínimas las pérdidas de calor ahorrando energía. Tienen control automático de temperatura de gran sensibilidad y fácil ajuste. Son seguros, limpios, silenciosos, no contaminan ya que no despiden gases

de combustión. Ver Figura 3.

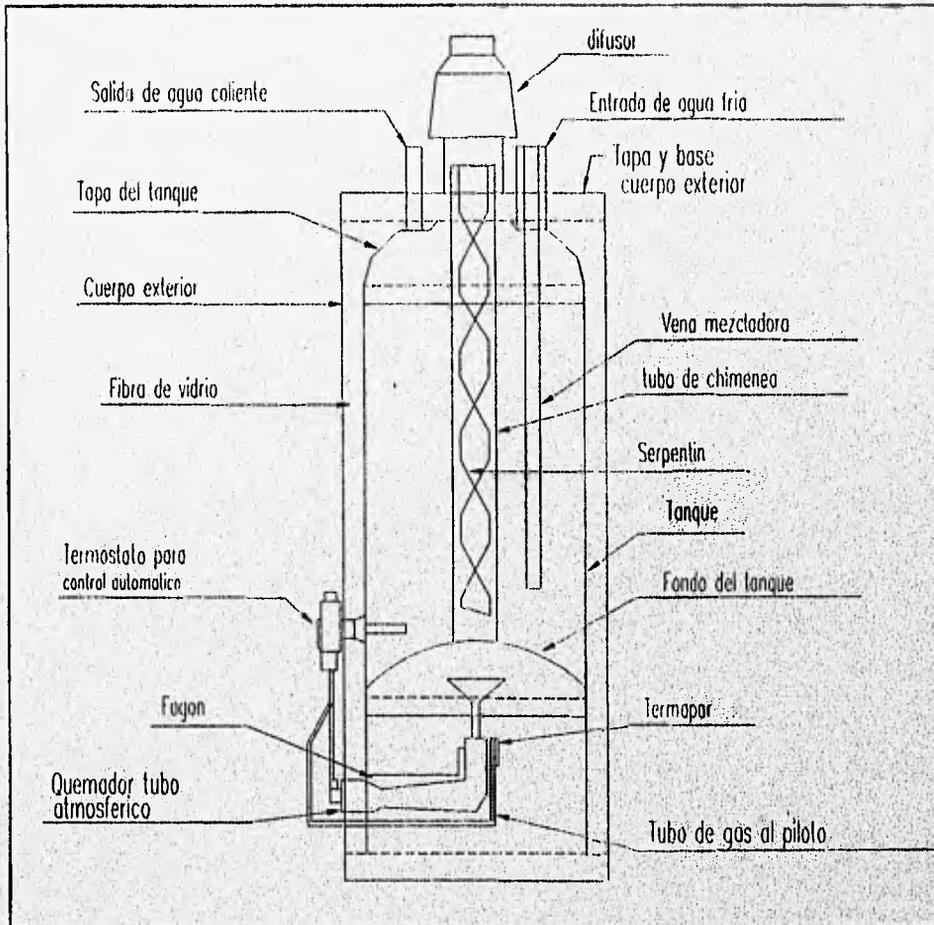


FIGURA 2
CALENTADOR DE GAS CON CONTROL AUTOMATICO

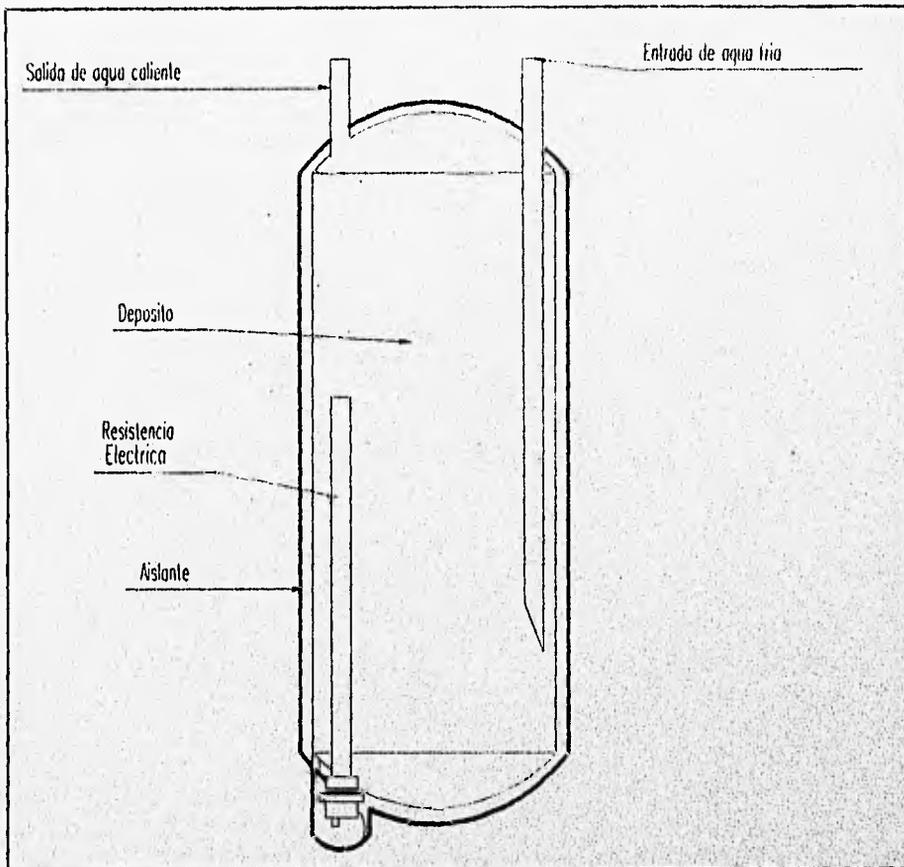


FIGURA 3
CALENTADOR ELÉCTRICO CON CONTROL AUTOMATICO

2.1.1.3) Calentadores sin control.

2.1.1.3.1) De combustibles sólidos.

Este es el más antiguo de los calentadores con almacenamiento. Opera con cualquier tipo de combustible sólido; uno de los combustibles más usados es la leña o el desperdicio de madera, ya sean astilla o virutas, solas o impregnadas con petróleo.

Este calentador a través del tiempo ha venido en desuso, sobre todo en

zonas residenciales y zonas de alta concentración habitacional; no sucede así en la periferia de las grandes zonas urbanas donde es frecuente encontrarlo. Las diferentes causas por las cuales ya no es tan utilizado son: la baja existencia del elemento combustible en las ciudades, desprendimiento de gran cantidad de humos y gases tóxicos, no tiene ningún control sobre la temperatura del agua lo que trae problemas en cuanto a su servicio y sobre todo por la dificultad de encenderlo.

Entre sus características técnicas solo podemos mencionar que se fabrica de lámina de acero galvanizada, y carecen totalmente de aislante térmico como se muestra en la siguiente figura.

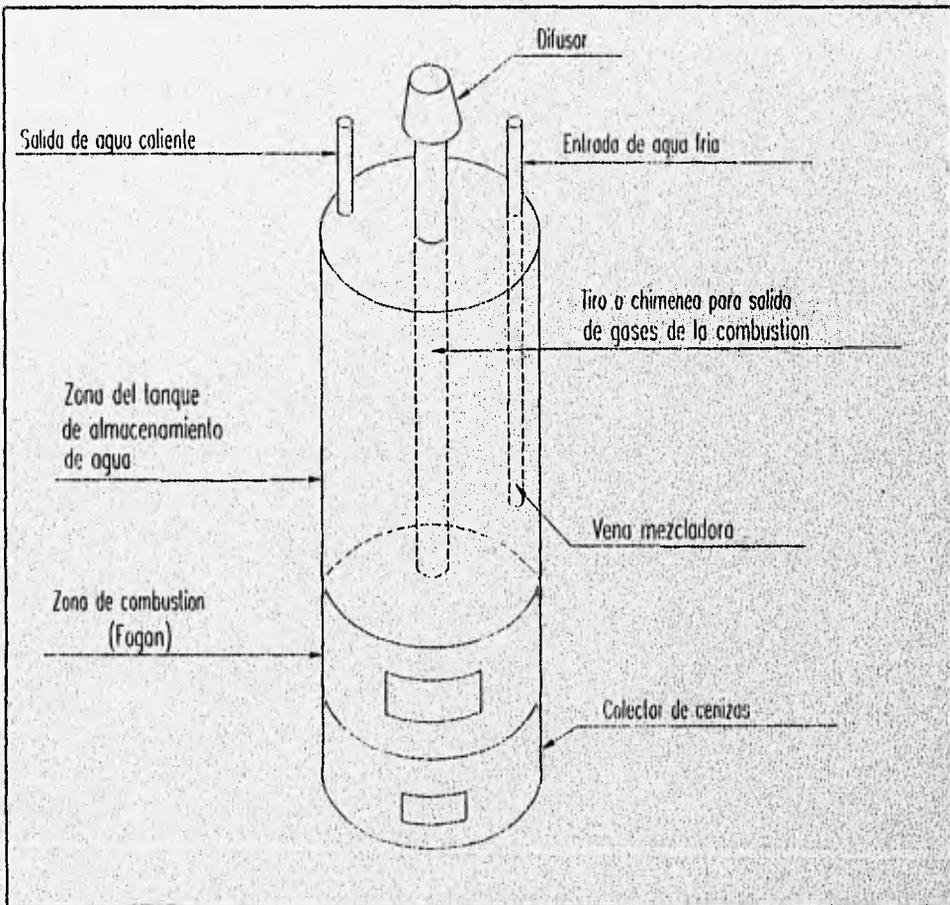


FIGURA 4
CALENTADOR DE LEÑA

2.1.1.3.2) De radiación solar.

Los calentadores solares se utilizan para calentar el agua utilizando solamente la energía solar. Sus elementos constitutivos son : colector y termotanque.

El colector, es el dispositivo que captura la radiación solar y la canaliza a los tubos por donde pasa el agua y la calienta, contiene una placa absorbente compuesta de tubos y aletas, los materiales son tubos de cobre y aletas de aluminio o cobre, soldadas y con una cubierta de algún material semiconductor que de un color negro mate, este recubrimiento se le da por diferentes métodos según el tipo de fabricante. El aislante es la parte que evita las pérdidas de calor al exterior y utiliza generalmente fibra de vidrio, poli-isocianurato entre otros materiales aislantes; estas partes están contenidas en un gabinete que se elabora de acero galvanizado o de aluminio anodizado según sea el fabricante, y por último, la cubierta que es de vidrio y la cual evita las pérdidas por contacto con el aire haciendo un efecto invernadero que no deja escapar la radiación infrarroja, el vidrio presenta una gran resistencia a la intemperie lo que aumenta la vida del colector, el tipo de vidrio utilizado también varía con el fabricante aunque en general se usa vidrio flotado. Ver figura 6.

El termotanque, es la parte que guarda el agua que fue calentada por el colector, evitando que se pierda el calor ganado y permite que se recircule con lo cual se aumenta la eficiencia, estos se construyen de lámina de acero galvanizada recubiertos con pintura horneada, material aislante (por lo general fibra de vidrio) y otros recubrimientos anticorrosivos en el interior.

El calentador solar trabaja con el efecto de termosifón o convección natural, esto es, la circulación del agua se hace por la diferencia de densidades entre el agua caliente y fría, aprovechando la energía del sol para calentar el agua y no consume ningún tipo de combustible. El agua fría de la red y del termotanque entran

por la parte inferior del colector, el cual está orientado al sol y recibe el calor calentando el agua, ésta a su vez, empieza a ascender por diferencia de densidad, y sigue subiendo hasta entrar al termotanque donde se guarda, ahí adentro se efectúa todavía el efecto termosifón pues el agua que se va enfriando desciende hasta el fondo donde está el tubo que conecta al colector.

Estos calentadores para que comienzan a funcionar es necesario dejarlos todo un día para que calienten el agua del termotanque a la temperatura normal de operación, por lo que en ese día no debe utilizarse. Ya calentada el agua puede disponerse de la contenida en el termotanque y el calentador la mantendrá a esa temperatura sin necesidad de dejarlo todo un día sin usarse, claro esto se cumple siempre y cuando no se agote la reserva del termotanque ya que en este caso se tendrá que volver a empezar. Un dibujo representativo con la instalación básica se muestra en la figura 5.

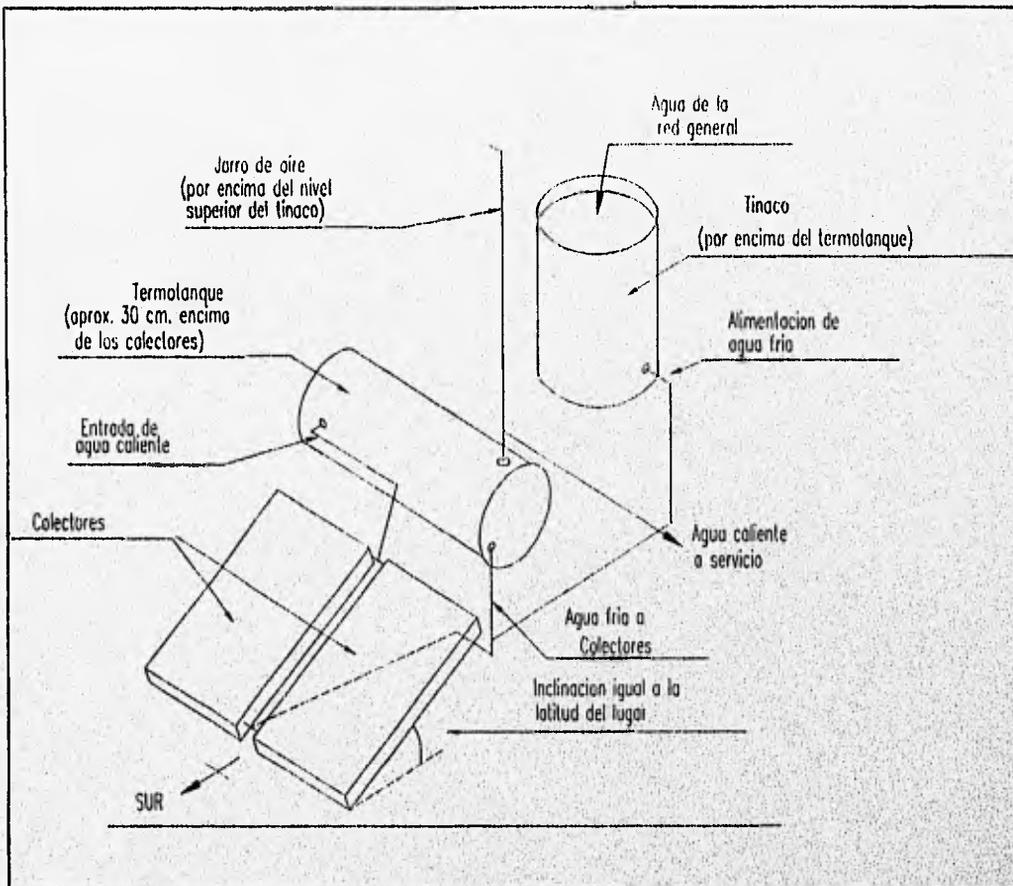


FIGURA 5
CALENTADOR SOLAR

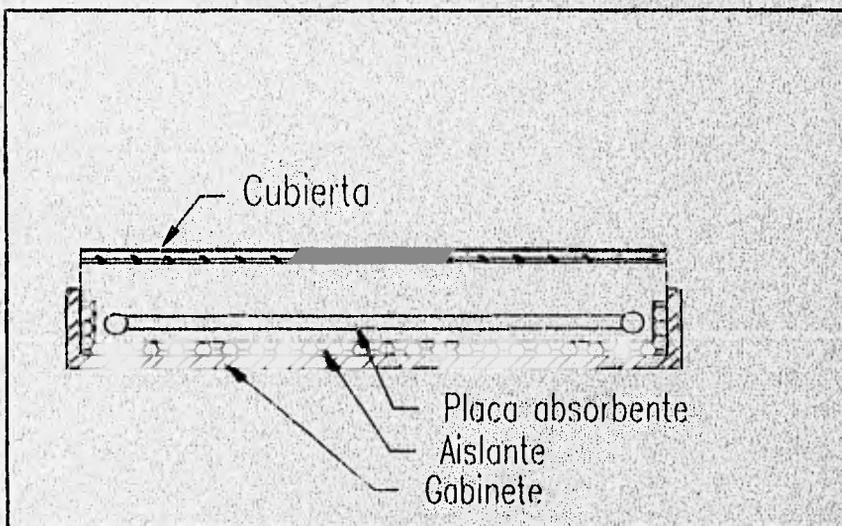


FIGURA 6
CORTE DEL COLECTOR SOLAR

2.1.2) Calentadores con serpentín (o instantáneos).

En un calentador de serpentín o instantáneo, se presenta un incremento gradual de temperatura a través del serpentín, de tal manera que cuando el agua llega al final de éste, el agua está lo suficientemente caliente para utilizarse, es decir, a la temperatura demandada. Este proceso se repite constantemente (instantáneo), mientras se esté demandando agua caliente.

El calentador instantáneo también difiere de los automáticos de depósito en su sistema de automatización, pues la apertura y cierre de la válvula del quemador de gas, se hace por la diferencia de presiones (reguladas por un presostato²) entre la tubería de agua de entrada y la tubería de agua de salida, ésta última desciende cuando se abre la llave de la instalación hidráulica, demandando agua caliente; cuando se cierra la llave de agua caliente, se equilibran las presiones en el calentador y se cierra la válvula del quemador de gas. La temperatura se puede regular de dos formas: controlando el caudal de agua en la llave de salida de la tubería, a mayor caudal menor temperatura y viceversa; la otra forma es ajustando el caudal de gas encendido en el quemador en la misma válvula de gas, a mayor apertura mayor calentamiento y viceversa, cabe resaltar que estas formas de control las realiza el usuario antes de utilizar el calentador y fijar la temperatura máxima del agua caliente que será demandada por él cuando lo utilice.

Las características principales de construcción son: su interior es de lámina galvanizada por inmersión, su exterior es porcelanizado para aumentar su resistencia a la intemperie. Esta dotado de un quemador multicelular de acero inoxidable y seguro en el piloto contra falla de flama.

² Interruptor de presión.

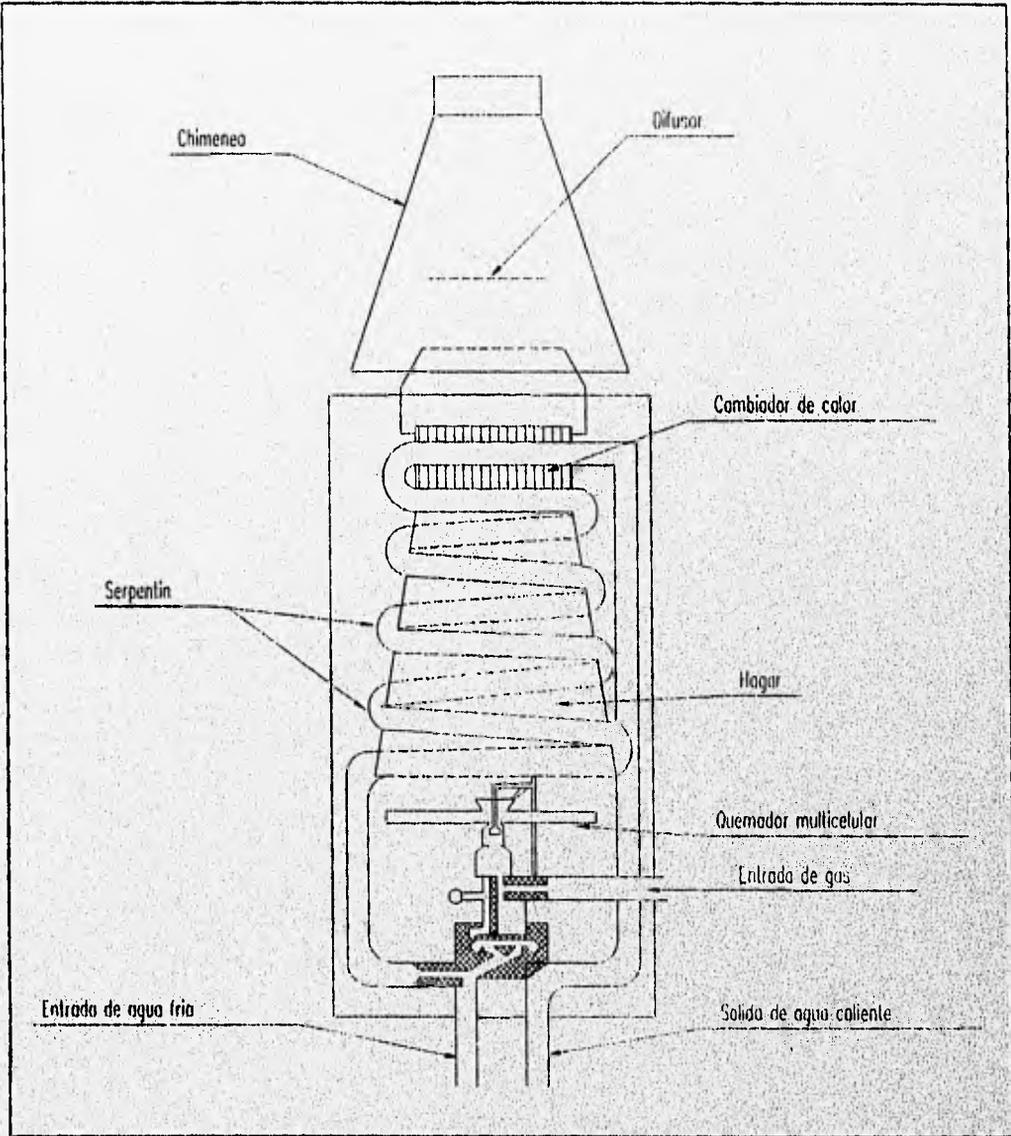


FIGURA 7
CALENTADOR INSTANTANEO

2.2 DATOS GENERALES.

Para la realización del presente estudio es necesario establecer condiciones generales iguales para hacer los cálculos matemáticos y tener un punto de comparación de los resultados.

El primer paso fue obtener las características que utilizaremos de los combustibles (tabla 1), además se incluye el precio de cada energético. En dicha tabla se muestran los energéticos tradicionalmente utilizados en los calentadores domésticos. Entre las características esta su Densidad (ρ) la cual esta tomada bajo ciertas condiciones de presión y temperatura (mostradas en la tabla): la densidad del gas natural y del L.P. es la usada en las NOM de las referencias 4 y 5. Otra característica es el Poder Calorífico, el del gas L.P. y natural se obtuvo de las mismas NOM y se comparó con el del Balance Energético Nacional, al ver que las diferencias eran pequeñas se optó por usar los valores utilizados en las NOM ya mencionadas. El de la leña se obtuvo de la referencia 2.

Los precios de los energéticos se obtuvieron de la siguiente manera: el del gas LP se calculó del costo de un tanque de gas L.P. de 20 Kg., con el fin de tener el precio que paga directamente el consumidor; un cálculo similar se hizo para el gas natural y la energía eléctrica solo que aquí nos basamos en los recibos de cobro correspondiente, tomando el consumo total y el total a pagar; por último el precio de la leña se obtuvo del promedio del valor dado en varias madererías y es el valor de madera de desecho: viruta y aserrín. Todos estos datos y las condiciones a las que fueron tomadas se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 1
CARACTERISTICAS DE LOS ENERGETICOS

ENERGETICO	DENSIDAD [Kg/m ³]	PODER CALORIFICO [KCal/Kg]	PRECIOS
GAS L.P.	1.896 ⁽¹⁾	12248 ⁽¹⁾	N\$ 1.10/Kg
GAS NATURAL	1.449 ⁽¹⁾	8465 ⁽¹⁾⁽²⁾	N\$ 0.5706/m ³
ENERGIA ELECTRICA	---	---	N\$ 0.18/KWh
LEÑA	---	6287	N\$ 0.50/Kg

NOTA : Los precios de los combustibles corresponden al mes de noviembre de 1994.

(1) A 15,5 °C y 1,013 Bar.

(2) En KCal/m³.

El segundo paso fue establecer los datos generales que tienen en común los calentadores domésticos, esto es importante porque aquí establecemos el primer punto de comparación entre ellos, además que ayuda a comprender más el objetivo principal de esta investigación. Estos datos están contenidos en la tabla 2 y son los siguientes:

- Presión del gas de trabajo. - Esta variable es empleada en los

calentadores de gas ya sean de depósito o de paso y expresa la presión recomendada a la que debe salir el gas L.P. o Natural del quemador con el fin de garantizar una buena combustión, evitar daños al quemador y tener un buen funcionamiento, esta presión fue establecida por las

NOM de las referencias 4 y 5, y difiere con el tipo de gas que se utilice, tal como lo podemos ver en la tabla 2.

- ΔT del agua ganado en el calentador.- Este es el incremento de temperatura del agua durante el calentamiento, este incremento es: $T_{salida} - T_{entrada}$, fue establecido por las NOM (citadas en el punto anterior) como la ganancia mínima que debe cumplir cualquier calentador para poder salir al mercado, teniendo como base el consumo del energético y la eficiencia del calentador.

- Tipo de control de Temperatura.- Este parámetro es importante incluirlo como dato general ya que es uno de los criterios para clasificar a los calentadores, tal como se comentó anteriormente.

**TABLA 2
DATOS GENERALES DE LOS CALENTADORES**

PARAMETRO	DEPOSITO					DE PASO O INSTANTANEO	
	LEÑA	SOLAR	ELECTRICO	GAS		GAS	
				LP	NATURAL	LP	NATURAL
Presión de trabajo del gas [Bar] ⁽¹⁾	---	---	---	0.027	0.017	0.027	0.017
Incremento de temperatura en el cal exterior [°C]	25	43 ⁽²⁾ 53 ⁽²⁾ 48 ⁽²⁾	30	25	25	25	25
Tipo de control de la temperatura	Sin Control	Si Control	Automático	Automático o Remanente automático		Automático	

(1) Establecido por las NOM, es la presión que debe haber en la línea de combustible.
 (2) Los calentadores solares no están normalizados por lo que el incremento de temperatura del agua varía según el fabricante.

Como tercer paso dentro de los datos generales, está establecer condiciones generales de funcionamiento para los calentadores, esto es, dar valor a las variables que intervienen en el proceso con el fin de tener situaciones iguales y obtener con ello un calentador característico de cada uno de los que existen en el mercado para poder hacer la comparación. Las variables tomadas, sus valores y criterios de selección están mostrados en la tabla 3.

**TABLA 3
CONSIDERACIONES GENERALES**

VARIABLE	VALOR	CONSIDERACIONES
Temperatura de confort del agua para bañarse	30°C	Temperatura promedio de datos experimentales.
Temperatura del aire ambiente	17°C	Temperatura promedio de datos experimentales.
Temperatura del agua a la entrada del calentador	17°C	Temperatura promedio de datos experimentales.
Presión a nivel del D.F.	0,78 Bar	Dato de tablas a la altura del D.F.
Temperatura de calentamiento del agua en el calentador	42°C	Temperatura establecida del incremento de temperatura tomada de las NOM (ver referencias 4 y 5) para punto de comparación entre los calentadores.
Radiación solar en el D.F.	436,15 W/m ²	Radiación anual promedio en el D.F. tomada del mapa 1 del apéndice A
Radiación solar a nivel del mar en el norte del país.	484,6 W/m ²	Radiación anual promedio en el norte del país, tomada del mapa 1 del apéndice A
Cantidad de agua caliente que consume una persona	40 lit.	Cantidad de agua promedio que utiliza una persona en sus actividades diarias (ducha, lavado de trastes).
Condiciones de Referencia	1,013 Bar 15,5 °C	Condiciones de referencia aceptada internacionalmente (condiciones ISO)

III. DATOS COMERCIALES REALES.

En el mercado nacional se encuentran varias marcas de calentadores de agua para uso doméstico, en nuestra investigación visitamos varias de ellas para que nos proporcionaran los datos de sus productos y poder realizar el estudio, para ello nos proporcionaron las fichas técnicas de los calentadores.

Es muy importante agregar que las fichas técnicas que nos dieron no contienen todos los datos de los calentadores (como son espesores de las láminas, tipos y espesores de aislantes, datos de diseño) ya que la empresa los maneja de forma confidencial, los contenidos de las fichas varían conforme a la empresa y su criterio. La información contenida en ellas se muestra a continuación:

• Cal-O-Rex

Modelo:	G-10T
Capacidad:	38 lts.
tiempo de calentamiento:	19 min.
Capacidad calorífica:	4600 Kcal/hr.
Consumo:	0.533 Kg/hr de gas L.P. 0.764 m ³ /hr de gas natural.
Tipo de control de temperatura:	Semiautomático.
Altura total:	1046 mm.
Diámetro:	374 mm.
peso:	24.5 Kg.

Modelo:	G-10
Capacidad:	38 lts.
tiempo de Calentamiento:	19 min.
Capacidad calorífica:	4600 Kcal/hr.
Consumo:	0.533 Kg/hr de gas L.P.

Tipo de control de temperatura: Automático.
0.764 m³/hr de gas natural.
Altura total: 1046 mm.
Diámetro: 374 mm.
peso: 24.5 Kg.

Modelo: G-15
Capacidad: 46 lts.
tiempo de Calentamiento: 20 min.
Capacidad calorífica: 5600 Kcal/hr.
Consumo: 0.649 Kg/hr de gas L.P.
0.938 m³/hr de gas natural.
Control de la temperatura: Automático.
Altura total: 988 mm.
Diámetro: 432 mm.
peso: 32.2 Kg.

Modelo: G-20
Capacidad: 72 lts.
tiempo de Calentamiento: 24 min.
Capacidad calorífica: 6000 KCal/hr.
Consumo: 0.695 Kg/hr de gas L.P.
1.006 m³/hr de gas natural.
Control de la temperatura: Automático.
Altura total: 1530 mm.
Diámetro: 374 mm.
peso: 39.6 Kg.

Todos los calentadores Calorex tienen las siguientes características generales:

ΔT : 25 °C
Presión hidrostática de trabajo: 0.63 Mpa.
Aislante: Fibra de vidrio.
Anticorrosivo: Ánodo de magnesio.

• MAGAMEX, S.A. DE C.V.

Modelo: 102
Capacidad: 40 lts.
tiempo de Calentamiento: 21 min.
Capacidad calorífica: 4600 Kcal/hr
Consumo: 0.533 Kg/hr de gas L.P.
0.764 m³/hr de gas natural.
 ΔT : 25 °C

Control de la temperatura: Automático.
Aislante: Fibra de vidrio.
Material interior: Lámina de acero galvanizada y el exterior con acabado en pintura horneada.

• **Hidro-Electra, S.A. (HESA)**

Modelo: Suprem
Gasto de agua: 900 lts/hr.
Capacidad calorífica: 27000 Kcal/hr.
Altura total: 1044 mm.
Ancho: 450x360 mm.

Modelo: Vanguard
Gasto de agua: 540 lts/hr.
Capacidad calorífica: 16200 Kcal/hr.
Altura total: 970 mm.
Ancho: 315x350 mm.

Los calentadores instantáneos HESA tiene las siguientes características generales:

ΔT : 25 °C
Material interior: Lámina de acero galvanizado por inmersión.
Material exterior: Lámina de acero porcelanizada.

Modelo: 202-25
Capacidad: 25 lts.
tiempo de Calentamiento: 27 min.
Capacidad calorífica: 1719 Kcal/hr.
Control de la temperatura : Automático.
Características eléctricas: 2 KWh
127-220 V.
20-10 A.
Altura total: 1000 mm.
Diámetro: 300 mm.

Modelo: 202-60
Capacidad: 60 lts.
tiempo de Calentamiento: 63 min.
Capacidad calorífica: 1719 Kcal/hr.
Control de la Temperatura : Automático.
Características eléctricas: 2 KWh
127-220 V.
20-10 A.

Altura total: 1250 mm.
Diámetro: 450 mm.

Los calentadores eléctricos HESA tienen las características generales siguientes:

T_{máx}: 75 °C
T_{mín}: 15 °C
ΔT: 30 °C
Aislante: Fibra de vidrio de 25mm. y $\delta = 0.75$
Material interior: lámina de acero galvanizada después de la fabricación.
Material exterior: Lámina de acero Cal. 20, con acabado en pintura blanca horneada.

• **DELTA, S.A. DE C.V.**

Modelo: Delta-01
Gasto de agua: 420 lts/hr.
Capacidad calorífica: 17000 Kcal/hr.

• **SUNWAY DE MEXICO, S.A. DE C.V.**

Modelo: SM-37
T_{máx}: 60 °C
tiempo de Calentamiento: 12 hrs.
Area del colector: 1.9 m²
Dimensiones: largo 2.10 m.
 ancho 1.08 m.
 grueso 0.08 m
peso: 40 Kg.
Gabinete del colector: Aluminio anodizado, 100% hermético.
Placa absorbente: Lámina y tubería de cobre, tubo cabezal, soldadura especial.
Superficie absorbente: Pintura negro mate alta temperatura y cromo negro (opcional).
Aislante: Poli-isocianurato.
Cubierta: Cristal flotado de 4mm. de espesor.
Vida útil: 30 años.
Precio del colector: N\$ 869.00
Termotanques: Lámina galvanizada por inmersión, con aislante y exterior con acabado en

pintura horneada.

<u>Capacidad</u>	<u>#Colectores</u>	<u>#Personas</u>	<u>Precio</u>
115 lts.	1	2	N\$ 792.00
250 lts.	2	4-6	N\$ 1446.50
500 lts.	3	6-8	N\$ 2244.00

• **SOLARMEX, S.A.**

Modelo: TD
 Tmáx: 70 °C
 tiempo de Calentamiento: 12 hrs.
 Area del colector: 1.6 m²
 Placa absorbente: fabricada 100% de cobre, con un tratamiento especial por inmersión que le da el color negro permanente (superficie selectiva).
 Gabinete: Aluminio anodizado.
 Aislante: Fibra de vidrio de 2 pulgadas.
 Cubierta: Cristal flotado claro.
 Precio del colector: N\$ 855.14
 Termotanque: Lámina negra, galvanizados por inmersión en caliente, con aislante de fibra de vidrio de 2 plgs. y una lámina galvanizada en el exterior.

<u>Modelo</u>	<u>Capacidad</u>	<u>#Colectores</u>	<u>#Personas</u>	<u>Precio</u>
TD-2	115 lts.	1	2	N\$ 813.80
TD-5	250 lts.	2	5	N\$ 1375.86
TD-10	500 lts.	4	10	N\$ 2246.97

• **K F, S.A DE C.V.**

Modelo: LSC
 Tmáx: 65 °C
 tiempo de calentamiento: 12 hrs.
 Area del colector: 1.9 m²
 Placa absorbente: Elaborada de tubos de cobre y aletas verticales de aluminio de perfil especial.
 Gabinete: De acero galvanizado o aluminio.
 Termotanque: De acero galvanizado, con revestimiento de poliéster electrostático, aislamiento de poliuretano de 30 mm de espesor, por el

interior lleva un revestimiento de esmalte y una protección catódica. Soldado por métodos automatizados.

<u>Modelo</u>	<u>Termotanque</u>	<u>#personas</u>
LSC-D	120 lts.	2
LSC-E	150 lts.	2-3
LSC-F	200 lts.	5

Precios colectores:

<u>Modelo</u>	<u>Precio</u>
LSC-D	N\$ 2453.00
LSC-E	N\$ 2838.00
LSC-F	N\$ 3380.00

Precio termotanques:

<u>Modelo</u>	<u>Precio</u>
LSC-D	N\$ 2004.20
LSC-E	N\$ 2390.30
LSC-F	N\$ 2574.00

- Precios agregados:
- Base metálica: N\$ 345.00
 - Kitt de conexiones: N\$ 290.00
 - Mano de obra: N\$ 1800.00
 - Se hace 10% de descuento si lo instala la empresa.

• **MONTERREY, S.A.**

Modelo: 25 lts.
Capacidad: 25 lts.
Vida útil: 5 años.
Precio: N\$ 150.00

Después de obtener con los fabricantes, los datos de sus calentadores, se realizó la selección de calentadores domésticos que tuvieran capacidades de 40 lts. o aproximados para poder compáralos entre sí, de éstos tomamos datos técnicos y comerciales como: precio del calentador, incremento de temperatura, tiempo de calentamiento, vida útil, características de operación y algunos materiales de construcción, cabe destacar que estos últimos no se consiguieron en su totalidad debido a que es información que la empresa se guarda de cierta forma confidencial.

Con estos datos, se obtuvo la tabla 4, la cual se muestra en la página siguiente.

TABLA 4
DATOS COMERCIALES DE CALENTADORES DOMESTICOS EXISTENTES EN EL MERCADO NACIONAL

TIPO	MARCA	MODELO	CAPACIDAD [lt]	INCREMENTO DE TEMPERATURA [°C]	TIEMPO DE CALENTAMIENTO [min]	GASTO DE AGUA [lt/hr]	CAPACIDAD CALORIFICA [Kcal/hr]	CONSUMO DEL ENERGETICO				VIDA UTIL [años]	EFICIENCIA [%]	PRECIO DEL CALENTADOR [P\$]
								GAS		ELECTRICA [KWh]	LEÑA [Kg/hr]			
								LP [Kg/hr]	NATURAL [m³/hr]					
SEMI-AUTOMATICO	CALOREX	G-10T	38	25	19	---	4600	0.533	0.764	---	---	10	75	651.20
AUTOMATICO	CALOREX	G-10	38	25	19	---	4600	0.533	0.764	---	---	10	75	716.00
AUTOMATICO	CALOREX	G-15	46	25	20	---	5600	0.649	0.938	---	---	10	75	789.00
AUTOMATICO	CALOREX	G-20	72	25	24	---	6000	0.695	1.006	---	---	10	75	1080.00
AUTOMATICO	MAGAMEX	102	40	25	21	---	4600	0.533	0.764	---	---	10	70	423.00
INSTANTANEO	HESA	SUPREN	---	25	2 nd	900	17000	3.61	5.29	---	---	10	70	2123.00
INSTANTANEO	HESA	VANGUARD	---	25	4 th	540	16200	2.17	3.18	---	---	10	70	1078.00
INSTANTANEO	DELTA	DELTA-01	---	25	5 th	420	17000	1.575	2.259	---	---	10	70	1017.50
ELECTRICO	HESA	202-25	25	30	27	---	1719	---	---	2	---	20	---	1003.00
ELECTRICO	HESA	202-60	60	30	63	---	1719	---	---	2	---	20	---	1125.00
SOLAR	SUNWAY	SM-37	140	43	720	---	712.44	---	---	---	---	30	---	1661.00
SOLAR	SOLARMEX	TD-2	115	53	720	---	600.12	---	---	---	---	30	---	1669.00
SOLAR	EF	LSC-D	120	44	720	---	712.44	---	---	---	---	20	80	6203.00
LEÑA	MONTERREY	---	25	25	35	---	---	---	---	---	2.5	5	---	150.00

NOTA: Los precios de los calentadores corresponden al mes de noviembre de 1994.

(1) TIEMPO QUE TARDA EN ENTREGAR 40 lt. DE AGUA CON UN $\Delta T = 25$ °C.

De la tabla 4 podemos observar la variedad de calentadores domésticos que ofrece el mercado nacional con capacidad de 40 litros o aproximados, como vemos en los instantáneos no se maneja una capacidad, pues como ya habíamos mencionado carecen de tanque de almacenamiento; por otro lado los solares debido a su funcionamiento tienen tanques de mayor capacidad. Otro punto a notar es que casi todos manejan el ΔT dado en las NOM de las referencias 4 y 5, siendo la excepción los calentadores solares, esto se debe a que no hay normalización oficial que los rijan y además no presentan los problemas de contaminación o del gasto de energético que tienen todos los demás; así también cabe mencionar que estos calentadores no manejan una eficiencia estable ya que sus pruebas se basan en obtener curvas de eficiencia por lo que el fabricante no puede precisar este dato, por eso algunos lo estiman, tocando este punto es claro ver en la tabla que los calentadores de gas tienen una eficiencia de 70 ó 75% ya que la mínima aceptada por las normas es 70%, en el caso del calentador de leña y de los eléctricos no contamos con el dato debido a que la empresa no somete a pruebas de este tipo a sus productos. Esta tabla muestra una gama bastante amplia de calentadores comerciales y cabe hacer notar que la variedad es mayor, pero aquí solo se escogieron éstos por tener la capacidad de agua caliente recomendada para 1 persona al día.

IV. DATOS CARACTERIZADOS.

Para hacer la comparación se tuvieron que hacer cálculos para obtener datos comunes, estos son el resultado de las siguientes condiciones:

1. Idealizar a una capacidad volumétrica de 40 lts. de agua a todos los calentadores en estudio, considerando que es la cantidad de agua caliente necesaria para el uso diario de una persona, posteriormente se idealizará para 5 personas.
2. Por la Norma Oficial Mexicana de calentadores de agua para uso doméstico (calentadores de agua sin cambio de fase, ver referencias 4 y 5), se requiere como mínimo un incremento de temperatura de 25 °C, por lo que se tomó como incremento de temperatura normalizada para todos los calentadores de depósito y de paso.

Los cálculos se hicieron de la siguiente forma:

- **Tiempo de calentamiento característico:** Es el tiempo necesario para calentar los 40 litros de agua que fueron tomados para el estudio.

De la tabla 4 se adquirieron los siguientes datos:

<u>Calentador</u>	<u>Datos obtenidos</u>
- de depósito	- Capacidad. - Tiempo de calentamiento.
- de paso	- gasto de agua.

-Para Calentadores de Depósito:

$$\text{tiempo_de_calentamiento_caracteristico}[\text{min}] = \frac{40[\text{lt}] \times \text{tiempo_de_calentamiento}[\text{min}]}{\text{Capacidad}[\text{lt}]}$$

-Para Calentadores de Paso:

$$tiempo_de_calentamiento_caracteristico [min] = \frac{40 [lts] \times [60 \text{ min/hr}]}{Gasto_de_agua [lts/hr]}$$

- **Gasto de agua:** Es la cantidad de agua caliente a la salida del calentador por unidad de tiempo, se consideró para ello el *tiempo de calentamiento*.

$$Gasto_de_agua [l/hr] = \frac{Capacidad [l] \times [60 \text{ min/hr}]}{tiempo_de_calentamiento [min]}$$

- **Capacidad calorífica:** Es la capacidad de calentamiento que tiene el calentador y es un dato proporcionado de fábrica, viene en la tabla 4.
- **Vida útil:** Es el tiempo que da servicio el calentador bajo las condiciones de uso establecidas por el fabricante, se obtiene de la tabla 4.
- **Energético consumido:** Es la cantidad de energía necesaria para incrementar 25 °C de temperatura una cantidad de 40 lts. de agua.

$$EC = CE \times ICC \times \left[\frac{1hr}{60 \text{ min}} \right]$$

Donde:

EC=Energético Consumido; en:

[Kg] para Leña.

[m³] para gas LP y Natural.

[KW] para energía eléctrica.

CE=Consumo del Energético; en:

[Kg/hr] para leña.

[m³/hr] para gas LP y Natural.

[KWh] para energía eléctrica.

ICC=tiempo de Calentamiento Característico; en [min].

- **Precio por energético consumido:** Es la cantidad de dinero que cuesta calentar los 40 litros de agua a un incremento de temperatura de 25 °C.

$$PEC = EC \times PE$$

Donde:

PEC=Precio por Energético Consumido; en [N\$].

PE=Precio del Energético; en:

[N\$/Kg] para Leña.

[N\$/m³] para gas LP y Natural.

[N\$/KWh] para energía eléctrica.

- **Eficiencia térmica:** Para calentadores de agua, obtener la eficiencia térmica consiste fundamentalmente en calcular la fracción de la energía liberada por el combustible que fue aprovechada por el agua para elevar su temperatura.

-Para Calentadores de Combustión.

De la Norma Oficial Mexicana (referencias 4 y 5) tenemos la siguiente expresión para estos calentadores :

$$\eta = \frac{Ma \times Cpa \times \Delta T}{EC \times Fp \times F_T \times PCI}$$

Donde:

η =Eficiencia térmica calculada del calentador; en [%].

Ma=masa de agua; en [Kg].

Cpa=Calor específico del agua a presión cte= 1 [Kcal/Kg°C].

ΔT =Incremento de temperatura del agua en el calentador; en [°C].

EC=Energético consumido; en [m³].

PCI=Poder Calorífico Inferior del combustible a condiciones ISO; en [J / m³].

Existen dos parámetros para hacer correcciones a la eficiencia en calentadores de gas, debido a que las condiciones de temperatura y presión varían de un lugar a otro, por lo cual las NOM ya citadas mencionan estos dos factores:

- Fp*=Factor de corrección por presión; [adimensional].

$$Fp = \frac{Pc + P_{bar}}{P_{ISO}}$$

Pc=presión, manométrica del gas combustible de alimentación al calentador; en [Bar].

P_{bar}=Presión barométrica del lugar; en [Bar].

P_{ISO}=Presión a condiciones estándar; en [Bar].

b) F_T = Factor de corrección por temperatura; [adimensional].

$$F_T = \frac{T_{ISO}}{T_c}$$

T_{ISO} = Temperatura a condiciones estándar; en [°K].

T_c = Temperatura en la línea de combustible; en [°K].

NOTA: Para los calentadores de leña se emplea la misma expresión para calcular la eficiencia, solo que no se aplica el factor de presión debido a que este es un factor de corrección para el cambio de densidad del combustible por los cambios de presión atmosférica al cambiar de latitud, y en el caso de la leña su densidad.

-Para Calentadores Eléctricos.

$$\eta = \frac{Ma \times Cpa \times \Delta T}{EC}$$

Donde:

EC = Energético consumido; en [Kcal].

-Para Calentadores Solares:

De las normas ASHRAE (ver referencia 8) la eficiencia se expresa :

$$\eta = \frac{Ga \times Cpa \times \Delta T}{Q_{sol} \times Ac \times \tau}$$

Donde:

Ga = Gasto de Agua; en [Kg/s].

Q_{sol} = Radiación solar del lugar; en [W/m²].

Ac = Area del colector de placa plana; en [m²].

τ = Transparencia de la cubierta; [adimensional].

(Transmitancia o Factor de forma)

Los resultados obtenidos para las condiciones del D.F., están contenidas en la tabla 5; la memoria de cálculo se localiza en el Apéndice B.

TABLA 5
DATOS CARACTERIZADOS DE LOS CALENTADORES COMERCIALES

TIPO	MODELO	TIEMPO DE CALENTAMIENTO CARACTERISTICO [min]	GASTO DE AGUA [litros]	VIDA UTE. [años]	ENERGETICO CONSUMIDO				EFICIENCIA TERMICA CALCULADA [%]			PRECIO POR ENERGETICO CONSUMIDO				PRECIO DEL CALENTADOR [N\$]
					GAS		ELECTRICA [KW]	LEÑA [Kg]	GAS		ELECTRICOS SOLAR LEÑA	GAS		ELECTRICA [N\$]	LEÑA [N\$]	
					LP [m³]	NATURAL [m³]			LP [N\$]	NATURAL [N\$]		LP [N\$]	NATURAL [N\$]			
AUTOMATICO	G-10	20	120	10	0.118	0.255	---	---	46.1	59.2	---	0.1947	0.146	---	---	71630
AUTOMATICO	G-15	17.4	138	10	0.125	0.272	---	---	43.5	55.5	---	0.2068	0.155	---	---	78900
SEMI-AUTOMATICO	G-10T	20	120	10	0.118	0.255	---	---	46.1	59.2	---	0.1947	0.146	---	---	65120
INSTANTANEO	DELTA-01	5.7	420	10	0.1	0.215	---	---	54.3	70.9	---	0.165	0.122	---	---	101750
INSTANTANEO	VANGUARD	4.4	540	10	0.107	0.235	---	---	50.8	64.2	---	0.177	0.134	---	---	107800
ELECTRICO	200-25	43.2	57	10	---	---	1.433	---	---	---	80.8	---	---	0.36	---	100300
ELECTRICO	200-60	42	57	10	---	---	1.4	---	---	---	83.1	---	---	0.36	---	119500
SOLAR	3637	144	14.67	30	---	---	---	---	---	---	68.9	---	---	---	---	166100
SOLAR	TD-1	180.36	15.84	30	---	---	---	---	---	---	78.3	---	---	---	---	166900
LEÑA	---	36	42.86	5	---	---	---	2.4	---	---	6.6	---	---	---	1.2	15000

NOTA: Los cálculos estan referidos a una capacidad de 40 lts. de agua y un incremento de temperatura de 25 °C.

De la tabla 5 se observa que las eficiencias térmicas mayores las tienen los calentadores eléctricos, este resultado se debe principalmente a que los calentadores de combustión tienen muchas pérdidas en el quemado del combustible, en tanto que en el eléctrico como sabemos la conversión de energía eléctrica a térmica es muy eficiente debido a que son menores las pérdidas, por lo que el consumo del energético se reduce. Los calentadores que siguen en eficiencia son el TD-2 de Solarmex y el instantáneo Delta-01 de DELTA; con respecto a consumos vemos en el Delta-01 un precio de consumo de energético menor al eléctrico y en el caso del solar este valor es nulo lo que le da una visión económica más atractiva, los calentadores eléctricos junto con el de leña son los que tienen el mayor costo de operación por energético consumido; en tanto por precio del calentador vemos que los más altos son los solares, siguiéndole los eléctricos, lo cual reduce su atractivo económico.

Las eficiencias calculadas para los calentadores de combustión están basadas en las expresiones de las NOM de las referencias 4 y 5, sin embargo, éstas se encuentran muy por abajo de las eficiencias publicitadas por los fabricantes, debido a que :

1. Se hicieron los cálculos con los datos de consumo de gas y capacidad calorífica mostradas en sus fichas técnicas, que al parecer los fabricantes no los consideran en su determinación de la eficiencia.
2. Los fabricantes no aplican las NOM citadas ni antecesoras para medir el consumo de gas y capacidad calorífica, sino son valores promedio a diferentes condiciones de operación.

SEGUNDA PARTE

V. ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO

5.1 ESTUDIO ECONOMICO.

El estudio económico tiene como finalidad la selección de un calentador doméstico, para realizarlo, tomamos los datos caracterizados de los calentadores de la tabla 5, dichos datos son: Vida útil, precio del calentador, energético consumido y precio por energético consumido.

Se hizo un análisis económico para la situación de uso del calentador para una persona y otro para el caso de 5 personas, a su vez cada uno de estos casos se analizaron a nivel del D.F. y a nivel del mar, obteniendo finalmente cuatro resultados que se comentaran al final de esta parte.

El método utilizado para hacer el análisis fue el Método del Valor Presente ya que este método encaja bien para nuestro estudio, las expresiones empleadas fueron:

METODO DEL VALOR PRESENTE

$$FVP = \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}$$

$$VP = A \times FVP$$

$$FE = VP - I$$

Donde:

FVP=Factor de Valor presente; [adimensional].

VP=Valor Presente; en [N\$].

n=vida útil del calentador; en [años].

FE=Flujo de Efectivo; en [N\$].

I=Inversión inicial (precio del calentador); en [N\$].

i=Taza de descuento; en [%].

Dentro de este marco y para las condiciones económicas del país durante noviembre de 1994, se consideró lo siguiente:

Taza de descuento (*i*) = 15% anual

Con los datos ya establecidos se procedió a calcular y a vaciar los resultados en las tablas del estudio técnico-económico.

5.1.1) Análisis Económico para el D.F.

Las condiciones ambientales fueron las del Distrito Federal, los cálculos están contenidos en el Apéndice B y los resultados en las tablas 6 y 7.

TABLA 6
INFORMACION DEL ESTUDIO ECONOMICO REALIZADO PARA UNA PERSONA EN EL D.F.

CALENTADOR BASE PARA EL CALCULO	TIPO DE CALENTADOR	MODELO	PRECIO DEL CALENTADOR [Nº]	PRECIO POR CONSUMO ANUAL DE ENERGETICO [Nº]	AHORRO ANUAL DE ENERGETICO [Nº]	VIDA UTIL [años]	FLUJO DE EFECTIVO [Nº]	EFICIENCIA [%]
LEÑA			130,00	438,00	0,00	5	-150,00	6,66
	ALTO Matico	G-10	716,00	71,07	366,93	10	1124,59	46,10
	ALTO Matico	G-15	789,00	75,48	362,52	10	1038,55	43,50
	SEMIALTO Matico	G-10T	651,20	71,07	366,93	10	1190,75	46,10
	INSTANTANEO	DELTA-01	1017,50	60,23	377,77	10	978,91	54,30
	INSTANTANEO	VANGUARD	1078,00	64,61	373,39	10	796,42	50,80
	ELECTRICO	202-25	1003,00	131,40	306,60	20	916,32	80,80
	ELECTRICO	202-60	1195,00	131,40	306,60	20	724,32	83,10
	SOLAR	SM-37	1661,00	0,00	438,00	30	1216,66	68,90
	SOLAR	TD-2	1669,00	0,00	438,00	30	1208,66	78,30

NOTAS : - En estos cálculos, se consideró a los calentadores de gas L.P. por ser los de mayor demanda.
- El Flujo de Efectivo es a Valor Presente.

Como puede verse este es un estudio comparativo en el cual tomamos como referencia al calentador de leña debido a su baja eficiencia y mayor consumo de energético, de la tabla 6 en la columna de Flujo de Efectivo vemos que el calentador más rentable es el solar modelo SM-37 de Sunway y el TD-2 de Solarmex, seguidos por el semiautomático G-10T de Calorex, en los calentadores de depósito a base de gas vemos que la rentabilidad entre ellos varía poco y están cerca de los solares, a diferencia de los instantáneos y los eléctricos en donde la diferencia es muy significativa.

Los 3 calentadores más rentables no son tan eficientes como los eléctricos debido a que los factores en el estudio económico fueron: el precio por consumo anual de energético, el precio del calentador y la vida útil; en el caso de los calentadores solares tenemos una fuente de energía gratis y una vida útil mayor a las demás, con estos dos de los tres factores ya mencionados, le dan a este calentador una ventaja económica sobre los demás a pesar de ser el más costoso.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los calentadores en estudio, considerando ahora que prestan servicio a cinco personas habitando en el Distrito Federal.

TABLA 7
INFORMACION DEL ESTUDIO ECONOMICO REALIZADO PARA CINCO PERSONAS EN EL D.F.

CALENTADOR BASE PARA EL CALCULO	TIPO DE CALENTADOR	MODELO	PRECIO DEL CALENTADOR [N\$]	PRECIO POR CONSUMO ANUAL DE ENERGETICO [N\$]	AHORRO ANUAL DE ENERGETICO [N\$]	VIDA UTIL [años]	FLUJO DE EFECTIVO [N\$]	EFICIENCIA [%]
LEÑA			150,00	2190,00	0,00	5	-150,00	6,65
	AUTOMATICO	G-10	716,00	355,35	1834,65	10	8493,54	46,10
	AUTOMATICO	G-15	789,00	377,40	1812,60	10	9310,25	43,50
	SEMI-AUTOMATICO	G-10T	651,20	355,35	1834,65	10	8558,74	46,10
	INSTANTANEO	DELTA-01	1017,50	301,15	1885,85	10	8464,52	54,30
	INSTANTANEO	VANGUARD	1078,00	323,05	1866,95	10	8244,09	50,90
	ELECTRICO	202-25	1003,00	657,00	1533,00	20	8593,58	80,80
	ELECTRICO	202-60	1195,00	657,00	1533,00	20	8401,58	83,10
	SOLAR	SM-37	3184,50	0,00	2190,00	30	11203,80	60,90
	SOLAR	TD-5	3086,10	0,00	2190,00	30	11302,20	78,30

NOTAS : - Para estos cálculos se consideró a los calentadores de gas L.P. por ser los de mayor demanda.
- El Flujo de Efectivo es a Valor Presente.

De la tabla 7 mencionaremos la ventaja de los calentadores solares sobre los otros, esto es importante destacarlo pues el precio del calentador aumenta casi al doble para darle servicio a 5 personas mientras que los otros se mantienen igual, pero el precio por energético consumido se quintuplica mientras que en los solares sigue siendo nulo, esto deja ver la influencia de este término en el estudio.

En el aspecto de rentabilidad el primer lugar ahora lo ocupa el solar de Solarmex, siguiendo el Sunway y el tercer lugar fue ocupado por el calentador eléctrico 202-25 de HESA. en este caso este modelo resulto más rentable que su semejante el modelo 202-60 debido a que el precio del calentador es considerablemente mayor al modelo 202-25 y como la vida útil es igual, esta fue la razón por la cual resultó mejor económicamente.

En este estudio para 5 personas el flujo de efectivo entre los calentadores es muy similar, y si observamos la diferencia del Flujo de Efectivo entre el eléctrico 202-25 y el semiautomático G-10T, ésta resulta pequeña por lo que no hay mucho error en considéralos iguales en cuanto a rentabilidad.

5.1.2) Análisis Económico a nivel del Mar.

En esta parte del estudio tomamos como referencia una zona a nivel del mar por las siguientes razones, los calentadores de combustión de gas se ven afectados en su consumo de gas debido a el cambio de presión por altitud que afecta la densidad del gas y por lo tanto el volumen consumido, pero no afectan a la eficiencia como comprobaremos en los cálculos ya que la ecuación involucra los factores de presión y temperatura para considerar los cambios ya mencionados. Por otro lado, los calentadores solares y los eléctricos no se ven afectados por esta variación; los cálculos se localizan en el Apéndice B y los resultados en la tabla 8 para 1 persona y en la tabla 9 para 5 personas.

TABLA 8
INFORMACION DEL ESTUDIO ECONOMICO REALIZADO PARA UNA PERSONA A NIVEL DEL MAR

CALENTADOR BASE PARA EL CALCULO	TIPO DE CALENTADOR	MODELO	PRECIO DEL CALENTADOR [Nº]	PRECIO POR CONSUMO ANUAL DE ENERGETICO [Nº]	AHORRO ANUAL DE ENERGETICO [Nº]	VIDA UTIL [años]	FLUJO DE EFECTIVO [Nº]	EFICIENCIA [%]
LEÑA			150,00	438,00	0,00	5	-150,00	6,66
	AUTOMATICO	G-10	716,00	55,04	382,96	10	1206,46	46,10
	AUTOMATICO	G-15	789,00	58,47	379,53	10	1116,24	43,50
	SEMI-AUTOMATICO	G-10T	651,20	55,04	382,96	10	1271,26	46,10
	INSTANTANEO	DELTA-01	1017,50	46,68	391,32	10	946,97	54,30
	INSTANTANEO	VANGUARD	1078,00	50,11	387,89	10	869,21	50,80
	ELECTRICO	203-25	1003,00	131,40	306,60	20	916,32	80,80
	ELECTRICO	203-60	1195,00	131,40	306,60	20	724,32	82,10
	SOLAR	SM-37	1661,00	0,00	438,00	30	1216,66	68,90
	SOLAR	TD-2	1669,00	0,00	438,00	30	1208,66	78,30

NOTAS: - En estos cálculos, se consideró a los calentadores de gas L.P. por ser los de mayor demanda.

- El Flujo de Efectivo es a Valor Presente.

De la tabla 8 lo más notable es cómo se mantiene la eficiencia de los calentadores de gas, debido al factor de presión que regula el cambio de volumen consumido; los calentadores eléctricos mantienen su eficiencia al igual que los solares, ya que la variación de altitud no les afecta tal y como vemos en las expresiones de sus respectivas eficiencias. Por lo que respecta a lo económico, se mantienen igual que en el caso de los solares y eléctricos para una persona en el D.F. como lo vemos en la tabla 6, en cambio para los calentadores de gas el estudio económico cambia por que cambia el volumen de gas consumido, esto se debe al cambio de densidad del gas como se aprecia en la memoria de cálculo.

Viendo la rentabilidad (Flujo de Efectivo) de los calentadores vemos que el más rentable para este caso es el semiautomático G-10T, siguiendole los solares SM-37 y el TD-2 respectivamente; vemos también que superan en rentabilidad a los eléctricos.

La tabla 9 muestra el estudio a nivel del mar considerando ahora 5 personas.

TABLA 9
INFORMACION DEL ESTUDIO ECONOMICO REALIZADO PARA CINCO PERSONAS A NIVEL DEL MAR

CALENTADOR BASE PARA EL CALCULO	TIPO DE CALENTADOR	MODELO	PRECIO DEL CALENTADOR (Nº)	PRECIO POR CONSUMO ANUAL DE ENERGETICO (Nº)	AHORRO ANUAL DE ENERGETICO (Nº)	VIDA UTIL [años]	FLUJO DE EFECTIVO (Nº)	EFICIENCIA [%]
LEÑA			150,00	2190,00	0,00	5	-150,00	6,66
	AUTOMATICO	G-10	716,00	275,20	1914,80	10	896,30	46,10
	AUTOMATICO	G-15	785,00	292,35	1877,65	10	8737,20	43,50
	SEMI-AUTOMATICO	G-10T	651,20	275,20	1914,80	10	8961,10	46,10
	INSTANTANEO	DELTA-01	1017,50	233,40	1956,60	10	8804,63	54,20
	INSTANTANEO	VANGUARD	1078,00	250,55	1939,45	10	8658,04	50,80
	ELECTRICO	200-25	1003,00	657,06	1533,00	20	8593,58	90,90
	ELECTRICO	200-60	1195,00	657,06	1533,00	20	8401,58	83,10
	SOLAR	SM-37	3184,30	0,00	2190,00	30	11203,80	68,90
SOLAR	TD-5	3086,10	0,00	2190,00	30	11302,20	78,30	

NOTAS: - Para estos cálculos, se consideró a los calentadores de gas L.P. por ser los de mayor demanda.
- El Flujo de Efectivo es a Valor Presente.

ESTUDIO ENERGETICO COMPARATIVO DE LOS CALENTADORES DE AGUA DE USO DOMESTICO

En esta tabla 9 notamos como los calentadores solares vuelven a sobresalir en rentabilidad, la razón ya fue comentada en la tabla 7, también es notable ver que los calentadores eléctricos pasan a ocupar los últimos lugares dado, como ya se dijo, a la variación del consumo de gas de los de combustión.

Dentro de los calentadores de combustión vemos que después de los modelos G-10T y G-10, les sigue en rentabilidad el Delta-01 debido a que su consumo de gas que es menor que los calentadores de gas de HESA.

Como resumen se muestran los resultados del estudio económico en orden de rentabilidad :

TABLA 10
RESUMEN DEL ESTUDIO ECONOMICO PARA UNA PERSONA
EN EL D.F.

Tipo de Calentador	Modelo Característico	Flujo de efectivo [P/\$]
Solar	SM-37	1216.66
Solar	TD-2	1208.66
Semiautomático	G-10T	1190.79

A NIVEL DEL MAR

Tipo de Calentador	Modelo Característico	Flujo de efectivo [P/\$]
Semiautomático	G-10T	1271.26
Solar	SM-37	1216.66
Solar	TD-2	1208.66

TABLA 11
RESUMEN DEL ESTUDIO ECONOMICO PARA CINCO PERSONAS
EN EL D.F.

Tipo de Calentador	Modelo Característico	Flujo de Efectivo [N\$]
Solar	TD-2	11302.20
Solar	SM-37	11203.80
Semiautomático	G-10T	8961.10

A NIVEL DEL MAR

Tipo de Calentador	Modelo Característico	Flujo de Efectivo [N\$]
Solar	TD-2	11302.20
Solar	SM-37	11203.80
Semiautomático	G-10T	8961.10

TERCERA PARTE

VI. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO.

En el estudio Técnico-económico realizado en la segunda parte de este trabajo, concluimos que el calentador más recomendable en el aspecto técnico y económico es el solar modelo TD de Solarmex, esta decisión se tomó por las siguientes razones:

1. Este calentador tiene una buena eficiencia 78.3% pues esta arriba de la promedio obtenida en los cálculos a pesar de no haber sido la mayor, tiene la vida útil mayor y requiere de un mantenimiento mínimo, además de tener un funcionamiento continuo durante el transcurso del día solar, no contaminan y no tienen el inconveniente de usar un energético procesado ni generado por el hombre.

2. No se eligió el calentador eléctrico por que a pesar de ser éste el más eficiente es baja su rentabilidad, en cambio el calentador solar tiene la mayor rentabilidad, así tenemos una relación entre eficiencia y precio; los calentadores solares tienen el gran atractivo de no tener ninguna otra inversión más que la inicial (precio de compra).

3. Según varios autores de temas de energía, son los calentadores que tienen más futuro y que se esperan desarrollar más conforme aumente la crisis energética, aparte de ser una muy buena fuente alternativa en ayuda al problema energético y al ahorro de agua. Pueden instalarse en lugares muy rústicos por muy apartados que estén y funcionar sin alteraciones, además no les afecta ni la escasez de los energéticos usuales ni el aumento de precio de los mismos.

Estos puntos fueron esenciales en la toma de nuestra decisión, aunque hay que comentar un aspecto que para el usuario es de gran interés: la continuidad. Debido a que estos calentadores pueden tener algunos problemas si hay días nublados, ya que aunque calientan bajo el efecto de la radiación difusa, ésta no es suficiente para alcanzar las temperaturas máximas especificadas, lo que resultaría incómodo al consumirse más rápido la reserva del termotanque; este inconveniente no permite que sean ampliamente usados en nuestra sociedad, el cual podría fácilmente superarse con un mejor conocimiento de la operación de los calentadores solares y un uso racional del agua.

Para este capítulo, analizaremos cómo aumentar la eficiencia del calentador solar y cuánto influye este cambio en el aspecto del precio del calentador, así también, se realizará otro estudio tecno-económico para este calentador y ver si las

modificaciones propuestas son costeables o no.

6.1 EL CALENTADOR SOLAR.

<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>	<u>ΔT</u>	<u>η</u>
Solarmex	TD	53°C	78.3%

El calentador solar de la compañía Solarmex es el más eficiente de sus competidores y el más económico, ya que está diseñado para las condiciones del D.F. y construido con materiales 100% nacionales lo que le da mucha ventaja económica, su competidor más cercano es el calentador de la empresa Sunway ya que tienen muchas de estas condiciones en común. De la empresa Solarmex cabe decir que es una de las pioneras en México dedicándose al desarrollo de estos equipos.

Los calentadores solares de Placa Plana presentan bajas eficiencias (no mayores de 80%) por los problemas de transferencia de calor debidos a los materiales de construcción, estos problemas son:

1) La placa absorbente llega a calentarse a tal punto que ya no transmite todo el calor al agua sino que empieza a transmitirlo al exterior.

Las pérdidas de calor están dadas por la siguiente expresión:

$$Q_{perd} = U_L \times A_C \times (T_p - T_A)$$

Donde:

- Q_{perd} = Calor perdido.
- U_L = Coeficiente total de pérdidas de calor.
- T_p = Temperatura de la placa de absorción.
- T_A = Temperatura ambiente.

Las soluciones a este problema han sido dos:

A) Como vemos en la expresión podemos reducir las pérdidas de calor reduciendo el coeficiente U_L para hacer esto se han hecho lo que conocemos como superficies selectivas, las cuales consisten en material conductor como del que están hechas las placas absorbentes (cobre, aluminio), recubiertos químicamente con una capa de semiconductor, esta unión tiene dos propósitos: una es proteger al material base contra la corrosión y el otro propósito es tener un material compuesto que permita fácilmente la entrada de la radiación solar y que a su vez no permita que la radiación ganada por el agua se pierda. Hay una diversidad de superficies selectivas que se han desarrollado y aplicado en los calentadores solares de nuestro estudio, como es el caso del modelo TD de la empresa Solarmex S.A.

B) Otro punto a atacar como se observa es la diferencia $(T_p - T_A)$, así que reduciendo la temperatura de la placa de absorción podrán reducirse las pérdidas, esto se lograría haciendo una convección forzada en la tubería del calentador, para ello bastaría adicionar una pequeña bomba que de un gasto de agua mayor que el obtenido por la convección natural. Claro está que este método presenta el inconveniente de consumir energía eléctrica lo cual le quita el mayor atractivo al calentador, esta solución ya es aplicada por las fabricas de calentadores solares ya que adicionan una bomba centrífuga a los colectores solares pero solamente en los modelos para calentar agua de alborca, ya que estos son por lo regular de plástico con una cubierta selectiva y carecen del gabinete y la cubierta de vidrio por lo que la bomba de agua es una muy buena solución a este problema además de ser de dimensiones mayores a un colector tradicional para uso de la casa.

2) Otra de las causas de la baja eficiencia son las pérdidas de reflexión de la cubierta del colector, estas son de vidrio flotado para darle el mejor acabado ,este vidrio no presenta una transparencia del 100% sino que un porcentaje lo refleja y ya no es aprovechado, su transparencia es del 84.3%.

Este es un punto muy interesante para realizar nuestra propuesta, ya que todos los fabricantes usan vidrio en su cubierta, y éste puede ser reemplazado por otro material que tenga mayor transparencia, este material puede ser el teflón con una transparencia de 92.3% o el tedlar con 92.2%, lo que viene a dar una ganancia considerable de radiación solar además de que son resistentes a la intemperie y no absorben calor.

Sobre esto haremos el estudio Técnico-económico para ver si resulta conveniente tanto en lo técnico como es su rentabilidad.

6.2 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO.

Anteriormente comentábamos que nuestra propuesta para mejorar al calentador de Solarmex mod. TD, era cambiar la cubierta de vidrio por una cubierta de un material más transparente a los rayos solares y que tuviera buenas características para soportar la intemperie, entre los materiales propuestos tenemos al Teflón y al Tedlar que son materiales de buena conductividad de calor y más transparentes a la radiación solar 92.3 y 92.2% respectivamente, tienen buena resistencia a la intemperie y son inertes químicamente, lamentablemente su vida útil es mucho menor a la de un vidrio pues el teflón dura a la intemperie 15 años y el Tedlar 10 años³.

De estos dos materiales comentados escogimos al Teflón por las siguientes razones:

- Tiene una vida útil mayor al Tedlar ya que la diferencia es de 5 años, y es un factor muy importante en el estudio económico. El teflón dura 15 años menos que los vidrios, esto viene a ser una contra para el uso del teflón.
- En México, estos materiales son difíciles de conseguir puesto que son importados, pero de ellos el más comercial es el teflón y el que se encuentra más fácil en nuestro país lo que da una ventaja en su utilización en los calentadores comerciales.

Con estas dos razones y de las bases obtenidas en el estudio, proponemos lo siguiente:

³ Los datos de la transparencia y la vida útil de los materiales para cubiertas de colectores solares fueron tomadas de la referencia 1.

Para aumentar la eficiencia del calentador solar se propone cambiar la cubierta de vidrio por una lámina de Teflón.

A continuación haremos los cálculos teóricos correspondientes para ver la variación de la eficiencia y después haremos el estudio económico para ver en que afecta a su rentabilidad:

Datos :

<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>	<u>Tmax</u>
Solarmex	TD-2	70 °C

- Cubierta : Vidrio flotado.
- Dimensiones : 1.6 m² x 4 mm de espesor.
- τ : 84.3 %
- Vida útil : más de 30 años.
- Precio : N\$ 106.00
- η colector : 78.3%

A continuación calcularemos la eficiencia del calentador pero ahora cambiando la cubierta de vidrio flotado por una cubierta de teflón.

Datos :

- Cubierta : Teflón.
- Dimensiones : 1.6 m² x 1/32 plg.
- τ : 92.3%
- Vida útil : 15 años.
- Precio : N\$ 557.00

Tenemos:

$$\dot{Q}_{Vidrio} = \dot{Q}_{Sol} \times \tau_{Vidrio} = 436.15(0.843) = 367.55 \frac{W}{m^2}$$

$$\dot{Q}_{Teflon} = \dot{Q}_{Sol} \times \tau_{Vidrio} = 436.15(0.923) = 402.57 \frac{W}{m^2}$$

El diseño del calentador solar da :

$$T_{max} = 70 \text{ °C} \quad \text{con} \quad \dot{Q}_{Vidrio} = 367.55 \frac{W}{m^2}$$

Ahora hay que calcular T_{max} para la radiación solar que deja pasar el Teflón, considerando que el aumento en la temperatura del agua es proporcional al aumento de la radiación solar:

$$T_{max_2} = \left(\frac{\dot{Q}_{Teflon}}{\dot{Q}_{Vidrio}} \right) \times T_{max} = \left(\frac{402.57}{367.55} \right) (70) = 76.7^\circ C$$

Esta temperatura es a la cual se calentarían 115 lts. de agua en el calentador en 12 h. si este tuviera una cubierta de teflón. Para poderlo meter a nuestro estudio, habrá que idealizarlo como hicimos anteriormente con los datos comerciales para obtener un modelo característico.

$$iC = \frac{T1 \times i0}{T_{max}} = \frac{(42)(720)}{(76.7)} = 394.26 \text{ min}$$

Idealizando:

$$iCC = \frac{40 \times iC}{Cap} = \frac{(40)(394.26)}{115} = 137.14 \text{ min}$$

El gasto de agua es:

$$Ga = \frac{40 \times (60 \text{ min/h})}{iCC} = \frac{(40)(60)}{137.14} = 17.5 \frac{\text{Its}}{h} = 0.0049 \frac{\text{Its}}{s}$$

Finalmente la eficiencia queda:

$$\eta_{Teflon} = \frac{Ma \times Cpa \times \Delta T}{\dot{Q}_{Sol} \times Ac \times \tau_{Teflon}} = \frac{(0.0049)(4186)(25)}{(436.15)(1.6)(0.923)} = 79.6\%$$

La diferencia de la transparencia entre el vidrio y el Teflón es considerable, lo que da una ganancia en la radiación solar recibida, pero lamentablemente no es muy grande y no se incrementa mucho la ganancia de calor del agua, tal como vemos en la T_{max} la cual solo sube 6.7 °C lo que es para este caso un incremento muy pobre, tal como se refleja en la eficiencia, la cual sólo subió 1.3 puntos, este resultado no salió muy convincente técnicamente ya que esta ganancia puede perderse por las condiciones de ensuciamiento o degradación del plástico al estar expuesto a la intemperie. Estos cálculos realizados son teóricos y habría que montar un equipo para obtener la verdadera radiación solar que permite pasar el Teflón.

El estudio económico es el siguiente:

Precio del calentador Solarmex :

-Modelo TD-2 : N\$ 1669.00 con vidrio flotado.

Para saber cuanto cuesta el calentador con la cubierta de Teflón, solamente cambiamos el precio del vidrio por el del Teflón, considerando que el costo por mano de obra se mantiene igual:

$$\text{N\$ } 1669.00 - \text{N\$ } 106.00 = \text{N\$ } 1563.00$$

Sumándole ahora el precio del Teflón:

$$\text{N\$ } 1563.00 + \text{N\$ } 557.00 = \text{N\$ } 2120.00$$

Este es el precio del calentador solar con cubierta de teflón.

-Modelo TD-5: N\$ 3086.10 con vidrio flotado.

Hacemos el mismo procedimiento anterior para saber el precio que tendría si tuviera cubierta de Teflón.

$$\text{N\$ } 3086.10 - \text{N\$ } 106.00 = \text{N\$ } 2980.10$$

sumándole ahora el precio del Teflón:

$$\text{N\$ } 2980.10 + \text{N\$ } 557.00 = \text{N\$ } 3537.10$$

El precio del calentador sube mucho y esto afectará a su rentabilidad, además hay que añadir que la vida útil del calentador se reduce a la mitad debido a la degradación de la cubierta.

Haciendo el estudio económico por el método del Valor Presente :

Para una persona :

- Colector solar con cubierta de vidrio flotado:

Ahorro anual de energético : N\$ 438.00
 Precio del calentador : N\$ 1669.00
 Vida útil : 30 años
 Flujo de efectivo : N\$ 1206.90

- Colector solar con cubierta de Teflón :

Ahorro anual de energético : N\$ 438.00
 Precio del calentador : N\$ 2120.00
 Vida útil : 15 años

$$FVP = \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} = \frac{1 - (1+0.15)^{-15}}{0.15} = 5.847$$

$$VP = A \times FVP = 438(5.847) = \text{N\$ } 2561.15$$

$$FE = VP - I = 2561.15 - 2120.00 = \text{N\$ } 441.15$$

En este caso, tenemos que el calentador es rentable pero en comparación con el de cubierta de vidrio la rentabilidad es menor ya que aumenta mucho la Inversión Inicial (precio del calentador) y este factor le quita atractivo para que lo

adquiera el consumidor.

Ahora veamos como influye en el caso de 5 personas:

• **Colector solar con cubierta de vidrio :**

Ahorro anual de energético : N\$ 2190.00
Precio del calentador : N\$ 3086.10
Vida útil : 30 años.
Flujo de Efectivo : N\$ 11293.40

• **Colector solar con cubierta de Teflón :**

Ahorro anual de energético : N\$ 2190.00
Precio del calentador : N\$ 3537.10
Vida útil : 15 años
FVP : 5.847

$$VP = 2190.00(5.847) = N\$12804.90$$

$$FE = 12804.90 - 3537.10 = N\$9267.80$$

Los resultados de la propuesta se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA 12
RESULTADOS DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO
 (Para una persona)

SOLARMEX TD 2						
CUBIERTA	τ	VIDA UTIL	PRECIO DEL CALENTADOR	AHORRO ANUAL DE ENERGETICO	FLUJO DE EFECTIVO	EFICIENCIA
VIDRIO FLOTADO	84.3%	más de 30 años	N\$ 1669.00	N\$ 438.00	N\$ 1206.90	78.3 %
TEFLON	92.3%	15 años	N\$ 2120.00	N\$ 438.00	N\$ 441.15	79.6 %

(Para cinco personas)

SOLARMEX TD 5						
CUBIERTA	τ	VIDA UTIL	PRECIO DEL CALENTADOR	AHORRO ANUAL DE ENERGETICO	FLUJO DE EFECTIVO	EFICIENCIA
VIDRIO FLOTADO	84.3 %	más de 30 años	N\$ 3086.10	N\$ 2190.00	N\$11293.40	78.3 %
TEFLON	92.3 %	15 años	N\$ 3537.10	N\$ 2190.00	N\$ 9267.80	79.6 %

De las tablas de resultados se observa claramente que la propuesta de utilizar en los colectores solares cubiertas de teflón resulta rentable económicamente y su eficiencia sube en 1.3 puntos porcentuales; en comparación de la cubierta de vidrio resulta menos rentable como se nota en la columna de flujo de efectivo, este punto disminuyó notablemente debido a la disminución de la vida útil a la mitad y en menor grado por el aumento del precio del calentador.

Estos resultados son teóricos, y se aplican para el D.F. y a nivel del mar.

CONCLUSION DE LA PROPUESTA.

Nuestra propuesta de cambiar la cubierta de vidrio flotado por teflón tuvo los siguientes resultados :

En el estudio técnico el calentador con teflón tuvo una ganancia en su eficiencia de 1.3 puntos en comparación del colector con vidrio flotado esto aumentó 6.6 °C la temperatura ganada por el agua, es importante destacar que el estudio técnico fue solamente teórico.

En el estudio económico el calentador con teflón esta dentro de la rentabilidad, pero como se observa en la tabla 10 éste es considerablemente menor al calentador con vidrio, si el resultado lo comparamos con los demás calentadores, vemos que en el caso para una persona, en eficiencia se mantiene en su lugar pero en cuanto a flujo de efectivo es el menos conveniente después del de leña; para el caso de cinco personas su flujo de efectivo baja pero todavía se mantiene superior a los demás calentadores. Tenemos también que el calentador reduce su vida útil a la mitad del tiempo original, al término de este tiempo, la lámina de teflón puede cambiarse por otra nueva lo que da un costo de mantenimiento, pero serviría para prolongar la vida del conjunto a los 30 años aproximadamente.

Conjuntando los resultados de la propuesta, la aplicación comercial del calentador solar con cubierta de teflón si es rentable y muy conveniente para el uso familiar, pero debido a las ganancias obtenidas y a la comodidad del uso es más recomendable seguir usando el calentador solar con su cubierta de vidrio flotado, este punto se acrecenta más para el uso comercial de estos calentadores donde se busca ahorrar lo más posible los gastos de mantenimiento.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En el presente trabajo se cumplieron los objetivos establecidos: se estudiaron los calentadores de agua doméstico del mercado nacional y se caracterizó teóricamente su funcionamiento para tener un punto común y poder compararlos, el estudio energético de los calentadores de gas se basó en el establecido en la Norma Oficial Mexicana, con los resultados obtenidos pudimos comparar su consumo energético y su eficiencia con esto escogimos el calentador más conveniente desde el punto de vista energético siendo este el calentador eléctrico de HESA mod. 202-60 teniendo la mayor eficiencia, pero viendo los parámetros de precios no se vio muy convincente en tanto que otros calentadores como los solares y el semiautomático se veían atractivos en este aspecto, así, tuvimos que profundizar más como lo habíamos comentado en los objetivos realizando el estudio económico y basarnos en el calentador más rentable y con mayor eficiencia. De dicho estudio el calentador solar de Solarmex resultó ser el más rentable y con una eficiencia bastante aceptable por lo que fue el calentador elegido para realizar nuestra propuesta.

Para nuestra propuesta de mejoramiento estudiamos los problemas técnicos de los calentadores solares, en donde encontramos un problema muy común y que podría dar buenas mejoras si le dábamos solución, este problema es la transparencia del material de la cubierta del colector, en la cual propusimos cambiar el vidrio flotado comúnmente utilizado por una cubierta de Teflón, se hizo otro estudio tecno-económico para ver si resultaba adecuado el cambio, al final de este, vimos que hubo una mejora en la eficiencia pero la rentabilidad se afectó notablemente pero a pesar de ello destacó de los demás calentadores en su uso familiar; sin embargo

tomando en cuenta su uso y como le afectó el cambio, se concluyó que es más recomendable usar el vidrio flotado sobre todo por la vida de servicio que presta el calentador y por su mantenimiento casi nulo.

Estos fueron los resultados obtenidos en la investigación, pero hay que destacar que el calentador solar no es muy demandado en nuestro país, ya que se desconoce mucho su funcionamiento y por lo tanto se eligen otros calentadores para asegurar la continuidad de mucha agua caliente a cualquier hora y en cualquier estación. Cabe hacer notar que los calentadores solares presentan las siguientes características :

1. Se pueden usar continuamente aun por las noches (siempre y cuando no se agote la reserva del termotanque) sin temor a que la temperatura del agua baje bruscamente.
2. Los modelos mostrados en este estudio fueron diseñados para las condiciones de radiación solar en el D.F. y aunque haya en ocasiones condiciones climáticas inadecuadas, el agua será calentada a temperaturas mayores que la del ambiente, debido a la recirculación constante del agua contenida en el termotanque.
3. Como es de imaginarse su funcionamiento mejora si se localiza en zonas cálidas con mayor radiación solar, según la ecuación de la referencia 8 para el cálculo de la eficiencia al variar de zona la eficiencia se mantiene igual y la que cambia solamente es su eficacia. Con estas características pueden disiparse algunos temores en cuanto al uso de este calentador además de considerar de manera importante el hacer un uso racional del agua por parte de los usuarios. Como alternativa puede utilizarse al calentador solar como calentador principal y tener uno de gas (semiautomático o automático según convenga) como respaldo cuando se presenten las situaciones climáticas de nublados continuos y grandes demandas de

agua caliente.

También recomendamos otros calentadores adecuados al tipo de vida del capitalino:

Es común encontrar viviendas en donde sólo habitan una o dos personas y para este caso el calentador de gas Calorex G-10T es también conveniente ya que se prende solo cuando se va a utilizar y se apaga por su control semiautomático ahorrando energético y dinero a sus usuarios. Para el caso de familias con 5 integrantes se recomienda también los calentadores de gas G-10 y G-10T y el eléctrico 202-25, otra opción es el instantáneo Delta-01 ya que el precio pagado por el consumo del energético es de los menores.

Estas recomendaciones son de acuerdo a nuestro estudio, pero el trabajo realizado puede ser consultado por los usuarios que deseen adquirir un calentador de agua y conforme a los resultados mostrados puedan elegir el calentador que más les convenga de acuerdo a sus necesidades, economía y conforme al ahorro energético.

Como último punto mencionaremos una recomendación para mejorar la eficiencia de los calentadores de gas ya sean de paso o de depósito. Recordando la ecuación de la eficiencia vemos que el factor de temperatura (F_t) influye. Mientras más pequeño sea este factor la eficiencia aumenta, por lo tanto la temperatura del combustible (T_c) debe ser lo mayor posible; físicamente sabemos que el combustible utiliza parte del calor de la combustión para llevar el gas de la temperatura ambiente hasta su temperatura de ignición, con lo cual se pierde calor que puede ser cedido al agua, de este problema y basándonos en la solución que le dan en las calderas, proponemos precalentar el gas para que no se pierda tanto calor para encenderse, esto se puede lograr haciendo pasar el tubo de la línea del gas por la chimenea de los gases

de salida, ya que en mediciones experimentales estos gases salen con temperaturas superiores a los 40 °C, lo cual indica que tienen calor todavía aprovechable si consideramos que la temperatura del gas es próxima a la del ambiente y ésta en las mañanas en el D.F. es en promedio 17 °C, tenemos un punto para poder elevar la eficiencia utilizando el calor que se desecha, así también rendirá más el gas en el aspecto económico.

Como resumen, en el trabajo se hizo una comparación energética y económica de los calentadores comerciales con el fin de mostrar cuales son los de mayor eficiencia y rentabilidad, este punto tuvo dos utilidades, una fue para hacer una propuesta de mejoramiento, y la otra es dar una referencia para poder aumentar la eficiencia y la rentabilidad de los calentadores y hacerlos más competitivos. Este estudio fue teórico, pero dará mejores resultados si puede hacerse práctico aunque tiene la desventaja de resultar costoso por los diversos instrumentos de medición que intervienen.

REFERENCIAS

1. Kreith, Frank, "*Principles of Solar Engineering*", Hemisphere Publishing Corporation, EUA, 1970, p. 703.
2. Cleaver, Bruks, "*Manual Selmec de Calderas*", Sociedad Electromecánica, México, 1936, p. 34.
3. Manrique, José, "*Energía Solar*", Edit. Harla, México, 1984, p. 51.
4. NOM-027-SCFI-1994 "Calentadores para agua tipo almacenamiento a base de gases licuados de petróleo o gas natural".
5. NOM-022-SCFI-1994 "Calentadores instantáneos de agua para uso doméstico".
6. NMX-X-30 "Válvulas semiautomáticas y automáticas con sistema de seguridad contra falla de flama".
7. NMX-X-53 "Calidad y funcionamiento para dispositivos de ignición (pilotos) destinados a usos domésticos e industriales".
8. ANSI B198.1-1977 "Methods of testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors".

BIBLIOGRAFIA.

- Dirección General de Normas, "*Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para la Eficiencia Térmica de Calentadores de Agua para Uso Doméstico y Comercial*", México, 1994.
- Quintana, Julia, "Estudio y Desarrollo de Superficies Selectivas para el Aprovechamiento de la Energía Solar",
- Kreith, Frank, "*Principles of Solar Engineering*", Hemisphere Publishing Corporation, EUA, 1970.
- Cleaver, Bruks, "*Manual Selmec de Calderas*", Sociedad Electromecánica, México, 1936.
- ASHRAE, "Methods of testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors", E.U., 1997.

APENDICE

APENDICE A

TABLAS Y MAPAS

TABLA A.1

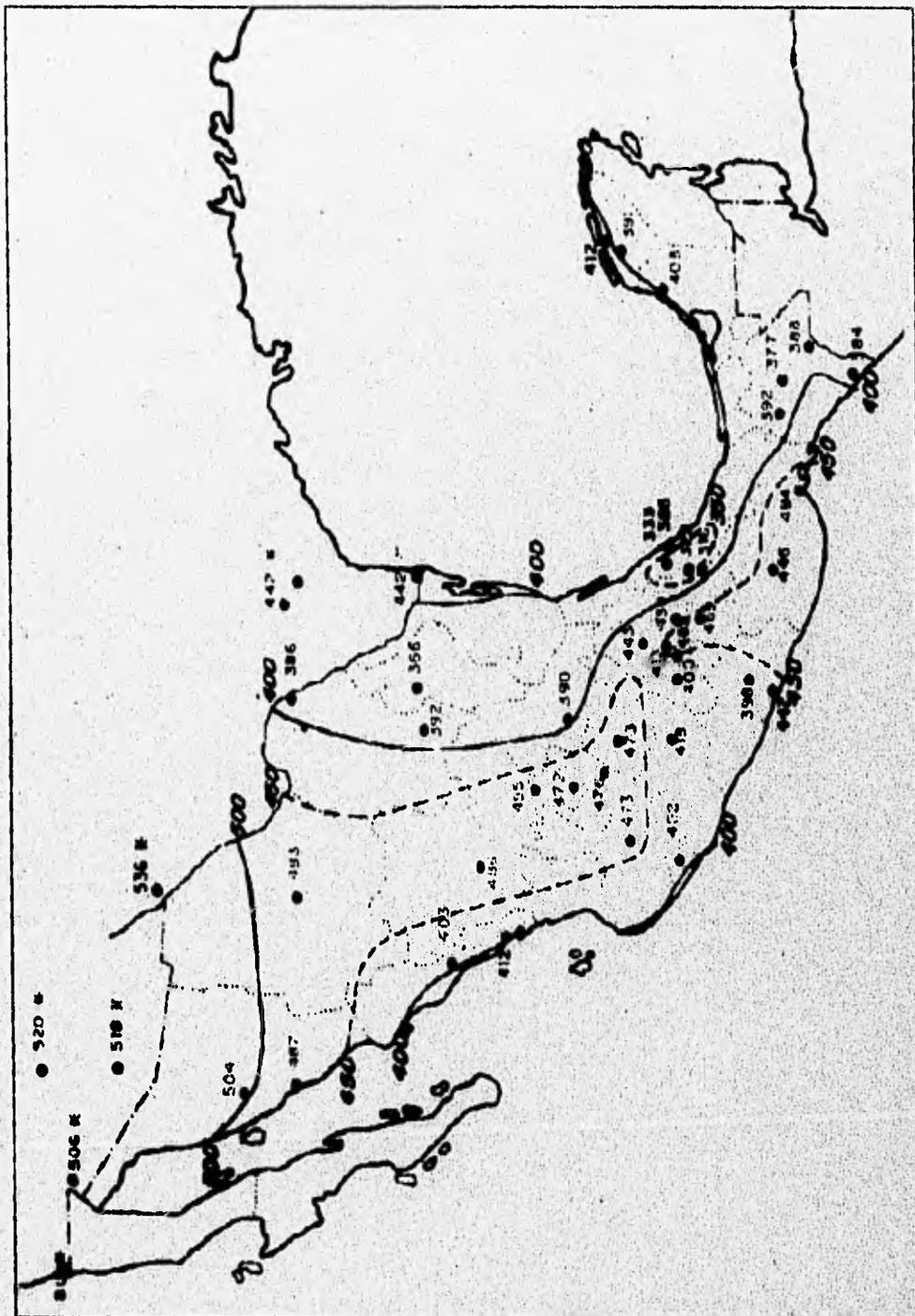
CONVERSIONES UTILIZADAS	
1 pulgada	2.54 cms.
1 Kcal.	4.186 KJ
1 Kwh	860 Kcal.
$1 \frac{\text{Cal.}}{\text{cm}^2 \text{ dia}}$	$0.9692 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

TABLA A.2

CONSIDERACIONES ADICIONALES	
$\rho_{\text{Agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$	
$CP_{\text{Agua}} = 4.186 \text{ KJ}$	
$\rho_{\text{Aire}} = 1 \text{ Kg/m}^3$	
$R_{\text{LP}} = 185.1 \text{ J/Kg}^\circ\text{K}^{(1)}$	
$R_{\text{GN}} = 242.2 \text{ J/Kg}^\circ\text{K}^{(1)}$	

(1) A condiciones ISO.

MAPA 1
RADIACION GLOBAL DIARIA PROMEDIO EN EL AÑO (cal / cm²día)



* Fuente : Referencia 3

APENDICE B

MEMORIA DE CALCULO

TABLA 5

DATOS CARACTERIZADOS DE LOS CALENTADORES COMERCIALES

1) tiempo de Calentamiento Caracteristico (tCC).

- Para calentadores de depósito:

$$t_{CC}[\text{min}] = \frac{40[\text{lbs}] \times t_C[\text{min}]}{Cap[\text{lbs}]}$$

Gas

CALOREX	G-10T :	(40)(19)/38 = 20 min.
CALOREX	G-10 :	(40)(19)/38 = 20 min.
CALOREX	G-15 :	(40)(20)/46 = 17.4 min.
CALOREX	G-20 :	(40)(24)/40 = 13.33 min.
MAGAMEX	102 :	(40)(21)/40 = 21 min.

Eléctrico

HESA	202-25:	(40)(27)/25 = 43.2 min.
HESA	202-60:	(40)(63)/60 = 42 min.

Leña

MONTERREY	:	(40)(35)/25 = 56 min.
-----------	---	-----------------------

Los calentadores solares tienen un ΔT mayor a 25 °C por lo que primero habrá que caracterizarlos a un $\Delta T=25$ °C:

$$t_C = \frac{T_1 \times t_0}{T_{\text{max}}}$$

Donde :

tC = tiempo de calentamiento hasta $T1$; en $^{\circ}C$.

$T1$ = Temperatura de referencia = $42^{\circ}C$; ($17^{\circ}C + \Delta T$ normalizado).

$Tmax$ = Temperatura máxima alcanzada por el calentador; en $^{\circ}C$.

t_0 = tiempo que tarda el calentador solar para alcanzar $Tmax$; en [min].

Sunway SM-37 : $(42)(720)/60 = 504$ min.

Solarmex TD-2 : $(42)(720)/70 = 432$ min.

KF LSC-D : $(42)(720)/65 = 465.23$ min.

Con estos datos obtenidos, ya podemos calcular el tCC:

Solar

SUNWAY SM-37 : $(40)(504)/140 = 144$ min.

SOLARMEX TD-2 : $(40)(432)/115 = 150.26$ min.

KF LSC-D : $(40)(465.23)/120 = 155.1$ min.

● Para calentadores de paso:

$$tCC[\text{min}] = \frac{40[\text{Its}] \times \left[\frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \right]}{Ga \left[\frac{\text{Its}}{\text{hr}} \right]}$$

Instantáneo

HESA Suprem : $(40)(60)/900 = 2.67$ min.

HESA Vanguard: $(40)(60)/540 = 4.44$ min.

DELTA Delta-01 : $(40)(60)/420 = 5.7$ min.

2) Gasto de Agua (Ga).

$$Ga \left[\frac{\text{Its}}{\text{hr}} \right] = \frac{40[\text{Its}] \times \left[\frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \right]}{tCC[\text{min}]}$$

Gas

CALOREX G-10T : $(40)(60)/20 = 120$ Its/hr.

CALOREX G-10 : $(40)(60)/20 = 120$ Its/hr.

CALOREX G-15 : $(40)(60)/17.4 = 138$ Its/hr.

CALOREX G-20 : $(40)(60)/24 = 100$ Its/hr.

MAGAMEX 102 : $(40)(60)/21 = 114.29$ Its/hr.

ESTUDIO ENERGETICO COMPARATIVO DE LOS CALENTADORES DE AGUA DE USO DOMESTICO

Eléctrico		
HESA	202-25:	$(40)(60)/43.2 = 55.56 \text{ lts/hr.}$
HESA	202-60:	$(40)(60)/42 = 57.14 \text{ lts/hr.}$
Solar		
SUNWAY	SM-37:	$(40)(60)/144 = 16.67 \text{ lts/hr.}$
SOLARMEX	TD-2 :	$(40)(60)/150.26 = 15.84 \text{ lts/hr.}$
KF	LSC-D:	$(40)(60)/155.1 = 15.47 \text{ lts/hr.}$
Leña		
MONTERREY	:	$(40)(60)/56 = 42.86 \text{ lts/hr.}$

3) Densidad del Gas L.P. y Natural.

$$\rho \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] = \frac{P [\text{Pa}]}{R \left[\frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ \text{K}} \right] \times T [^\circ \text{K}]}$$

- En el D.F. a 17° C:

Gas LP : $(0.027+0.78) \times 10^5 / (185.1)(17+273.15) = 1.503 \text{ Kg / m}^3$
 Gas Natural : $(0.017+0.78) \times 10^5 / (242.2)(17+273.15) = 1.134 \text{ Kg / m}^3$

- A nivel del mar a 17° C:

Gas LP : $(0.027+1.013) \times 10^5 / (185.1)(17+273.15) = 1.936 \text{ Kg / m}^3$
 Gas Natural : $(0.027+1.013) \times 10^5 / (242.2)(17+273.15) = 1.466 \text{ Kg / m}^3$

4) Consumo de Energético.

$$CE [m^3 / hr] = \frac{CE [Kg / hr]}{\rho [Kg / m^3]}$$

-Para gas LP :

CALOREX		
G-10T :		$0.533 / 1.503 = 0.355 \text{ m}^3 / \text{hr.}$
G-10 :		$0.533 / 1.503 = 0.355 \text{ m}^3 / \text{hr.}$
G-15 :		$0.649 / 1.503 = 0.432 \text{ m}^3 / \text{hr.}$
G-20 :		$0.695 / 1.503 = 0.462 \text{ m}^3 / \text{hr.}$
MAGAMEX		
102 :		$0.533 / 1.503 = 0.355 \text{ m}^3 / \text{hr.}$
HESA		
Suprem:		$3.61 / 1.503 = 2.402 \text{ m}^3 / \text{hr.}$
Vanguard:		$2.17 / 1.503 = 1.444 \text{ m}^3 / \text{hr.}$
DELTA		
Delta-01:		$1.575 / 1.503 = 1.048 \text{ m}^3 / \text{hr.}$

5) Energético Consumido (EC).

$$EC = CE \times ICC \times \left[\frac{1hr}{60 \text{ min}} \right]$$

Gas		
CALOREX	G-10T :	
	-con gas L.P. :	$(0.355)(20)/60 = 0.118 \text{ m}^3$.
	-con gas Nat. :	$(0.764)(20)/60 = 0.255 \text{ m}^3$.
CALOREX	G-10 :	
	-con gas L.P. :	$(0.355)(20)/60 = 0.118 \text{ m}^3$.
	-con gas Nat. :	$(0.764)(20)/60 = 0.255 \text{ m}^3$.
CALOREX	G-15 :	
	-con gas L.P. :	$(0.432)(17.4)/60 = 0.125 \text{ m}^3$.
	-con gas Nat. :	$(0.938)(17.4)/60 = 0.272 \text{ m}^3$.
CALOREX	G-20 :	
	-con gas L.P. :	$(0.462)(13.33)/60 = 0.103 \text{ m}^3$.
	-con gas Nat. :	$(1.006)(13.33)/60 = 0.223 \text{ m}^3$.
MAGAMEX	102 :	
	-con gas L.P. :	$(0.355)(21)/60 = 0.124 \text{ m}^3$.
	-con gas Nat. :	$(0.764)(21)/60 = 0.267 \text{ m}^3$.
Instantáneo		
HESA	Suprom:	
	-con gas L.P. :	$(2.402)(2.67)/60 = 0.107 \text{ m}^3$.
	-con gas Nat. :	$(5.29)(2.67)/60 = 0.235 \text{ m}^3$.
HESA	Vanguard:	
	-con gas L.P. :	$(1.444)(4.44)/60 = 0.107 \text{ m}^3$.
	-con gas Nat. :	$(3.18)(4.44)/60 = 0.235 \text{ m}^3$.
DELTA	Delta-01:	
	-con gas L.P. :	$(1.048)(5.7)/60 = 0.1 \text{ m}^3$.
	-con gas Nat. :	$(2.259)(5.7)/60 = 0.215 \text{ m}^3$.
Eléctrico		
HESA	202-25:	$(2)(43.2)/60 = 1.44 \text{ KW}$.
HESA	202-60:	$(2)(42)/60 = 1.40 \text{ KW}$.
Loña		
MONTERREY	:	$(2.5)(56)/60 = 2.4 \text{ Kg}$.

6) Precio por Energético Consumido (PEC).

$$PEC = EC \times PE$$

Para el gas L.P. el precio por Kg es de N\$ 1,10 por lo tanto el m³ del mismo valdra N\$ 1.65.

Gas		
CALOREX	G-10T :	
	-con gas L.P. :	$(0.118)(1.65) = \text{N\$ } 0.1947$

CALOREX	-con gas Nat. :	(0.255)(0.5706) = N\$ 0.146
	G-10 :	
	-con gas L.P. :	(0.118)(1.65) = N\$ 0.1947
CALOREX	-con gas Nat. :	(0.255)(0.5706) = N\$ 0.146
	G-15 :	
	-con gas L.P. :	(0.125)(1.65) = N\$ 0.2068
CALOREX	-con gas Nat. :	(0.272)(0.5706) = N\$ 0.155
	G-20 :	
	-con gas L.P. :	(0.103)(1.65) = N\$ 0.1694
MAGAMEX	-con gas Nat. :	(0.223)(0.5706) = N\$ 0.2294
	102 :	
	-con gas L.P. :	(0.124)(1.65) = N\$ 0.2057
HESA	-con gas Nat. :	(0.267)(0.5706) = N\$ 0.152
	Suprem:	
	-con gas L.P. :	(0.107)(1.65) = N\$ 0.177
HESA	-con gas Nat. :	(0.235)(0.5706) = N\$ 0.134
	Vanguard:	
	-con gas L.P. :	(0.107)(1.65) = N\$ 0.177
	-con gas Nat. :	(0.235)(0.5706) = N\$ 0.134
DELTA	Delta-01:	
	-con gas L.P. :	(0.1)(1.65) = N\$ 0.165
	-con gas Nat. :	(0.215)(0.5706) = N\$ 0.122
Eléctrico		
HESA	202-25:	(2)(0.18) = 0.36
HESA	202-60:	(2)(0.18) = 0.36
Leña		
MONTERREY	:	(2.4)(0.5) = N\$ 1.2

7) Eficiencia Térmica Calculada.

7.1) Calentadores de gas.

$$\eta = \frac{Ma \times Cpa \times \Delta T}{EC \times Fp \times F_r \times FCI} \times 100\%$$

$$Fp = \frac{P_c + P_{BAR}}{P_{ISO}}$$

De la tabla 2 se obtiene P_c y de la tabla 3 P_{BAR} y P_{ISO} .

Para gas L.P. :

$$Fp = (0.027 + 0.78)/1.013 = 0.7966$$

Para gas natural:

$$Fp = (0.017 + 0.78)/1.013 = 0.7868$$

$$F_T = \frac{T_{ISO}}{T_C}$$

De la tabla 3 obtenemos T_{ISO} y $T_C = T_{Ambiente}$.

$$F_T = (15.5+273.15) / (17+273.15) = 0.9948$$

Con los factores ya establecidos podemos empezar a calcular la eficiencia :

Gas

CALOREX G-10T :

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.118)(0.7966)(0.9948)(23222)} \times 100 = 46.1\%$$

$$\text{-con gas Nat. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.255)(0.7868)(0.9948)(8465)} \times 100 = 59.2\%$$

CALOREX G-10 :

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.118)(0.7966)(0.9948)(23222)} \times 100 = 46.1\%$$

$$\text{-con gas Nat. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.255)(0.7868)(0.9948)(8465)} \times 100 = 59.2\%$$

CALOREX G-15 :

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.125)(0.7966)(0.9948)(23222)} \times 100 = 43.5\%$$

$$\text{-con gas Nat. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.272)(0.7868)(0.9948)(8465)} \times 100 = 55.5\%$$

CALOREX G-20 :

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.103)(0.7966)(0.9948)(23222)} \times 100 = 52.8\%$$

$$\text{-con gas Nat. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.223)(0.7868)(0.9948)(8465)} \times 100 = 67.7\%$$

MAGAMEX 102 :

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.124)(0.7966)(0.9948)(23222)} \times 100 = 43.8\%$$

$$\text{-con gas Nat. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.267)(0.7868)(0.9948)(8465)} \times 100 = 56.5\%$$

HESA Suprem:

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.107)(0.7966)(0.9948)(23222)} \times 100 = 50.8\%$$

$$\text{-con gas Nat. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.235)(0.7868)(0.9948)(8465)} \times 100 = 64.2\%$$

HESA Vanguard:

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.107)(0.7966)(0.9948)(23222)} \times 100 = 50.8\%$$

$$\text{-con gas Nat. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.235)(0.7868)(0.9948)(8465)} \times 100 = 64.2\%$$

DELTA Delta-01:

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.1)(0.7966)(0.9948)(23222)} \times 100 = 54.3\%$$

$$\text{-con gas Nat. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.213)(0.7868)(0.9948)(8465)} \times 100 = 70.9\%$$

7.2) Calentadores eléctricos.

$$\eta = \frac{Ma \times Cpa \times \Delta T}{EC} \times 100\%$$

HESA 202-25: $\frac{(40)(1)(25)}{(1719)(0.72)} \times 100 = 80.8\%$

HESA 202-60: $\frac{(40)(1)(25)}{(1719)(0.7)} \times 100 = 83.1\%$

ESTA TESIS HA SIDO DEPOSITADA EN LA BIBLIOTECA

7.3) Calentadores solares.

$$\eta = \frac{\dot{M}a \times Cpa \times \Delta T}{\dot{Q}_{sol} \times Ac \times F_r} \times 100\%$$

SUNWAY SM-37: $\frac{(0.0046)(4186)(25)}{(436.15)(1.9)(0.843)} \times 100 = 68.91\%$

SOLARMEX TD-2 : $\frac{(0.0044)(4186)(25)}{(436.15)(1.6)(0.843)} \times 100 = 78.3\%$

KF LSC-D: $\frac{(0.0043)(4186)(25)}{(436.15)(1.9)(0.843)} \times 100 = 64.42\%$

7.4) Calentadores de leña.

$$\eta = \frac{Ma \times Cpa \times \Delta T}{EC \times Fp \times F_r \times FCI} \times 100\%$$

$$F_r = 0.9948$$

MONTERREY : $\frac{(40)(1)(25)}{(2.4)(0.9948)(6287)} \times 100 = 6.66\%$

En la tabla 5 se muestran los resultados de los dos calentadores más eficientes de cada marca o tipo.

TABLA 6

**INFORMACION DEL ESTUDIO ECONOMICO REALIZADO PARA
UNA PERSONA EN EL D.F.**

1) Precio por Consumo Anual de Energético (PECA [N\$]).

$$PECA[N\$] = PEC[N\$] \times 365$$

Gas	
CALOREX	G-10 : 0.1947(365) = N\$ 71.07
CALOREX	G-15 : 0.2068(365) = N\$ 75.48
CALOREX	G-10T : 0.1947(365) = N\$ 71.07
DELTA	Delta-01: 0.1650(365) = N\$ 60.23
HESA	Vanguard: 0.166(365) = N\$ 64.61
Eléctrico	
HESA	202-25: 0.36(365) = N\$ 131.40
HESA	202-60: 0.36(365) = N\$ 131.40
Leña	
MONTERREY	: 1.20(365) = N\$ 438.00

2) Ahorro Anual de Energético (A [N\$]).

Este ahorro se toma en comparación con el calentador de Leña de la empresa Monterrey:

$$A[N\$] = PECA_{LEÑA}[N\$] - PECA[N\$]$$

Gas	
CALOREX	G-10 : 438.00 - 71.07 = N\$ 366.93
CALOREX	G-15 : 438.00 - 75.48 = N\$ 362.52
CALOREX	G-10T : 438.00 - 71.07 = N\$ 366.93
DELTA	Delta-01: 438.00 - 60.23 = N\$ 377.77
HESA	Vanguard: 438.00 - 64.61 = N\$ 373.39
Eléctrico	
HESA	202-25: 438.00 - 131.40 = N\$ 306.60
HESA	202-60: 438.00 - 131.40 = N\$ 306.60
Solar	
SUNWAY	SM-37: 438.00 - 0.00 = N\$ 438.00
SOLARMEX	TD-2 : 438.00 - 0.00 = N\$ 438.00
Leña	
MONTERREY	: 438.00 - 438.00 = N\$ 0.00

3) Factor de Valor Presente (FVP).

$$FVP = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

$$i = 0.15$$

Para vidas útil de :

5 años : $FVP = \frac{1 - (1 + 0.15)^{-5}}{0.15} = 3.35$

10 años: $FVP = \frac{1 - (1 + 0.15)^{-10}}{0.15} = 5.02$

20 años: $FVP = \frac{1 - (1 + 0.15)^{-20}}{0.15} = 6.26$

30 años: $FVP = \frac{1 - (1 + 0.15)^{-30}}{0.15} = 6.57$

4) Valor Presente (VP [N\$]).

$$VP = A \times FVP$$

Gas

CALOREX	G-10	:	366.93(5.02)	=	N\$ 1841.99
CALOREX	G-15	:	362.52(5.02)	=	N\$ 1819.85
CALOREX	G-10T	:	366.93(5.02)	=	N\$ 1841.99
DELTA	Delta-01	:	377.77(5.02)	=	N\$ 1896.41
HESA	Vanguard	:	373.39(5.02)	=	N\$ 1874.42

Eléctrico

HESA	202-25	:	306.60(6.26)	=	N\$ 1919.32
HESA	202-60	:	306.60(6.26)	=	N\$ 1919.32

Solar

SUNWAY	SM-37	:	438.00(6.57)	=	N\$ 2877.66
SOLARMEX	TD-2	:	438.00(6.57)	=	N\$ 2877.66

Leña

MONTERREY	:	0.00(3.35)	=	N\$ 0.00
-----------	---	------------	---	----------

5) Flujo de Efectivo (FE [N\$]).

$$FE = VP - I$$

Gas

CALOREX	G-10	:	1841.99 - 716.00 = N\$ 1124.99
CALOREX	G-15	:	1819.85 - 789.00 = N\$ 1038.85
CALOREX	G-10T	:	1841.99 - 651.20 = N\$ 1190.79
DELTA	Delta-01	:	1896.41 - 1017.50 = N\$ 878.91
HESA	Vanguard	:	1874.42 - 1078.00 = N\$ 796.42

Eléctrico

HESA	202-25	:	1919.32 - 1003.00 = N\$ 916.32
HESA	202-60	:	1919.32 - 1195.00 = N\$ 724.32

Solar

SUNWAY	SM-37	:	2877.66 - 1661.00 = N\$ 1216.66
SOLARMEX	TD-2	:	2877.66 - 1669.00 = N\$ 1208.66

Leña

MONTERREY	:	0.00 - 150.00	= N\$ -150.00
------------------	----------	----------------------	----------------------

TABLA 7

**INFORMACION DEL ESTUDIO ECONOMICO REALIZADO PARA
CINCO PERSONAS EN EL D.F.**

1) Precio por Consumo Anual de Energético.

Este precio se obtiene del inciso 1 de la memoria de la tabla 6 solo que ahora se multiplica por 5, ya que el consumo de combustible crece linealmente con el número de consumidores.

Gas	
CALOREX	G-10 : 71.07(5) = N\$ 355.35
CALOREX	G-15 : 75.48(5) = N\$ 377.40
CALOREX	G-10T : 71.07(5) = N\$ 355.35
DELTA	Delta-01: 60.23(5) = N\$ 301.15
HESA	Vanguard: 64.61(5) = N\$ 323.05
Eléctrico	
HESA	202-25: 131.40(5) = N\$ 657.00
HESA	202-60: 131.40(5) = N\$ 657.00
Leña	
MONTERREY	: 438.00(5) = N\$ 2190.00

2) Ahorro Anual de Energético

$$A = PECA_{LEÑA} - PECA$$

Gas	
CALOREX	G-10 : 2190.00 - 355.35 = N\$ 1834.65
CALOREX	G-15 : 2190.00 - 377.40 = N\$ 1812.60
CALOREX	G-10T : 2190.00 - 355.35 = N\$ 1834.65
DELTA	Delta-01: 2190.00 - 301.15 = N\$ 1888.65
HESA	Vanguard: 2190.00 - 323.05 = N\$ 1866.95
Eléctrico	
HESA	202-25: 2190.00 - 657.00 = N\$ 1533.00
HESA	202-60: 2190.00 - 657.00 = N\$ 1533.00
Solar	
SUNWAY	SM-37: 2190.00 - 0.00 = N\$ 2190.00
SOLARMEX	TD-5 : 2190.00 - 0.00 = N\$ 2190.00
Leña	
MONTERREY	: 2190.00 - 2190.00 = N\$ 0.00

3) Factor de Valor Presente.

Este dato se toma del inciso 3 de la memoria de cálculo de la tabla 6, ya que este término no varía con el número de consumidores.

4) Valor Presente (VP).

$$VP = A \times FVP$$

Gas			
CALOREX	G-10 :	1834.65(5.02) = N\$	9209.94
CALOREX	G-15 :	1812.60(5.02) = N\$	9099.25
CALOREX	G-10T :	1834.65(5.02) = N\$	9209.94
DELTA	Delta-01:	1888.85(5.02) = N\$	9482.02
HESA	Vanguard:	1866.95(5.02) = N\$	9372.09
Eléctrico			
HESA	202-25:	1533.00(6.26) = N\$	9596.58
HESA	202-60:	1533.00(6.26) = N\$	9596.58
Solar			
SUNWAY	SM-37 :	2190.00(6.57) = N\$	14388.30
SOLARMEX	TD-5 :	2190.00(6.57) = N\$	14388.30
Leña			
MONTERREY	:	0.00(3.35) = N\$	0.00

5) Flujo de Efectivo (FE).

$$FE = VP - I$$

Gas			
CALOREX	G-10 :	9209.94 - 716.00 = N\$	8493.94
CALOREX	G-15 :	9099.25 - 789.00 = N\$	8310.25
CALOREX	G-10T :	9209.94 - 651.20 = N\$	8558.74
DELTA	Delta-01:	9481.02 - 1017.50 = N\$	8464.52
HESA	Vanguard:	9372.09 - 1078.00 = N\$	8294.09
Eléctrico			
HESA	202-25:	9596.58 - 1003.00 = N\$	8593.58
HESA	202-60:	9596.58 - 1195.00 = N\$	8401.58
Solar			
SUNWAY	SM-37:	14388.30 - 3184.50 = N\$	11203.80
SOLARMEX	TD-5 :	14388.30 - 3086.10 = N\$	11302.20
Leña			
MONTERREY	:	0.00 - 150.00 = N\$	-150.00

TABLA 8

**INFORMACION DEL ESTUDIO ECONOMICO REALIZADO PARA
UNA PERSONA A NIVEL DEL MAR**

Los calentadores de gas no se ven afectados en su eficiencia por el cambio de altitud, esto se debe a que la expresión de la eficiencia tiene los factores de corrección con los cuales se evita este problema, el factor de presión varía conforme cambia la presión del lugar, así como también cambia el volumen de gas consumido.

Los demás calentadores no se afectan ni en su eficiencia ni en su consumo de energético por lo que su estudio económico se mantiene igual que a nivel del D.F.

1) Energético Consumido (EC).

$$EC = ECdf \times Fd$$

EC = Energético consumido al nivel del mar [m³].

ECdf = Energético consumido en el D.F. [m³].

Fd = Factor de corrección por densidad. [adimensional] = ρ_{DF} / ρ_{Mar}

$$Fd = 1.503/1.936 = 0.7763$$

Gas

CALOREX	G-10T :	0.177(0.7763) = 0.0914 m ³ .
CALOREX	G-10 :	0.177(0.7763) = 0.0914 m ³ .
CALOREX	G-15 :	0.188(0.7763) = 0.0971 m ³ .
HESA	Vanguard:	0.161(0.7763) = 0.0832 m ³ .
DELTA	Delta-01:	0.149(0.7763) = 0.0775 m ³ .

Los demás calentadores no se ven afectados por el cambio de altitud ni en su eficiencia ni en su consumo energético por lo que el EC se mantiene igual.

2) Eficiencia para Calentadores de gas.

$$\eta = \frac{Ma \times Cpa \times \Delta T}{EC \times Fp \times F_T \times FCI} \times 100\%$$

El Fp a nivel del mar es :

$$Fp = \frac{Pc + P_{MAR}}{P_{ISO}}$$

P_{BAR} a nivel del mar = 1.013 Bar

Para gas L.P.

$$Fp = \frac{0.027 + 1.013}{1.013} = 1.027$$

El Factor de temperatura queda igual :

$$F_T = \frac{T_{ISO}}{T_C} = 0.9948$$

Con los factores ya establecidos podemos empezar a calcular la eficiencia :

CALOREX G-10T :

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.0914)(1.027)(0.9948)(23222)} \times 100 = 46.1\%$$

CALOREX G-10 :

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.0914)(1.027)(0.9948)(23222)} \times 100 = 46.1\%$$

CALOREX G-15 :

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.0971)(1.027)(0.9948)(23222)} \times 100 = 43.5\%$$

HESA Vanguard:

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.0832)(1.027)(0.9948)(23222)} \times 100 = 50.8\%$$

DELTA

Delta-01:

$$\text{-con gas L.P. : } \frac{(40)(1)(25)}{(0.0775)(1.027)(0.9948)(23222)} \times 100 = 54.3\%$$

3) Precio por Energético Consumido (PEC).

$$PEC = EC \times PE$$

Gas

CALOREX	G-10T :	0.0914(1.65) = N\$ 0.1508
CALOREX	G-10 :	0.0914(1.65) = N\$ 0.1508
CALOREX	G-15 :	0.0971(1.65) = N\$ 0.1602
HESA	Vanguard:	0.0832(1.65) = N\$ 0.1373
DELTA	Delta-01:	0.0775(1.65) = N\$ 0.1279

4) Precio por Consumo Anual de Energético (PECA).

$$PECA[N\$] = PEC[N\$] \times 365$$

Gas

CALOREX	G-10 :	0.1508(365) = N\$ 55.04
CALOREX	G-10T :	0.1508(365) = N\$ 55.04
CALOREX	G-15 :	0.1602(365) = N\$ 58.47
HESA	Vanguard:	0.1373(365) = N\$ 50.11
DELTA	Delta-01:	0.1279(365) = N\$ 46.68

5) Ahorro Anual de Energético.

$$A = PECA_{\text{LENA}} - PECA$$

Gas

CALOREX	G-10 :	438.00 - 55.04 = N\$ 382.96
CALOREX	G-10T :	438.00 - 55.04 = N\$ 382.96
CALOREX	G-15 :	438.00 - 58.47 = N\$ 379.53
HESA	Vanguard:	438.00 - 50.11 = N\$ 387.89
DELTA	Delta-01:	438.00 - 46.68 = N\$ 391.32

6) Factor de Valor Presente.

Este dato se toma del inciso 3 de la memoria de cálculo de la tabla 6.

7) Valor Presente (VP).

$$VP = A \times FVP$$

Gas		
CALOREX	G-10 :	382.96(5.02) = N\$1922.46
CALOREX	G-10T :	382.96(5.02) = N\$1922.46
CALOREX	G-15 :	379.53(5.02) = N\$1905.24
HESA	Vanguard:	387.89(5.02) = N\$1947.21
DELTA	Delta-01:	391.32(5.02) = N\$1964.43

8) Flujo de efectivo (FE).

$$FE = VP - I$$

Gas		
CALOREX	G-10 :	1922.46 - 716.00 = N\$ 1206.46
CALOREX	G-10T :	1922.46 - 651.20 = N\$ 1271.26
CALOREX	G-15 :	1905.24 - 789.00 = N\$ 1116.24
HESA	Vanguard:	1947.21 - 1078.00 = N\$ 869.21
DELTA	Delta-01:	1964.47 - 1017.50 = N\$ 946.97

TABLA 9
INFORMACION DEL ESTUDIO ECONOMICO REALIZADO PARA
CINCO PERSONAS A NIVEL DEL MAR

1) Precio por Consumo Anual de Energético.

Este precio se obtiene del inciso 3 de la memoria de la tabla 8 solo que ahora se multiplica por 5, ya que el consumo de combustible crece linealmente con el número de consumidores.

Gas

CALOREX	G-10	:	55.04(5) = N\$ 275.20
CALOREX	G-10T	:	55.04(5) = N\$ 275.20
CALOREX	G-15	:	58.47(5) = N\$ 292.35
HESA	Vanguard:		50.11(5) = N\$ 250.55
DELTA	Delta-01:		46.68(5) = N\$ 233.40

2) Ahorro Anual de Energético.

$$A = PECA_{LENA} - PECA$$

Gas

CALOREX	G-10	:	2190.00 - 275.20 = N\$ 1914.80
CALOREX	G-10T	:	2190.00 - 275.20 = N\$ 1914.80
CALOREX	G-15	:	2190.00 - 292.35 = N\$ 1897.65
HESA	Vanguard:		2190.00 - 250.55 = N\$ 1939.45
DELTA	Delta-01:		2190.00 - 233.40 = N\$ 1956.60

3) Factor de Valor Presente.

Este dato se toma del inciso 3 de la memoria de cálculo de la tabla 6.

4) Valor Presente (VP).

$$VP = A \times FVP$$

Gas

CALOREX	G-10 :	1914.80(5.02) = N\$ 9612.30
CALOREX	G-10T :	1914.80(5.02) = N\$ 9612.30
CALOREX	G-15 :	1897.65(5.02) = N\$ 9526.20
HESA	Vanguard:	1939.45(5.02) = N\$ 9736.04
DELTA	Delta-01:	1956.60(5.02) = N\$ 9822.13

5) Flujo de efectivo (FE).

$$FE = VP - I$$

Gas

CALOREX	G-10 :	9612.30 - 716.00 = N\$ 8896.30
CALOREX	G-10T :	9612.30 - 651.20 = N\$ 8961.10
CALOREX	G-15 :	9526.20 - 789.00 = N\$ 8737.20
HESA	Vanguard:	9736.04 - 1078.00 = N\$ 8658.04
DELTA	Delta-01:	9822.13 - 1017.50 = N\$ 8804.63