

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA  
FACULTAD DE  
**ARQUITECTURA**



**LA ENERGIA SOLAR  
Y EL AGUA CALIENTE  
EN COMPLEJOS  
MULTIFAMILIARES**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO  
DE ARQUITECTO

PRESENTA

**ARTURO YGLESIAS VARGAS**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 1980

DL  
02  
T(227)

JUNTA DIRECTIVA

DECANO EN FUNCIONES	ARQ. MIGUEL A. SANTACRUZ
VOCAL SEGUNDO	ARQ. FRANCISCO CHAVARRIA S.
VOCAL TERCERO	ARQ. GUILLERMO ROLDAN
VOCAL CUARTO	BR. SAMARA ORTIZ
VOCAL QUINTO	BR. CARLOS ROMERO ZETINA
SECRETARIO A. I.	ARQ. ROLANDO ANLEU

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO EN FUNCIONES	ARQ. MIGUEL A. SANTACRUZ
EXAMINADOR	ARQ. OSCAR ORELLANA
EXAMINADOR	ARQ. RENE DE LEON Z.
EXAMINADOR	ARQ. EDGARDO TORRES C.
SECRETARIO A. I.	ARQ. ROLANDO ANLEU

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES:

RAMON YGLESIAS NOVO

BLANCA VARGAS DE YGLESIAS

A MI NOVIA:

FULVIA ISABEL DARDON V.

A MIS HERMANOS:

RAMON

EMILIO

ROBERTO

Y AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A MI PRIMO:

ANDRES YGLESIAS MANSILLA

A MI ASESOR:

ARQ. LUIS EDUARDO ESKENASY

## INDICE

### PRIMERA PARTE

### PAGINA

INTRODUCCION AL PROYECTO 1

### CONTENIDO

RESUMEN 2

INTRODUCCION 3

ANTECEDENTES HISTORICOS 5

JUSTIFICACIONES 7

OBJETIVOS 8

### SEGUNDA PARTE

INVESTIGACIONES Y APLICACIONES

DEL PROYECTO

## CAPITULO 1

### CONTENIDO

### PAGINA

LA ENERGIA SOLAR (CONCEPTOS)	9
EQUIPOS DE MEDICION	11
REGISTROS DE RADIACION SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	13

### TABLAS

A. TABLA DE RADIACION MEDIO-DIARIA	14
B. TABLA DE FLUJO MEDIO-DIARIO	15
C. TABLA DE FLUJO MENSUAL Y ANUAL	16
D. TABLA DE INSOLACION	17

### USOS PROBABLES EN LA ENERGIA

SOLAR	18
-------	----

CAPITULO 2

CONTENIDO

PAGINA

SISTEMAS SOLARES DE CALENTAMIENTO DE AGUA	19
-PRESENTACION DE DIFERENTES TIPOS DE COLECTORES SOLARES EXISTENTES Y PRESELECCION DEL MAS EFICIENTE Y ADAPTABLE A NUESTRO MEDIO	21
-FUNCIONAMIENTO DE ELEMENTOS, SUBSISTEMAS Y CONJUNTO DEL CALENTADOR SOLAR.	24
CALCULO DEL SISTEMA Y PRINCIPIOS PARA SU SELECCION	37
FOTOGRAFIAS DEL MODELO	44
MATERIALES A USAR EN EL CALENTADOR SOLAR EN NUESTRO MEDIO.	53
COTAS DEL MODELO	57a 57b 57c

	PAGINA
COSTOS DEL SISTEMA	58
ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO	62
-SOLAR VERSUS ELECTRICO	64
-SOLAR VERSUS GAS	66
RESUMEN DE COSTOS DE PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SOLAR Y TRADICIONAL	68

### CAPITULO 3

#### CONTENIDO

INSTALACION DEL SISTEMA SOLAR EN UN COMPLEJO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (CONSTRUIDO POR EL BANVI)	70
PRESENTACION DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR	71
-A. PLANTA AMUEBLADA	
-B. ELEVACIONES	
-C. SECCIONES	
-D. PERSPECTIVA	

PLANO DE DISTRIBUCION DE AGUA  
POTABLE, FRIA Y CALIENTE.

PLANTA DE TECHOS Y UBICACION  
DE LOS COLECTORES SOLARES.

ADAPTACION A LA RED EXISTENTE  
DEL CALENTADOR SOLAR.

RELACION DE OTROS FACTORES CLIMATICOS 78 .

TABLAS DE OTROS FACTORES CLIMATICOS 79

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 82

BIBLIOGRAFIA 84



# **PRIMERA PARTE**

**INTRODUCCION AL PROYECTO**

**-RESUMEN**

**-INTRODUCCION**

**ANTECEDENTES**

**BIBLIOGRAFIA**

# **RESUMEN**

**RESUMEN:**

El presente estudio o Tesis Profesional está dividido en tres capítulos que sintéticamente se describen así:

-El primero describe las características de la radiación Solar a la tierra, algunos usos probables de dicha energía, descripción de equipos de medición y registros de Radiación Solar en el departamento de Guatemala, por medio de datos estadísticos.

-El segundo, relata qué es un sistema Solar de calentamiento de agua. Presentación de diferentes tipos de colectores Solares y selección a mi criterio del más efectivo y adaptable a nuestro medio, materiales a usarse, análisis de costos del sistema, fotografías, al mismo tiempo planos de dicho calentador Solar y análisis económico comparativo de un calentador Solar con uno de gas y uno eléctrico.

-El tercero, aplicación del calentador Solar seleccionado a un edificio multifamiliar económico.

-Conclusiones y recomendaciones.

# **INTRODUCCION**

**INTRODUCCION:**

En los países subdesarrollados como el nuestro, son varias las circunstancias que al transcurrir el tiempo impiden de una forma directa su desarrollo.

En nuestro país en especial hay circunstancias críticas que lo afectan dramáticamente para mantenerlo en este atraso. Estas son la débil estructura económico-social del país, mantenida en esas condiciones por la ambición de los sectores que detentan el poder económico y político del pueblo.

Agregando a estas circunstancias, la crisis del agotamiento no muy lejano de las reservas mundiales de energéticos tradicionales debido al almacenamiento provocado por algunos países poderosos y por la creciente demanda de dichos energéticos entre los cuales cabe mencionar el petróleo y sus derivados, por parte de otros países no productores para poder subsistir y satisfacer sus necesidades.

Como consecuencia de la crisis puesta de manifiesto, en la mayoría de los países de la tierra se ha venido investigando en una forma positiva la utilización de nuevas fuentes de energía.

De las investigaciones y estudios efectuados surge como fuente inagotable, práctica, sencilla, económica y capaz de satisfacer nuestras necesidades, la energía irradiada por el sol a nuestro planeta.

Conciente del agotamiento en un futuro cercano de los energéticos derivados del petróleo, sería de vital importancia que en nuestro medio se realicen más investigaciones de los usos probables de la energía Solar, aprovechando favorablemente la gran cantidad de radiación Solar que recibimos en el transcurso de un año debido a la cercanía de Guatemala con el ecuador terrestre.

Por estas razones se ha seleccionado como objeto de estudio en este trabajo, el funcionamiento de calentadores Solares, la selección del más adaptable en nuestro medio y su aplicación en un caso concreto ( vivienda multifamiliar) contribuyendo de esta forma a resolver en parte los problemas energéticos de Guatemala.

**ANTECEDENTES**



## ANTECEDENTES:

Los primeros experimentos con energía Solar, datan de muchos años, en resumen escribiré una breve historia de ello.

En 1774 Joseph Priestley, expuso óxido de mercurio a los rayos del sol concentrados y recogió el gas producido al calentarse. Encontró que en este gas, una vela ardía con un brillo mucho mayor que en el aire y que un ratón sobrevivía más tiempo en un volumen dado de este gas que parecía aire más perfecto, de esta forma fue descubierto el oxígeno.

En 1872, en el soleado desierto de Chile septentrional, se construyó una planta de destilación Solar que cubría 4,700 metros cuadrados de superficie, para la transformación de agua salada en agua dulce, de una mina de nitrato. Esta planta funcionó cuarenta años hasta que la mina se agotó.

Una notable aplicación de gran escala de la energía Solar, pues produjo hasta 23,000 litros de agua dulce por día.

En la exposición de París de 1828, la luz Solar era enfocada a una caldera de vapor que hacía funcionar un pequeño motor, que a su vez accionaba una impresora.

De 1902 a 1908 en San Luis y en Needles California fueron construidos cuatro motores Solares, por H. E. Willis y John Boyle.

En 1907 y 1911 en el Cairo (Egipto), F. Shumann desarrolló motores de vapor solar que bombeaban agua; y en 1913 construyó un gran motor Solar de más de 50 HP - que bombeaban agua para el riego desde el río Nilo.

Uno de los primeros intentos de almacenar energía producida por el sol, fue el de J. A. Hamington en Nuevo México, hace casi medio siglo. Concentró la luz Solar en la caldera de un motor de vapor que bombeaba agua a un tanque de 19,000 litros, situado a una altura de 6 metros

del que descendía de nuevo por una turbina, accionando un dinamo y pequeñas lámparas eléctricas que iluminaban una mina de noche y de día. Después de esto, poco se hizo por el desarrollo de la energía Solar, durante los siguientes treinta y cinco años.

De 1941 a 1946 F. Molero desarrolló motores solares de vapor en Tashkent (URSS).

Quizás la primera ayuda de cierta importancia a la investigación básica sobre el uso de la energía Solar fue la beca Cabot concedida al Instituto Tecnológico de Massachusetts y a la Universidad de Harvard hace 30 años. Fue entonces que se realizaron los primeros experimentos de calefacción de casas, de colectores planos y de posibilidades fotoquímicas.

En 1950 se celebró un importante simposium sobre calefacción de edificios.

En 1955 se desarrolló en la Universidad de Wisconsin, un importante programa sobre el uso de energía Solar, concediendo particular énfasis a sus aplicaciones en países no industrializados.

Y desde 1955 hasta la fecha se han venido realizando simposios y congresos sobre los usos y el mejor aprovechamiento de la energía Solar, tanto en los Estados Unidos de Norte América como en la Unión Soviética, Francia, Egipto, La India, etc...

# **JUSTIFICACIONES**

**JUSTIFICACIONES:**

Se consideró conveniente investigar en este campo pues es un tema de actualidad, importante y de interés nacional, el ahorro de energéticos por medio de sistemas económicos y aplicables a nuestro medio.

Este trabajo contribuirá también como fuente de información para constructores, Ingenieros y Arquitectos, en la aplicación de sistemas solares de calentamiento de agua de una manera práctica y económica en sus actuales o futuros proyectos, impulsando así el uso de Energía Solar en Guatemala

Para la elaboración del presente trabajo, se consideró necesario visitar empresas profesionales dedicadas en parte al campo de la Energía Solar en Guatemala, a las cuales se les interrogó sobre el desarrollo de temas relacionados a la energía solar, de preferencia realizados en nuestro medio, obteniéndose de esta forma algunas publicaciones que se han editado por profesionales de la Universidad de San Carlos y personeros de la Asociación Guatemalteca de Energía Solar.

Asimismo, se visitó el INSIVUMEH, el cual cuenta con los datos necesarios para el conocimiento de la radiación en Guatemala y el ICAITI, que proporcionó información y boletines escritos en el extranjero, sobre nuevos descubrimientos y aplicaciones de la Energía Solar.

# **OBJETIVOS**

**OBJETIVOS:**

1. Impulsar el uso de la Energía Solar en Guatemala.
2. Proveer una fuente de información resumida, práctica y aplicable a nuestro medio para que los Ingenieros y Arquitectos la apliquen a sus proyectos.
3. Demostrar la rentabilidad de los sistemas de calentamiento de agua, por medio de la Energía Solar en Guatemala.

# **LA ENERGIA SOLAR**

## PRINCIPIOS GENERALES:

El sol es una esfera gaseosa formada por helio e hidrógeno con carbono y por otros elementos de muy pequeña cantidad. Su densidad media es de  $1400 \text{ kg/mt}^3$ , comparada con la de la tierra que es de  $5500 \text{ kg/mt}^3$ ; el radio solar es de 700,000 kms, y el radio terrestre es de 6,400 kms..

La masa representa el 99.85% de la masa total del sistema solar y a su vez 330,000 veces la de la tierra.

Se estima que su edad es del orden de 6,000 millones de años y su probable duración de vida es de similar magnitud.

El sol es una masa en rotación sin embargo la parte ecuatorial gira en 24 días mientras que las partes más próximas a los polos dan la vuelta en 30 días.

En el seno del sol se producen reacciones nucleares en los que el hidrógeno se transforma en helio, liberando 4 millones de toneladas por segundo de energía masa. Considerando dicha cantidad a escala humana, su radiación puede considerarse prácticamente inagotable, de esta energía radiada, una ínfima parte se recogen en la cara iluminada de la tierra atravesando la atmósfera y sufriendo algunos cambios en cuanto a su intensidad, composición espectral y dirección, llegando a la superficie terrestre únicamente una porción aprovechable para nuestro uso.

A su vez la radiación que llega a la superficie terrestre puede ser de dos formas: "Directa, que es aquella que como su nombre lo indica la recibimos del sol en línea directa y sin cambios de dirección. Y la radiación difusa que por el contrario la recibimos de varias direcciones debido a la dispersión y absorción en la atmósfera."



**DISPERSION:**

Es el fenómeno por el cual las radiaciones del sol hacia la tierra efectúan cambios de dirección al chocar con moléculas y partículas de diferentes componentes de la atmósfera.

Los principales componentes que ocasionan esta dispersión son:

Aire

Vapor de agua

Polvo

**ABSORCIÓN:**

La absorción se debe a los gases atmosféricos ozono, gas carbónico y vapor de agua.

**EQUIPOS DE MEDICION**

## EQUIPOS DE MEDICION:

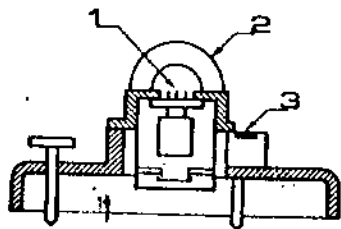
Para fines prácticos de medición de la radiación solar global recibida en diferentes lugares se utilizan medidores de insolación. En Guatemala existen dos fuentes para obtener estos datos y son:

- el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).
- La Asociación Guatemalteca de Energía Solar.

En la actualidad, dentro del conjunto de estaciones meteorológicas establecidas por el INSIVUMEH a lo largo y ancho del país, 10 estaciones tipo A están provistas de los instrumentos mínimos necesarios para detectar y registrar las variaciones diarias de la radiación solar.

Como ya se dijo, cada estación de registro cuenta con un Piranógrafo Fues 58C y un Heliógrafo Campbell-Stoks.

En general, Pirómetros y Piranógrafos son aparatos que convierten la energía de la radiación en otra forma de energía que puede ser medida de manera más conveniente. Estos aparatos miden únicamente la radiación global, es decir, se utilizan para determinar el valor de la radiación directa (I), y de la radiación difusa (D), insidiendo conjuntamente sobre un plano horizontal. Los pirómetros detectan la radiación, mientras que los Piranógrafos, registran sus variaciones generalmente en forma gráfica.

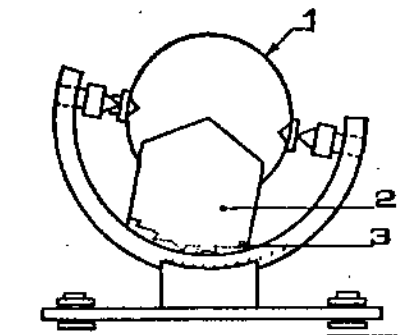


1. Termopila o célula fotoeléctrica.
2. Doble semi-esfera de vidrio.
3. Nivel.

El Heliógrafo, es el instrumento utilizado para la determinación de las horas-sol o insolación. Este aparato consiste en una esfera de cristal sólido pulido, que se monta en un eje paralelo al eje de la tierra. La esfera actúa como un lente que enfoca la imagen del sol a lo largo de una tira de papel especialmente preparado, conforme el sol se desplaza en el cielo durante el día. De este modo el vidrio de la esfera recibe el brillo enfocado del sol y establece un trazo de quemaduras en el papel cuyas características (longitud, ancho, continuidad o discontinuidad) permiten determinar el tiempo del brillo del sol, expresado hasta en décimas de hora por día. La evaluación de los trazos es bastante complicada para efecto, entre otros, por la organización meteorológica mundial (OMM).

Dentro de los posibles errores en el uso de estos instrumentos puede mencionarse:

- A. La desviación del eje del instrumento respecto a la dirección norte sur.
- B. Nivelación incorrecta del instrumento en la dirección este-oeste.



HELIOGRAFO CAMPBELL STOKS

1. La esfera de vidrio concentra la radiación en un punto sobre el papel especial (2) que se quema en 6 puntos.

A medida que el punto quemado se vá desplazando, traza una curva (3), cuya longitud es proporcional a la dirección de la insolación.

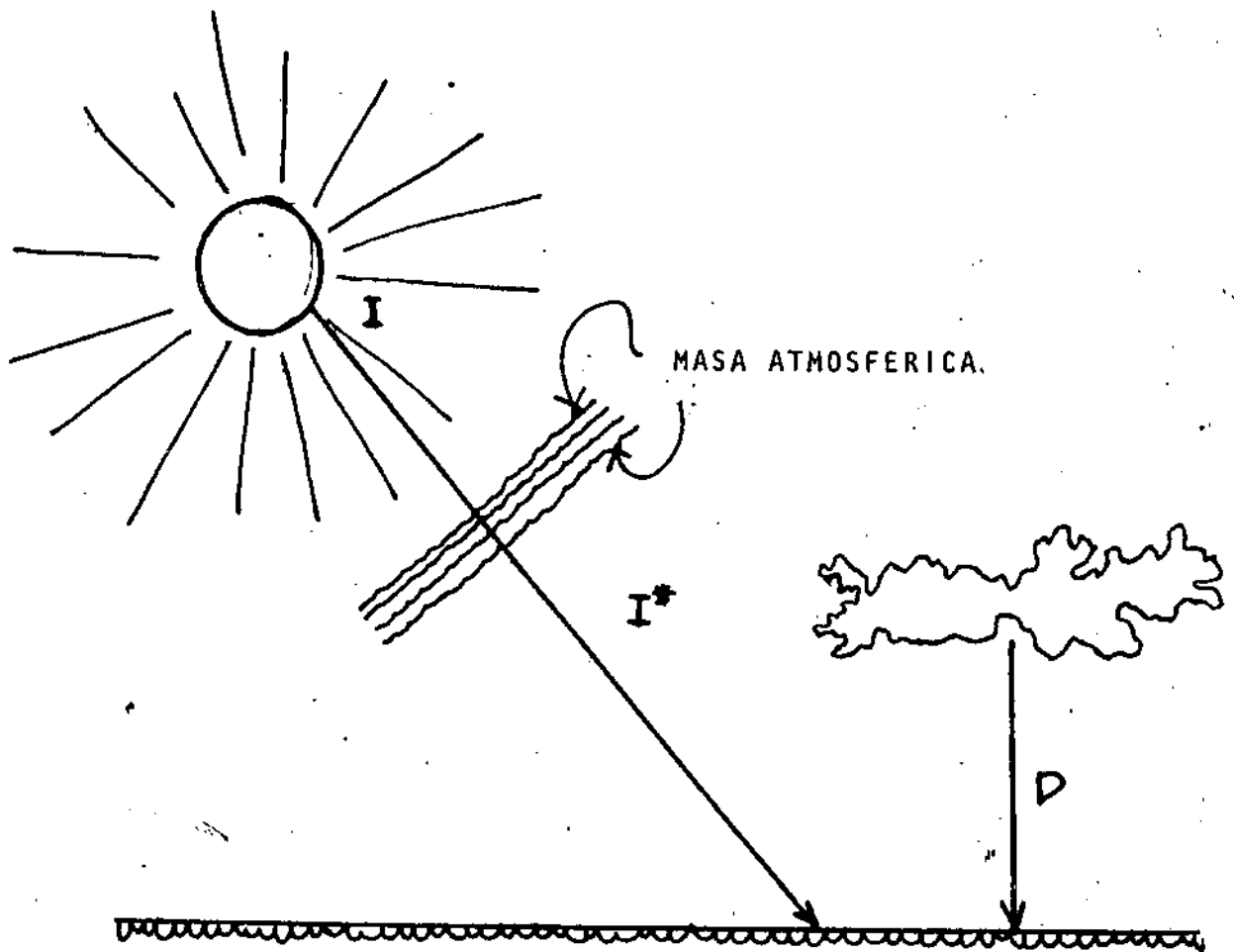
# **REGISTROS DE RADIACION**

## REGISTROS DE LA RADIACION SOLAR EN GUATEMALA

## EVALUACION:

La evaluación de la radiación solar comprende:

- A. La radiación media-diaria ( $W/mts^2 = \text{Watts.metro}^2$ ) mensual y anual registrada. Estos valores se han determinado mediante la evaluación directa de las gráficas del INSIVUMEH y son aplicables al período comprendido entre las horas del día.
- B. El flujo medio-diario de la radiación ( $Kj/mts^2/d = \text{kilo joules/metro}^2/\text{día}$ ).
- C. El flujo medio-mensual de radiación ( $Mj/mts^2 = \text{Megajoules/metro}^2$ ).
- D. Insolación (H-S= hora-sol)



$I$  = Radiación directa del sol

$I^*$  = Radiación transformada o corregida por  
la influencia de los factores atmosféricos  
(radiación directa llegada a la superficie  
de la tierra)

$D$  = Radiación difusa que proviene de la  
bóveda celeste.

A la radiación directa  $I^*$  más la radiación  
difusa  $D$ ., es la que llamamos Radiación Global.

**TABLAS**



RADIACION MEDIA DIARIA EN GUATEMALA  
(W/m<sup>2</sup>)

MESES	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	PROMEDIO
ENERO	----	442	472	474	493	434	480	457
FEBRERO	----	499	526	527	520	513	485	512
MARZO	----	577	567	529	544	572	566	559
ABRIL	----	557	508	566	557	537	532	543
MAYO	----	496	485	492	493	533	507	501
JUNIO	----	476	402	450	458	367	447	433
JULIO	----	467	477	495	483	537	565	504
AGOSTO	----	476	448	485	440	513	494	476
SEPTIEMBRE	----	469	420	372	478	444	449	439
OCTUBRE	----	469	421	435	522	458	466	462
NOVIEMBRE	----	430	497	470	553	447	512	485
DICIEMBRE	----	435	531	423	511	466	----	473
	----	483	480	476	500	485	473	487

FUENTE: ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LA RADIACION  
SOLAR EN GUATEMALA, 1978  
ESTACION GUATEMALA

FLUJO MEDIO DIARIO DE RADIACION  
(Kjoules/m<sup>2</sup> día)

MESES	GUATEMALA
ENERO	18476
FEBRERO	21270
MARZO	23968
ABRIL	24122
MAYO	22888
JUNIO	20046
JULIO	23188
AGOSTO	21369
SEPTIEMBRE	19075
OCTUBRE	19360
NOVIEMBRE	19730
DICIEMBRE	18969
PROMEDIO DIARIO ANUAL	21038

FUENTE: Algunas características de la radiación

Solar en Guatemala, 1978

Estación Guatemala

FLUJO MEDIO MENSUAL Y ANUAL DE RADIACION  
(MJ/m<sup>2</sup>)

MESES	GUATEMALA
ENERO	572.8
FEBRERO	595.6
MARZO	743.0
ABRIL	723.7
MAYO	709.5
JUNIO	601.4
JULIO	718.8
AGOSTO	662.4
SEPTIEMBRE	572.2
OCTUBRE	600.2
NOVIEMBRE	591.9
DICIEMBRE	588.0
TOTAL ANUAL	7679.5

FUENTE: Algunas características de la radiación  
Solar en Guatemala, 1978

## INSOLACION (horas/sol)

## GUATEMALA. GUATEMALA

MESES	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	MEDIA
ENERO	252	255	239	276	220	242	233	268	248
FEBRERO	226	215	224	240	227	232	234	211	226
MARZO	261	250	259	270	203	245	240	276	250
ABRIL	233	243	257	203	248	250	231	241	238
MAYO	186	199	196	157	184	187	234	205	193
JUNIO	158	167	159	105	132	153	96	155	139
JULIO	153	176	170	178	194	197	235	254	195
AGOSTO	161	150	172	143	178	165	214	175	170
SEPTIEMBRE	99	114	173	127	139	125	162	165	138
OCTUBRE	161	155	193	125	167	150	189	204	168
NOVIEMBRE	229	178	226	207	236	198	196	215	211
DICIEMBRE	259	244	230	221	225	233	251	----	238
ANUAL	2378	2349	2488	2252	2353	2377	2515	----	2414

FUENTE: Algunas características de la radiación Solar

en Guatemala , 1978

# **CAPITULO 2**

**USOS DE  
LA ENERGIA SOLAR**

## USOS PROBABLES DE LA ENERGIA SOLAR:

Es posible que la energía Solar sea la opción energética que más hemos descuidado. No obstante hoy sabemos lo suficiente al respecto como para tener la certeza de que se le puede dominar económicamente a fin de que nos provea gran parte de energía necesaria para satisfacer nuestras necesidades. Se conocen en parte las necesidades de aplicar en forma inmediata la energía Solar, pero los autotitulados expertos en energía se burlaron de esa idea loca en otros tiempos. Sin embargo en nuestros días ya no es posible mofarse de la energía Solar, siendo una fuente limpia e inagotable.

En otros países del planeta actualmente están utilizando la Energía Solar en la provisión de una porción considerable de las necesidades de agua caliente, calefacción y acondicionamiento en hogares.

Para el medio nacional, se ha considerado como factibles las siguientes aplicaciones:

- A. Calentador de agua para uso doméstico.
- B. Purificación de agua mediante destilador.
- C. Secado de granos agrícolas.
- D. Calefacción de locales.
- E. Producción de potencia.

En la presente tesis se tomará en cuenta únicamente el Calentador de agua aplicándolo a un edificio multifamiliar por tener más relación en el ámbito de la arquitectura.

**SISTEMAS SOLARES DE  
CALENTAMIENTO DE AGUA**



**SISTEMAS SOLARES DE CALENTAMIENTO DE AGUA:**

Un sistema solar de calentamiento de agua en resumen lo podemos definir como:

"Un equipo diseñado y creado por el hombre para calentar el agua, utilizando la energía proveniente del sol."

El equipo consta básicamente de cuatro elementos que son:

- A. Colector de Energía Solar
- B. Tanque de Almacenaje
- C. Sistemas Auxiliares
- D. Sistemas de Control

El colector de energía solar es un equipo diseñado para absorber la energía irradiada por el sol mediante un fluido. Aunque en la actualidad existen colectores dotados de celdas fotovoltaicas que transforman la energía Solar en energía Eléctrica directamente, en la presente Tesis solo se mostrarán los que trabajan con fluidos (agua) los cuales transforman la energía radiada en energía térmica por ser los más apropiados y económicos para nuestro medio.

El tanque de almacenaje se abastece de agua fría, la cual llega al colector y éste por el calor absorbido de los rayos solares, eleva su temperatura regresándola al tanque de almacenaje donde se mantiene un volumen determinado de agua caliente para su utilización.

Los sistemas auxiliares son fuentes externas o elementos extras para complementar su mejor funcionamiento y los sistemas de control regulan toda la operación del calentador.

# **TIPOS DE COLECTORES SOLARES**

## PRESENTACION DE DIFERENTES TIPOS DE COLECTORES SOLARES

Todo cuerpo expuesto al sol, se calienta por transformación de la energía radiante recibida en energía calorífica (calor). La energía calorífica así creada es transferida a un fluido portador del calor. En estos aparatos o sistemas, raramente el nivel de temperatura sobrepasa los 100°C., pero lo más frecuente o promedio es entre 60°C. y 80°C..

Existen variados tipos de colectores solares para diversas aplicaciones, algunos de estos son:

Por el fluido portador del calor

- a. gas
- b. líquido

Por lo general esta es la mayor división que existe.

Los colectores Solares que utilizan algún gas como conductor de calor (generalmente en el aire) son utilizados para calefacción de ambientes, locales, etc...

Este tipo de colector también puede ser utilizado para calentar agua por medio de un intercambiador de calor y está diseñado especialmente para calefacción, además su costo es un poco elevado por lo que no es aconsejable para nuestro medio por lo consiguiente no lo trataremos en este trabajo.

El otro tipo, por medio de líquido que comunmente utiliza el agua como fluido portador de calor, es la variedad que trataremos para nuestra aplicación y también se subdivide en varias clasificaciones:

1.- Por el tipo de construcción del intercambiador;

A. Abierto

B. Cerrado

ABIERTO:

Este tipo de colector se conoce también con el nombre de Colector por Esgurrimiento, debido a que el agua escurre por gravedad sobre la placa de absorción recibiendo el calor de ésta y la radiación directa del Sol.

CERRADO:

Este tipo de colector es el más conocido y eficaz, en el cual un intercambiador tipo serpentín totalmente cerrado está colocado junto a la placa de absorción, el fluido al pasar por el serpentín recibe la energía térmica por conducción y convección, en vez de recibir la radiación directa del Sol como en el caso del colector abierto. El colector cerrado es muy usado, siendo además muy eficiente para nuestro medio, y el propósito deseado.

2. Por la forma del colector:

A. Paraboloide

B. Planos

#### PARABOLOIDE O DE CONCENTRACIÓN:

Este tipo de colector solar se caracteriza por sus efectos de concentración de la radiación solar por medio de una o varias superficies reflectivas hacia los focos de las mismas, donde se encuentra un intercambiador generalmente de tipo cerrado por donde circula un fluido que absorbe la energía térmica; su inconveniencia es que recupera menos la radiación difusa que los colectores planos. Agregando a esto, su fabricación es más complicada.

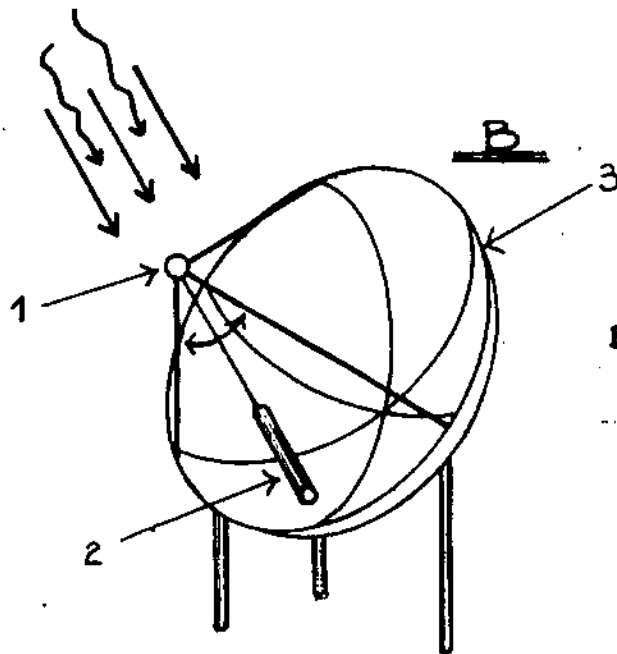
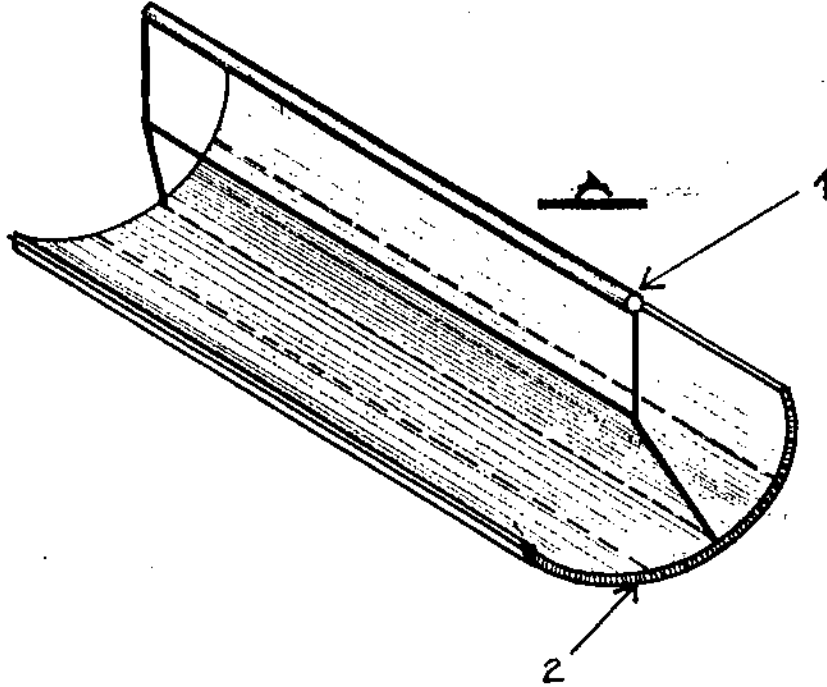
#### PLANOS:

Esta es la variedad más conocida de colectores solares, que posee una forma rectangular cara al sol y un espesor relativamente pequeño, utilizando un marco que sirve como estructura, que está aislado por la parte lateral e inferior, luego está la placa de absorción compuesta por intercambiador cerrado (serpentín), y cubriendo esta placa una superficie transparente de vidrio u otro material de características similares.

Este tipo de colector plano es como ya dijimos el más práctico, económico y eficiente, y además el más usado en la instalación ya sea ésta por termosifón o circulación forzada. Por lo cual es el mejor colector que se adapta a nuestro medio.

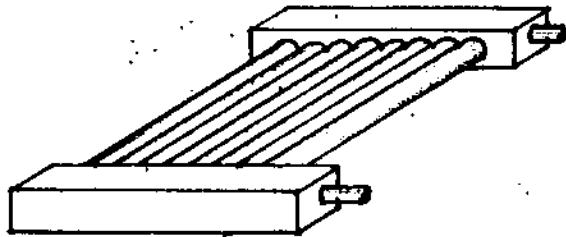
# EJEMPLO DE SISTEMA DE SEGUIMIENTO

- A.- CONCENTRADOR MÓVIL
- 1.- PARTE MÓVIL
- 2.- CILINDRO PARABÓLICO

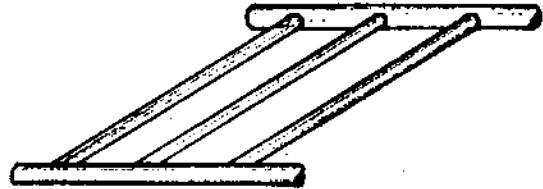


- B.- ESPEJO FIJO
- 1.- CÉLULA
- 2.- ABSORBEDOR MÓVIL
- 3.- ESPEJO ESFÉRICO FIJO

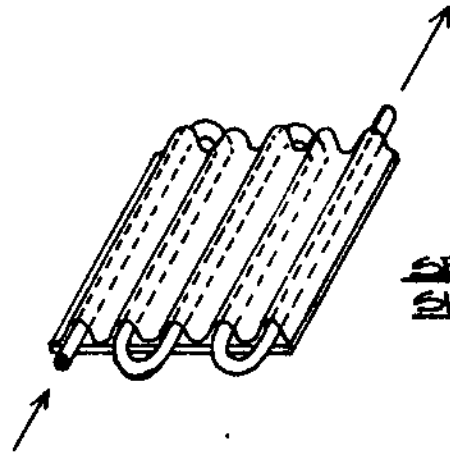
# DIFERENTES TIPOS DE COLECTORES PLANOS



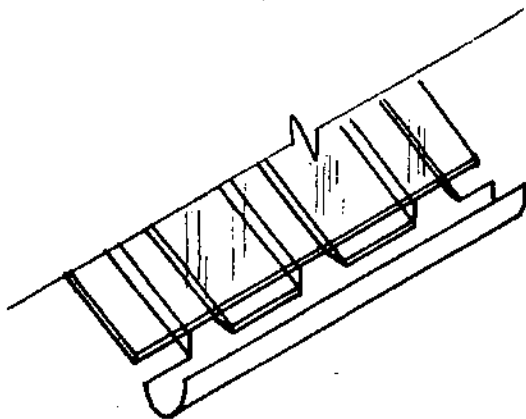
CON COLECTOR EN CABEZA



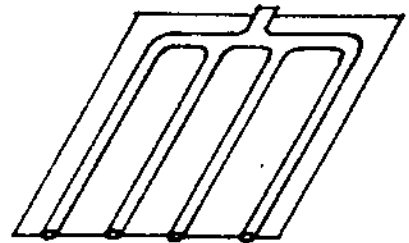
PARALELOS



SERPENTIN O TUBO SINUSOIDAL



PLAS DE BARRAME



LAMINA FLUIDA



**FUNCIONAMIENTO  
DE ELEMENTOS**

## FUNCIONAMIENTO DE ELEMENTOS, SUBSISTEMAS Y CONJUNTO DEL CALENTADOR SOLAR DE AGUA:

Como ya mencioné anteriormente todo calentador Solar de agua sencillo consta de cuatro elementos principales que son:

1. COLECTOR DE ENERGIA SOLAR
2. TANQUE DE ALMACENAJE O DEPOSITO
3. SISTEMAS DE CONTROL
4. SISTEMAS AUXILIARES

A continuación veremos el funcionamiento de cada uno de ellos, para tener una idea y así poder estar en capacidad de seleccionar el más adecuado o según se requiera.

### COLECTOR O PLACA DE ABSORCION:

Esta es la parte básica o el corazón del calentador, y consiste en un intercambiador en forma de serpentín, formado por tubos de cobre soldados entre sí y forrados con una lámina galvanizada, ambos pintados de color negro, por los cuales fluye el agua siguiendo el mismo ritmo del serpentín. La radiación al ejercer su efecto calorífico sobre la placa e intercambiador pintado de color negro, eleva la temperatura de los mismos, lo cual al fluir el agua por éstos incrementa su temperatura, es

muy importante que el serpentín o intercambiador esté fuertemente adherido a la placa, para que pueda existir una conducción de calor de la placa al serpentín y éste a su vez lo pueda transmitir al agua. También es de suma importancia la calidad de absorción de calor que presente el material con que esté hecha la pintura que se le aplica al colector y también el ángulo de incidencia de los rayos solares hacia el conjunto.

#### CUBIERTA DEL COLECTOR:

La cubierta del colector consiste en una lámina transparente de vidrio u otro material transparente que permita que los rayos solares incidan sobre la superficie del serpentín. Su función principal es aislar el serpentín del medio ambiente exterior y así permitir que absorba mayor calor, de lo contrario por la acción del viento el calor absorbido se disiparía rápidamente.

Al incrementar la temperatura del colector aumenta la eficiencia. Sin embargo, es necesario en temperaturas elevadas aislar el calor absorbido con una, dos o más cubiertas, dándonos así un mejor aislamiento. Después de saber que el serpentín está cubierto por un vidrio o similar, debemos saber también que la altura de la cubierta o vidrio es importante pues entre los dos -

elementos existe una cámara de aire. Este espacio según estudios efectuados es entre cuatro o siete centímetros, donde se obtiene un buen efecto aislante.

#### AISLANTE POSTERIOR DE LA PLACA DE ABSORCIÓN:

La función de aislar el colector por la parte posterior es esencial. Este material aislante ofrece resistencia al paso del calor hacia afuera y fuerza a transmitirlo lo más rápidamente hacia los tubos del serpentín por donde fluye el agua.

La baja densidad y conductividad térmica son esenciales en el aislante posterior del colector, ya que si es baja densidad ofrece un menor peso al colector, logrando una mejor maniobrabilidad al momento de instalarlo y evitando cargas fuertes para la estructura de los techos. Una baja conductividad térmica, no permite la fuga de calor e incrementa la capacidad de absorción de calor del colector por el frente, aumentando su eficiencia general.

En nuestro medio existen gran cantidad de materiales aislantes, entre los cuales podemos mencionar:

1. TIERRA DE INFUSORIO
2. ASERRIN
3. CASCABILLO DE CAFE Y ARROZ
4. LANA MINERAL O FIBRA DE VIDRIO
5. ESPUMA DE PLASTICO

Los tres primeros materiales mencionados anteriormente, son bastantes buenos para el propósito de aislar, pero la desventaja es que son poco moldeables para la manufactura sobre todo del depósito o tanque térmico. Mientras que los demás; cuarto y quinto, su manejabilidad, baja densidad, y durabilidad es mayor, sin ser exageradamente más alto el costo con respecto a los otros.

#### CUBIERTA POSTERIOR DEL AISLANTE:

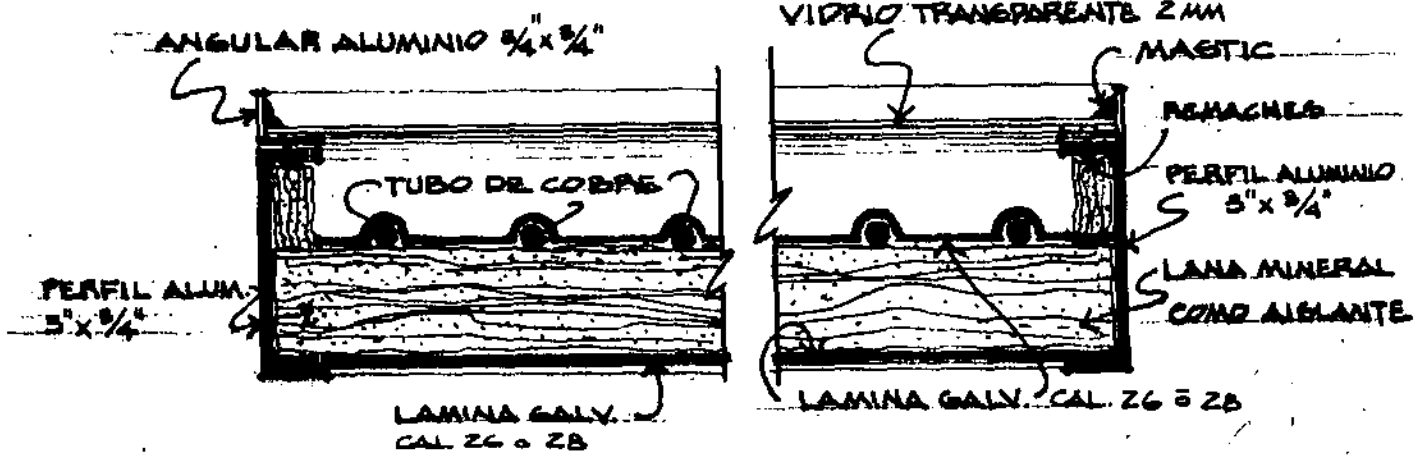
La cubierta posterior del aislante servirá para protegerlo y soportarlo del deterioro, aumentando así la vida útil del colector.

#### ESTRUCTURA DEL COLECTOR:

El marco o caja que sirve de estructura al serpentín y los demás elementos del colector deberá ser liviana, anticorrosiva, fácil de ensamblar y ser afín a los otros materiales. No descuidando su rigidez, ya que estará sometida a fuertes vientos u otros fenómenos, además elementos de su propio peso.

El perfil de dicho marco o caja, soporta la cubierta del colector y sus demás elementos para fijación en la orientación óptima de funcionamiento.

# SECCIÓN TÍPICA DEL COLECTOR:



### TANQUE DE ALMACENAJE:

LA Función principal de un tanque de almacenaje será mantener una cantidad o volumen determinado de agua caliente, para poder suplir de una manera efectiva, durante el día o la noche al lugar donde se instale. Claro está que para poder cumplir a cabalidad su función, deberá estar o poseer un aislamiento exterior. por todos los lados que posea, cuanto más asilado esté, mejor funcionará el sistema y se obtendrán mejores rendimientos del mismo.

Para aislar dicho tanque existen diversos materiales como ya vimos anteriormente para el colector solar, los cuales pueden ser:

- cascajo de arroz o café
- tierra de infusorio
- aserrín
- lana mineral (fibra de vidrio)
- espuma de plástico

Igualmente como para el colector, la mejor y más adaptable en este tipo de asilamiento es la lana mineral o fibra de vidrio.

Rodeando al asilante deberá existir una cubierta protectora de éste y el tanque en general, dicha cubierta deberá ser impermeable, para los casos en que el tanque este expuesto a la intemperie.

El tanque de almacenaje consta de varias entradas y salidas que son:

- ingreso de agua fría en el tanque
- salida de agua fría al colector
- retorno de agua caliente del colector al tanque
- salida de agua caliente del tanque al servicio.

A continuación se describe el funcionamiento de estas entradas y salidas en el tanque.

#### INGRESO DE AGUA FRÍA AL TANQUE:

Esta es la tubería por la cual se abastece el colector solar, por lo que se recomienda que esta entrada posea un filtro para evitar cualquier elemento sólido que produzca posibles obstrucciones dentro de la tubería del colector solar.

La entrada de agua fría, por lo general es por la parte superior del tanque, el cual se le coloca un tubo que orienta el flujo hacia la salida del agua fría al colector, dicho tubo ayuda a circular con mayor fluidez el agua al colector.

#### SALIDA DE AGUA FRÍA AL COLECTOR:

La salida de agua fría al colector es por la parte inferior del tanque a una altura aproximada de 15 cms. de este nivel inferior. De esta forma el colector toma el agua más fría del tanque para calentarla.



La distancia de 15 cms. del nivel inferior es para evitar que posibles sedimentos del fondo del tanque penetren a la tubería del sistema.

Esta tubería en cualquier tipo de calentador solar deberá estar aislada herméticamente para evitar en lo posible la pérdida de calor durante la trayectoria "tanque-colector".

#### RETORNO DEL COLECTOR:

En esta tubería retorna al tanque el agua calentada en el colector, por lo que deberá estar perfectamente aislada para evitar las pérdidas de calor.

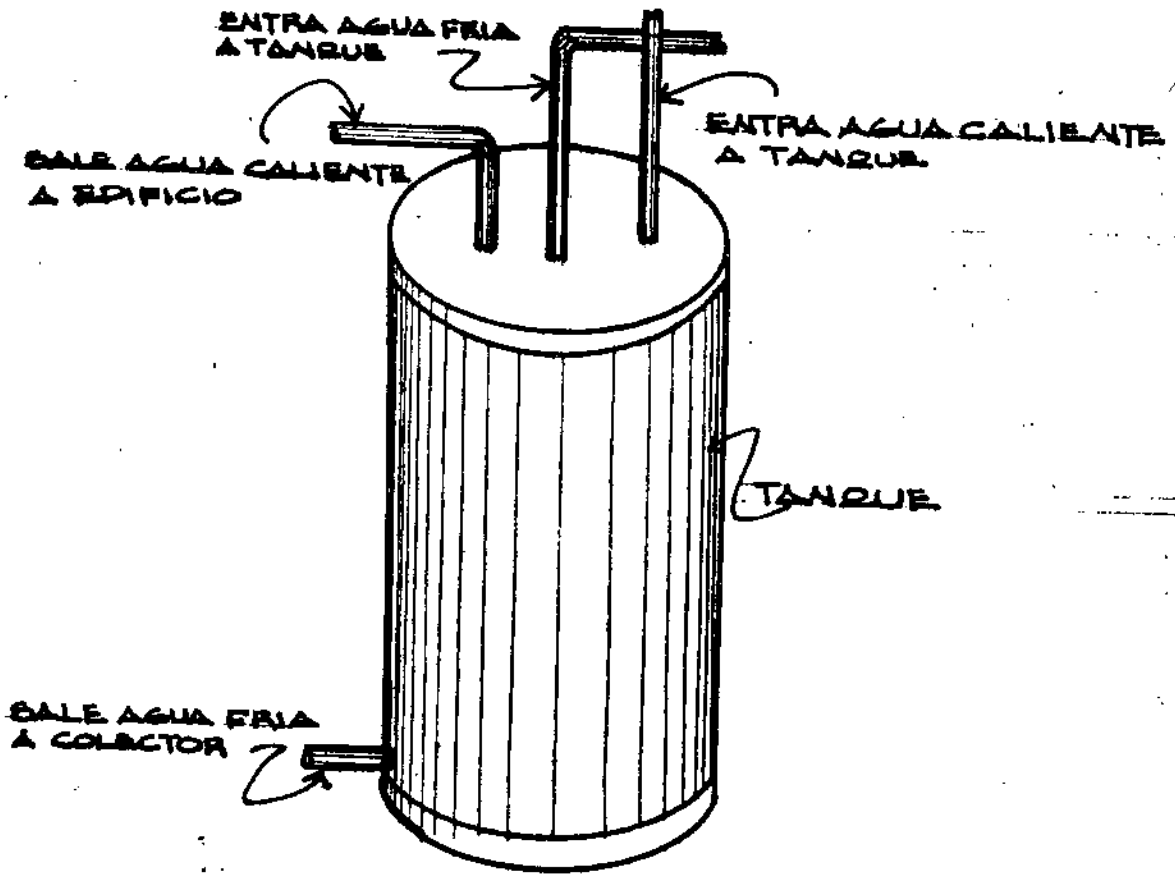
La entrada de este retorno al tanque se sitúa aproximadamente a  $3/4$  de altura de éste, la razón principal de situarla de esa forma es primeramente que el agua descargará en el tanque a una temperatura similar o mayor a la existente en ese nivel del tanque. De esta forma no provocará mayor turbulencia ni efectos negativos en pérdidas de calor, un segundo término como la temperatura del agua de retorno es mayor en ese nivel, se formará un volumen determinado de agua a una temperatura relativamente uniforme - disponiéndola para su uso.

#### SALIDA DE AGUA CALIENTE AL SERVICIO:

La salida del agua al servicio estará conectada en la parte superior del

tanque, que como ya sabemos en donde estará almacenada el agua a mayor temperatura. Si es posible esta tubería también es conveniente aislarla.

# TANQUE DE ALMACENAJE



**SISTEMAS AUXILIARES:**

Los sistemas auxiliares se pueden clasificar en:

1. Válvulas de alivio de presión y temperatura.
2. Válvula de drenaje.

1. La válvula de alivio es el elemento de seguridad para el tanque de almacenaje, colectores y línea de retorno de estos hacia el tanque, contra excesos de presión o temperatura para lo que fueron diseñados.

Esta válvula permite que el vapor de agua sobrecalentada y exceso de presión salgan al exterior.

2. La válvula de drenaje es utilizada para drenar los posibles sedimentos que pueden existir en el fondo del tanque de almacenaje, los cuales como ya se mencionó pueden constituirse en obstrucciones en la tubería del sistema.

**FUNCIONAMIENTO  
DEL CONJUNTO**

#### FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO:

Para lograr una mejor comprensión del funcionamiento correcto del calentador escogido, tomaremos como ejemplo los sistemas:

Termosifón

Circulación forzada

que por lo general son los que mejor funcionan en este tipo de colector solar.

#### TERMOSIFON:

Este sistema puede operar por gravedad o presión de la línea del agua, consiste en un colector solar del tipo plano cerrado, el tanque de almacenaje y un sistema de recirculación entre el tanque y el colector.

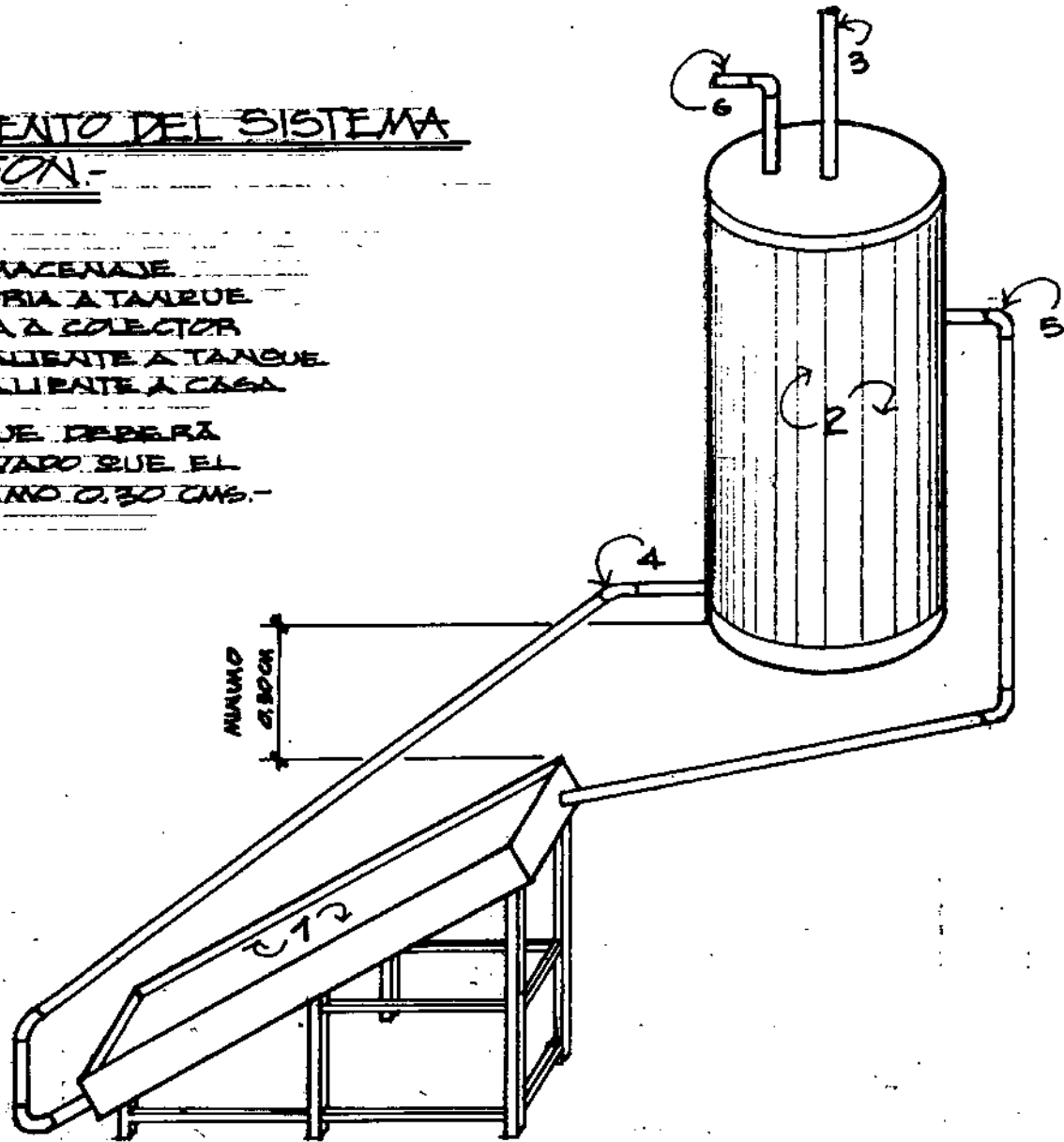
En el sistema Termosifón, el agua fría sale de la parte inferior del tanque a la parte inferior del colector - el cual hace incrementar la temperatura del agua, perdiendo a su vez densidad, lo que provoca que ésta agua suba a través del serpentín, ganando a lo largo del recorrido más temperatura y perdiendo densidad, hasta llegar a la parte superior del tanque, de donde saldrá para el servicio.

La circulación natural o termosifón solo puede efectuarse cuando el depósito o tanque térmico de almacenamiento está situado a una cierta altura con relación al colector.

## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TERMOSIFON.

- 1- COLECTOR
- 2- TANQUE DE ALMACENAJE
- 3- ENTRA AGUA FRIA A TANQUE
- 4- SALE AGUA FRIA A COLECTOR
- 5- ENTRA AGUA CALIENTE A TANQUE
- 6- SALE AGUA CALIENTE A CASA

NOTA: EL TANQUE DEBERÁ  
ESTAR MÁS ELEVADO QUE EL  
COLECTOR, MÍNIMO 0,30 CMS.-

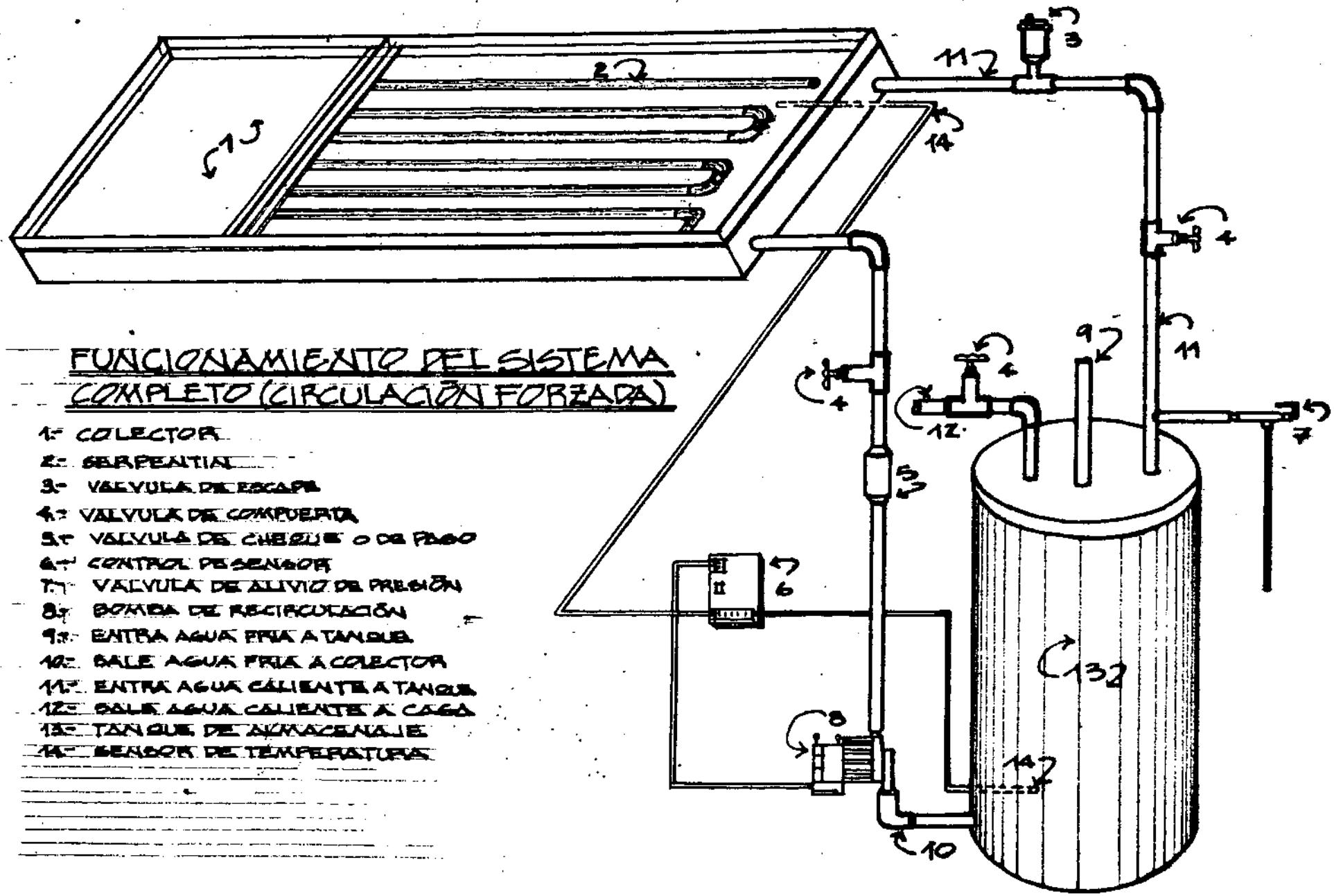


**CIRCULACION FORZADA:**

Este sistema utiliza para su funcionamiento, al igual que el sistema de termosión, las mismas entradas y salidas, tanto en el tanque como en el colector, con la única diferencia de utilizar una bomba de circulación del agua de poca potencia entre el depósito y el colector solar. El colector utiliza un sensor de temperatura o termostato en la salida del agua caliente hacia el tanque, este termostato sirve para activar o desactivar la bomba de recirculación de la siguiente forma:

"cuando la temperatura a la salida del colector supera al del tanque la bomba se activa y cuando en la salida del colector la temperatura del agua decrece o es menos de 2°C. la bomba se desactiva. Con este sistema no es necesario, que el tanque esté más alto que el serpentín o colector, lo que permite alojar el tanque en la casa.





FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA COMPLETO (CIRCULACIÓN FORZADA)

- 1- COLECTOR
- 2- SERPENTINA
- 3- VALVULA DE ESCAPE
- 4- VALVULA DE COMPUERTA
- 5- VALVULA DE CHEQUE O DE PASO
- 6- CONTROL DE SENSOR
- 7- VALVULA DE ALIVIO DE PRESION
- 8- BOMBA DE RECIRCULACION
- 9- ENTRA AGUA FRIA A TANQUE
- 10- SALE AGUA FRIA A COLECTOR
- 11- ENTRA AGUA CALIENTE A TANQUE
- 12- SALE AGUA CALIENTE A CASA
- 13- TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- 14- SENSOR DE TEMPERATURA

El sistema Termosifón es más sencillo que el de circulación forzada, pero presenta ciertas inconveniencias que son las siguientes:

1. El almacenaje o tanque debe de estar situado cerca de los colectores y a una altura mayor a éstos (1 pie mínimo) por lo que su localización tiene que ser en el techo lo cual representa una carga bastante grande para el mismo y su estructura, lo que significaría reforzar columnas y vigas en un edificio o bien diseñarla en un nuevo proyecto; lo que incrementa el costo de la construcción.
2. El agua que circula en el termosifón está autorregulada, por lo que no se puede actuar sobre el caudal, ya que depende de la radiación solar a mayor intensidad mayor circulación y calentamiento más efectivo, pero todo lo contrario con insolación más débil.

Esto no ocurre con el sistema de circulación forzada, ya que por la bomba de circulación, el tanque puede situarse en cualquier lugar donde su montaje no ofrezca problemas, otra ventaja es que se obtiene caudal variable, mediante la regulación de la bomba, de tal manera

que se tenga el mismo incremento de temperatura a mayor o menor radiación solar, lo que implica un mejor aprovechamiento de la energía solar.

# **CALCULO DEL SISTEMA**

## CALCULO DEL SISTEMA Y

### PRINCIPIOS PARA SU SELECCION:

Primero habrá que decidir el tipo del sistema a usar, el sistema de termosifón o circulación forzada. Esta decisión se podrá tomar en base a los principios que se presentan a continuación:

1. Preferiblemente se usará el sistema Termosifón siempre que no existan temperaturas ambientes menores o iguales a  $0^{\circ}\text{C}$ . y que su instalación no constituya un problema para la estructura del edificio a instalarse.

2. Preferiblemente se usará el sistema de Circulación forzada en lugares de poca insidencia solar y gran volumen de almacenaje.

Estos principios son indicatorios únicamente, ya que la decisión final se tomará según otros factores que se presenten para cada caso en particular.

Para efectuarse el cálculo de un sistema solar de calentamiento de agua, tendremos que definir dos variables que son: El tamaño del tanque de almacenaje y el área de colección a partir del volumen requerido de agua por día, la temperatura de servicio y la zona donde se localiza el sistema básicamente.

Definamos las variables involucradas dentro del cálculo y establezcamos un procedimiento básico para el mismo.

$V$  = volumen de agua caliente requerida por día

$\rho$  = densidad del agua

$T_s$  = temperatura de servicio, del agua caliente.

$T_a$  = temperatura ambiente promedio

$C_p$  = calor específico del agua

$C_o$  = calor neto obtenido por el sistema

$C_{pT}$  = calor perdido por el tanque de almacenaje

$R_{KT}$  = resistencia térmica de conducción por el tanque

$Q_o$  = calor radiado disponible por unidad de área por día

$A_c$  = área de colección

$N_c$  = eficiencia del colector

Se define el calor neto obtenido en el sistema por día como:

$$1. C_o = V \rho C_p (T_s - T_a)$$

El calor perdido por el tanque como:

$$2. C_{pT} = \frac{KT A_t}{HT} (T_s - T_a) = \frac{(T_s - T_a)}{R_{KT}}$$

Para que el sistema pueda cumplir con  $C_o$ , el colector deberá producir  $C_o + C_{pT}$  a partir de  $r$  con una eficiencia  $N_c$  por lo que:

$$3. A_c \cdot r \cdot N_c = C_o + C_{pT}$$

de donde obtenemos

$$A_c = \frac{V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_s - T_a) + \frac{(T_s - T_a)}{R_{KT}}}{r \cdot N_c}$$

En el sistema termosifón la eficiencia es un 12% menos, aproximadamente que el de circulación forzada.

Para facilitar la comprensión de las fórmulas anteriores citaré como ejemplo el cálculo de un calentador solar modelo de circulación forzada para uso doméstico de una familia de ocho miembros ubicado en la casa de mis padres y fabricado por el autor del presente trabajo.

**SOLUCION:**

Estadísticas y estandares indican que la cantidad de diez galones diarios de agua caliente por persona son suficientes para satisfacer las necesidades domésticas, además se establece una temperatura óptima de 60°C.

Volumen=  $V = 8 \times 10 = 80$  galones diarios= 302 litros/día

Densidad=  $= 1$  Kg/litro

Temperatura de servicio= $T_s = 60^\circ\text{C}$ .

Temperatura ambiente= $T_a =$  (según tablas de temperatura)  
 $= 17.4$  (febrero 1979)

Calor específico del agua= $C_p = 1$  Kcal/Kg °C.

En base a lo anterior podemos establecer la cantidad neta de calor que debe obtener el sistema.

$Co = V \cdot Cp \cdot (T_s - T_a)$

$Co = 302 \times 1 \times 1 (60 - 17.40) = 12,865.2$  Kcal/día

Si el volumen del tanque es de 302 litros, de forma cilíndrica con dimensiones de diámetro de 0.30 y altura de 1.60 metros (las dimensiones son de los tanques de hierro galvanizado, con capacidad de 80 galones que se obtienen en el mercado nacional).

El área perimetral de pérdida de calor por el tanque será: (basado en las fórmulas que existen en distintos libros de termodinámica).

$$A_t = \frac{d^2}{4} \times 2 + \frac{dh}{2} \times 0.30 + 0.30 \times 1.60 =$$

$$= 1.65 \text{ metro}^2$$

Si colocamos como aislante alrededor de todo el tanque lana mineral o fibra de vidrio, con un espesor de 0.10 cms. tenemos que:

Resistencia térmica para

fibra de vidrio =  $K_t = 0.0495 \text{ Kcal/hh.m.}^\circ\text{C}$

$A_t = 1.65 \text{ mts}$

$H_t = 0.10 \text{ cms.}$

De donde tenemos:

$$RKT = \frac{h_t}{K_t \cdot A_t} = \frac{0.10}{1.65 \times 0.0495} = 1.22 \frac{\text{hr}^\circ\text{C}}{\text{Kcal}}$$

Siendo entonces el calor perdido por el tanque por hora:

$$C_p T = \frac{(T_s - T_a)}{RKT} = \frac{60 - 17.4}{1.22} = 34.91 \text{ Kcal/hr}$$



Y en un día:

$$CpT = 838.03 \text{ Kcal/día}$$

Sumando el calor neto más el calor perdido en el tanque, obtenemos el calor que transmite al agua el colector a partir de la disponibilidad solar (según tablas) y la eficiencia del colector según fórmula número 3 se tiene:

$$\begin{aligned} r &= 18,476 \text{ Kjoules/m}^2 \text{ día (según tabla de flujo} \\ &\text{ medio diario de radiación mínima en enero)} \\ &= 4,415.7 \text{ Kcal/m}^2 \text{ día} \end{aligned}$$

Suponiendo una eficiencia del colector en un 50%

$$Nc = 50\%$$

$$Ac \cdot r \cdot Nc = Co = CpT$$

$$Ac = \frac{Co + CpT}{r \cdot Nc} = \frac{12,865.20 + 838.03}{4,415.7 \times 0.50} = 6.21 \text{ mt}^2$$

$$Ac = 6.21 \text{ mts}^2$$

Resumiendo el cálculo se tiene que un sistema que tenga tanque a depósito de almacenaje de 80 galones, deberá tener un área de colectores igual o superior a 6.21 m<sup>2</sup> con lo cual podrá suplir las necesidades de la familia.

Como el área establecida, de 6.21 mts<sup>2</sup> será muy complicada a) fabricarla y colocarla en una sola unidad y atendiendo los principios y normas de los congresos y tex-

tos que se han editado sobre el aprovechamiento de la energía solar, los cuales establecen que dicha energía solar podrá elevar la temperatura del agua en un lapso menor de tiempo si se utiliza una tubería de un diámetro reducido y con una separación entre si de 8 @ 10 cms., agilizando así la circulación del agua dentro de la tubería al perder densidad más rápido en un diámetro menor.

Teniendo en cuenta también que el costo de la tubería de menor diámetro es más bajo, fraccionando el área de colectores, en unidades un poco más manuales y de fácil fabricación.

Optaremos arbitrariamente una medida de 0.90 cms por 1.80 cms obteniendo un área de colección de  $1.62 \text{ mts}^2$  lo que nos indica que tendremos que fabricar cuatro módulos, pues el área que necesitamos es de  $6.21 \text{ mts}^2$  y cuatro módulos, pues el área que necesitamos es de  $6.21 \text{ mts}^2$  y cuatro módulos de  $1.80 \times 0.90$  hacen  $4 \times 1.62$  es igual a  $6.48 \text{ mts}^2$  con lo cual cubrimos el área necesitada.

## ALGUNOS FACTORES DE CONVERSION:

ENERGIA

1 Btu = 252 calorías

1 caloría = 4.1855 joules

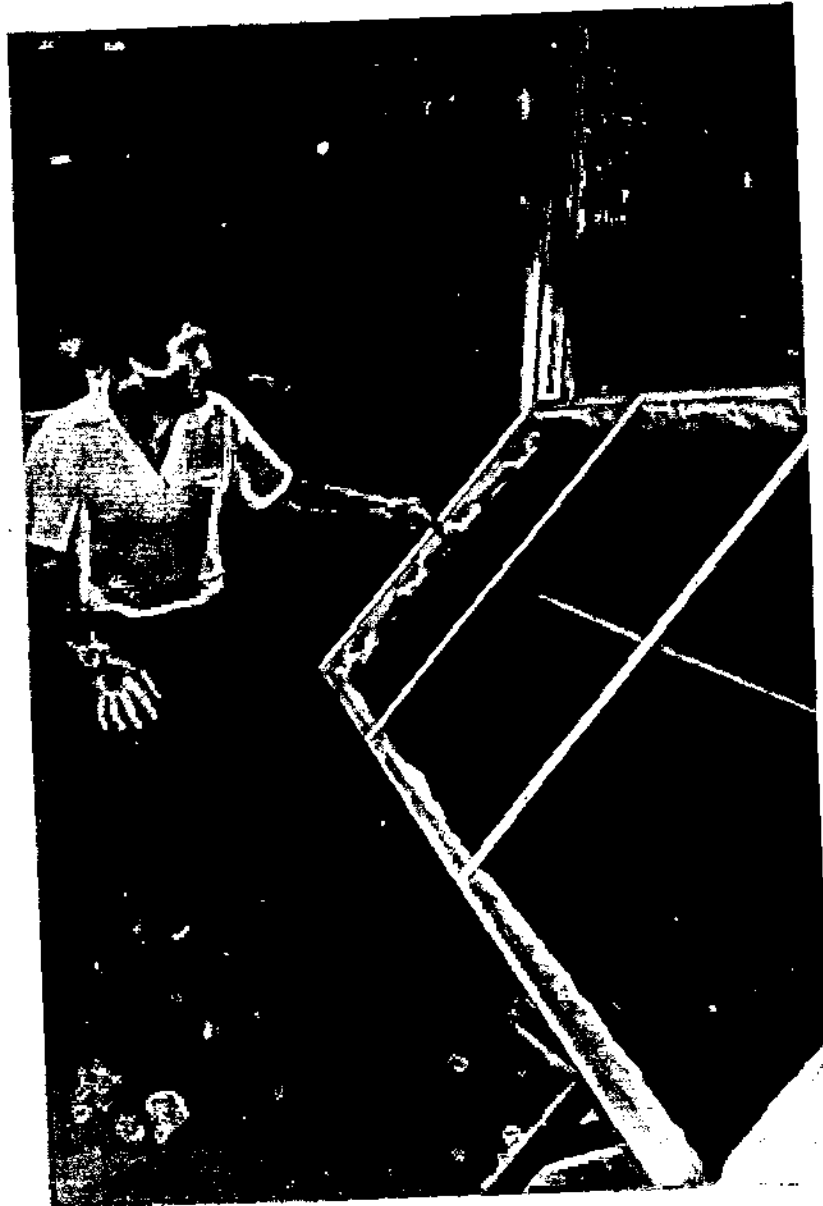
1 KW-H = 860 Kcal

1 Kcal = 1000 calorías

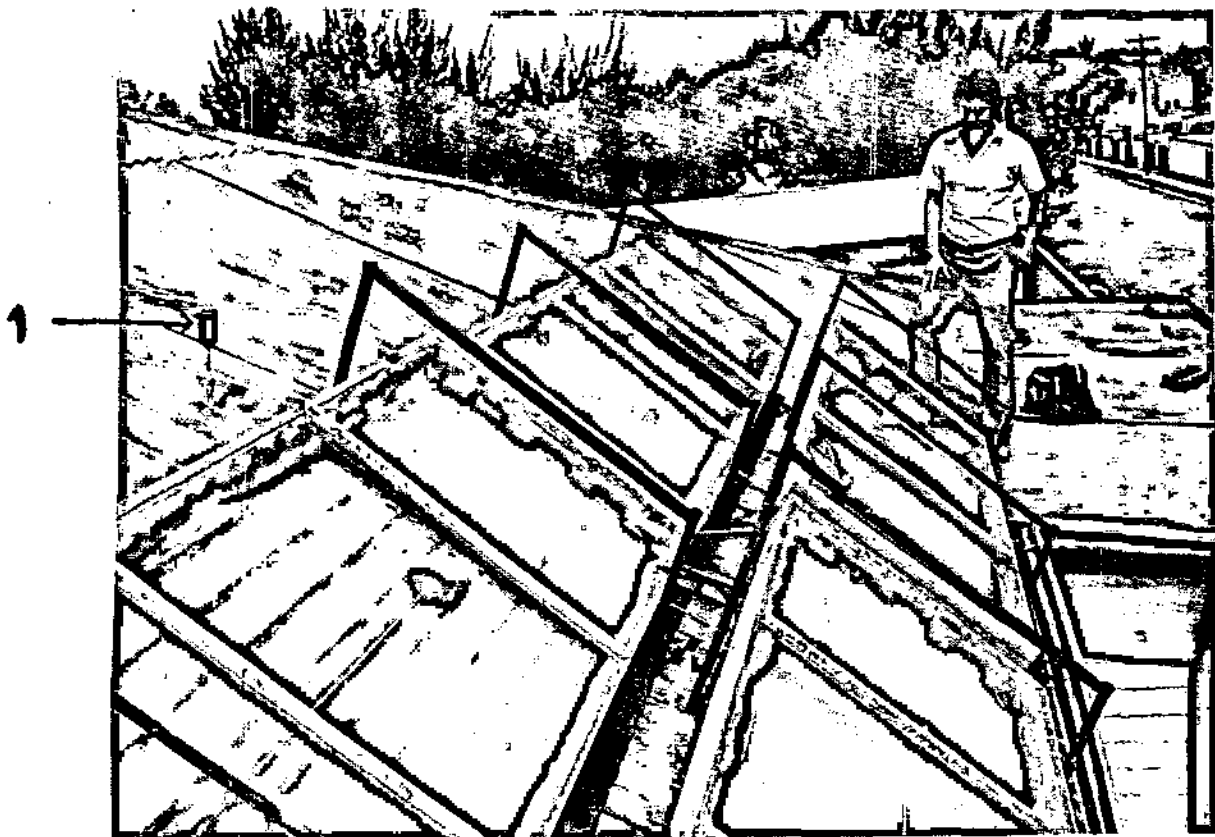
1 KW-H = 3412 Btu

1 Kjoules = 239 calorías

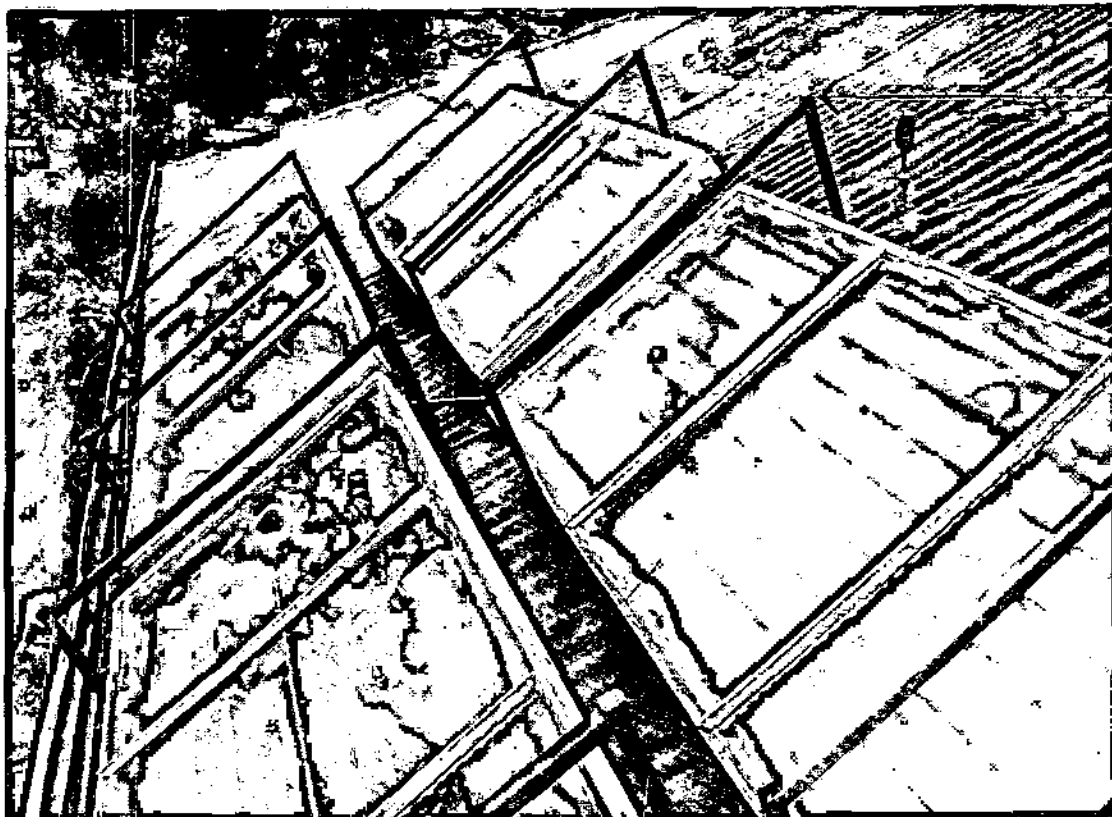
A continuación se presentan fotografías del calentador Solar, modelo antes mencionado.



COLECTOR SOLAR EN PROCESO DE FABRICACION



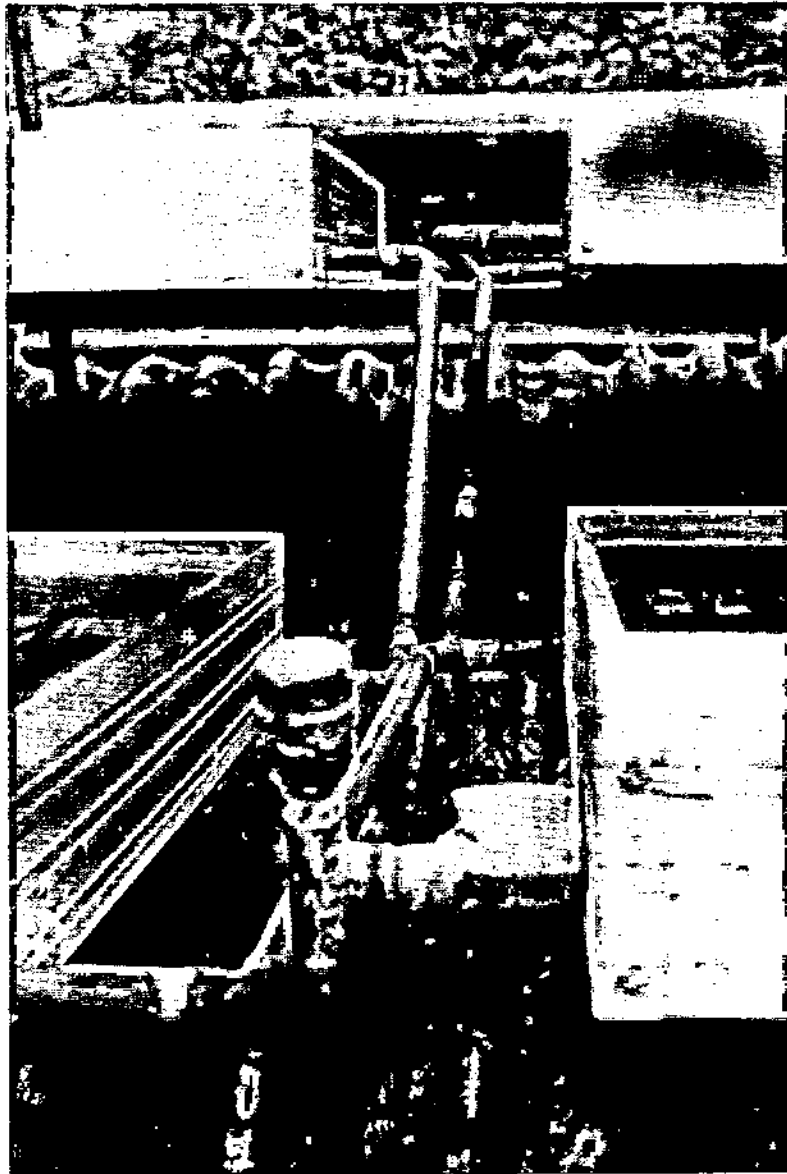
COLECTORES SOLARES YA INSTALADOS



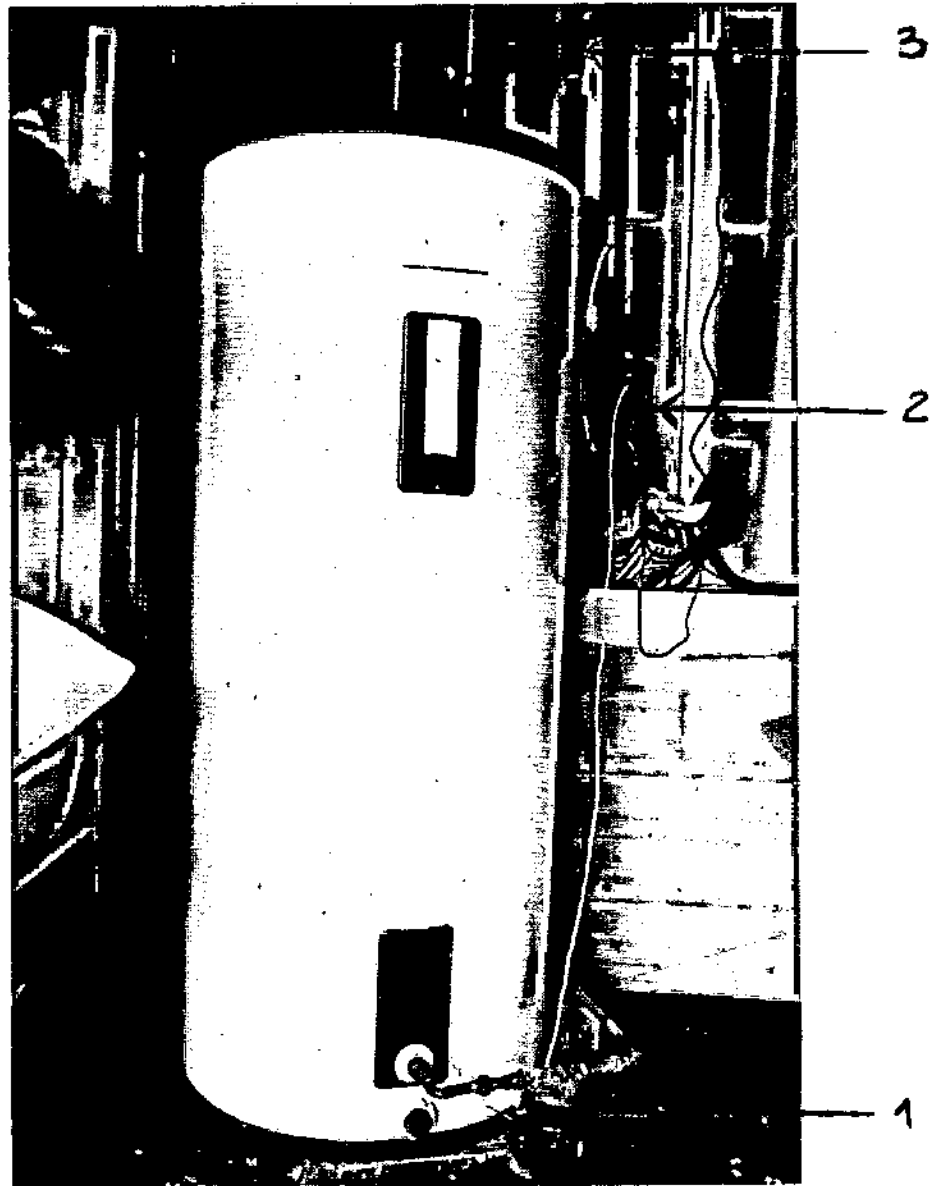
LA INCLINACION DE LOS COLECTORES SE PUEDE APRECIAR QUE ES DE  $30^{\circ}$  al SUR Y GIRADOS  $15^{\circ}$  NOROESTE

1. VALVULA DE ESCAPE

2. CABALLETE DE MONTAJE



INTERCONECCION DE AGUA ENTRE COLECTORES

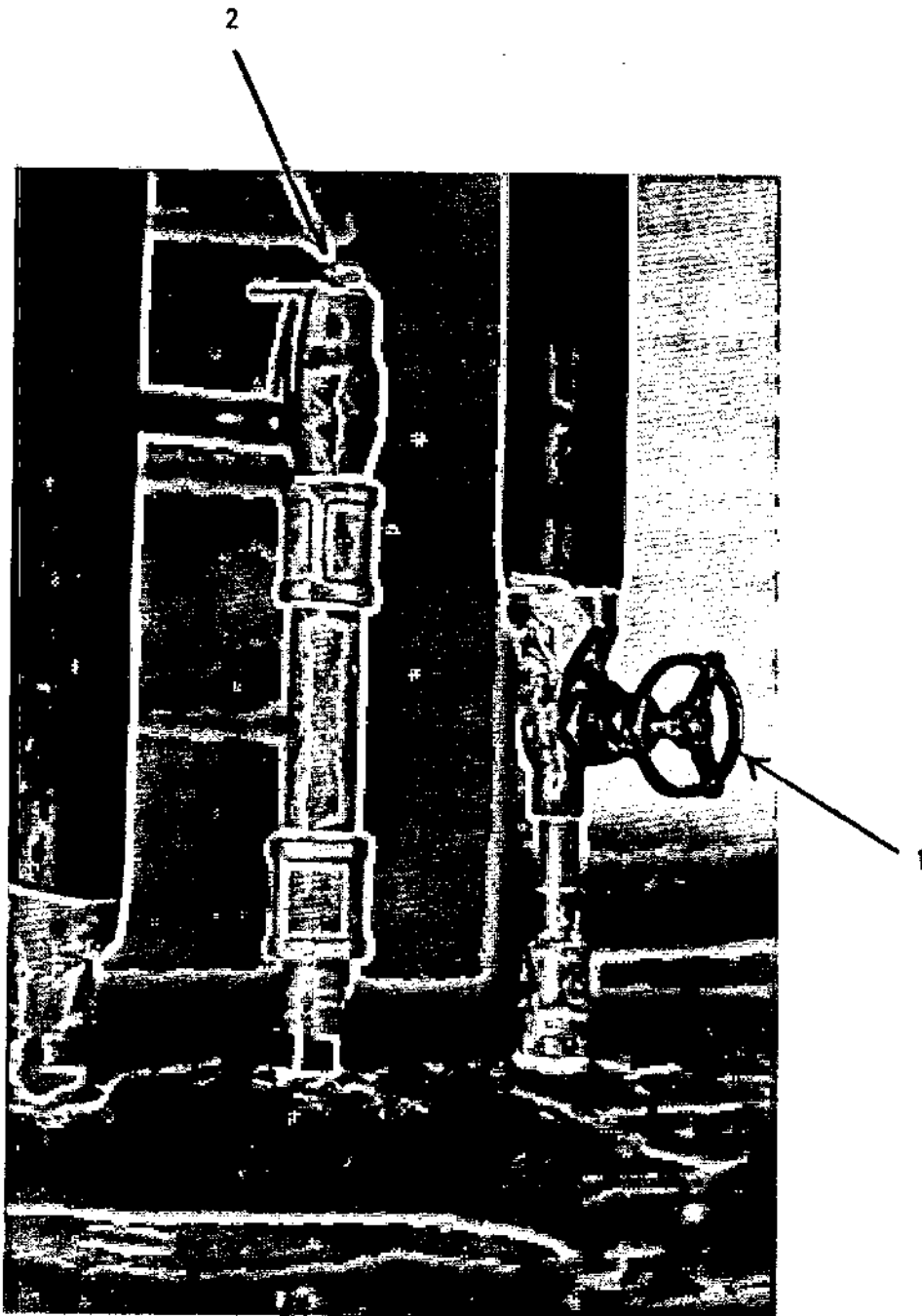


TANQUE DE ALMACENAJE

1. BOMBA DE RECIRCULACION

2. CONTROL DE SENSORES DE TEMPERATURA

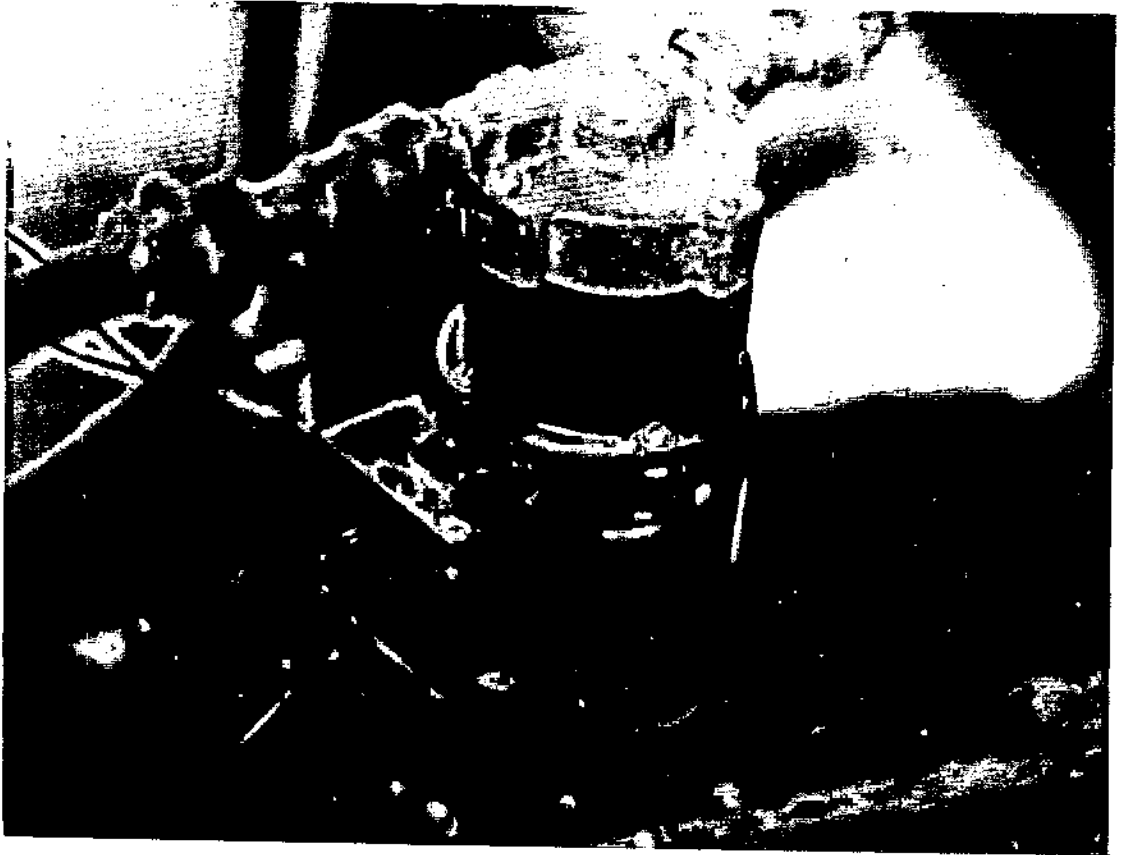
3. VALVULA DE CHEQUE O DE PASO



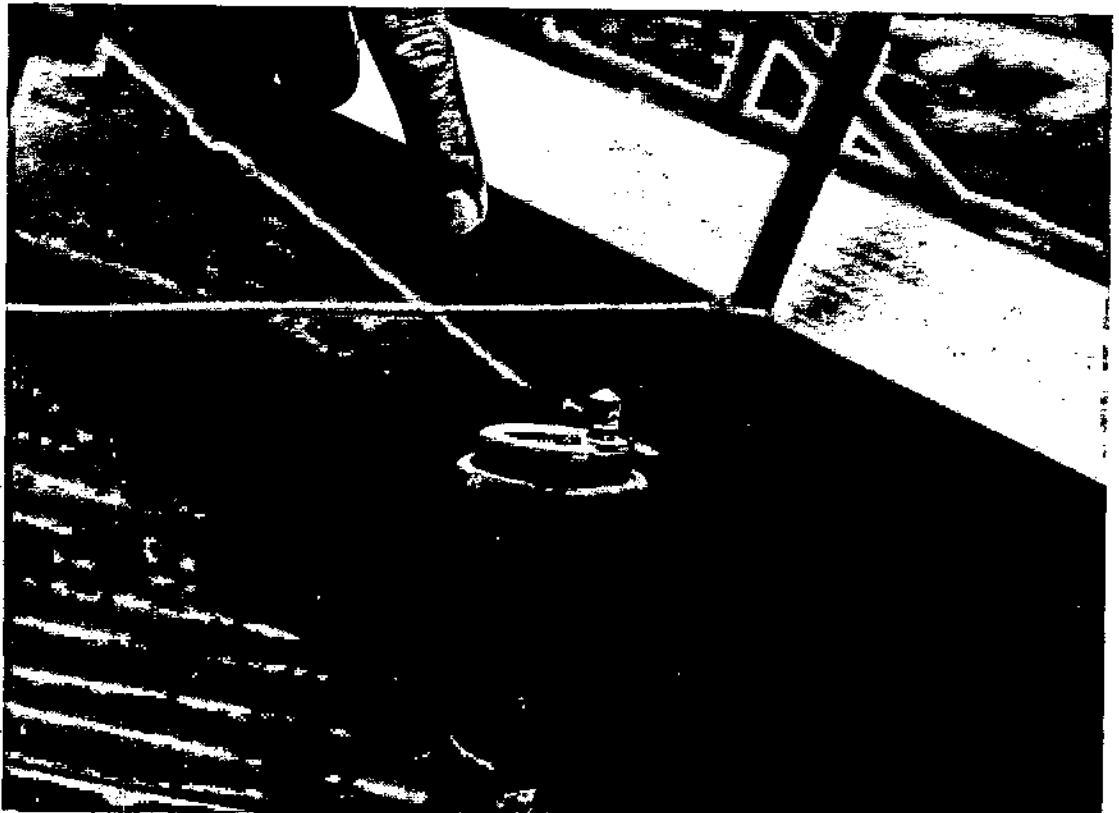
1. LLAVE DE COMPUERTA

2. VALVULA DE ALIVIO DE PRESION





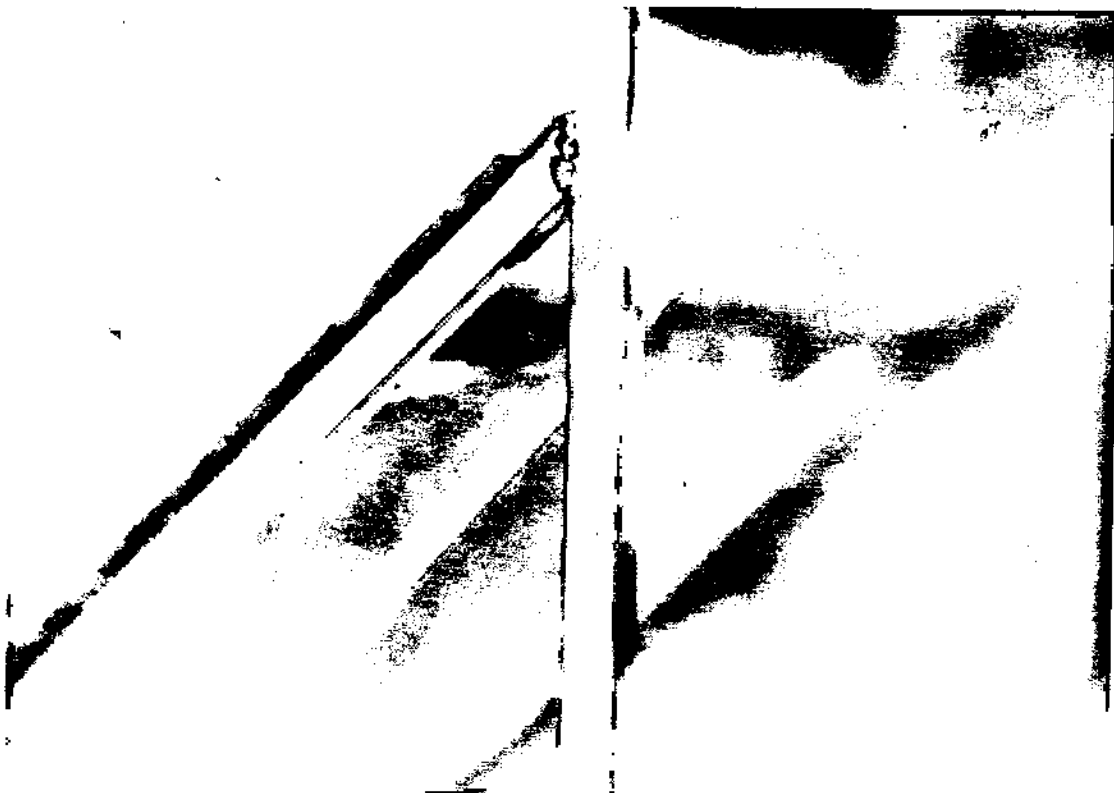
DETALLE DE BOMBA DE RECIRCULACION



DETALLE DE VALVULA DE ESCAPE

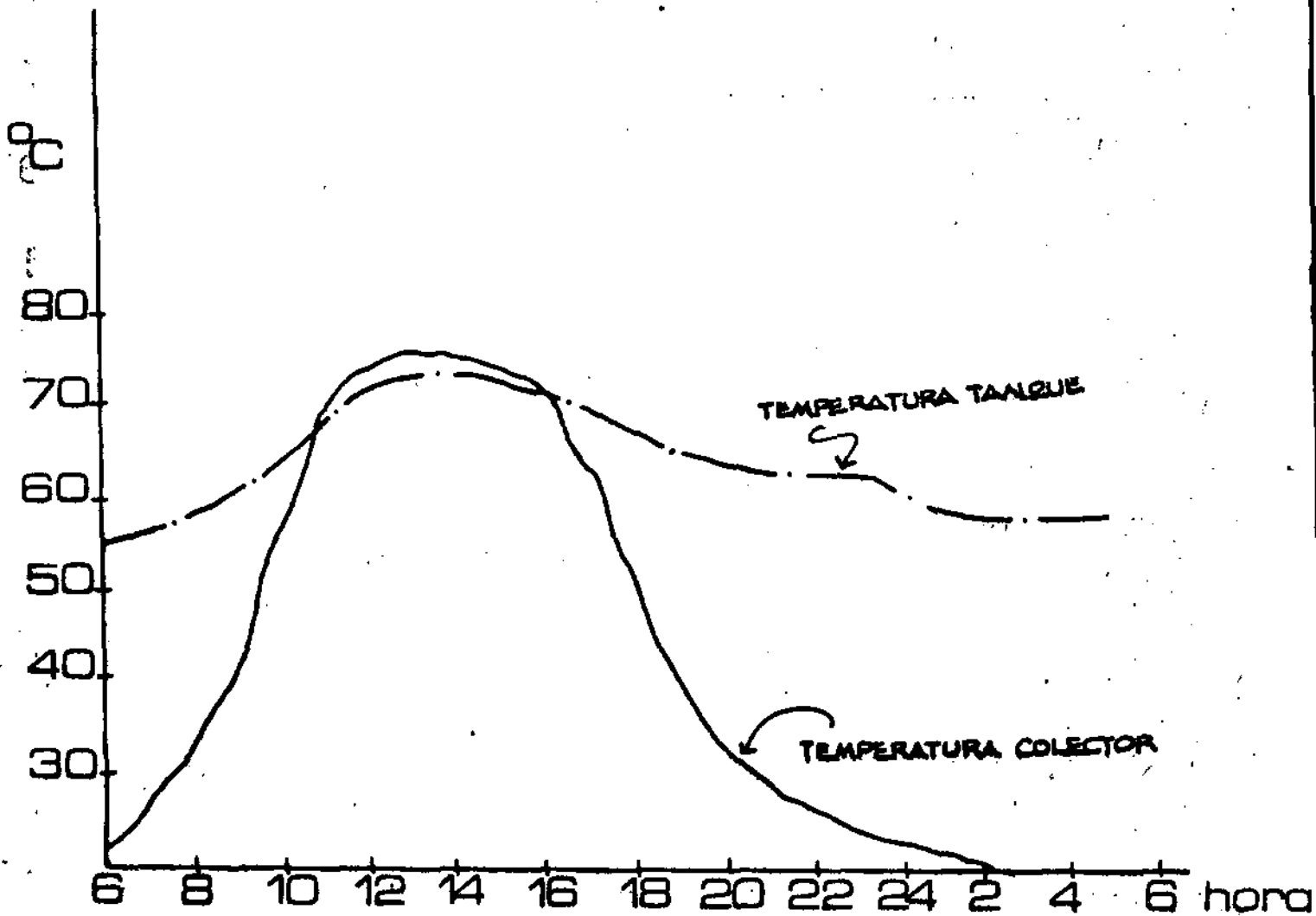


CABALLETE DE MONTAJE

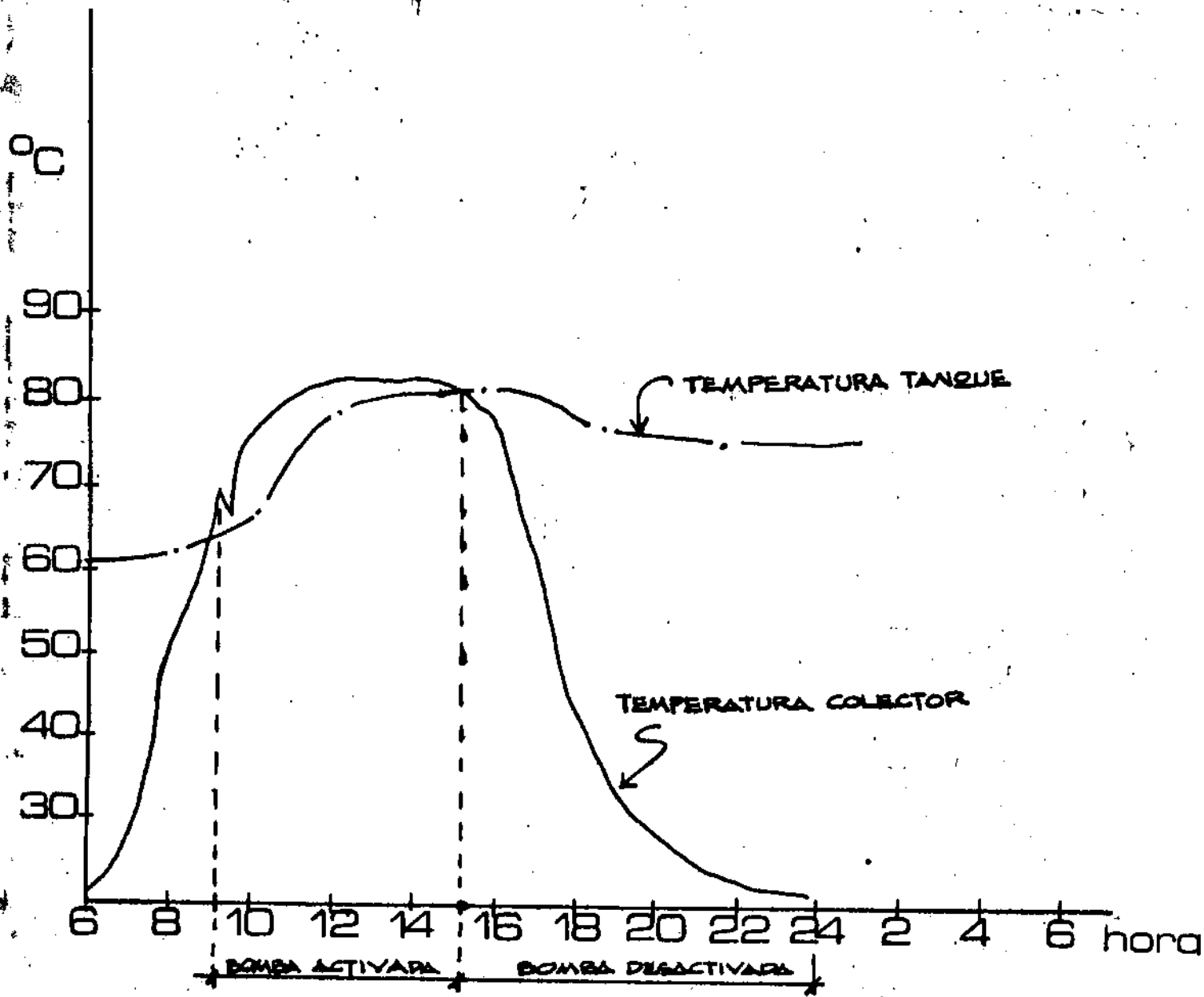


DETALLE DE  
SOLDADURA DEL  
CABALLETE DE  
MONTAJE

# RENDIMIENTO DE UN SISTEMA TERMOSIFÓN



# RENDIMIENTO DE UN SISTEMA DE CIRCULACIÓN FORZADA CONTROLADO POR UN TERMOSTATO DIFERENCIAL



**MATERIALES A USAR**

## MATERIALES A USAR EN EL SISTEMA SOLAR ESCOGIDO PARA NUESTRO MEDIO

### MATERIALES:

Podremos mencionar muchos materiales que son usados para la fabricación de sistemas solares en diversos países del planeta, pero el sistema escogido el cual es el más adaptable a nuestro medio, podemos mencionar en su orden los siguientes materiales existentes en Guatemala.

El colector que generalmente se compone de una caja fabricada con perfiles y tees de aluminio unidas entre sí por remaches, ya armada la caja en el fondo se coloca una plancha de lámina galvanizada calibre 28; sobre ésta va una capa de lana de vidrio, como material aislante para resistir el paso del calor absorbido. Sobre esta capa de lana mineral o fibra de vidrio van los tubos o conductores del fluido, los cuales son de cobre, soldados con estaño entre sí, en forma de serpentín por medio de codos del mismo material. Armandó el serpentín se recubre con óxido de hierro (como fondo) y luego se pinta con esmalte negro o negro nickel para mejor absorción de calor, posteriormente se forra el serpentín con lámina galvanizada calibre 28 o calibre 26, igualmente recubierta con óxido de hierro y pintura esmalte negro o negro mate.

Como última parte del colector posee un recubrimien-

to superior compuesto de vidrio, el que se apoya en las tees de aluminio y se fija con mastic o colking.

Resumiendo los materiales del colector tenemos:

A. COLECTOR: (paneles 4) 17.30 metros de tubería de cobre de 1/2" de diámetro en forma de serpentín .  
 -Codos de cobre de 1/2" de diámetro para formar el serpentín.

-Lámina galvanizada calibre 28 o calibre 26 sobre el serpentín.

-Oxido de hierro (como fondo a la lámina)

Pintura negra

-Estaño

B. ESTRUCTURA (4 cajas) de perfil de aluminio de 3" x 3/4"

-lámina galvanizada calibre 28 o calibre 26 como fondo de las cajas.

-tees y platinas de aluminio.

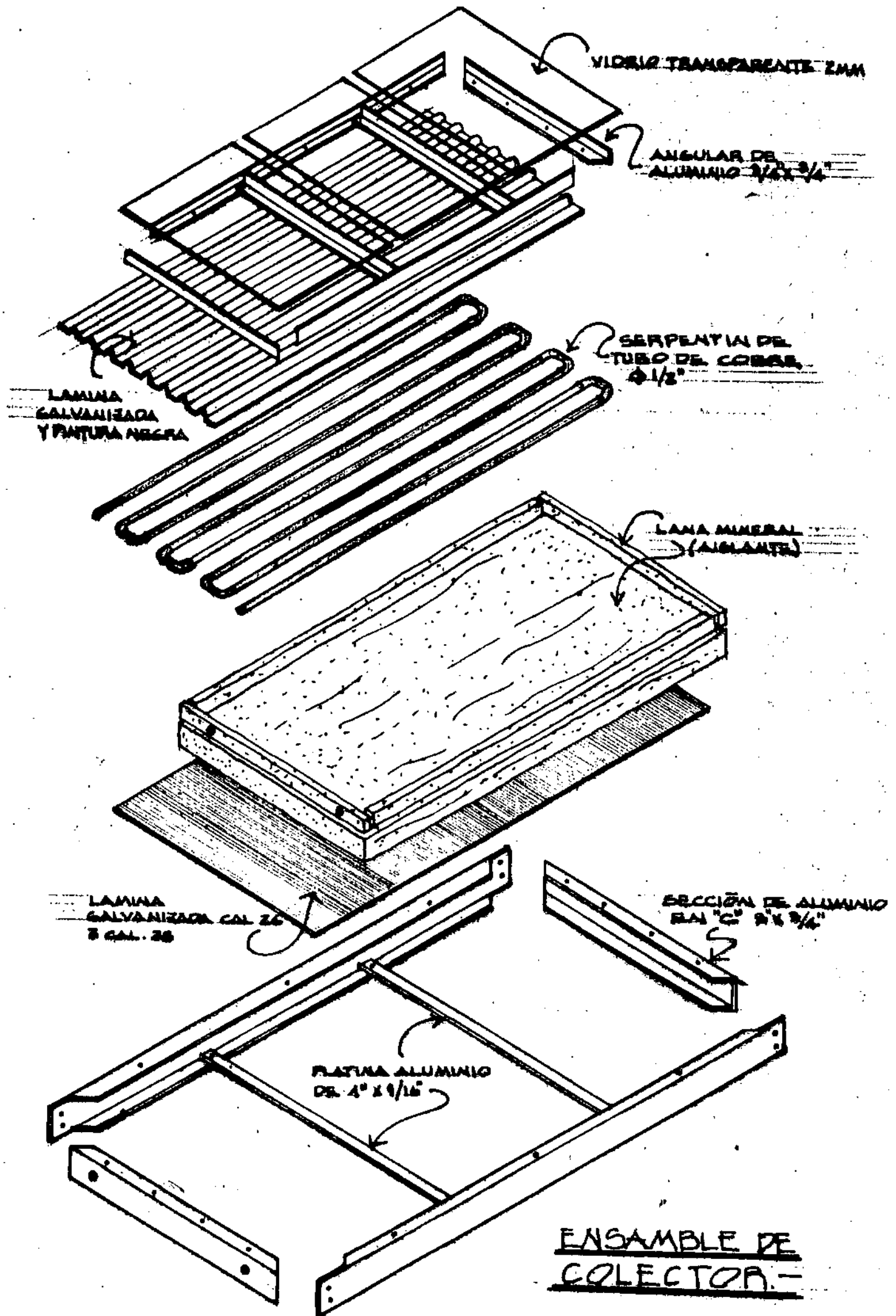
-remaches

pintura negra.

C. AISLANTE: lana mineral o fibra de vidrio

D. CUBIERTA: vidrio de 2mm. de espesor. (transparente)

mastic o colking.





# **TANQUE DE ALMACENAJE**

**TANQUE DE ALMACENAJE:**

En otros países en los que la evolución de los sistemas solares de calentamiento de agua es ya comercial, los tanques de almacenaje se pueden obtener ya fabricados y listos a instalarse.

Como en Guatemala no los producen y saldría bastante caros importarlos, se puede construir con materiales existentes y que satisfagan los requerimientos necesarios que son:

- a. anticorrosivo
- b. aislante
- c. autocontrolado

Como anticorrosivo se pueden considerar los tanques de hierro galvanizado, que venden algunas ferreterías en Guatemala, además de ser óptimos, traen las entradas y salidas del agua en los lugares deseados para la aplicación del sistema solar, este tanque se pintará de color negro y se forrará con lana mineral o fibra de vidrio, tanto en los costados como en la parte superior e inferior, sobre la lana se forrará con lámina galvanizada calibre 28 o calibre 26 y recubriendo ésta para terminar con pintura negra.

En la parte superior se conecta una válvula de seguridad o escape para evitar posibles roturas en el tanque, debido a la presión acumulada en el mismo y en la parte inferior, un termostato o sensor de temperatura que ac-

tiva y desactiva la bomba de recirculación de agua.

Resumiendo los materiales para el tanque tenemos:

A. Tambo cilíndrico de hierro galvanizado

dimensiones: diámetro= 0.30 cms.

altura= 1.60 cms.

capacidad= 80 galones

B. Aislante: lana mineral o fibra de vidrio.

C. Forro: lámina de hierro galvanizado

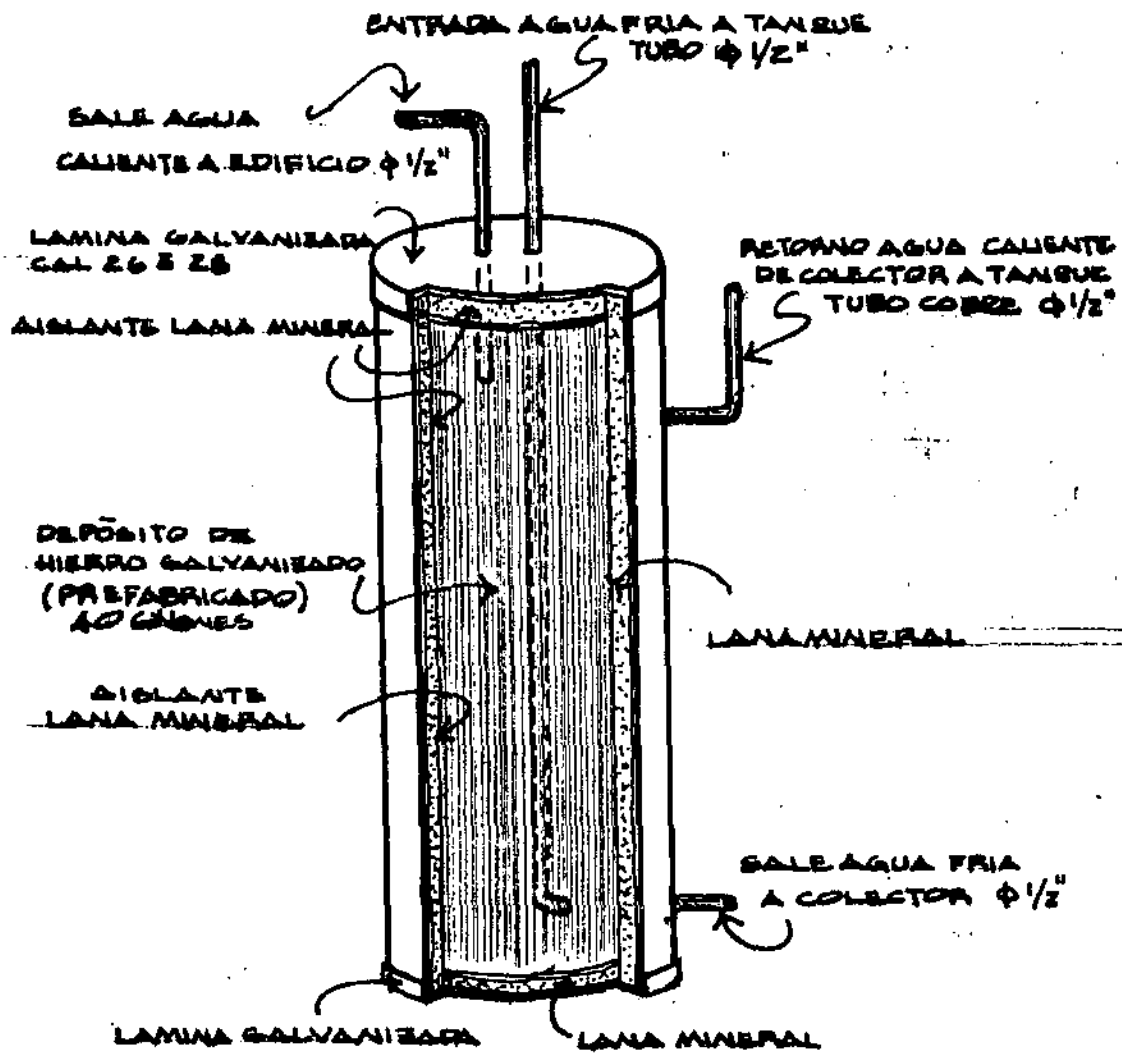
-estaño

-pintura negra mate

D. Válvula de alivio

E. Termostato o sensor de temperatura.

SECCIÓN  
TANQUE DE ALMACENAJE



### SISTEMAS AUXILIARES:

Los sistemas auxiliares son elementos que por su función son fabricados en serie y se consiguen en cualquier ferretería o almacén de materiales para instalación hidráulica. En la salida del agua fría del tanque a el colector, se colocará una bombita (1/200hp) que está controlada por el sensor de temperatura y sirve para recircular el agua del sistema. A la salida de la bomba, se instala una válvula de entrada, su función es la de evitar que el agua enviada al colector, regrese al depósito.

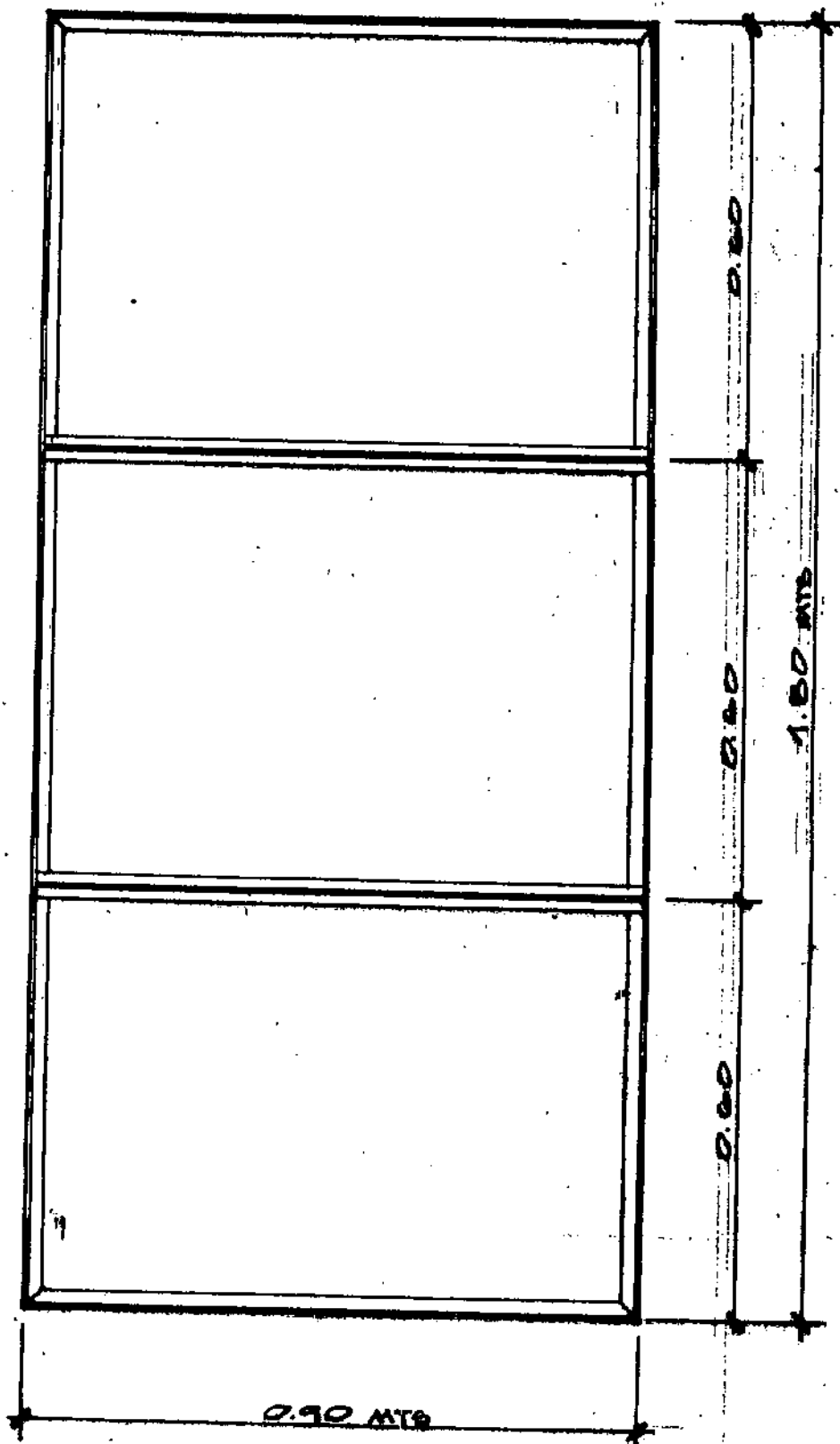
Como otro elemento auxiliar se considera el angular de hierro de 3/4" x 3/4" x 1/16" que servirá para hacer el caballete fijador del colector a la superficie a colocarse y además este caballete, deberá poseer el ángulo de inclinación necesario, aproximadamente 30° y 15° latitud norte.

Resumiendo los materiales del sistema auxiliar tenemos:

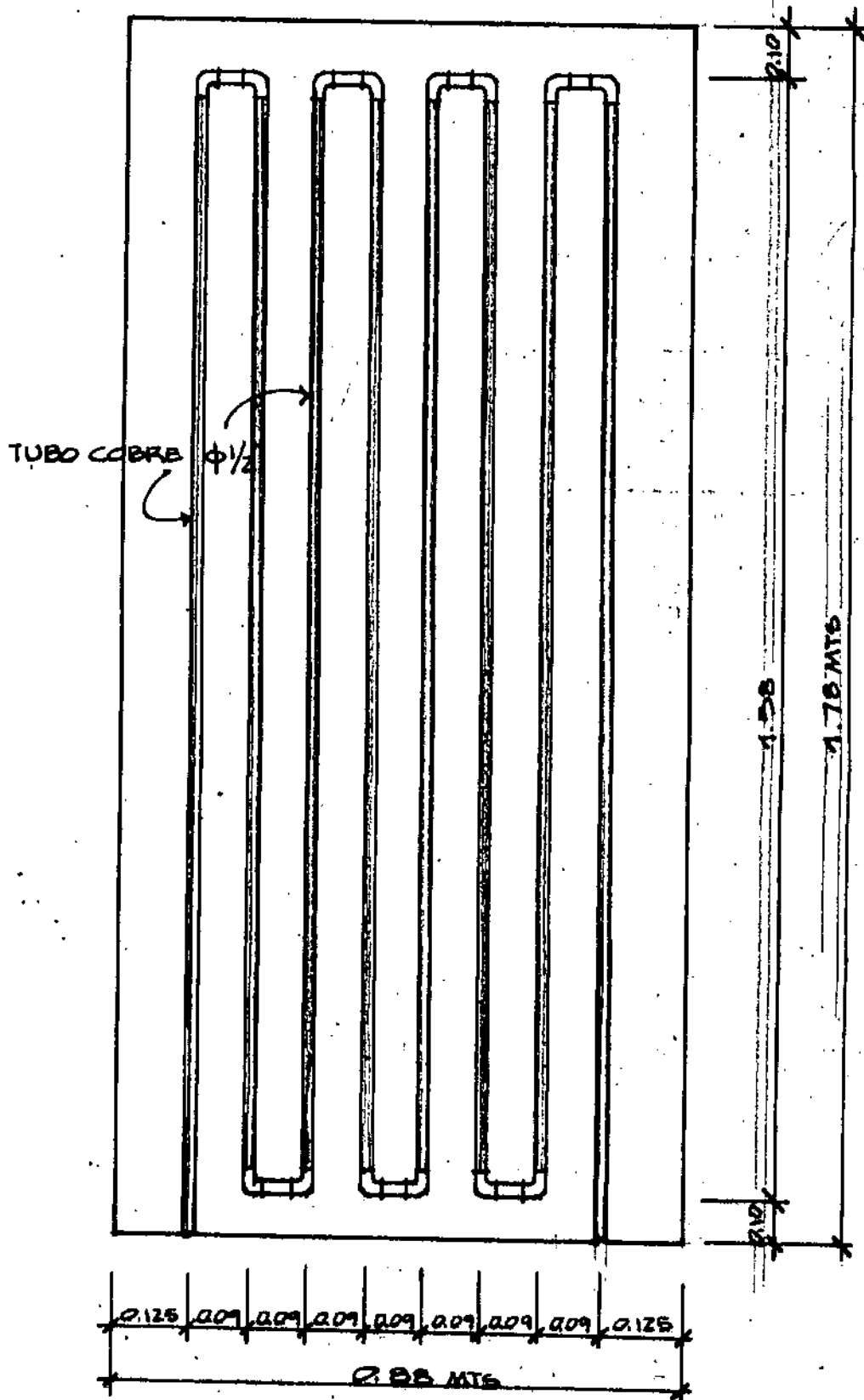
- A. bomba de recirculación
- B. válvula de entrada
- C. angular de hierro (3/4" x 3/4" x 1/16")
- D. pintura anticorrosiva.

**COTAS**

CAJA DE ALUMINIO  
DEL COLECTOR

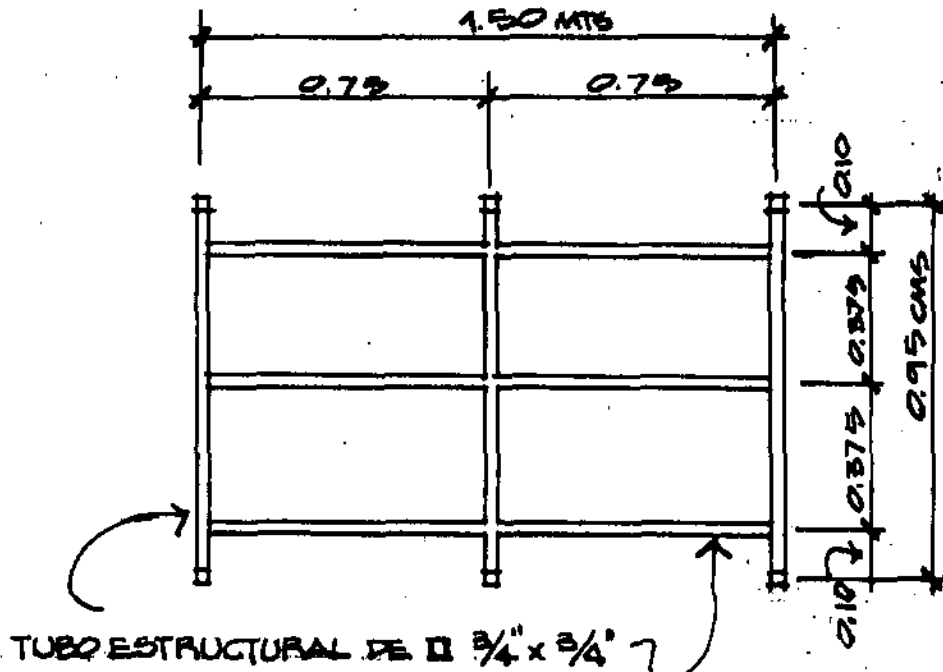


SERPENTIN DE TUBO COBRE  
Y CUBIERTA POSTERIOR DE LAMINA

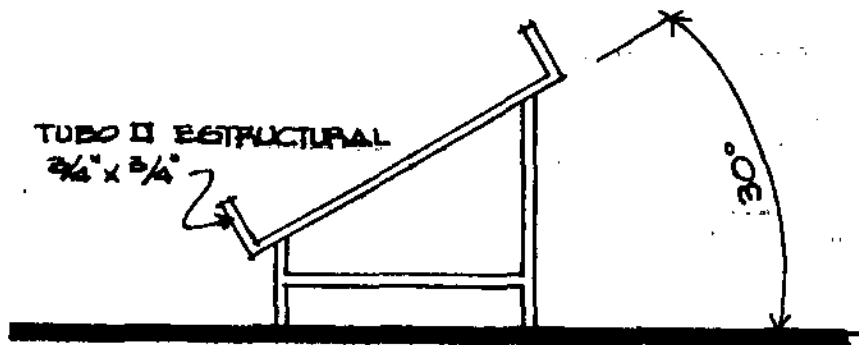




CABALLETE DE MONTAJE  
COLECTOR



PLANTA ESCALA 1:20



ELEVACION LATERAL ESC. 1:20

# **COSTOS DEL SISTEMA**

**COSTOS DEL SISTEMA:**

Este renglón influyó muchísimo para la elección del colector tipo plano, compuesto por el serpentín de tubos de cobre y estructura de aluminio como anteriormente vimos y por ser estos y los demás materiales que componen el sistema de fácil obtenibilidad en el medio y por ser su costo permisible especialmente, además de un funcionamiento óptimo, tanto como un calentador eléctrico o a gas convencional, con la gran diferencia que el costo de producción de agua caliente en el sistema solar es mucho menos, aunque su precio inicial sea mayor que los convencionales, como demostraremos más adelante.

A continuación, el lector encontrará en forma resumida y por separado los costos de nuestro sistema.

## COSTOS DEL COLECTOR: (dos colectores tipo plano)

-Estructura del colector	
Perfil de aluminio, tees de aluminio,	
platinas y remaches.....	Q.36.15
-Lámina galvanizada calibre 26 o 28 como	
fondo de las cajas.....	Q.10.00
-Serpentín, tubos y codos de cobre,	
estaño y pintura.....	Q.71.10
-Lámina galvanizada como forro del	
serpentín.....	Q.10.00
-Aislante, lana de vidrio o lana mineral....	Q.10.80
-Cubierta del colector	
planchas de vidrio transparente.....	Q.25.20
-Selladores.....	Q. 1.50
-Mano de obra.....	<u>Q.35.00</u>
Costo total de.....	Q.209.75

Guatemala, Mayo de 1980

## COSTOS DEL TANQUE DE ALMACENAJE:

-Depósito= tanque de hierro galvanizado.....	Q. 175.00
-Aislante= lana mineral.....	Q. 12.00
-Forro=lamina galvanizada calibre 26 o 28 y estaño.....	Q. 15.00
-Pintura y fondo.....	<u>Q. 4.00</u>
	Q. 206.00
-Mano de obra.....	<u>Q. 20.00</u>
Costo total de.....	Q. 226.00

## COSTO SISTEMAS AUXILIARES:

-Válvula de seguridad.....	Q. 14.00
-Válvula de cheque.....	Q. 12.00
-Válvula de aire.....	Q. 20.00
-Bomba de recirculación.....	Q. 120.00
-Sensor de temperatura.....	<u>Q. 115.00</u>
Costo total de.....	Q. 281.00

VALOR TOTAL DEL SISTEMA:

- 1. Colector.....Q.209.75
- 2. Tanque de aluminio.....Q.226.00
- 3. Sistemas auxiliares.....Q. 281.00
- Costo total de.....Q. 716.75

Guatemala, Mayo de 1980

## ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO DEL SISTEMA SOLAR

### Y. LOS SISTEMAS CON ENERGETICOS TRADICIONALES:

En este renglón se presenta la evaluación de costos de producción de agua caliente por medio del sistema solar y por medio de los energéticos tradicionales, para luego compararlos y evidenciar la economía de los sistemas solares. La comparación se plantea para probar cuan justificable es la inversión inicial y los gastos anuales de mantenimiento del equipo solar con los ahorros obtenidos por la energía tradicional desplazada.

Para el establecimiento de los costos de producción de agua caliente por medio de los diferentes sistemas, se consideró una medida razonable de consumo diario para la aplicación doméstica (familia de cuatro personas). Esta medida standard de consumo, permitirá la evaluación de estos a un mismo nivel. En los cálculos se consideró una tasa de inflación del 5% anual sobre el valor de la energía eléctrica y el precio del gas propano.

#### SISTEMA SOLAR:

Se consideró un depósito de 40 galones y dos colectores tipo serpentín con capacidad de incrementar la temperatura del agua a 70° la cual es ideal para uso doméstico,

en una familia de cuatro miembros.

Este sistema tendrá un único valor inicial de Q.716.75

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA DE LA BOMBA DE

RECIRCULACION DE AGUA DEL SISTEMA

SOLAR A USAR:

Se tiene que es una bombita de 110 voltios y  
1/6 Hp, con un amparaje de 2.34 entonces tenemos:

$$W = 110 \times 2.34 = 257.40 \text{ vatios/hora}$$

$$257.40 \div 1.000 = 0.26 \text{ kilovatios/hora}$$

$$0.26 \times 3 = 0.78 \text{ kilovatios/día}$$

$$0.78 \times 0.08 \text{ cent} = 0.07 \text{ centavos / día}$$

La bomba de recirculación gastará

$$0.07 \times 30 = Q.2.10 \text{ mensual}$$

$$Q.2.10 \times 12 = Q.25.20 \text{ anuales.}$$



**CALENTADOR ELECTRICO**

### SISTEMA ELECTRICO:

Para esta evaluación se tomó como base un calentador con depósito de 30 galones y potencia de 1,600 watts; esta comprobado que es un tamaño usual para el empleo doméstico o residencial en nuestro medio.

El precio promedio en el mercado de este calentador es de Q.340.00 y opera con una eficiencia global del 85%, los gastos correspondientes del consumo eléctrico por operación del equipo se valoraron de la siguiente forma:

Dividiendo el valor del consumo medio standard entre la eficiencia del sistema obtenemos la energía eléctrica consumida.

$$\frac{2,428.35 \text{ Kw-k}}{0.85} = 2856.88 \text{ Kw-h/anuales}$$

Y

$$\frac{2856.88 \text{ Kw-h}}{12} = 238.07 \text{ Kw-h/mensuales}$$

Según la tarifa R<sup>12</sup> de la Empresa Eléctrica (tarifa residencial actualizada al 30 de octubre de 1979), el consumo de energía del sistema costará lo siguiente:

Kw/hora	Costo
1	0.08
Consumo base 200.00.....	Q.16.00
Complemento <u>38.07.....</u>	<u>Q. 3.05</u>
Sub total <u>238.07</u>	<u>Q.19.05</u>
Ajuste de combustible 5%.....	<u>Q.0.96</u>
Total de.....	<u><u>Q.20.01</u></u>

El costo mensual de energía ocupada por el calentador eléctrico, trabajando a un 85% de capacidad máxima será de Q.20.01 .

El valor anual será:

$$Q.20.01 \times 12 \text{ meses} = Q.240.12 \text{ anual}$$

Luego el incremento en los gastos de operación dando a la inflación energética, inevitable, se estimó en el 5% lo que nos da un resultado de:

$$5\% \text{ de } 240.12 = Q.12.01 \text{ anual}$$

Obteniendo un gasto total anual de operación de:

$$\text{Operación anual} = Q.240.12$$

$$\text{Porcentaje inflación } Q. 12.01$$

$$\text{Total } \underline{\underline{Q.252.13}}$$

**CALENTADOR DE GAS**

### CALENTADOR DE GAS:

En este caso, tomé como ejemplo un calentador de gas propano con depósito de capacidad de 30 galones, calentando el agua a una temperatura de 70° y con un consumo de combustible de 0.035 libras/min. todo esto según especificaciones en folletos de estos tipos de calentadores.

El precio de este tipo de calentador en el mercado nacional es de Q.290.00 y opera con una eficiencia del 85%.

Para el cálculo de consumo de gas mensual de este tipo de sistema, se tomó el precio medio del consumidor, que es de Q.19.50 por 100 libras de gas propano.

Aunque existen diferencias entre algunos distribuidores, se consideró también el consumo por minuto de combustible del calentador.

En una familia de cuatro miembros, que utilizan este calentador diariamente, con un promedio de 1 hora (o sea 15 minutos aproximados por persona) el consumo de gas propano será:

Consumo del calentador: 0.035 libras/min.

Uso por persona: 15 minutos diarios

$0.035 \text{ lbs/min} \times 15 = 0.53$

$0.53 \text{ lbs.} \times 4 \text{ personas} = 2.12 \text{ lbs.} \text{ diarias}$

$2.12 \text{ lbs./día} \times 30 \text{ días} = 63.60 \text{ lbs./mensuales}$

**ANALISIS  
ECONOMICO COMPARATIVO  
DEL SISTEMA SOLAR Y LOS  
ENERGETICOS TRADICIONALES**

será:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ libras} \underline{\hspace{10em}} 19.50 \\ 63.60 \text{ libras} \underline{\hspace{10em}} \quad \quad \quad \times \quad = \text{Q. } 12.40 \\ \hspace{15em} \text{mensuales} \end{array}$$

El costo anual de el combustible gastado  
es de:

$$\text{Q. } 12.40 \times 12 = \text{Q. } 148.82 \text{ anual}$$

A esto agregamos el incremento en los gastos de  
operación por la inflación energética y tenemos:

$$.5\% \text{ de Q. } 148.82 = \text{Q. } 7.44 \text{ anual}$$

Nos queda un gasto total anual de operación  
de:

operación anual.....	Q. 148.82
inflación.....	<u>Q. 7.44</u>
<b>Total</b>	<b>Q. 156.26</b>

**RESUMEN DE  
COSTOS DE PRODUCCION DE  
LOS DIFERENTES SISTEMAS**



RESUMEN DE COSTOS DE PRODUCCION DE AGUA  
CALIENTE SOLAR Y TRADICIONAL

	SOLAR	ELECTRICO	GAS PROPANO
INVERSION INICIAL	Q. 716.75	Q. 340.00	Q. 290.00
GASTOS ANUALES DE OPERACION	Q. 25.20	Q. 240.12	Q. 148.82
INCREMENTO ANUAL POR INFLACION ENERGETICA	Q. 0.02	Q. 12.01	Q. 7.44
TOTAL DE GASTOS ANUAL POR OPERACION	Q. 25.22	Q. 252.13	Q. 156.26
GASTO INICIAL MAS GASTO ANUAL DE OPERACION	Q. 741.97	Q. 592.13	Q. 446.26
COSTO DE OPERACION EN 5 AÑOS	Q. 126.10	Q. 1260.65	Q. 781.30
COSTO INICIAL MAS COSTO OPERACION EN 5 AÑOS	Q. 842.85	Q. 1600.65	Q. 1071.30
VIDA UTIL DEL EQUIPO	20 años	20 años	20 años
COSTO TOTAL EN 20 AÑOS	Q. 1,221.45	Q. 6,402.60	Q. 3415.20

""= indica que la inversión inicial del calentador solar se pagó en ese punto y se empezó a ahorrar.

El cuadro anterior nos muestra que a partir del 5º año se obtuvo ahorro, pues en el tiempo restante de la vida útil estimada de los sistemas, se observa que los gastos del calentador eléctrico y el de gas propano son mayores comparando con los del Solar.

Ahorro que se obtiene entre el calentador Solar y los sistemas con energéticos tradicionales.

Eléctrico 20 años.....	Q.6,402.60
Solar 20 años.....	<u>Q.1,221.15</u>
	Q.5,181.45

Se obtiene un ahorro de Q.5,181.45

Gas propano 20 años.....	Q.3,415.20
Solar 20 años.....	<u>Q.1,221.15</u>
	Q.2,194.05

Se obtiene un ahorro de Q.2,194.05

Lo que viene a demostrar que es poco considerable la inversión inicial del sistema Solar, pues al transcurso del tiempo es auto financiable ( que produce ahorro), tanto de energéticos como económicamente hablando.

**INSTALACION DEL  
SISTEMA SOLAR EN UN  
COMPLEJO MULTIFAMILIAR**

Para la instalación del sistema solar, se seleccionó un edificio multifamiliar, proyectado por el Banco Nacional de la Vivienda (BANVI) en el cual tienen contemplado utilizar un calentador eléctrico con capacidad de 40 galones por apartamento.

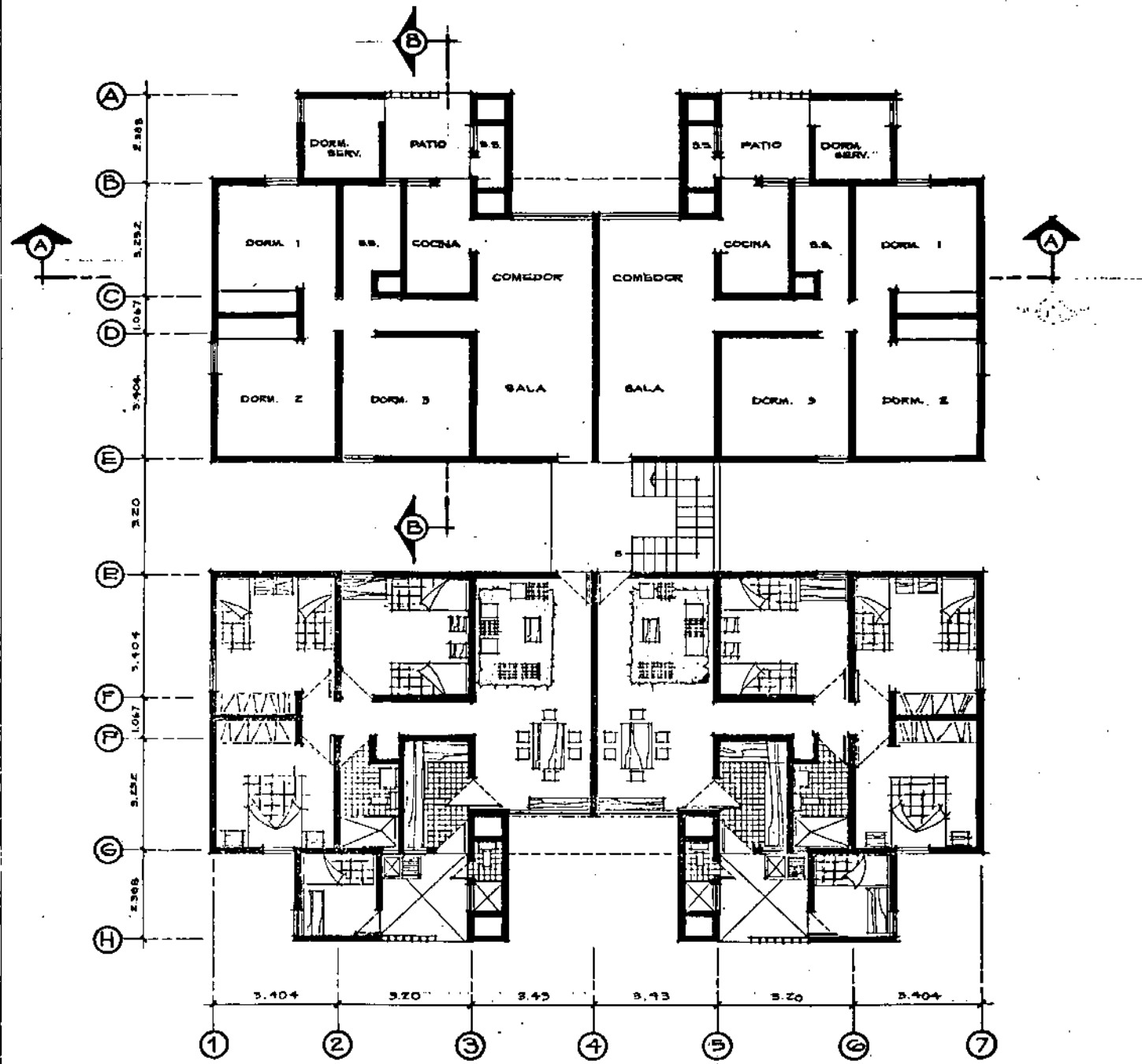
El calentador solar a usarse es el de colectores planos y sistema de circulación forzada.

Como anteriormente mencioné el tanque de almacenaje, en este tipo de sistema, puede estar ubicado en el lugar que más convenga al usuario.

En este complejo habitacional se montará en el espacio que ocuparía el calentador eléctrico. Utilizando también la misma red de distribución, tanto general, como interna de cada apartamento.

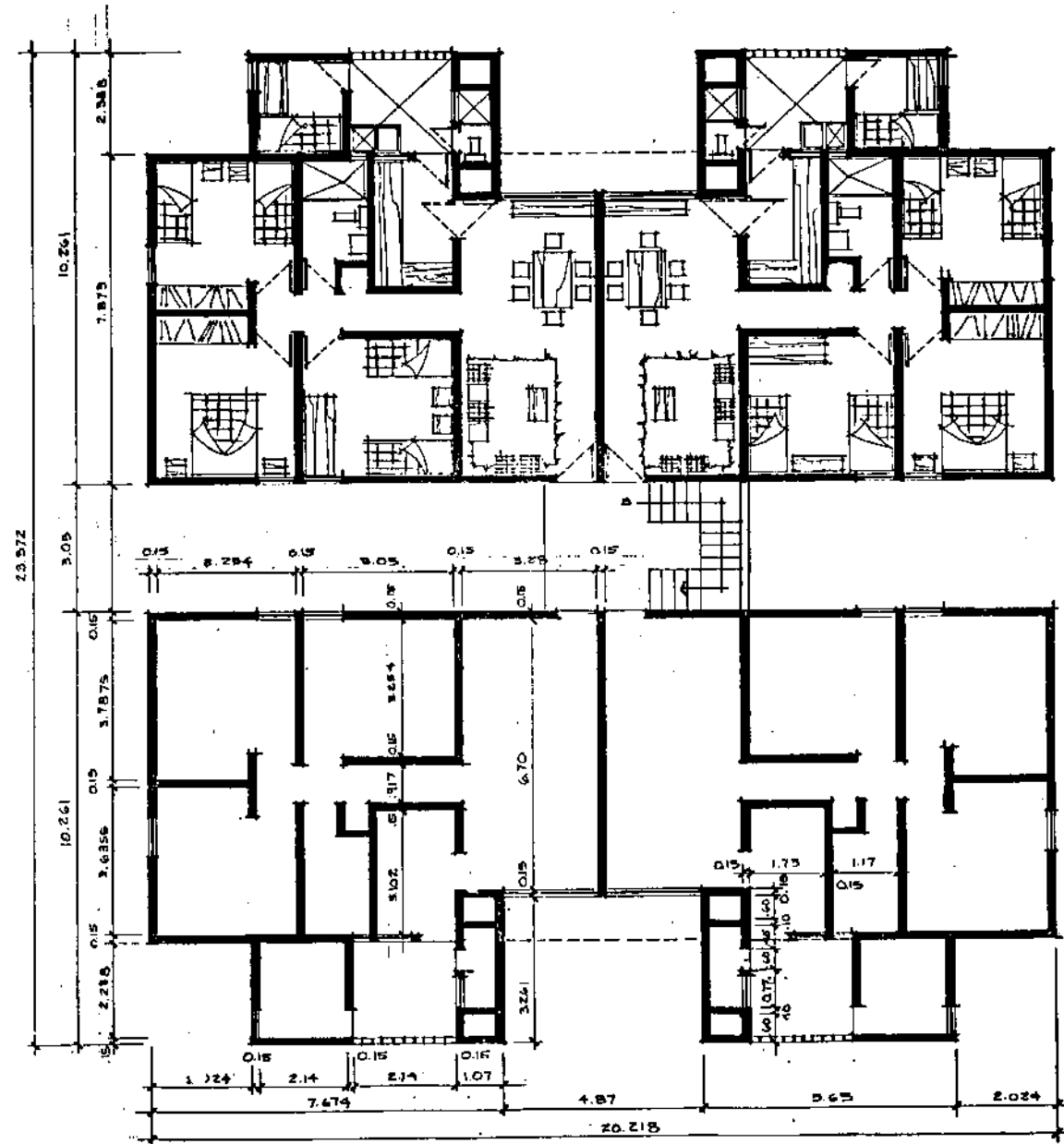
Agregando únicamente la tubería de recirculación entre el tanque y colector, que será de cobre de  $\varnothing$  1/2".

**PRESENTACION  
DEL EDIFICIO**

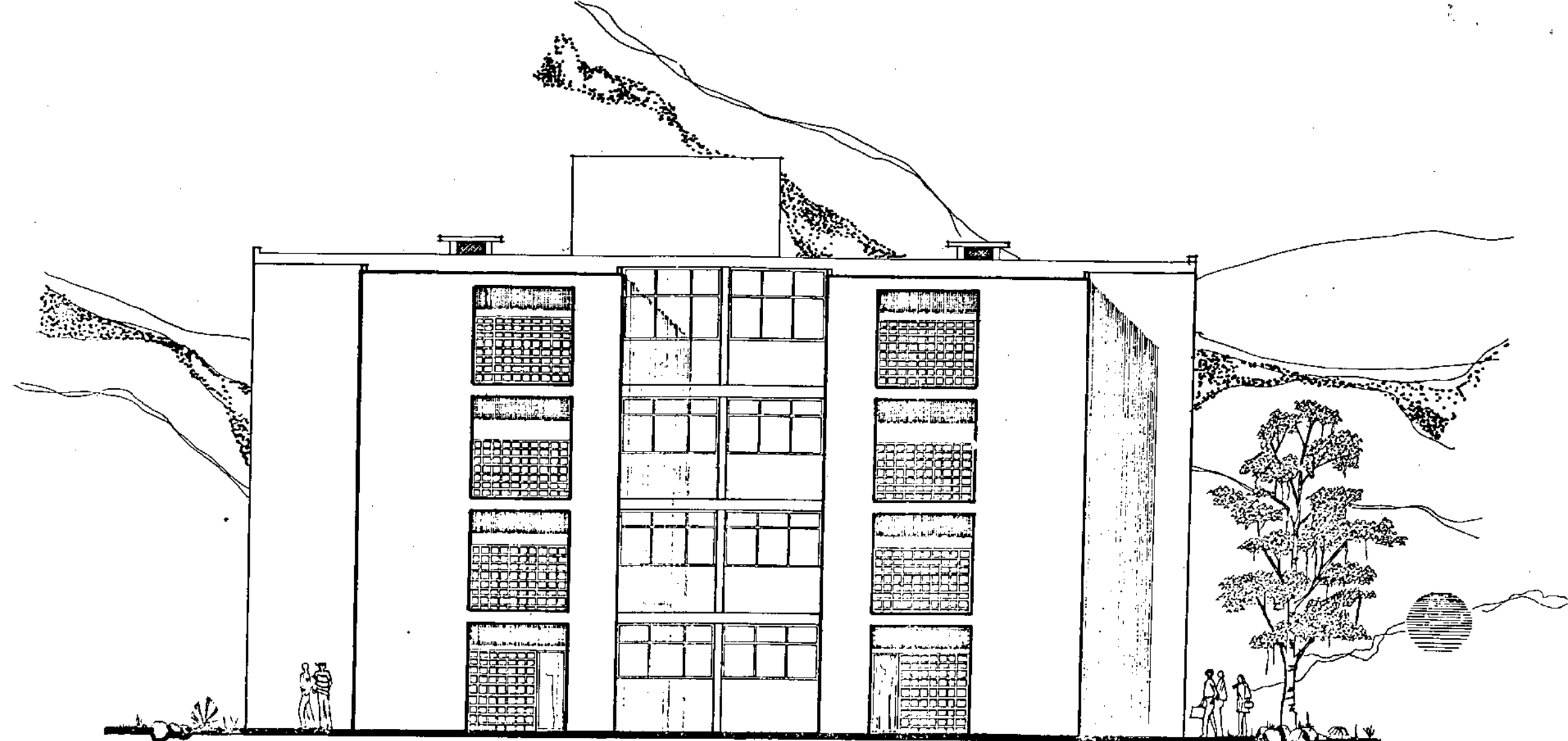


N I V E L 1

PLANTA AMUEBLADA Y COTAS ESC. 1:75



N I V E L 2 3 Y 4



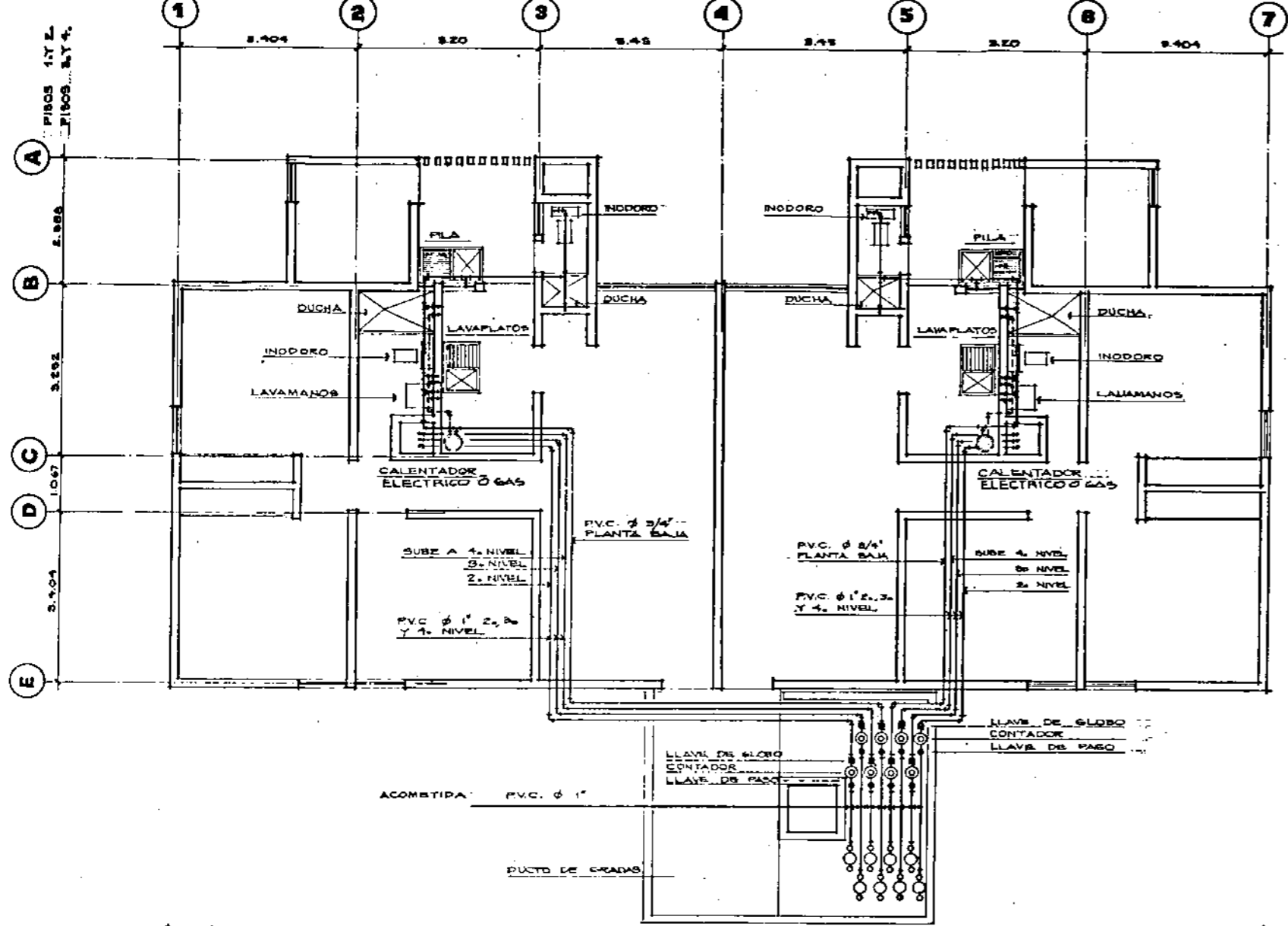
ELEVACION PRINCIPAL

ESC. 1/50



PERSPECTIVA

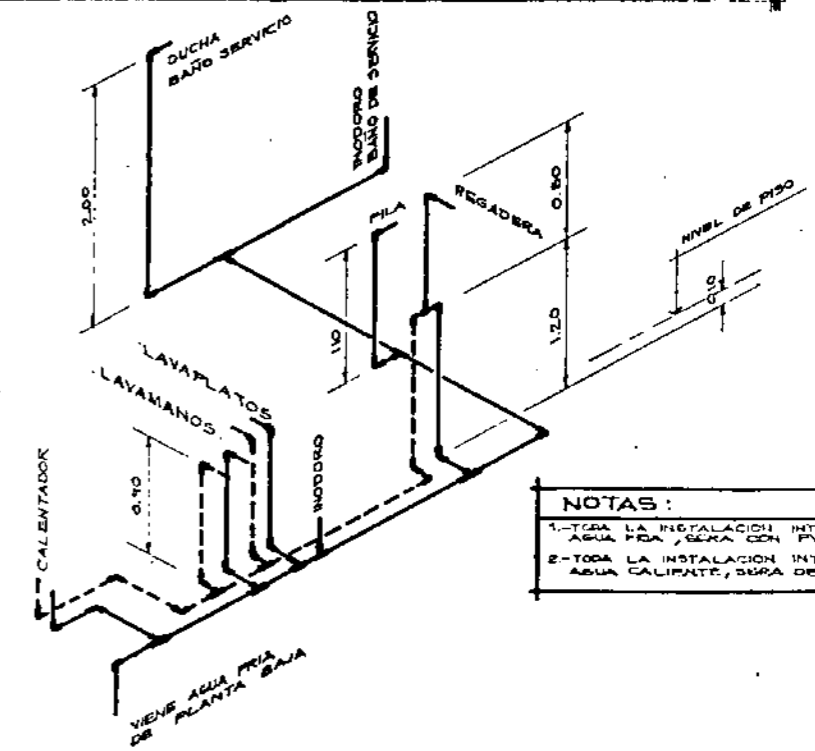




DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE (PROYECTADO) ESCALA 1:50

1. Y 2. PISO  
3. Y 4. PISO

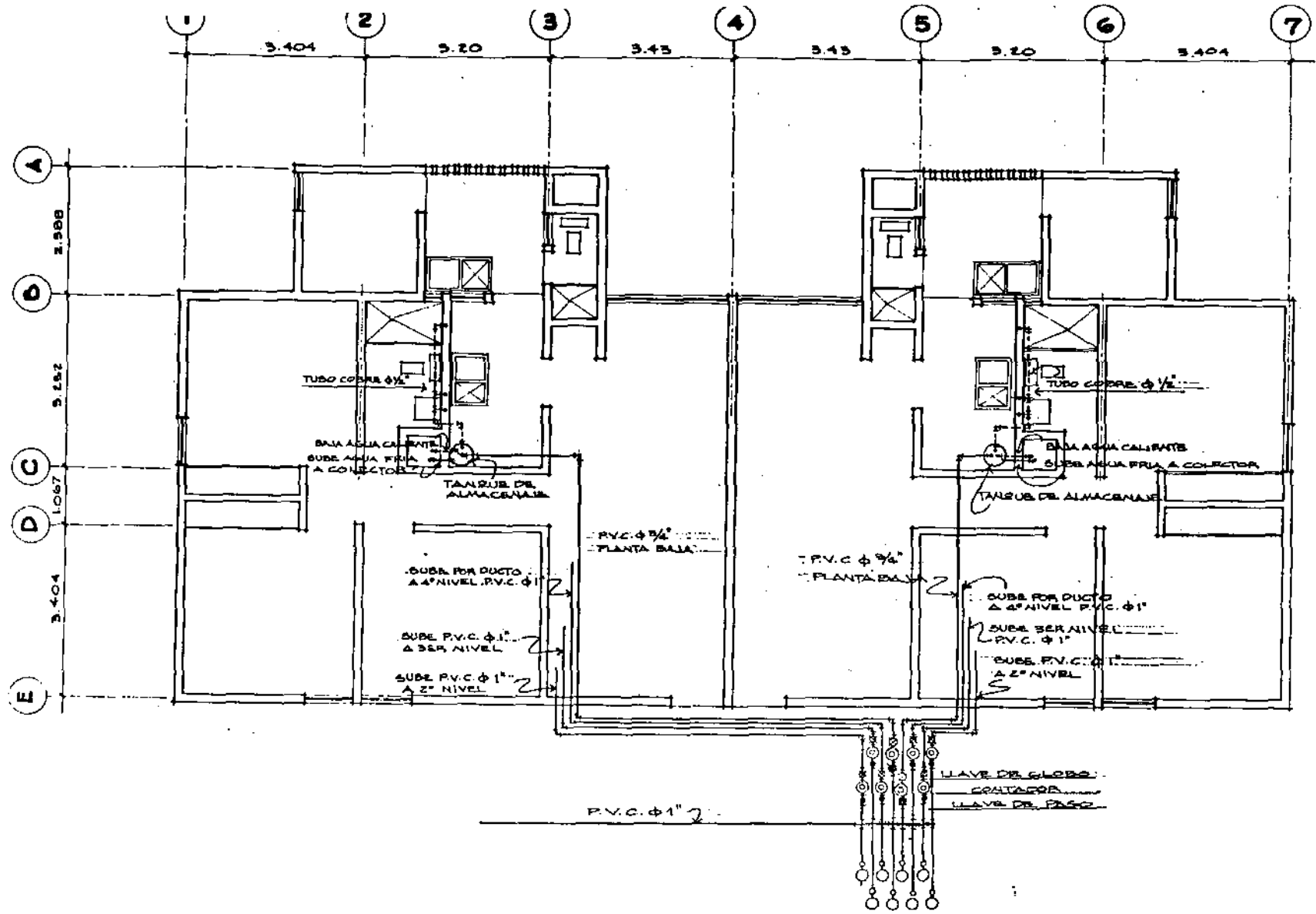
SIMBOLOS DE AGUA POTABLE	
SIGNO	SIGNIFICADO
—	TUBERIA DE AGUA FRIA P.V.C.
- - - -	TUBERIA DE AGUA CALIENTE COBRES
↗ ↘	COGO A 90°
⊥	TESS
+	CRUZ
⊗	LLAVE DE GLOBO
⊙	CONTADOR
•	LLAVE DE PAGO



NOTAS:  
1-TODA LA INSTALACION INTERIORE DEL AGUA FRIA, SERA CON PVC 1/2"  
2-TODA LA INSTALACION INTERIORE DEL AGUA CALIENTE, SERA DE COBRE 1/2"

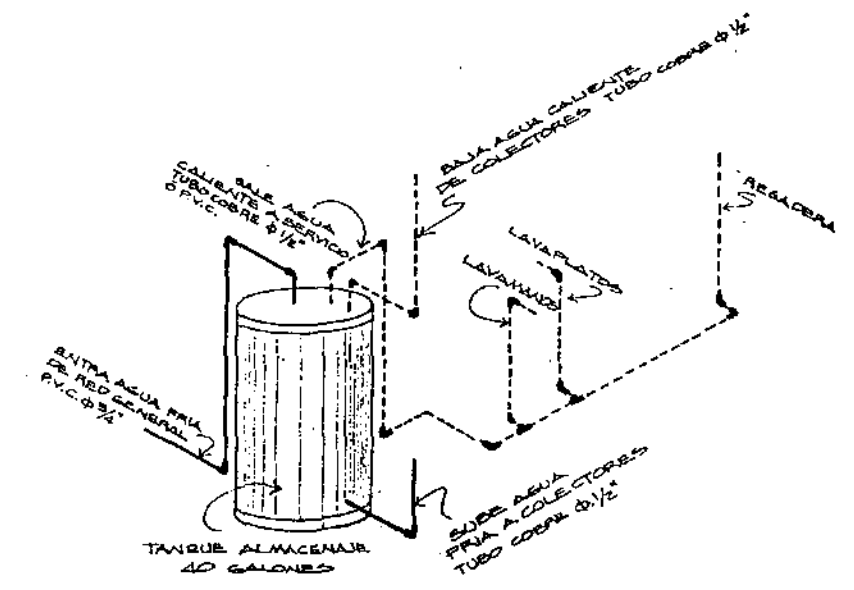
ISOMETRICO DE AGUA POTABLE ESCALA 1:25

# **INSTALACION DEL SISTEMA**

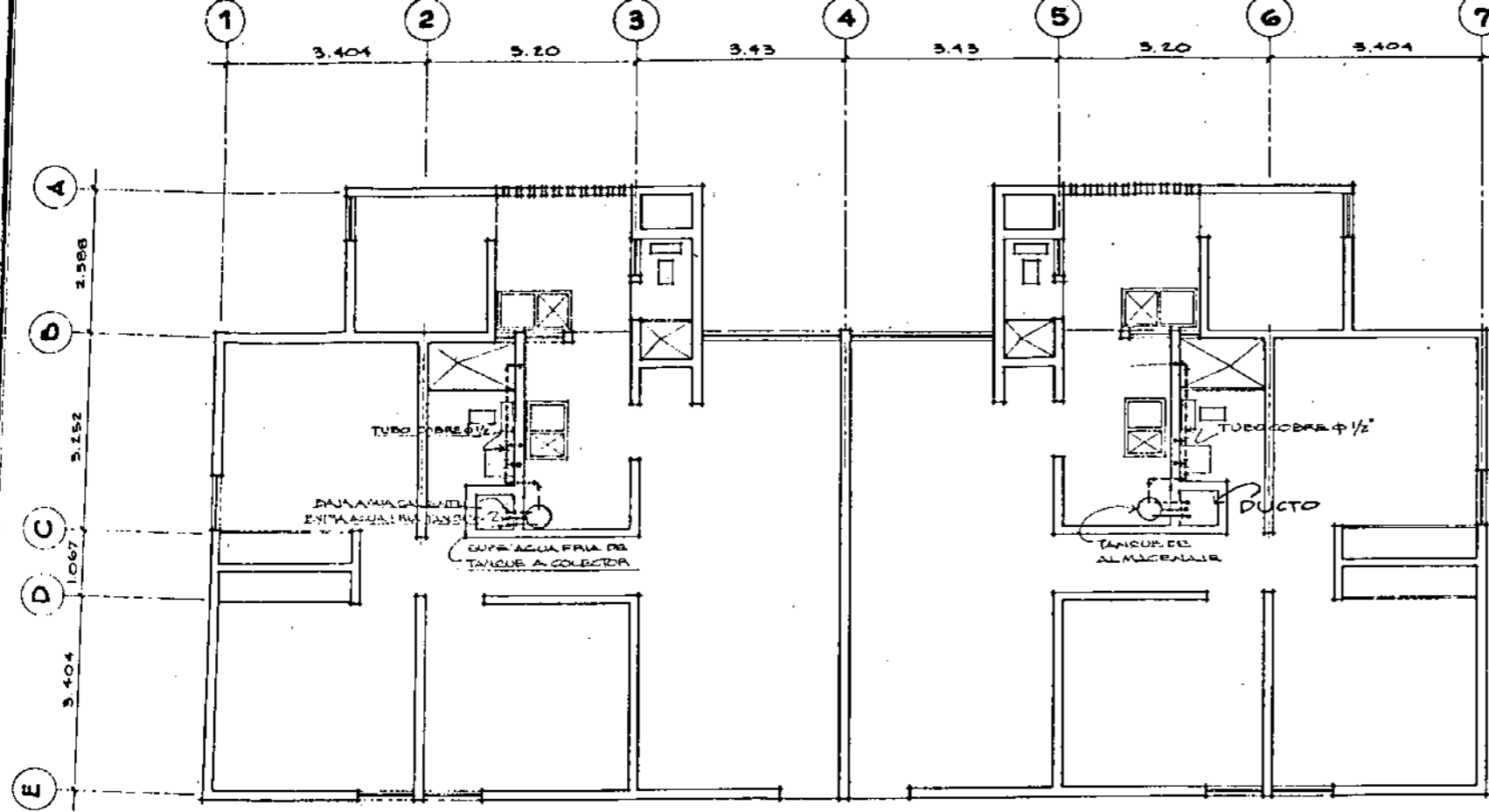


DISTRIBUCION DE AGUA CALIENTE SISTEMA SOLAR  
 PLANTA BAJA ESCALA 1:50

SIENO	SIMBOLOGIA DE AGUA CALIENTE
---	TUBERIA AGUA FRIA P.V.C.
- - - -	TUBERIA DE AGUA CALIENTE COBRE O P.V.C.
⌋	CODO A 90°
⌋	TRES
+	CRUZ
⊗	LLAVE DE GLOBO
⊙	CONTADOR
•	LLAVE DE PASO
⊗	TANQUE ALMACENAJE

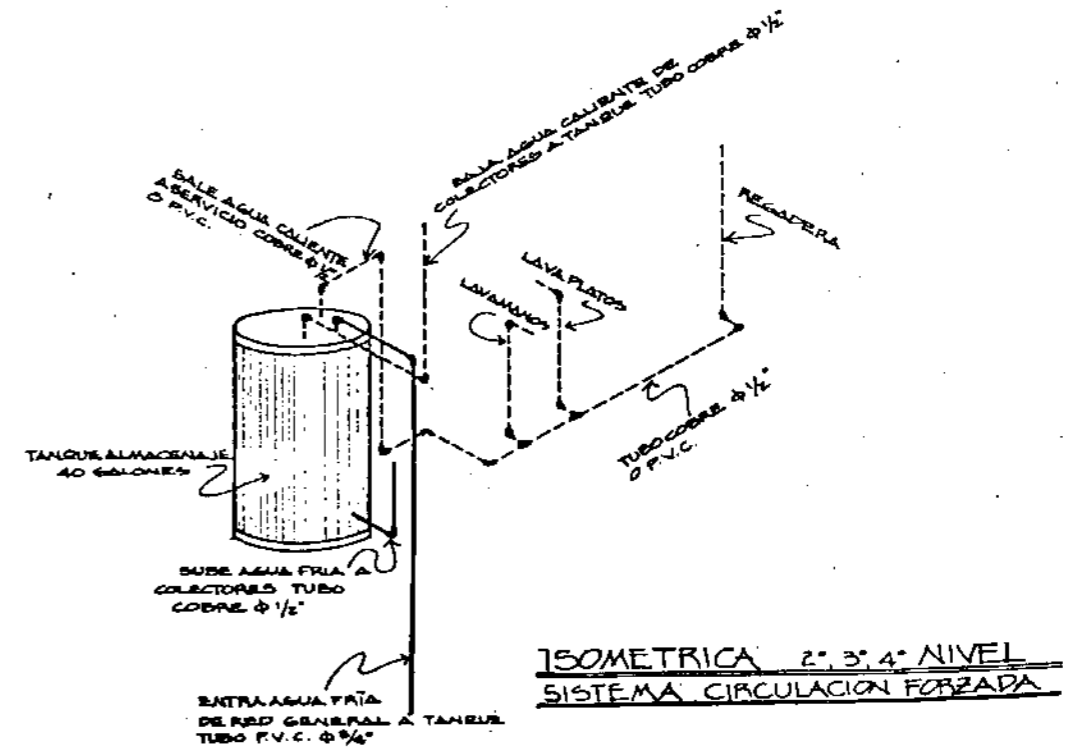


ISOMETRICA PLANTA BAJA  
 SISTEMA CIRCULACION FORZADA

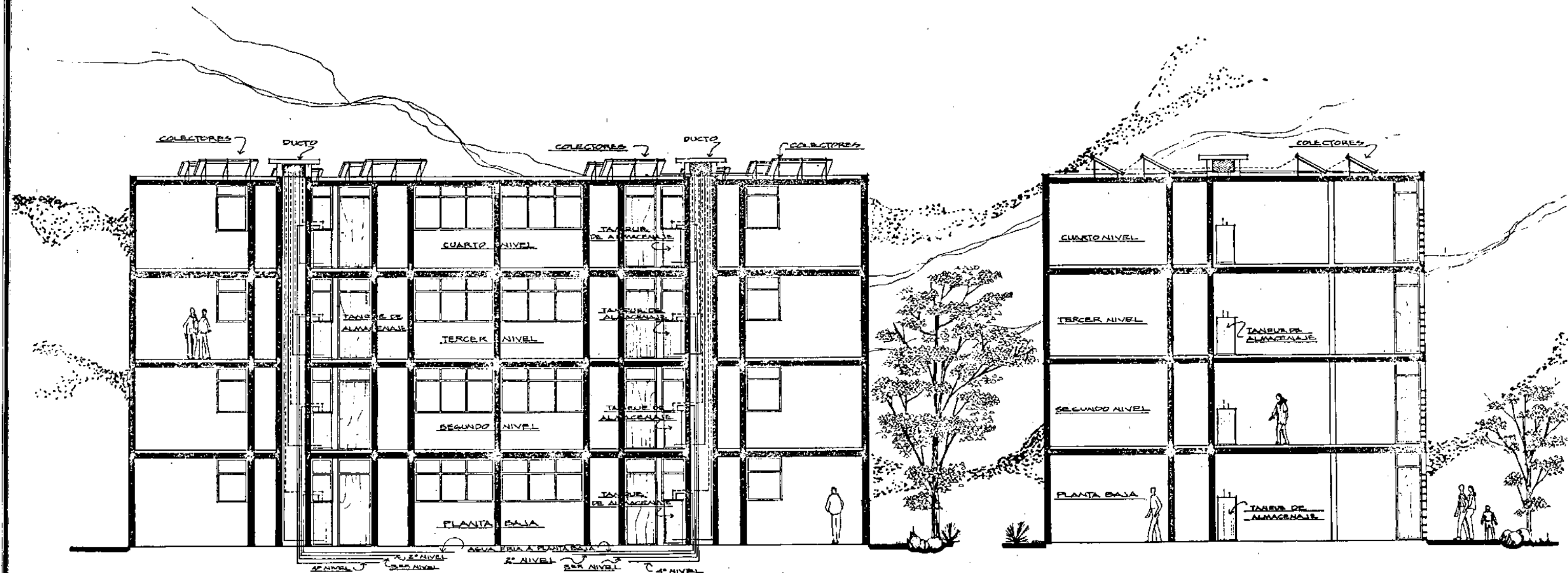


SIGNO	SIMBOLOGIA DE AGUA CALIENTE
-----	TUBERIA COBRE $\phi$ 1/2" AGUA CALIENTE
└─┬─┘	CODO $90^\circ$
├─┬─┤	TEE
├─┬─┤	CRUZ
⊗	LLAVE DE GLOBO
⊙	CONTADOR
●	LLAVE DE PASO
○	TANQUE DE ALMACENAJE

DISTRIBUCION AGUA CALIENTE SISTEMA SOLAR ESC. 1:50  
NIVELES 2°, 3°, Y 4°



ISOMETRICA 2°, 3°, 4° NIVEL  
SISTEMA CIRCULACION FORZADA

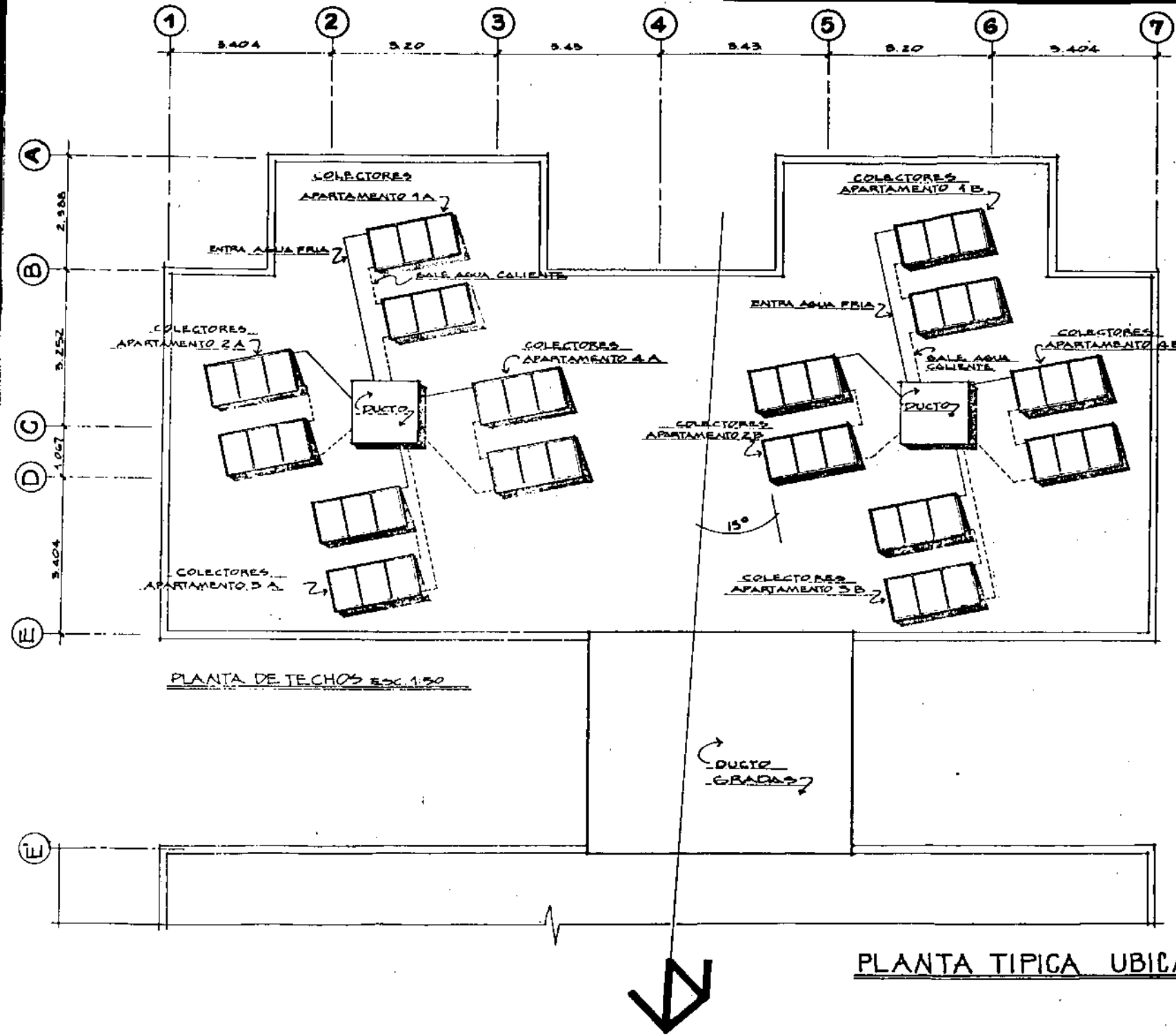


SECCION A-A INSTALACION DE COLECTORES ESC. 1:50

SECCION B-B ESC. 1:50

NOTA:

- — — — — INDICA TUBERIA AGUA FRIA
- - - - - INDICA TUBERIA AGUA CALIENTE.
- CADA APARTAMENTO CON TANQUE DE ALMACENAJE Y COLECTORES INDEPENDIENTES



PLANTA DE TECHOS ESC. 1:50

NOTA:  
 1: LA TUBERIA ENTRE COLECTORES Y TANQUE DE ALMACENAJE SERA DE COBRE  $\phi$  1/2"  
 2: LA ORIENTACION DE LOS COLECTORES ES: INCLINACION DE 30° AL SUR Y GIRADOS 15° NOR-OESTE.

PLANTA TIPICA UBICACION DE COLECTORES ESC. 1:70

**RELACION DE OTROS  
FACTORES CLIMATICOS**

OTROS FACTORES CLIMATICOS QUE ESTAN  
RELACIONADOS CON LOS SISTEMAS SOLARES:

Existen factores climáticos que afectan el rendimiento de un calentador solar, entre estos se menciona con singular importancia a la temperatura del ambiente y su distribución durante las diferentes horas del día.

Otro factor es el viento y su dirección, pues es importante considerarlo en la instalación de los colectores del sistema.

A continuación se muestran tablas con las temperaturas ambiente promedio, máximas y mínimas, las cuales indican la media y el rango de su distribución; tablas que muestran las estadísticas de intensidad y dirección del viento en Guatemala, como también Tablas de Temperatura para los departamentos de El Petén, Huehuetenango, Quezaltenango, Sacatepéquez, San Marcos y Alta Verapaz, y, cualquier otro dato que sea necesario se podrá consultar en el INSIYUMEH.



**TABLAS**

TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO EN  
LA CIUDAD DE GUATEMALA (C°)

MESES	A N O S				PROMEDIO GENERAL
	1976	1977	1978	1979	
ENERO	15.5	17.0	16.3	16.9	16.43
FEBRERO	16.4	18.2	19.1	17.4	17.78
MARZO	19.2	19.7	17.2	19.9	18.75
ABRIL	19.5	19.9	20.1	----	19.83
MAYO	19.8	19.8	21.9	----	20.5
JUNIO	18.5	19.4	19.3	----	19.07
JULIO	19.0	19.5	19.6	----	19.47
AGOSTO	19.0	19.8	19.8	----	19.53
SEPTIEMBRE	19.0	19.5	18.4	----	18.97
OCTUBRE	18.7	19.4	18.6	----	18.9
NOVIEMBRE	17.7	18.7	18.3	----	18.23
DICIEMBRE	17.9	19.1	17.8	----	18.27

FUENTE: INSIVUMEH mayo de 1979.

Estación Guatemala

TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS REGISTRADAS EN LA CIUDAD DE  
GUATEMALA (°C.)

AÑOS AÑOS AÑOS AÑOS AÑOS AÑOS AÑOS AÑOS AÑOS AÑOS AÑOS										
MESES	1976		1977		1978		1979		PROMEDIO GRAL.	
	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.
ENERO	25.7	6.0	28.0	6.0	25.8	8.0	27.0	10.5	26.6	7.6
FEBRERO	25.5	8.4	28.1	8.4	29.9	6.3	28.1	9.5	27.9	8.2
MARZO	29.2	8.5	30.0	10.8	31.1	10.2	28.5	11.8	29.7	10.3
ABRIL	28.7	10.5	30.5	12.0	30.2	11.3	----	----	29.8	11.3
MAYO	28.0	12.7	29.4	13.5	29.5	12.9	----	----	29.0	13.0
JUNIO	26.4	15.0	26.7	14.3	27.6	15.0	----	----	26.9	14.8
JULIO	24.9	13.0	27.1	13.0	26.6	14.2	----	----	26.2	13.4
AGOSTO	25.6	13.6	27.2	14.5	26.7	14.6	----	----	26.5	14.2
SEPTIEMBRE	27.3	13.5	27.5	14.0	26.0	13.8	----	----	26.9	13.8
OCTUBRE	25.2	13.0	27.3	11.5	26.0	11.0	----	----	26.2	11.8
NOVIEMBRE	26.5	8.0	27.0	9.5	26.6	12.7	----	----	26.7	10.1
DICIEMBRE	26.0	9.9	27.9	7.0	26.5	10.6	----	----	26.8	9.2

FUENTE: INSIVUMEH mayo de 1979, estación Guatemala

VELOCIDAD Y DIRECCION PROMEDIO DEL VIENTO  
EN LA CIUDAD DE GUATEMALA (KM./HORA)

MESES	AÑOS		AÑOS		AÑOS		AÑOS	
	1976	1977	1978	1979	1976	1977	1978	1979
	VEL.	DIREC.	VEL.	DIREC.	VEL.	DIREC.	VEL.	DIREC.
ENERO	22.3	NNE	18.9	NNE	15.2	N	17.1	NNE
FEBRERO	19.3	NNE	19.0	NNE	15.3	N	14.9	NNE
MARZO	14.6	NNE	16.0	NNE	13.3	S	15.0	N
ABRIL	15.1	NNE	18.8	NNE	12.7	S	----	----
MAYO	12.8	NNE	12.8	NNE	12.6	S	----	----
JUNIO	8.3	NNE	12.9	NNE	12.3	NNE	----	----
JULIO	18.9	NNE	21.6	NNE	11.8	N	----	----
AGOSTO	17.1	NNE	13.2	NNE	17.6	N	----	----
SEPTIEMBRE	13.5	NNE	11.2	NNE	9.3	S	----	----
OCTUBRE	16.0	NNE	15.4	NNE	12.6	N	----	----
NOVIEMBRE	18.8	NNE	16.2	NNE	13.9	N	----	----
DICIEMBRE	20.1	NNE	13.0	N	12.1	NNE	----	----

FUENTE: INSIVUMEH mayo de 1979, Estación Guatemala

ESTACION: 11.1.2      NOMBRE: Fallabon      MUNICIPIO: Flores  
 LATITUD: 17°03'15"      LONGITUD: 89°09'00"      ALTITUD: 120 mts.  
 AÑOS DE REGISTRO: 5

M E S	T E M P E R A T U R A S °C.					P R E C I P I T A C I O N	
	Media	P R O M E D I O S   D E		A B S O L U T A S		Total	Días
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima		
Enero	23.6	29.8	17.4	34.2	13.9	98.0	10
Febrero	24.5	30.5	18.5	35.6	12.2	31.7	6
Marzo	24.9	30.7	19.2	38.9	11.1	114.4	7
Abril	28.0	33.9	22.0	37.8	16.7	26.7	3
Mayo	26.4	32.8	20.0	37.8	12.2	49.7	7
Junio	27.1	33.2	21.0	37.8	13.3	239.2	13
Julio	25.9	31.2	20.6	36.7	14.4	168.1	21
Agosto	26.6	32.0	21.2	36.7	16.1	83.9	13
Setiembre	26.4	31.6	21.1	35.6	16.1	122.4	12
Octubre	25.8	31.6	20.1	34.7	16.1	141.7	13
Noviembre	25.1	30.9	19.2	35.3	15.6	95.7	14
Diciembre	24.9	31.1	18.8	33.3	13.3	156.8	18
<b>A N U A L</b>	25.8	31.5	19.9	38.7	11.1	1327.7	137

ESTACION: 7.1.1      NOMBRE: Huehuetenango      MUNICIPIO: Huehuetenango  
 LATITUD: 15°19'18"      LONGITUD: 91°28'10"      ALTITUD: 1902 mts.  
 AÑOS DE REGISTRO: 10

M E S	T E M P E R A T U R A S °C.					P R E C I P I T A C I O N		H U M E D A D R E L A T I V A
	M E D I A	P R O M E D I O S   D E		A B S O L U T A S		Total	Días	
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima			
Enero	17.6	20.0	15.3	24.0	11.0	3.5	1	68
Febrero	18.9	21.4	16.5	26.0	12.0	3.7	1	65
Marzo	19.6	22.0	17.1	26.0	18.0	14.9	1	65
Abril	20.3	22.6	18.1	27.0	12.0	32.0	3	67
Mayo	19.8	21.9	17.7	27.0	11.0	101.1	9	77
Junio	19.8	21.3	18.3	24.0	14.0	253.9	18	74
Julio	19.9	21.3	18.5	24.0	14.0	141.4	13	78
Agosto	20.1	21.9	18.9	24.0	15.0	147.6	15	80
Setiembre	20.0	21.6	18.4	24.0	15.0	230.1	19	82
Octubre	19.0	20.5	17.5	24.0	14.0	223.5	16	81
Noviembre	19.2	20.8	17.5	24.0	12.0	33.6	5	75
Diciembre	17.7	19.4	16.0	24.0	12.0	1.2	1	70
<b>A N U A L</b>	19.3	21.2	17.7	27.0	11.0	1118.4	96	74

ESTACION: 13.1.1  
 LATITUD: 14°50'32"  
 AÑOS DE REGISTRO: 22

NOMBRE: Quezaltenánigo  
 LONGITUD: 91°31'12"

MUNICIPIO: Quezaltenánigo  
 ALTITUD: 2333 mts.

M E S	T E M P E R A T U R A S °C.					P R E C I P I T A C I O N		HUMEDAD RELATIVA
	Media	P R O M E D I O S D E		A B S O L U T A S		Total	Días	Media
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima			
Enero	12.0	19.7	0.9	22.1	-5.1	1.0	1	80
Febrero	13.1	20.9	1.8	23.8	-5.7	1.7	1	79
Marzo	14.4	22.7	3.1	25.7	-3.5	0.5	1	75
Abril	16.6	25.0	7.0	28.9	1.9	11.2	2	81
Mayo	17.2	25.9	10.0	30.5	6.3	30.2	4	81
Junio	16.6	24.2	10.6	28.8	6.9	135.7	15	83
Julio	16.4	23.4	9.3	26.8	5.3	233.7	13	84
Agosto	17.3	23.1	9.0	25.7	4.2	167.0	16	84
Setiembre	16.2	22.4	10.0	24.3	5.9	229.6	19	86
Octubre	15.3	21.2	8.8	23.2	4.0	90.8	9	84
Noviembre	14.5	20.9	7.2	23.6	0.9	710.5	2	82
Diciembre	12.8	18.9	3.8	22.0	-4.2	2.8	1	81
A N U A L	15.2	22.4	6.8	30.5	-5.7	914.7	82	82

ESTACION: 16.1.1.  
 LATITUD: 14°33'20"  
 AÑOS DE REGISTRO: 36

NOMBRE: Antigua  
 LONGITUD: 90°43'54"

MUNICIPIO: Sacatepéquez  
 ALTITUD: 1530 mts.

M E S	T E M P E R A T U R A S °C.					P R E C I P I T A C I O N		HUMEDAD RELATIVA
	Media	P R O M E D I O S D E		A B S O L U T A S		Total	Días	Media
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima			
Enero	16.0	21.2	10.8	24.5	4.0	1.3	1	74
Febrero	17.3	22.7	11.9	26.5	7.0	1.8	1	77
Marzo	18.6	24.1	13.0	27.0	8.7	3.0	1	77
Abril	19.6	24.8	14.5	28.5	9.0	18.8	2	74
Mayo	19.7	23.9	15.4	28.0	10.0	110.8	8	74
Junio	19.2	22.4	16.0	27.0	12.0	193.9	14	73
Julio	19.2	22.7	15.6	26.0	12.0	153.1	12	74
Agosto	19.4	23.4	15.4	26.0	13.0	123.6	11	76
Setiembre	19.0	22.4	15.6	25.5	13.0	196.7	16	78
Octubre	18.5	21.7	15.0	25.0	9.0	124.1	10	75
Noviembre	17.6	21.8	13.4	25.0	9.0	29.5	2	77
Diciembre	16.5	21.0	11.9	25.0	5.5	2.5	1	76
A N U A L	18.4	22.7	14.0	28.5	4.0	959.2	78	75

ESTACION: 17.1.1  
 LATITUD: 14°57'40"  
 AÑOS DE REGISTRO: 5

NOMBRE: San Marcos  
 LONGITUD: 91°47'44"

MUNICIPIO: San Marcos  
 ALTITUD: 2398.0 m

M E S	T E M P E R A T U R A S °C.					P R E C I P I T A C I O N		H U M E D A D R E L A T I V A  Media
	Media	P R O M E D I O S D E		A B S O L U T A S		Total	Días	
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima			
Enero	8.8	16.7	0.9	18.0	-7.4	11.0	1	81
Febrero	9.0	16.1	2.0	18.0	-3.7	15.4	1	82
Marzo	10.7	18.3	3.0	20.5	-3.8	39.2	2	80
Abril	12.0	19.7	5.4	21.0	-3.2	96.0	4	80
Mayo	14.4	20.5	8.3	22.0	-1.6	302.8	14	84
Junio	14.7	21.0	8.4	22.5	3.7	409.8	22	85
Julio	14.5	20.8	8.2	22.5	2.9	314.0	19	84
Agosto	14.3	20.9	7.9	22.0	2.9	353.2	19	83
Septiembre	14.6	20.4	8.8	21.5	3.7	331.4	19	85
Octubre	13.5	18.9	8.0	20.5	0.8	247.2	15	84
Noviembre	11.3	18.0	4.5	18.5	-3.4	9.8	1	81
Diciembre	10.2	16.9	3.4	18.5	-4.3	19.0	1	80
<b>A N U A L</b>	12.4	19.0	5.7	22.5	-7.4	2198.6	118	83

ESTACION: 1.1.1.  
 LATITUD: 15°28'7"  
 AÑOS DE REGISTRO: 6

NOMBRE: Sub-Estación Cobán  
 LONGITUD: 90°22'20"

MUNICIPIO: Cobán  
 ALTITUD: 1316.91 ms.

M E S	T E M P E R A T U R A °C					P R E C I P I T A C I O N		H U M E D A D R E L A T I V A
	M E D I A	P R O M E D I O S D E		A B S O L U T A S		T O T A L	D I A S	
		M A X I M A	M I N I M A	M A X I M A	M I N I M A			
Enero	16.5	21.6	10.8	27.5	2.0	108.8	16	87
Febrero	18.5	22.1	10.3	29.9	2.0	85.7	12	83
Marzo	19.7	25.1	11.5	30.0	4.0	80.5	10	81
Abril	19.4	24.9	12.6	34.0	6.0	110.1	10	83
Mayo	20.7	25.3	14.4	29.0	5.8	152.2	16	84
Junio	20.4	24.6	15.4	28.5	10.8	317.9	23	85
Julio	19.6	24.2	14.9	26.8	8.8	296.1	23	87
Agosto	20.1	24.6	14.4	27.0	8.0	218.2	23	85
Septiembre	20.5	24.7	15.1	28.0	11.0	298.8	24	86
Octubre	20.2	23.2	14.6	26.8	9.5	302.5	23	88
Noviembre	17.0	21.9	12.5	28.0	6.0	211.0	19	87
Diciembre	16.9	22.6	11.0	27.0	0.5	186.1	18	86
<b>A N U A L</b>	19.1	23.7	13.1	34.0	0.5	2367.9	217	85

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**



**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

Se evidencia en este trabajo de tesis la efectividad de los calentadores solares, con colectores planos, para nuestro medio, por su sencillez, eficiencia y funcionabilidad.

Todo esto sumado a la disponibilidad de energía Solar en el territorio de Guatemala que es amplia y las condiciones climatológicas en la mayor parte de lugares permite el aprovechamiento fácil para su uso, sin mayores complicaciones técnicas; se realza la importancia que debemos prestar a la energía Solar.

No es recomendable el uso de colectores parabólicos o de concentración, pues son más caros y además requieren de una graduación periódica de la superficie reflectiva sobre el foco, pues son efectivos únicamente para absorber la radiación directa y debido a que la radiación difusa proviene de diferentes direcciones, prácticamente es despreciable en este sistema de colectores.

El análisis económico efectuado en esta tesis demuestra la economía de los colectores Solares para agua y su tendencia a mejora, lo que hace posible su uso en la actualidad en forma rentable, práctica y efectiva.

Es recomendable que tanto Arquitectos, Ingenieros y Constructores aprovechen el uso de estos sistemas

Solares, integrándolos al diseño de sus construcciones, utilizándolos como parte de techos y/o paredes orientadas perfectamente para su mejor rendimiento.

De una manera especial se recomienda a las autoridades relacionadas con la Energía Solar, la investigación y uso de dicha energía, para aprovecharla no sólo en el campo de los calentadores de agua de uso doméstico sino en el área de Agricultura (secadoras de granos y madera, deshidratadores etc...) también en desarrollo de plantas eléctricas Solares, para uso en comunidades rurales que carecen de servicio eléctrico y de esta forma contrarrestar la inflación y fuga de divisas en energéticos. Así también en la calefacción de edificios o casas de habitación.

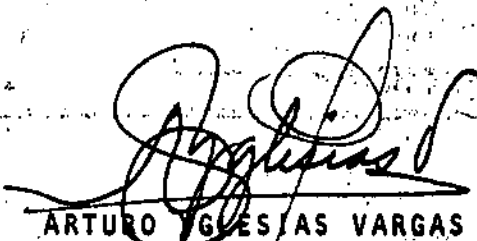
En fin podemos ocupar la Energía Solar en tantas cosas, que sería interminable enumerarlas, pero creo que las principales en el área de la Arquitectura son las mencionadas anteriormente.

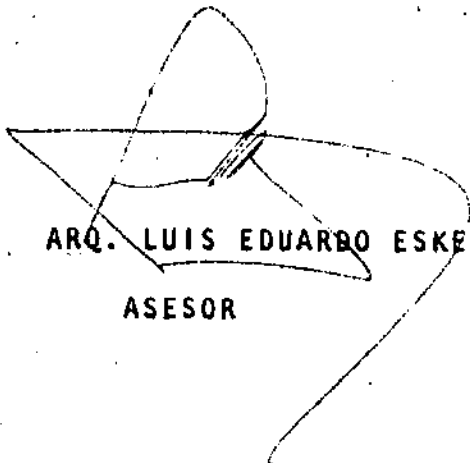
# **BIBLIOGRAFIA**

BIBLIOGRAFIA

1. Actas del Congreso UNESCO sobre Energía Nuclear, Celebrado en Roma en 1961.
2. Ashrar. APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR. Montreal, Canadá. 1974.
3. Chauliaguet, Ch. Arquitecto. LA ENERGIA SOLAR EN LA EDIFICACION. Barcelona, España. 1979.
4. Duffie and Beckman. SOLAR ENERGY THERMAL PROCESSES. New York. U. S. A. 1974
5. Farber, E. A. ARTICULOS SOBRE ENERGIA SOLAR. Universidad de Florida, U. S. A. 1978.
6. Farrington Daniel. USO DIRECTO DE LA ENERGIA SOLAR. Madrid, España. 1978.
7. Ruano P., Manuel E. Ingeniero. PROYECTO SOBRE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos, Guatemala. - 1977.

8. Salazar R., Humberto Ingeniero. ALGUNAS CARACTERISTI  
CAS DE LA RADIACION SOLAR EN GUATEMALA. Facul-  
tad de Ingenierfa. Universidad de San Carlos, -  
Guatemala. 1978.

  
ARTURO GESTAS VARGAS  
SUSTENTANTE

  
ARQ. LUIS EDUARDO ESKENASY  
ASESOR

IMPRIMASE:

  
ARQ. MIGUEL ANGEL SANTA CRUZ  
DECANO EN FUNCIONES