



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CÁLCULO DEL SISTEMA DE  
PRECALENTAMIENTO SOLAR  
INSTALADO EN EL HOSPITAL GENERAL  
REGIONAL DEL IMSS UBICADO EN  
TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO**

PRESENTA

**ALEJANDRO RAMOS ROJAS**

Director de Tesis:

DR. ARMANDO ROJAS MORÍN

2011





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.

**A mi mamá Rita:**

Porque este esfuerzo no ha sido sólo mío, éste triunfo también te pertenece; por todas esas noches que te desvelaste, por todas esas desmadrugadas que te dabas para que yo estuviera listo para irme a la escuela, gracias porque a pesar de que estuvieras cansada siempre te despertabas antes que yo para hacerme el desayuno, porque siempre me cuidaste cuando estuve enfermo, gracias por todos los años que procuraste que nunca me faltara nada, por todas esas innumerables cosas que hiciste para darme lo mejor. Solamente tú sabes el esfuerzo que has hecho para ayudarme a llegar aquí, a este momento de mi vida. Gracias por enseñarme como ser un hombre de bien, gracias por mostrarme como llevar una vida recta, gracias porque sin ti yo no sería lo que soy hoy en día y no estaría aquí viviendo éste maravilloso momento. Gracias por todo lo que me diste y lo que me enseñaste, por compartir tu vida conmigo y dedicarla a mi bienestar, gracias por ser la mejor mamá que alguien pudiera desear, gracias por escogerme para ser tu hijo, gracias por ser mi mamá. Espero que hoy te sientas tan orgullosa de que sea tu hijo como yo estoy de que seas mi mamá.

**A mi mamá Ana:**

Porque sin ti éste momento tampoco hubiera llegado. Por todos los años que me brindaste lo que necesitaba, por siempre confiar en mí, porque gracias a ti y a tu esfuerzo es que hoy he logrado alcanzar esta meta. Por sacarme adelante en todo este tiempo, porque eres una mujer admirable que ha llevado a su familia lo mejor que ha podido. Por tu apoyo en todo momento y por preocuparte por mí, por considerarme tu hijo mayor y por tantas cosas que son imposibles de numerar, gracias mamá.

**A mi mamá Sara:**

Porque siempre estuviste ahí para apoyarme, para brindarme una visión diferente de las cosas y gracias a ello soy un mejor hombre. Por tus consejos que siempre me guiaron a tomar las mejores decisiones, por ser siempre el destino predilecto para las vacaciones de cualquier niño y por recibirme con gusto, gracias mamá.

**A mi papa Benja:**

Porque a pesar de que te perdí hace ya tantos años aún vives en mi corazón y en mis recuerdos; porque sé que sin tu apoyo y tu firme decisión hace tantos años, no hubiera tenido la vida tan maravillosa que he llevado y éste instante que estoy viviendo jamás hubiera sucedido y porque sé que donde quiera que estás, te encuentras muy orgulloso de mí.

### **A mi papá Jaime:**

Papá, sabes que para mí tu eres lo máximo, eres todo lo que yo quiero llegar a ser en la vida. Eres mi modelo a seguir, mi ídolo más grande en todos los aspectos y deseo con todo mi ser que estés orgulloso de mí, que sigas presumiendo que soy tu hijo así como yo les presumo a todos de mi papá Jaime. Gracias por siempre estar ahí, por nunca negarme un partido de dominó, una ida al campo o una buena plática. Espero algún día lograr ser alguien tan admirable, honorable y sobresaliente como tú, que mis hijos me vean así como yo te veo, como un ideal de lo que quieren ser en la vida, ser su héroe así como tú lo eres para mí. Por todo eso y mucho más, gracias papá.

### **A mi tío Arturo.**

Por todo tu apoyo a lo largo de la carrera, porque la admiración que siento por ti fue lo que encaminó en esta dirección y fue el mejor camino que pude escoger. Por toda la ayuda que me has brindado en tantos aspectos, todos los proyectos que hemos emprendido juntos, tus consejos, tu cariño sin fin. Gracias.

### **A mi Bibi:**

Gracias por siempre estar ahí para mí, por todo el amor y la comprensión que me brindas, por soportar mis ataques de estrés a lo largo de la carrera y de la realización de éste trabajo; por ser una constante en mi vida y por enseñarme que absolutamente todo es posible si uno de verdad lo desea y se esfuerza por alcanzarlo; por ser mi amiga, mi confidente, mi paño de lágrimas, mi felicidad. Gracias por todos los bellos momentos que hemos vivido y que por siempre llevaré en el corazón. Gracias por siempre escuchar lo que tengo que decir, por siempre estar atenta a mis historias y anécdotas y por formar nuevas conmigo, por compartir conmigo la alegría de vivir. Aún nos queda mucho sendero que recorrer, pero sé que nos será muy sencillo si vamos juntos.

Gracias por haberte cruzado por segunda vez en mi camino, gracias por llegar a mí en el momento preciso para darme inspiración y una razón para superarme día a día. Gracias porque hoy que termina una etapa más de mi vida, estás a mi lado, gracias por ser en mi vida algo más que un instante, algo más que una sombra y algo más que un afán.

### **A Sarita y a Lala:**

Porque siempre han estado ahí para escucharme y apoyarme, por todos esos momentos en los que más que mis hermanas fueron mis amigas, gracias por estar siempre dispuestas a brindarme un abrazo, una palmada en la espalda, una porra y un consejo que a veces tanta falta hace.

Gracias por no expulsarme de la hermandad tantas veces como merecía y gracias por reingresarme cuando se daban cuenta de que la hermandad no está completa sin todos sus miembros. Gracias por todo su cariño y apoyo que a lo largo de tantos años he recibido. Gracias.

#### **A Mao, Adrián y Mary.**

Porque todas esas aventuras que vivimos juntos siempre estarán en mi memoria y en mi corazón como una de las etapas más felices de mi vida. Gracias por ser esos amigos en quienes siempre puedo confiar y por ser los más fieles compañeros de aventuras, sea en el campo, en las gradas, en la Luna, en San Juan, en los tubos, en el monte, en el canal, etc. Gracias por todo, saben que en mí, además de su hermano mayor, siempre tendrán un apoyo y un amigo incondicional a quien recurrir.

#### **A mis compas:**

Eduardo, Héctor Marisol y Rosa; gracias por ser esos compas que se encuentran una sola vez en la vida, por no permitir que la distancia atenúe esa amistad que surgió hace tantos años ya, por siempre estar ahí en cualquier momento que los necesite. Por todas las tardes en las maquinitas, por todas las empanadas de Don Beto, por tantas cosas que son imposibles de mencionar, por su apoyo incondicional y por su amistad, gracias amigos.

Foxito, nuestra amistad surgió un poco más violenta y golpeada en el campo de batalla, sin embargo es tan fuerte como ninguna otra cosa que exista. A tu lado aprendí a nunca darme por vencido sin importar nada y ésta ha sido de las enseñanzas que más me han valido en la vida y creo que es de las que más valdrán. Ha sido una fortuna conocerte y más que nada compartir victorias y derrotas a lado de un amigo tan fiel como tú. Gracias.

Pipe, Mane, Nájera, Jhonny, Ochoa, Juan Oliva, Andy, Jhonny Brave, Tavo, Ocaña, Eddie Val Halen, Faity, con todos ustedes compartí muchos momentos en todo este camino, con cada uno viví cosas muy diferentes, reí con por diferentes razones y me preocupé por otras tantas, sin embargo, la estima que les tengo es la misma. De todos me llevo hermosos recuerdos que perdurarán toda la vida. Gracias por acompañarme en este trayecto.

#### **A la Ing. Guadalupe Barrientos:**

Lupita, muchas gracias por todo tu apoyo y tus enseñanzas, este trabajo sin ti hubiese sido imposible de realizar. Gracias de todo corazón.

**A mi director de Tesis:**

**Dr. Armando Rojas Morín.**

Gracias profesor por apoyarme en la realización de éste trabajo, por su tiempo, paciencia, consejos y dedicación. Por su invaluable asesoría y apoyo en todo el tiempo que tomó la realización de esta Tesis, gracias

**A mis Sinodales.**

Por enriquecer esta Tesis con sus comentarios y observaciones, gracias por contribuir al éxito de este trabajo.

**A la Universidad Nacional Autónoma de México**

Por ser mucho más que mi alma máter, por brindarme la oportunidad de formarme bajo sus aulas y por otorgarme el orgullo que es poseer el azul y el oro en las venas.

**A mi querida Facultad de Ingeniería**

Porque como ella no existe otra igual. Porque en sus salones encontré alegrías, orgullos, retos, satisfacciones, victorias. Porque es la máxima expresión de Ingeniería en el país y por permitirme ser un orgulloso egresado de sus aulas. Por tener a los mejores profesores que puedan existir, por tener instalaciones de un nivel que nadie más tiene, porque la satisfacción de decir soy egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM no se compara con nada y pocos tienen la fortuna de experimentarla. Gracias.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	4
Objetivos	5
Estructura del Trabajo	5
Justificación	7
<b>CAPÍTULO 1.- ANTECEDENTES</b>	9
1.1 Movimiento de Traslación	11
1.2 Movimiento de Rotación	13
1.3 Sistemas de referencia	16
1.3.1 Coordenadas Geográficas	16
1.3.2 Coordenadas Celestes Horizontales	18
1.3.3 Coordenadas Horarias	19
1.4 Definiciones de Tiempo	22
1.5 Posición Solar	25
1.6 Irradiación	27
1.6.1 Irradiación recibida por una superficie	27
1.6.2 Irradiación Solar Extraterrestre sobre una superficie horizontal.	29
1.6.3 Componentes de la radiación	32
<b>CAPÍTULO 2.- COLECTORES SOLARES PLANOS</b>	34
2.1 Colectores Solares	35
2.2 Tipos de circulación	40
2.3 Materiales del colector solar instalado	44
<b>CAPÍTULO 3.- METODOLOGÍA TÉCNICA PARA ESTIMAR LOS REQUERIMIENTOS DEL COLECTOR</b>	45
3.1 Descripción general del Hospital	46
3.2 Metodología técnica empleada	51
<b>CAPÍTULO 4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	61
4.1 Consumos Horarios por piso	62
4.2 Volumen de agua a calentar	67
4.3 Cantidad de calor requerido	68
4.4 Numero requerido de colectores	70
4.5 Ahorro de Gas L.P.	70
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	87
<b>REFERENCIAS</b>	90
<b>ANEXO</b>	94
Especificaciones Técnicas del Colector Solar Plano utilizado	
<b>GLOSARIO</b>	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Distancia media de la Tierra al Sol	11
Figura 1.2	Posición de la Tierra sobre su órbita	12
Figura 1.3	Movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol	13
Figura 1.4	Cambios anuales en la posición del Sol en el cielo	15
Figura 1.5	Coordenadas geográficas	16
Figura 1.6	Coordenadas celestes horizontales	18
Figura 1.7	Coordenadas celestes horarias	19
Figura 1.8	Variación anual de la declinación	20
Figura 1.9	Planos del ecuador y la eclíptica	21
Figura 1.10	Cambios anuales en la posición del Sol en el cielo	23
Figura 1.11	Declinación Solar	26
Figura 1.12	Ángulos de incidencia de los rayos solares sobre una superficie	27
Figura 1.13	Componentes de la radiación global incidente sobre una superficie inclinada	32
Figura 1.14	Irradiación Solar Total Anual en una superficie plana	33
Figura 2.1	Colector de placa plana	36
Figura 2.2	Colector Solar de aire	37
Figura 2.3	Colector de tubos de vacío	38
Figura 2.4	Colector solar esférico	39
Figura 2.5	Esquema de circulación natural	40
Figura 2.6	Esquema de circulación forzada	41
Figura 2.7	Esquema de circulación del colector instalado en el hospital	42
Figura 2.8	Partes del colector	44
Figura 3.1	Área representativa de la planta baja	47
Figura 3.2	Área representativa del primer nivel	48
Figura 3.3	Área representativa del segundo nivel	49
Figura 3.4	Área representativa del tercer nivel	50
Figura 4.1	Conexión en serie	71
Figura 4.2	Conexión en paralelo	71
Figura 4.3	Conexión en mixta	72
Figura 4.4	Cantidad de muebles sanitarios en la planta baja	74
Figura 4.5	Gasto en litros por hora de la planta baja	75
Figura 4.6	Cantidad de muebles sanitarios en el primer nivel	76
Figura 4.7	Gasto en litros por hora del primer nivel	76
Figura 4.8	Cantidad de muebles sanitarios en el segundo nivel	77
Figura 4.9	Gasto en litros por hora del segundo nivel	77
Figura 4.10	Cantidad de muebles sanitarios en el tercer nivel	78
Figura 4.11	Gasto en litros por hora del tercer nivel	78
Figura 4.12	Demanda de agua caliente de servicios por piso	79
Figura 4.13	Comparación de tecnologías	80
Figura 4.14	Vista planta de la azotea	81
Figura 4.15	Isométrico de la elevación de la azotea	82
Figura 4.16	Elevación Oriente-Poniente	84
Figura 4.17	Elevación Oriente-Poniente	84
Figura 4.18	Elevación Sur-Norte	85
Figura 4.19	Elevación Sur-Norte	85
Figura 4.20	Tanque de almacenamiento de agua precalentada	86
Figura 4.21	Vista planta	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Declinaciones características mensuales	31
Tabla 2.1 Materiales del colector	43
Tabla 2.2 Dimensiones del colector	43
Tabla 2.3 Datos complementarios del colector	44
Tabla 3.1 Unidades Mueble	52
Tabla 3.2 Unidades Mueble	53
Tabla 3.3 Consumo horario probable	54
Tabla 3.4 Consumo horario probable	55
Tabla 3.5 Factor de demanda	56
Tabla 3.6 Irradiación Solar Mensual de Tlajomulco	59
Tabla 4.1 Consumo horario de agua caliente de la planta baja	62
Tabla 4.2 Consumo horario de agua caliente del primer piso	63
Tabla 4.3 Consumo horario de agua caliente del segundo piso	64
Tabla 4.4 Consumo horario de agua caliente del tercer piso	65
Tabla 4.5 Consumo horario de agua caliente de Medicina Física	66
Tabla 4.6 Concentrado de todos los pisos del hospital	66
Tabla 4.7 Coeficientes de la ecuación 3.1	67
Tabla 4.8 Coeficientes de la ecuación 3.3	68
Tabla 4.9 Coeficientes de la ecuación 3.5	68
Tabla 4.10 Coeficientes de la ecuación 3.6	69
Tabla 4.11 Coeficientes de la ecuación 3.8	70
Tabla 4.12 Concentrado de resultados	73

# INTRODUCCIÓN

## **OBJETIVOS**

El objetivo principal del presente trabajo es obtener el volumen diario requerido de agua precalentada por medio de colectores solares planos. Dicha agua se utilizará para los servicios sanitarios del Hospital General Regional del IMSS ubicado en Tlajomulco de Zúñiga en Jalisco.

Los objetivos particulares del presente trabajo son:

- Obtención del volumen del depósito de agua precalentada requerida. El agua se calentará por medio de colectores solares planos para ser almacenada en un tanque aislado térmicamente para después ser enviada a las calderas cuando se requiera para los diferentes servicios.
- Obtención de la cantidad de Calor requerido para elevar la temperatura del volumen de agua del tanque de almacenamiento desde la temperatura ambiente a una temperatura de 50[°C].
- Obtención de la cantidad de colectores solares planos necesarios para precalentar dicho volumen de agua.
- Estimación del ahorro anual del gas L.P. en [/] utilizando el sistema de precalentamiento por medio de los colectores solares planos.

## **ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

Para alcanzar los objetivos planteados, se dividió el trabajo en los siguientes capítulos:

En el capítulo 1, se presentan de forma general los diferentes factores que afectan la cantidad de energía que recibe el planeta Tierra en los diferentes puntos sobre su superficie. Del mismo modo se aborda la forma en que los centros de investigación y recolección de datos alrededor del mundo calculan la tasa de incidencia de dicha energía por unidad de área.

En el capítulo 2, se describe lo que es un colector solar plano y su clasificación. En seguida se expone el funcionamiento de los colectores solares más utilizados para la producción de agua caliente sanitaria.

Las características físicas del colector utilizado se detallan en el capítulo 3. En principio se describen los tipos de circulación del fluido que existen en los equipos

del mercado y la forma de operación de éstos. En seguida, se detalla la propuesta que se hizo al hospital tanto en su modo de operación como en los materiales que lo constituyen. También se muestran dimensiones físicas del colector, un esquema de circulación del flujo de agua del colector al tanque de almacenamiento y un esquema de las partes que conforman al colector.

En el capítulo 4, se plantea la metodología técnica que se utilizó para cumplir satisfactoriamente los objetivos del trabajo así como todas las tablas y ecuaciones que se utilizaron en el proceso.

En el capítulo 5, se explican las áreas con las que cuenta el hospital, se hace un conteo de los muebles sanitarios existentes en el edificio, con base en la metodología del capítulo 4 se reporta un consumo horario y se obtienen los resultados que satisfacen los objetivos, de igual forma se realiza un análisis de dichos resultados y se presentan planos de las zonas más representativas del hospital, planos de la instalación del sistema de precalentamiento y, de manera gráfica, el comportamiento del requerimiento de agua por piso y por cada mueble existente en el hospital.

Por último, se presentan las conclusiones derivadas del trabajo, así como las recomendaciones resultantes del análisis realizado a lo largo del desarrollo del proyecto. Se reportan los datos duros que se obtuvieron en el presente trabajo y se aterrizan los conceptos para ser aplicados.

## JUSTIFICACIÓN

Se está viviendo un significativo cambio climático causado por el aumento de concentraciones de gases invernadero tales como el dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos. Estos gases están atrapando una porción creciente de radiación infrarroja terrestre y se espera que causen un aumento de la temperatura planetaria entre 1,5 [°C] y 4,5 [°C], lo cual sería desastroso para el planeta [20].

Por todos los efectos que se pueden presentar si se continúa aumentando los niveles de estos gases, se ha optado por disminuir la quema de combustibles fósiles y la mayoría de organizaciones gubernamentales y descentralizadas se han inclinado por utilizar las llamadas energías verdes.

Energías verdes es un término que describe a la energía generada a partir de fuentes de energía primaria respetuosas del medio ambiente. Esto quiere decir que son renovables y que su obtención no necesariamente genera subproductos que puedan afectar de un modo negativo a los ecosistemas. Este tipo de energía permite disminuir la dependencia de fuentes tradicionales de energía, concretamente, los combustibles fósiles.

Existen muchos tipos de energías verdes: Eólica, geotérmica, solar, mareomotriz etc., aunado a sus ventajas ambientales, existen también ciertas ventajas económicas atribuibles a este tipo de energía pues al ya no depender tanto de los combustibles, a lo largo del tiempo existe un ahorro sustancial para quien decida optar por este tipo de recurso, cuyo único costo es el inicial y el de mantenimiento pues su uso, no conlleva ningún gasto extra. Es importante mencionar que la inversión inicial en algunos casos es muy elevada, sin embargo, si el equipo se ha diseñado de forma correcta y se ha operado como es debido, es factible recuperar esa inversión inicial en diversos lapsos de tiempo dependiendo de la opción que se haya elegido. La decisión de qué tipo de fuente energética debe utilizarse en cada caso debe ser tomada en base a consideraciones económicas, ambientales y de seguridad. Es ampliamente aceptado que la energía solar debe ser utilizada en mayor medida que otros tipos de energías renovables por el bajo impacto ambiental que conlleva su aprovechamiento y por el riesgo nulo que representa la operación de los equipos necesarios en comparación con los demás.

La energía solar es la energía obtenida directamente del sol. Gracias a diversos procesos, la energía solar se puede transformar en otra forma de energía útil para la actividad humana: en calor, energía eléctrica o en biomasa.

La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar, o directamente, a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo. La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud.

El hecho de que la Tierra sea redonda hace que los rayos solares se reciban con diferente inclinación según la latitud de la zona que se considere. La cantidad de energía recibida va disminuyendo a medida que se avanza hacia los polos debido al menor ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre.

Cabe destacar que por el ángulo de inclinación del planeta, la incidencia de los rayos en una zona concreta varía respecto a las estaciones del año. En los observatorios meteorológicos, en lugar de medir la energía recibida se registran las horas de sol diarias y reuniendo los datos se puede establecer la insolación mensual o anual.

En México, los estados que más insolación promedio reciben son: Chihuahua, con una tasa de  $6.7 \frac{kWh}{m^2 \cdot dia}$ , Sonora con  $6.5 \frac{kWh}{m^2 \cdot dia}$  y Baja California Sur con un promedio de  $5.7 \frac{kWh}{m^2 \cdot dia}$  mientras que en Jalisco, es de  $5.6 \frac{kWh}{m^2 \cdot dia}$  [7].

Por lo anterior, en el Hospital General Regional del IMSS “Tlajomulco”, se implementó el sistema de Pre calentamiento Solar utilizando para ello colectores solares planos fomentando así el uso de tecnología sustentable en el sector hospitalario disminuyendo por consiguiente el consumo de energía proveniente de combustibles fósiles.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

El origen y prevalencia de la raza humana está basada en la energía solar. Los procesos más básicos que le dan vida a la Tierra como la fotosíntesis y el ciclo natural del agua son regidos por dicha fuente de energía. Desde el inicio de su historia, la humanidad se dio cuenta de que el buen uso de la energía proveniente del Sol es para su propio beneficio. Durante los últimos 40 años se ha creado equipo especializado para fortalecer el uso de la energía solar como fuente alternativa de energía.

La radiación electromagnética proveniente del Sol es la fuente de energía más limpia y abundante que disponemos los seres vivos. Sin embargo, la dispersión y discontinuidad de dicha radiación dificultan notablemente su aprovechamiento, lo que la sitúa en desventaja en relación con otros tipos de fuentes energéticas. Este recurso renovable puede ser transformado directamente en energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas hechas de materiales semiconductores; puede utilizarse para calentar agua para uso sanitario e incluso transformarse indirectamente mediante un fluido de trabajo en energía cinética para mover turbinas y así producir energía eléctrica a gran escala.

Es un tipo de energía que no necesariamente genera residuos y a diferencia de los problemas que pueden causar el uso de maquinaria para aprovechar otros tipos de energía verde, los paneles solares no afectan considerablemente a la fauna que los rodea.

Uno de los mayores problemas para el uso de energía eléctrica fotovoltaica a gran escala es la relativamente baja densidad energética. Como resultado de dicha limitante, es necesaria un área muy grande para ser capaz de desarrollar una producción significativa. Contrario a esto, los lugares que tienen una extensión significativa con una tasa de insolación elevada<sup>1</sup>, se encuentran alejados de la mayoría de los usuarios potenciales por lo cual las ventajas económicas quedan reducidas. Por otro lado, el uso de la energía solar para calentar agua a nivel doméstico queda limitado sólo por la superficie libre para la instalación con la que la construcción cuenta y claro está, por las condiciones climáticas dominantes en el lugar en que se encuentre dicha edificación.

---

<sup>1</sup> Desiertos como el de Sonora o los desiertos africanos

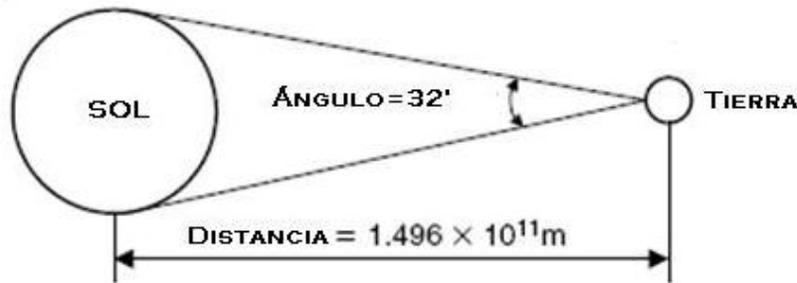
## 1.1 MOVIMIENTO DE TRASLACIÓN

La Tierra al igual que el resto de los planetas, gira en torno al Sol describiendo una órbita elíptica con el astro Rey ubicado en uno de sus focos. El eje mayor de dicha elipse descrita por la Tierra se denomina línea de los ápsides, siendo sus extremos el perihelio<sup>2</sup> y el afelio<sup>3</sup>. El plano que contiene la órbita de la Tierra se denomina Plano de la eclíptica.

La distancia media de la Tierra al Sol  $r_0$  (figura 1.1) define una unidad de longitud denominada unidad astronómica UA. Dicho valor está indicado por la ecuación 1.1.

$$r_0 = 1,495979 \times 10^8 [\text{km}] = 1 [\text{UA}] \quad (1.1)$$

La excentricidad de la elipse, es decir, la razón entre la distancia del centro de la elipse a un foco y el semieje mayor es igual a 0.017 aproximadamente.



**Figura 1.1 Distancia media de la Tierra al Sol.** Fuente: adaptado de [16]

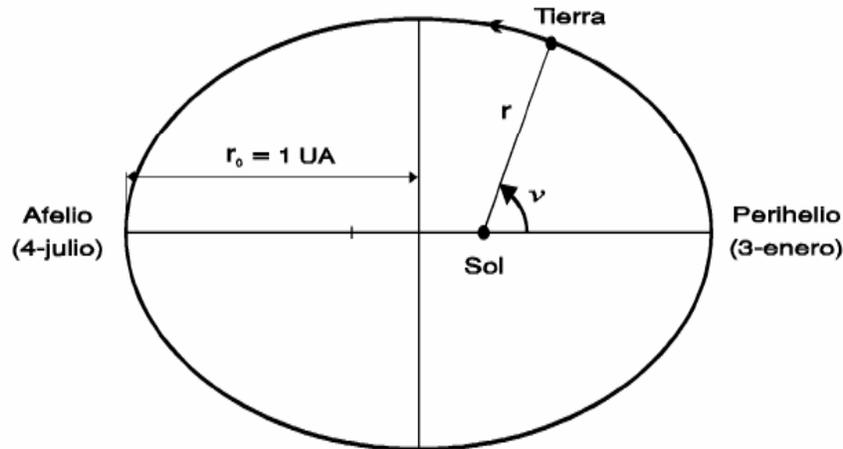
Al ser esta excentricidad tan pequeña, la órbita terrestre, por practicidad se considera una circunferencia de radio  $r_0$ .

Sin embargo a lo largo del año, la distancia Tierra-Sol varía en una magnitud considerable (figura 1.2) entre un valor mínimo de 0.93 [UA] en el perihelio (aproximadamente el día 3 de enero) y un valor máximo de 1.017[UA] en su paso

<sup>2</sup> Punto de la órbita terrestre más próximo al Sol

<sup>3</sup> Punto de la órbita terrestre más lejano al Sol

por el afelio (aproximadamente el 4 de julio). Estas variaciones originan una oscilación anual de un  $\pm 3\%$  en la cantidad de radiación solar recibida por la Tierra.



**Figura 1.2 Posición de la Tierra sobre su órbita.** Fuente: [23]

De igual forma, el movimiento orbital de la Tierra no es uniforme a lo largo del año. La velocidad lineal promedio es de aproximadamente  $29.8 \frac{km}{s}$ , siendo máxima en el perihelio y mínima en el afelio. Para conocer la distancia Tierra-Sol un día cualquiera del año, las expresiones más usadas son:

$$E_0 = 1.000110 + 0.034221 \cos \Gamma + 0.001280 \sin \Gamma + 0.00719 \cos 2\Gamma + 0.000077 \sin 2\Gamma \quad (1.2)$$

Donde

$$E_0 = \frac{r_0}{r} \quad \text{Relación de distancias}$$

$r$  Es la distancia Tierra-Sol del día  $n$  del año a partir del 1 de Enero

$r_0$  Es la distancia media Tierra-Sol

$$\Gamma = \frac{2\pi}{365} (n-1) \quad \text{Es el ángulo del día en radianes} \quad (1.3)$$

o bien

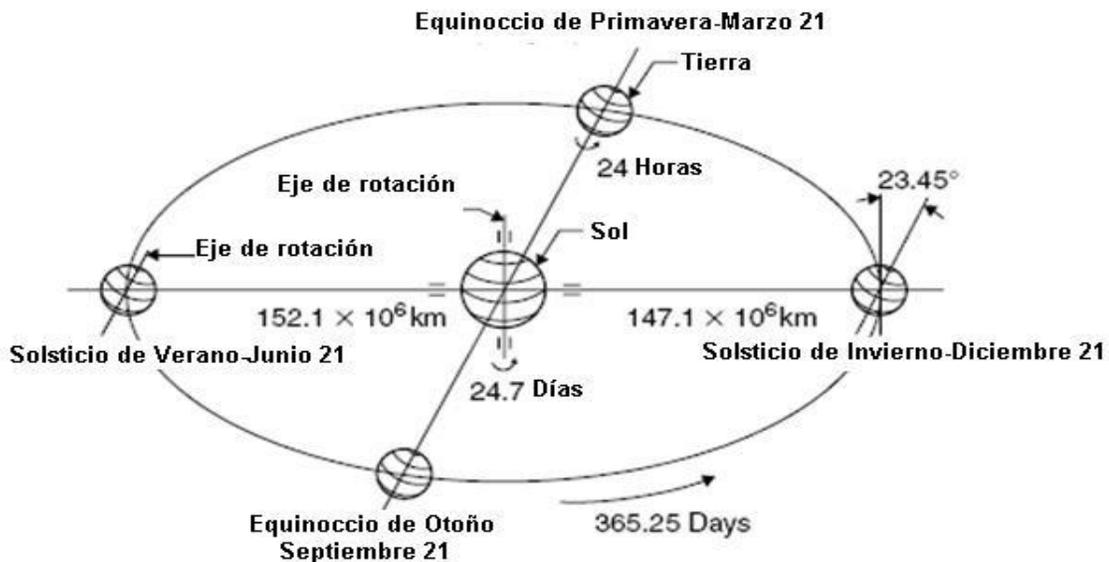
$$E_0 = 1 + 0.033 \cos \frac{2n}{365} \quad (1.4)$$

## 1.2 MOVIMIENTO DE ROTACIÓN

En paralelo al movimiento de traslación, la tierra gira sobre un eje que pasa por los polos, en un movimiento de rotación que puede suponerse por completo uniforme. El período de rotación de la tierra, es decir, el tiempo que tarda el cuerpo celeste en dar una revolución sobre sí mismo, es poco menor a un día, aproximadamente 23 horas 56 minutos 44 segundos. El plano normal al eje de rotación que pasa por el centro de gravedad de la Tierra se denomina plano del ecuador.

El eje de rotación de la Tierra no es perpendicular al plano de la eclíptica, esto da origen a las estaciones del año y a la duración desigual de los días y las noches. Debido a dicha duración desigual, cada 4 años es agregado un día más al mes de Febrero. Durante el movimiento de traslación alrededor del sol, el eje de rotación de la Tierra se desplaza sobre sí mismo, conservando invariable su dirección en el espacio y formando siempre el mismo ángulo  $\epsilon$  con la normal al plano de la eclíptica.

Este ángulo se denomina oblicuidad de la eclíptica y su valor es de  $23^{\circ}27.14$  minutos ( $23.45^{\circ}$ )



**Figura 1.3** Movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol.

*Fuente: adaptado de [16]*

Dicha oblicuidad permite marcar sobre la órbita terrestre ciertos puntos muy particulares. Para poder definir dichos puntos, se debe considerar un plano que pase por el centro geométrico del Sol y que al mismo tiempo sea normal al eje de rotación de la Tierra. La intersección de este plano paralelo al ecuador, con el plano de la eclíptica recibe el nombre de “línea de los equinoccios” y determina sobre la órbita terrestre dos puntos conocidos como equinoccio de primavera y equinoccio de otoño. Es importante mencionar que el equinoccio de primavera también es conocido como “punto vernal” y con frecuencia se utiliza en astronomía como punto de referencia pues su posición puede determinarse con gran precisión.

Del mismo modo, si se traza una perpendicular en el plano de la eclíptica por el centro del Sol a la línea de los equinoccios, ésta línea será la “línea de los solsticios” cuya intersección con la órbita terrestre da lugar a otros dos puntos denominados solsticio de invierno y solsticio de verano. Dichos puntos se encuentran señalados en la figura 1.3

Cuando la Tierra está situada sobre los equinoccios<sup>4</sup>, el Sol se encuentra sobre el plano del ecuador, como consecuencia, la duración de la noche es igual a la duración del día natural de luz en todos los lugares de la Tierra. Cuando se acerca el solsticio de verano<sup>5</sup>, el Sol ilumina de forma más directa al hemisferio norte, y es en ese punto donde el Sol alcanza su máxima inclinación respecto al plano del ecuador. Seis meses más tarde, en el Solsticio de Invierno<sup>6</sup>, la situación anterior se invierte pues el hemisferio Sur es el más iluminado<sup>7</sup>.

---

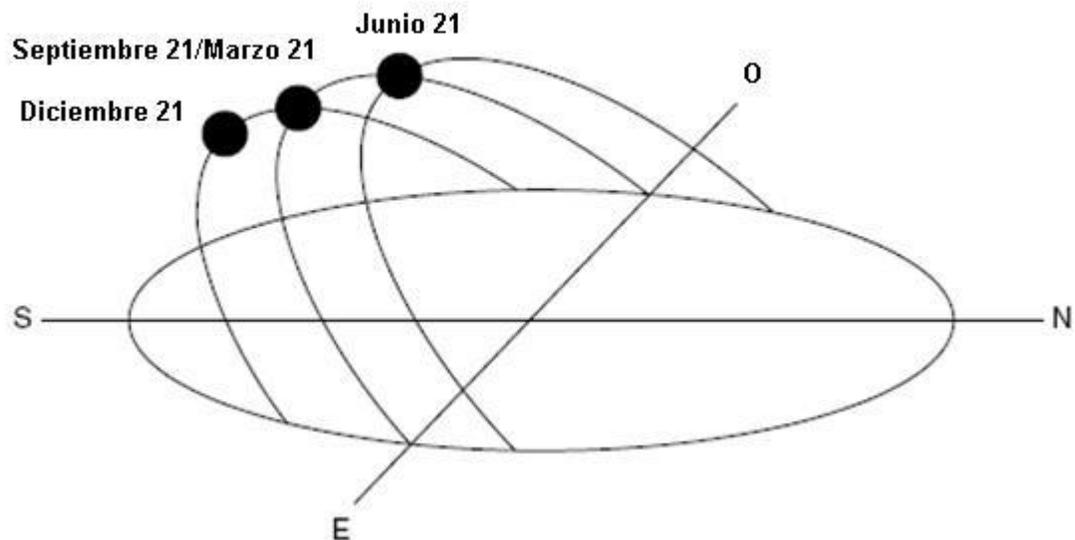
<sup>4</sup> Ocurrencia aproximada los días 21 de Marzo y 22 de Septiembre

<sup>5</sup> Aproximadamente el 21 de Junio

<sup>6</sup> Cercano al 22 de Diciembre

<sup>7</sup> En los Solsticios la diferencia entre día natural de luz y la noche es máxima

La posición del Sol en el cielo cambia hora a hora y día a día. Es de conocimiento universal que el astro rey se encuentra más alto en el cielo en el verano que en el invierno. Los movimientos relativos del Sol no son simples, sin embargo son sistemáticos y por lo tanto predecibles.



**Figura 1.4 Cambios anuales en la posición del Sol en el cielo.**

*Fuente: adaptado de [16]*

El movimiento aparente más obvio es cuando el Sol se desplaza diariamente en un arco en el cielo, alcanzando su punto más alto al medio día.

Así como el invierno se convierte en primavera, luego en verano para después ser otoño, los puntos del amanecer y de la puesta de Sol se desplazan hacia el norte en el horizonte. Este desplazamiento se encuentra representado por la figura 1.4

Esta rotación es la causa de la visibilidad o no del Sol desde un determinado lugar de la Tierra (día y noche) y, como consecuencia, proporciona la definición de tiempo solar en relación a la posición angular relativa observador-Sol.

### 1.3 SISTEMAS DE REFERENCIA

#### 1.3.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Por conveniencia, la Tierra es considerada una esfera cuyo plano perpendicular al punto medio del eje determina una circunferencia llamada ecuador terrestre. Los planos normales al ecuador y que por consiguiente convergen en los polos se denominan planos meridianos y determinan sobre la esfera terrestre circunferencias denominadas meridianos terrestres. De igual forma, los planos paralelos al ecuador terrestre forman circunferencias llamadas paralelos (figura 1.5).

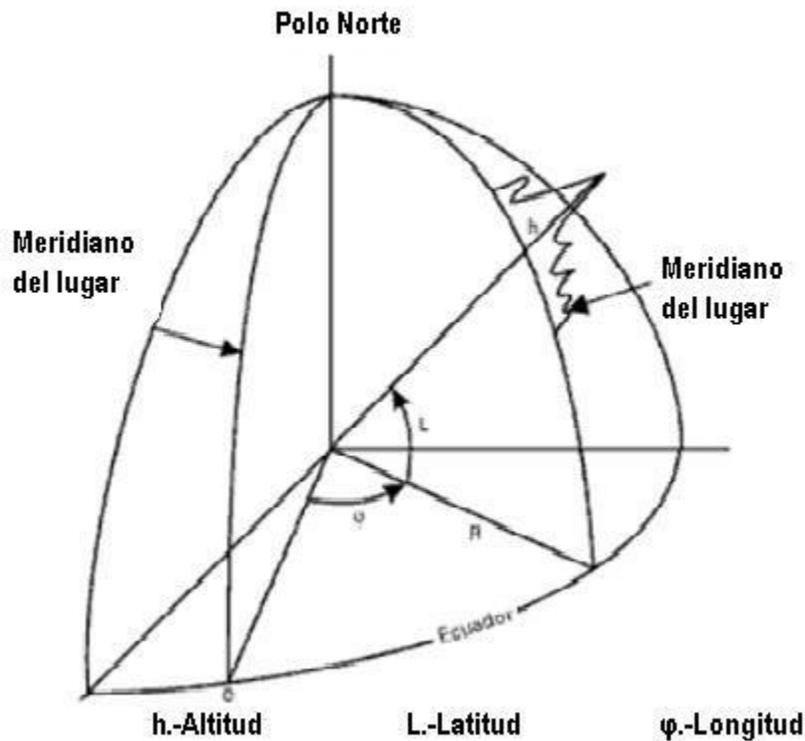


Figura 1.5 Coordenadas geográficas. Fuente: [3]

Las definiciones anteriores son utilizadas para ubicar un punto cualquiera sobre la superficie terrestre, el cual queda determinado por sus coordenadas geográficas:

- Longitud  $\lambda$ : Se define como el ángulo diedro<sup>8</sup> entre el plano meridiano cero y el plano meridiano que pasa por dicho punto. Se cuenta de  $0^\circ$  a  $\pm 180^\circ$  positivamente en dirección Este y negativamente en dirección Oeste.
- Latitud  $\varphi$ : Es el ángulo formado por la normal a la esfera terrestre por dicho punto con el plano del ecuador. Se cuenta de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$  tomando como referencia al ecuador, positivamente hacia el Norte y negativamente en dirección Sur.

A latitudes mayores, el Sol se encuentra relativamente bajo en el horizonte y gran parte de la energía solar es absorbida por la atmósfera.

La inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto al plano de la eclíptica determina sobre el cuerpo celeste unos paralelos llamados Trópicos y Círculos Polares. Durante el mediodía del solsticio de verano, los rayos solares caen verticalmente sobre los lugares situados en el Trópico de Cáncer, mientras que en el círculo polar antártico el Sol está en el horizonte. Lo mismo ocurre durante solsticio de invierno en el Trópico de Capricornio y el círculo polar ártico.

---

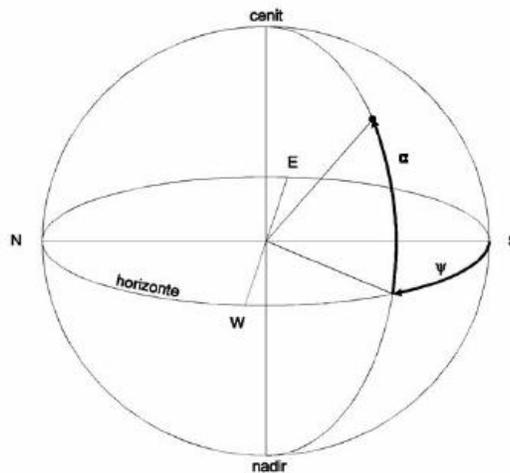
<sup>8</sup>Cada una de las dos porciones del espacio limitadas por dos semiplanos que parten de una misma recta.

### 1.3.2 COORDENADAS CELESTES HORIZONTALES

Utiliza como plano principal el horizonte, que en este caso se define como el plano tangente a la esfera terrestre en el lugar donde se encuentra el observador. Dicho plano representa geoméricamente el aspecto del cielo visto por un observador situado en un lugar determinado de la superficie terrestre. También puede definirse como el plano normal a la vertical del observador. La línea vertical del observador es la línea que une a éste con el centro de la Tierra, definido por la línea que marca la plomada. Las 2 intersecciones del círculo máximo que forma el horizonte con la vertical del observador son puntos llamados cenit (sobre el observador) y nadir (oculto por la Tierra bajo el observador).

Las coordenadas celestes horizontales de un astro (figura 1.6) son:

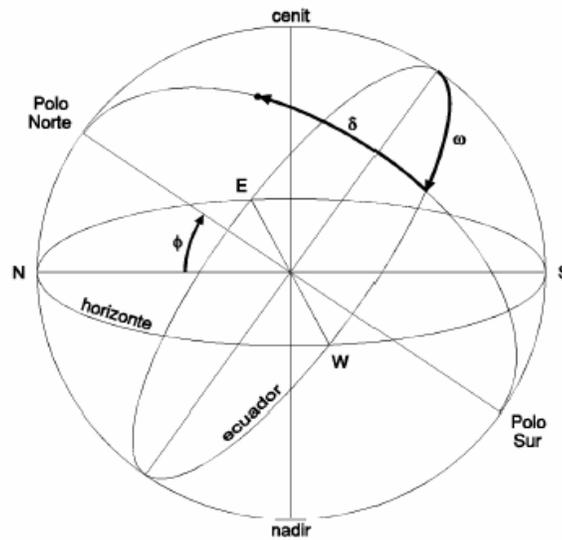
- Acimut  $\psi$ : Se define como el arco de horizonte celeste comprendido entre el punto cardinal Sur y el punto donde el círculo vertical que pasa por el astro corta al horizonte. Se cuenta a partir del Sur, de  $0^\circ$  a  $\pm 180^\circ$ ; positivo hacia el Oeste y negativo en dirección Este.
- Altitud  $\alpha$ : Arco del círculo vertical comprendido entre el astro y el horizonte. Se mide a partir del horizonte de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , positivamente hacia el cenit y negativamente al nadir. También puede definirse como el ángulo formado entre los rayos del Sol y la horizontal.



**Figura 1.6 Coordenadas celestes horizontales.** Fuente: [23]

### 1.3.3 COORDENADAS CELESTES HORARIAS

Este es un sistema que se basa en el movimiento de la rotación de la Tierra. Se adopta como eje fundamental el eje de rotación terrestre que define sobre dicha esfera los polos celestes Norte y Sur; así mismo se considera al ecuador celeste, normal al eje de rotación, como círculo máximo fundamental. Los círculos horarios o meridianos celestes serán los círculos máximos secundarios que pasan por los polos. Los círculos menores paralelos al ecuador se denominan paralelos celestes.



**Figura 1.7 Coordenadas celestes horarias.** Fuente: [23]

Las coordenadas celestes horarias de un astro (figura 1.7) son:

- **Ángulo horario  $\omega$ :** Se define cómo el arco del ecuador celeste comprendido entre el meridiano superior del lugar y el círculo horario que pasa por el astro. En otras palabras, es el ángulo sobre el cual la Tierra tendría que girar para poner el meridiano del punto directamente bajo el Sol. Se mide sobre el ecuador a partir del punto de intersección entre el meridiano superior del lugar. De  $0^\circ$  a  $\pm 180^\circ$  positivo hacia el Oeste y negativo hacia el Este.

- Declinación  $\delta$ : Por definición es el arco del círculo horario que pasa por el astro, comprendido entre el ecuador y éste. Se cuenta a partir del ecuador de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$ , positivamente hacia el polo Norte y negativamente hacia el polo Sur.

Las coordenadas horizontales, acimut y altura de un mismo astro en determinado instante, son diferentes para dos observadores situados en distintos lugares de la Tierra, lo mismo sucede con el ángulo horario del astro excepto que ambos observadores estén sobre el mismo meridiano. Por el contrario, todos los observadores de la Tierra, sin importar el punto de observación, miden la misma declinación de un determinado astro (figura 1.8).

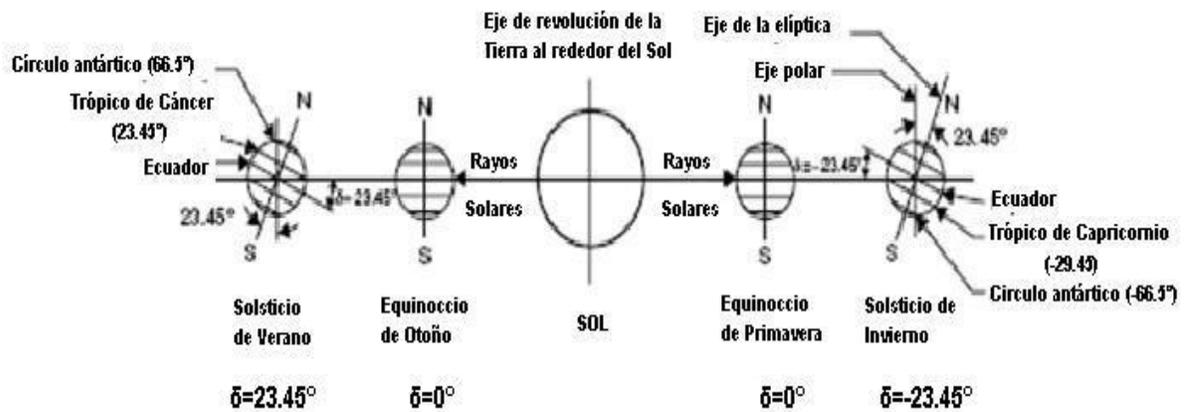
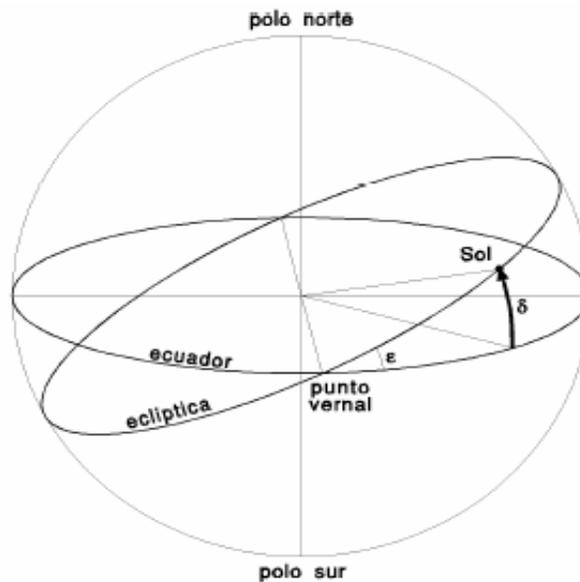


Figura 1.8 Variación anual de la declinación. Fuente: adaptado de [16]

Como consecuencia del movimiento de rotación de la Tierra, los astros describen sobre la esfera circunferencias paralelas al ecuador que recorren diariamente de Este a Oeste. Aquí se pueden destacar 3 puntos singulares, el orto<sup>9</sup>, el ocaso<sup>10</sup> y la culminación superior del astro<sup>11</sup>.



**Figura 1.9 Planos del ecuador y la eclíptica. Fuente: [23]**

Debido al movimiento orbital de la Tierra, el Sol realiza un movimiento sobre la eclíptica, que está inclinada un ángulo  $\varepsilon=23^{\circ}27'$  sobre el ecuador, esto causa una declinación solar variante a lo largo del año. La combinación del movimiento diario por la rotación terrestre con el movimiento Solar sobre en la eclíptica, define el movimiento aparente del Sol sobre el horizonte. El tiempo transcurrido entre dos culminaciones superiores del Sol define lo que se denomina el día solar verdadero, es ligeramente mayor que el día sidéreo<sup>12</sup> como consecuencia de que la Tierra tiene que avanzar en su movimiento sobre la eclíptica hasta encarar al Sol.

<sup>9</sup> El momento de su cruce con el horizonte, haciéndose visible por el Este

<sup>10</sup> Momento en que el astro cruza el horizonte por el Oeste ocultándose

<sup>11</sup> El instante de paso de un astro por el meridiano superior del lugar  $\omega=0^{\circ}$ , en el que alcanza su altura máxima

<sup>12</sup> Es el intervalo de tiempo transcurrido entre dos culminaciones superiores consecutivas de cualquier estrella lejana, coincide con el período de rotación de la Tierra. 23hr 56min 4s

## 1.4 DEFINICIONES DE TIEMPO

Para poder entender las ecuaciones utilizadas para la obtención de la declinación es necesario tener claros algunos conceptos.

*Tiempo solar verdadero:* Es el ángulo horario del centro del Sol expresado en horas. Cada hora equivale a  $\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$ .

Está dividido en 24 horas comenzando a contarse a partir de mediodía.

$$TSV = \frac{\omega}{15} \quad (1.5)$$

*Tiempo local aparente:* Es el tiempo solar verdadero más 12 horas, comienza a partir de medianoche.

$$TLA = TSV + 12 \quad (1.6)$$

*Tiempo solar medio:* Es el tiempo solar verdadero corregido de todas sus irregularidades<sup>13</sup>. Se define entonces un nuevo término llamado ecuación de tiempo  $E_t$  que representa la suma algebraica de todas las correcciones que es preciso deducir del tiempo solar verdadero. La ecuación de tiempo surge porque la duración de un día<sup>14</sup> no es uniforme a lo largo del año.

$$TSV = TSM + E_t \quad (1.7)$$

---

<sup>13</sup> Las irregularidades son debidas al movimiento diario de rotación que se puede suponer perfectamente uniforme y al movimiento anual debido a la rotación terrestre que no es uniforme por la excentricidad de la órbita.

<sup>14</sup> Tiempo necesario para que la Tierra complete una revolución sobre su propio eje con respecto al Sol.

Ecuación de tiempo: Es resultado de la variación de la duración del día en un año. Dichas variaciones suceden por la excentricidad de la órbita terrestre y por el ángulo de inclinación.

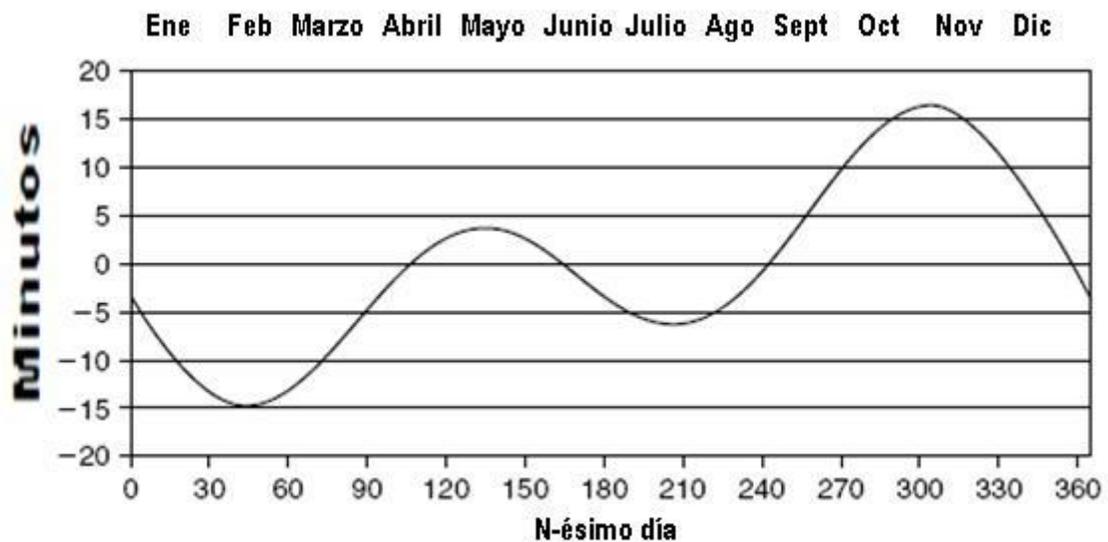
$$E_t = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B \text{ min} \quad (1.8)$$

Donde

$$B = N - 1 \frac{360}{364} \quad (1.9)$$

Siendo  $N$  el  $n$ -ésimo día del año.

Una representación gráfica de la ecuación del tiempo se aprecia en la figura 1.10



**Figura 1.10 Cambios anuales en la posición del Sol en el cielo.**

*Fuente: adaptado de [16]*

*Tiempo civil:* Es el tiempo solar medio aumentado en 12 horas. Se empieza a contar a media noche, instante en que se cambia la fecha.

$$TC = TSM + 12 \quad (1.10)$$

*Tiempo Universal:* Se define como el tiempo civil del meridiano de Greenwich. Esto quiere decir que para un lugar de longitud geográfica  $\lambda$  (considerando a  $\lambda$  positiva hacia el Este), el tiempo civil en horas es

$$TC = TU + \frac{\lambda}{15} \quad (1.11)$$

*Tiempo local estándar:* Se define como el tiempo universal aumentado en un número entero de horas correspondiente al huso horario de la región definido por  $\lambda_s$ .

$$TC - TLE = \frac{\lambda - \lambda_s}{15} \quad (1.12)$$

*Tiempo Oficial:* Es el que marcan los relojes comunes, depende de cada país y normalmente difiere un número entero de horas del correspondiente al huso horario.

$$TO = TLE + AO \quad (1.13)$$

Donde AO es el adelanto oficial sobre el huso horario que puede variar a lo largo del año. En México es lo que conocemos como horario de verano y vale 1 hora.

De este modo y por las definiciones anteriores, el tiempo solar y el tiempo oficial se relacionan mediante

$$TSV = TO - AO + \frac{\lambda - \lambda_s}{15} + E_t - 12 \quad (1.14)$$

## 1.5 POSICIÓN SOLAR

La duración del año trópico es de 365.24219 días, por lo cual es poco adecuado su utilización en el cálculo de la posición y distancia solar. El método habitual es utilizar sólo años de 365 días. Esto conlleva a un pequeño error que sin embargo es aceptable pues los cálculos se simplifican.

El ángulo horario  $\omega$  expresado en grados sexagesimales es:

$$\omega = 15t \quad (1.15)$$

Donde:

$t$  Está expresado en horas de tiempo solar verdadero.

La declinación puede calcularse con la expresión de Cooper. *Fuente [15]:*

$$\delta = 23.45 \sin \frac{360}{365} d_n + 284 \quad (1.16)$$

Donde:

$d_n$  Es el día central de cada mes

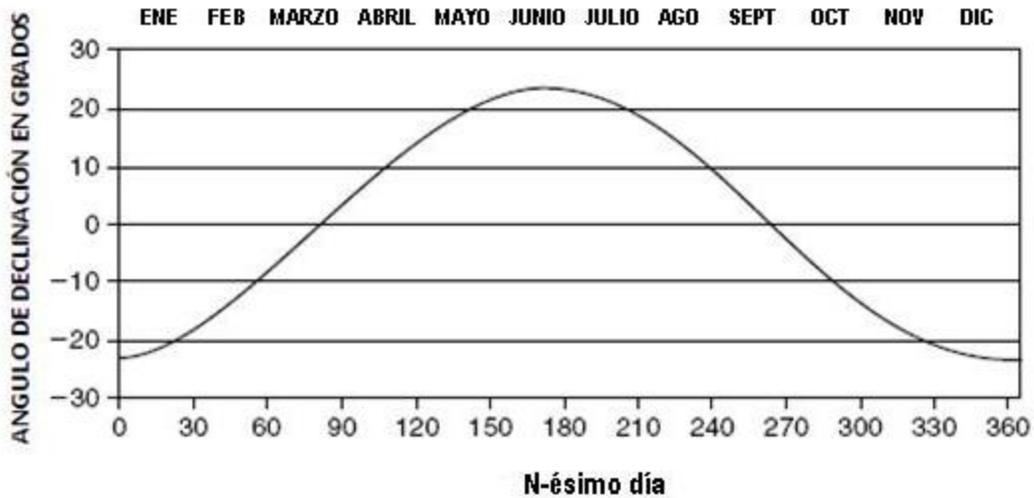
La declinación también se puede calcular por medio de la expresión de Spencer enunciada en la ecuación 1.17 [9]:

$$\delta = (0.006918 - 0.399912 \cos \Gamma + 0.070257 \sin \Gamma - 0.006758 \cos 2\Gamma + 0.000907 \sin 2\Gamma - 0.002697 \cos 3\Gamma + 0.00148 \sin 3\Gamma) \frac{180}{\pi} \quad (1.17)$$

Recordando que  $\Gamma$  es el ángulo del día en radianes y está definida por la ecuación (1.3)

$$\Gamma = \frac{2\pi n-1}{365} \quad (1.3)$$

En la figura 1.11 se aprecia una representación gráfica de las ecuaciones 13 y 14



**Figura 1.11** Declinación solar. Fuente: adaptado de [16]

El ángulo horario del ocaso solar se obtiene haciendo la altura solar igual a cero, con lo cual se obtiene

$$\omega_s = -\arccos(-\tan \delta \tan \varphi) \quad (1.18)$$

Donde:

$\omega_s$  Es el ángulo horario del ocaso solar

$\delta$  Es la declinación

$\varphi$  Es la latitud

Con esto, la duración del día natural de luz en horas se calcula como

$$S_{od} = \frac{2\omega_s}{15} \quad (1.19)$$

## 1.6 IRRADIACIÓN

### 1.6.1 IRRADIACIÓN RECIBIDA POR UNA SUPERFICIE

La posición relativa del Sol respecto a una superficie plana se establece en función de la posición solar en la esfera celeste y de la posición de la superficie sobre el plano del horizonte, la cual está caracterizada por 2 ángulos (figura 1.12).

- El ángulo acimutal  $\alpha$  u orientación: Es el ángulo que forma la proyección de la normal a la superficie sobre el plano horizontal con el plano meridiano del lugar. Se cuenta a partir del punto cardinal Sur, de  $0^\circ$  a  $\pm 180^\circ$  positivamente hacia el Este y negativamente en dirección Oeste.
- La pendiente o inclinación  $\beta$  de la superficie: Es el ángulo formado por dicha superficie con el plano horizontal, de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , si  $\beta > 90^\circ$  la superficie estará enfrentada al suelo.

La irradiación solar recibida por una superficie está definida por el ángulo de incidencia  $\theta$  que es el ángulo que forman los rayos del Sol con la normal a dicha superficie. Este ángulo, para una superficie arbitrariamente inclinada y orientada se define en función de las coordenadas horarias del Sol y de la latitud geográfica.

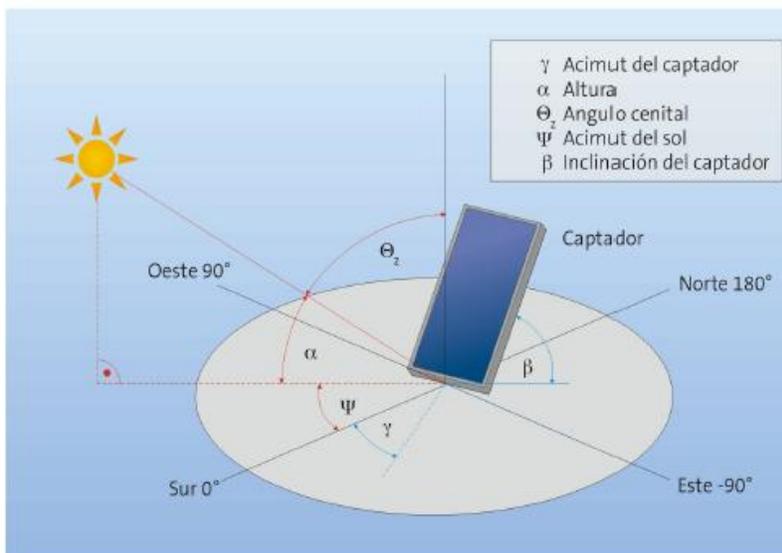


Figura 1.12 Ángulos de incidencia de los rayos solares sobre una superficie.

Fuente: [28]

La ecuación 1.20 muestra la forma en que se calcula

$$\cos \theta = \sin \beta \sin \gamma \cos \delta \sin \omega + \sin \beta \cos \gamma \cos \delta \sin \varphi \cos \omega - \sin \beta \cos \gamma \sin \delta \cos \varphi + \cos \beta \sin \delta \sin \varphi + \cos \beta \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (1.20)$$

Donde:

$\theta$  Es el ángulo de incidencia de los rayos del Sol

$\alpha$  Es el ángulo que forma la normal a la superficie sobre el plano horizontal con el plano meridiano del lugar

$\beta$  Es el ángulo formado por la superficie con el plano horizontal.

$\omega$  Es el ángulo horario

## 1.6.2 IRRADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL

La irradiación solar extraterrestre determina el valor máximo teórico de energía solar disponible. La cantidad de energía solar por unidad de tiempo, a la distancia media entre el Sol y la Tierra, recibida por unidad de área en una superficie normal al Sol (perpendicular a la propagación de la radiación) se denomina Constante Solar y es tomada como patrón para calcular la irradiación solar extraterrestre (ecuación 1.21).

$$k = 1367 \frac{W}{m^2} \quad (1.21)$$

La irradiancia extraterrestre incidente sobre una superficie cualquiera en un instante dado es:

$$I_0 = kE_0 \cos \theta \frac{W}{m^2} \quad (1.22)$$

Donde:

$E_0$  Es el factor de corrección de la distancia Tierra-Sol debido a la excentricidad de la órbita terrestre

$\theta$  Es el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie.

Si se considera una superficie horizontal la ecuación 1.22 se transforma en la ecuación 1.23

$$I_0 = kE_0 \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega \frac{W}{m^2} \quad (1.23)$$

Donde:

$$k = 1367 \frac{W}{m^2}$$

$\omega$  Es el ángulo horario

$\delta$  Es la declinación

$\varphi$  Es la latitud

$E_0$  Está definido en su forma más simple por la ecuación (1.4)

La irradiación o cantidad total de energía recibida durante un intervalo de tiempo  $(t_1, t_2)$  se obtiene integrando la irradiancia para ese período. Cabe señalar que únicamente se deben integrar dentro de un determinado día del año, así se pueden considerar  $E_0$  y  $\delta$  constantes.

Cabe señalar que la irradiación extraterrestre horizontal diaria se obtiene integrando para todo el día, entre el orto y el ocaso solar. De este modo la expresión resultante es

$$H_{od} = \frac{24}{\pi} k E_0 \cos \varphi \cos \delta \left[ \sin \omega_s - \frac{\pi \omega_s}{180} \cos \omega_s \right] \frac{Wh}{m^2} \quad (1.24)$$

Donde:

$H_{od}$  Es la irradiación extraterrestre horizontal diaria

$k = 1367 \frac{W}{m^2}$  Es la constante solar

$\omega_s$  Es el ángulo horario del ocaso solar

$\delta$  Es la declinación

$\varphi$  Es la latitud

$E_0$  Está definido en su forma más simple por la ecuación (1.4)

En ocasiones se utilizan valores promedios mensuales de la irradiación extraterrestre horizontal, suponiendo que existe un determinado día del mes en el que el Sol tiene una declinación característica tal que la irradiación en el intervalo considerado es igual a la correspondiente al promedio mensual. Dichos valores se ilustran en la tabla 1.1.

<b>MES</b>	<b>Nº DÍA</b>	<b>GRADOS</b>
<b>ENERO</b>	17	-20.92
<b>FEBRERO</b>	47	-12.95
<b>MARZO</b>	75	-2.42
<b>ABRIL</b>	105	9.41
<b>MAYO</b>	135	18.79
<b>JUNIO</b>	162	23.09
<b>JULIO</b>	198	21.18
<b>AGOSTO</b>	228	13.45
<b>SEPTIEMBRE</b>	258	2.22
<b>OCTUBRE</b>	288	-9.6
<b>NOVIEMBRE</b>	318	-18.91
<b>DICIEMBRE</b>	344	-23.05

**Tabla 1.1 Declinaciones características mensuales. Fuente: [16]**

### 1.6.3 COMPONENTES DE LA RADIACIÓN

Una vez conocido el máximo valor teórico de energía solar disponible, se puede calcular la radiación que llega a una superficie. Esto es llamado radiación global.

Para poder definir la radiación global hay que conocer previamente cada una de sus componentes.

Radiación Directa: Es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias.

Radiación Difusa: Es la dispersada por la bóveda celeste debido a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres.

Radiación Albedo: Es la que se refleja del suelo hacia el captador solar. Tiene una contribución muy pequeña y toma en consideración la capacidad reflectiva del suelo.

En la figura 1.13 se ejemplifican las definiciones anteriores.

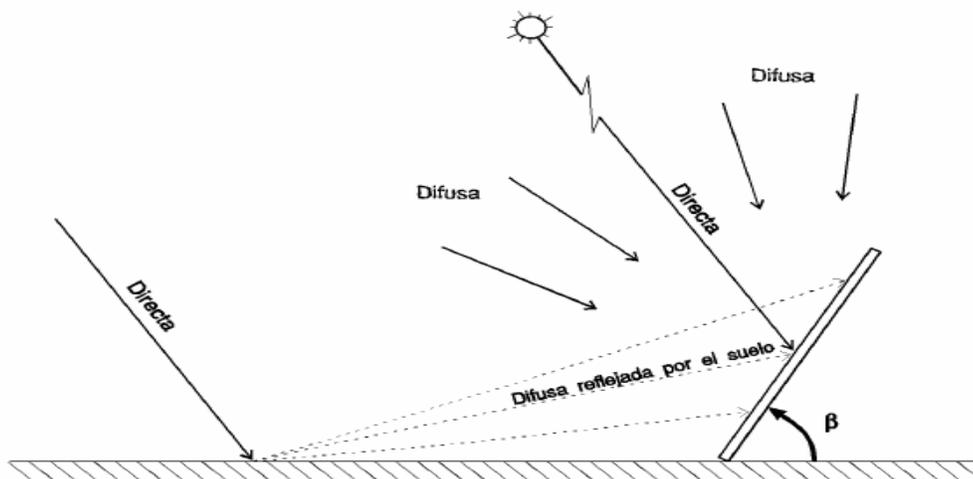


Figura 1.13 Componentes la radiación global incidente sobre una superficie inclinada.

Fuente: [23]

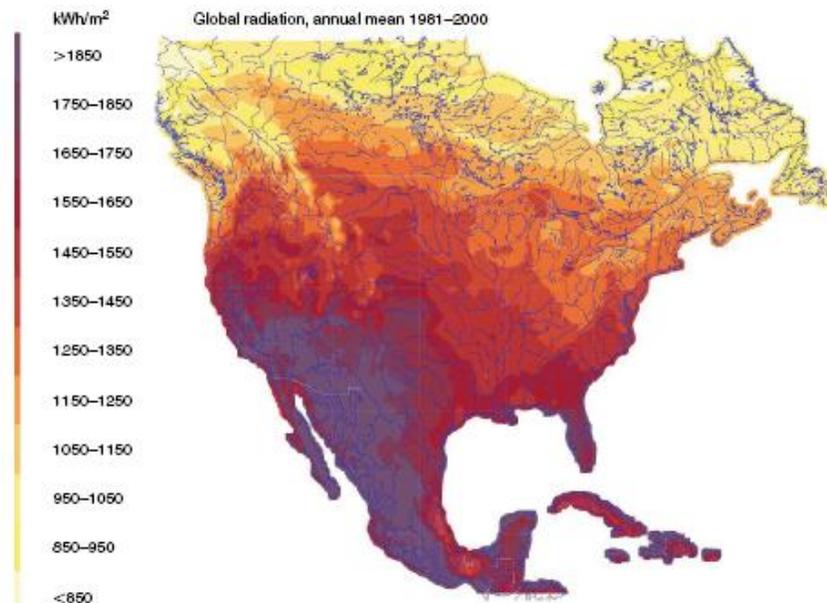
Estos valores se obtienen a partir de series temporales de valores medidos de radiación o calculados a partir de series de horas de Sol. Del estudio estadístico de estas series se obtienen las componentes de la radiación en cualquier lugar de la superficie terrestre del cual se tenga información medida.

La efectividad en la transferencia de calor del colector al fluido de trabajo depende en buena parte del ángulo de incidencia de la radiación, por lo que la eficiencia de éstos se ve afectada por la posición relativa de su superficie con respecto del Sol.

A cada ángulo de incidencia se le asocia una cierta pérdida por reflexión. De igual modo, la suciedad acumulada en el colector solar reduce considerablemente su capacidad de absorción de la radiación solar.

Cabe señalar que la interacción de la radiación solar con la atmósfera terrestre influye notablemente en la cantidad de radiación directa y difusa que incide en el colector. Desde el punto de vista de atenuación de la radiación solar, los componentes atmosféricos más influyentes son las moléculas de aire, ozono, dióxido de carbono, vapor de agua y partículas suspendidas.

A partir de estas tres componentes la radiación global se define como la suma de la radiación directa, la radiación difusa y la radiación de albedo.



**Figura 1.14 Irradiación Solar Total Anual en una superficie plana. Fuente: [16]**

# **CAPÍTULO 2**

## **COLECTORES SOLARES PLANOS**

## 2.1 COLECTORES SOLARES

Un colector solar es una clase especial de intercambiador de calor que transforma la radiación solar a energía interna del fluido de transporte. El componente más importante de cualquier sistema que trabaje con captación solar es el captador solar. Es un dispositivo que absorbe la radiación solar, la convierte en calor y transfiere dicho calor a un fluido de transporte<sup>15</sup> que atraviesa al colector. La energía es llevada por el fluido en circulación directamente a un tanque donde calentará agua, a un equipo de aire acondicionado o a un tanque de almacenamiento adiabático del cual puede ser utilizado después.

Existen 2 tipos de colectores solares: Los colectores de baja temperatura (también conocidos como colectores solares sin concentración) y colectores solares de alta temperatura (también llamados colectores solares con concentración o concentradores)<sup>16</sup>.

**Colectores sin concentración:** No superan los 70°C aproximadamente, por lo general son usados en las aplicaciones de la energía solar térmica de baja temperatura como la producción de agua caliente sanitaria. Este tipo de colectores también puede ser utilizado para calefacción.

**Colectores de concentración:** Utilizan métodos ópticos de concentración de los rayos solares y por ello son capaces de elevar la temperatura del fluido a más de 70[°C]. Estos se aplican en la energía solar térmica de media y alta temperatura como es la producción de energía eléctrica. La principal complicación que presentan es la necesidad de un sistema de seguimiento para conseguir que el colector esté permanentemente orientado en dirección al Sol.

---

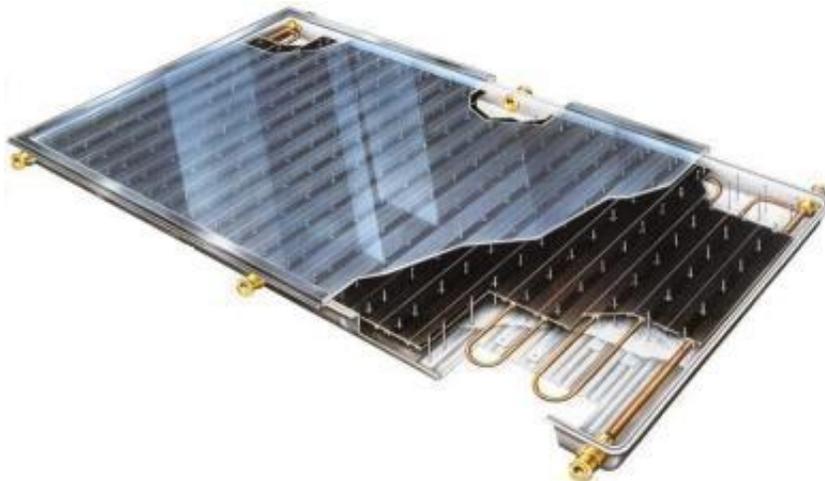
<sup>15</sup> Usualmente se utiliza agua, aire o aceite.

<sup>16</sup> [http://www.gstriatum.com/energiasolar/articulosenergia/11\\_Colectores\\_solares.html](http://www.gstriatum.com/energiasolar/articulosenergia/11_Colectores_solares.html)

### **Colector de placa plana:**

Cuando la radiación solar atraviesa la cubierta transparente de plástico o vidrio, gran parte de la radiación es captada por la placa opaca y transferida al fluido de transporte circulando por los tubos debajo de ésta para ser llevado fuera del colector para su uso o almacenamiento. El fondo del equipo y las paredes están bien aislados para evitar pérdidas por conducción. Los tubos pueden estar soldados a la placa o ser una parte íntegra de la placa por diseño (véase figura 2.1). La ventaja es que están anclados a su posición, son más baratos de manufacturar y captan la radiación directa y difusa. La cubierta transparente es usada para disminuir las pérdidas por convección y las pérdidas por radiación de la placa al exterior pues la cubierta es transparente para la longitud de onda corta de la radiación recibida por el Sol pero es casi opaca para la longitud de onda larga emitida por el colector. El ángulo de inclinación del colector óptimo es igual a la latitud del punto de instalación con una variación aceptable de  $\pm 15^\circ$ .

Su aplicación se limita a la producción de agua caliente sanitaria y calefacción solar. Incluso se emplea este tipo de colector solar para la climatización de piscinas.



**Figura 2.1 Colector de placa plana. Fuente: [24]**

### Colectores de Aire:

Son colectores de tipo plano cuya principal característica es tener como fluido de trabajo aire (véase figura 2.2). Trabajan mejor en condiciones de circulación normal, poseen una baja capacidad calorífica y el proceso de transferencia de calor entre placa y fluido es malo. Su aplicación principal es la calefacción.

Son colectores solares de baja temperatura pues los procesos convectivos que se llevan a cabo en el interior del colector tienen un efecto mucho menor.

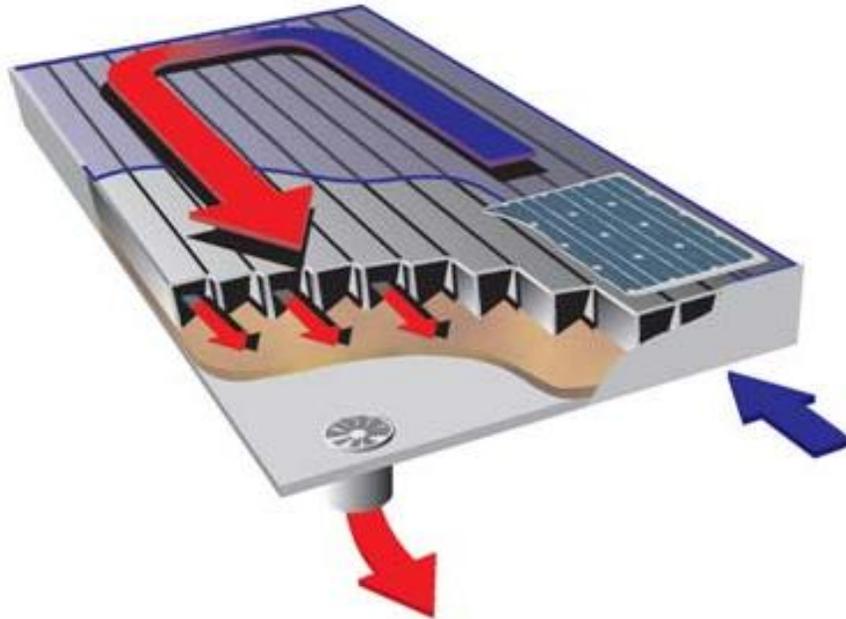


Figura 2.2 Colector Solar de aire. Fuente: [26]

### **Colector de vacío:**

Van dotados de una doble cubierta envolvente herméticamente cerrada, aislada del interior y del exterior, y en la cual se ha creado un vacío. Puede ser de tipo plano o de tubos concéntricos, en éste último caso el vacío se encuentra entre la parte interior del tubo exterior y la parte exterior del tubo interior que es por donde circula el fluido de trabajo en esta configuración del equipo (véase figura 2.3). Este tipo de colector reduce las pérdidas por convección y por conducción por lo que pueden operar a temperaturas mayores que los colectores planos. El fluido de trabajo puede ser agua, metanol o glicol, éstos últimos llevan a cabo un ciclo de evaporación y condensación. El calor del Sol evapora el líquido y el vapor viaja a la región superior donde se condensa y libera su calor latente. El fluido condensado regresa al colector y el ciclo se repite. Son más caros, además de perder el efecto del vacío con el paso del tiempo. Su aplicación principal es la producción de agua caliente sanitaria y climatización de piscinas.



**Figura 2.3 Colector de tubos de vacío. Fuente: [24]**

**Colectores Cónicos o esféricos:** Su principal característica es que constituyen simultáneamente la unidad de captación y de almacenamiento. Su superficie de captación es cónica o esférica con una cubierta de vidrio de la misma geometría.

Con estas geometrías se consigue que la superficie iluminada a lo largo del día, en ausencia de sombra, sea constante. Su instalación es sencilla, pero presentan problemas de condensación en las paredes y la superficie útil de captación es pequeña. Su aplicación principal es la producción de agua caliente sanitaria. (Ver figura 2.4)

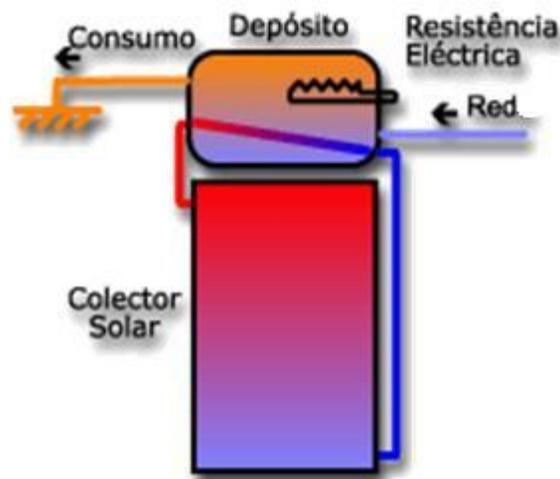


**Figura 2.4** Colector solar esférico. *Fuente:* [25]

## 2.2 TIPOS DE CIRCULACIÓN

Los dos sistemas más utilizados para la producción de agua caliente por medio de la energía solar se diferencian por la forma en que se hace circular el agua entre el colector y el tanque de almacenamiento. Las dos formas son:

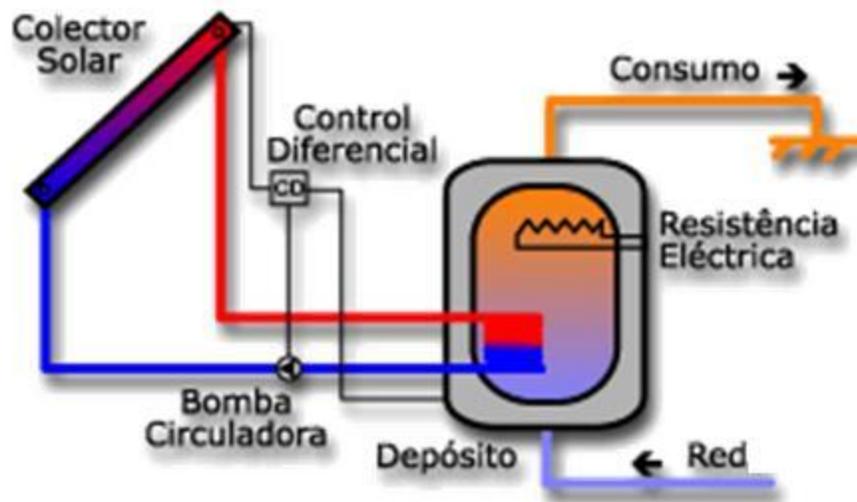
- a) Natural: Estos sistemas se usan generalmente para volúmenes de agua relativamente pequeños. Constan de los colectores solares y del tanque de almacenamiento, el cual se coloca en una posición más elevada que los colectores. El mismo fluido a temperaturas diferentes tiene también densidades diferentes, cuanto mayor es su temperatura menor es su densidad. El agua fría entra por la parte inferior del colector, se calienta en el interior de éste y, por diferencia de densidad sube a la parte superior empujando el agua más fría del depósito, forzándola a ocupar su lugar en el colector. El agua calentada queda en la parte superior del tanque de almacenamiento. En dicho tanque el agua pierde calor con lo cual aumenta su densidad y este incremento hace que descienda a la base del mismo y de este modo el agua más fría sea la que ingrese a los colectores solares, estableciéndose así una circulación natural o termosifón sin necesidad de bombeo mecánico (figura 2.5)



**Figura 2.5 Esquema de circulación natural.** Fuente: adaptado de [20]

b) Forzada: Estos sistemas funcionan con una bomba que hace circular el fluido de trabajo, en este caso agua del tanque de almacenamiento hacia los colectores solares. Este sistema es ideal para aquellas situaciones en que no es viable la colocación del depósito encima de la parte superior de los colectores. La bomba es controlada por un sistema de control automático denominado control diferencial. (Figura 2.6)

El control diferencial se ajusta según lo que el usuario requiera. Cuando el agua dentro del depósito es  $\Delta T$  menor al agua dentro del colector solar, la bomba se activa haciendo entrar al colector el agua fría de la parte inferior del tanque al colector, el agua fría empuja al agua caliente y la desplaza hasta que se deposita en el tanque de almacenamiento.

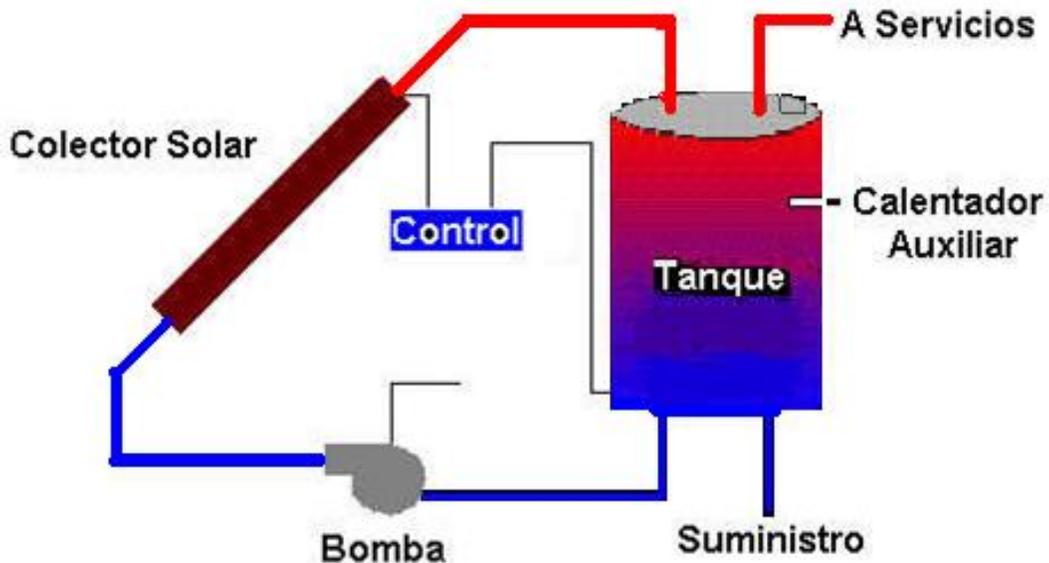


**Figura 2.6 Esquema de circulación forzada.** Fuente: adaptado de [20]

La propuesta que cumplió con los requerimientos del proyecto y que fue aceptada por el hospital fue un sistema de circulación forzada de la empresa Genersys teniendo como componente central el colector solar plano modelo 1000-10.(ver anexo).

Como se observa en la figura 2.7 el agua fría circula en el sistema gracias a una bomba de 150 [W] (1/5 [hp]) que succiona el agua del fondo del tanque de almacenamiento pues al ser más densa que el agua caliente, tiende a descender a la base del depósito y la hace fluir a través de todo el dispositivo, retornando agua caliente a la parte superior del tanque.

La operación de la bomba es automática y regida por un control termostático diferencial que cuenta con dos sensores de temperatura. Se activa cuando  $\Delta T$  alcanza un valor de 10 [°C]



**Figura 2.7 Esquema de circulación del colector instalado en el hospital.**

*Fuente: Elaboración Propia*

### 2.3. MATERIALES DEL COLECTOR SOLAR INSTALADO

La tabla 2.1 indica los materiales con los que está compuesto el colector.

MATERIALES QUE COMPONEN AL COLECTOR	
Material de los tubos	Cobre
Material de las aletas	Aluminio
Material aislante posterior	Lana mineral
Material aislante lateral	Lana mineral con foil de aluminio
Material de cubiertas	Vidrio templado
Material de la placa posterior	Aluminio
Material del marco	Aluminio
Material selladores	Hule EPDM
	Silicón Negro
	Adhesivo de doble cara

**Tabla 2.1 Materiales del colector.**

Los tubos por donde circula el fluido son de cobre por su alta conductividad térmica ( $372.1 \frac{W}{mK}$ ) mientras que las aletas se escogieron de aluminio para disminuir costos

En la tabla 2.2 se indican las dimensiones del colector.

DIMENSIONES DEL COLECTOR		
Diámetro externos de los tubos	10	[mm]
Diámetro de los cabezales	22	[mm]
Espesor de las aletas	0.2	[mm]
Espesor del aislante posterior	40	[mm]
Espesor del aislante lateral	20	[mm]
Espesor de la placa posterior	0.5	[mm]
Espesor de la cubierta	4	[mm]
Espesor del marco	1.03	[mm]
Área del absorbedor	1.78	[m <sup>2</sup> ]
Área del cristal	1.88	[m <sup>2</sup> ]
Área total	2.03	[m <sup>2</sup> ]

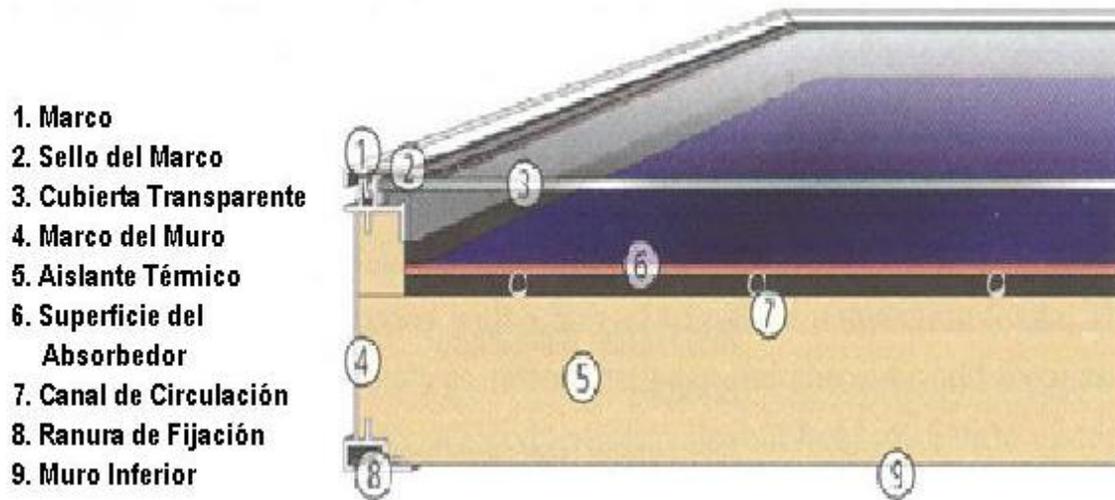
**Tabla 2.2 Dimensiones del colector.**

La tabla 2.3 muestra las características restantes del colector propuesto.

DATOS COMPLEMENTARIOS DEL COLECTOR		
Número de tubos	9	
Longitud de los tubos	1860	(mm)
Longitud de los cabezales	1020	(mm)
Distancia entre tubos	100	(mm)
Distancia entre cubierta y absorbedor	30	(mm)
Distancia entre absorbedor y aislante	15	(mm)
Peso del colector sin agua	36.5	(kg)
Eficiencia del colector	40	%

**Tabla 2.3 Datos complementarios del colector.**

La figura 2.8 muestra las partes que conforman al colector.



**Figura 2.8 Partes del colector.** Fuente: Modificado de [25]

**CAPÍTULO 3**  
**METODOLOGÍA**  
**TÉCNICA PARA**  
**ESTIMAR LOS**  
**REQUERIMIENTOS**  
**DEL COLECTOR**  
**SOLAR**

### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HOSPITAL

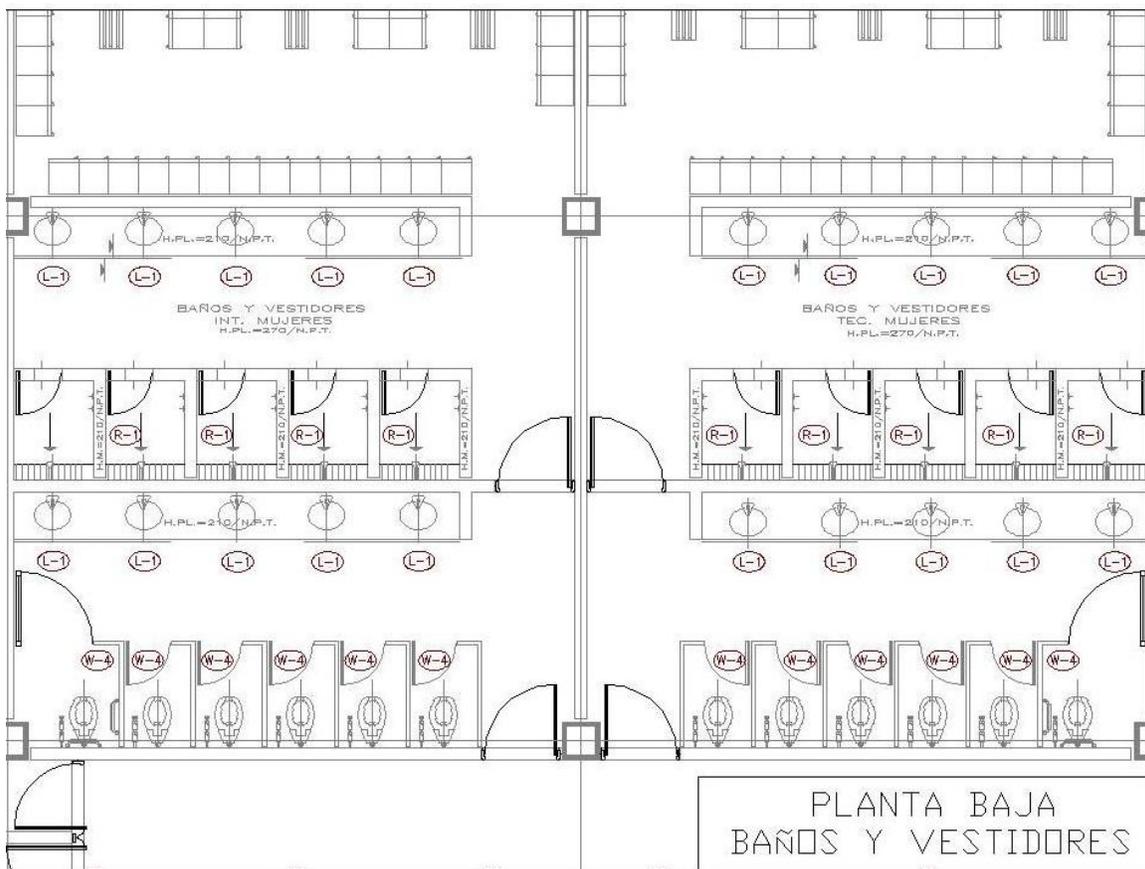
El hospital para el cual se realizó el cálculo del sistema de precalentamiento solar de agua es un Hospital General Regional de 250 camas del IMSS. El diseño se concibió y se realizó integralmente basado en los fundamentos de la edificación sustentable y la aplicación de innovaciones tecnológicas.

Las coordenadas geográficas del predio son 20°28´ latitud norte, 103°27´ longitud oeste con una altitud de 1575 metros sobre el nivel del mar. Presenta vientos dominantes en dirección Noreste de  $14.4 \frac{km}{h}$  y vientos dominantes máximos de  $90 \frac{km}{h}$  en dirección Noreste. Según el manual de la CFE el predio se localiza en la zona eólica número 5. El poblado se localiza en una zona topográfica plana en un 62%, semiplana en un 24% y posee un 14% de zonas accidentadas. El municipio de Tlajomulco de Zúñiga pertenece a la sub cuenca hidrológica del río Santiago y alto río Ameca, el río Santiago pasa por el límite del municipio y se cuenta con una presa denominada La Reventada localizada a una distancia aproximada de 20 [km]. El clima de la zona se encuentra clasificado de acuerdo a la normatividad institucional como Altiplano Templado. Esto quiere decir que la temperatura promedio de la entidad oscila entre los 21[°C] y los 25[°C] con una humedad relativa variante entre 41% y 60% a lo largo del año.

El edificio se construyó sobre un predio con una superficie aproximada de 35,544.212 [m<sup>2</sup>]. El hospital cuenta con 3 pisos y una planta baja, en ellos se encuentran distribuidos los servicios con los que cuenta el hospital y dependiendo de las áreas que se encuentren en cada piso, la demanda en el suministro de agua caliente varía. Es por esta razón que en algunos pisos existe un gasto mayor de agua caliente que en otros.

A continuación y por medio de figuras se explica la distribución de cada piso del hospital en forma individual, debido al tamaño tan grande del edificio, se muestran sólo áreas que se consideraron representativas de cada piso. Los datos exactos de la distribución obtenidos se encuentran reflejados en el siguiente capítulo. En éste apartado sólo se da una descripción de la metodología a seguir para lograr un correcto dimensionamiento de los requerimientos del sistema de precalentamiento solar con colectores solares planos.

En la planta baja se encuentran las áreas de Urgencias, Primer Contacto, Observación Pediatría, Observación Adultos, Admisión Hospitalaria, Imagenología, Anatomía Patológica, Residencia de Conservación, Vestíbulos, Acceso Principal, Patio Central, Auditoría, Medicina Física, Cafetería, Concesiones, Casa de Máquinas, Fomento a la Salud, Apoyo a la Administración con módulos de personal, Apoyo a la Administración con Servicios Generales, Talleres de Conservación, Laboratorio, Puesto de Sangrado, Farmacia, Banco de Leches, Archivo Clínico, Athodo, Nutrición y Dietética, Almacén, Baños y Vestidores de personal.



**Figura 3.1 Área representativa de la planta baja**

El primer nivel cuenta con Tococirugía, Cuarto de Acondicionamiento de Aire, U.C.I., Alimentación Parenteral, Hospitalización Ginecobstetricia, U.C.I.N., un patio central, un vestíbulo principal, Educación Médica e Investigación, Hospitalización Pediatría y Consulta Externa de Ginecopediatría.

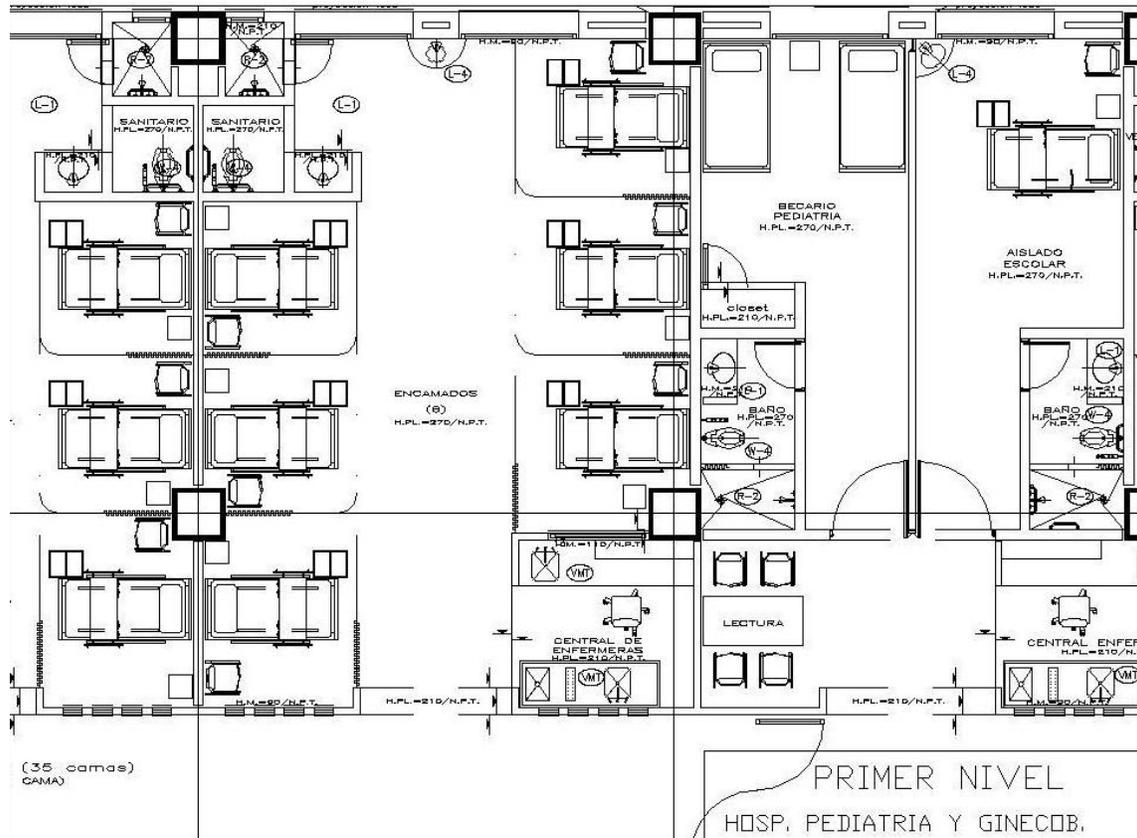


Figura 3.2 Área representativa del primer nivel.

En el segundo nivel se encuentran las áreas de Cirugía Ambulatoria, Endoscopía, Cuarto de acondicionamiento de aire, Hospitalización Cirugía, C.E.Y.E., Patio Central, Vestíbulo Principal, Gobierno, Seguridad en el Trabajo, Epidemiología Hospitalaria, Apoyo Paramédico y Consulta Externa de Cirugía.

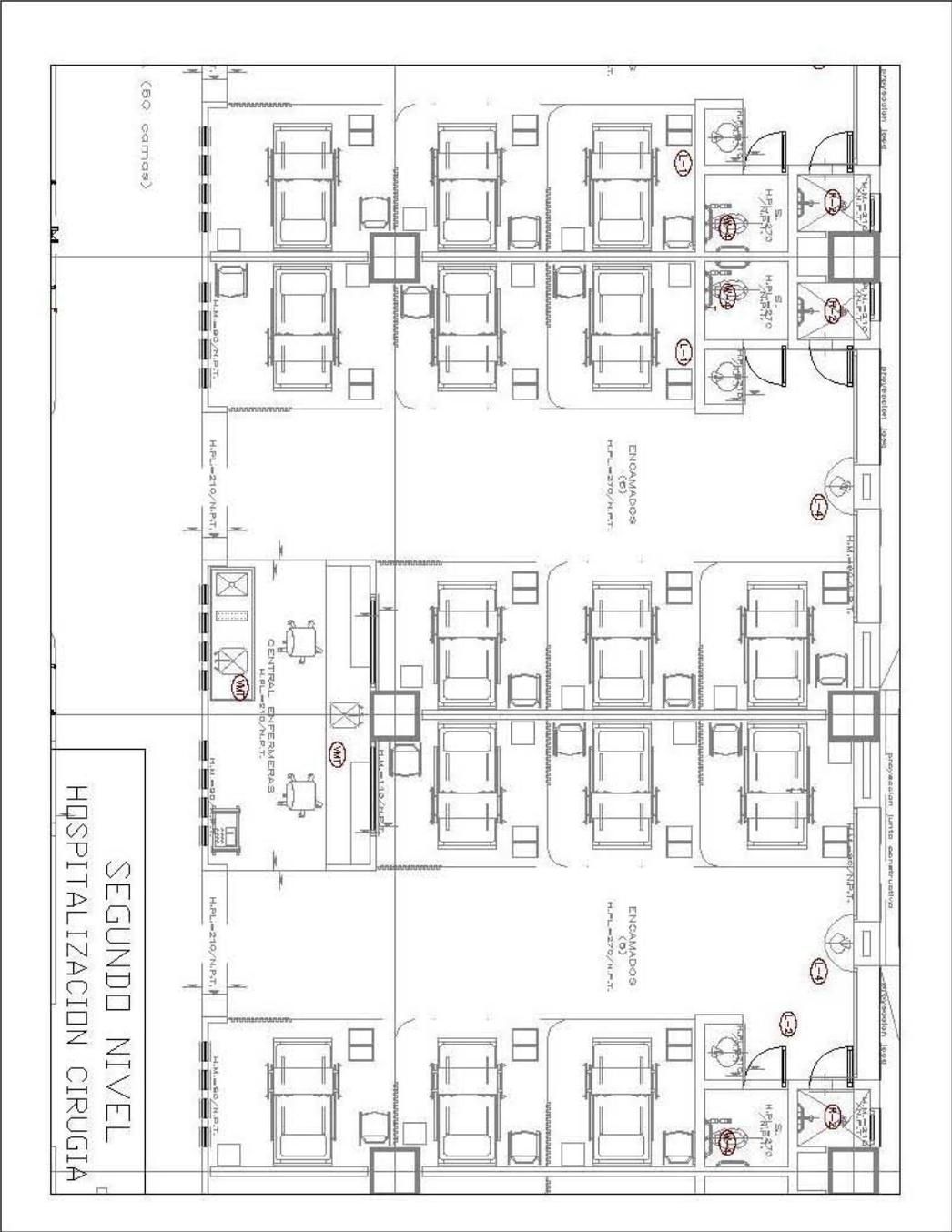


Figura 3.3 Área representativa del segundo nivel.



### 3.2 METODOLOGÍA TÉCNICA EMPLEADA

Al recibir el proyecto arquitectónico<sup>17</sup>, conforme a la norma de diseño se asigna a cada mueble la nomenclatura correspondiente. De este modo se contabiliza por cada piso la cantidad de unidades mueble que cada mueble necesita. Esto es con el fin de determinar los diámetros necesarios en las tuberías para evitar pérdidas por fricción demasiado grandes. Dichos valores se detallan en las tablas 3.1 y 3.2<sup>18</sup>.

En la tabla 3.1 se observan 2 clasificaciones, Grupos de Baño WC con fluxómetro y Grupos de Baño WC con tanque. Para empezar, grupos de baños es un tipo de sub-clasificación que el ingeniero proyectista puede hacer en caso de que así lo crea pertinente, como puede ser en baños en los cuales se use un solo servicio o a lo más dos servicios simultáneos, sea el lavabo, el WC o la regadera. Esto se hace con el fin de no elevar los costos de la obra por tener un equipo de bombeo sobre dimensionado o de sacrificar presión en algunas zonas más críticas por dar el servicio a muebles que se utilizan con una frecuencia mucho menor.

Un ejemplo claro de este caso son los baños de los internos del hospital pues no se utilizará el WC y la regadera al mismo tiempo.

Por otro lado, la diferencia que se hace entre los grupos de WC con fluxómetro y con tanque radica en el sistema que utiliza el mueble en la descarga de agua para enviar los desechos al drenaje. Dichos sistemas son precisamente el tanque de agua y el fluxómetro. La diferencia principal radica en la cantidad de agua que utiliza cada sistema pues mientras al WC con tanque se le asigna un gasto de 3 unidades mueble, el WC con fluxómetro es asignado con un gasto de 5 unidades mueble según el método Hunter Nielsen [31].

---

<sup>17</sup>Disposición arquitectónica de los diferentes locales que conforman el inmueble en donde se plantean las ideas básicas respecto a las necesidades que se deben cumplir para lograr la capacidad de servicio, organización de actividades del personal y la disponibilidad de recursos para su construcción, operación y mantenimiento.

<sup>18</sup>Estos valores provienen de la Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, capítulo 5 del apartado de Ingeniería hidráulica, sanitaria y especiales.

MUEBLE	TOTAL [UM]	AGUA FRÍA [UM]	AGUA CAL [UM]
ARTESA	2	1.5	1.5
FREGADERO COCINA DE PISO	2	1.5	1.5
GRUPOS DE BAÑO WC CON FLUXOMETRO			
WC-L-R	3	3	1.5
WC-R	3	3	1.5
WC-L	3	3	0.75
L-R	2	1.5	1.5
GRUPOS DE BAÑO WC CON TANQUE			
WC-R-L	2	1.5	1.5
WC-R	2	1.5	1.5
WC-L	1	1	0.75
LAVABOS			
SANITARIOS PUBLICOS	1	1	
BAÑOS Y VESTIDORES	1	0.75	0.75
BAÑOS GENERALES DE ENCAMADOS	1	0.75	0.75
CONSULTORIOS CLIMA TEMPLADO	1	1	
CONSULTORIOS CLIMA EXTREMOSO	1	0.75	0.75
CUARTOS DE AISLADOS O ENCAMADOS	1	0.75	0.75
CUARTOS DE CURACIONES	1	0.75	0.75
LAVABO DE CIRUGANOS POR MEZCLADORA	2	1.5	1.5

**Tabla 3.1 Unidades Mueble.***Fuente: [31]*

Es conveniente hacer la observación de que ambas clasificaciones reflejan el mismo número de unidades mueble en la columna de agua caliente. La razón de esta peculiaridad es lo mismo que les da un nombre diferente. El WC, ya sea con fluxómetro o con tanque, no utiliza agua caliente en lo absoluto así que, para efectos de este trabajo, que en el baño exista o no un WC con fluxómetro no afecta en nada el dimensionamiento del tanque contenedor de agua caliente obtenida con energía solar ni al diámetro calculado para la distribución de agua caliente a los diferentes servicios.

La tabla 3.2 se enfoca principalmente a las regaderas y lavabos con los que puede llegar a contar un hospital.

En la mayoría de los tipos de regadera, el gasto será siempre el mismo y lo que diferenciará unas de otras es la frecuencia con la que se utilicen, derivándose de esa frecuencia un gasto probable, consecuencia inmediata de la ubicación del mueble dentro del hospital.

MUEBLE	TOTAL [UM]	AGUA FRÍA [UM]	AGUA CAL [UM]
MESAS DE AUTOPSIAS	4	3	3
REGADERA BAÑOS DE MÉDICOS ANATOMÍA PAT	2	1.5	1.5
REGADERA BAÑOS DE MÉDICOS CIRUGÍA	2	1.5	1.5
REGADERA BAÑOS GENERALES DE ENCAMADOS	2	1.5	1.5
REGADERA BAÑOS Y VESTIDORES DE MÉDICOS	2	1.5	1.5
REGADERA BAÑOS Y VESTIDORES DE PERSONAL	2	1.5	1.5
REGADERA DESCONTAMINACIÓN	2	1.5	1.5
REGADERA TANQUE DE REVELADO MANUAL	2	1.5	1.5
REGADERA TANQUE DE REVELADO AUTOMÁTICO	4	3	3
ANEXOS CONSULTORIO	1	0.75	0.75
CEYE	2	1.5	1.5
LABORATORIOS CLÍNICOS AF Y AC	2	1.5	1.5
LABORATORIO DE LECHE	2	1.5	1.5
TRABAJO DE ENFERMERAS	2	1.5	1.5
TRABAJO DE YESO	2	1.5	1.5
FREGADERO DE COCINA POR MEZCLADORA	3	2.25	2.25
LAVADORA DE LOZA	10		10
MARMITAS POR MEZCLADORA	2	1.5	1.5

**Tabla 3.2 Unidades Mueble. Fuente: [31]**

Más adelante en el trabajo se distinguirá de una forma más clara la diferencia entre una regadera y otra, dicha diferencia está basada, como ya se mencionó antes, en la frecuencia de uso.

Una vez contabilizados los muebles por cada piso, se utilizan las tablas 3.3 y 3.4<sup>19</sup> para obtener el consumo horario probable de agua caliente en el hospital. Este consumo horario total es el dato principal para el cálculo del tanque de almacenamiento de agua caliente del sistema de precalentamiento a base de energía solar.

MUEBLE	CONSUMO $\frac{l}{h}$
ARTESA	75
FREGADERO COCINA DE PISO	40
LAVABOS EN	
BAÑOS GENERALES DE ENCAMADOS	10
BAÑOS Y VESTIDORES DE PERSONAL	10
BAÑOS Y VESTIDORES DE MÉDICOS	5
BAÑOS DE MÉDICOS CIRUGÍA	5
BAÑOS DE MÉDICOS ANATOMÍA PATOLÓGICA	5
CONSULTORIOS MED. GRAL CLIMA EXTREMOSO	5
CONSULTORIO DE ESPECIALIDADES	5
CUARTO DE AISLADO	5
CUARTO DE CURACIONES	5
DE CIRUJANOS POR MEZCLADORA	80
GRUPO DE BAÑO	5
LAVADORA DE GUANTES	60
LAVADORA ULTRASÓNICA	60
MESA DE AUTOPSIAS	40
MESA PASTEUR EN CONSULTORIOS	5
REGADERAS EN	
BAÑOS DE MÉDICOS-ANATOMÍA PATOLÓGICA	80
BAÑOS DE MÉDICOS CIRUGÍA	100
BAÑOS GENERALES EN ENCAMADOS	100
BAÑOS Y VESTIDORES DE MÉDICOS	80
BAÑOS Y VESTIDORES DE PERSONAL	100
DESCONTAMINACIÓN	60
GRUPO DE BAÑO AISLADO	60
GRUPO DE BAÑO ENCAMADOS GENERALES	100
GRUPO DE BAÑO MÉDICO GUARDIA	60

**Tabla 3.3 Consumo horario probable. Fuente: [31]**

<sup>19</sup>Proviene de la tabla 6.1 de la Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, capítulo 6 del apartado de Ingeniería hidráulica, sanitaria y especiales

MUEBLE	CONSUMO $\frac{l}{h}$
TANQUE DE REVELADO	
MANUAL	40
AUTOMÁTICO	80
VERTEDEROS POR MEZCLADORA	
ANEXOS DE CONSULTORIO	30
CEYE	60
LABORATORIO CLÍNICO	30
LABORATORIO DE LECHE	60
LAVADO DE INSTRUMENTAL	40
TRABAJO DE ENFERMERAS	40
TRABAJO DE YESO	40
COCINA GENERAL	
FREGADERO POR MEZCLADORA	80
TARJA DE PRELAVADO	80
LAVADORA DE LOZA	según fabricante
MEZCLADORA EN MURO	80
HIDROTERAPIA	variable dependiendo hospital

**Tabla 3.4 Consumo horario probable. Fuente: [31]**

Siguiendo la política de ahorro de energía, los muebles sanitarios a instalarse en este hospital, serán de bajo consumo para cumplir con los lineamientos vigentes. Los inodoros tendrán una descarga de 4.8 l por uso y los mingitorios tendrán 3 l .

Las regaderas, lavabos y vertederos en mesas de trabajo tendrán un gasto máximo de  $10 \frac{l}{min}$  .

El gasto máximo instantáneo sirve para poder asignar los diámetros a las tuberías mientras que el consumo horario probable es para dimensionar el tanque de agua caliente y así satisfacer las demandas de los servicios de toda la unidad. Cabe señalar que estos datos son resultado del proyecto arquitectónico de la Unidad, y son básicos para seleccionar adecuadamente los equipos a instalarse en la casa de máquinas.

Una vez obtenido el consumo horario total de todo el hospital, se procede a hacer uso de la tabla 3.5 para asignar un factor de demanda. Este factor de demanda se desprende de la Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, capítulo 6 del apartado de Ingeniería hidráulica, sanitaria y especiales del inciso 6.8.2.1.

Dependiendo de la magnitud del consumo horario total es el factor de demanda que se aplicará al cálculo.

CONSUMO HORARIO TOTAL $\frac{l}{h}$	FACTOR DE DEMANDA
HASTA 1000	0.5
1000-2000	0.48
2500-5000	0.45
5000-7500	0.042
7500-10000	0.39
10000-12500	0.36
12500-15000	0.33
15000-17500	0.3
17500-20000	0.27
20000 O MAS	0.25
<b>Para tinas de hidroterapia el factor de demanda es 1.0</b>	

**Tabla 3.5 Factor de demanda. Fuente: [31]**

Una vez recabados los datos anteriores se procede a hacer el cálculo con la ecuación 3.1

$$C_{hp} = C_{ht}F_{dm} + 2mf \quad (3.1)$$

Donde:

$C_{hp}$  Es el consumo horario probable  $\frac{l}{h}$  .

$C_{ht}$  Es el consumo horario total  $\frac{l}{h}$  .

$F_{dm}$  Es el factor de demanda.

$mf$  Es el consumo correspondiente a medicina física  $\frac{l}{h}$  .

Con base en la norma del IMSS sección 6.8.5 Volumen del tanque de almacenamiento, se plantea que el volumen mínimo del tanque de almacenamiento será igual al consumo horario probable de una hora de servicio, derivándose entonces la ecuación 3.2

$$C_{hp} = V_t t_c \quad (3.2)$$

Donde

$V_t$  Es el volumen mínimo del tanque de almacenamiento de agua caliente  $l$ .

$t_c$  Tiempo de servicio = 1[h]

De esta forma con la ecuación 3.2 se conoce el volumen de agua que se va a calentar para los servicios del Hospital.

Después de conocer dicho valor, se procede a calcular la cantidad de calor requerido para elevar la temperatura del agua fría de la cisterna y así poder almacenarla en el tanque adiabático para su posterior suministro a las calderas, el cual se obtiene por medio de la ecuación 3.3.

$$Q_{req} = m_{h_2o} C_e T_f - T_i \quad (3.3)$$

Donde

$Q_{req}$  Cantidad de calor requerido  $kJ$

$m_{h_2o}$  Masa de agua a calentar  $kg$

$C_e$  Calor específico del agua  $4.19 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$

$T_f$  Temperatura al final del precalentamiento  $^{\circ}C$

$T_i$  Temperatura inicial del precalentamiento  $^{\circ}C$

Con base en la definición de eficiencia térmica, se plantea la ecuación 3.4

$$\eta_{c..s.} = \frac{Q_{req}}{G_t A} \quad (3.4)$$

Donde:

$\eta_{c..s.}$  Eficiencia Térmica del Colector solar

$G_t$  Es la Irradiación Solar Global recibida en un día  $\frac{kJ}{m^2}$  (ver tabla 3.6)

$A_T$  Es el área total de colección solar necesaria para el precalentamiento.  $m^2$

La eficiencia térmica del colector es un dato obtenido de la curva de eficiencia proporcionada por el fabricante. Entonces es posible despejar de la ecuación 3.4 el área de colección solar teniendo así la ecuación 3.5

$$A_T = \frac{Q_{req}}{G_t \eta_{c..s.}} \quad (3.5)$$

Una vez obtenida el área de colección solar necesaria, es posible calcular el número de colectores solares necesarios para cubrir esa área mediante la ecuación 3.6

$$N_{c..s.} = \frac{A_T}{A_{c..s.}} \quad (3.6)$$

Donde

$N_{c..s.}$  Es la cantidad de colectores solares planos necesarios para cubrir el área total

$A_{c..s.}$  Es el área de un colector solar  $m^2$

Irradiación Solar Global	
Mes	$\frac{kJ}{m^2 \text{ día}}$
Enero	16447.2
Febrero	19491.8
Marzo	21992.9
Abril	25527.9
Mayo	26737.9
Junio	20899.3
Julio	18836.3
Agosto	18913.3
Septiembre	18343.6
Octubre	17358.6
Noviembre	16834.7
Diciembre	16834.7
<b>Promedio</b>	<b>19851.517</b>

**Tabla 3.6 Irradiación Solar Global Mensual de Tlajomulco.** Fuente: Programa de computo anexo a [10]

Con los colectores solares instalados, se ahorra la energía necesaria de precalentamiento para realizar este incremento de temperatura que normalmente sería suministrada por el Gas L.P. consumido por las calderas del hospital.

Para estimar cuanta energía consumiría el sistema convencional del hospital para realizar este incremento de temperatura, se utiliza la ecuación 3.7

$$\eta_{cal} = \frac{Q_{req}}{V_c P_{cc}} \quad (3.7)$$

Donde:

$\eta_{cal}$  Es la eficiencia de la caldera. 73%

$Q_{req}$  Se explicó anteriormente en la ecuación 3.3

$V_c$  Es el volumen de combustible que se utilizaría sin el precalentamiento solar.

$P_{cc}$  Es el poder calorífico inferior del Gas L.P.  $26,587.4 \frac{kJ}{l}$  [29]

La eficiencia de la caldera es un dato proporcionado por el fabricante, por lo cual, de la ecuación 3.8 se obtiene el volumen de combustible.

$$V_c = \frac{Q_{req}}{P_{cc} \eta_{cal.}} \quad (3.8)$$

Dependiendo de la variación del precio de éste producto, el ahorro se verá reflejado en la moneda nacional. Por estas variaciones, se ha decidido que la mejor manera de expresar el ahorro es en litros por año de Gas L.P. De esta forma se aplica la ecuación 3.9

$$A_{an} = V_c \cdot 365 \quad (3.9)$$

Donde:

$A_{an}$  Es el ahorro anual de Gas L.P.  $l$

# **CAPÍTULO 4**

# **ANÁLISIS DE**

# **RESULTADOS**

## 4.1 CONSUMOS HORARIOS POR PISO

Como se planteó al inicio del capítulo anterior, el hospital cuenta con 4 niveles. En cada uno de ellos se encuentran localizados diferentes locales que a pesar de poder tener similitud con otras áreas de niveles superiores o inferiores, los consumos de agua y la frecuencia de uso de los muebles en dicha zona varían considerablemente.

En la tabla 4.1 se muestran los consumos horarios de cada mueble ubicado en la planta baja del hospital.

GASTO DE AGUA CALIENTE PLANTA BAJA						TOTAL		TANQUE DE ALM	
MUEBLE	CANTIDAD	UM POR MUEBLE	UM TOTAL	UNIDAD MUEBLE A. FRÍA	UNIDAD MUEBLE A. CALIENTE	UNIDAD MUEBLE A. FRÍA	UNIDAD MUEBLE A. CALIENTE	$\frac{l}{h}$ POR MUEBLE AGUA CALIENTE	$\frac{l}{h}$ TOTAL AGUA FRÍA
Lavabo (af y ac) L1	75	1	75	0.75	0.75	56.25	56.25	10	750
Lavabo (af y ac) L3	7	1	7	0.75	0.75	5.25	5.25	5	35
VMT	29	2	58	1.5	1.5	43.5	43.5	40	1,160
Regaderas R1	47	2	94	1.5	1.5	70.5	70.5	100	4,700
Baño artesa	1	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	75	75
Freg(3 dobles, 1 triple 1 1 normal)	16	3	48	2.25	2.25	36	36	80	1,280
Lava loza	2	10	20	0	10	0	20	300	600
Marmita	4	2	8	1.5	1.5	6	6	80	320
Lava coches	1	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	80	80
Mesa caliente	1	1	1	0.75	0.75	0.75	0.75	10	10
SUMA NIVEL								5970	9,010

**Tabla 4.1 Consumo horario de agua caliente de la planta baja.**

Se observan un conteo muy grande de muebles sanitarios y por consecuencia consumos muy elevados en la planta baja.

En la tabla 4.2 se muestran los consumos horarios de cada mueble ubicado en el primer piso del hospital.

En este piso se encuentran localizadas áreas de gran importancia para el consumo de agua caliente como lo es Hospitalización Pediatría o la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales.

Tampoco se debe olvidar que en cada sala de cirugía existen lavabos que necesitan el servicio de agua caliente para el lavado de manos del médico que realizará dicha cirugía además de los sanitarios de cada encamado en el piso del hospital.

MUEBLE	CANTIDAD	GASTO DE AGUA CALIENTE PRIMER PISO				TOTAL		TANQUE DE ALM	
		UM POR MUEBLE	UM TOTAL	UNIDAD MUEBLE A. FRIA	UNIDAD MUEBLE A. CALIENTE	UNIDAD MUEBLE A. FRIA	UNIDAD MUEBLE A. CALIENTE	$\frac{l}{h}$ POR MUEBLE AGUA CALIENTE	$\frac{l}{h}$ TOTAL AGUA CALIENTE
Lavabo (af y ac) L1	27	1	27	0.75	0.75	20.25	20.25	10	270
Lavabo (af y ac) L3	10	1	10	0.75	0.75	7.5	7.5	5	50
VMT	30	2	60	1.5	1.5	45	45	40	1,200
Regaderas R1	11	2	22	1.5	1.5	16.5	16.5	100	1,100
Regaderas R2	12	2	24	1.5	1.5	18	18	100	1,200
Grupo Reg-Lav	3	2	6	1.5	1.5	4.5	4.5	60	180
Baño artesa	3	2	6	1.5	1.5	4.5	4.5	75	225
Lav. Cirujano doble	3	4	12	3	3	9	9	160	480
							SUMA NIVEL	550	4,705

**Tabla 4.2 Consumo horario de agua caliente del primer piso.**

En la tabla 4.3 se muestran los consumos horarios correspondientes a cada mueble ubicado en el segundo piso del hospital.

En el segundo nivel se encuentran los encamados de Hospitalización de Cirugía que suman un número considerable de muebles sanitarios que usan agua caliente debido a la presencia de lavabos y regaderas.

También se ubica el área administrativa o de Gobierno del Hospital, en la cual se cuenta con el servicio de agua caliente en los baños.

GASTO DE AGUA CALIENTE SEGUNDO PISO						TOTAL		TANQUE DE ALM	
MUEBLE	CANTIDAD	UM POR MUEBLE	UM TOTAL	UNIDAD MUEBLE A. FRIA	UNIDAD MUEBLE A. CALIENTE	UNIDAD MUEBLE A. FRIA	UNIDAD MUEBLE A. CALIENTE	$\frac{l}{h}$ POR MUEBLE AGUA CALIENTE	$\frac{l}{h}$ TOTAL AGUA CALIENTE
Lavabo (af y ac) L1	30	1	30	0.75	0.75	22.5	22.5	10	300
Lavabo (af y ac) L3	6	1	6	0.75	0.75	4.5	4.5	5	30
VMT	32	2	64	1.5	1.5	48	48	40	1,280
Regaderas R1	12	2	24	1.5	1.5	18	18	100	1,200
Regaderas R2	15	2	30	1.5	1.5	22.5	22.5	100	1,500
Grupo Reg-Lav	2	2	4	1.5	1.5	3	3	60	120
Lav. Cirujano sencillo	5	2	10	1.5	1.5	7.5	7.5	80	400
Lav. Cirujano doble	3	4	12	3	3	9	9	160	480
						SUMA NIVEL		555	5,310

**Tabla 4.3 Consumo horario de agua caliente del segundo piso.**

En la tabla 4.4 se muestran los consumos horarios de cada mueble ubicado en el tercer piso del hospital<sup>20</sup>.

Algo que no se ha mencionado con anterioridad es la existencia de dormitorios para los pasantes e internos del hospital. En dichos dormitorios se encuentran localizados también un baño completo para uso exclusivo de los internos.

GASTO DE AGUA CALIENTE TERCER PISO						TOTAL		TANQUE DE ALM	
MUEBLE	CANTIDAD	UM POR MUEBLE	UM TOTAL	UNIDAD MUEBLE A. FRIA	UNIDAD MUEBLE A. CALIENTE	UNIDAD MUEBLE A. FRIA	UNIDAD MUEBLE A. CALIENTE	$\frac{l}{h}$ POR MUEBLE AGUA CALIENTE	$\frac{l}{h}$ TOTAL AGUA CALIENTE
Lavabo (af y ac) L1	22	1	22	0.75	0.75	16.5	16.5	10	220
Lavabo (af y ac) L3	12	1	12	0.75	0.75	9	9	5	60
VMT	24	2	48	1.5	1.5	36	36	40	960
Regaderas R1	11	2	22	1.5	1.5	16.5	16.5	100	1100
Regaderas R2	15	2	30	1.5	1.5	22.5	22.5	100	1500
Grupo Reg-Lav	6	2	12	1.5	1.5	9	9	60	360
						SUMA NIVEL		315	4.200

**Tabla 4.4 Consumo horario de agua caliente del tercer piso.**

Además de los consumos horarios señalados en las tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 es necesario considerar el consumo de agua caliente en medicina física. Esto comprende todos los equipos de rehabilitación con los que el edificio dispone.

<sup>20</sup>Los valores reportados en las tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 son resultado del conteo manual de cada mueble sanitario y de su posterior asignación numérica basada en las tablas 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 y 4.1.5.

En este hospital se cuenta con 3 tinas de hidromasaje. Mini tina de Hubbard, Tina de remolino de miembros superiores (brazos) y tina de remolino de miembros inferiores (piernas). La tabla 4.5 indica los gastos de agua caliente que necesitan dichos equipos<sup>21</sup>.

MEDICINA FÍSICA	$\frac{l}{USO}$	$\frac{USO}{h}$	$\frac{l}{h}$
Mini Tina H	341	2	682
Tina MS	30	4	120
Tina MI	116	4	464
<b>TOTAL</b>			<b>2,532</b>

**Tabla 4.5 Consumo horario de agua caliente de Medicina Física.**

Es conveniente destacar que por norma, se considera el doble de la suma de los litros por hora de medicina física; la razón de este factor de seguridad es para que no se quede el equipo sin operación en caso de escasez del servicio municipal de agua.

La tabla 4.6 es un concentrado de los consumos horarios de los pisos del hospital representados en las tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4. Es importante destacar que aún no se adiciona el consumo horario total de Medicina Física pues el factor de demanda que será aplicado es diferente al correspondiente al consumo total de servicios

CONSUMO HORARIO TOTAL DE PISOS	
NIVEL	$\frac{l}{h}$
P.B	9,010
1ER	4,705
2DO	5,310
3RO	4,200
<b>TOTAL serv</b>	<b>23,225</b>

**Tabla 4.6 Concentrado de todos los pisos del hospital.**

<sup>21</sup>Datos obtenidos de la tabla 19.5 de la Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, capítulo 19 del apartado de Ingeniería hidráulica, sanitaria y especiales.

## 4.2 VOLUMEN DE AGUA A CALENTAR

El siguiente paso para calcular el volumen del tanque de almacenamiento es considerar un factor de demanda de agua caliente basándose en función del consumo horario total. Es de vital importancia destacar que dicho factor sólo se aplica al consumo horario total de los muebles sanitarios. El caso de las tinas de hidroterapia es diferente, por norma se le asigna el factor de demanda 1. Dichos factores se encuentran reflejados en la tabla 3.5<sup>22</sup>.

CONSUMO HORARIO TOTAL <i>l</i>	FACTOR DE DEMANDA
HASTA 1000	0.5
1000-2000	0.48
2500-5000	0.45
5000-7500	0.42
7500-10000	0.39
10000-12500	0.36
12500-15000	0.33
15000-17500	0.3
17500-20000	0.27
20000 O MAS	0.25
Para tinas de hidroterapia el factor de demanda es 1.0	

**Tabla 3.5 Factor de demanda.**

Una vez recabados los datos anteriores se procede a realizar el cálculo, con base en la ecuación (3.1), donde los coeficientes son los siguientes:

Coeficientes		
$C_{ht} \frac{l}{h}$	$F_{dm}$	$mf \frac{l}{h}$
23,225	0.25	2,532

**Tabla 4.7 Coeficientes de la ecuación 3.1**

Por tanto el consumo horario probable es:

$$C_{hp} = 8338.25 \left[ \frac{l}{h} \right]$$

<sup>22</sup>Factores obtenidos a partir del inciso 6.8.2.1 de la Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica capítulo 6 del apartado de Ingeniería hidráulica, sanitaria y especiales.

Ya que se obtuvo dicho resultado, haciendo uso de la ecuación 4.2 obtenemos el volumen del tanque de almacenamiento.

Con lo cual, por cuestiones de criterio, el tanque de almacenamiento tendrá un volumen de 8000 l

### 4.3 CANTIDAD DE CALOR REQUERIDO

Una vez que el volumen de agua a calentar fue un dato y no una incógnita, se utilizó la ecuación 3.3 para saber la cantidad de energía necesaria para elevar dicha masa de agua a la temperatura requerida, donde los valores se representan en la tabla 4.8

Coeficientes			
$m$ kg	$C_e \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$	$T_f [^{\circ}C]$	$T_i [^{\circ}C]$
8000	4.19	50	17

**Tabla 4.8 Coeficientes de la ecuación 3.3**

Por lo tanto, el calor requerido es:

$$Q_{req} = 1,106.16 \text{ MJ}$$

Después de calcular el calor requerido, tomando en cuenta la eficiencia del colector, se utilizaron la ecuación 3.5 y datos de las tablas 2.3 y 3.6 cuyos coeficientes se encuentran representados en la tabla 4.9

Coeficientes		
$Q_{req}[MJ]$	$\eta_{c.s.}$	$G_T \frac{kJ}{m^2}$
1,106.16	40%	19,851.51

**Tabla 4.9 Coeficientes de la ecuación 3.5**

De esta forma el área de colección total necesaria es:

$$A_T = 139.3 \text{ m}^2$$

#### 4.4 NÚMERO REQUERIDO DE COLECTORES

El siguiente paso fue utilizar la ecuación 3.6 y la tabla 2.2 para la obtención del número de colectores. Los coeficientes se encuentran representados en la tabla 4.10

Coeficientes	
$A_T [m^2]$	$A_{c.s.} [m^2]$
18.37	1.78

**Tabla 4.10 Coeficientes de la ecuación 3.6**

De este modo, el número de colectores solares necesarios es:

$$N = 78.26 \text{ Colectores}$$

Tanto por criterio como por cuestiones de cantidad de elementos en el pedido de material, se optó por cerrar el número de colectores en 80.

#### 4.5 AHORRO DE GAS L.P.

El último paso de éste trabajo fue calcular el volumen de Gas L.P. que se utilizaría de no existir el precalentamiento Solar. Para realizar el cálculo fue necesario basarse en la ecuación 3.8. Los coeficientes a utilizar en dicha ecuación se reflejan en la tabla 4.11

Coeficientes		
$P_{cc} \frac{kJ}{l}$	$Q_{reg} MJ$	$\eta_{cal.}$
26,587.4	1,106.16	73%

**Tabla 4.11 Coeficientes de la ecuación 3.8**

De este modo, se obtiene que el volumen de Gas diario que se utilizaría es de:

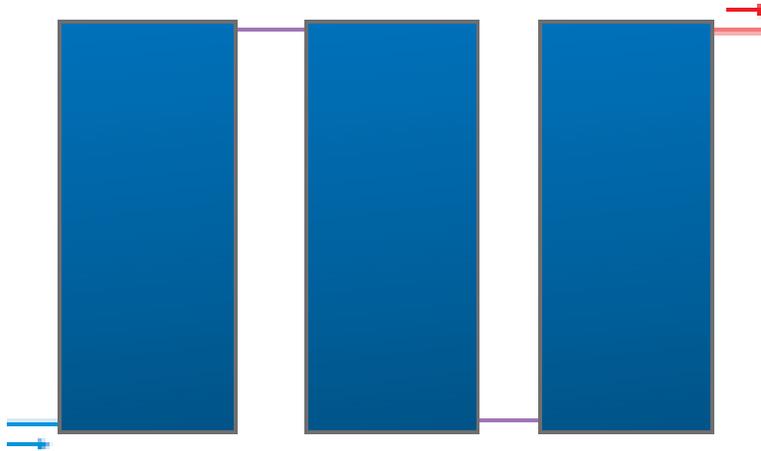
$$V_c = 57[l]$$

Es así como finalmente, por medio de la ecuación 3.9, el ahorro anual de Gas L.P. es:

$$A_{an} = 20,802.3[l]$$

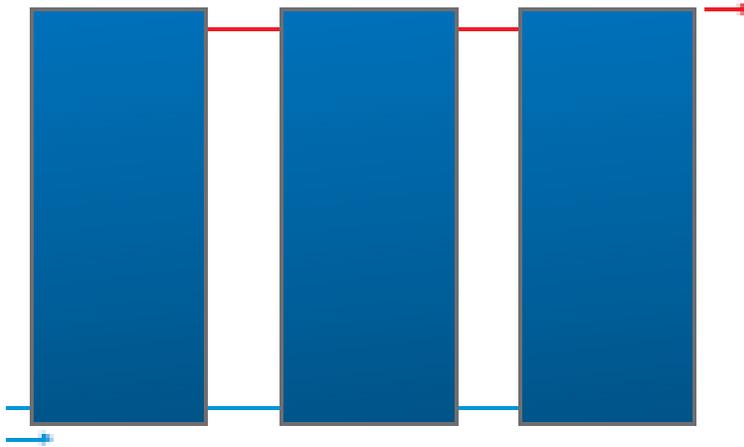
El cálculo del desempeño de un colector plano está basado en la suposición de flujo uniforme a todo lo largo del arreglo del equipo, sea una sola unidad o un arreglo extenso. Existen 3 formas de interconectar los colectores: En serie, en paralelo y mixto.

En los circuitos en serie el agua calentada de un colector entra al siguiente para seguir incrementando su temperatura. (Figura 4.1)



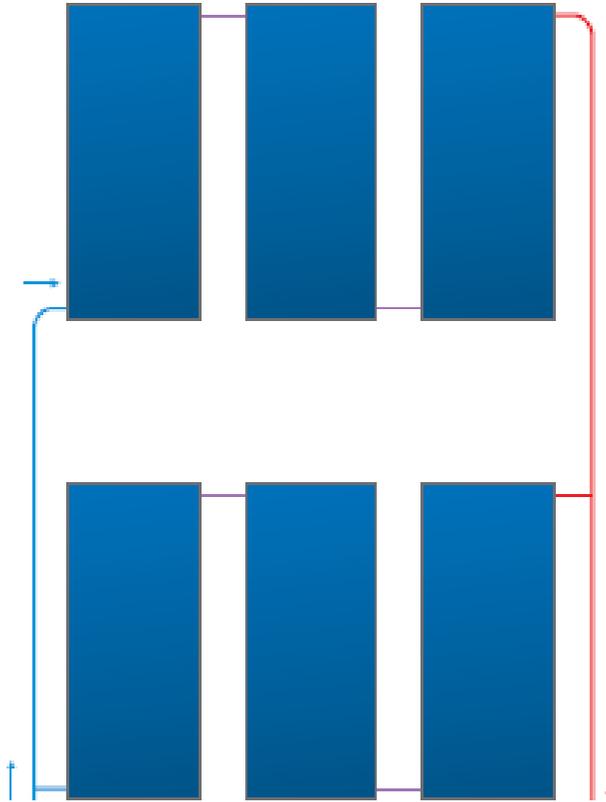
**Figura 4.1 Conexión en serie** Fuente: adaptado de [28]

En los circuitos en paralelo (figura 4.2) cada colector calienta una porción de agua por separado para después depositar toda en el tanque de almacenamiento térmico.



**Figura 4.2 Conexión en paralelo** Fuente: adaptado de [28]

En los circuitos mixtos se utiliza una mezcla de ambos sistemas, este arreglo se utiliza cuando el número de colectores es muy grande y sirve para mantener un suministro constante de agua caliente.



**Figura 4.3 Conexión en mixta** Fuente: adaptado de [28]

Este tipo de arreglo es el más eficiente pues se genera un flujo más uniforme y por consiguiente una distribución de temperaturas más estable a lo largo del acomodo. Para la manufactura de tubos destinados a colectores, se trabaja principalmente en evitar la generación de un flujo no uniforme así como disminuir las pérdidas de presión [4].

Los colectores solares del hospital fueron conectados en mixto para aumentar la efectividad de éstos al elevar la temperatura del agua.

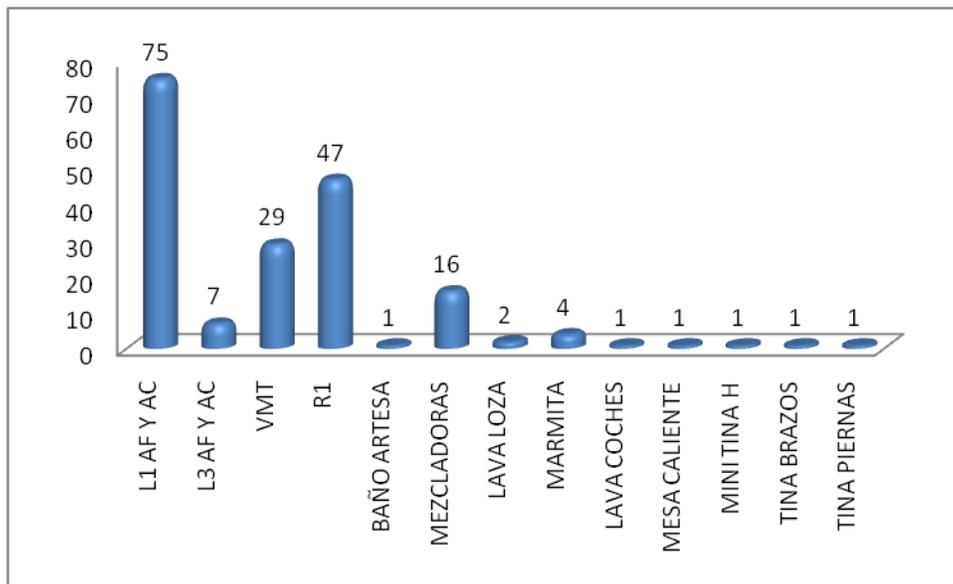
Con base en los resultados obtenidos, en la tabla 4.12 se presentan los resultados globales, los cuales muestran el requerimiento de agua caliente precalentada por medio de colectores solares planos, así como la energía utilizada para ello y el ahorro de gas L.P. al calentar la misma cantidad de agua.

RESULTADOS	VARIABLE	VALOR	UNIDADES
CONSUMO TOTAL DE SERVICIOS	$C_{ht}$	23225	$\frac{l}{h}$
CONSUMO TOTAL DE MEDICINA FISICA	mf	2532	$\frac{l}{h}$
FACTOR DE DEMANDA	$F_{dm}$	0.25	
CONSUMO HORARIO PROBABLE	$C_{hp}$	8338.25	$\frac{l}{h}$
VOLUMEN TANQUE DE ALMACENAMIENTO	$V_t$	8000	$l$
CALOR REQUERIDO	$Q_{req}$	1,106.16	$MJ$
ÁREA TOTAL DE COLECCIÓN SOLAR NECESARIA	$A_T$	139.3	$m^2$
NUMERO DE COLECTORES REQUERIDOS	N	80	
AHORRO DE GAS LP DIARIO	$A_d$	57	$l$
AHORRO DE GAS LP ANUAL	$A_a$	20,802.3	$l$

**Tabla 4.12 Concentrado de resultados.**

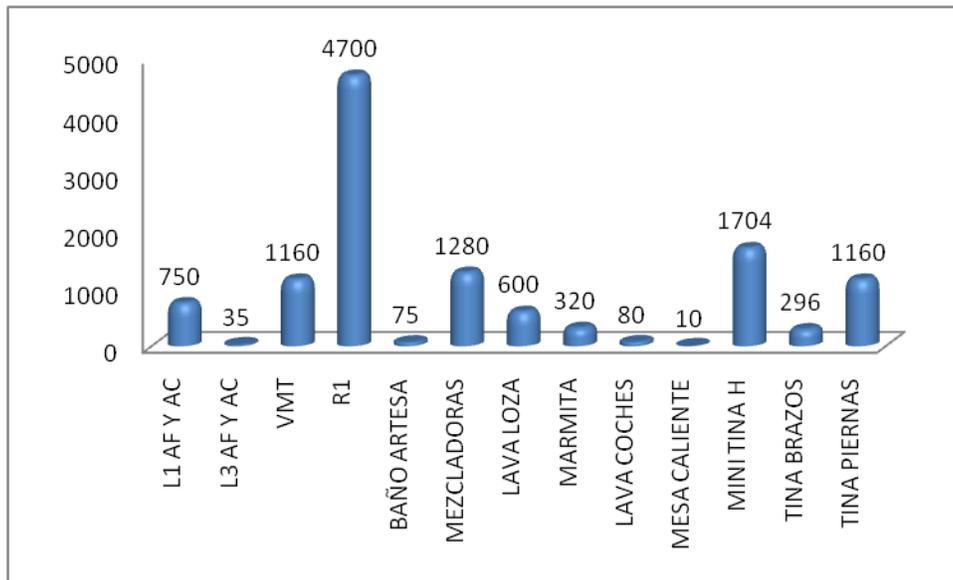
A manera de complementar el presente trabajo, las figuras 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12 representan la cantidad de muebles sanitarios y el gasto que cada uno representa en el consumo de agua caliente de cada piso. De este modo se puede entender el impacto que cada tipo de mueble tiene y que no siempre es proporcional al número de elementos existentes en el nivel.

En la figura 4.4 se aprecia que el número de Lavabos con la clasificación L-1 es significativamente mayor que el resto de los muebles sanitarios existentes en la planta baja, tome particular referencia en la comparación de magnitudes entre los lavabos tipo L-1 y las regaderas tipo R-1.



**Figura 4.4 Cantidad de muebles sanitarios en la planta baja.**

Se aprecia que la relación entre los lavabos tipo L-1 y las regaderas tipo R-1 es prácticamente de 1.6. De igual forma se aprecia que el número de vertederos mesa de trabajo (VMT) es considerablemente mayor comparándolo con la Mini Tina H.

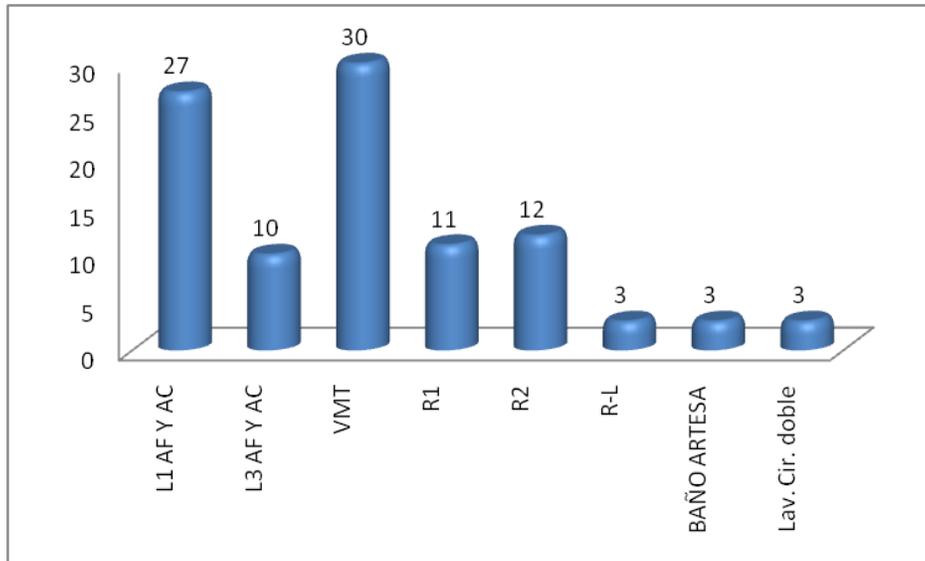


**Figura 4.5 Gasto en litros por hora de la planta baja.**

En la figura 4.5 se observa el cambio radical entre número de muebles sanitarios en la planta baja y el peso que cada grupo de elementos representa en el gasto de agua caliente. Si se ve la proporción de gasto que representan los lavabos del tipo L-1, no es siquiera la cuarta parte del gasto que tienen las regaderas del tipo R-1. De forma análoga, es fácilmente apreciable que una sola Mini Tina H tiene un consumo mayor que 29 VMT.

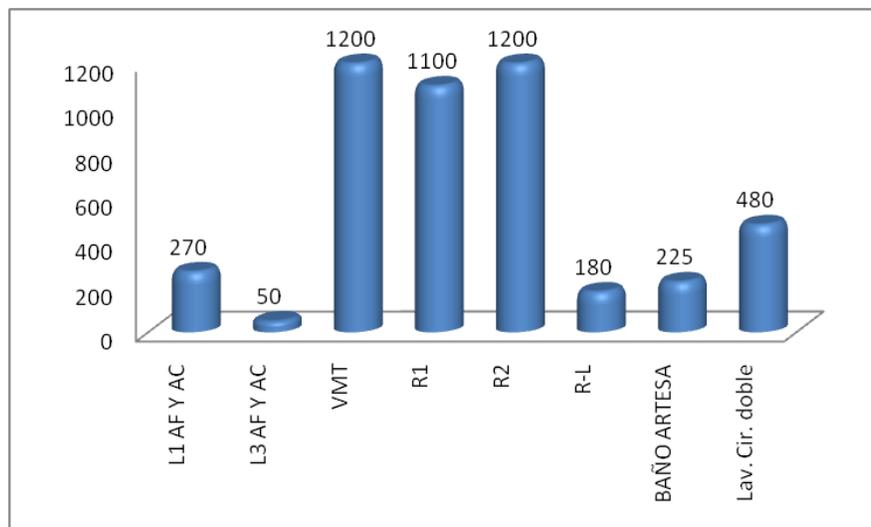
Este mismo patrón se mostrará repetidamente en todos los pisos superiores a la planta baja.

La figura 4.6 se muestra más reducida porque existe un mayor número de áreas en la que hay una magnitud reducida de muebles sanitarios. Sin embargo, se observa nuevamente esa disparidad en la cantidad de elementos existentes.



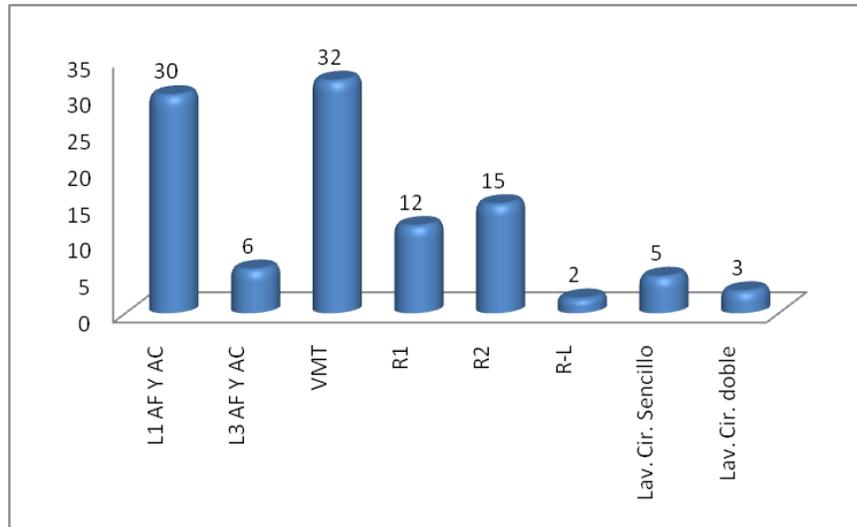
**Figura 4.6 Cantidad de muebles sanitarios del primer nivel.**

Como se observa en la figura 4.7, el patrón de la planta baja se repite pues el impacto de las regaderas tipo R-2 es igual al de los VMT a pesar de que la cantidad de dichas regaderas es casi la mitad que los VMT.



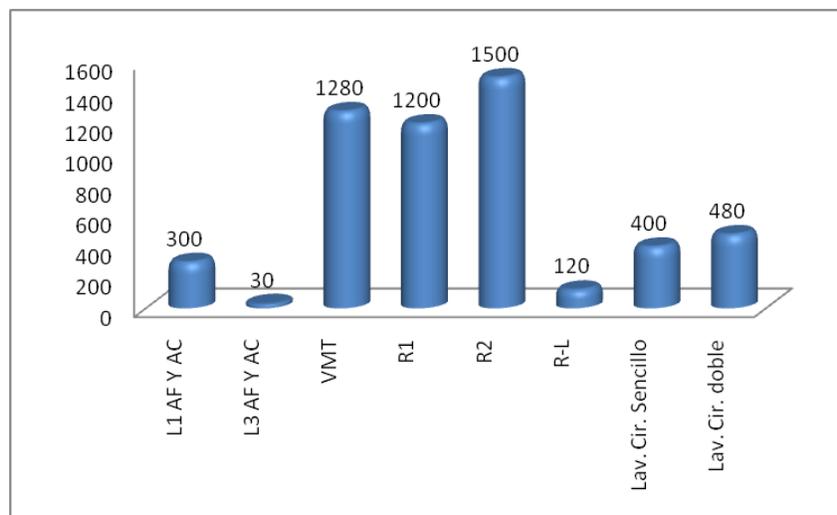
**Figura 4.7 Gasto en litros por hora del primer nivel.**

La figura 4.8 muestra una distribución similar a la figura 5.6 pues aunque por razones de diseño no existen en ambos pisos las mismas áreas de atención, su mobiliario sanitario es muy similar.



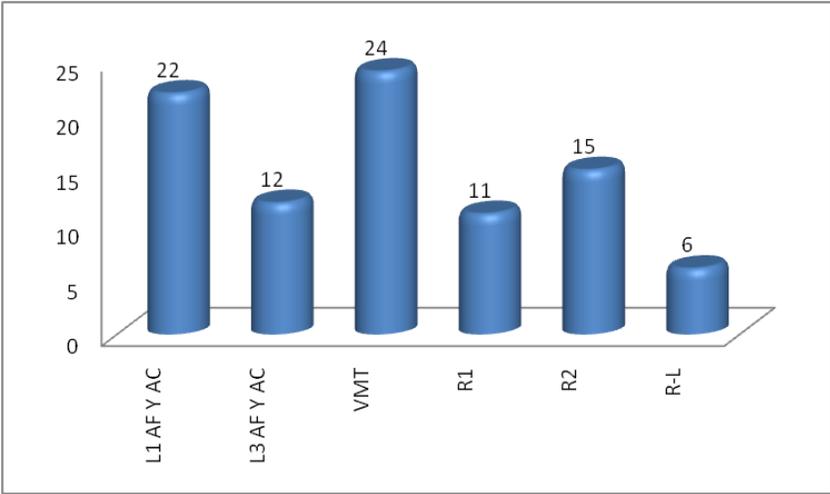
**Figura 4.8 Cantidad de muebles sanitario del segundo nivel.**

De nueva cuenta, el patrón que se mencionó acerca de la diferencia entre la cantidad de muebles existentes y su respectivo impacto en el consumo de agua caliente, queda reflejado en la figura 4.9, donde, una vez más, la distribución de gastos es muy similar a la del piso anterior representado por la figura 4.7



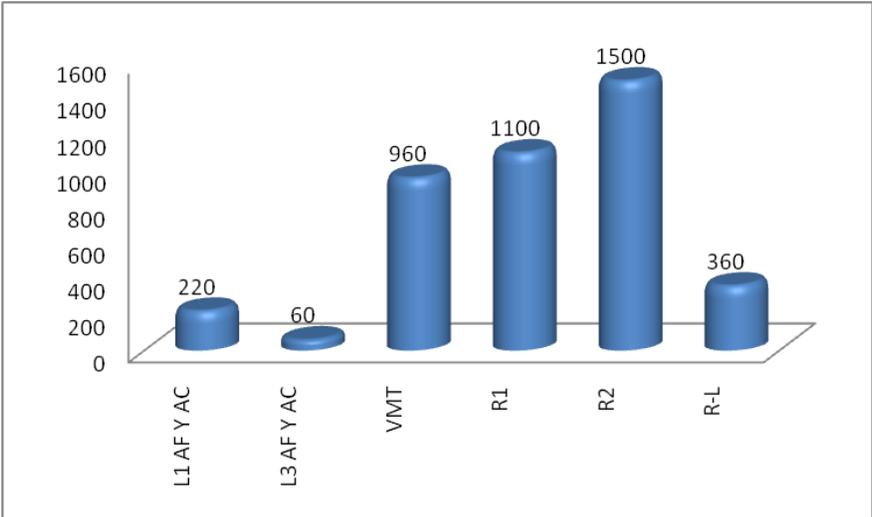
**Figura 4.9 Gasto en litros por hora del segundo nivel.**

La figura 4.10 es incluso más pequeña que las anteriores porque las áreas existentes en el último nivel que utilizan el servicio de agua caliente existen en un número menor que en los pisos anteriores.



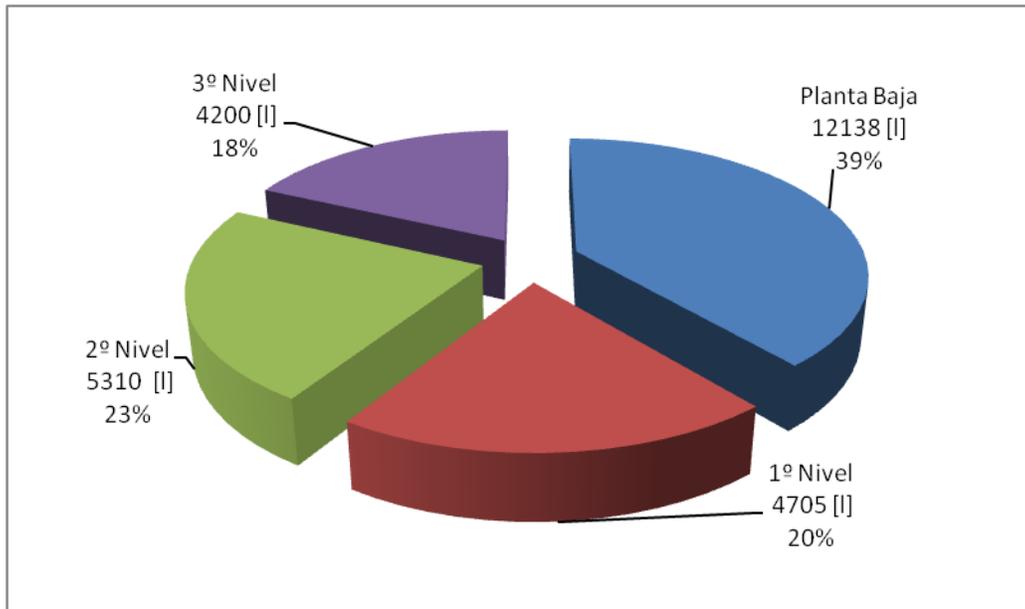
**Figura 4.10 Cantidad de muebles sanitario del tercer nivel.**

A pesar de la poca variedad de muebles sanitarios en comparación a los 3 niveles inferiores (P.B., 1er Nivel, 2do. Nivel), el patrón ya tantas veces mencionado se sigue conservando en el último piso (figura 4.11), de forma muy marcada en la comparación de lavabos contra regaderas.



**Figura 4.11 Gasto en litros por hora del tercer nivel.**

La figura 4.12 muestra la distribución por piso de la demanda de agua caliente del hospital. Se observa que la planta baja concentra un gasto mayor que los de los otros 3 niveles superiores del hospital.



**Figura 4.12 Demanda de agua caliente de servicios por piso.**

Esta diferencia tan marcada entre los gastos horarios de un piso a otro es debida a las áreas que en ellos se encuentran localizadas, pues en cierto tipo particular de zonas hospitalarias la demanda del servicio varía considerablemente

Finalmente, la figura 4.13 muestra un comparativo entre un calentador de gas y un sistema con base en colectores solares.



**Figura 4.13 Comparación de tecnologías.**

Se observa que el verdadero beneficio de los calentadores de energía solar es el ahorro del gasto de combustible a lo largo del tiempo y el bajo costo de mantenimiento.

Cabe destacar que el hospital cuenta con una planta de suavización de agua para las calderas. Ya que el agua calentada por los colectores ingresará después a las calderas, tendría que ser previamente suavizada para disminuir incrustaciones en las calderas y como consecuencia, atenuar dichas incrustaciones en los colectores solares planos.

La figura 4.14 muestra el plano que se proyectó del sistema que se instaló en la azotea del hospital.

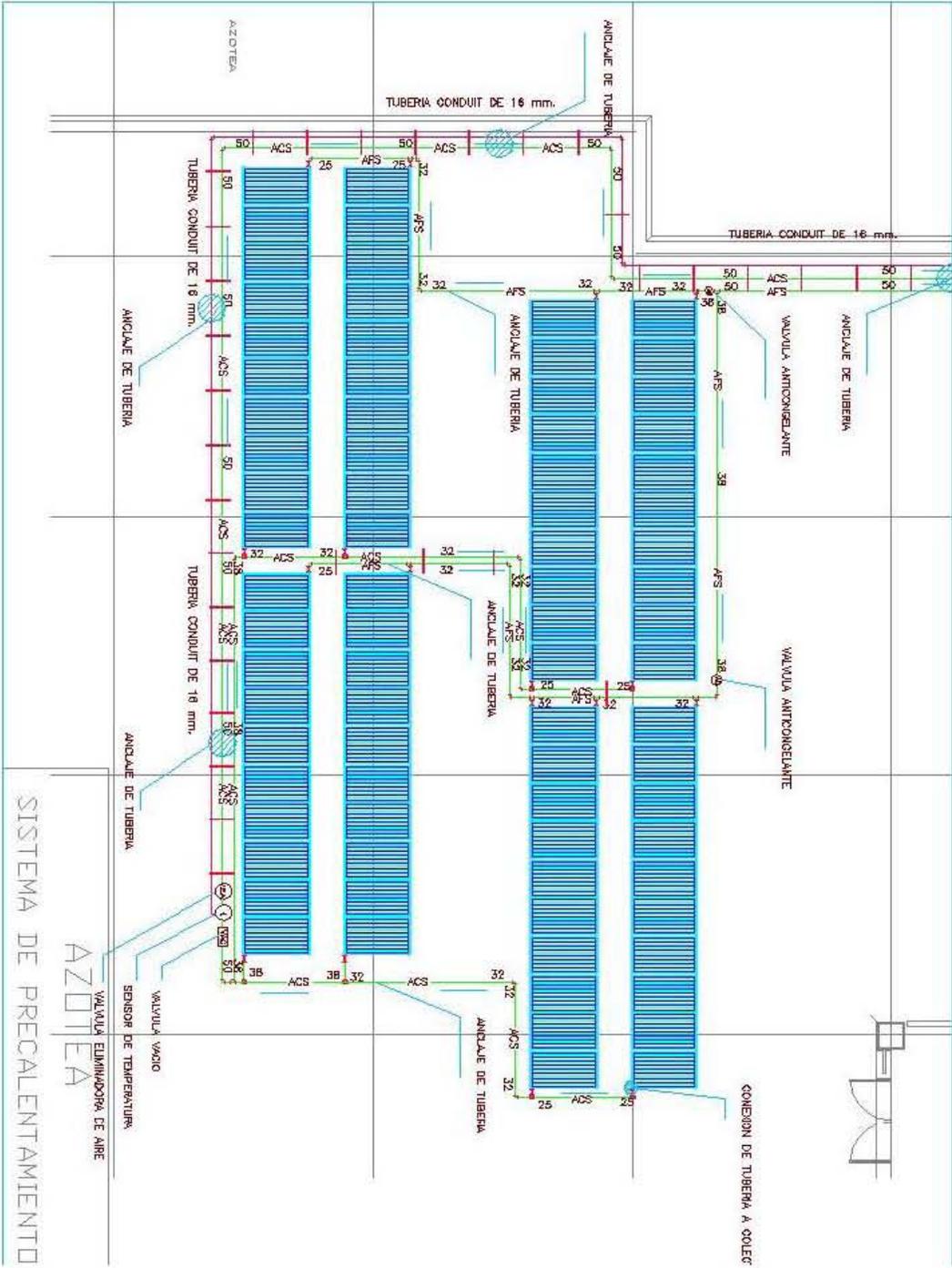


Figura 4.14 Vista planta de la azotea.

La figura 4.15 es el isométrico del sistema de precalentamiento instalado en el edificio.

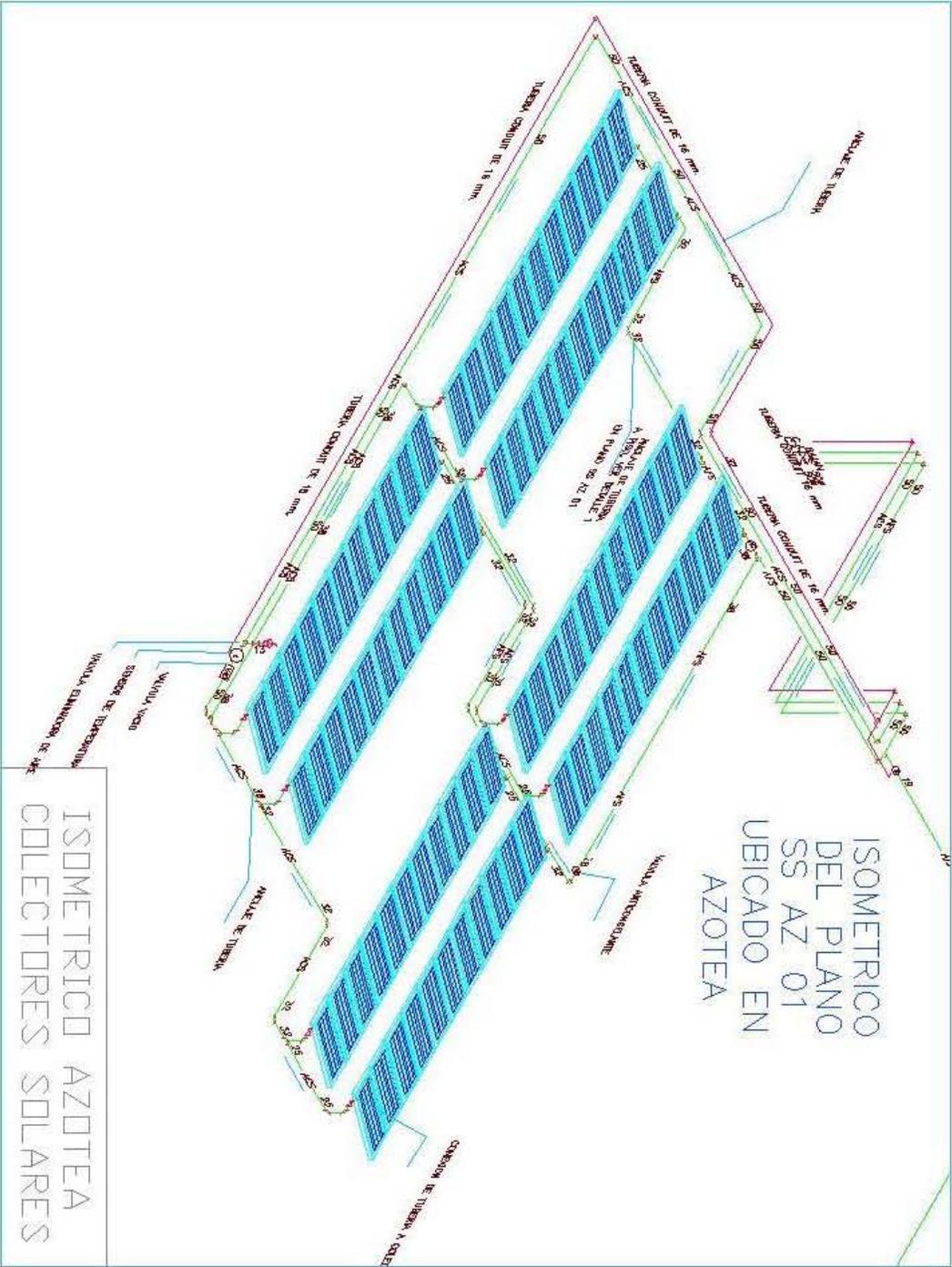


Figura 4.15 Isométrico de la elevación de la azotea.

Por varias razones no fue posible viajar al estado de Jalisco para tomar fotografías del sistema instalado, sin embargo, la Ing. Barrientos, jefa de Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y Especiales señaló que simultáneamente a la elaboración del proyecto de Tlajomulco se llevó a cabo el Hospital de Tecamac en el Estado de México, cuya demanda de agua caliente es similar a la de Tlajomulco por tratarse también de un Hospital de 250 camas. El sistema de precalentamiento instalado es el mismo que existe en Tlajomulco variando únicamente en el número de colectores y en la distribución de los mismos en la azotea del edificio.

El pasado 14 de Julio del 2011 la Ing. Barrientos, tuvo oportunidad de ir al Hospital de Tecamac y tomar fotografías de varios sistemas e instalaciones del edificio, entre ellos el sistema de precalentamiento solar, las cuales amablemente proporcionó para motivos exclusivos del presente trabajo.

Las figuras 4.16, a 4.20 muestran las fotografías del sistema solar instalado en el Hospital de 250 camas.

Se puede observar la distribución de colectores solares a lo largo de la azotea, la forma de interconexión, y el cabezal al que descargan todos los colectores.

La figura 4.16 y 4.17 muestran una elevación en 30° de los colectores solares. Se puede apreciar la tubería por la que circula el agua.



**Figura 4.16 Elevación Oriente-poniente.**

En la figura 4.17 se puede observar el detalle de la tubería colocada en paralelo para optimizar el calentamiento del agua para los servicios.



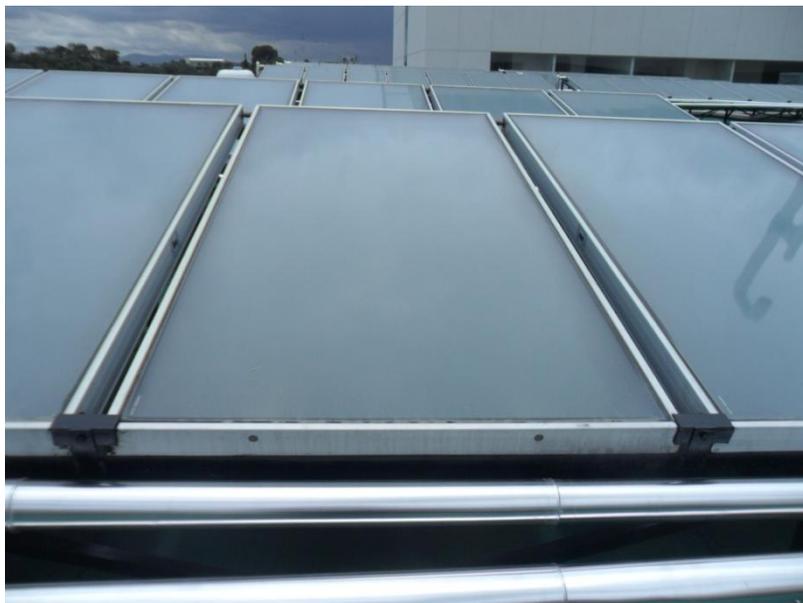
**Figura 4.17 Elevación Oriente-poniente.**

La figura 4.18 es una fotografía de la vista en elevación Sur-Norte de los colectores instalados en la azotea.



**Figura 4.18 Elevación Sur-Norte**

La figura 4.19 muestra una vista frontal de los colectores.



**Figura 4.19 Elevación Sur-Norte.**

La figura 4.20 es una muestra al tanque de agua en la casa de máquinas.



**Figura 4.20 Tanque de almacenamiento de agua precalentada**

La figura 4.21 es una vista aérea de la distribución de los colectores solares.



**Figura 4.21 Vista Planta**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Para poder llevar a cabo el cálculo para el correcto dimensionamiento del depósito de agua precalentada requerida, fue necesario realizar de manera precisa el conteo de todos los muebles que requieren del servicio de agua caliente sanitaria en el Hospital. Posteriormente, con base en la Norma del Instituto Mexicano del Seguro Social, se asignó a cada uno de los muebles sanitarios el gasto que representan dependiendo de la zona del recinto hospitalario en el que se encuentran. Es importante destacar que el uso destinado a cada mueble sanitario, impactó en la magnitud del gasto que se le asignó para el dimensionamiento del tanque de agua precalentada con energía solar.
- Para la obtención de la irradiación de Tlajomulco de Zúñiga, se utilizó el programa de Irradiaciones global, directa y difusa en superficies horizontales e inclinadas así como irradiación directa normal en la República Mexicana desarrollado de por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el cual calcula la irradiación diaria promedio mensual en cualquier punto de la República Mexicana, siendo por consiguiente una excelente herramienta para la realización de este trabajo pues los datos obtenidos a través del software son de vital importancia en cualquier cálculo relacionado con el aprovechamiento de la energía solar.
- Con respecto a la obtención del volumen de agua total, se observa que la mayor demanda de agua caliente no es resultante directa de los muebles sanitarios que tengan una existencia mayor en el piso sino por aquellos que son utilizados un tiempo mayor en cada uso o que tienen un ciclo de uso más frecuente. Lo anterior explica porqué la mayor demanda de agua caliente,  $12,138 \frac{l}{h}$ , se encuentra localizada en la planta baja del hospital, debido a que se tienen en dicho nivel las siguientes zonas:

- a) Medicina Física.
- b) Baños y Vestidores de Personal

Aquí se encuentran localizadas las regaderas del personal del hospital. Y las tinas de hidromasaje para rehabilitación.

- Se determinó que el volumen del depósito de agua debe de ser de 8000 [L] considerando un factor de demanda de del 25% aplicado a la demanda probable del hospital que se obtuvo en el presente trabajo. Este factor de demanda se origina debido a que el hospital no se encuentra consumiendo todo el tiempo la cantidad de agua que necesita para la totalidad de sus servicios sanitarios.
- Tomando en cuenta la cantidad de agua a calentar, se calculó que 80 Colectores Solares Planos modelo 1000-10 de Genersys son suficientes para elevar la temperatura del tanque de almacenamiento a la temperatura final requerida de 50[°C].
- Con los 80 colectores solares planos, se estimó un ahorro de 20,802.3 [L] de Gas L.P. al año El sistema se concibió como de Precalentamiento, es decir, los paneles no abastecen al hospital de agua caliente, elevan la temperatura del agua para que la caldera no gaste energía en ese incremento inicial y de ese modo se logren ahorrar varios litros de Gas L.P.
- En determinadas circunstancias, los colectores solares no podrán precalentar el agua hasta la Temperatura final requerida, como por ejemplo en días muy nublados o con mucha precipitación pluvial, en estas ocasiones la caldera deberá proporcionar la totalidad de energía necesaria para abastecer los servicios del hospital.
- Para terminar, es importante fomentar este tipo de tecnologías, llámense energía solar térmica, energía solar fotovoltaica, energía eólica etc., es un tiempo en el cual la crisis energética por una u otra razón ha alcanzado a nuestro país, los altos niveles de contaminación medidos en los últimos meses han impedido llevar una vida plena al aire libre; si la sociedad recurre a las tecnologías verdes, un futuro mejor deparará a toda la humanidad.

# REFERENCIAS

- [1] Anderson, B., (1977), Solar Energy: Fundamentals in Building Design, NYA, McGraw-Hill
- [2] Close, D, (1962), The performance of solar water heaters with natural circulation. Solar Energy.
- [3] De Juana, J. Energías renovables para el desarrollo, Cooperación Internacional, Paraninfo. Consultado en Mayo del 2010. Disponible en [http://books.google.com.mx/books?id=NyvcConR-xoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=NyvcConR-xoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- [4] Duffie, J A, y Beckman, W A (1991), Solar Engineering of Thermal Processes, NY, EUA, John Wiley & Sons
- [5] Dugescu, R, (2010), Solar Energy, Vukovar, Croacia, Intech.
- [6] Escoda, S Energía Solar Térmica, Catálogo Técnico
- [7] Estrada-Cajigal, V (1993), Métodos de cálculo de la radiación solar, Notas del curso de actualización en Energía Solar, Laboratorio de Energía Solar del Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM, Temixco Morelos. Consultado en Mayo del 2011. Disponible en <http://www.solartronic.com/download/radiacion.pdf>
- [8] Estrada-Cajigal, V (1997), Actualización de los Mapas de irradiación Global Solar en la República Mexicana
- [9] Estrada-Cajigal, V (2005), Irradiaciones Global, Directa y Difusa en superficies horizontales e inclinadas así como irradiación directa normal en la República Mexicana, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- [10] Fernández, P., Procesos Termosolares en Baja, Media y Alta temperatura, Departamento de Energía Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria
- [11] Gonzales, J., (2009), Energías Renovables, Universidad Autónoma de Madrid, España, Disponible en

[http://books.google.com.mx/books?id=bl6L8E\\_9t1kC&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=bl6L8E_9t1kC&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

- [12] Hsieh, J, (1986), Solar Energy Engineering. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- [13] Ibáñez, M., Rosell R. (2004), Tecnología Solar, Colección de Energías renovables, Madrid, España, Mundi-Prensa
- [14] Jutglar, L, (2004), Energía Solar, Barcelona, España, Ediciones CEAC. Consultado en Enero 2010. Disponible en <http://books.google.com.mx/books?id=l0qPPTGMRUYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [15] Kalogirou, S, (2004) Solar Thermal Collectors and applications, MA, EUA, Academic Press
- [16] Kalogirou, S, (2009) Solar Energy Engineering, MA, EUA, Academic Press
- [17] Manual de usuario Módulo de tococirugía, Sistema de Información para la Gerencia Hospitalaria, Gobierno Federal Mexicano
- [18] Melendo, J., (2002), Manual de técnicas de montaña e interpretación de la naturaleza, Barcelona, España, Paidotribo. Consultado en Octubre 2010 Disponible en [http://books.google.com.mx/books?id=xFpx5MRroIC&pg=PA12&dq=coordenadas+geograficas&hl=es&ei=2zv2Taa mL YfBtgf-nNy3BQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CDEQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=xFpx5MRroIC&pg=PA12&dq=coordenadas+geograficas&hl=es&ei=2zv2Taa mL YfBtgf-nNy3BQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CDEQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false)
- [19] Morrison, G.L., (2001), Solar Energy: The State of the Art, Londres, Inglaterra, James and James.
- [20] Portal de las energías renovables, Solar, Consultado en Abril 2011 Disponible en [http://esp.energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID\\_conteudo=42&ID\\_area=8&ID\\_sub\\_area=26](http://esp.energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID_conteudo=42&ID_area=8&ID_sub_area=26)

- [21]** Ribot, J (1995), Curso de Energía Solar, Tomos del 0 al 8, Centro de Tecnología Educativa, Barcelona, España, CTE S.A.
- [22]** Salomoni, V., New Trends in Designing parabolic trough solar concentrators heat storage concrete systems in solar power plants, Universidad de Padua.
- [23]** Silva, M. (2002), Radiación Solar, Universidad de Sevilla, España.
- [24]** Tipos de Equipos Solares, ThermoQuest, Consultado en Julio del 2010 Disponible en [http://www.thermoquest.cl/index.php?p=1\\_21](http://www.thermoquest.cl/index.php?p=1_21)
- [25]** Todo en piscinas, jardín y energía solar. Consultado en Julio del 2010 Disponible en <http://www.todoenpiscinas.com/Colector-semiesferico-concubierta>
- [26]** Torsolar, Ingeniería Energética, Consultado en Septiembre del 2010 Disponible en [http://www.torsolar.es/servicios/aire\\_solar/](http://www.torsolar.es/servicios/aire_solar/)
- [27]** Valverde, H (2009), Cédula de Servicios de Tlajomulco, Ingenieros Especialistas en Cimentaciones.
- [28]** Varios, Centro Español de Información del Cobre, Solar Praxis, España.
- [29]** Varios (2011), Clayton, Manual de consulta Calderas y Periféricos, Vapor y Agua Caliente, México, Calderas Clayton
- [30]** Varios, (1997) Normas de Diseño de Arquitectura, IMSS
- [31]** Varios (1997), Normas de Diseño de Ingeniería Electromecánica, IMSS
- [32]** Varios, (2000), Normas Técnicas para proyectos de Arquitectura y Equipamiento de las unidades de emergencia, Dirección Ejecutiva de Normas técnicas para Infraestructura en Salud, Lima, Perú
- [33]** White F., (1994), Fluid Mechanics, 4th Edition, NY, EUA, McGraw-Hill

**ANEXO**

**ESPECIFICACIONES  
TÉCNICAS DEL  
COLECTOR SOLAR  
PLANO UTILIZADO**

# High Quality

solar thermal panels  
for homes, pools  
& commercial applications



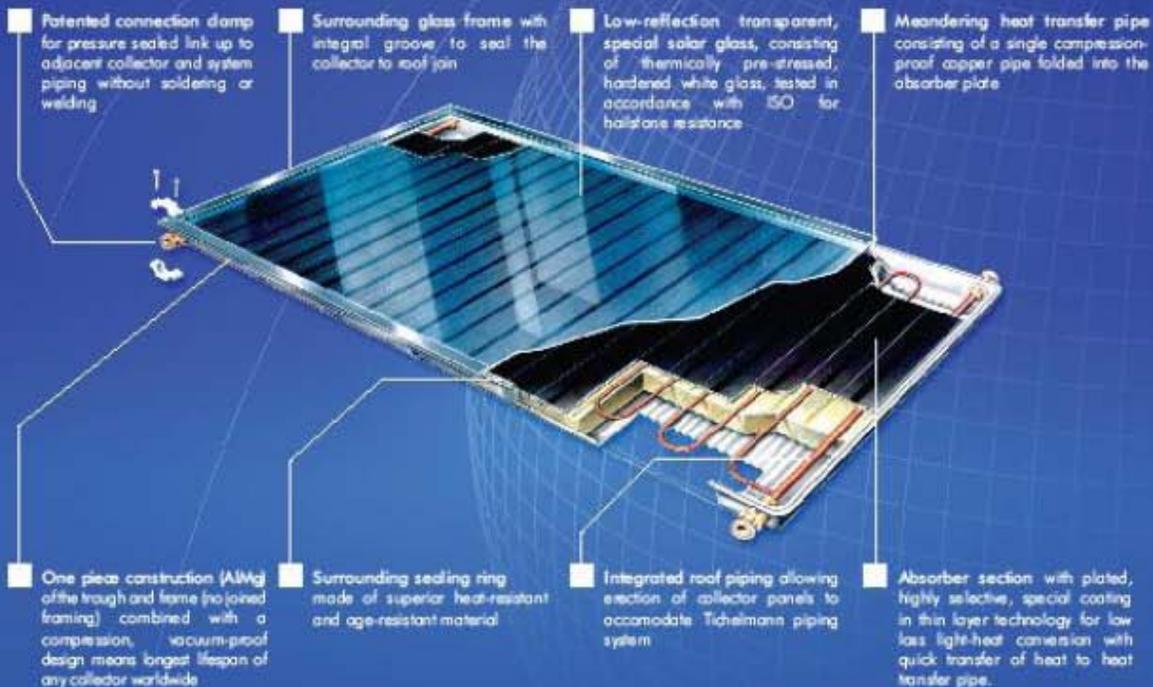
## 1000-10 Solar Collector

For a green future\*



(Above) The Genersys 1000-10 H can be mounted horizontally

**20 year panel warranty**



Sports stadium

### Genersys 1000-10 Solar Collector

1 panel (2m<sup>2</sup>) average output 1200 kWh at constant 50 degrees C \*

GENERSYS 1000-10 is a world leading flat-plate, vertically or horizontally (1000-10 H) mounted collector without collection pipes, intended for applications in systems equipped with circulating pumps. It consists of a one-piece forged metal casing to which safety solar glass is fixed by means of a frame made from non-corrosive aluminium profile.

Stamped Al-Mg sheet absorber fins with high-selective conversion layer span the copper pipe meander. The flanged connection pipes are connected to the hydraulic circuit by patented connection clamps. The collectors can be connected in parallel, up to 10 panels per row.



**Build Quality** Our panels are built to last, 35+ year life expectancy.

Certified and independently tested to comply with BS EN 12975 Parts 1 & 2 and comply with all applicable official standards in the USA and Canada.

[www.genersys.com](http://www.genersys.com)

## Solar heating for swimming pools

Genesys thermal solar technology is the cost effective way to heat swimming pools, whether they are Olympic size or simply a small domestic pool. Instead of using expensive and inefficient fossil fuel to heat your pool use the natural light of the sun, a free source of energy that Genesys converts into useful heat.

Payback in as little as 18 months - 35+ Year Life Expectancy



### Technical Specifications

Floor Space:	2.03 m <sup>2</sup>
Absorbing Surface:	1.78 m <sup>2</sup>
Linkage dimension:	1040 x 2040mm
Weight empty:	36.5kg
Fluid volume:	1.3 litres
Cover glass:	Safety solar glass 4mm thick.
Connection:	Patented connection clamp.
Casing:	Stamping from non-corrosive Al-Mg sheet.
Thermowell:	To accommodate Ø 4mm or Ø 6mm sensor.
Solar absorptivity: αM1.5	Min. 0.94
Thermal emissivity: ε82°C	Max. 0.16
Optical efficiency:	80%
Operating temperature:	Below 200°C

No-load temperature at radiation 1000 W/m<sup>2</sup> and ambient temperature of 30°C: 170°C

Max. working over-pressure of heat transfer fluid: 600 kPa

Recommended flow of heat transfer fluid: 60 L/h/m<sup>2</sup> collector

The Genesys 1000-10 panel is not intended to be used in drain-back systems.



Sub zero performance  
Our panels work even in extreme temperatures.

### High Quality Panel

#### The casing

- stamping from non-corrosive Al-Mg sheet
- sea-water resistant

#### The absorber

- made of corrosion-resistant aluminium
- corrosion-proof and pressure-proof copper piping for fluids

#### The glass covering

- safety glass for security against breakage, tested for hailstone-resistance
- maximum light-transmitting properties in excess of 93% due to high degree of transparency

#### Modular construction in line with architectural requirements

- attractive appearance due to integrated collection piping
- straightforward collector section even for attic conversions

#### Energy and environmental protection

- The flat plate collector produces heat without polluting the environment and with only minimal energy consumption. It saves the energy required for its manufacture in approximately 2 years.

Genesys are proud to be associated with the following:



For more information please visit: [www.genesys.com](http://www.genesys.com)

(Below) Innovative solutions: wall integrated 1000-10 Genesys solar panels



#### Genesys 1000-10:

The Genesys 1000-10 solar panel is a vertically mounted glazed collector without collection pipes, intended for applications in systems equipped with circulating pumps.

The panels have an integrated connection system enabling pressure sealed linkage with adjacent panels. The Genesys 1000-10 panel is constructed with a single meander system piping without using soldering or welding and is folded into the absorber plate; a single piece tray is folded into the frame holding the glazing.

#### Maintenance:

Genesys 1000-10 panels do not require any

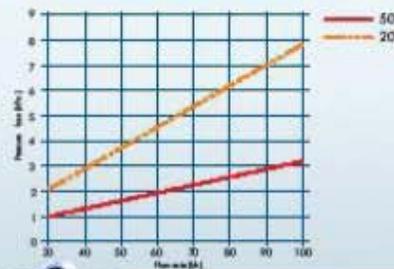
maintenance. The panels have been designed to withstand high temperatures; the glass does not require cleaning. There are no user serviceable parts inside and due to the heat exchange process the panel does not contact potable water or water to be heated.

#### Further reading:

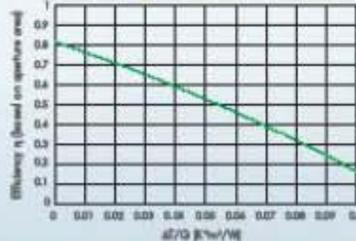
To access a searchable Knowledge Base and a library of downloads including this datasheet, installation manuals and much more please visit our homepage for solar professionals and installers: [www.genesys.com](http://www.genesys.com)

Certified and independent label to comply with BS EN 12975 Part 1 & 2 and comply with applicable colour standards in the USA and Canada.

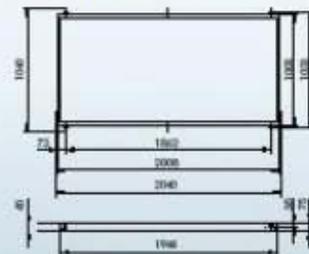
### Pressure Loss of 1000-10 Panel with Anti-Freeze Liquid



### Efficiency curve for the determined coefficients and for an assumed irradiation of 800 W/m<sup>2</sup> based on aperture area



### Dimensions (mm)



[www.genesys.com](http://www.genesys.com)

Genesys Plc, 37 Queen Anne Street, London, W1G 9JH

Tel: +44 (0)20 7637 9708 Fax: +44 (0)20 7637 0901 Email: [enquiries@genesys.com](mailto:enquiries@genesys.com)

Genesys reserves the right to change technical details. Copyright © Genesys Plc 2005. All rights reserved. The Genesys name and logo are trademarks registered throughout the European Community.

# **GLOSARIO**

## **DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DEL HOSPITAL**

**Acceso Principal:** Es la entrada al Hospital, por aquí se tendrá acceso a todas las instalaciones Hospitalarias.

**Admisión Hospitalaria:** Es el módulo en el que se tiene la información oportuna y veraz sobre la vigencia y el estado que guardan los pacientes Urgentes o Programados en el Hospital interrelacionando los servicios que interfieren en el proceso de atención al paciente, para ser notificada a sus familiares de manera expedita así como llevar un registro de los procedimientos y facilitar las actividades del personal operativo y proporcionar información estadística que facilite la administración del Hospital. Es el módulo donde se registran pacientes que ingresan y egresan.

**Alimentación Parenteral:** Área donde se administran nutrientes por vía venosa para cubrir las necesidades nutricionales de los pacientes que la vía enteral es inadecuada, insuficiente o está contraindicada

**Almacén:** Es el área encargada de mantener surtidos los consumibles del Hospital, batas, guantes, leches, instrumental médico nuevo etc.

**Anatomía Patológica:** Área tipo laboratorio encargada del estudio, de las causas, desarrollo y consecuencias de las enfermedades. Este Servicio no tiene una relación directa con los pacientes, es un Servicio de apoyo al resto de especialidades médicas o quirúrgicas. Cirujanos, digestólogos, oncólogos etc. remiten muestras de biopsias y citologías para su estudio.

**Apoyo a la Administración con módulos de personal:** Área administrativa

**Apoyo a la Administración con Servicios Generales:** Área administrativa

**Apoyo Paramédico:** Área dónde se brinda atención paramédica como apoyo a los tratamientos médicos de los pacientes, para su pronta recuperación parcial o total.

**Archivo Clínico:** Área administrativa encargada de llevar el control histórico de los pacientes.

**Athodo (atención hospitalaria a domicilio):** Área donde se coordinan los servicios que se les da a los pacientes con enfermedades crónico degenerativas a domicilio.

**Auditoría:** Área administrativa donde se programan las auditorias internas.

**Banco de Leches:** Es el área encargada de la elaboración de fórmulas lácteas en condiciones de asepsia (ausencia de microorganismos patógenos)

**Baños y Vestidores de personal:** Donde el personal del hospital puede bañarse

**Cafetería:** Donde el personal y las visitas de los pacientes pueden consumir alimentos.

**Casa de Máquinas:** Cuarto designado para albergar la maquinaria y equipos que hacen funcionar los servicios del hospital. Calderas, generadores de emergencia etc.

**C.E.Y.E. (Central de Equipos y Esterilización):** Área encargada de obtener, centralizar, preparar, esterilizar, clasificar y distribuir el material de consumo. Se encarga de la distribución adecuada de equipo, material e instrumental de manera oportuna y con la optimización de tiempo y recursos.

**Cirugía Ambulatoria:** Lugar donde se encuentran los pacientes que han sido intervenidos y que serán enviados a casa en un lapso no mayor a 24 hrs.

**Consulta Externa:** Sitio donde se da atención a las personas que no están adscritas en la unidad hospitalaria.

**Consulta Externa de Cirugía:** Área donde se encuentran los doctores encargados de dar atención ambulatoria a los pacientes y se toman decisiones según la enfermedad y estado de los pacientes después de la cirugía que se les practicó.

**Consulta Externa de Ginecopediatría:** Área en la que se ofrece orientación, diagnóstico, tratamiento médico, nutricional, social, de terapia física y respiratoria. De igual forma a través de programas de prevención dirigidos a toda la comunidad materno infantil y a la población vulnerable a patologías como Hipertensión Arterial, Cáncer de Cérvix y enfermedades de Transmisión Sexual, se pretende concientizar sobre la importancia de un diagnóstico temprano.

**Consulta Externa Medicina Interna:** Lugar dónde se da atención a adultos enfermos que no se encuentran adscritos en la unidad hospitalaria.

**Cuarto de Acondicionamiento de Aire:** Es el cuarto en el que se encuentra el sistema que regula la temperatura y calidad del aire en los centros de rehabilitación, mejora de forma importante la eficiencia de los tratamientos y la actitud tanto de los pacientes como del personal.

**Diálisis:** área destinada a realizar terapia de reemplazo renal usada para proporcionar un reemplazo artificial para la función perdida del riñón debido a un fallo renal. La diálisis puede ser usada para pacientes muy enfermos que han perdido repentinamente su función o para pacientes absolutamente estables que han perdido permanentemente su función renal.

**Educación Médica e Investigación:** Área destinada a la enseñanza de los futuros médicos, donde los médicos especializados dan cátedra a través de la exposición de diversos casos reales.

**Endoscopia:** Área dónde se realizan diagnósticos por medio de una cámara o lente dentro de un tubo (endoscopio) que es introducido a través de un orificio natural.

**Epidemiología Hospitalaria:** Área dónde se lleva a cabo el estudio de las causas de la aparición, propagación y mantenimiento de los problemas de salud en la población hospitalaria con la finalidad de prevenirlos o controlarlos.

**Farmacia:** Zona designada a la entrega de medicamento al paciente.

**Fomento a la Salud:** Zona medico-administrativa en la cual se crean programas para difundir y divulgar una cultura de vida sana.

**Gobierno:** Área dónde se encuentran la Dirección General, Dirección Médica, Dirección Administrativa y sala de juntas, cuatro Subdirecciones con varios cubículos y un área de uso general para el personal administrativo.

**Hemodiálisis:** Área dónde se elimina de la sangre residuos como potasio y urea, así como el exceso de agua en caso de que los riñones no lo hagan.

**Hospitalización Cirugía:** Lugar donde se encuentran los pacientes que han sido intervenidos o que lo serán, en éste sitio se les da seguimiento y monitorean sus signos vitales.

**Hospitalización Gineco-obstetricia:** Área destinada a la recuperación posterior de la madre. Cuenta con todo el equipo necesario para asegurar el bienestar de la madre y del recién nacido.

**Hospitalización Medicina Interna:** Lugar donde se encuentran los pacientes que necesitan estar en observación debido al diagnóstico que se tiene a partir de la unidad de medicina interna.

**Hospitalización Pediátrica:** Área donde se realizan pruebas de diagnóstico y se da tratamiento a los niños o lactantes que así lo requieran.

**Imagenología:** Zona designada para la realización de procedimientos diagnósticos y terapéuticos, en los cuales se utilizan equipos que reproducen imágenes del cuerpo.

**Laboratorio:** Área designada para la toma de muestras de los pacientes.

**Medicina Física:** Área destinada al diagnóstico, evaluación, prevención y tratamiento de la incapacidad encaminada a facilitar, mantener o devolver el mayor grado de capacidad funcional e independencia posibles del paciente.

**Nutrición y Dietética:** Es el área destinada a atender de modo integral el estado nutricional de la población y su incidencia en la salud humana.

**Observación Adultos** La función que se realiza en este ambiente tiene por objetivo tratar de llegar a un diagnóstico y estabilizar a los pacientes antes de ser

hospitalizados, pasar a sala de operaciones o ser dados de alta. Los pacientes en este ambiente deben permanecer un número limitado de horas. Los cubículos que los confirman serán individuales con elementos de separación que permitan la privacidad del paciente y la versatilidad del espacio. La sala de observación debe estar directamente relacionada y comunicada con la central de atención.

**Observación Pediátrica:** Área donde se proporcionan las condiciones necesarias para el diagnóstico y tratamiento de los pacientes pediátricos con padecimientos que requieran observación en cama o cuna a fin de definir su hospitalización, alta o intervención quirúrgica

**Primer contacto:** Área situada a la entrada y puede ampliarse hacia la sala de espera del hospital destinada a la evaluación y recepción de los pacientes que acuden por sus propios medios.

**Quimioterapia:** Área del hospital donde se realiza la quimioterapia, la cual se basa en la administración de sustancias químicas (fármacos). Se utiliza como terapia para la tuberculosis y el cáncer.

**Residencia de Conservación:** Oficinas de mantenimiento.

**Talleres de Conservación:** Talleres de mantenimiento.

**Terapia Respiratoria:** Área del hospital donde se realizan diversas prácticas y métodos que se aplican, en conjunto con medicamentos, a pacientes con patologías respiratorias.

**Tococirugía:** Área de quirófanos, destinados para uso exclusivo de pacientes Obstétricos (cesáreas, legrados, etc.) cuenta con comunicación directa con cuneros y terapia intensiva neonatal, facilitando la atención inmediata de su bebé.

**U.C.I. (unidad de cuidado intensivo):** Lugar donde se proporciona atención especial a los pacientes que presentan alguna condición grave de salud y por lo tanto requiere de un monitoreo constante de sus signos vitales y otros parámetros.

**U.C.I.N. (unidad de cuidado intensivo neonatal):** Lugar donde se da atención de vital importancia a los pacientes de entre 0 y 28 días de edad, es decir, se encuentran en el periodo neonatal.

**Urgencias:** Es una unidad integral que el hospital dedica, para recibir, estabilizar y manejar pacientes que se presentan con una gran variedad de condiciones urgentes. Los cuidados deben ser con un alto estándar de calidad y donde la comunidad percibe la necesidad de atención aguda o urgente, incluyendo la admisión hospitalaria.

**Vestíbulos:** Son pasillos anchos, diseñados especialmente, rodean el recibidor principal de un edificio. Están amueblados y es lo bastante grande para permitir a los pacientes conversar y sentarse