



UN-A-CH
BIBLIOTECA CENTRAL UNIVERSITARIA



Universidad Autónoma de Chiapas.
Facultad de Arquitectura.
Campus I

Maestría en Arquitectura y Urbanismo.

**Sistema pasivo de control solar para la vivienda
vertical en clima cálido subhúmedo.**

Que para optar por el grado de
Maestro en arquitectura y urbanismo.

PRESENTA:

Arq. Juan Carlos Solís Granados.

Director de proyecto:

Doctor en arquitectura Raúl Pável Ruiz Torres.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Diciembre del 2011.

DIRECCION
TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS
OFICIO No. DIR/448/2011
NOVIEMBRE 25 DE 2011

C. JUANCARLOS SOLIS GRANADOS
Candidato a Maestro en Arquitectura y Urbanismo
Facultad de Arquitectura-UNACH
Edificio.

Por este medio, informo a Usted que, después de haber sido revisado su Proyecto Terminal de Maestría denominado: **"SISTEMA PASIVO DE CONTROL SOLAR PARA LA VIVIENDA VERTICAL EN CLIMA CÁLIDO SUBHUMEDO"**, por parte de la comisión revisora asignado para tal fin, los integrantes de la misma me han hecho llegar su voto aprobatorio y autorizan la impresión de este trabajo, bajo el formato que Usted decida, pero con atención a las normas mínimas de presentación con que cuenta esta Facultad y que en su oportunidad le fueron entregadas.

Con fundamento en lo anterior, esta Dirección a mi cargo le autoriza **PROCEDER A LA IMPRESIÓN DE SU DOCUMENTO**, que presentará como opción para obtener el Grado de Maestro en Arquitectura y Urbanismo.

ATENTAMENTE
"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"


ARQ. JOSE ALBERTO COLMENARES GUILLEN
DIRECTOR



C.c.p. Archivo
C.c.p. Expediente.



**COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS., 25 DE NOVIEMBRE DEL 2011.**

**ARQ. JOSE ALBERTO COLMENARES GUILLEN
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA
DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS
EDIFICIO.**

Con base en los acuerdos obtenidos en la Sesión Ordinaria del Comité de Investigación y Posgrado de esta Facultad efectuada el día 11 de agosto del 2011, y en donde se nos asigna formar parte de la Comisión Revisora del Proyecto Terminal de Maestría denominado: **"SISTEMA PASIVO DE CONTROL SOLAR PARA LA VIVIENDA VERTICAL EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO"**, que para obtener el Grado de Maestro en Arquitectura y Urbanismo presenta el **C. JUAN CARLOS SOLIS GRANADOS**, por este medio, y de acuerdo con la revisión realizada, nos permitimos informar a usted que otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO** de autorización de impresión del documento.

Lo anterior es con la finalidad de que se realicen los trámites y el examen correspondiente.

ATENTAMENTE

"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"

EL GRUPO DEL LA COMISION REVISORA

**DR. GABRIEL CASTAÑEDA NOLASCO
PRESIDENTE**

**DR. KAUL PAVEL RUIZ TORRES
SECRETARIO**

**DRA. TERESA DEL ROSARIO ANGUELLO MENDEZ
VOCAL**

Agradecimientos.

A mis padres, Carlos Solís Márquez y Leonisa Granados de Coss,
por su inspiración,
a mi esposa Sandra Salomé Estrada Esparza
por su amor verdadero y apoyo incondicional,
a mis hijas Ana Sofía y Sarah Naomi por su impulso y motivación,
a mi director de tesis Doctor Arquitecto Raúl Pavel Ruiz Torres
por su sapiencia,
a mis profesores y amigos por su orientación y
a Dios por su bondad y eterna iluminación.

INDICE.

Resumen.	7
Abstract.	9
Introducción.	10
Justificación.	12
Hipótesis.	14
Objetivos.	14
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.	15
1.1. El edificio y su función de acondicionamiento térmico.	16
1.1.1. La arquitectura en su enfoque medio ambiental.	19
1.2. Antecedentes particulares.	21
1.3. Sistemas de recubrimientos en fachadas.	21
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.	23
2.1. El comportamiento térmico de la arquitectura.	24
2.1.1. Capacidad calorífica e inercia térmica.	27
2.1.2. Factores climáticos en la arquitectura.	30
2.2. Radiación solar y carta solar.	33
2.3. Transferencia de calor.	37
2.4. Confort térmico.	38
2.4.1. Estrés térmico por calor.	39
2.4.2. Patologías derivadas de exposiciones a ambientes térmicos.	42
2.5. Diagramas bioclimáticos.	44
2.6. Temperatura superficial interior de la envolvente.	47
2.7. Temperatura superficial de la piel.	49
2.8. Temperatura neutral de confort térmico y zonas de confort térmico.	51
2.9. Climatología dinámica.	53
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO.	55
3.1. Metodología general.	56
3.2. Determinación y descripción de las viviendas analizadas.	60
3.3. Período a estudiar de acuerdo a la climatología dinámica.	73
3.4. Estrategias bioclimáticas para Tuxtla Gutiérrez.	77
3.5. Propuesta de la estrategia de Diseño.	81
3.6. Equipo y procedimiento de utilización de los sensores.	94
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.	101
4.1. Comparación con el parámetro de la temperatura superficial de la piel.	100

4.2. Comparación con la zona de confort adaptativa.	114
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES SOBRE LA EVALUACIÓN EXPERIMENTAL.	119
5.1. Conclusiones sobre la metodología utilizada.	120
5.2. Conclusiones sobre limitantes y condicionantes.	121
5.3. Conclusiones del diseño del sistema de protección solar.	121
5.4. Conclusiones de los resultados.	122
5.5. Conclusiones generales.	123
CAPÍTULO 6. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN SOLAR A PARTIR DE LA EVALUACIÓN EXPERIMENTAL.	125
CAPÍTULO 7. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA DE APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN SOLAR.	129
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA DE APLICACIÓN.	147
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	149
ANEXOS.	157

RESUMEN.

El trabajo trata de la evaluación del comportamiento térmico en vivienda vertical del edificio habitacional multifamiliar tipo, de tres niveles, del Fraccionamiento Habitacional Los Poetas, construido con concreto armado en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, y la propuesta de un sistema¹ pasivo de control solar, por lo que se trata de un proyecto de aplicación de diseño arquitectónico "retrofit"². El experimento se llevó a cabo en dos viviendas, una con protección solar utilizando un textil fabricado a base de fibras sintéticas denominado "malla sombra" en muros y la otra vivienda fue la testigo, sin utilizar ninguna protección. El método consistió en medir las temperaturas superficiales interiores de los muros de las áreas seleccionadas de ambas viviendas así como las temperaturas de bulbo seco, del aire interior, datos que se confrontaron con dos parámetros, el primero con la temperatura superficial de la piel de 31°C a 34°C sin sufrir estrés térmico por calor (Auliciems y Szokolay, 1997), que se consideró como parámetro de confort, y la segunda con la zona de confort adaptativa de Nicol y Roaf (1996), todas las mediciones se realizaron durante el período cálido, con base en la Climatología Dinámica (Vecchia, 1997). La obtención de datos fue a través de registradores automáticos de la familia HOBO. Los resultados muestran que el sistema pasivo de control solar propuesto mejora el comportamiento térmico de los muros ante la radiación solar y reduce la transferencia de calor al interior de la vivienda mejorando con ello el

¹Sistema: Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto. 22ª edición. Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española.

²Retrofit (en inglés), se denomina así cuando a una vivienda ya construida se le añade un sistema pasivo con el fin de asegurar una climatización (Bardou y Arzoumanian, 1981).

confort térmico de sus habitantes y consecuentemente aminora el consumo de energía por sistemas activos de climatización.

Palabras claves: Comportamiento térmico, temperatura superficial, vivienda vertical, protección solar, muros, malla sombra, confort térmico, retrofit.

ABSTRACT.

The paper deals with the evaluation of the thermal behavior of the vertical housing multifamily residential building type, three levels of housing developments Poets, built with reinforced concrete in Tuxtla Gutierrez, Chiapas, and the proposal for a passive solar control, by what is a draft implementation of architectural design retrofits. The experiment was conducted in two homes, one with sun protection by using a fabric manufactured from synthetic fibers called "shade cloth" walls and the other house, which was the witness, without using any protection. The method consisted of measuring the surface temperature inside the walls of the selected areas of both houses and the dry bulb temperature, indoor air data to be confronted with two parameters, the first with the skin surface temperature of 31 ° C to 34 ° C without heat by heat stress (Auliciems and Szokolay, 1997), which was considered as a measure of comfort, and the second with the adaptive comfort zone Nicol and Roof (1996), all measurements were performed during the warm period, based on the Dynamic Climatology (Vecchia, 1997) and data collection was through automatic recorders HOBO family. The results show that the system proposed passive solar control improves the thermal performance of walls with solar radiation and reduces heat transfer into the housing thus improving the thermal comfort of its inhabitants and consequently reduces energy consumption active cooling systems.

Keywords: Thermal behavior, surface temperature, vertical housing, sunscreen, walls, shade mesh, thermal comfort, retrofit.

INTRODUCCIÓN.

De acuerdo a la clasificación climática de W. Köppen-García Tuxtla Gutiérrez se localiza en una zona tropical con lluvias en verano, con tipo clima³ Aw (Ayllón, 1996) Cálido Subhúmedo. Por lo que gran parte del año se viven altas temperaturas, durante todo el día, llegando incluso en caso excepcionales a 42° C, temperaturas promedio de máximas extremas durante el mes de mayo. De acuerdo con Morillón (2004), se reconoce un mapa del bioclima⁴ que muestra calor en casi todo el territorio nacional durante más de siete meses, y en el caso del sureste del país, especialmente en los estados de Chiapas y Yucatán.

Tuxtla Gutiérrez se localiza en la latitud norte (N) 16° 45' 10'' y longitud oeste (W) de 93° 07' 00'' y se ubica a una altitud de 600 msnm⁵ con temperatura promedio de máxima anual de 32.1°C, temperatura media anual de 25.7°C y temperatura promedio mínima anual de 19.4°C, y una humedad relativa anual del 65.00 %, de acuerdo a las normales climatológicas contempladas de 1981 al año 2000 obtenidas de la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio meteorológico nacional.

En los últimos años en Tuxtla Gutiérrez con la necesidad de vivienda y con la disminución de suelo urbanizado, se ha propiciado la construcción de viviendas de forma vertical con el argumento por parte de los desarrolladores de vivienda, de aprovechar el suelo y la

3 Clima: Es el comportamiento estadístico de las variaciones del estado del tiempo (fenómenos meteorológicos) durante un largo período, por varias décadas. (Morillón 2004).

4 Bioclima: Es la asociación de los elementos meteorológicos de un lugar que influyen en la sensación de bienestar higrotérmico del humano.

5 De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

infraestructura de los desarrollos inmobiliarios para estar en condiciones de ofertar viviendas de tipo económica.

Es sabido que en la vivienda horizontal el componente techo es el principal elemento que recibe mayor cantidad de radiación solar, pero en la vivienda vertical es el componente muro es el que recibe mayor radiación solar por contar con mayor área expuesta, lo que originó la necesidad de proteger el componente muro de la vivienda vertical

Justificación.

Existe la necesidad de proteger el componente muro de la vivienda vertical, debido a que es el que recibe mayor radiación solar por contar con mayor área expuesta, y más cuando ante el Honorable ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, están en proceso de autorización 1,800 viviendas verticales en edificios habitacionales multifamiliares de 3 niveles, similares al objeto de estudio, que se ubicarán en los fraccionamientos: San Juan Bautista, Santa Rita, entre otros. (Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez).

Y como ya se mencionó, Tuxtla Gutiérrez cuenta con un clima Cálido-subhúmedo con lluvias en verano (Aw) donde gran parte del año se viven altas temperaturas durante el día, llegando incluso, en casos excepcionales, hasta 42° C (Cruz, Castañeda, Vecchia, Jiménez, Carpy y Zebadúa, 2006), superando los 30° C, límite para que el ser humano no sufra problemas en su metabolismo por estrés térmico (Castañeda y Vecchia, 2007), considerando que la temperatura de la piel puede variar de 31°C a 34°C sin sufrir estrés térmico por acción del calor,

mientras que la temperatura interna del organismo humano es cerca de 37°C (Auliciems y Szokolay, 1997), por lo que se infiere que las personas que habitan en viviendas sin ningún tipo de protección solar directa sufren estrés térmico de calor que con el paso del tiempo puede afectar, no solo su comportamiento o rendimiento físico, sino también su salud (Castañeda y Vecchia, 2007), esta situación es confirmada por El Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales del Gobierno de España a través de Pablo Luna Mendaza (2010):

"El riesgo de estrés térmico, para una persona expuesta a un ambiente caluroso, depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Cuando el calor generado por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del cuerpo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles."

Así, podemos deducir que toda envolvente edilicia debe responder al clima donde se ubique el objeto arquitectónico y su comportamiento térmico es fundamental y de trascendencia para brindar protección ante el medio ambiente a sus habitantes.

Hipótesis.

El componente muro de la envolvente del edificio habitacional multifamiliar tipo, de tres niveles, del fraccionamiento "Los Poetas" en Tuxtla Gutiérrez, es el principal elemento que emite calor al interior y sobrepasa los 30°C marcado como límite de confort por lo que se infiere que provoca estrés térmico a los habitantes.

Objetivo general.

Proponer la estrategia de adecuación del edificio habitacional multifamiliar tipo, del fraccionamiento "Los poetas".

Objetivos específicos.

Realizar un análisis bioclimático y determinar las estrategias pasivas para Tuxtla Gutiérrez.

Definir el día típico para evaluación térmica del dispositivo, aplicando la teoría de la climatología dinámica.

Proponer una estrategia pasiva de protección solar en muros.

Evaluar el sistema pasivo de control solar propuesto a partir del análisis de temperatura superficial interior del muro protegido comparado con el parámetro de la temperatura superficial de la piel.

Comparar la condición de temperatura del aire interior con la zona de confort adaptativa de Nicol y Roaf (1996).

Proponer un proyecto arquitectónico de vivienda vertical donde se aplique la estrategia seleccionada.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.

1.1. El edificio y su función de acondicionamiento térmico.

La necesidad primaria que deben cubrir las edificaciones es de protección del ambiente exterior y la de albergar a las actividades humanas. Las viviendas y otros edificios en general brindan refugio y protegen del medio ambiente exterior, de modo que las actividades tanto domésticas como públicas puedan desarrollarse con seguridad y confort térmico, acústico y visual (Marincic, 1999).

Tanto la envolvente como los elementos interiores del edificio influyen sobre las diferencias entre el clima que se genera en el interior y el clima exterior. Entre ambos producen numerosos fenómenos de intercambio de flujos energéticos que definen el comportamiento térmico, y ambiental en general, del mismo. Cada uno de los elementos arquitectónicos causa un filtrado del clima exterior hacia el interior de los edificios, lo que se traduce en una respuesta térmica global de todo el edificio a esas causas, determinando efectos sobre un clima interior distinto.

Esta conversión climática que efectúa el edificio depende de parámetros, tanto del clima como del propio edificio. El clima de un lugar está provocado por una serie de factores naturales. Son determinantes los factores geográficos como la latitud y altitud, pero también, influyen seriamente los que condicionan el microclima, la cercanía al mar, los fenómenos climáticos urbanos y la vegetación. Todas estas condicionantes se reflejan en una serie de parámetros meteorológicos, fuertemente ligados entre sí, entre los cuáles los más relevantes son: la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad y el viento. La acción combinada y simultánea de todas las variables

climáticas, y no la acción de cada una por separado, es la causa a una determinada respuesta térmica en el edificio (Marincic, 1999).

Es muy importante conocer la envolvente y la estructura de una edificación para poder determinar su respuesta térmica. Varios son los factores arquitectónicos, desde la forma, orientación, inclinación de los muros y tamaño, así como la ubicación de aperturas, hasta las superficies y materiales constituyentes de su "piel" y estructura, con sus combinaciones posibles, que condicionan su comportamiento, que el de actuar como intermediarios con el clima exterior. Incluso sus ocupantes lo pueden modificar sensiblemente: tanto por su actividad metabólica como por la puesta en marcha de aparatos que produzcan calor, variación de humedad o movimiento de aire, y la modificación de elementos propios del edificio como extendido de toldos, aperturas de ventanas y/o puertas, etc.

El siguiente croquis (figura 1.1) gráfica de una forma esquemática la ubicación de las cargas térmicas que influyen sobre el balance térmico global de un edificio. Las cargas térmicas generadas por las condiciones climáticas, actúan sobre la envolvente a través de fenómenos tales como conducción del calor, intercambios de radiación por las superficies y ventilación. En el interior, la radiación solar directa sobre las superficies interiores se convierte en calor que se almacena y se emite posteriormente. La presencia de los ocupantes, el uso de electrodomésticos y equipo en general que genere calor y/o humedad, la iluminación, los efectos de la infiltración y ventilación, y eventualmente instalaciones de calefacción y aire acondicionado, son factores interiores que inciden sobre el balance térmico global.

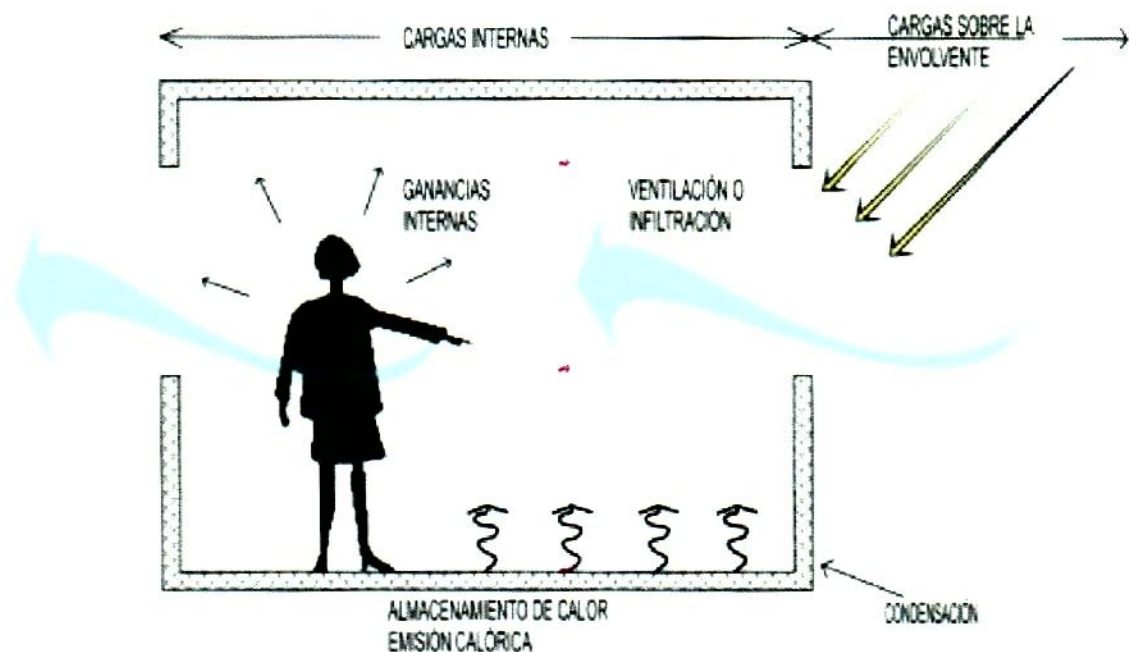


Figura 1.1 Balance térmico en los edificios.
Fuente: Trazado en base a Marincic (1999).

Como efecto combinado y simultáneo de estas variables tanto naturales como arquitectónicas, se producen flujos energéticos que en todo instante están saliendo y entrando del edificio, estableciéndose también a cada instante un balance térmico global entre la energía o calor que entra, el que sale y el almacenamiento. Los diversos parámetros que intervienen en esta combinación espacial y temporal de causas térmicas aportan continuamente ganancias y pérdidas tanto directas como diferidas, y es precisamente el juego constante entre ambas a lo largo del tiempo, y más específicamente el modo de dosificar adecuadamente estas ganancias, la base conceptual de la climatización natural en edificios.

1.1.1. La arquitectura en su enfoque medio ambiental.

A pesar de que los edificios se diseñan para cubrir, entre otras necesidades, la del confort térmico, la complejidad de los procesos que involucran el confort humano hace que sea difícil alcanzar el confort térmico para todos los habitantes de un mismo ambiente interior pues depende de varios factores como es la vestimenta, la complejión, entre otras, sin embargo, intentando cuantificar la sensación de bienestar térmico de la mayoría de las personas situadas dentro del edificio, realizando la misma actividad y con un tipo de vestimenta similar, diferentes autores han definido una "zona de confort térmico"⁶ como el área del ábaco psicrométrico⁷ que contiene los rangos en que pueden fluctuar los parámetros ambientales, para que en determinado ambiente la mayoría de estos ocupantes mantengan el confort térmico. Los principales parámetros ambientales, que interactúan para crear la sensación de confort, han sido combinados formando un diagrama bioclimático, inicialmente propuesto por Victor Olgyay, y posteriormente combinado con el ábaco psicrométrico por diferentes autores como Baruch Givoni, Yaglou-Drinker, Konigsberger, C.E. Brooks, E. González, y la normativa ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), entre otros, entonces la zona de confort representa un área donde las combinaciones ambientales son aceptables para la mayoría de las personas de cada estudio (Marincic, 1999).

⁶ Zona de confort térmico: Se llama así al intervalo de temperaturas y humedades en las cuales el ser humano presenta el mínimo esfuerzo para disipar el calor que genera. Morillón (2004).

⁷ Psicrométrico es lo relacionado a la Psicrometría y etimológicamente es: ψυροζ-μετρον = ycroz y metron, medida del frío (húmedo). Diccionario crítico etimológico castellano e hispano, J. Corominas y J.A. Pascual. Editorial Gredos. 1984.

Alain Guyot describe que los diagramas bioclimáticos, consisten en dar para un edificio determinado, las condiciones exteriores en las cuales, la respuesta de la envoltura y de la estructura llevará a unos ambientes interiores comprendidos en el interior de una zona de confort previamente definida. A partir de los parámetros y factores de confort térmicos, se han hecho diversos intentos de valoración conjunta de una parte de o de todos ellos, intentando calcular estadísticamente el confort que producen. De todos ellos destacaremos el diagrama psicrométrico de Givoni y el de diagrama bioclimático de V.Olgay.

Gráfico psicrométrico de Givoni.⁸

El objetivo fundamental de la carta bioclimática consiste en utilizar unos materiales y una estructura constructiva, cuya respuesta ante unas determinadas condiciones exteriores permita crear un ambiente interior comprendido dentro de la zona de bienestar térmico. La carta se construye sobre un diagrama psicrométrico y en ella se distinguen una serie de zonas características.

⁸ Textos tomados en base al siguiente artículo: Fernández García, Felipe (1994). CLIMA Y CONFORTABILIDAD HUMANA. ASPECTOS METODOLÓGICOS. Serie Geográfica, 1994, vol.4, pp.109-125.

1.2. Antecedentes particulares.

Para iniciar es indispensable realizar el análisis del clima de la ciudad donde se localice el objeto arquitectónico así que se debe identificar la ubicación geográfica del lugar.

Ubicación geográfica.

La ubicación del sitio del objeto arquitectónico la conocemos a través de sus coordenadas geográficas que son la *latitud*, *longitud* y *altitud*, que también servirán para obtener los *datos climáticos* del sitio. Así mismo, la ubicación geográfica servirá para desarrollar la *carta solar* y el *diagrama psicrométrico*. La *latitud*, *longitud* y *altitud* del sitio se pueden obtener de varias formas, ya sea recurriendo a información oficial documentada a través del Instituto Nacional de Estadística y Geografía del Gobierno Federal (INEGI) o bien a través de instrumentos electrónicos como el GPS (Global Positioning System), sistema de posicionamiento global, que se trata de un sistema que permite conocer la posición de un objeto gracias a la recepción de señales emitidas por una red de satélites.

1.3. Sistemas de recubrimientos en fachadas.

En el ámbito constructivo a nivel global se están innovando materiales y sistemas constructivos para tratar que las envolventes arquitectónicas sean más eficientes energéticamente hablando, de ahí que han salido al mercado distintos sistemas con variados materiales que, de acuerdo a los fabricantes, el principal atributo es la separación física del ambiente interior y exterior de la edificación, unos de esos sistemas es el concepto de la fachada ventilada, sistema constructivo que es a base de hojas exteriores de diversos materiales, principalmente cerámicos, que se fijan

a la estructura de la fachada, pero que presentan un precio de venta generalmente elevado casi inaccesible al público en general, este sistema ha empezado, por lo menos en nuestra región, a utilizarse en edificios institucionales y grandes corporativos.

Datos climáticos.

Los datos climáticos de varias ciudades de la república pueden obtenerse a través de las *normales climatológicas* que se encuentran publicadas por la Comisión Nacional del Agua en la página web <http://smn.cna.gob.mx>. Los parámetros que muestran son: temperatura (máxima, promedio de máxima, media, promedio de mínima, mínima extrema, oscilación), humedad (temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa media, evaporación), precipitación (total, máxima, máxima en 24 horas, máxima en un hora), presión atmosférica (media en la estación), viento máximo diario (magnitud media) y los *fenómenos especiales*, dentro de estos se encuentran: los días con lluvia apreciable, días despejados, días medio despejados, días nublados/cerrados, días con granizo, días con heladas, días con tormentas eléctricas y días con niebla.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.

2.1. El comportamiento térmico de la arquitectura.

El comportamiento térmico de la arquitectura debe tener un doble papel: uno relacionado con la resistencia a la transmisión de calor y el otro relacionado con su poder capacitivo o inercial, este último casi olvidado por la mayoría de los diseñadores al momento de proyectar los edificios (Escalona, 2007).

Así el comportamiento térmico de la arquitectura depende de su envolvente, por lo tanto de sus componentes constructivos (cerramientos) que delimitan los espacios contenidos en los edificios, tanto los cerramientos exteriores (pisos, muros y cubiertas) como los interiores (entrepisos y muros divisorios) (figura 2.1) afectan el comportamiento térmico de los edificios, pero los cerramientos exteriores son los que proporcionan la principal barrera protectora contra los factores ambientales, por lo que son estos los que regulan el flujo del aire exterior, la incidencia de la radiación solar, la entrada a luz natural, la transmisión del calor, además de que también regulan el ruido, entre otros.

Generalmente los cerramientos se componen de diversos materiales, organizados de acuerdo a determinados sistemas constructivos. El desempeño térmico global de los cerramientos dependerá entonces de las características combinadas de los materiales que los componen, del espesor de los mismos y de la forma en que estén organizados entre sí, por lo que el desempeño térmico de los cerramientos depende de las variaciones en el día de la temperatura del aire, de la incidencia de

radiación solar y de las condiciones del viento, entre otros factores ambientales⁹.

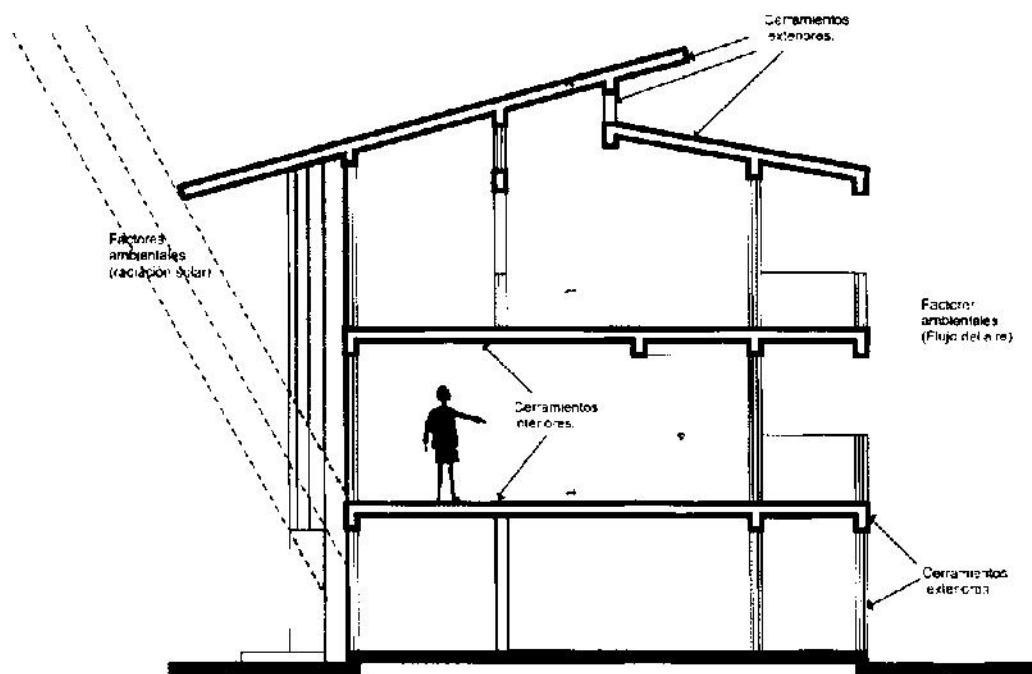


Figura 2.1 Componentes constructivos (cerramientos).

La inercia, como fenómeno, es la dificultad o resistencia que opone un sistema ante posibles cambios, en física se dice que es un sistema tiene más inercia cuando resulta más difícil lograr un cambio en su estado. (Escalona, 2007).

Una definición de inercia térmica vendría a decir que es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente. Debido a esta capacidad y teniendo en cuenta la inercia térmica de los cerramientos de una edificación, puede disminuir la capacidad de la climatización artificial, con la consecuente reducción de consumo energético y por ende de emisiones contaminantes al ambiente.

⁹ <http://sol-arg.com/index.php/cerramientos>.

La inercia térmica no es una propiedad de los materiales directa, como puede ser su conductividad. Es por ello que de la inercia suele hablarse como concepto más que como parámetro físico de un cerramiento o material, puesto que influyen diferentes variables como son: la densidad del material, el calor específico, la conductividad térmica, el espesor del material, entre otros (Escalona, 2007).

Al incorporar el concepto de inercia térmica al análisis de un material o cerramiento, se está representado de un modo más real el comportamiento térmico del mismo.

El modo de visualizar la influencia de la inercia térmica requiere analizar el comportamiento de éste ante una señal variable. Por lo general se utilizan señales sinusoidales¹⁰ (también conocidas como ondas senoidales o senoides) (figura 2.2). La temperatura interior de un edificio sigue un comportamiento que es reflejo de las condiciones exteriores, modificadas por el operador térmico que es el propio cerramiento (Turégano y Hernández, 2003).

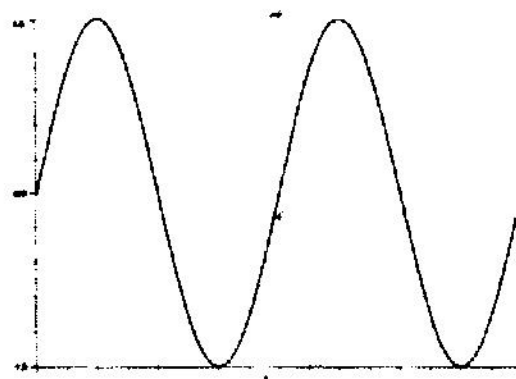


Figura 2.2 Representación gráfica de las ondas sinusoidales.

¹⁰ Onda plana cuya magnitud perturbada sigue la ley del seno de una variable (22ª edición, Diccionario de la Lengua Española, RAE.). Onda que describe una curva continua, de hecho, esta onda es la gráfica de la función matemática seno.

2.1.1. Capacidad calorífica e inercia térmica.

Si a un cuerpo u objeto le aportamos calor, éste eleva su temperatura, si lo hace lentamente se dice que tiene mucha capacidad calorífica, puesto que es capaz de almacenar mucho calor por cada grado centígrado de temperatura. Se llama calor específico de un material a la cantidad que hay que suministrar a 1kg para que eleve su temperatura en 1° C, y se representa así: K cal/kg. ° C.

La capacidad calorífica y el almacenamiento de calor traen de manera simultánea ciertos fenómenos, como la resistencia de la temperatura de un material a reaccionar inmediatamente a las aportaciones de calor, es lo que llamamos Inercia Térmica. Por lo que los materiales expuestos al Sol y que cuentan con poca inercia térmica reaccionarán rápidamente a la radiación solar y lo contrario, si el material expuesto tiene gran inercia térmica, la radiación solar no provocará un incremento rápido de la temperatura, por lo que el calor se estará almacenando, y posteriormente se libera lentamente y esto hará que no se produzca una disminución brusca de temperatura.

Es de relevancia mencionar que cada tipo de sistema constructivo de cerramientos presenta un comportamiento diferente, frente a las condiciones térmicas exteriores, que se manifiesta en el ambiente interior (Marincic, 1999), no obstante, la inercia térmica, en los cerramientos, conlleva dos fenómenos, uno de ellos es la amortización en la variación de las temperaturas y el otro es el retardo de la temperatura interior respecto a la exterior (figuras 2.3 y 2.4).

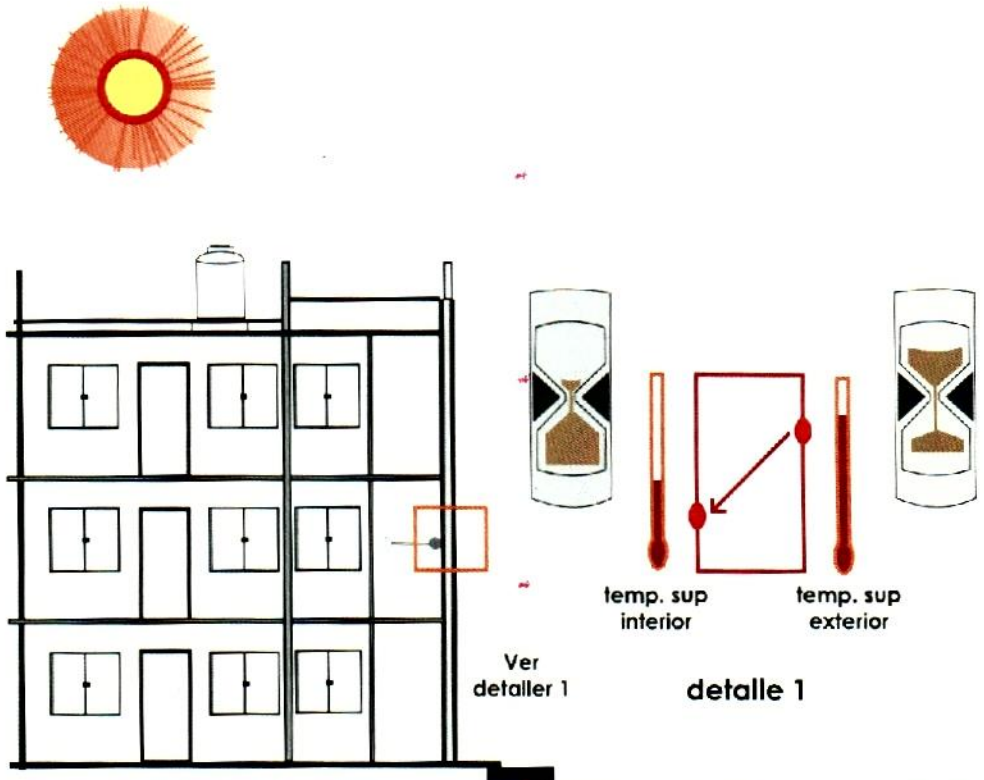


Figura 2.3 Esquema de un muro, durante el día, donde se muestra la amortización en la variación de las temperaturas y el tiempo de retardo o retraso térmico.

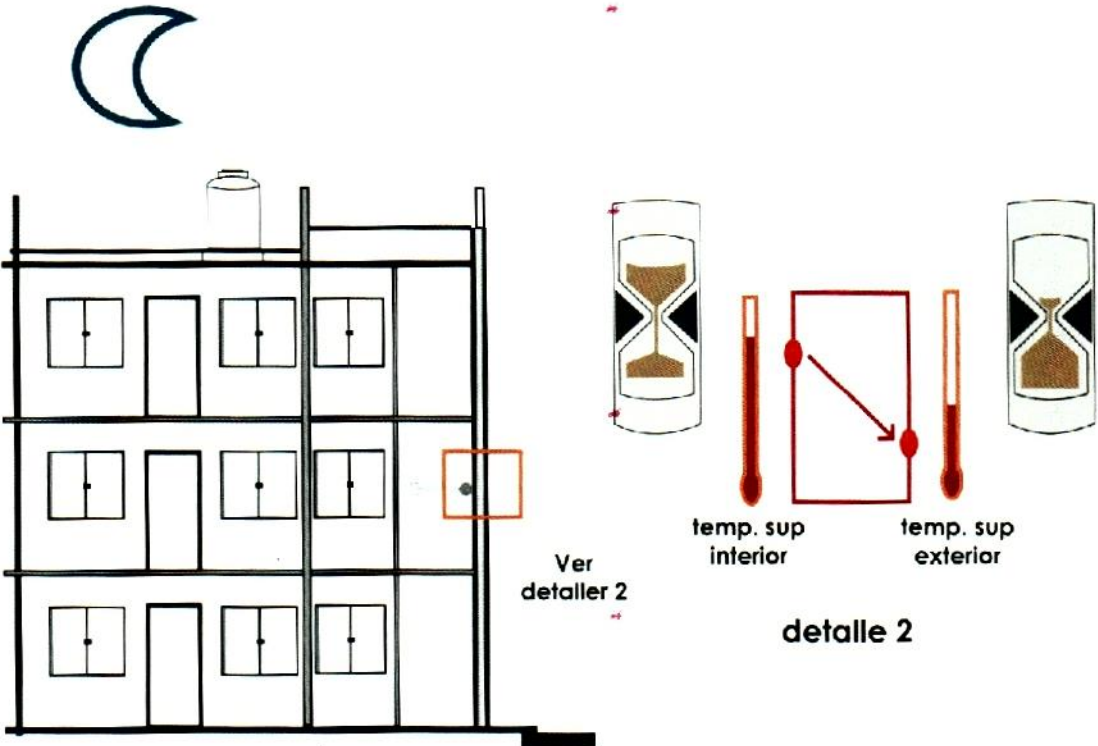


Figura 2.4 Esquema de un muro, durante la noche, donde se muestra la amortización en la variación de las temperaturas y el tiempo de retardo o retraso térmico.

En el caso de una situación con elevada temperatura exterior y radiación solar, la temperatura exterior del cerramiento se eleva produciéndose una transferencia de calor hacia el interior del edificio. La evolución de la temperatura de la cara exterior presenta un máximo (máxima amplitud) en un momento específico del día en función de la ubicación y orientación del cerramiento; esta onda de temperatura exterior se ve amortiguada, en cuanto a amplitud, al atravesar el cerramiento, surgiendo además un desfase entre los instantes en los que se produce un pico de temperatura. Szokolay (1977) muestra de manera general, en la figura 00 la curva de variación de la temperatura T_o de la cara exterior de un cerramiento durante ciclos diarios (n = frecuencia), y también la curva de variación de la T_i de la cara interna del cerramiento, por lo que se puede apreciar que la amortiguación y el retardo de la onda son parámetros característicos de la inercia térmica (figura 2.5).

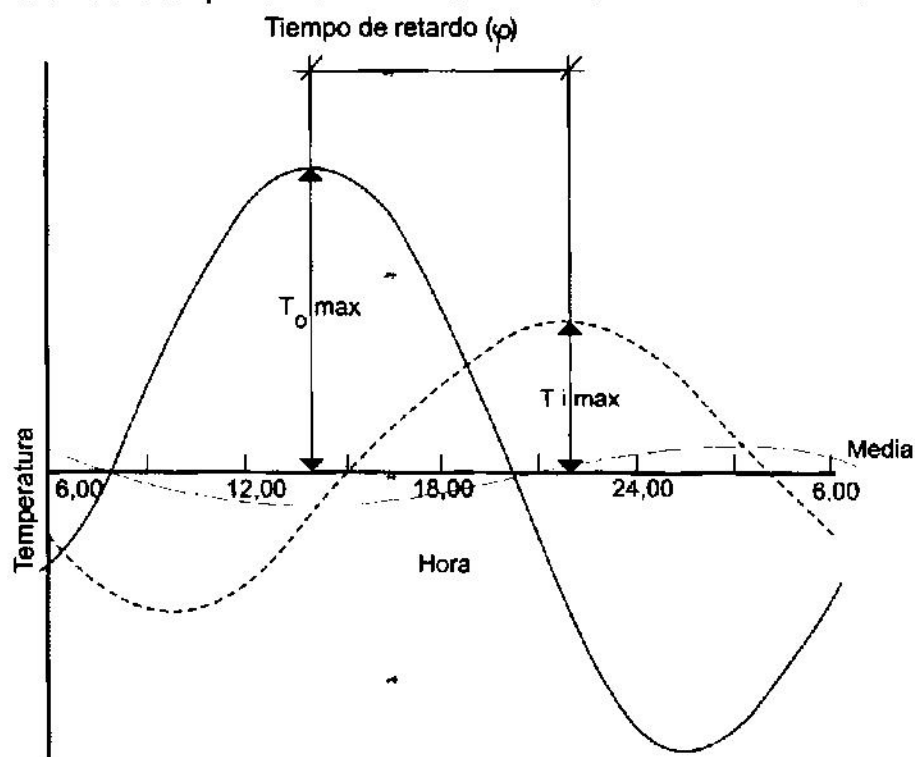


Figura 2.5 Se puede observar gráficamente el tiempo de retardo y el factor de reducción. Es una onda de temperatura sinusoidal de frecuencia n en el exterior e interior de un espacio dentro de una edificación. Fuente: Szokolay S.V. Op. Cit.

Así también, Puppo (1999) ratifica que la relación entre la máxima temperatura interior y la máxima exterior es la amortiguación térmica (factor de reducción), y la distancia horaria entre los dos máximos es el retraso térmico: "A una mayor amortiguación corresponde una mayor inercia térmica".

2.1.2. Factores climáticos en la arquitectura.

El clima de una región o zona está determinado por una serie de factores que definen sus condiciones atmosféricas, y es uno de los factores que afectan más directamente al confort del hombre, en las diversas actividades de trabajo y de ocio, en definitiva, a su salud, así, el clima se describe mediante cuatro principales factores: la temperatura, la radiación, el viento y la humedad (Morillón et. al. 2002).

La temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura. En meteorología es habitual hablar de temperaturas máximas y mínimas, los valores más altos y más bajos registrados en un período de tiempo.

La radiación solar o energía radiante es como se conoce a la energía trasferida por el Sol a la Tierra. Ésta viaja a través del espacio en forma de ondas que llevan asociada una determinada cantidad de energía. Según lo energéticas que sean estas ondas se clasifican en lo que se conoce como el espectro electromagnético.

El viento consiste en el movimiento del aire desde una zona a otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una

cierta diferencia de presión, o de temperatura. En el primer caso, cuando entre dos zonas la presión del aire es distinta, éste tiende a moverse desde la zona de alta presión a la zona de baja presión. En el caso de que sea una diferencia térmica el origen del viento, lo que ocurre es que cuando una masa de aire adquiere una temperatura superior a la de su entorno, su volumen aumenta, lo cual hace disminuir su densidad. Por efecto de la flotación, la masa de aire caliente ascenderá, y su lugar será ocupado por otras masas de aire, que en su desplazamiento ocasionarán el viento (figura 2.6).



Figura 2.6 Viento.
Fuente: <http://www.cienciaonline.com>

La humedad del aire es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, por ejemplo si ha llovido recientemente, si existe algún depósito de agua de cantidades importantes como son los ríos, lagos, y el propio mar, como también, si existen plantas o zonas arboladas (figura 2.7).



Figura 2.7 Humedad.

Fuente: <http://www.cienciaonline.com>

Existen diversas maneras de referirnos al contenido de humedad en la atmósfera:

Humedad absoluta: es la cantidad de vapor de agua (generalmente medida en gramos) por unidad de volumen de aire ambiente (medido en metros cúbicos).

Es uno de los modos de valorar la cantidad de vapor contenido en el aire, lo que sirve, con el dato de la temperatura, para estimar la capacidad del aire para admitir o no mayor cantidad de vapor.

Humedad específica: es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica.

Humedad relativa: es el cociente en la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen. Se mide en tantos por ciento y está normalizada de forma que la humedad relativa máxima posible es el 100%.

2.2. Radiación solar y carta solar.

La radiación solar se puede dividir, con base a la percepción humana (Gutiérrez, 1998) en: radiación ultravioleta, luz visible y radiación infrarroja. Y la radiación solar puede manifestarse de tres modos en función de cómo la reciben los elementos radiados:

- Radiación directa: procedente directamente del sol.
- Radiación difusa: recibida de la atmósfera debido a la dispersión de la radiación solar en ésta.
- Radiación reflejada: aquella que se refleja sobre la superficie terrestre.

Se deduce que las superficies horizontales reciben más radiación difusa que reflejada, a la inversa que las superficies verticales (figura 2.8).

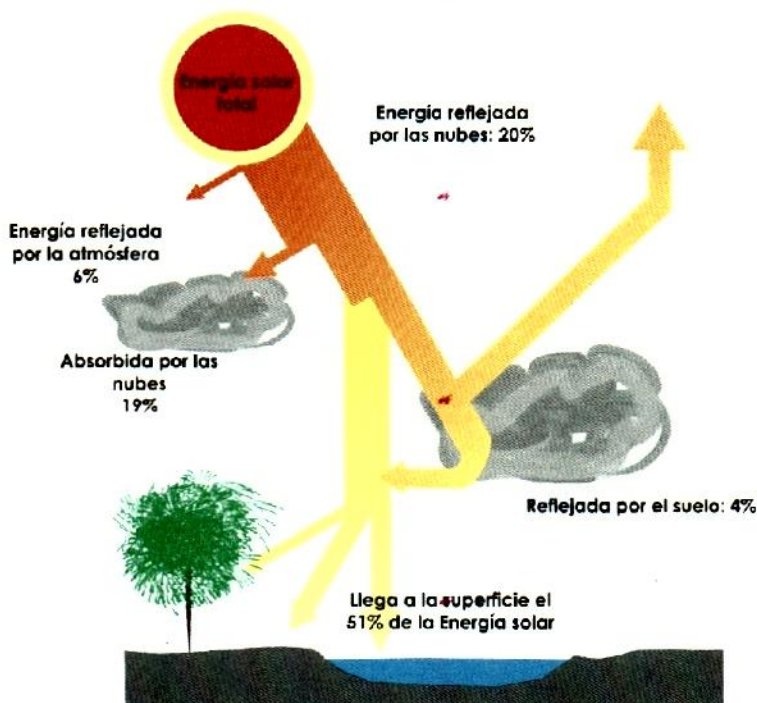


Figura 2.8 Esquema de la distribución de la radiación solar recibida en el planeta.
Fuente: <http://www.bedoce.com/2008/02/03/arquitectura-bioclimatica-el-muro-trombe>

Debido a que la tierra recibe casi toda su energía del sol en forma de radiación, y que todos los elementos en el ambiente la captan, por lo tanto, en todo enfoque inicial de un proyecto de arquitectura es conveniente disponer de los instrumentos gráficos necesarios a fin de tener en cuenta estos datos físicos relativos al Sol, para ello existen diferentes sistemas para proyectar la bóveda celeste imaginaria a partir del recorrido aparente del sol. Algunos de ellos lo proyectan sobre la superficie de un cilindro, otras en planos paralelos al horizonte, en principio, pueden existir tantos sistemas como planos de proyección. Sin embargo, las últimas investigaciones se basan en los denominados "diagramas de recorrido solar" ya que éstos ofrecen características más ventajosas que otros sistemas (Olgyay, 2002).

Los diagramas de recorrido solar muestran la bóveda celeste proyectada sobre un plano paralelo al horizonte. En los diagramas resultantes la línea del horizonte aparece como un círculo y el recorrido, aparente, solar como una sucesión de curvas, siempre en relación con el método de proyección y la propia latitud. Los diagramas solares son una especie de proyecto en un plano en el interior de un círculo, que representa el horizonte (Bardou, 1981).

Los métodos de proyección más recientes son: el equidistante, el ortográfico y el estereográfico; y así, se utilizó, para este trabajo recepcional el método estereográfico por considerarlo de mayor claridad y facilidad para representar la carta solar y los dibujos relacionados para lo cual se utilizó el programa computacional denominado "SOL-AR versión 6.1.1" de la Universidad Federal de Santa Catarina de la Ciudad de Florianópolis en Brasil, Núcleo de Investigación en Construcción, Departamento de Ingeniería Civil, Laboratorio de

Eficiencia Energética, "FSC-ECV-LabEEE-NPC" por sus siglas en Portugués, software proporcionado por el Cuerpo Académico "Componentes y Condicionantes de la Vivienda", COCOVI, de nuestra Facultad de Arquitectura, mismo que puede ser descargado gratuitamente desde internet en la página web: <http://www.labeee.ufsc.br/> (figura 2.9).

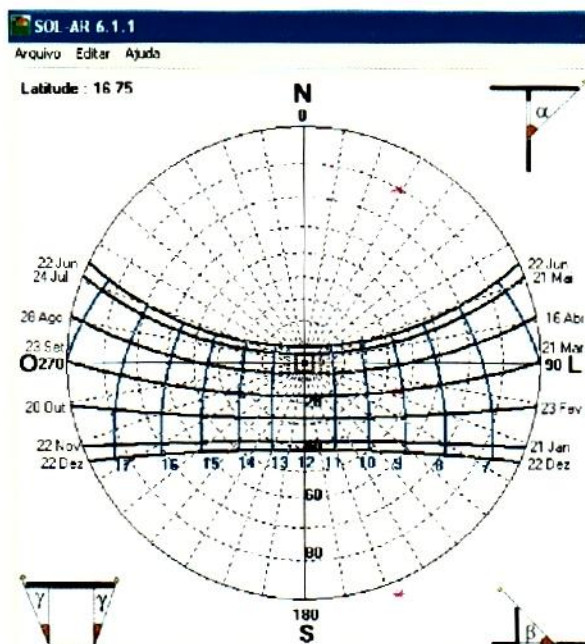


Figura 2.9 Diagrama solar del programa "Sol-Ar".

Este software se utilizó para determinar la cantidad de horas de asoleamiento con lo que se eligieron las viviendas de nuestro experimento que se describe en el capítulo número 3 denominado "Metodología del experimento".

Los diagramas solares una especie de proyecto en un plano en el interior de un círculo, que representa el horizonte (Bardou, 1981) (ver figura 00) donde el círculo exterior indica el horizonte del observador, quien está situado en el centro de la gráfica, se tienen dos líneas rectas, una vertical que indica el eje norte-sur y la otra horizontal que indica el eje oriente-poniente conocido también como el eje térmico, las líneas

circulares concéntricas indican la altura solar, las líneas rectas que se juntan en el centro indican el azimut solar o ángulo respecto al horizonte, las líneas que van de oriente a poniente indican la posición del sol en cada fecha (día y mes), las líneas que van de norte a sur y que cruzan a las que van de oriente a poniente indican la posición del solar cada hora (tiempo solar), y esta gráfica se utiliza para realizar las proyecciones en planta de las trayectorias, aparentes, solares (figura 2.10).

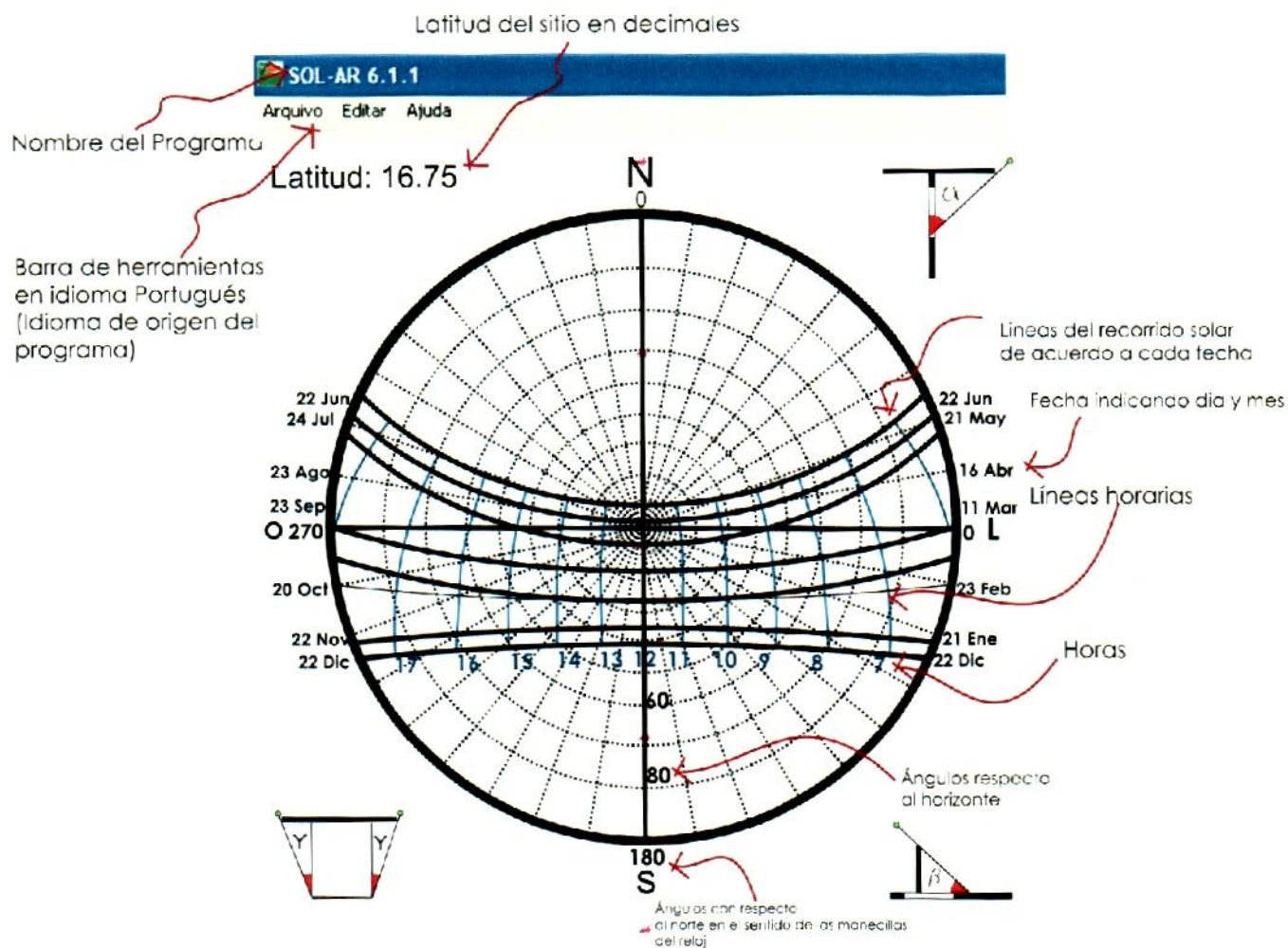


Figura 2.10 Se trata de un diagrama solar para la altitud $16^{\circ} 45' 10''$ N (correspondiente a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez) que convirtiéndola a decimales se obtiene 16.75 N.

2.3. Transferencia de calor.

Es de importancia tener presentes los mecanismos de transmisión de calor para comprender el comportamiento térmico de una edificación: microscópicamente, el calor es un estado de agitación molecular que se transmite de unos cuerpos a otros en tres formas (Hinz, 1986):

Conducción: El calor se transmite a través de la masa del propio cuerpo. La facilidad con que el calor recorre a través de un material lo define como conductor o como aislante térmico.

Convección: Si consideramos un material fluido (en estado líquido o gaseoso), el calor, además de transmitirse a través del material (conducción), puede ser transportado por el propio movimiento del fluido. Si el movimiento del fluido se produce de forma natural, por la diferencia de temperaturas, como ejemplo y tomando el aire como fluido: el aire caliente sube y el aire frío baja, la convección es natural, y si el movimiento lo produce algún otro fenómeno como un ventilador o el propio viento, la convección es forzada.

Radiación: Todo material emite radiación electromagnética, cuya intensidad depende de la temperatura a la que se encuentre. La radiación infrarroja provoca una sensación de calor inmediata. El Sol nos aporta energía exclusivamente por radiación (figura 2.11).

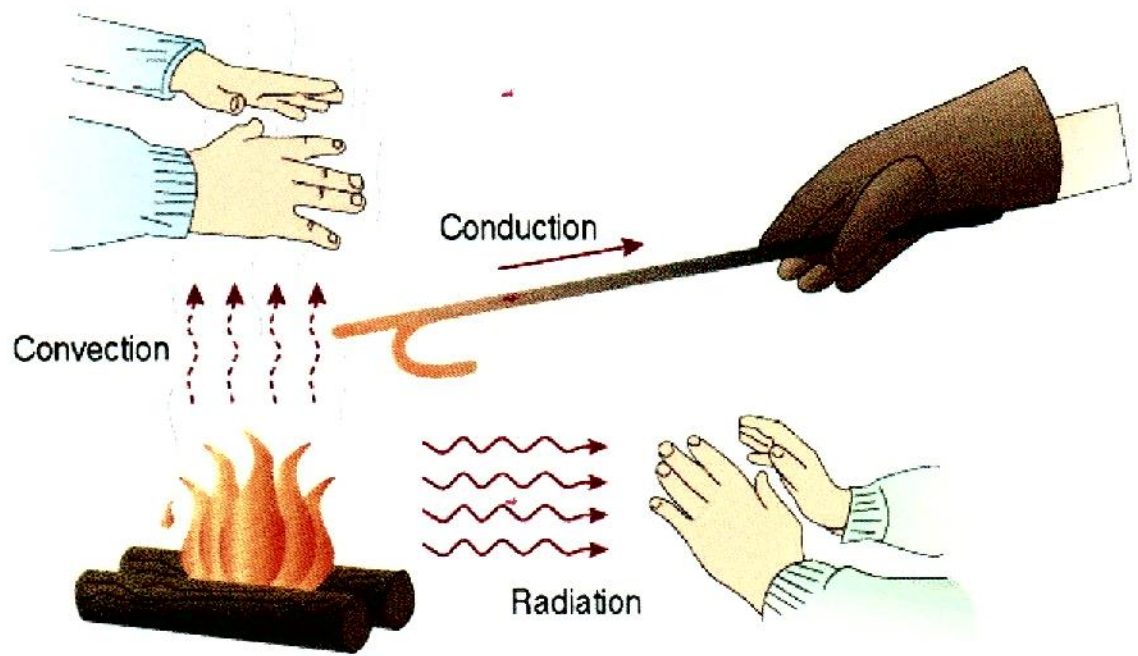


Figura 2.11 Dibujo esquemático de los tipos de transferencia de calor.

2.4. Confort térmico.

El hombre siempre ha buscado un ambiente térmicamente cómodo, esto se ve reflejado en las construcciones tradicionales en todo el mundo desde la antigüedad hasta nuestros días. En la actualidad el crear un ambiente térmicamente confortable es uno de los parámetros más importantes considerados al diseñar edificios (Chavez, 2002).

El confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Olgay (1998)¹¹ define la palabra confort como el estado en que las condiciones climáticas permiten "...

¹¹ Citado en tesis de Maestría en Arquitectura "La respuesta adaptativa de los habitantes al desempeño climático de la vivienda tradicional de palapa en la costa de Colima", de Alicia Delgado López, Facultad de Arquitectura y diseño, Universidad de Colima. 2007

la mayor parte de la energía humana se libera para dedicarse a la productividad", Baruch Givoni (1998)¹² define al confort térmico como "la ausencia de irritación o malestar térmico". La ASHRAE (2001) (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) y la norma ISO 7730:2005 lo definen a su vez como "aquella condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico".

El confort térmico depende de varios parámetros globales externos, como la temperatura del aire, la velocidad del mismo y la humedad relativa, y otros específicos internos como la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo, y de acuerdo a Morillón (2004) se deben considerar el grado de aclimatación y las influencias culturales.

Para llegar a la sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo conservando de esta forma nuestra temperatura normal, es decir se alcanza el equilibrio térmico.

2.4.1. Estrés térmico¹³ por calor.

La Organización Mundial de la Salud en el estudio denominado "Problemas de salud relacionados con el trabajo en condiciones de sobrecarga térmica" del año 1969, utiliza el término "sobrecarga térmica" y lo define como "la cantidad de calor que ha de disiparse

12 Citado en "El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados". Revista Palapa, enero-julio, año/vol.2, número 001, Universidad de Colima, Colima, México, pp. 45-57. Autores. Gabriel Gómez Azpeitia, Gonzalo Bojórquez Morales/ Raúl Pável Ruiz Torres. 2007.

13 Thermal stress, en idioma inglés.

para que el organismo siga en equilibrio, y que está representada por la suma del calor metabólico (menos el gasto energético consiguiente al trabajo) y de los aumentos o las pérdidas por convección y por radiación, por lo que se puede deducir que es equivalente al término "estrés térmico" (Suárez, 2006). Entonces, el estrés térmico por calor es la carga de calor que los trabajadores reciben y acumulan en su cuerpo y que resulta de la interacción entre las condiciones ambientales del lugar donde se trabajan (Armendáriz, 2010).

Por lo tanto se puede producir el riesgo de estrés térmico por calor en ambientes con temperatura del aire alta, radiación térmica elevada, entre otros.

El interés por la valoración del microclima no es nuevo, pero se ha acentuado, casi en su totalidad, en el ambiente laboral y por ende el de producción, y se han elaborado normas básicamente para estas áreas tanto a nivel global como son las normas ISO específicas y complementarias relacionadas con la evaluación de los ambientes térmicos y por citar algunas (tabla 2.1):

Tabla 2.1 Tabla de normas ISO, Evaluación de los ambientes térmicos.

ISO 7726:1985 (UNE-EN 27726:1995)- Ambientes térmico.	Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos.
ISO 7243:1989 (UNE-EN 27243:1995)- Ambientes calurosos.	Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo, basado en el índice WBGT (temperatura de globo y de bulbo húmedo).
ISO 8996:2004 (UNE-EN 8996:2005)-Ergonomía ambiente térmico.	Determinación de la tasa del metabólica.

ISO 9886:12004 (UNE-EN ISO 9886:2005)-Evaluación de la sobrecarga térmica mediante mediciones fisiológicas.	
ISO 9920:1995-Ergonomía del ambiente térmico y la resistencia a la evaporación de un conjunto de ropa.	
ISO 11399:1995 (UNE-EN ISO 11399:2001)-Principios de aplicación de las normas internacionales correspondientes.	
ISO 13731:2001 (UNE-EN ISO 13731:2002)-Ergonomía del ambiente térmico.	Vocabulario y símbolos.
ISO 7933:2004 (UNE-EN ISO 7933:2005)- Ergonomía del ambiente térmico.	Determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de la sobrecarga térmica estimada.

Y en nuestra República Mexicana contamos con la norma oficial mexicana NOM-015-STPS, "Condiciones térmicas elevadas o abatidas- Condiciones de seguridad e higiene", de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social del gobierno federal, y su objetivo principal es "Establecer las condiciones de seguridad e higiene, los niveles y tiempos permisibles de exposición a condiciones térmicas extremas, que por sus características, tipo de actividades, nivel, tiempo y frecuencia de exposición, sean capaces de alterar la salud de los trabajadores".

Así como la norma NOM-008-ENER-2001, "Eficiencia energética en edificaciones, envolventes de edificios no residenciales"¹⁴ que tiene como objetivo limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento. Y el anteproyecto de la norma NOM-020-ENER, "Eficiencia energética en edificaciones, envolventes de edificios residenciales", que su objetivo es similar a la norma anteriormente

14 Norma publicada el 25 de abril de 2001 en el diario oficial de la federación (segunda edición).

mencionada NOM-008-ENER-2001, pero aún se encuentra en análisis para su posible aprobación.

El estrés térmico por calor genera varios tipos de riesgos que pueden originar diversos daños a la salud, en algunas ocasiones estos riesgos pueden presentarse muy rápidamente, de repente, y tener desenlaces rápidos e irreversibles. El exceso de calor corporal puede hacer que: aumente la posibilidad de que se produzcan accidentes de trabajo, se agraven dolencias previas (enfermedades cardiovasculares, respiratorias, renales, cutáneas, diabetes, etc.) y que se produzcan las llamadas "enfermedades relacionadas con el calor".

2.4.2. Patologías¹⁵ derivadas de exposiciones a ambientes térmicos.

La exposición a condiciones térmicas extremas pondrá en marcha todo los mecanismos de los que dispone el cuerpo humano para regular el desequilibrio producido, y todo ello con el objetivo de preservar la temperatura interna. Los trastornos provocados por situaciones de exposición a niveles elevados de temperatura se pueden clasificar en tres tipos de alteraciones (Águila, 2009):

1.- Alteraciones sistémicas: como el golpe de calor, en algunas publicaciones al "golpe de calor" se le llama indebidamente "insolación". Las insolaciones son el resultado de las exposiciones excesivas a los rayos del sol, y pueden abarcar desde molestias, en el mejor de los casos, hasta enfermedades más o menos graves, incluido el golpe de calor, entre los síntomas que produce el golpe de calor se pueden encontrar la taquicardia, respiración rápida y débil, tensión arterial elevada o baja, disminución de la sudoración, irritabilidad,

¹⁵ Patología: Conjunto de síntomas de una enfermedad. 22º. E. D. L. E. RAE.

confusión y desmayo, alteraciones del sistema nervioso central, piel caliente y seca, con cese de sudoración (Armendáriz, 2010), agotamiento por calor o síncope¹⁶ de calor, se pueden manifestar los siguientes síntomas: desvanecimiento, visión borrosa, mareo, debilidad, pulso débil, entre otros; deshidratación (entre los síntomas se encuentran: Sed, boca y mucosas secas, fatiga, aturdimiento, taquicardia, piel seca, acartonada, micciones menos frecuentes y de menor volumen, orina concentrada y oscura, déficit de sales, calambres por calor (entre los síntomas se encuentran los espasmos (movimientos involuntarios de los músculos) y dolores musculares en los brazos, piernas, abdomen, etc. y sudoración insuficiente.

2.- Alteraciones cutáneas: erupción por calor.

3.- Trastornos psíquicos¹⁷: fatiga tropical (falta de motivación, laxitud, irritabilidad e insomnio) y *distrés agudo* (pérdida repentina y dramática del control emocional caracterizado por llanto incontrolable o ira violenta). (El *estrés*, tensión provocada por situaciones agobiantes y que origina reacciones psicósomáticas, puede ser subdividido en *eustrés* y *distrés*. El *eustrés* permite adaptarse para sobrevivir, rendir, producir, mejorar y superar obstáculos; el *distrés* o *estrés disfuncional* es una sobrecarga de alerta que lleva al agotamiento de la reserva de energía para reaccionar ante los estados de peligro y reduce la capacidad de respuesta y adaptación, conduciendo a estados morbosos graves) (Sauceda, 2006).

¹⁶ Pérdida repentina del conocimiento y de la sensibilidad debida a la suspensión súbita y momentánea de la acción del corazón. Opus citatus.

¹⁷ Pertenecente o relativo a las funciones y contenidos psicológicos. Opus citatus.

2.5. Diagramas bioclimáticos.

Izard y Guyot (1980) describen que los diagramas bioclimáticos consisten en dar, para un edificio determinado, las condiciones exteriores en las cuales, la respuesta de la envoltura y de la estructura llevará a unos ambientes interiores comprendidos en el interior de una zona de confort previamente definida.

Los diagramas bioclimáticos, conocidos también como cartas bioclimáticas o diagramas psicrométricos de confort, son representaciones gráficas de las relaciones que integran dos o más variables, en relación a las cuales se establecen unas zonas de confort, definidas por unos límites de temperatura, de humedad o de viento.

Dos son los diagramas o cartas bioclimáticas más utilizadas en los trabajos de diseño arquitectónico y urbanismo: la de Victor Olgyay y la de Baruch Givoni. La primera permite determinar las características climáticas de espacio abiertos y es de gran utilidad para la elección del emplazamiento y orientación de los edificios; la de Baruch Givoni está diseñada para determinar las condiciones microclimáticas del interior de los edificios, lo que permite evaluar las necesidades energéticas de calentamiento o ventilación necesarias para mantener unas condiciones adecuadas de confort.

Ambos modelos parten de la idea de una arquitectura bioclimática, cuyo objetivo es la realización de edificaciones adaptadas a las condiciones climáticas del medio y que proporcionen al habitante ambientes térmicamente agradables utilizando para ello la propia edificación y sus elementos constructivos con un consumo mínimo de

energía. Esta concepción bioclimática permite integrar la forma, la materia y la energía del lugar, creando una arquitectura más propia de cada región (González, 1986).

Así que se utilizó para este trabajo recepcional el diagrama de Baruch Givoni, mismo que se denomina "Diagrama Bioclimático para Edificios" (*Building Bioclimatic Chart*), (Givoni, 1969), ya que introduce como variable el efecto de la propia edificación sobre el ambiente interno: la edificación se interpone entre las condiciones exteriores y las interiores y el objetivo fundamental de la carta bioclimática consiste en utilizar unos materiales y una estructura constructiva, cuya respuesta ante unas determinadas condiciones exteriores permita crear un ambiente interior comprendido dentro de la zona de bienestar térmico.

La carta se construye sobre un diagrama psicrométrico y en ella se distinguen una serie de zonas características (figura 2.12):

-Una zona de bienestar térmico delimitada a partir de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, sin tener en cuenta otros factores.

-Zona de bienestar ampliada por la acción de otros factores adicionales: Hacia la derecha la zona de bienestar puede ampliar en función de la masa térmica de la edificación, representada por los tipos de materiales de la construcción: el enfriamiento evaporativo, que se produce cuando una corriente de aire seco y cálido pasa sobre una superficie de agua, parte de la cual se evapora produciendo un doble efecto positivo: descenso de la temperatura por la energía utilizada en el proceso de evaporación y aumento de la humedad ambiental. Fuera de estos límites y hacia la derecha del gráfico, solo se pueden conseguir las condiciones adecuadas con sistemas mecánicos de ventilación y deshumidificación. Hacia la izquierda del gráfico la zona de confort se

extiende siempre que se produzca calentamiento, que puede ser calentamiento pasivo, es decir utilizando la radiación solar directa, durante el día, o el calor almacenado en elementos que actúen como acumuladores durante la noche y calentamiento mecánico, mediante el uso de sistemas convencionales de calefacción.

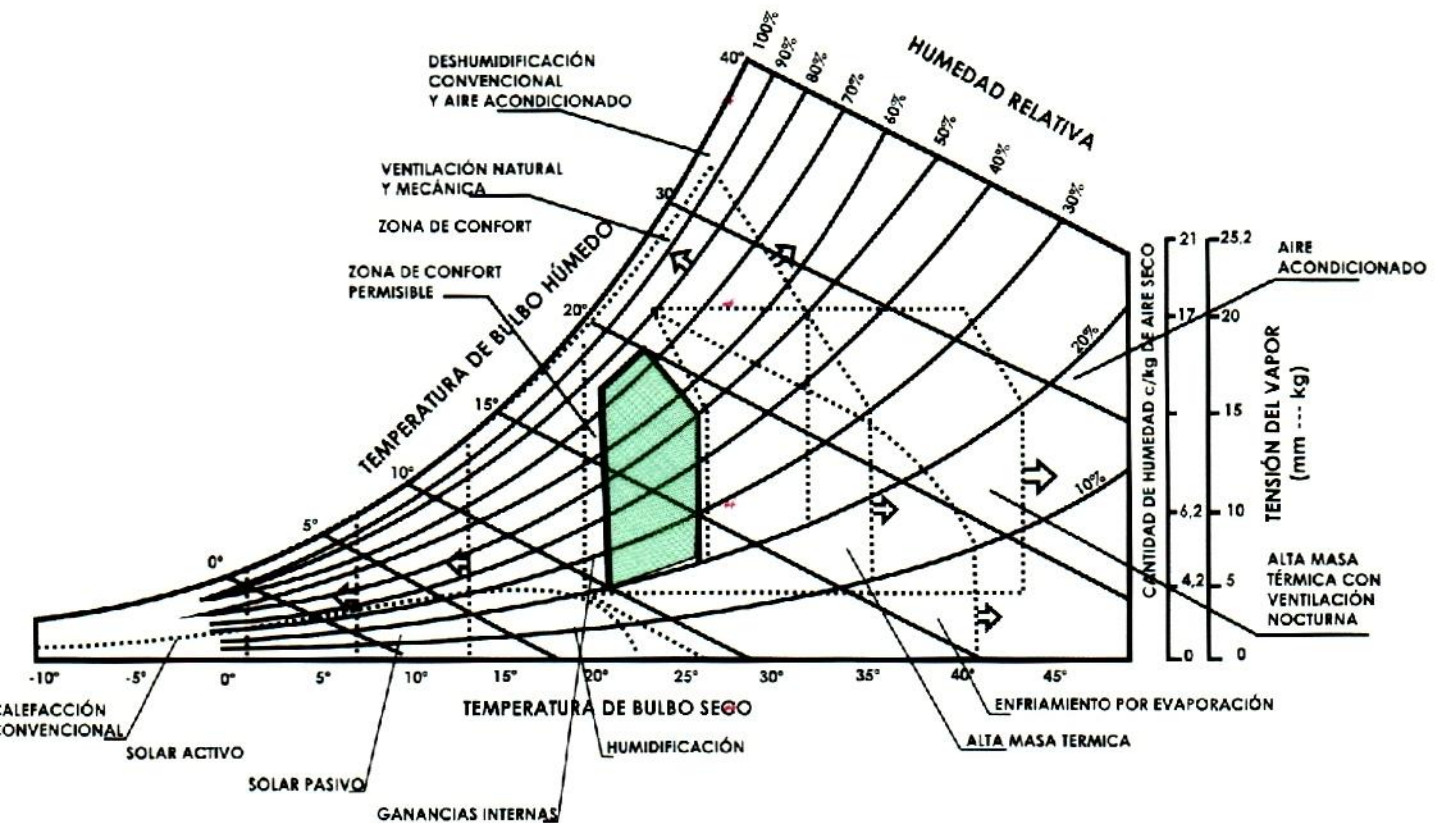


Figura 2.12 Diagrama bioclimático para edificios de Givoni (reproducido de Jiménez Álvarez, 1984. Citado en Fernández, 1994).

Marcado en **color verde** se indica la zona de confort. (Digitalizado por el autor).

Se utilizó la carta psicrométrica de Givoni por medio del software "Análisis Bio" versión 2.1.3 de la Universidad Federal de Santa Catarina de la ciudad de Florianópolis en Brasil, Núcleo de Investigación en Construcción, Departamento de Ingeniería Civil, Laboratorio de Eficiencia Energética, es "FSC-ECV-LabEEE-NPC" por sus siglas en Portugués, proporcionado por el Cuerpo Académico "Componentes y Condicionantes de la Vivienda", COCOVI, de nuestra Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas, y así se introdujeron los datos del clima de Tuxtla Gutiérrez, y específicamente los datos de temperatura y de humedad que nos generaron las estrategias bioclimáticas utilizadas en nuestro experimento que se describe en el capítulo 3 "Metodología del experimento".

2.6 Temperatura superficial interior de la envolvente.

El desarrollo moderno de la planificación y de la construcción arquitectónica ha agudizado el ya eterno problema del control de recepción de radiación solar en los edificios. Los muros masivos de carga tradicionales, que combinaban la función de soporte con la protección contra la luz y el calor, han sido sustituidos por elementos estructurales puntuales que soportan las cargas (estructuras a manera de esqueleto) cubiertos por "muros cortina" (semejando la piel) realizados con diversos materiales (Olgyay, 2006); esta "piel" del edificio actúa como filtro entre las condiciones externas e internas para controlar la entrada de aire, el calor, el frío, la luz, los ruidos y los olores. De forma general, se acepta que el muro es capaz de controlar correctamente, por sí mismo, los efectos del aire, la temperatura, el viento y el ruido, mientras que la luz se controla mejor desde el interior, y la radiación calorífica debe

detenerse de forma efectiva antes de alcanzar la envolvente del edificio(Olgyay, 2006).

Se define como ambiente al espacio tanto interior como exterior a la envolvente del muro, en el cual se incluyen todos los parámetros físicos que intervienen en los procesos de transferencia de calor, ya sea por radiación o por convección, y como muros a los elementos de separación entre el ambiente interior y el ambiente exterior de un edificio y que constituyen su envolvente ciega (Engelbert, 2000).

En la transmisión de calor a través de los muros, entre el ambiente exterior y el ambiente interior de los edificios, se distinguen varios mecanismos de transferencia y regiones donde se realizan: superficies en contacto, con el ambiente exterior e interior, donde se intercambian calor por radiación y convección entre el ambiente y el interior del muro. Así, la temperatura superficial de los muros es la que se localiza en sus caras tanto en el exterior como el interior, y es ahí, en la superficie interior donde emitirá la liberación de la radiación al interior (figura 2.13).

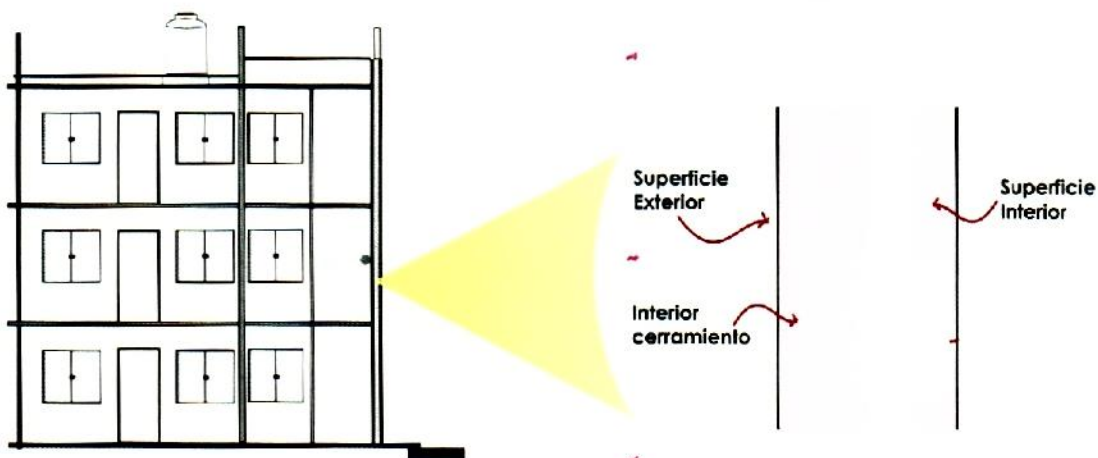


Figura 2.13 Regiones definidas en los muros. Muro visto en corte.

La temperatura y la humedad del aire determinan el bienestar higrotérmico; ante la presencia del aire frío el cuerpo pierde calor rápidamente, mientras que en el aire caliente lo hace más lentamente, siempre que la temperatura del aire sea inferior a la del cuerpo humano. Por otro lado, un aire ambiente demasiado húmedo produce evaporación en la piel de manera lenta e incómoda, mientras que si el aire es demasiado seco, la piel y las superficies se secan fácil y rápidamente (Montesinos, 2007).

2.7. Temperatura superficial de la piel.

El cuerpo humano es un generador constante de calor, ya de por sí, una persona sin hacer nada y con su gasto energético al mínimo, es decir, solo para mantenerse vivo (metabolismo basal), genera entre 65 y 80 vatios de calor, según su sexo, edad y superficie corporal (Chávez, 2002). En términos generales el hombre califica un ambiente confortable térmicamente si existe la neutralidad térmica, lo que significa que dicha persona no se siente demasiado calurosa ni demasiado fría, así, el cuerpo de la persona debe tener la capacidad de ceder calor al ambiente para estar en posibilidad de estar en neutralidad térmica.

Se sabe que el hombre cuenta con un sistema regulador de temperatura que asegura que la temperatura del centro del cuerpo se mantenga en aproximadamente 37° C. También, es frecuente hablar sobre las temperaturas esofágica, axial, bucal o sublingual, rectal y de la piel o cutánea, así y debido a que este trabajo recepcional trata sobre el intercambio de temperaturas entre el ser humano y la envolvente de la edificación, se tomó a la temperatura de la piel como referencia,

pues es esta el medio que tiene el cuerpo humano para ceder calor al ambiente, y es ahí donde toma relevancia el hecho de tomar en cuenta la temperatura superficial de la piel para mantener el equilibrio térmico con el ambiente, condición indispensable para la salud y la vida del ser humano.

Auliciems y Szokolay (1997) indican que la temperatura exterior de la piel puede variar entre 31°C y 34°C mientras que la temperatura interna del organismo humano es cerca de los 37°C , con esta base se decidió tomar como parámetro de temperatura máxima los 30°C , límite para que el ser humano no sufra problemas en su metabolismo por estrés térmico por calor (Castañeda y Vecchia, 2007).

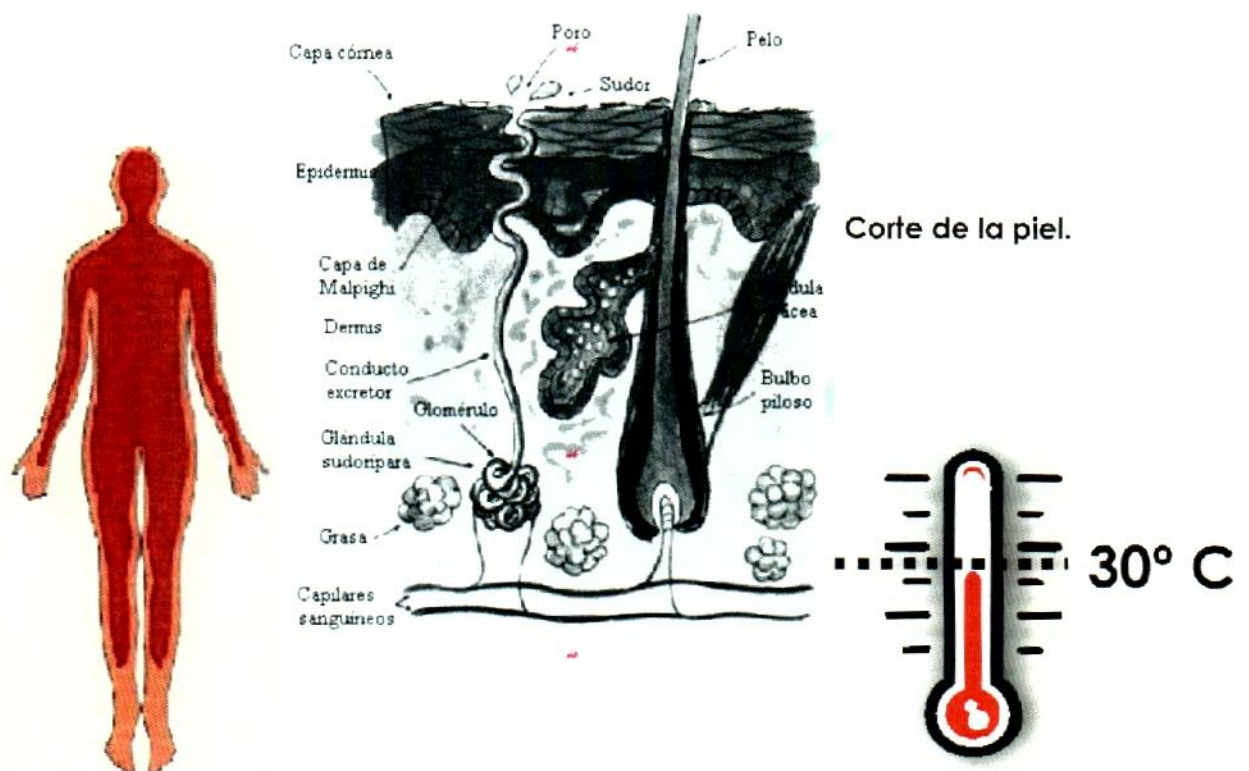


Figura 2.14 Esquema que muestra un corte de la piel y sus partes.

2.8. Temperatura neutral de confort térmico y zonas de confort térmico.

Como ya se mencionó, existen diferentes enfoques teóricos para determinar estándares térmicos, el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo¹⁸ (Gómez-Azpeitia, Bojórquez y Ruiz, 2007), el enfoque cualitativo del confort térmico no parte de considerar el intercambio de calor entre el cuerpo y el entorno, sino de observar que existe una serie de acciones que el ser humano puede realizar para alcanzar el confort térmico (Nicol y Humphreys, 2002), este enfoque toma en consideración que los individuos prefieren diferentes temperaturas de acuerdo a la temperatura exterior que ellos experimentan (Ruiz Torres, 2007) entre los cuales se destacan los siguientes modelos matemáticos que tiene como fin obtener la temperatura neutral de confort (T_n) (Ruiz Torres, 2007) (tabla 2.2):

Tabla no. 2.2 Modelos matemáticos enfoque cualitativo.

Modelos matemáticos basados en el enfoque cualitativo (adaptativo)	
Autor:	Fórmula:
Auliciems (1981)	$T_n = 17.6^\circ \text{C} + 0.31 * T_m$
Humphreys (1976)	$T_n = 11.9^\circ \text{C} + 0.54 * T_m$
Griffiths (1990)	$T_n = 12.1^\circ \text{C} + 0.534 * T_m$
Nicol y Roof (1996)	$T_n = 17.0^\circ \text{C} + 0.38 * T_m$

Donde T_m es la temperatura media exterior.

Así, el modelo elegido fue el de **Nicol y Roof (1996)** que indica $T_n = 17.0^\circ \text{C} + 0.38 * T_m$, dicha elección se debió a que ya se había trabajado con este modelo en ejercicios anteriores y se conocía el manejo de las hojas

¹⁸Al enfoque cuantitativo también se le conoce como analítico o determinista y al enfoque cualitativo en algunos casos se le llama adaptativo.

de cálculo horario de temperaturas y humedad (tabla 2.3) elaboradas por Adalberto Tejeda Martínez¹⁹ mismas tablas que fueron proporcionadas por Raúl Pável Ruiz Torres²⁰ a través del programa computacional Excel, que se utilizó para obtener la T_n .

Tabla 2.3 Hojas de cálculo horario de temperaturas y humedad.

Universidad Autónoma de Chiapas
 Facultad de Arquitectura
 Maestría en Arquitectura
 y Urbanismo
 Área: Arquitectura Sustentable
 Asignatura: ARQUITECTURA BIOLIMÁTICA
 Hoja de cálculo: Análisis del clima local
 Mtro. Arq. Raúl Pável Ruiz Torres



Cálculo horario de temperaturas y humedad. Dr. Adalberto Tejeda

NOTA: Llenar recuadros solo que estén en blanco y gris claro, los datos calculados estarán en el color que esta rellanado esta nota

Localidad	Tuxtla Gutiérrez	Latitud	16.75	Altitud	570
Fuente	SMN	Longitud	93.13		

TEMPERATURA (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MÁXIMA EXTREMA	37.9	40.1	42	41.5	41.7	41.2	39.9	36.5	36.2	37.5	38.2	36.5	39.1
PROMEDIO DE MÁXIMA	30	31.5	33.8	35.7	35.5	33	31.7	31.9	31	30.7	30.9	29.8	32.1
MEDIA	23.1	24.2	25.9	28.1	28.6	27.2	26.1	26.2	25.8	25.4	24.8	23.4	25.7
PROMEDIO DE MÍNIMA	16.2	16.9	18	20.5	21.8	21.5	20.6	20.5	20.6	20.1	18.6	17	19.4
MÍNIMA EXTREMA	7.1	9.8	1	12.3	16.3	17.5	17	2	2.3	14.3	11.7	9.8	10.1
OSCILACIÓN	13.8	14.6	15.8	15.2	13.7	11.5	11.1	11.4	10.4	10.6	12.3	12.8	12.8
T_n (Nicol y Roaf; 1996)	25.8	26.2	26.8	27.7	27.9	27.3	26.9	27.0	26.8	26.7	26.4	25.9	26.8

Los datos de humedad en caso de tenerlos se vacían en la hoja de cálculo de humedad, sino, se calculan automáticamente

HUMEDAD (%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
DATOS CALCULADOS U OBSERVADOS													
HUMEDAD RELATIVA MAX.	82	84	79	76	79	90	91	95	95	86	82	84	85
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	61	62	58	56	60	70	71	74	75	68	63	64	65
HUMEDAD RELATIVA MIN.	40	40	37	36	41	50	51	53	55	50	44	44	45

PRECIPITACIÓN (mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TOTAL	0.5	4.2	3.7	15.4	58	215.9	146.7	173.2	186.5	46.9	10.9	3.4	865.3
MÁXIMA	2.2	39.5	42.8	113.8	215.3	349.5	264.4	414	338.1	127	62.5	22.8	414
MÁXIMA EN 24 HRS	1.7	37.7	30.6	77.7	104.6	82	63.2	79.9	87.2	69	40.7	19.1	104.6
MÁXIMA EN 1 HORA	1.3	5.7	8.5	24.8	33.2	53.5	54.5	59.4	79.1	36.1	14	8.3	79.1

PRESIÓN (mb)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEDIA EN LA ESTACIÓN	950.1	952.5	951.8	954.5	952.5	951.6	950.6	949.2	948.9	949.8	951.4	952.1	951.3

VIENTO (m/s)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAGNITUD MEDIA													0.0
DIRECCIÓN	NE	NE											

FENÓMENOS ESPECIALES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
LLUVIA APRECIABLE	0.7	0.6	0.3	1.6	6.8	16.4	14.7	16.7	17.1	7.8	2	1.4	86.1
DESPEJADOS	11.3	11.4	13.4	8.6	4.6	1.3	1.1	0.6	0.3	1.9	4.7	8.3	67.5
MEDIO NUBLADOS	14.6	13.9	14.1	16.1	15.2	8.2	12.8	11.1	8.4	16.5	17.1	16.8	164.8
NUBLADO CERRADO	5.1	2.8	3.5	5.4	11.2	20.5	17.1	19.3	21.3	12.6	8.2	6	133
GRANIZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
HELADA	2	2.3	1	0	0	0	0	0	0	0.2	0.8	1	7.3
TORRENTA ELÉCTRICA	0.1	0	0	0.7	3	6.3	4.4	5.2	5.8	1.7	0.4	0.1	27.7
NIEBLA	0.3	0.2	0	0.1	0.7	3.7	3.4	3.8	3.3	0.9	0.6	0.6	17.6

Otro aspecto importante es el rango o amplitud de la zona de confort, donde también, existen diversos autores que mencionan diferentes amplitudes (tabla 2.4) (Ruiz Torres, 2007):

Tabla 2.4 Amplitud de la zona de confort.

Amplitud de la zona de confort.	
Autor:	Grados centígrados:
Nicol y Roaf (1996)	$\pm 2^{\circ} \text{ C}$
Aulicems y Szokolay (1997)	$\pm 2.5^{\circ} \text{ C}$
Aulicems y Szokolay (1997)	$\pm 3.5^{\circ} \text{ C}$

La amplitud elegida fue la de Aulicems y Szokolay (1997) que indica los límites de $\pm 2.5^{\circ} \text{ C}$, ya que estos autores indican que con este rango la aceptación es del **90%**, y como se ha visto en otras investigaciones es el rango más utilizado.

2.9. Climatología dinámica.

Desde 1997, se ha demostrado que el clima en las regiones de medias latitudes, como es nuestro caso, sigue un patrón de encadenamiento sucesivo de sistemas atmosféricos, tipos de tiempo meteorológicos, de acuerdo con Sorre (1951) y Monteiro (1969) y las temperatura interiores, por su lado, tienden a acompañar el ritmo exterior de las temperaturas del aire²¹ de acuerdo a Vecchia (1997), así este trabajo se basa en la teoría de la Climatología Dinámica (Vecchia, 1997) que trata del estudio de la climatología y los efectos hacia el interior de los espacios mediante el estudio de cortos episodios sucesivos del hecho climático y la

²¹ Evaluación dinámica del comportamiento térmico de las viviendas del Programa 10 x 10, Francisco Vecchia, CYTED, Libro Un techo para vivir (LORENZO 2005).

determinación de un día típico o día representativo del dominio de una masa tropical característica, por lo que el experimento se llevó a cabo en la época de más altas temperaturas registradas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, de acuerdo a los datos históricos, correspondiendo a la estación de verano, esta teoría facilitó el análisis de los resultados obtenidos para un solo día, denominado el día típico, como ya se mencionó.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO.

Capítulo 3. Metodología del experimento.

3.1. Metodología general.

Respecto a la metodología para la demostración de la hipótesis se tomó como base la "Metodología para el diseño bioclimático de edificios" (figura 3.1) que propone David Morillón Gálvez (2006) en el artículo "Impacto del cambio ambiental global en el sector residencial" que forma parte del libro "Más allá del cambio climático, las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global" publicado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales:

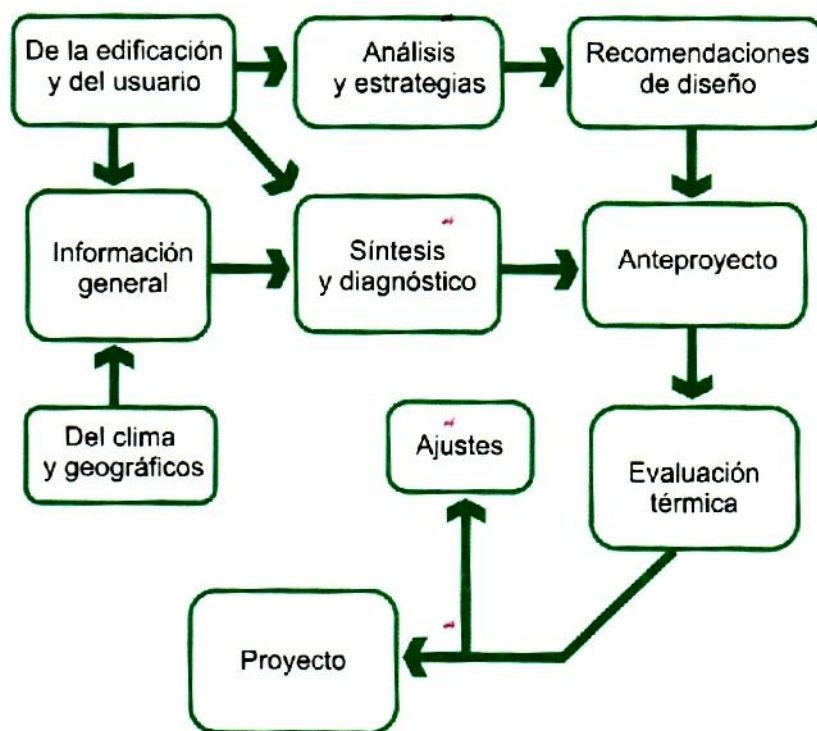


Figura 3.1 Esquema de la metodología para el diseño bioclimático de edificios.

Y a la que se le realizó una adaptación (figura 3.2) para aplicarse a este trabajo quedando como sigue:

Adaptación de la metodología para el diseño bioclimático de edificios

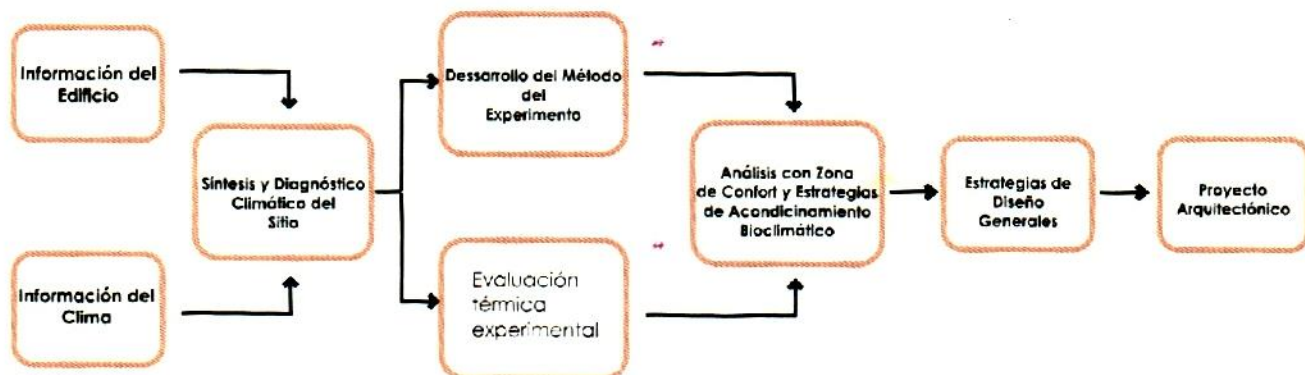


Figura 3.2 Esquema de la metodología para el diseño bioclimático de edificios.

1.- Información del edificio. Se recabó la información técnica documental del edificio que fue proporcionada por la compañía constructora y la visita de campo al lugar para verificar la información.

2.- Información del clima local. Se obtuvo la información documental del clima de la ciudad donde se ubica el edificio.

3.- Síntesis y diagnóstico climático del sitio. Se realizó la síntesis de la información y se determinó el método a seguir.

4.- Desarrollo del método del experimento. Se elaboró el método para realizar el experimento.

5.- Evaluación térmica experimental. Se realizó el experimento de acuerdo a la metodología específica desde la colocación de los

sensores, el acopio de la información, análisis y síntesis de la información mediante las gráficas y la interpretación, para obtener las conclusiones.

6.- Análisis de zona de confort y estrategias del acondicionamiento bioclimático. Mediante un procedimiento y con las herramientas adecuadas y los programas computacionales se realizó el análisis de la zona de confort y se obtuvieron las estrategias de acondicionamiento que indujeron a la gama de estrategias posibles de diseño.

7.- Estrategias de diseño generales. Con base a las estrategias de acondicionamiento bioclimáticas obtenidas se realizó la selección de las estrategias generales de diseño más adecuadas.

8.- Proyecto arquitectónico. Se realizó el proyecto arquitectónico teniendo como base la información obtenida en el experimento, las estrategias generales y las condicionantes del propietario del predio.

La metodología del experimento (figura 3.3) consistió en medir las temperaturas superficiales interiores de los muros de las áreas seleccionadas de dos viviendas, así como la temperatura de bulbo seco en el interior y exterior, datos confrontados con la zona de confort, en este caso considerando el parámetro de los 30°C , 1°C debajo de la temperatura superficial de la piel (Auliciems y Szokolay, 1997), debido a lo que se considera que cuando el muro pasa esa temperatura, puede estar aportando calor a los habitantes de la vivienda rebasando el parámetro considerado.

El experimento se llevó a cabo en dos viviendas similares con las mismas condiciones de orientación y ubicación ubicadas en el Fraccionamiento

Los Poetas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, una con protección solar utilizando "malla sombra" en muros y la otra vivienda fue la testigo sin utilizar ninguna protección.

Metodología de la Evaluación del Experimento

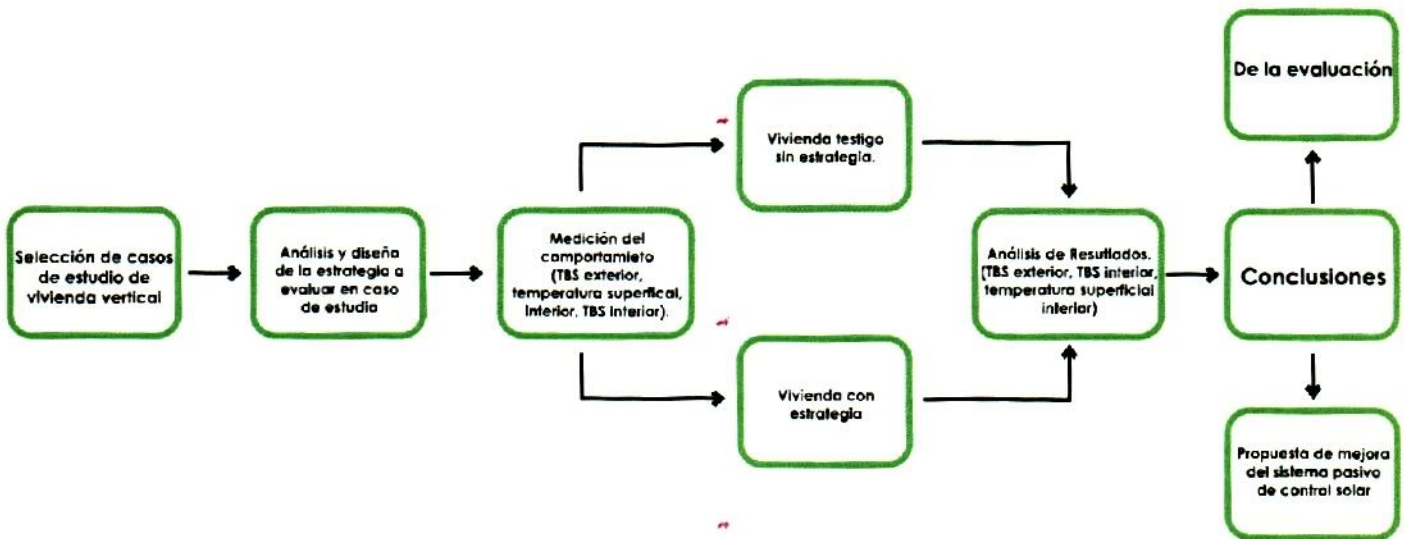


Figura 3.3 Esquema de la metodología de la evaluación del experimento.

3.2. Determinación y descripción de las viviendas analizadas y análisis de soleamiento.

Debido a que nuestra finalidad es conocer el comportamiento térmico de la envolvente y en especial el componente muro mismo que fue construido con concreto hidráulico ligero, llamado así pues tiene agregado un elemento aditivo en estado líquido denominado inclusor de aire., y ante la ganancia de temperatura por la radiación solar se tomará el criterio de la zona más crítica de asoleamiento, criterio aplicado tanto para la selección del módulo de viviendas como de los componentes de las viviendas a evaluar, así, dentro del fraccionamiento se seleccionó el módulo de viviendas que cuenta con la orientación con mayor cantidad de horas de asoleamiento, (dicho módulo no cuenta con ningún otra edificación adosada que pudiera provocarle sombra).

Se efectuó el análisis de soleamiento, haciendo uso de la carta solar y la mascarilla de sombras para la latitud de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez que es de latitud norte $16^{\circ} 45' 10''$ (INEGI)²², y se convirtiendo a decimales se obtuvo 16.75° N, y se utilizó el programa de cómputo denominado "SOL-AR 6.1.1" de la UFSC-ECV-LabEEE-NPC (Laboratorio de Eficiencia Energética en Edificaciones, Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil), (figura 3.4).

²² Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

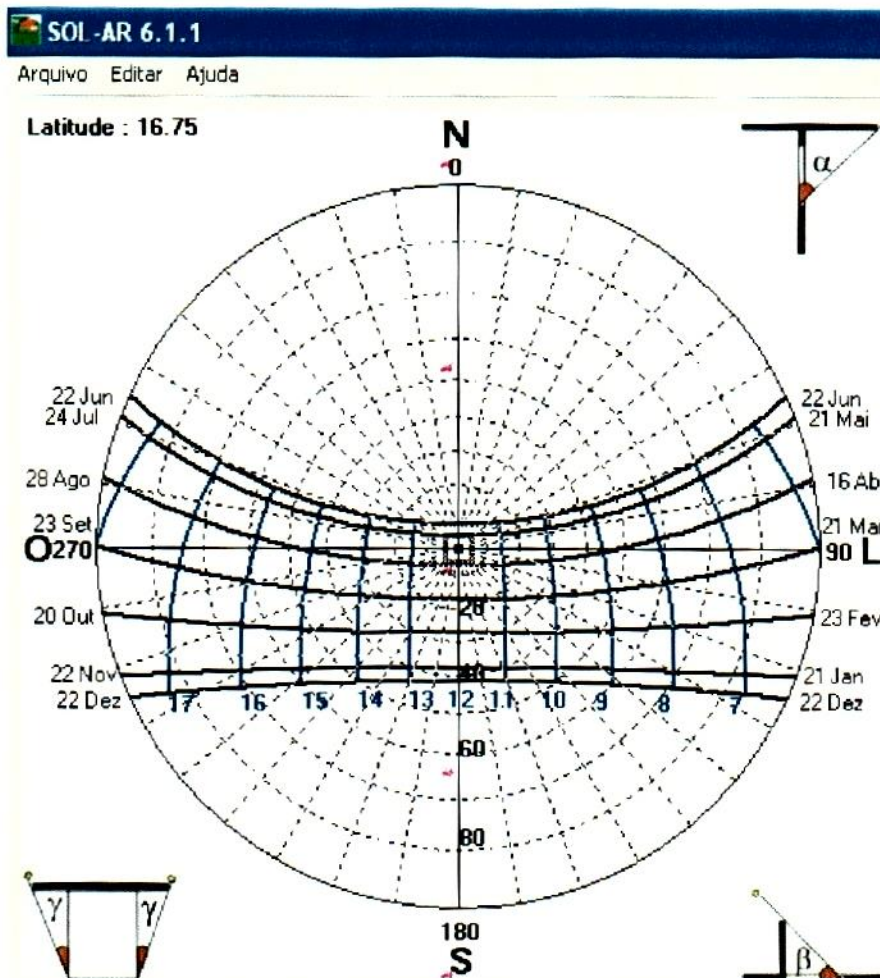


Figura 3.4 Carta solar para la latitud de Tuxtla Gutiérrez 16.75° N, emitida a través del programa de cómputo SOL-AR 6.1.1.

Así, y con base a los planos arquitectónicos del edificio, proporcionados por la empresa constructora FIGO, que construye la unidad habitacional, se verificó en campo a través de un el levantamiento arquitectónico y también, se realizó el levantamiento topográfico del edificio para conocer la ubicación geográfica y obtener su **acimut**²³ (también citado como **azimut**) (ver ejemplos en figura 3.5 y tabla 3.1),

²³ Ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo. 22ª edición, Diccionario de la Lengua Española. Rae.

para determinar la orientación respecto al norte y definir los ángulos correspondientes a cada una de las fachadas.

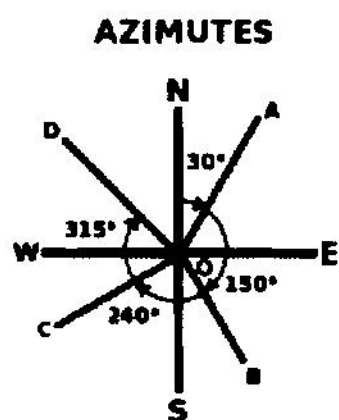


Tabla 3.1 Ejemplo azimut.

LÍNEA	AZIMUT
AO	30°
BO	150°
CO	240°
DO	315°

Figura 3.5 Ejemplo azimut.

El primer paso fue identificar donde se encuentra el fraccionamiento habitacional "Los poetas" dentro de la ciudad utilizando el programa computacional de acceso gratuito en internet "Google maps"²⁴ mediante la dirección <http://maps.google.com.mx/>, de donde obtuvo la fotografía aérea de la zona de estudio en la cual se ubica el fraccionamiento (ver figura 00), así también, se verificó el norte geográfico para el edificio donde se encuentran las viviendas del caso de estudio, marcado con un círculo color amarillo en la figura siguiente 3.6

²⁴ Google maps es el servicio gratuito a-través de internet que permite visualizar imágenes vía satélite y es ofrecido por la empresa Goggle Inc. con sitio web www.google.com

NORTE



... Zona de estudio (Fraccionamiento Los Poetas)

Figura 3.6 Macro localización de la zona de estudio.

En el plano de lotificación del fraccionamiento²⁵ se localizó el edificio número 10 que es el cual se encuentra la vivienda en estudio, que es el que se ubica en la parte sur-poniente del fraccionamiento, en la esquina poniente que forman la Avenida Efraín Bartolomé y Calle Rosario Castellanos, y que se encuentra marcado con un círculo rojo en la figura 3.7

²⁵ Plano realizado en el programa computacional para elaborar dibujos "autocad" y proporcionado por la empresa constructora FIGO.

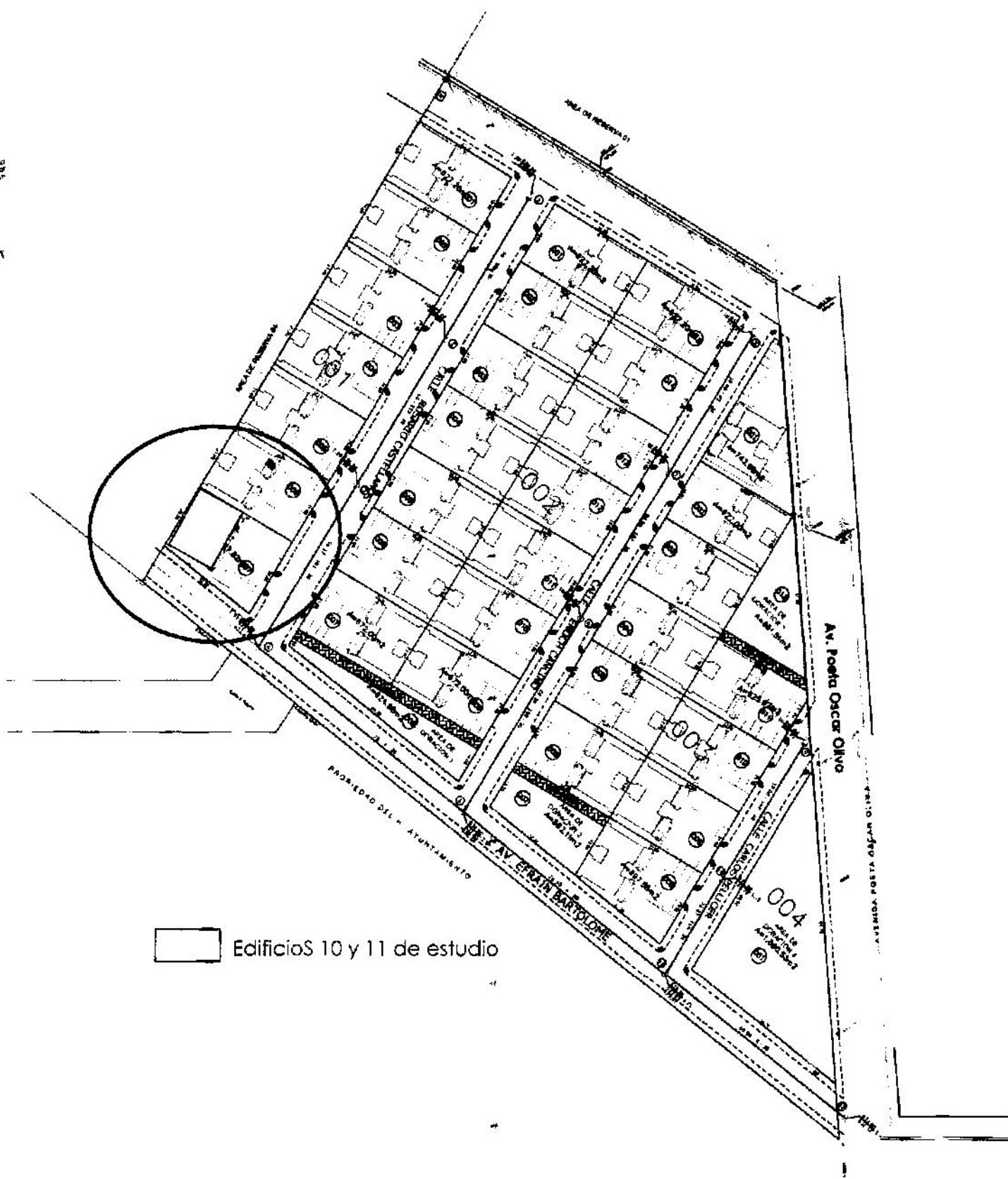


Figura 3.7 El fraccionamiento y los edificios de estudio.

El siguiente croquis (figura 3.8) presenta la planta arquitectónica tipo de edificio tipo y se puede observar la distribución de las áreas. Se observa que en cada nivel se cuenta con 4 viviendas y un área de escaleras centralizada que sirve de enlace entre los espacios de las viviendas. Se observa que las recámaras están orientadas tanto al norte como al sur, y de acuerdo a la latitud de la ciudad, se intuye que las recámaras orientadas al sur son las más críticas desde el punto de vista térmico.



Figura 3.8 Planta tipo por nivel de los edificios.

Análisis de soleamiento.

Para iniciar este análisis se realizó el levantamiento topográfico para obtener el azimut del edificio, por lo que la figura 3.9 es una representación gráfica de la planta tipo sobre la cual se colocaron los puntos cardinales y a partir del norte geográfico se indica el azimut por cada fachada indicado mediante el segmento de un círculo, la orientación de la fachada y la cantidad en grados (tabla 3.2).

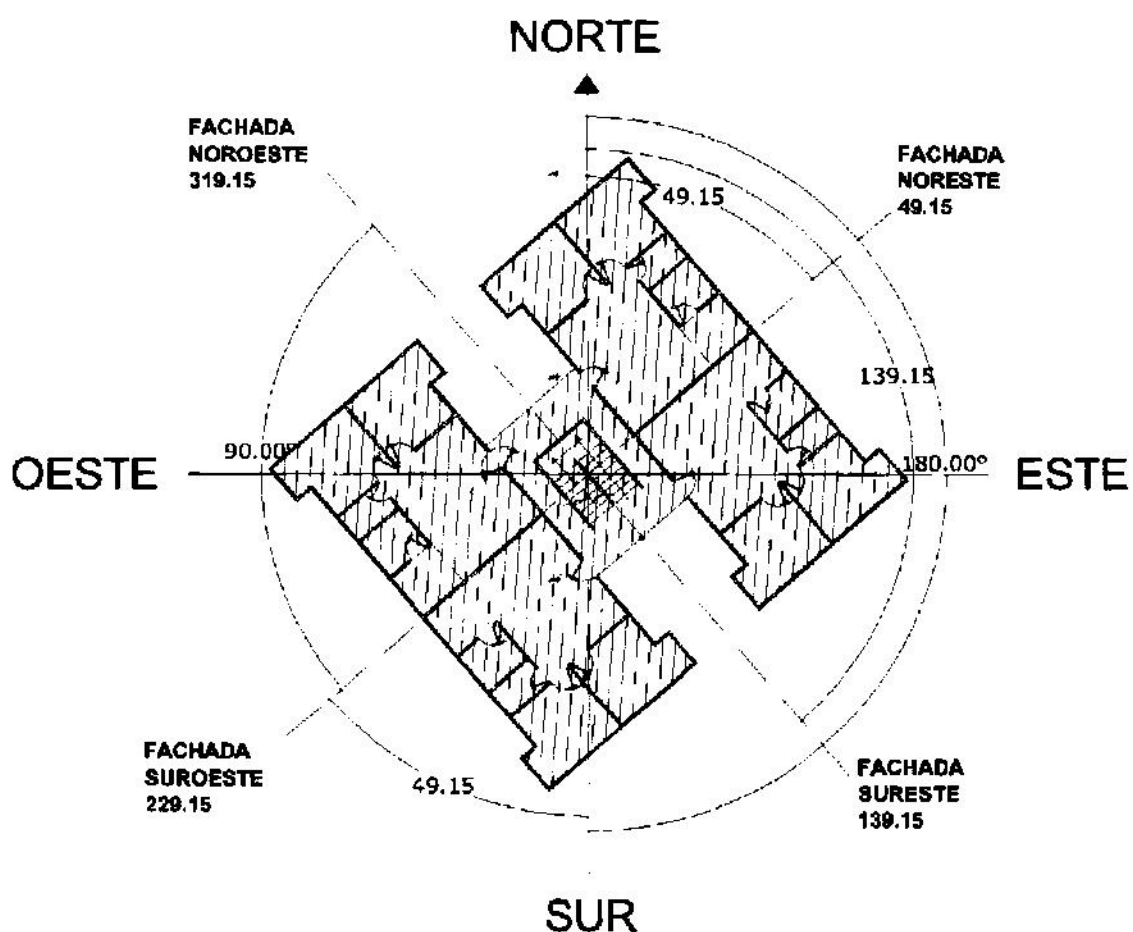


Figura 3.9 Azimut de fachadas.

Tabla 3.2 Azimut y orientación de las fachadas.

Azimut y orientación de las fachadas.			
Fachada.	Tipo de muro.	Orientación.	Acimut (azimut)
Principal.	Sin vanos.	Sureste.	139.15°
Lateral izquierda.	Con vanos.	Suroeste.	229.15°
Posterior.	Sin vanos.	Noroeste.	319.15°
Lateral derecha.	Sin vanos.	Noreste.	49.15°

Teniendo las orientaciones de cada fachada se procedió a trasladar la información al software "SOL-AR 6.1.1" y verificar de forma gráfica la cantidad de horas de soleamiento. En la figura se observa la carta solar y un área cubierta de líneas curvas de color rojo que inician desde una línea recta inclinada que pasa por el centro de la carta solar, esta línea corresponde a la fachada noreste con 49.15° y teniendo la línea de la fachada se puede observar el soleamiento (el tiempo solar) que recibe la fachada (ver figura 3.10), situación que es similar en cada carta solar de cada fachada.

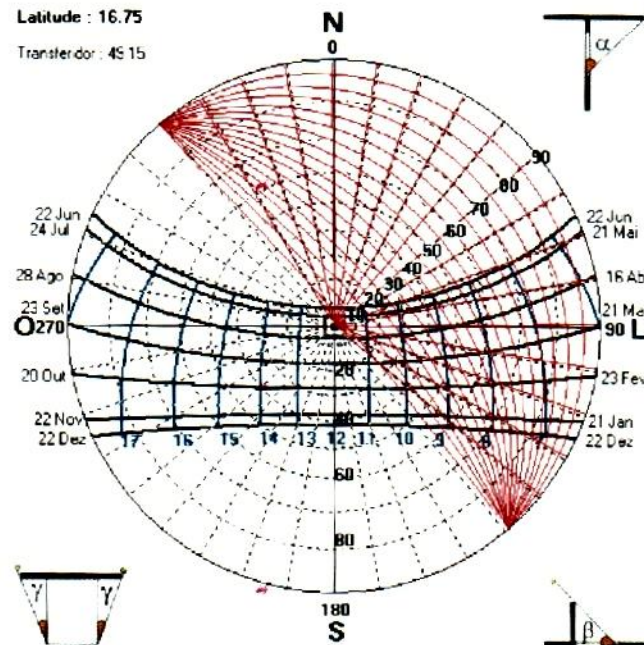


Figura 3.10 Carta solar con la fachada noreste con 49.15°.

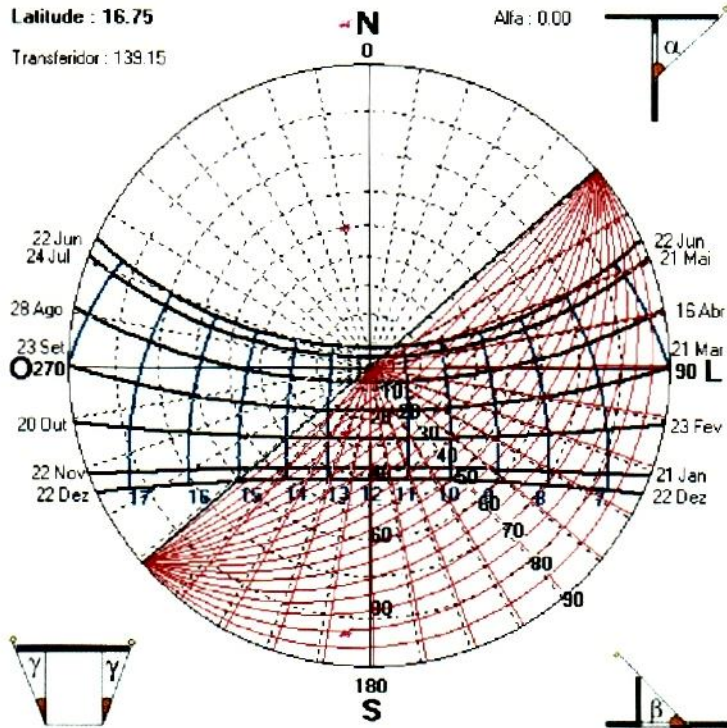


Figura 3.11 Carta solar con la fachada sureste con 139.15°.

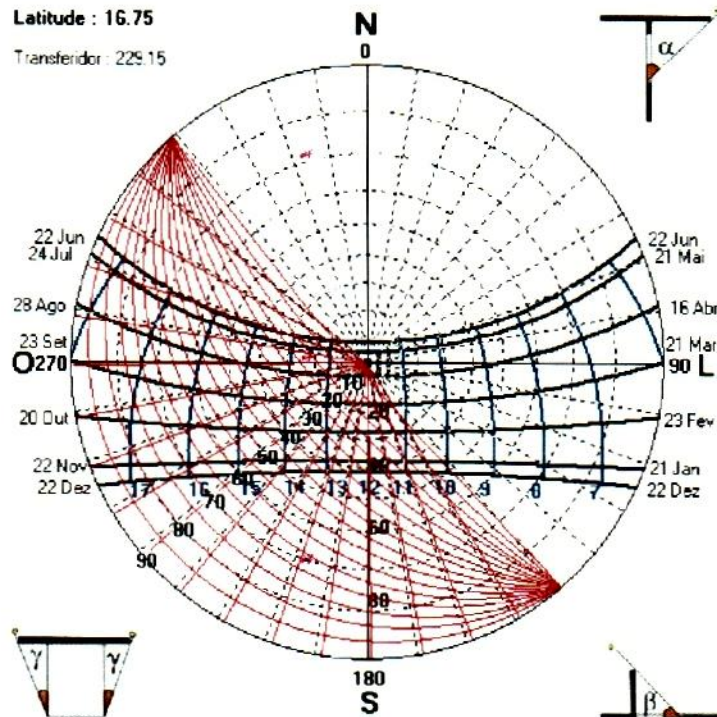


Figura 3.12 Carta solar con la fachada suroeste 229.15°.

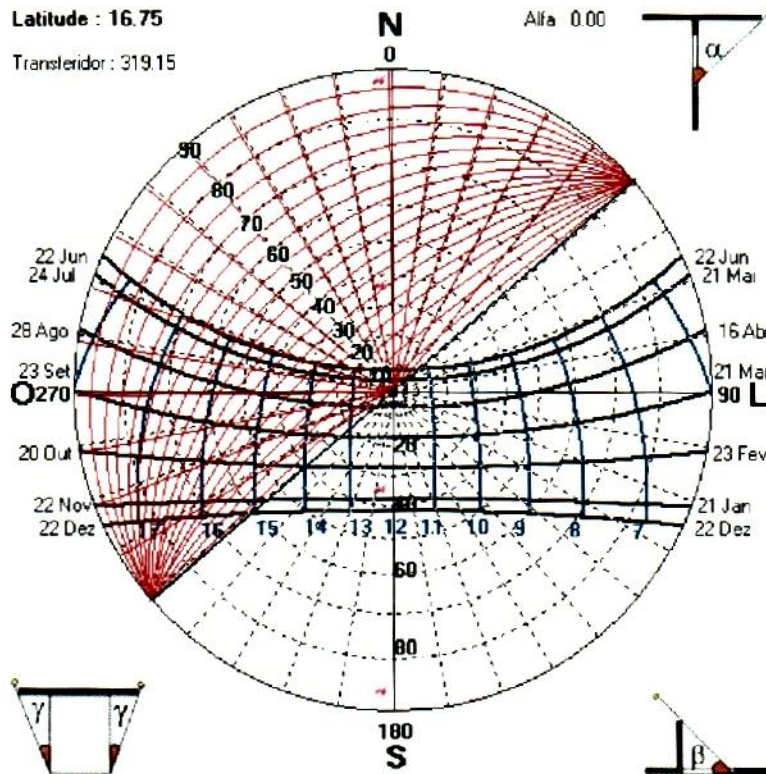


Figura 3.13 Carta solar con la fachada noreste 229.15°.

El análisis realizado manifestó que la combinación de las fachadas sureste con la fachada suroeste son las que cuenta con mayor cantidad de horas de soleamiento (tabla 3.3), por lo que se determinó que la fachada de recámara se encuentra ubicada en la esquina sur-poniente es la más crítica, de ahí que esta fachada que se trata de un muro ciego fuera el elegido para realizar el estudio.

Tabla 3.3 Tabla de cantidad de horas de soleamiento al año.

Cantidad de horas de soleamiento por fachadas.			
Fachada.	Tipo de muro.	Orientación.	Horas de soleamiento.
Principal.	Sin vanos.	Sureste.	
Posterior.	Sin vanos.	Noreste.	
Lateral derecha.	Con vanos.	Noroeste.	
Lateral izquierda.	Con vanos.	Suroeste.	

En la planta arquitectónica (figura 3.14) se observó que las recámaras están ubicadas al lado sur y las dos recámaras solamente tienen una ventana pero la recámara se encuentra ubicada en la esquina sur-poniente tiene la ventana ubicada en el lado poniente y el área desde donde se ventila es menor que la otra recámara, por estos motivos se consideró como el área más crítica y por este motivo fue la elegida para este estudio.

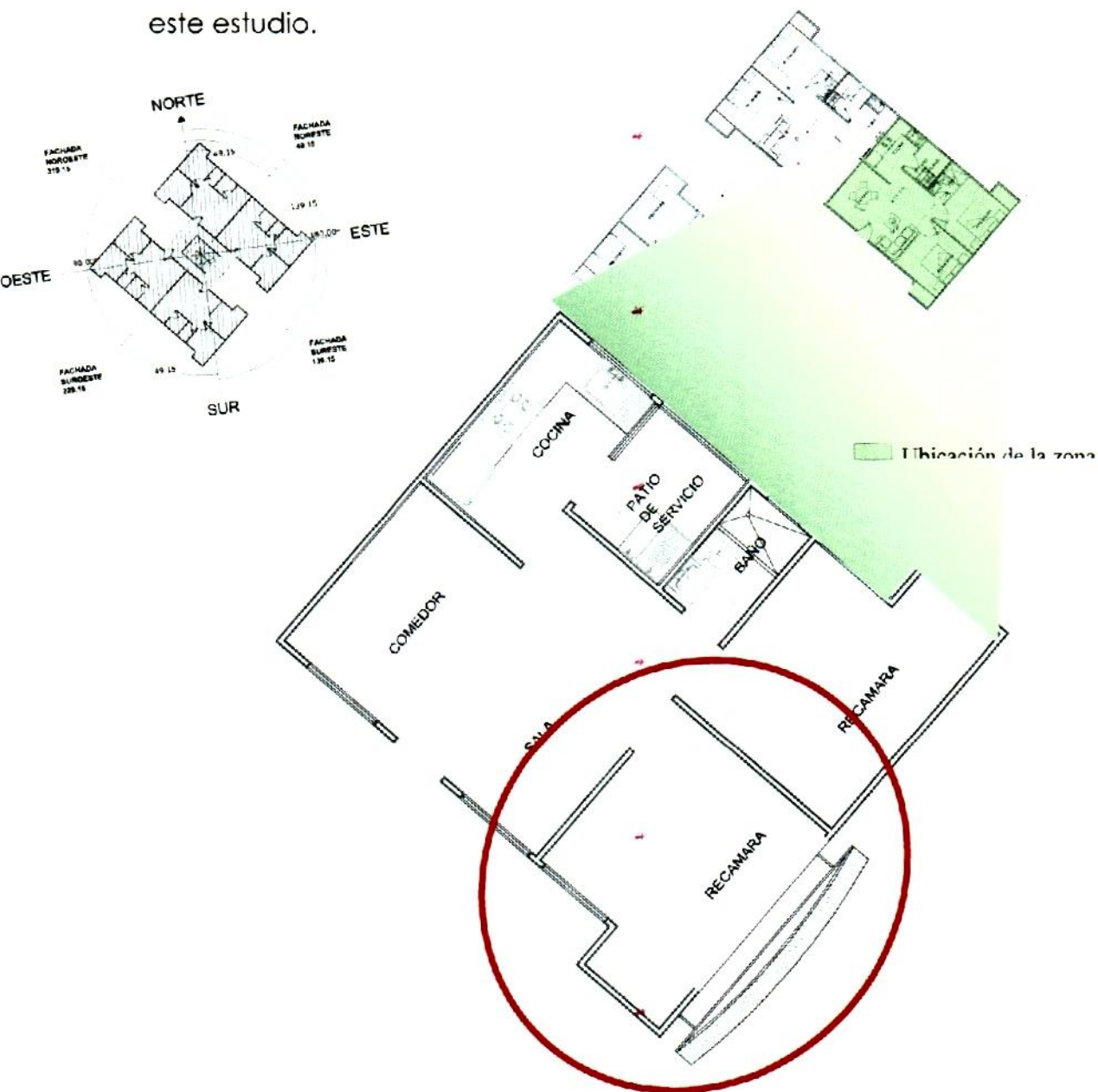


Figura 3.14 Planta arquitectónica indicando la recámara que se estudió.

Dado que se debía realizar una comparación se realizó, al mismo tiempo, la evaluación del muro testigo en una vivienda similar y con las mismas características, para lo cual se eligió el edificio número 11 colindante con el edificio número 10, que está ubicado a 6 metros sobre la misma acera de la Calle Rosario Castellanos. En la figura 3.15 se indica el edificio número 10, donde se ubica la vivienda que se le colocó el sistema, con color verde y el edificio número 11, donde se ubica la vivienda testigo, se indica con un punto color rojo.

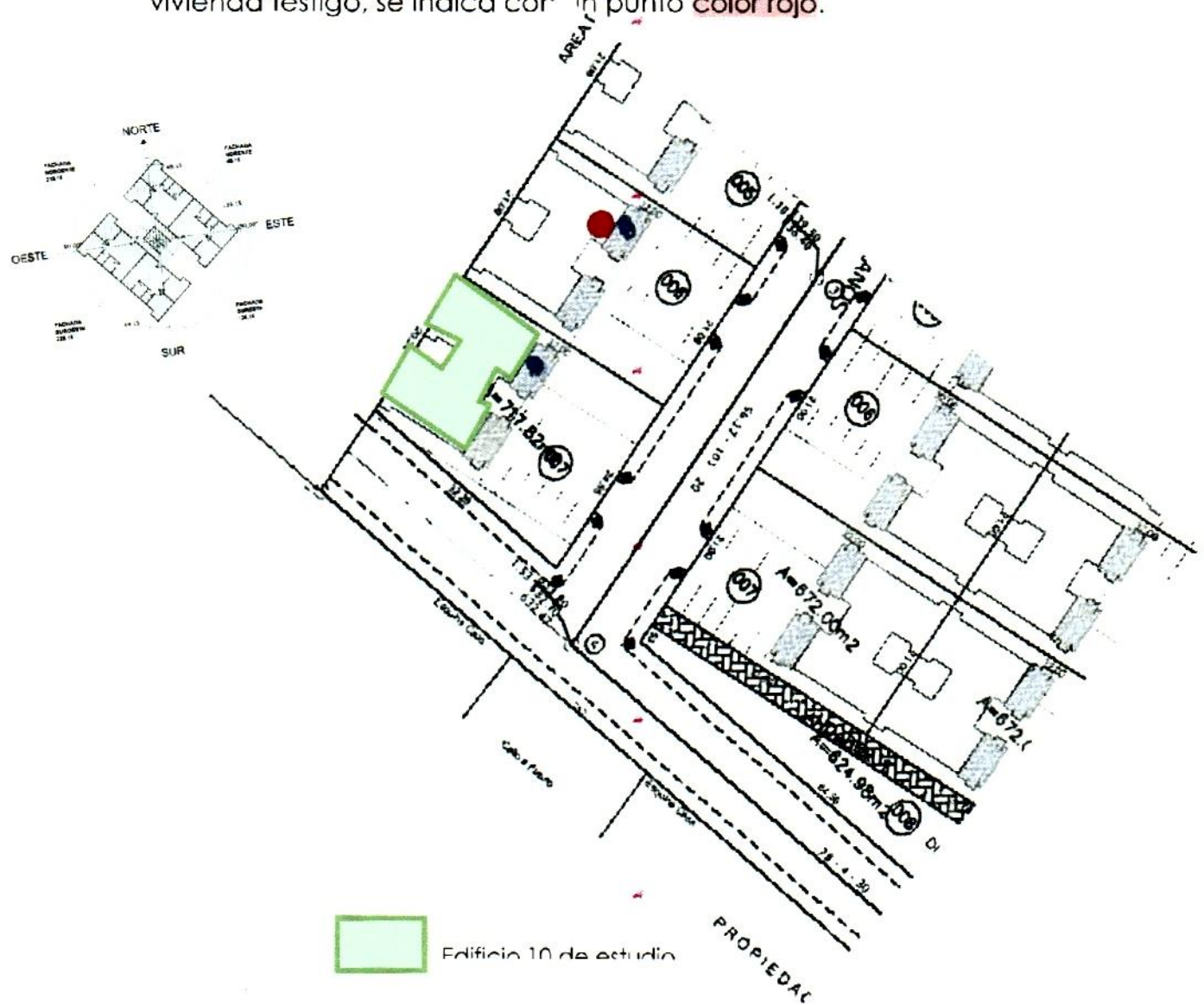


Figura 3.15 Localización de los edificios número 10 y 11.

La vivienda elegida fue la ubicada en el segunda nivel, tanto a la que se le colocó el sistema como la vivienda testigo (figuras 3.16 y 3.17).

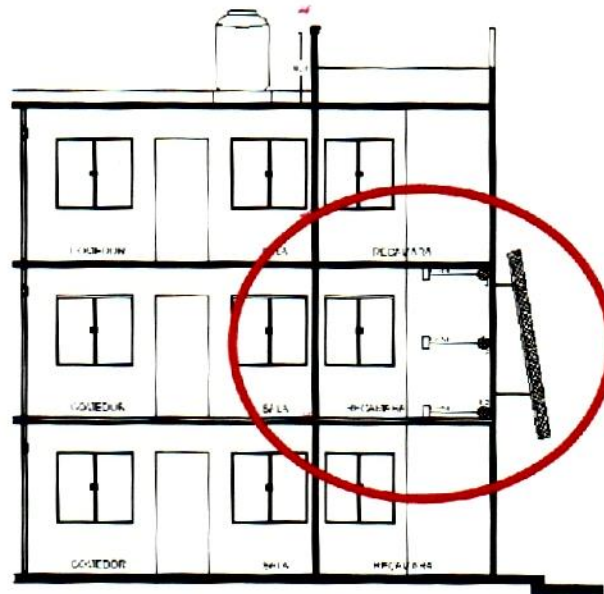


Figura 3.16 Sección indicando el área de la vivienda ubicada en el segundo nivel con el sistema

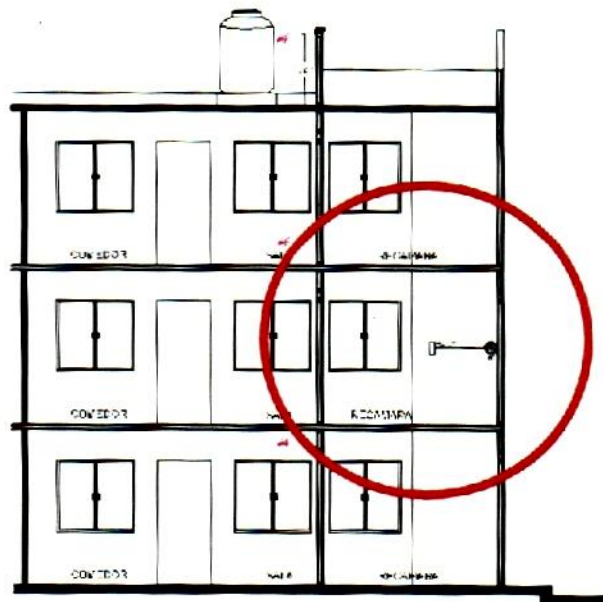


Figura 3.17 Sección indicando el área de la vivienda testigo ubicada en el segundo nivel.

3.3. Período a estudiar de acuerdo a la climatología dinámica.

El objetivo principal es la comparación de las temperaturas superficiales de los muros mismos que fueron construidos con concreto hidráulico ligero llamado así pues se le agregó un aditivo líquido inclusor de aire.

Para efectos del trabajo experimental se realizaron las mediciones en el período cálido²⁶ de acuerdo a las *normales climatológicas* de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, que son en los meses de abril con 28.1° C y mayo con 28.6° C conforme a los datos del Sistema Meteorológico Nacional, y publicados por la Comisión Nacional del Agua en la página web <http://smn.cna.gob.mx>, (fecha de visita: 11 de mayo del 2008), por lo que el período seleccionado para el monitoreo fue del 28 de abril al 05 de mayo del año 2009.

En esta tabla número 3.4 se observan todos los datos de las normales climatológicas incluidas las temperaturas de bulbo seco (temperaturas del aire), resaltando con un ovalo en color rojo las temperaturas medias de abril y mayo con 28.1° C y 28.6° C respectivamente.

²⁶ Son los meses del año que se tienen las *temperaturas medias* más altas.

Tabla 3.4 Los datos de las normales climatológicas como se muestran en la página de internet.



NORMALES CLIMATOLÓGICAS

TUXTLA GUTIERREZ, CHIS.



LATITUD N 16° 45'
LONGITUD W 93° 08'
AL TITULO 570 msnm

PERIODO 1981-2000

OBSERVATORIO SINOPTICO
DEPENDENCIA: SMN-CNA

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA													
MAXIMA EXTREMA	37.9	40.1	42	41.5	41.7	41.2	39.9	36.5	36.2	37.5	38.2	36.5	42
PROMEDIO DE LA MAXIMA	30	31.5	33.8	35.7	35.9	33	31.7	31.9	31	30.7	30.9	29.8	32.1
MEDIA	23.1	24.2	25.9	28.1	28.6	27.2	26.1	26.2	25.8	25.4	24.8	23.4	25.7
PROMEDIO DE MINIMA	16.2	16.9	18	20.5	21.8	21.5	20.6	20.5	20.56	20.1	18.6	17	19.4
MINIMA EXTREMA	7.1	9.8	1	12.3	16.3	17.5	17	2	2.3	14.3	11.7	9.8	1
OSCILACION	13.7	14.6	15.8	15.2	13.7	11.4	11.1	11.4	10.4	10.7	12.3	12.8	12.8
TOTAL HORAS INSOLACION	148	122	130	157	185	157	175	167	165	167	157	157	1887
HUMEDAD													
TEMPERATURA BULBO HUMEDO	16.8	17.8	18.8	20.2	21.6	21.8	21.1	21.9	21.4	19.5	18.1	17.2	19.7
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	61	62	58	56	60	70	71	74	75	68	63	64	65
EVAPORACION	160	185	240	243	224	167	159	153	143	158	152	148	2132.1
PRECIPITACION													
TOTAL	0.5	4.2	3.7	15.4	58	215.9	146.7	173.2	186.5	46.9	10.9	3.4	865.3
MÁXIMA	2.2	39.5	42.8	113.8	215.3	349.5	264.4	414	338.1	127	62.5	22.8	414
MÁXIMA EN 24 HORAS	1.7	37.7	30.6	77.7	104.6	82	63.2	79.9	87.2	69	40.7	19.1	104.6
MÁXIMA EN 1 HORA	1.3	5.7	8.5	24.8	33.2	53.5	54.5	59.4	79.1	36.1	14	8.3	79.1
PRESION													
MEDIA EN LA ESTACION	950.1	952.5	951.8	954.5	952.5	951.6	950.8	949.2	948.89	949.8	951.4	952.1	951.3
VIENTO MÁXIMO DIARIO													
MAGNITUD MEDIA	10.7	11	11	10.3	9.5	8.1	8.5	8.5	8.2	8.8	9.4	9.9	9.5
FENOMENOS ESPECIALES													
LLUVIA APRECIABLE	0.7	0.6	0.3	1.6	6.8	16.4	14.7	16.7	17.1	7.8	2	1.4	86.1
DESPEJADOS	11.3	11.4	13.4	8.6	4.6	1.3	1.1	0.6	0.3	1.9	4.7	8.3	67.5
MEDIO NUBLADOS	14.6	13.9	14.1	16.1	15.2	8.2	12.8	11.1	8.4	16.5	17.1	16.8	164.6
NUBLADO/CERRADO	5.1	2.8	3.5	5.4	11.2	20.5	17.1	19.3	21.3	12.6	8.2	6	132.9
GRANIZO	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0.2
HELADA	2	2.3	1	0	0	0	0	0	0	0.2	0.8	1	7.3
TORRENTE ELECTRICA	0.1	0	0	0.7	3	6.3	4.4	5.2	5.8	1.7	0.4	0.1	27.8
NIEBLA	0.3	0.2	0	0.1	0.7	3.7	3.4	3.8	3.3	0.9	0.6	0.6	17.6

UNIDADES: TEMPERATURA (°C) HUMEDAD RELATIVA (%), PRECIPITACION Y EVAPORACION (mm), PRESION (mb), VIENTO (m/s) Y FENOMENOS ESPECIALES (dias)

Y en la figura 3.18 se observa la gráfica de las temperaturas mensuales de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez con base a las normales climatológicas, resaltando el período cálido que se ubica en los meses de abril y mayo.

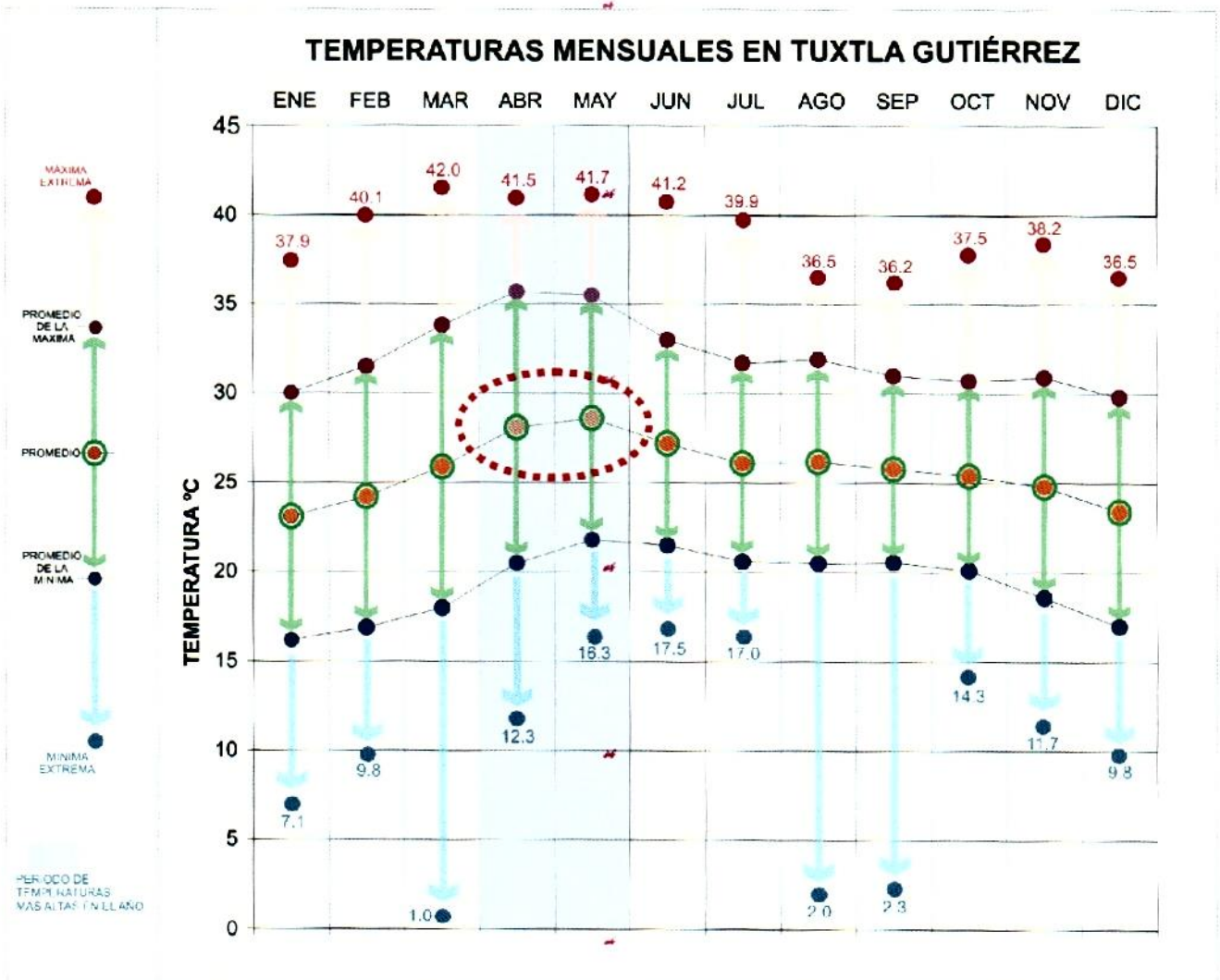


Figura 3.18 Gráfica de las temperaturas de bulbo seco (temperatura del aire).

Con base en lo anterior, y con apoyo en la teoría de la climatología dinámica (Vecchia, 1997), y tomando las temperaturas de bulbo seco recolectadas con el HOBO 5 (ver figura 3.9) mismo que fue colocado en la azotea del edificio donde se ubica la vivienda con protección solar,

se determinó como día típico experimental al 03 de mayo del 2009 a partir de las 4:00 horas hasta las 4:00 horas del 4 de mayo, pues el día que de acuerdo a la gráfica de los datos obtenidos es el día más representativo (o regular) de el período experimentado (figura 3.19) y también, se verificó que la temperatura máxima de ese día, 32.87°C, estuviese en el rango de la temperatura Promedio de las Máximas para el mes de mayo (tomada como límite superior) de 35.5°C y la temperatura Media (tomada como límite inferior para este caso) que es de 28.6°C y al estar dentro del rango se tomó como viable (tabla 3.5).

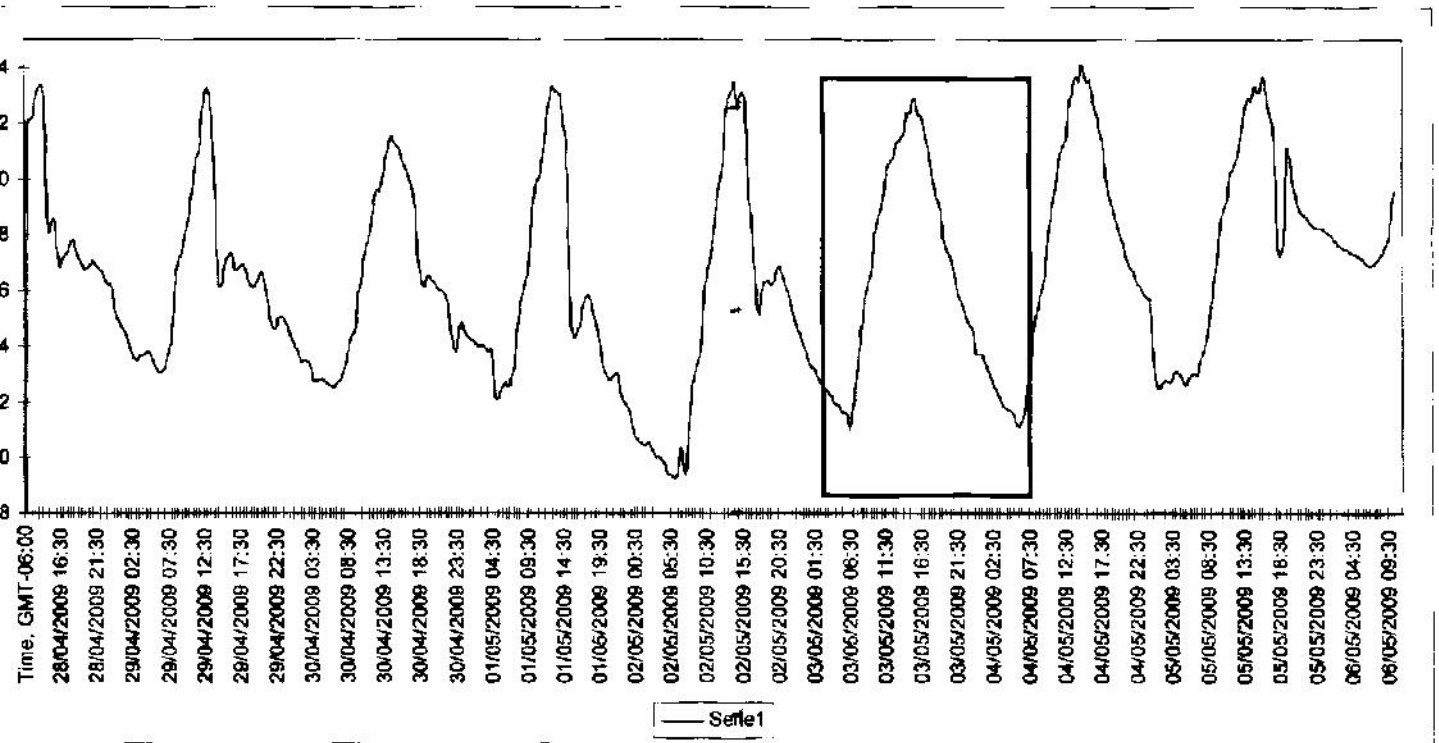


Figura 3.19 Gráfica de temperaturas del período seleccionado y elección del día típico.

Tabla 3.5 Comparación de la temperatura máxima del día típico.

Elección del día típico (03 al 04 de mayo)			
Límite superior	Temperatura promedio de máximas, mes de mayo	35.5° C	
Dato obtenido del día típico	Temperatura máxima	32.87° C	Se encuentra dentro del rango propuesto
Límite inferior	Temperatura media, mes de mayo	28.6° C	

3.4. Estrategias bioclimáticas para Tuxtla Gutiérrez.

Las estrategias de acondicionamiento bioclimático fueron generadas a partir del análisis de la zona de confort utilizando la carta psicrométrica de Baruch Givoni, y del análisis de asoleamiento.

Análisis de la zona de confort.

Se realizó el análisis del confort térmico utilizando la carta psicrométrica (figura 3.20) por medio del software "Análisis Bio" versión 2.1.3 de la UFSC-ECV-LabEEE-NPC (Laboratorio de Eficiencia Energética en Edificaciones, Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil) por lo que se ingresaron los datos estadísticos de las normales climatológicas y se obtuvieron los siguientes resultados:

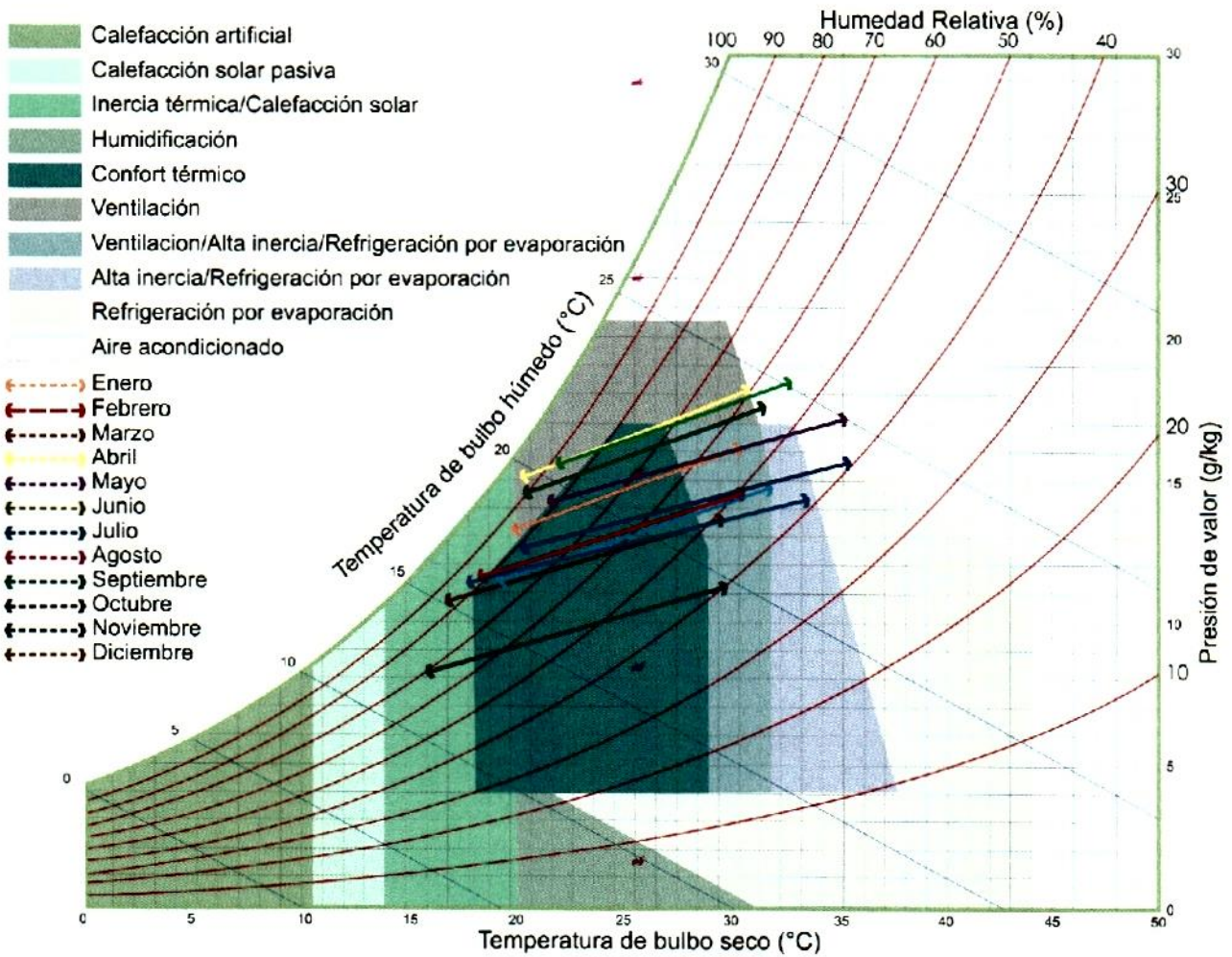


Figura 3.20 Carta psicrométrica para la latitud de Tuxtla Gutiérrez.

En el mes de enero se cuenta con un 79.72% de confort térmico, y el restante se puede alcanzar mediante estrategias como la calefacción solar pasiva y alta inercia térmica de los materiales con un porcentaje de 13.04% y mediante ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación con un porcentaje de 7.24%.

En febrero se alcanza un 69.56% de confort térmico, y las estrategias deben ser la calefacción solar pasiva y alta inercia térmica de los materiales en 5.38%, así también, aplicar de manera conjunta calefacción solar pasiva y alta inercia en un 10.62% y ventilación, alta inercia térmica y refrigeración por evaporación en un 19.82%.

En marzo se alcanza un 61.60% de confort térmico, y las estrategias deben ser la calefacción solar pasiva y alta inercia térmica de los materiales en 5.38%, así también, aplicar de manera conjunta ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación en un 21.63% y alta inercia térmica y refrigeración por evaporación en un 11.39%.

En abril se alcanza un 50.79% de confort térmico, y las estrategias deben ser la refrigeración por evaporación en un 9.35%, sistemas de aire acondicionado en 4.18%, ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación en un 24.87% y alta inercia térmica y refrigeración por evaporación en un 10.82%.

En mayo se alcanza un 39.71% de confort térmico, y las estrategias deben ser ventilación en 3.06%, sistemas de aire acondicionado en 17.44%, ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación en un 28.08% y alta inercia térmica y refrigeración por evaporación en un 11.72%.

En junio se alcanza un 25.22% de confort térmico, y las estrategias deben ser ventilación en 53.52%, sistemas de aire acondicionado en 17.91%, ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación en un 3.35%.

En julio se alcanza un 35.73% de confort térmico, y las estrategias deben ser ventilación en 38.91%, sistemas de aire acondicionado en 5.39%, ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación en un 20.09%.

En agosto se alcanza 69.50% de confort térmico, y las estrategias deben ser ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación en 30.51%.

En septiembre se alcanza 23.94% de confort térmico, y las estrategias deben ser ventilación en 74.58% y sistemas de aire acondicionado en 1.48%.

En octubre se alcanza 59.31% de confort térmico, y las estrategias deben ser ventilación en 12.46% y ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación en 28.24%.

En noviembre se alcanza 74.87% de confort térmico, y las estrategias deben calefacción solar pasiva y alta inercia térmica en 4.166% y ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación en 20.97%.

En diciembre se alcanza 82.03% y las estrategias deben calefacción solar pasiva y alta inercia térmica en 8.32%.

De acuerdo al análisis de la carta se observa que las estrategias de acondicionamiento bioclimático generadas que más se repiten en el año son alta inercia y ventilación, cada una en 11 meses (ver tabla 00), y que el mes de menor confort es junio con 25.22%, y el de mayor confort es diciembre con 82.03%, y en junio las estrategias de acondicionamiento deben ser ventilación en 53.52%, sistemas de aire acondicionado en 17.91%, ventilación, alta inercia y refrigeración por evaporación en un 3.35%, y en diciembre deben ser calefacción solar pasiva y alta inercia térmica en 8.32%.

Respecto al análisis de las temperaturas y tomando las máximas promedio de las normales climatológicas, se observó que en 11 meses la temperatura esta por arriba de los 30°C y únicamente en diciembre esta abajo por 2 décimas es decir 29.8° C y la temperatura más alta se registra en el mes de abril con 35.7° C, y con la premisa que el edificio tenga estabilidad térmica durante todo el año sería suficiente que dicho edificio se comportara adecuadamente protegiéndose contra estas temperaturas. Con base en la "Guía de CONAFOVI, Uso eficiente de la

energía en la vivienda" ²⁷ el bioclima de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se clasifica como cálido semihúmedo y su diagnóstico indica que "La sensación de frío moderado se presenta en los meses de diciembre y enero. La sensación de calor se incrementa conforme avanza el día y el mes en el año hasta llegar. Los requerimientos de climatización para los meses con la sensación de calor deben ser: para los meses de frío, diciembre a enero, calentamiento, evitar pérdidas de calor durante las noches; en áreas con ventilación natural diurna y nocturna, utilizar materiales masivos, y control de enfriamiento y humedad; para los meses de calor, marzo a septiembre, enfriar desde las 11 horas, evitar ganancias solares directas e indirectas, sombrear la vivienda, materiales ligeros", por lo que para poder precisar las ganancias solares directas, se realiza el análisis de asoleamiento del edificio.

3.5. Propuesta de la estrategia de Diseño.

La premisa que se tiene para este experimento es el comportamiento del componente muro de la vivienda vertical por lo que la estrategia de diseño elegida se sustentó con las estrategias de acondicionamiento de sombreamiento y ventilación natural, y también, tomando como referencia al artículo denominado "Evaluación del uso de malla de sombra como protección solar para construcciones climatizadas naturalmente en zonas cálidas" (figuras 3.21, 3.22 y 3.23) de Aníbal Figueroa Castrejón y Gloria María Castorena Espinosa, en las Memorias de la Asociación Nacional de Energía Solar, en Mérida, Yucatán (ANES, 2008), este artículo

por lo que se propuso un sistema pasivo de control solar a base de una estructura metálica ligera forrada a base de textil denominado "malla

²⁷ Editado por la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, 2006. ISBN: 968-7729-34-1

sombra", fijado a la estructura metálica a través de remaches, dicho textil está fabricado a base de fibras sintéticas, hechas de monofilamentos de polietileno de alta densidad (PEAD 55010) con hilo de 12 milésimas de pulgadas, en diferentes porcentajes de saturación en su tejido y de varios colores entre los cuales se encuentra el color negro, verde, verde-negro y blanco.; y la presentación en rollos de 1.70 m. de ancho por 100 m. de largo, para el caso se utilizó la malla sombra con 80% de saturación en su tejido²⁸ y de color negro, de fabricación nacional²⁹ y obtenido en el mercado local.

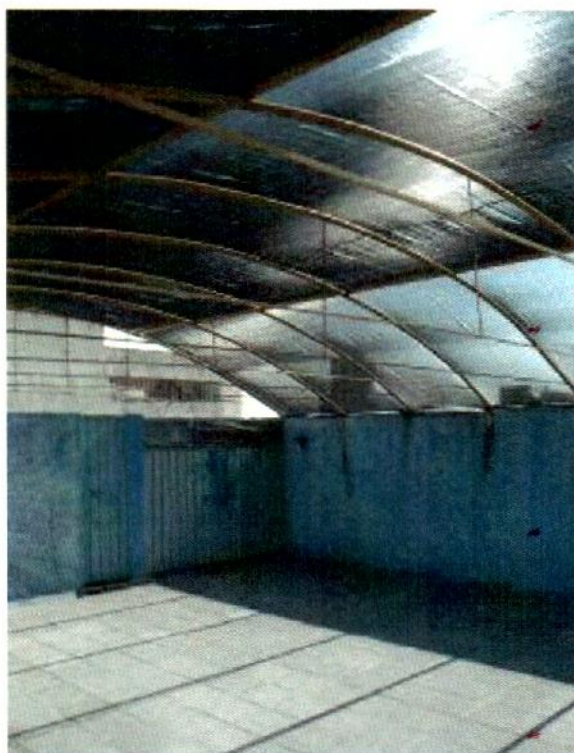


Figura 3.21 Se observa la malla sombra como protección solar colocada en una azotea, del artículo de Aníbal Figueroa Castrejón y Gloria María Castorena Espinosa.

28 Clasificación de porcentaje de bloqueo de luz solar, reduce un 80% la intensidad de pies candela, luxes o cantidad de luz. $\pm 5\%$, de acuerdo al fabricante.

29 De la marca "Mallapas de México, S.A. de C.V.", elaborada en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.



Figura 3.22
Fotografía
frontal de la
malla
sombra.



Figura 3.23
Una fotografía
lateral de la
malla sombra.

Al ubicar el muro de la fachada a intervenir, se realizó una modulación de la misma tomando como base las áreas de la vivienda que son delimitadas por ese muro de la vivienda (figura 3.24), entonces la estructura con malla sombra se adosó al muro de la vivienda seleccionada misma que se ubica en el segundo nivel del edificio, esta estructura metálica se adosó al muro con una separación de 30 cm en la parte superior y de 60 cm en la parte inferior, esto fue con la finalidad de poder tener mayor espacio para inducir que el aire penetrara por debajo de la malla sombra y por el efecto de convección ascendiera y ventile el muro para provocar disminución de la temperatura en él, las dimensiones de la estructura metálica se debieron a la modulación ya mencionada, quedando de 3.20 m. de alto y de 4.00 m. de ancho, dando con ello la posibilidad de cubrir las áreas de manera independiente, ya que se trata de viviendas en régimen en condominio.

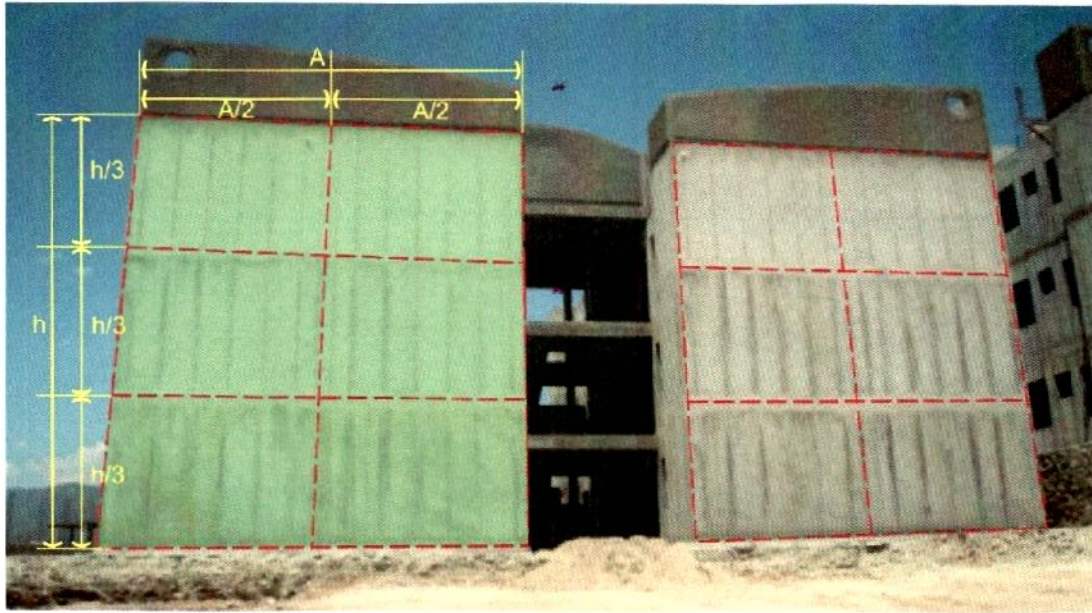


Figura 3.24 La modulación de las fachadas.

La forma elegida fue con la intención de que se tuviera acceso del aire por la parte de abajo y provocar que el aire circulara naturalmente por convección y de esa forma enfriar el muro (figura 3.25).

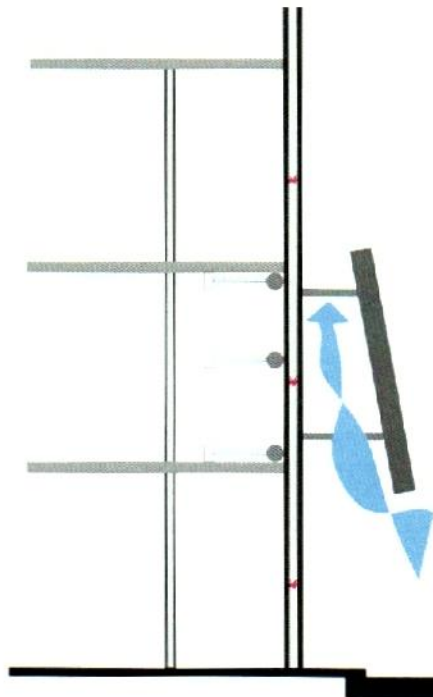


Figura 3.25 Forma de la estructura para facilitar el acceso del aire.

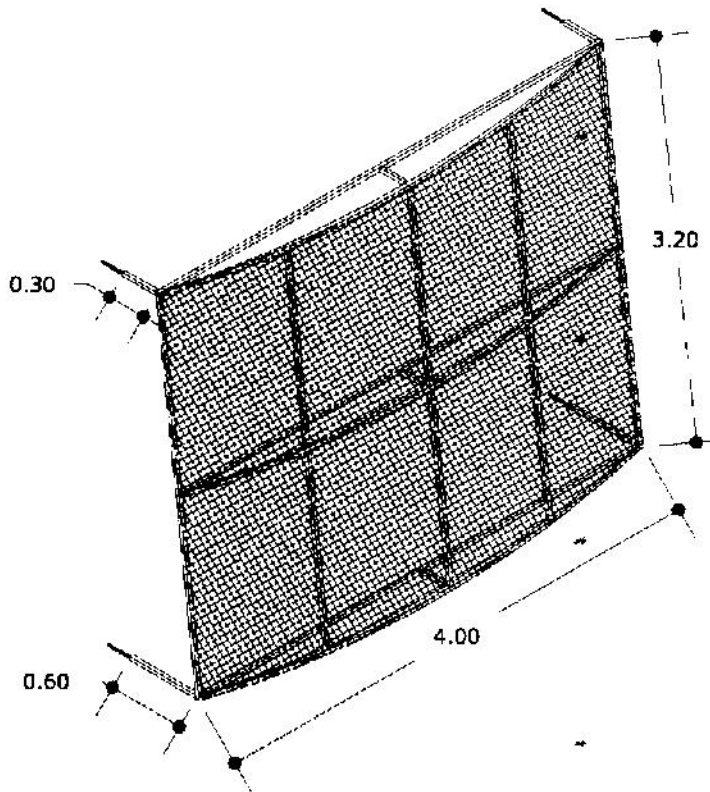
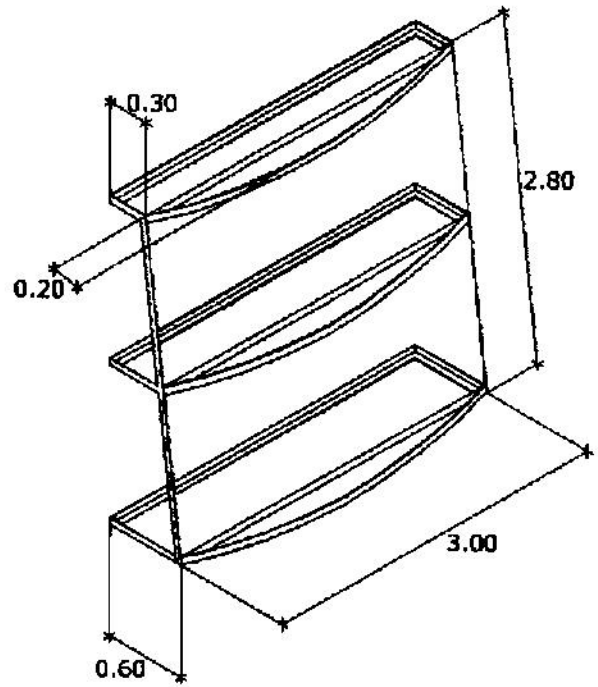
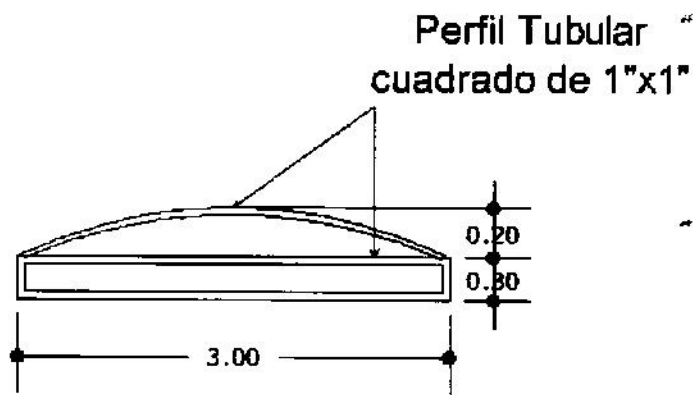


Figura 3.26 Estructura ligera metálica que soporta la malla sombra con las dimensiones basadas en la modulación.

Se presentan fotografías de la fabricación del sistema pasivo de control solar (figura 3.27 a la 3.30)



Figura 3.27 Se observa la estructura del sistema.



Figura 3.28 Se observa el tipo de fijación de la malla sombra a la estructura, a base de remaches.



Figura 3.29 Se observa la estructura con la mala sombra co ocada.



Figura 3.30 Otra fotografía de la estructura.

Se presentan fotografías del traslado del lugar de fabricación del sistema al fraccionamiento donde se ubica la vivienda (figura 3.31 a la 3.36).



Figura 3.31



Figura 3.32



Figura 3.33



Figura 3.34

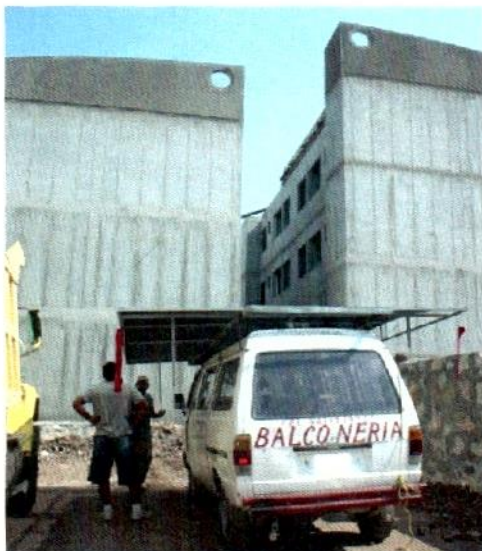


Figura 3.35

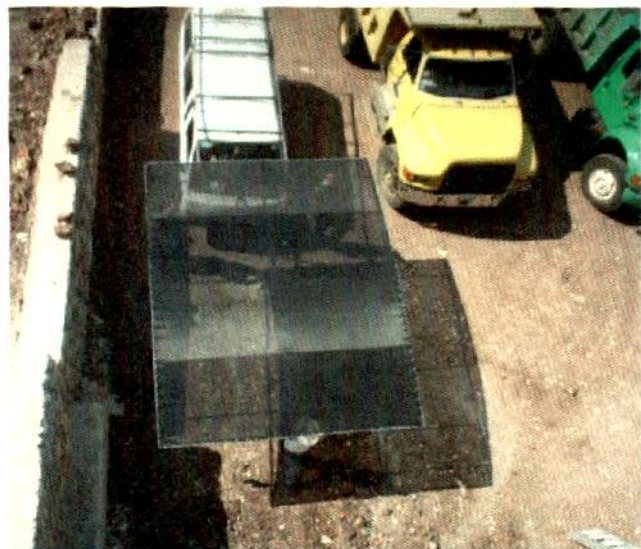


Figura 3.36

Se observa la secuencia de traslado del sistema al muro de la vivienda (figura 3.37 a la 3.43).



Figura 3.37



Figura 3.38



Figura 3.39



Figura 3.40 La presentación del sistema listo para ser alzado al sitio.



Figura 3.41 El sistema colocado visto desde arriba.



Figura 3.42 El sistema colocado en el muro visto desde abajo.

Se observa el modo de fijación del sistema al muro de la vivienda (figura 3.44 a la 3.46)

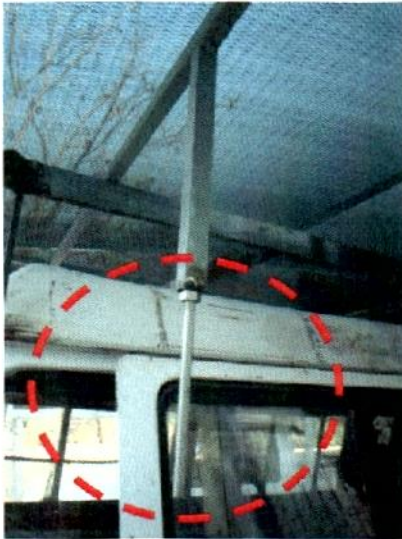


Figura 3.43 Se muestra la técnica de fijación del sistema al muro, consistente en una varilla roscada que atravesará el muro.



Figura 3.44 Se observa la varilla roscada por la parte interior del muro.



Figura 3.45 Se muestra la estructura fijada al muro, vista desde abajo.



Figura 3.46 Se observa el sistema colocado desde una vista lateral.

Se observan el sistema colocado en el muro de la vivienda a evaluar desde varias perspectivas (figura 3.47 a la 3.50).

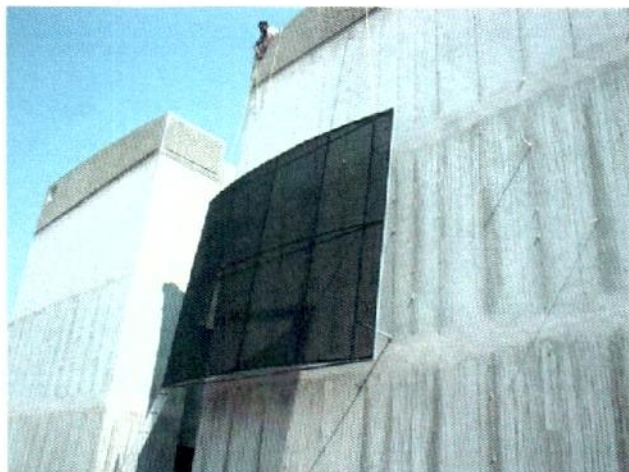


Figura 3.47 Vista lateral del dispositivo.



Figura 3.48 El dispositivo colocado en el muro.

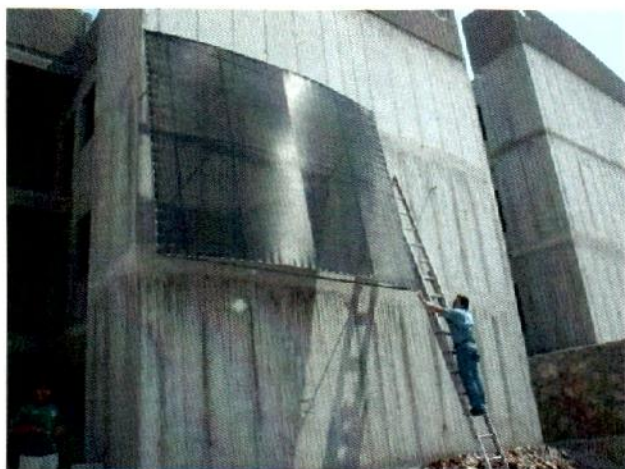


Figura 3.49 Vista lateral del dispositivo.



Figura 3.50 Una vista del edificio completo.



Figura 3.51 En esta fotografía se observa el sistema ya colocado en el muro de la vivienda a evaluar, así como el muro de la vivienda testigo (marcada con un círculo color rojo).

3.6. Equipo y procedimiento de utilización de los sensores.

La obtención de datos se llevó a cabo a través de registradores automáticos de la familia HOBO-8 (figura 3.52) marca Onset de fabricación estadounidense y proporcionados por el Cuerpo Académico de la Facultad de Arquitectura, UNACH. "Componentes y Condicionantes de la Vivienda" (COCCVI), dichos registradores cuentan con 4 canales para medir humedad relativa del aire, luminosidad, temperatura de aire, y un canal externo donde se conecta un cable que en su extremo contiene un sensor (figura 3.53) que sirve para medir la temperatura superficial de superficies y cuyos datos se operan por medio de un software específico denominado HOBO PRO³⁰ (figura 3.55).



Figura 3.52 Se observa el registrador de la familia HOBO.

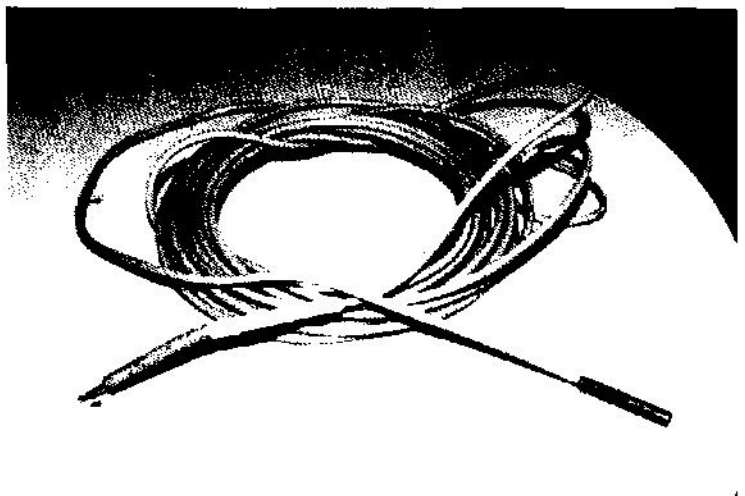


Figura 3.53 Se aprecia el cable con el sensor que se conecta al canal externo del registrador HOBO.

³⁰ Equipos propiedad del Cuerpo Académico de la Facultad de Arquitectura, UNACH. "Componentes y condicionantes de la Vivienda" (COCCVI).

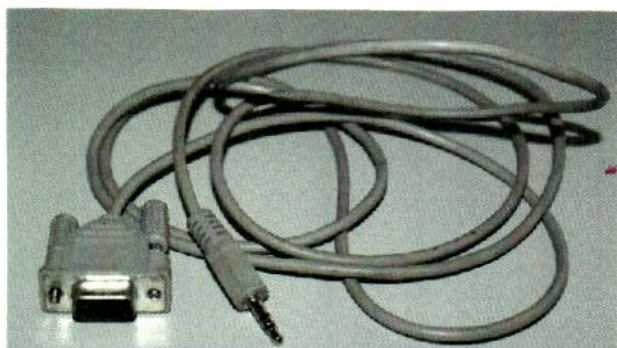


Figura 3.54 Se observa el cable con el que se extrae la información recolectada por el registrador HOBO.



Figura 3.55. Se puede ver el disco compacto del programa HOBO PRO.



Figura 3.56 Se aprecia la pasta-aislante que se coloca en la parte expuesta del sensor del muro.

Y se determinó el muro de la recámara como el elemento a evaluar, así, la evaluación se realizó en viviendas deshabitadas y ubicadas en el segundo nivel, de un total de tres con que cuenta cada edificio vertical del Fraccionamiento Los Poetas, se colocaron tres sensores HOBO dentro de la recámara con protección solar.

Así en la vivienda donde se colocó el sistema pasivo de control solar a base de malla sombra se instalaron 3 registradores HOBOS y 3 sensores en el muro con protección solar en 3 zonas: en el extremo inferior, en la parte central y el extremo superior de dicho muro.

Los sensores se colocaron mediante hilo plástico justamente al centro de la recámara (figura 3.57), el HOBO 4 se colocó a 5 cm. de distancia del lecho bajo del techo utilizando el canal externo donde se conectó el

cable identificado como TSI Up que midió la Temperatura Superficial Interior del muro seleccionado mismo que se ubica en el eje 11 entre los ejes G e I, a una distancia, también, de 5 cm. del techo, el HOBO 2 se colocó a una altura de 1.60 m. del piso de la recámara utilizando el canal externo donde se conectó el cable identificado como TSI Medio que midió la Temperatura Superficial Interior del muro, la altura existente entre piso y lecho bajo del techo es de 2.70 metros, y el HOBO 3 se colocó a 5 cm. de distancia del piso utilizando el canal externo donde se conectó el cable identificado como TSI Down que midió la Temperatura Superficial Interior del muro.

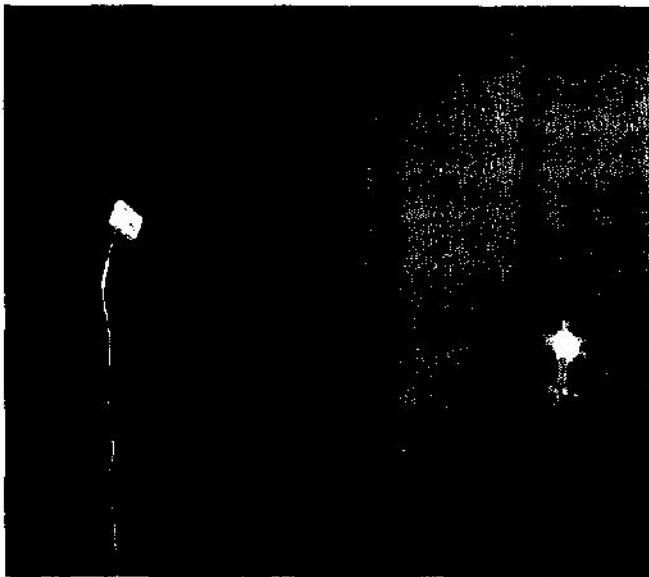


Figura 3.57 Se observa el registrador HOBO y el sensor colocados en el muro evaluado en la vivienda testigo.

Y en la vivienda testigo, sin protección solar, se colocó un solo HOBO identificado como HOBO 4 se colocó a una distancia de 1.60 m. del piso de la recámara (figura 3.58) utilizando el canal externo donde se conectó el cable con el sensor identificado como TSI Testigo que midió la Temperatura Superficial Interior del muro.



Figura 3.58 Se observa los registradores HOBO y los sensores colocados en el muro evaluado con el sistema pasivo.

El quinto sensor HOBO 5 (figura 3.59) midió la temperatura de bulbo seco en el exterior y se colocó en la azotea del edificio de la vivienda con protección solar (figura 3.61).



Figura 3.59 Se observa el registrador HOBO 5 que midió la temperatura de bulbo seco exterior (TBS exterior)



Figura 3.60 Se aprecia la colocación del registrador dentro de la carcasa.



Figura 3.61 Se observa la carcasa que contiene en su interior al registrador HOBO 5.



Figura 3.62 Se aprecia el proceso de colocación de los registradores.



Figura 3.63 Se observa al sensor HCBC 5 (marcado con un círculo color rojo) colocado en la azotea del edificio donde se ubica la vivienda a la cual se le colocó el sistema pasivo de control solar.

“

“

“

“

“

“

“

CAPÍTULO 4. RESULTADOS.

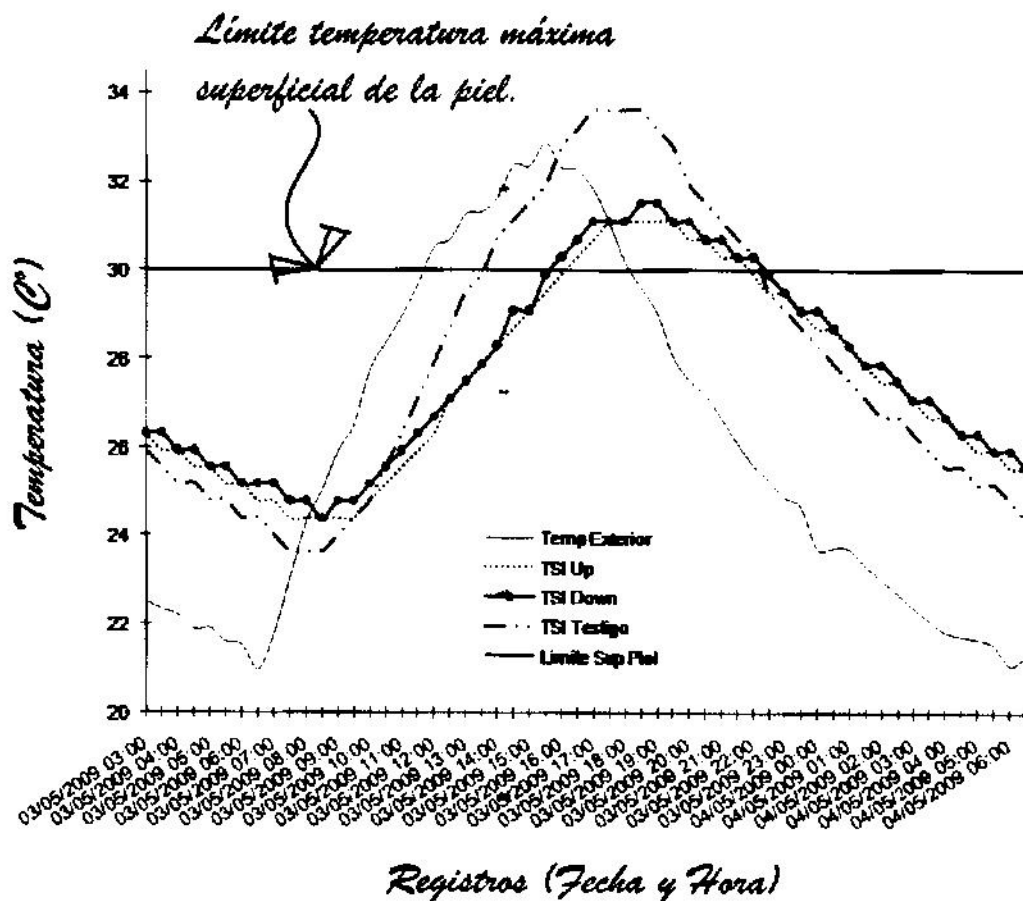
“

“

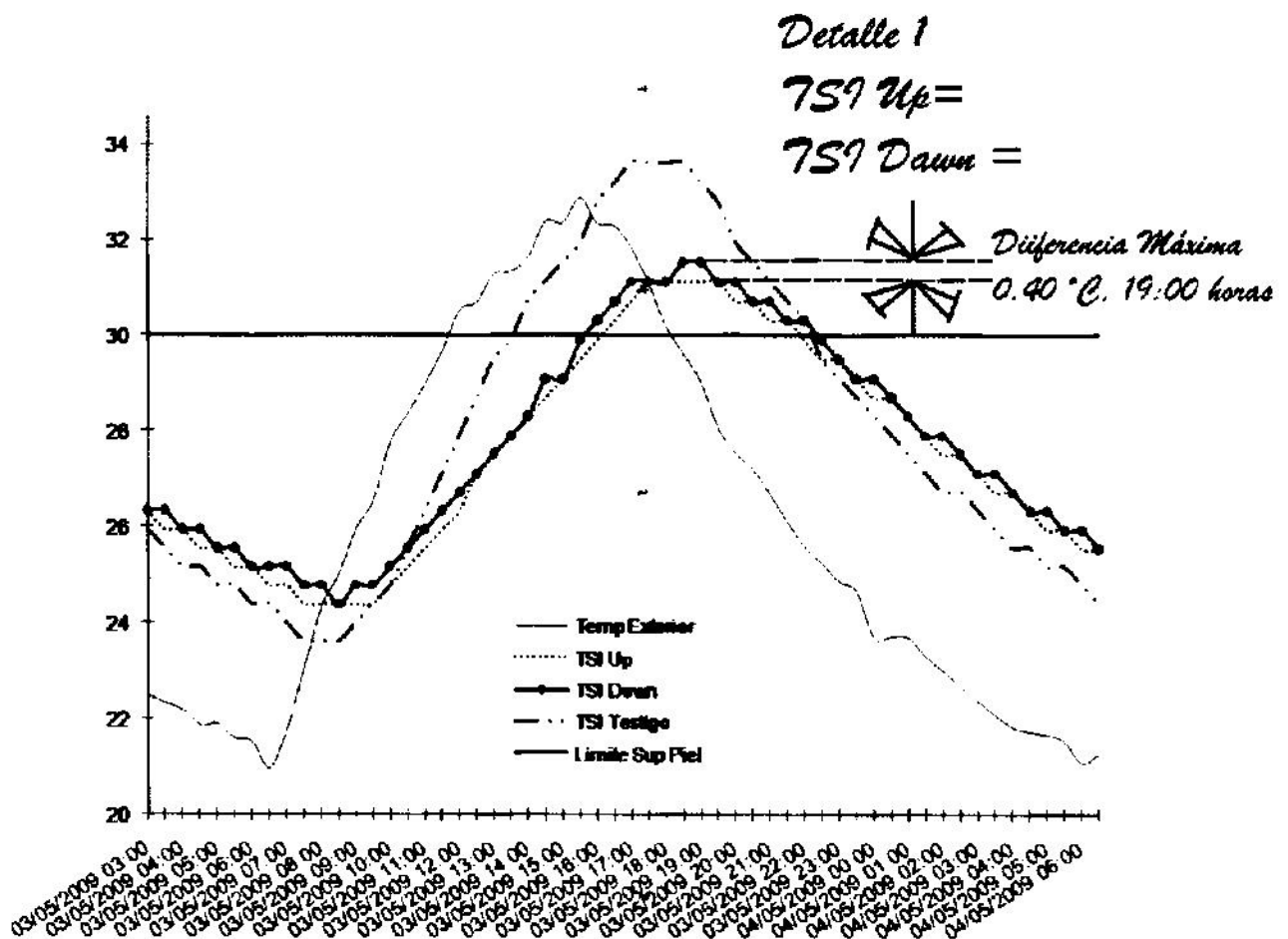
“

4.1. Comparación con el parámetro de temperatura superficial de la piel.

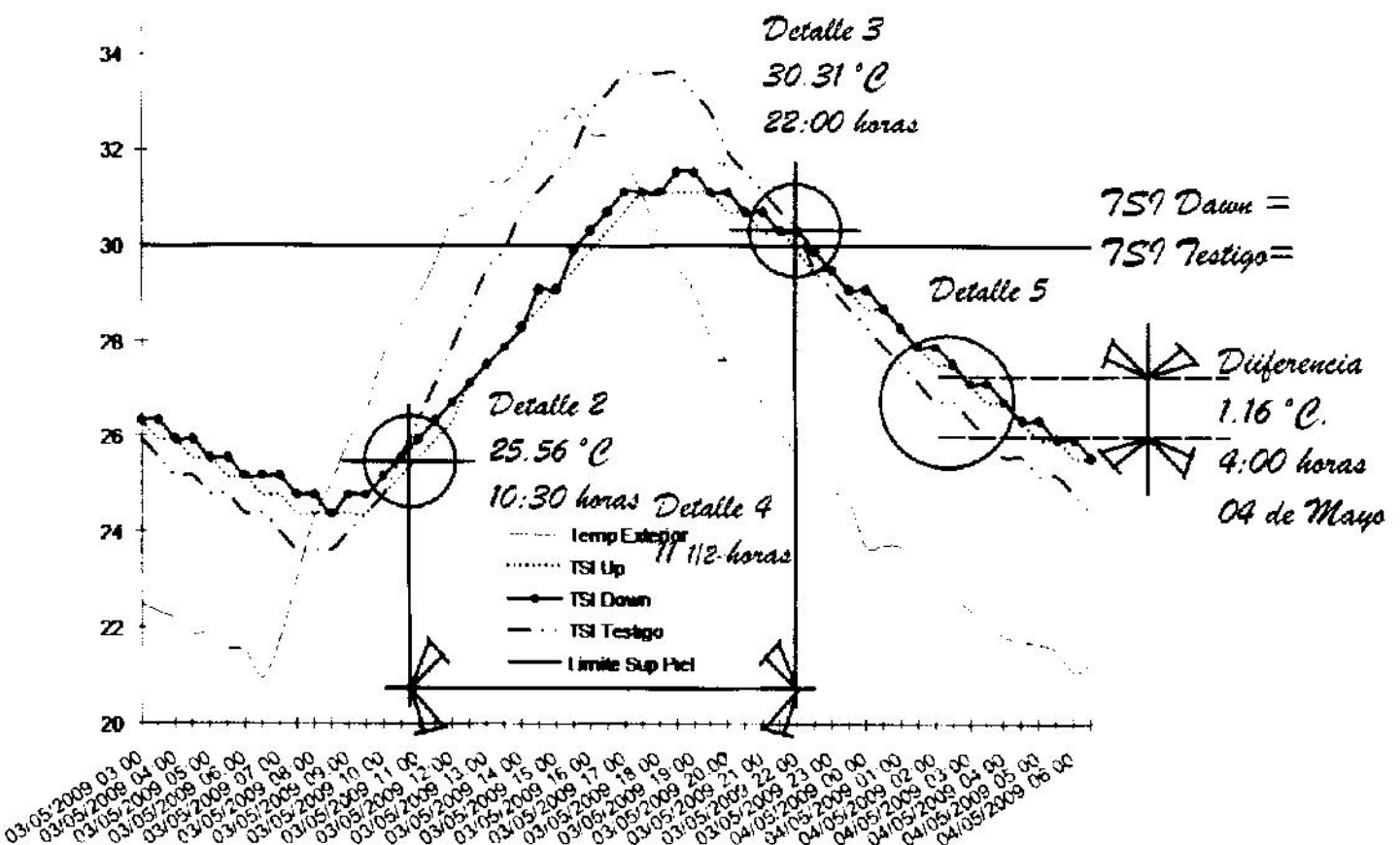
Los resultados obtenidos se graficaron y se en la gráfica se observan 5 líneas: 4 líneas sinusoidales y una recta, de las sinusoidales son: una que representa la temperatura exterior (Temp Exterior), otra que indica la temperatura superficial del muro de la vivienda testigo, sin ninguna protección (TSI Testigo), y dos más que muestran la temperatura superficial interior del muro de la vivienda con protección solar utilizando malla sombra tanto en la parte superior o alta (TSI Up) y en la parte inferior o baja (TSI Down) del muro intervenido, y la línea recta que indica los 30° C que es el parámetro de temperatura máxima superficial de la piel, para que el ser humano no sufra problemas en su metabolismo por estrés térmico por calor (Castañeda y Vecchia, 2007).



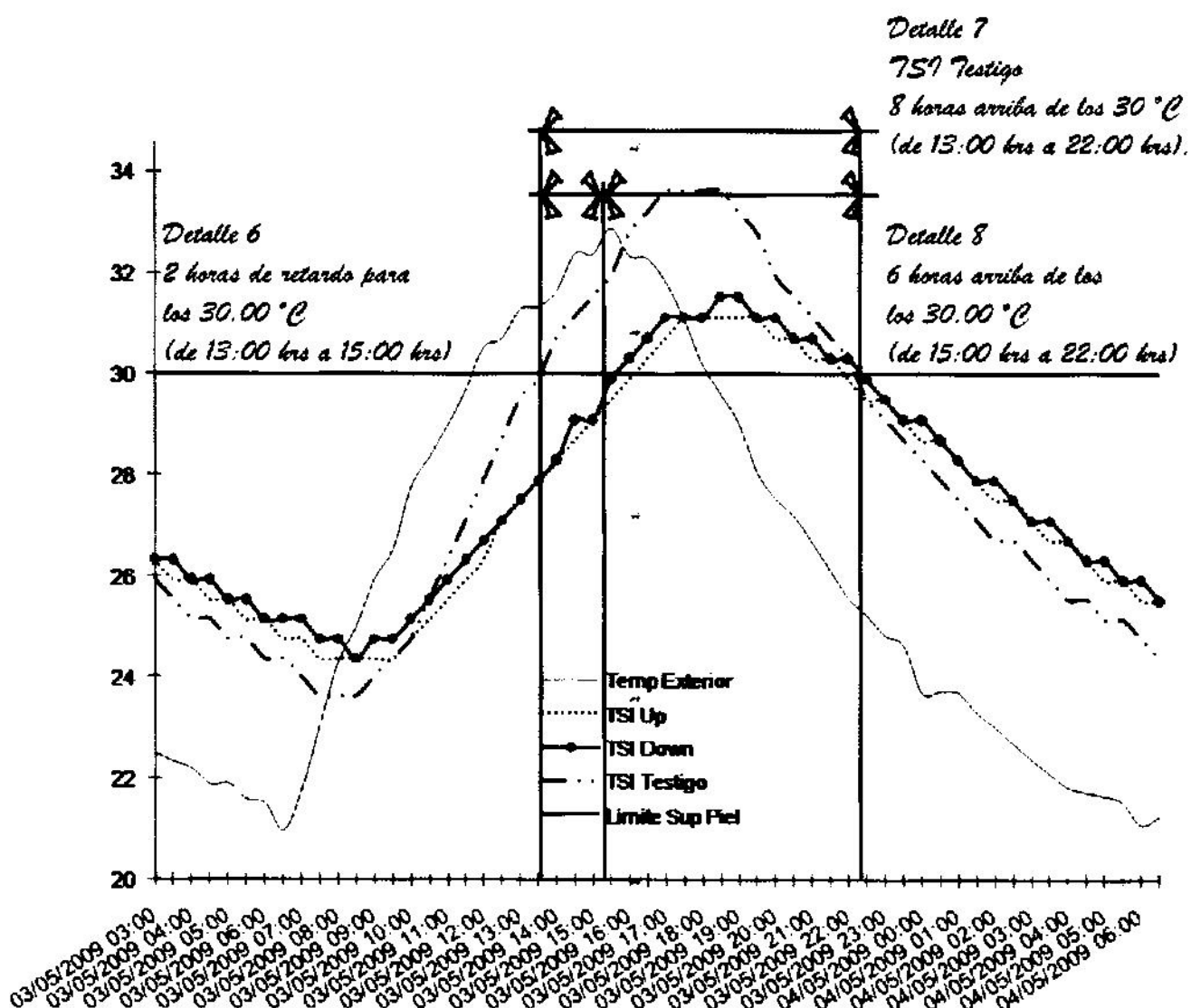
Se observa que las temperaturas superficiales interiores del muro en la vivienda con proyección tanto en la parte alta (TSI Up) como en la baja (TSI Down) son muy similares, existiendo poca variación entre ellas, solamente arriba la TSI Down en 0.40°C a las 19:00 horas, por lo que dicha diferencia no es significativa, por tanto se tomará como representativa la gráfica de TSI Down como las Temperaturas Superficiales Interiores del muro de la vivienda con protección solar utilizando malla sombra.



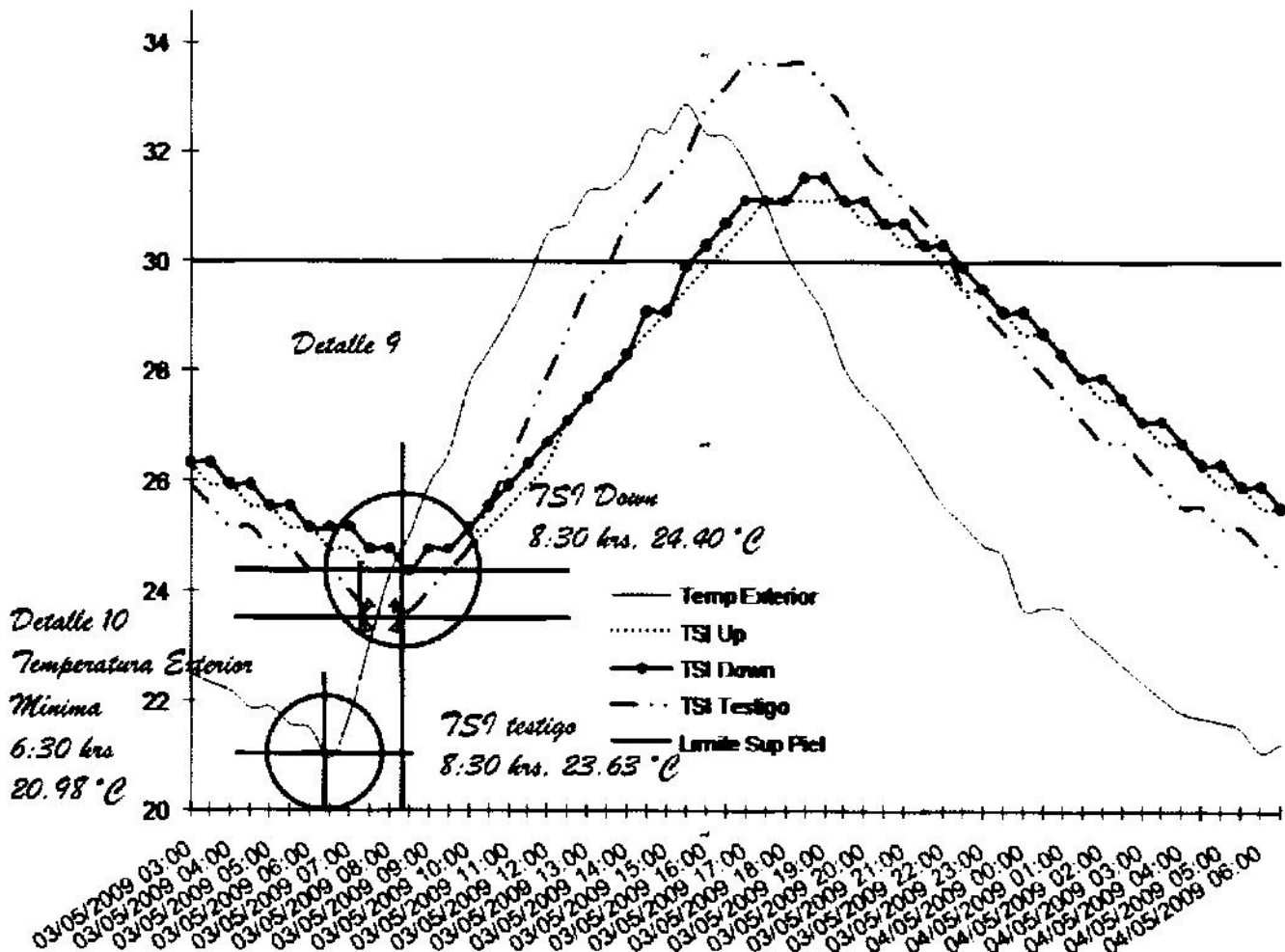
Con la finalidad de comparar los datos obtenidos se realizó la comparación entre las temperaturas superficiales interiores del muro de la vivienda testigo, TSI Testigo, con las temperaturas superficiales interiores del muro, TSI Down, de la vivienda con protección solar y se observó que dichas temperaturas son iguales en dos momentos, el primero a las 10:30 horas con 25.56°C y el segundo a las 22:00 horas con 30.31°C, después de las 10:30 horas la temperatura superficial interior del muro de la vivienda testigo (TSI Testigo) se va incrementando respecto al muro de la vivienda con protección solar (TSI Down) y dicha diferencia se tiene durante las 11 horas y media siguientes, siendo hasta las 22:00 horas cuando la TSI Testigo descendió e igualó la TSI Down, pero, después de las 22:00 horas la TSI Testigo empieza a descender más rápidamente que la TSI Down llegando a tener una diferencia de hasta 1.16°C a las 4:00 horas del 4 de mayo.



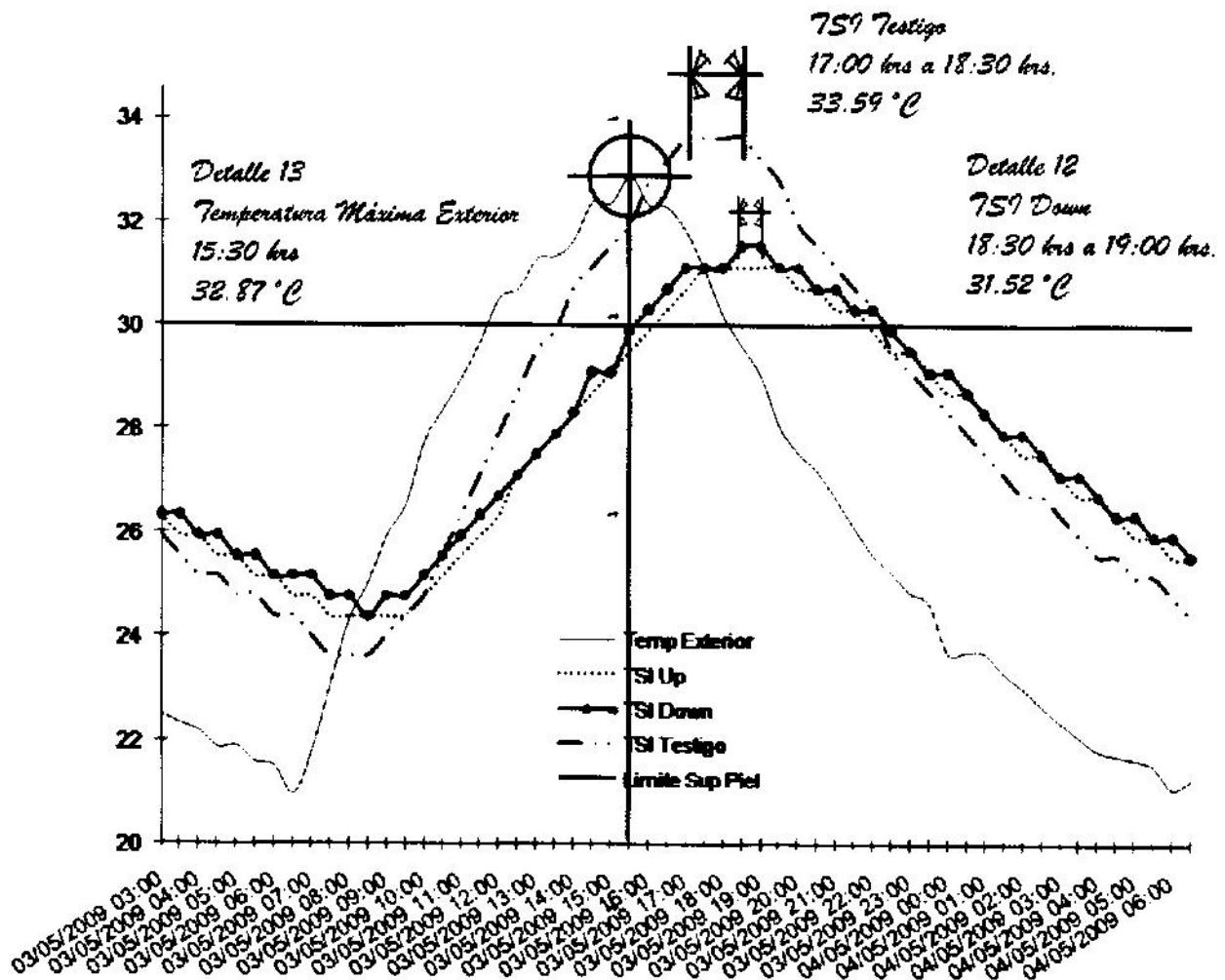
Las temperaturas superficiales de los dos muros alcanzaron los 30°C con 2 horas de retardo, siendo el muro de la vivienda testigo sin protección solar el que se calentó más rápido y dicho muro mantuvo 8 horas con temperatura por arriba de los 30°C comprendido en el período entre las 13:30 horas hasta las 22:00 horas, pero el muro con protección solar solamente mantuvo 6 horas por arriba de los 30°C durante el período comprendido de las 15:00 horas a las 22:00 horas punto donde coinciden con la temperatura del muro sin protección.



Se observa transferencia de calor al interior por captación de energía solar desde las 8:30 horas en ambos muros pero la temperatura mínima del muro sin protección fue de 23.63°C y se mantiene durante una hora de 7:30 a 8:30 horas, y el muro con protección tuvo una temperatura superficial mínima de 24.40°C a las 8:30 horas, mientras la temperatura mínima exterior fue de 20.98°C a las 6:30 horas.



La temperatura máxima del muro sin protección fue de 33.59°C a las 17:00 horas y se mantiene por una hora y media hasta las 18:30 horas, y el muro con protección fue de 31.52°C a las 18:30 horas que se mantiene hasta las 19:00 horas mientras la temperatura máxima exterior fue de 32.87°C a las 15:30 horas.



También, se realizó el análisis de los datos bajo el concepto "Horas-grados" (Pérez Tello, Carlos, Campbell R. Héctor E., Borroto Nordelo, Aníbal y Monteagudo Yanes, José, 2004) que es la cantidad de tiempo de duración de la temperatura registrada de manera horaria que sobrepasa un límite o rango establecido (figura 4.2), y en nuestro caso, es el tiempo de duración de la temperatura registrada por hora que este por arriba del parámetro de los 30° C, para lo cual se realizó la cuantificación de las *horas-grados* enmarcadas en las 3 líneas de temperaturas, las 2 de la vivienda con malla sombra: la TSI up, la TSI down y la TSI Testigo (vivienda sin intervenir), y se realizó la comparativa de los datos obtenidos de la vivienda intervenida con el dato de la vivienda testigo (sin intervenir).

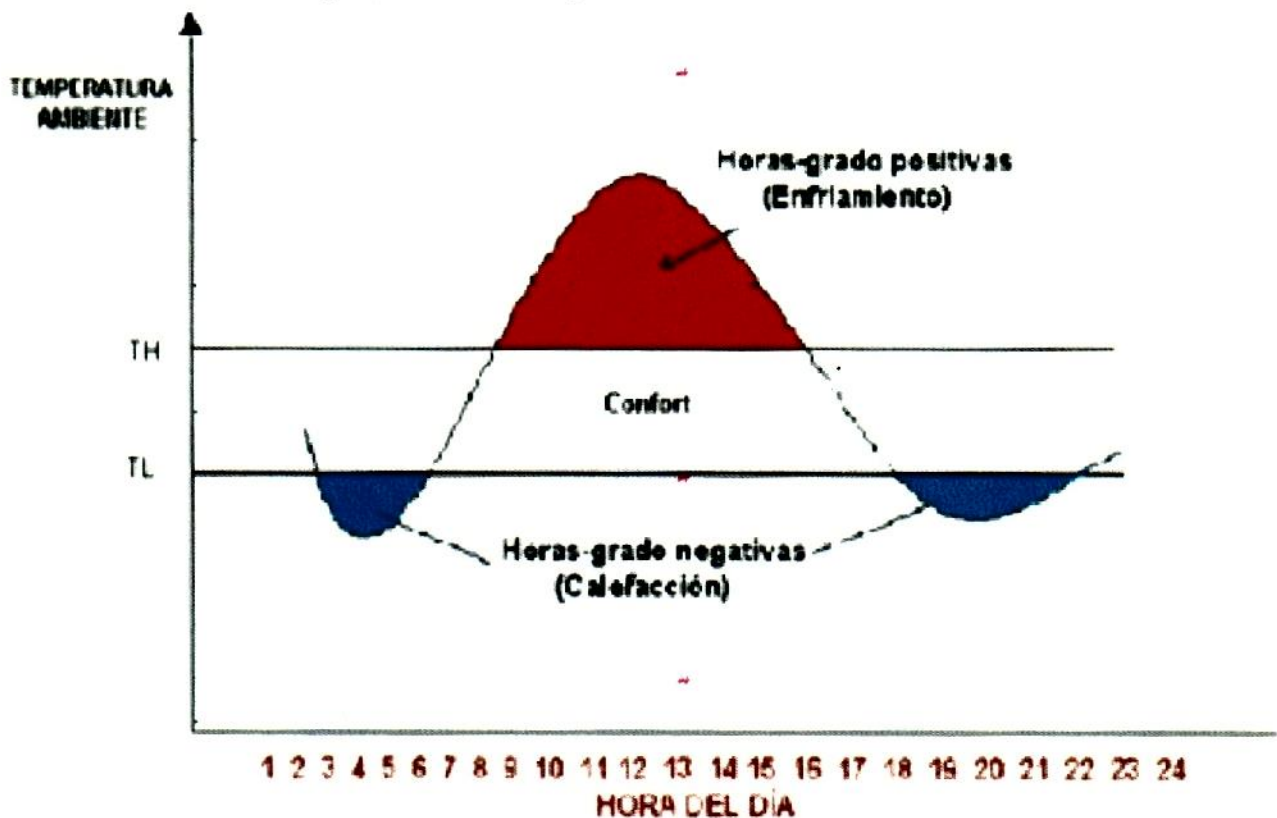


Figura 4.2 Visualización gráfica del concepto de horas-grado.

Fuente: Pérez Tello, Carlos, Campbell R. Héctor E Héctor E., Borroto Nordelo, Aníbal y Monteagudo Yanes, José, 2004)

Para la TSI up se obtuvo 8.66 horas-grado (figura 4.2), contra la TSI Testigo que obtuvo 37.09 grados-hora (figura 4.3) y se obtuvo una diferencia de 28.43 horas-grado (figura 4.4) a favor de TSI up de la vivienda con el sistema, y para la TSI down se obtuvo 11.7 horas-grado (figura 4.5) que comparado con la TSI testigo y se obtuvo una diferencia de 25.39 horas-grado a favor (figura 4.6), también, de TSI down de la vivienda con el sistema (tabla 4.1).

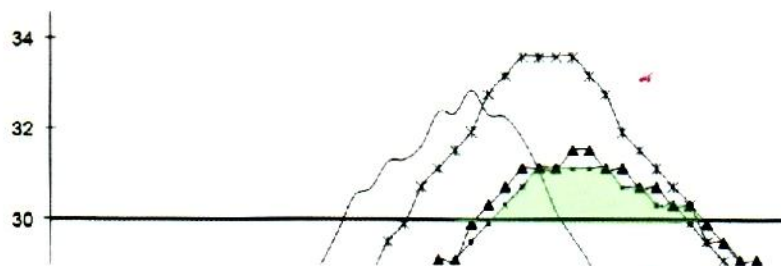


Figura 4.2 Se aprecia el área que representa 8.66 horas-grado de la TSI up.

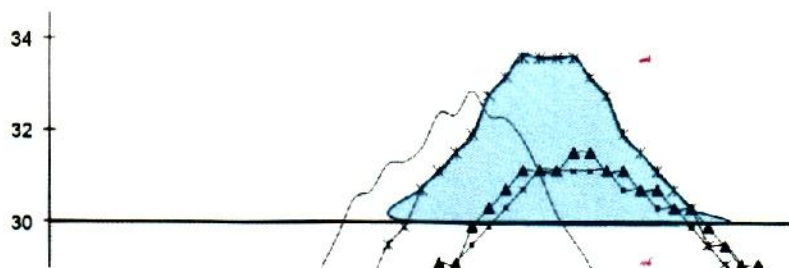


Figura 4.3 Se observa el área que representa 37.09 horas-grado de la TSI testigo.

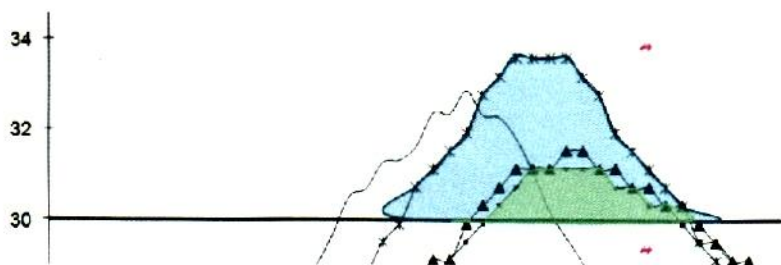


Figura 4.4 Se observa la comparativa de las áreas que representan la TSI testigo y la TSI up, donde se evidencia que la cantidad de horas-grado en la vivienda con el sistema es menor.



Figura 4.5 Se aprecia el área que representa 11.7 horas-grado de la TSI down.

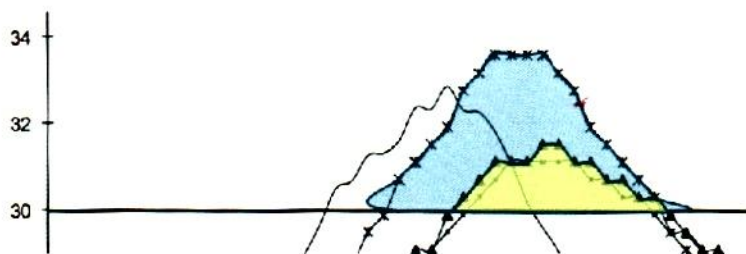


Figura 4.6 Se observa la comparativa de las áreas que representan la TSI testigo y la TSI down, donde se evidencia que la cantidad de horas-grado en la vivienda con el sistema es menor.

Tabla 4.1 Cantidad de horas-arado por arriba de los 30° C.

Temperatura superficial interior del muro.			
	Vivienda con malla sombra.	Vivienda testigo.	Diferencia.
1	TSI up 8.66 horas-grado	37.09 horas-grado	28.43 horas grado
2	TSI med -----		-----
3	TSI down 11.7 horas-grado		25.39 horas-grado

También se realizó el análisis de la cantidad de horas de los registros que sobrepasan el parámetro de los 30° C, y se realizó la cuantificación de las 3 líneas de temperaturas evaluadas, las 2 de la vivienda con malla sombra: la TSI up, la TSI down y la TSI Testigo, para lo cual se cuantificaron las horas de las 3 líneas de temperaturas, las 2 de la vivienda con malla sombra: la TSI up, la TSI down y la TSI Testigo, y se efectuó la comparativa de los datos obtenidos de la vivienda intervenida con el dato de la vivienda testigo (sin intervenir).

Para la TSI down que sumó 6 horas y media (figura 4.7), contra la TSI Testigo de la vivienda sin intervenir que resultó de 8 horas y media (figura 4.8), y se obtuvo una diferencia de 2 horas a favor de la TSI down (figura 4.9), lo mismo sucedió con la TSI up que sumó 5 horas y media (figura 4.10) contra la TSI testigo y por tanto se obtuvo una diferencia de 3 horas a favor de TSI up (figura 4.11) de la vivienda con el sistema pasivo (tabla 4.5).

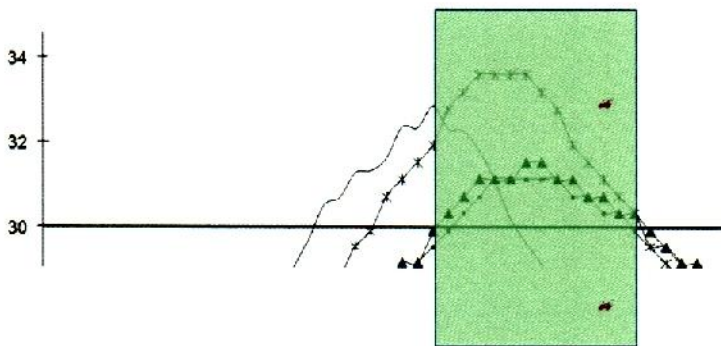


Figura 4.7 Se observan los límites que indican 6 ½ horas fuera de los 30° C, de la TSI down.

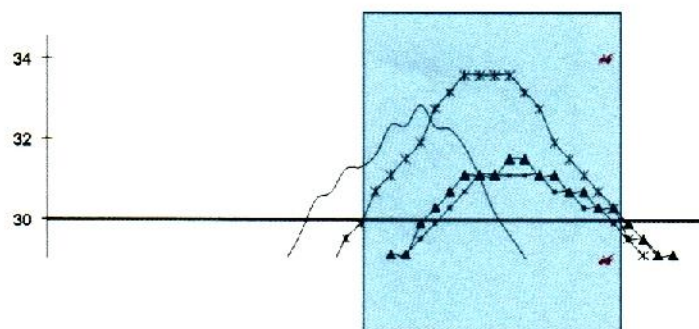


Figura 4.8 Se aprecian los límites que indican las 8 ½ horas fuera de los 30° C, de la TSI testigo.

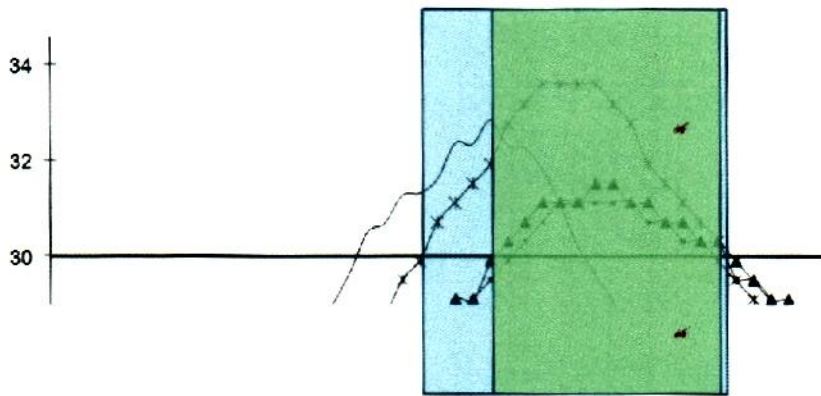


Figura 4.9 Se observa la comparativa de los límites de la TSI up y la TSI testigo, donde se indica que la cantidad de horas es menor en la vivienda con el sistema.

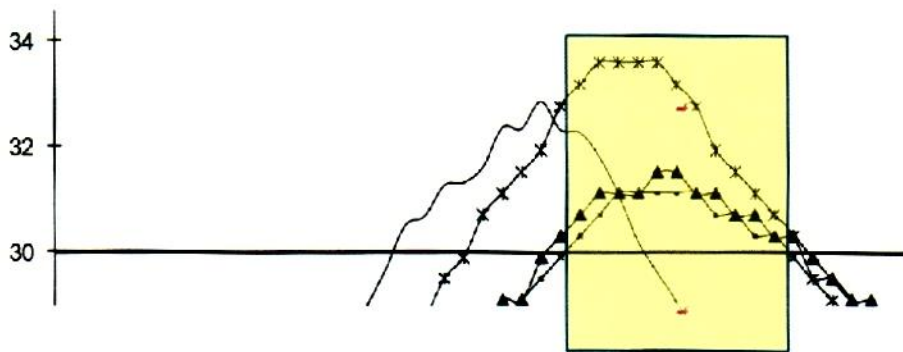


Figura 4.10 Se aprecian los límites que muestran las 5 ½ horas fuera de los 30° C, de la TSI up.

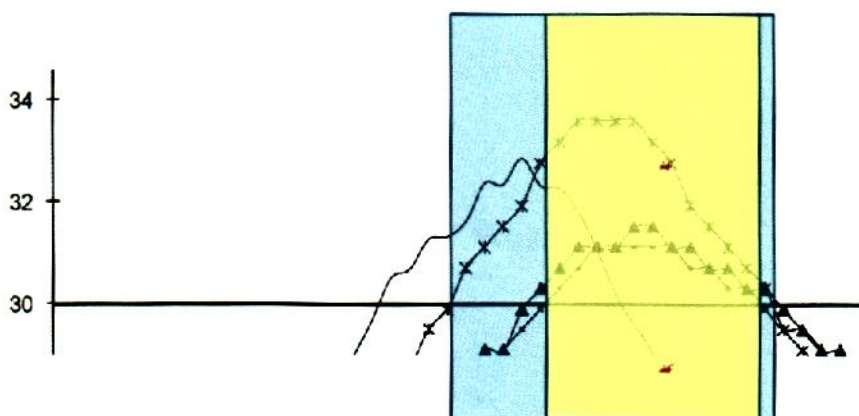


Figura 4.11 Se observa la comparativa de los límites de la TSI up y la TSI testigo, donde se indica que la cantidad de horas es menor en la vivienda con el sistema.

Tabla 4.5 Cantidad de horas por arriba de los 30° C.

Temperatura superficial interior del muro			
	Vivienda con malla sombra.	Vivienda Testigo.	Diferencia
1	up	5 ½ horas	3 horas
2	med	8 ½ horas	-----
3	down		6 ½ horas

4.2. Comparación con la zona de confort adaptativa.

Para la comparación del modelo adaptativo, se eligió el modelo de Nicol y Roaf (1996), quienes utilizan la siguiente ecuación para determinar la temperatura neutral de confort térmico (T_n):

$$T_n = 17^\circ \text{C} + 0.38 * T_m$$

Donde T_m es la temperatura media exterior.

Para obtener el dato de la T_m fue necesario obtener el cálculo horario de temperaturas y humedad elaborado por Adalberto Tejeda Martínez mismas tablas que fueron proporcionadas por Raúl Pável Ruiz Torres mediante una hoja de cálculo en el programa computacional *Excel*, donde se capturaron los datos de las *normales climatológicas*.

Para la determinación de la amplitud del rango de confort térmico se utilizó $\pm 2.5^\circ \text{C}$, de acuerdo a Auliciems y Szokolay (1997).

Por lo que la temperatura neutra T_n encontrada fue de 26.8°C , y el límite inferior de la zona de confort fue de 24.3°C y el límite superior fue de 29.3°C .

Para esta comparación se graficaron las temperaturas de bulbo seco tanto la exterior como las interiores (*TBS*), por lo que en la gráfica se observan 6 líneas, 3 líneas sinusoidales y 3 líneas rectas; de las sinusoidales son: una que representa la temperatura exterior (*Temp Exterior*), otra que indica la temperatura del aire interior de la parte media de la vivienda testigo (*TBS Testigo*), y una más que muestra la temperatura del aire interior de la vivienda con el sistema pasivo de control solar utilizando malla sombra en la parte media (*TBS med*) y las 3 líneas rectas referentes a la zona de confort adaptativa, una que indica

el parámetro de la temperatura neutra de confort (T_n) y las otras dos nos delimitan la amplitud de la zona de confort, límite inferior y límite superior (figura 4.8).

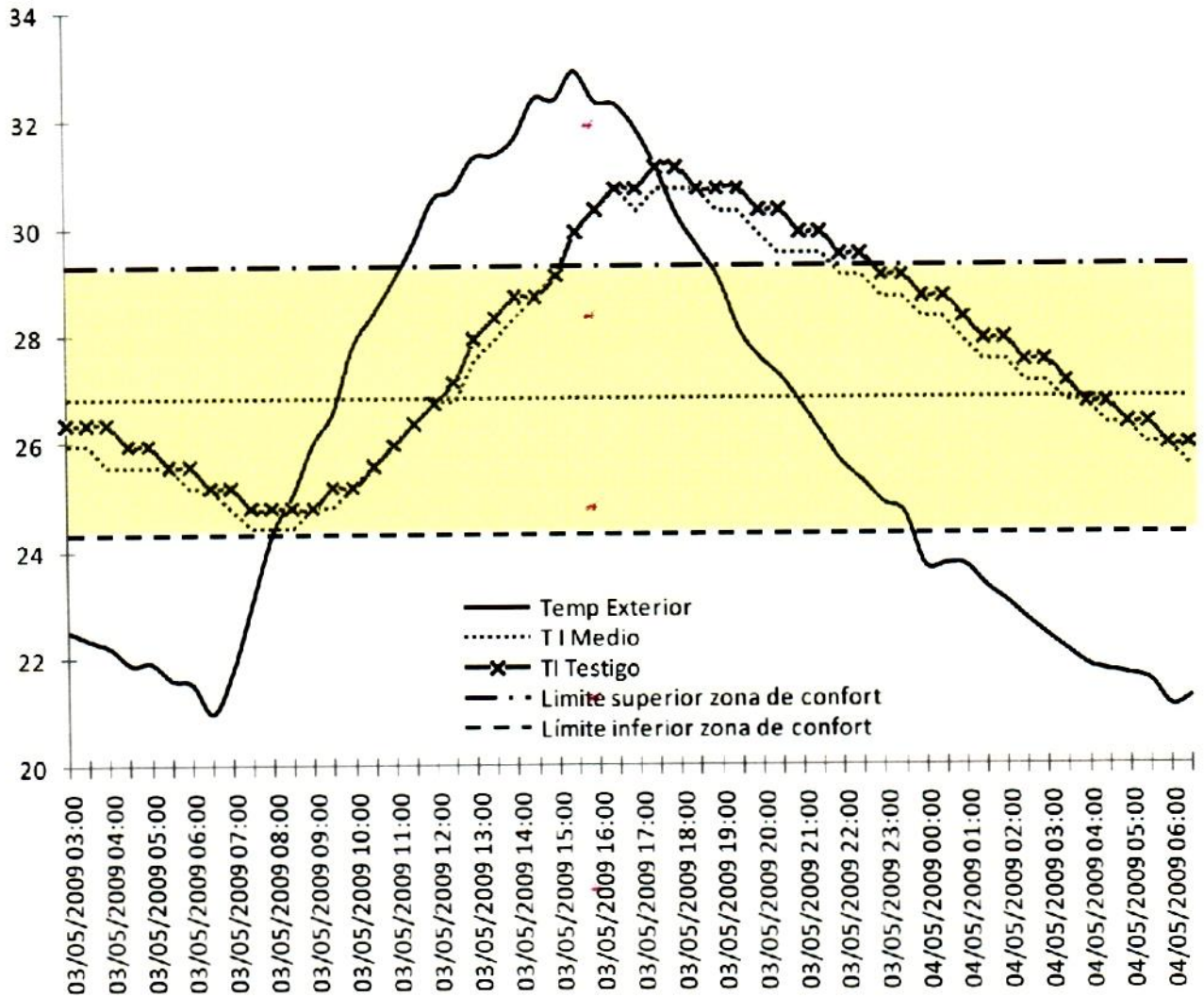


Figura 4.8 Gráfica de la zona de confort adaptativa.

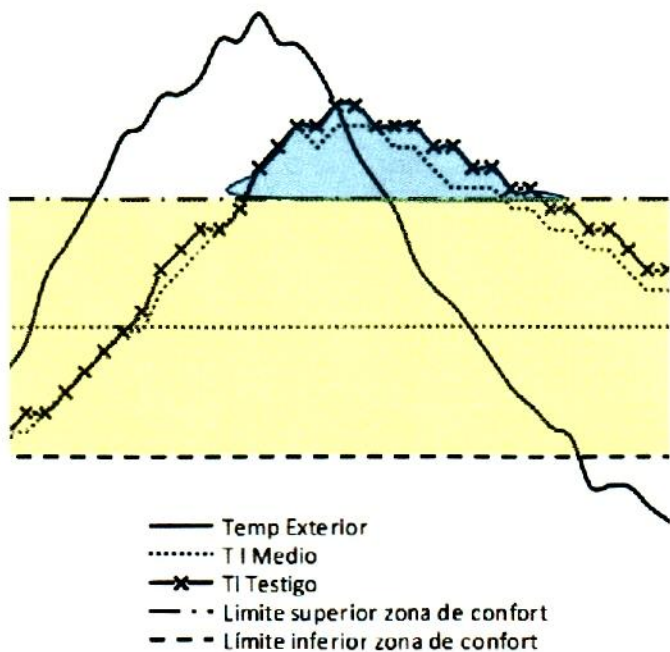


Figura 4.9 Se aprecia el área que representa 15.92 horas-grado de la TBS interior testigo.

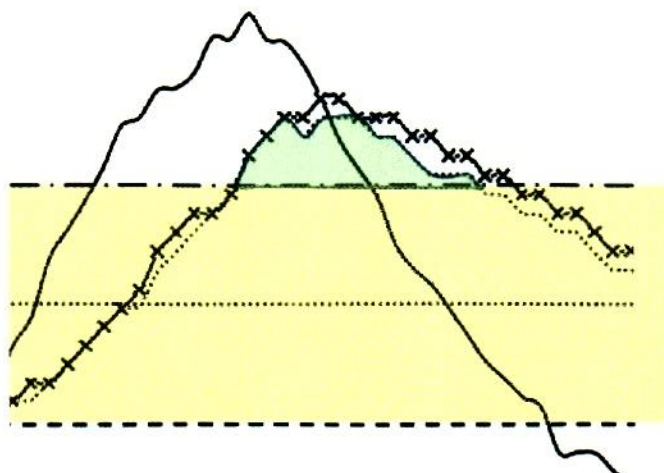


Figura 4.10 Se observa el área que representa 11.98 horas-grado de la TBS interior en la parte media de la vivienda con el sistema pasivo de control solar.

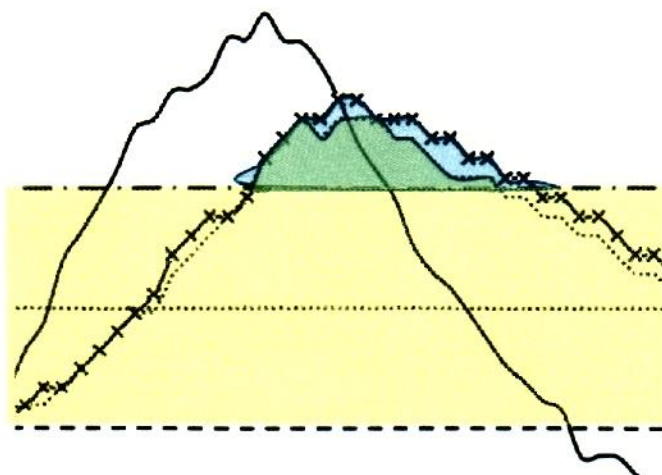


Figura 4.11 Se observa la comparativa de las áreas que representan las horas-grado de la TBS interior testigo y de la TBS interior de la parte media, donde se evidencia que la vivienda con el sistema pasivo cuenta con menos horas-grados fuera de la zona de confortes menor.

Tabla 4.6 Cantidad de horas-grado fuera de la zona de confort.

CANTIDAD DE HORAS-GRADO			
TBS Interior en el límite superior (29.3° C)			
	Con malla sombra	Testigo	Diferencia
TBS med	11.48 horas-grado	15.92 horas-grado	4.44 horas-grado

Se realizó, también, el análisis de la cantidad de horas de los datos que están fuera de la zona de confort, y se realizó la cuantificación de las 2 líneas de temperaturas evaluadas, una de la vivienda con el sistema pasivo de control solar con malla sombra: la TBS interior en la parte media, y la TBS Testigo, y se efectuó la comparativa de los datos.

Para la TBS interior en la parte media que sumaron 6 horas y media (figura 4.12), contra la TBS Testigo de la vivienda sin intervenir, que resultó de 7 horas y media (figura 4.13), y se obtuvo una diferencia de una hora a favor de la TBS interior en la parte media (figura 4.14) de la vivienda con el sistema pasivo (tabla 4.7).

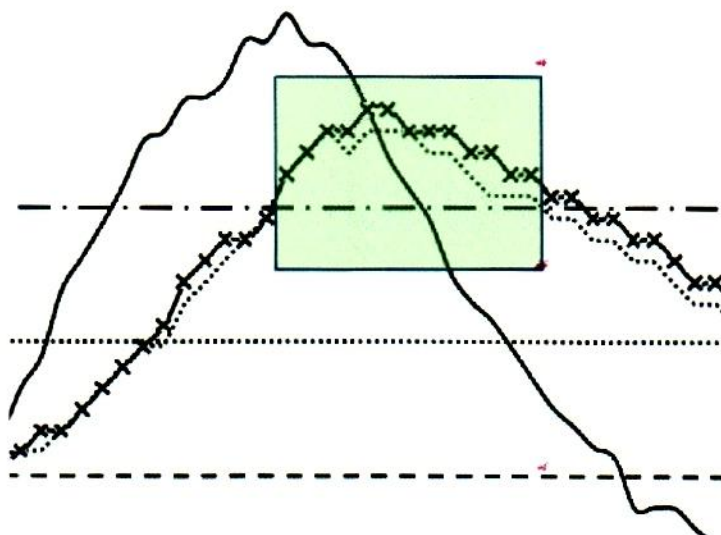


Figura 4.12 Se observan los límites que indican 6 ½ horas fuera de la zona de confort de la TBS interior en la parte media.

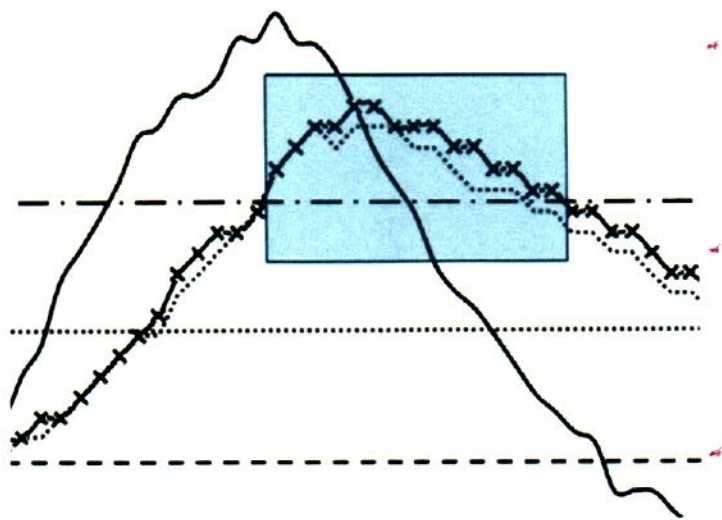


Figura 4.13 Se observan los límites que indican las 7 ½ horas fuera de la zona de confort de la TBS testigo.

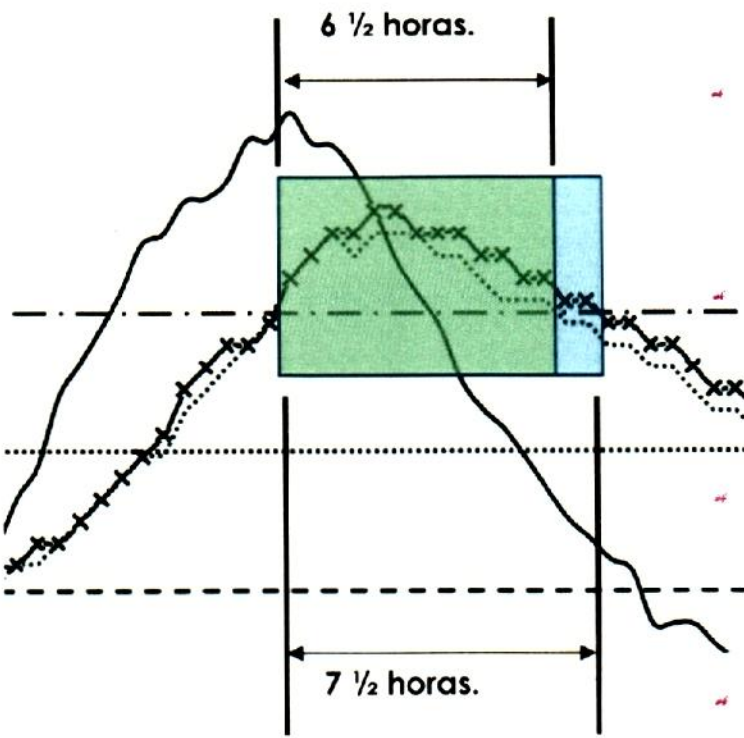


Figura 4.14 Se observa la comparativa de los límites de la TBSi interior de la parte media up y la TBS testigo, donde se indica que la cantidad de horas fuera de la zona de confort es menor en la vivienda con el sistema.

Tabla 4.7 Cantidad de horas fuera de la zona de confort.

CANTIDAD DE HORAS			
TBS Interior en el límite superior (29.3° C)			
Con malla sombra		Testigo	Diferencia
TBS med	6 ½ horas	7 ½ horas	1.00 hora

**CAPÍTULO 5.
CONCLUSIONES SOBRE LA
EVALUACION .**

Con la finalidad de que las conclusiones se puedan entender mejor se realizó una división, donde se realizan las conclusiones sobre la metodología utilizada, las conclusiones sobre las condicionantes y limitantes, las conclusiones sobre el diseño del sistema, las conclusiones de los resultados, las conclusiones generales y nuevas preguntas de investigación.

5.1. Conclusiones sobre la metodología utilizada.

Respecto a la metodología se hacen las conclusiones siguientes, se destaca que para la utilización de los equipos recolectores fue necesario contar con la capacitación y asesoría por parte de los catedráticos de la maestría, por lo que la colocación de los equipos registradores fue un proceso prácticamente sin contratiempos, las dificultades iniciaron cuando se tuvo el robo de dos de cuatro aparatos recolectores por lo que se tuvo que realizar una reprogramación de todas las actividades y a partir de ahí se tomaron más precauciones para evitar otro evento, así que es recomendable extremar previsiones para futuros estudios donde no se tenga un control preciso. También, y a pesar que se realizó una prueba de los aparatos registradores, al momento de recabar la información se observó en el canal externo de uno de los registradores falló de forma parcial, asunto que no impactó de forma significativa pues al realizar el análisis integral se determinó que se contaba con información suficiente como para poder prescindir de la faltante, se sugiere que en otros estudios se puedan colocar más aparatos para contar con opciones en el caso de situaciones similares.

5.2. Conclusiones sobre condicionantes y limitantes.

Llevar a cabo el experimento a una escala de uno a uno se convirtió en un reto donde se tuvieron que salvar varias dificultades. La limitante principal fue que el programa elaborado fue muy general respecto a las actividades que se realizaron. Se tuvo que recurrir a mano de obra especializada para la elaboración del sistema a través de un taller de herrería. También, se solicitó apoyo a la Facultad de Arquitectura de la Universidad a través del Cuerpo Académico COCOVI para el préstamo de los aparatos registradores (Hobos). Se sugiere realizar un programa de actividades lo más detallado posible así como considerar márgenes de tiempo para los imprevistos.

5.3. Conclusiones del diseño del sistema de protección solar.

Una vez que se decidió el diseño del sistema se efectuó la visita a la vivienda con el personal del taller de herrería, para diseñar el método de fijación del sistema a los muros a evaluar ya que se tenía la condicionante, por parte de la empresa constructora, de no dañarlos, así que la opción elegida fue utilizar los huecos que fueron utilizados para el encofrado de los moldes utilizados en el proceso del colado del concreto, estos huecos eran aproximadamente de 2 cm de diámetro y 10 cm de largo y atravesaban los muros de interior al exterior, por lo que el sistema de fijado fue a base de varillas de acero roscadas mismas que fueron soldadas a la estructura metálica para que por la parte interior del muro se les pudiera colocar las rondadas y tuercas necesarias para su fijado. Se presentaron algunas dificultades con el acarreo del sistema ya que se construyó de una sola pieza y ya que las dimensiones del

mismo sobrepasaban las medidas del toldo de una combi³¹, vehículo utilizado para tal fin, se tuvo que escoltar con otro vehículo, trazando un recorrido con poco tránsito vehicular hasta el fraccionamiento, para evitar otro tipo de conflictos. Respecto a la malasombra utilizada se recurrió a la que se comercializaba en ese momento en el mercado local, por lo mencionado se sugiere diseñar el sistema de manera que tuviera dimensiones para que su manejo fuese más fácil, que fuese desarmable, también sería interesante utilizar malla sombra de colores claros como el blanco o el verde, respecto a la fijación al muro también habrá diseñarlo para no afectarlo y que fuera fácil de colocarlo sin necesidad de contar con mano de obra especializada y sin provocar puentes térmicos. Sin duda alguna se puede decir que el sistema puede mejorarse con las premisas de que fuese más eficiente, más económico, más manejable tanto para el traslado, fijación, más económico para el mantenimiento y más estético, inclusive encontrar la posibilidad de que los usuarios pudieran personalizarlo.

5.4. Conclusiones de los resultados.

La comparación del comportamiento térmico en la vivienda vertical en clima cálido subhúmedo utilizando malla sombra nos confirma que es mejor ya que aumenta en 2 horas el tiempo dentro de la zona de confort, dentro del parámetro de temperatura máxima exterior de la piel 30°C, y por ende retarda la transferencia de calor al interior de la vivienda, así también con esta estrategia de diseño las temperaturas máximas se reducen en 2.5°C, por consiguiente las temperaturas superficiales interiores de los muros con la estrategia de malla sombra

³¹ Palabra derivada de Kombi, abreviatura de "Kombinationfahrzeug", que en idioma alemán es "vehículo de uso combinado" y cuyo vehículo es fabricado por la empresa Volkswagen (VW).

son más estables, es decir la variación de temperaturas es menor que la variación de temperaturas en la vivienda sin protección solar.

Sin embargo, se observó que después de las 22.00 horas la vivienda sin protección empieza a descender su temperatura más rápido que la vivienda con protección y se deduce fue provocado por el enfriamiento por convección, situación que da pie a futuros experimentos con este tipo de sistema mejorando el diseño de la protección con la finalidad que se provoque mayor contacto con el viento y genere mayor enfriamiento por convección.

5.5. Conclusiones generales.

Se demostró que el sistema pasivo de protección solar mejora el comportamiento del muro de la vivienda vertical, aunque pareciera que no es significativo, es debido a que el material utilizado en el muro es de concreto con aditivo inclusores de aire, aditivo que ayuda a aumentar la inercia térmica en comparación del concreto hidráulico sin ningún tipo de aditivo. Es necesario realizar nuevos diseños del sistema procurando que una mayor cantidad de aire circule para provocar mayor enfriamiento por convección al muro, estas mejoras pueden proponerse desde la forma, el material de la estructura, el modo de fijación al muro, el tipo de la mallasombra, el color de la malla sombra, entre otros aspectos. Por lo que este trabajo puede ser punto de partida para otros experimentos.

Nuevas preguntas de investigación:

Este trabajo hace que se generen nuevas preguntas como: ¿cuánto significa en cantidad de energía eléctrica y en términos económicos un grado centígrado fuera del límite establecido o fuera de la zona de

confort?, ¿y cuánto significa una hora-grado fuera de la zona de confort?, ¿cuál sería la diferencia si se utilizan otros materiales en el sistema pasivo para control solar?, ¿cuánto es el costo total del sistema comprado con los beneficios que se puede obtener?, ¿es viable este sistema para el sector social?, entre otras preguntas que bien pudieran dar pie a futuros trabajos de investigación.

**CAPÍTULO 6.
DISEÑO DEL SISTEMA A PARTIR DE LA
EVALUACION EXPERIMENTAL.**

Diseño del sistema.

La condición para realizar la mejora del sistema se debió a que era necesario provocar mayor cantidad del aire para realizar mayor pérdida de calor al muro, y de varias propuestas elaboradas fueron elegidas dos de ellas que su diseño se infiere que ayudan al propósito mencionado, ambas propuestas presentan las mismas dimensiones y la misma estructura metálica ligera como la propuesta del experimento, pero las nuevas propuestas cuentan con tres secciones de mallasombra en sentido horizontal en lugar de una sola sección, la **primer propuesta** tiene forma semicóncava (figura 6.1) y la **segunda propuesta** tiene forma semiconvexa (figura 6.3).

Propuesta número uno.

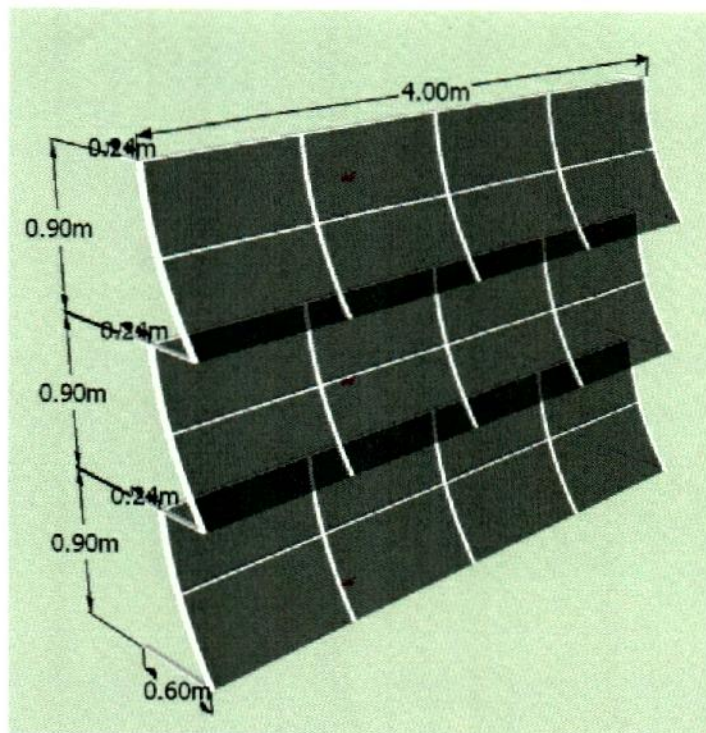


Figura 6.1 La propuesta uno con el lado exterior de forma semicóncava.

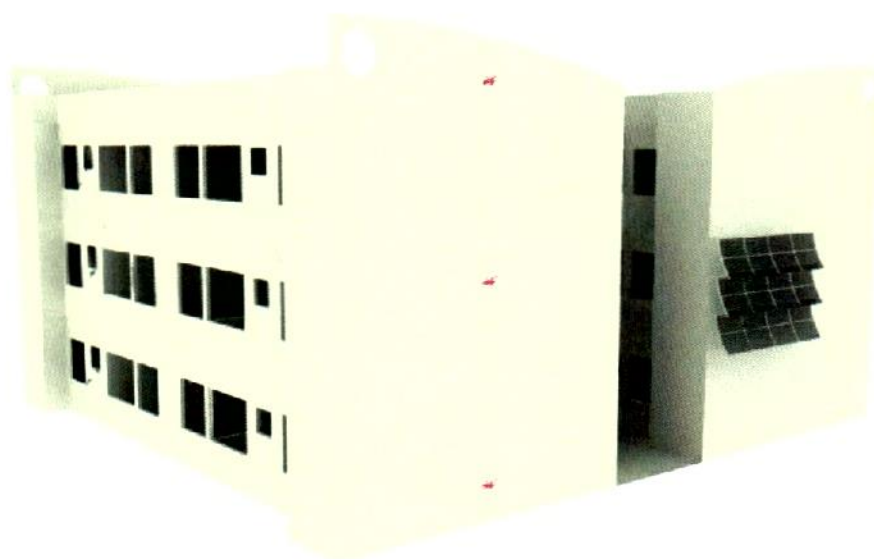


Figura 6.2 La propuesta uno colocada en el muro.

Propuesta número dos.

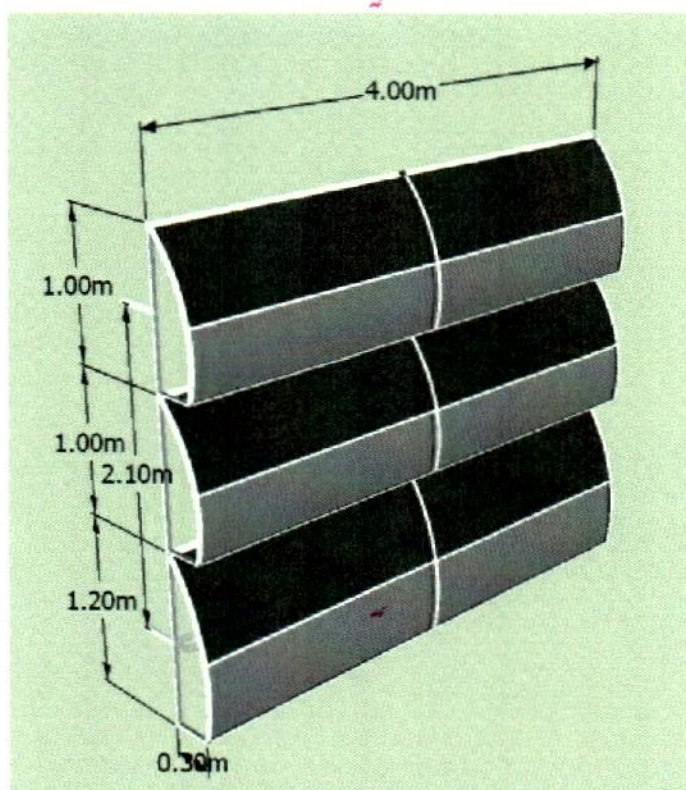


Figura 6.3 La propuesta dos con el lado exterior de forma semiconvexa.

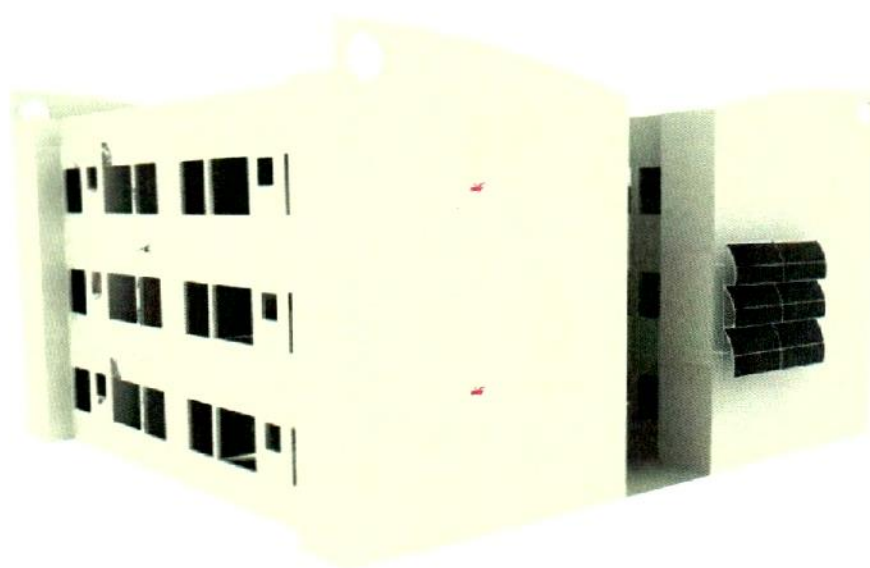


Figura 6.4 La propuesta dos colocada en el muro.

CAPÍTULO 7.
PROPUESTA ARQUITECTONICA DE APLICACIÓN DEL
SISTEMA DE PROTECCION SOLAR.

La propuesta.

Se realizó la propuesta arquitectónica donde que se aplica el sistema pasivo de control solar, así también se utilizan estrategias que tienen la intención de mitigar la ganancia solar, así como el ahorro de energía eléctrica, varias las propuestas se tomaron de publicaciones oficiales como la "Guía de CONAFOVI, uso eficiente de la energía en la vivienda"³², también la "Guía metodológica para uso de tecnologías para el ahorro de energía y agua en la vivienda de interés social en México"³³, que sirve de base para el programa federal denominado "Hipotecas Verdes", igualmente se tomaron artículos publicados en revistas científicas así como las publicaciones de los seminarios anuales de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y de las normas oficiales vigentes relacionados al caso.

En la parte exterior de los muros se aplicó el sistema pasivo de control solar ya rediseñado para mitigar la ganancia solar.

En la azotea se aplicaron varias estrategias, la principal fue la utilización de "cubiertas verdes" (Vecchia, Castañeda y Quiroa, 2006) a base de pasto nativo de la región colocado en la superficie de la azotea, también, se colocaron estructuras tipo sombrillas con paneles solares (figura 5.5)³⁴ que proyectan sombra y captan la energía solar para convertirla en energía eléctrica que será utilizada para las luminarias de la misma azotea, igualmente se colocaron calentadores solares de agua para ahorrar gas L.P.³⁵ También, se propusieron Sombrillas modelo "Life tree" marca Vision, que son estructuras forradas de paneles solares que

32 Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, 2006. ISBN: 968-7729-34-1.

33 Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto Nacional de Ecología, 2007.

34 Se comercializa como "Life Tree" marca Envision Solar, empresa estadounidense.

35 Abreviatura de: gas licuado de petróleo y es una mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente de propano y butano. Petróleos mexicanos (PEMEX).

proporcionan sombra y se aprovecha la energía solar para generar electricidad que puede ser utilizada para iluminación de la misma azotea y para contactos. (Figura 7.1)



Figura 7.1 Sombrilla modelo "Life tree" marca Envision solar.

En las ventanas de la fachada sur se adicionaron elementos arquitectónicos que enmarcan las ventanas provocando sombreamiento, también se propusieron parasoles o "sobreventanas" de dos hojas abatibles hacia dentro con la finalidad de tener mejor control de la radiación solar, están diseñadas para provocar sombra y con persianas para que circule el aire (ver figuras 7.2 y 7.3).



Figuras 7.2 Se observa una ventana con la protección a base de "sobreventanas" y el sistema de control solar.

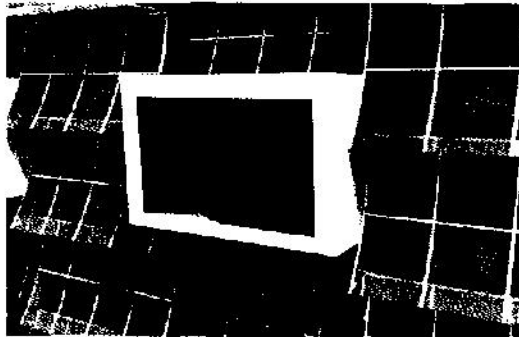


Figura 7.3 Otra vista de las "sobreventanas" y del sistema.

Para los vidrios de las ventanas se propusieron de dos hojas abatibles hacia afuera, de vidrio reflejante tipo AB Filtrasol de 6 mm para disminuir la carga térmica³⁶, también se agregaron tela mosquitero en todas las ventanas para evitar el ingreso de insectos.

Tecnología base para el ahorro de electricidad.

En la azotea se colocaron paneles de celdas fotovoltaicas generadoras de energía eléctrica y ubicados, también, con orientación sur respecto a la norma NMX-ES-001-NORMEX-2005, para llevar la energía a una planta solar rural marca CONERGY²⁹ de 50 w, 4 lámparas de 11 w, modelo CGY-1 del tipo ahorradoras que cumplan con las normas NOM-064-SCFI y NOM-017-ENER-1997 o sello FIDE (Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica)³⁰ y que iluminarán las áreas comunes de los edificios como son el área de escaleras, pasillos, áreas verdes alrededor del edificio y la azotea; y para las áreas de estacionamiento de

³⁶ Con base en el artículo "Efecto en la carga térmica por tipo de vidrio en vivienda de construcción en serie" por Gonzalo Bojorquez, Anibal Luna y Ricardo Gallegos.

vehículos se colocarán luminarias solares marca CONERGY31 lámpara de VSBP de 35 W, arreglo solar de 80 W para 6 horas de operación.

Tecnologías para ahorrar gas L.P.

Se propusieron colocar calentadores solares de agua con termotanque de 165 litros, marca *Manantial* elaborado por *Sistemas de Energía y Agua, S.A. de C.V.*³⁷, y se ubicaron con orientación sur con una inclinación igual a la latitud geográfica de la ciudad que es 16.75°, de acuerdo a la norma NMX-ES-001-NORMEX-2005, (Energía solar- rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua- métodos de prueba y etiquetado).

Tecnologías ahorradoras de agua.

En los w.c. de cada vivienda se utilizaron sistemas duales que permiten el ahorro de agua que usa 3 litros para descargas líquidas y 6 litros para descargas sólidas, se trata de un economizador de agua doble botón que deberá cumplir con las normas NOM-008-CNA-1998 y NOM-009-CNA-2001.

Las regaderas son tipo "cebollita" con obturador integrado que deberá cumplir con la norma NOM-008.CNA-1998, y se colocaron llaves ahorradoras de agua cumpliendo con la norma NOM-005-CNA-1997.

En muros exteriores se utilizará pintura con tonos claros que permitan reflejar la radiación solar.

³⁷ Existe una empresa distribuidora en la ciudad.

En los pisos del estacionamiento se propuso utilizar "adopasto" con la finalidad de tener filtración del agua pluvial al subsuelo y también de mitigar el reflejo de la radiación solar (albedo). En el área de los cajones de estacionamiento se propuso la utilización de Estaciones solares de carga marca Toyota, conocidas como Toyota Solar Charging Station en idioma inglés (figura 7.4), que son estructuras metálicas forradas de paneles solares que darán sombreado a los vehículos y también convertirán la energía solar en energía eléctrica que se utilizará para recargar vehículos híbridos³⁸ (conocidos como PHEVs: plug-in Hybrid Vehicles en el idioma inglés) y/o a los vehículos eléctricos (conocidos como EV: Electric Vehicles).



Figura 7.4 La estación solar de carga, marca Toyota.

³⁸ Son los vehículos que combinan un motor movido por energía eléctrica y un motor de combustión interna.

En una segunda etapa.

Pensado en la vida útil del textil "malla sombra" que es de 7 a 9 años de acuerdo al fabricante, se propuso sembrar árboles en sustitución de la malla sombra y se colocarán en las áreas circundantes del edificio y en especial en las fachadas sur y oeste, se proyectan utilizar especies nativas combinando tanto especies de hoja perenne como de hoja caduca, los de hoja caduca para sombrear en los meses con mayor temperatura, abril y mayo³⁹, y dejar pasar la radiación solar en los meses con temperaturas más bajas, diciembre y enero, y también, aprovechar el cambio de tonalidades de los follajes de los árboles, por lo que se decidió utilizar tres tipos de árboles⁴⁰, seleccionados por la altura a la que pueden llegar, tratando que alcancen mínimo los 12 metros de altura que tiene el edificio, por lo que se eligió el árbol "Aceituno" (*Simarouba glauca*) árbol de follaje perenne, de porte derecho que tiene una copa irregular, pues varía según el clima; ya que es estrecha en zonas húmedas, ancha y ramificada en zonas áridas, por lo que se deduce que con el clima de la ciudad la copa será de tamaño intermedio, que bien puede cubrir el área de las ventanas; así también, se eligió el árbol "Primavera" (*Tabebuia donnell Smithii* Rose) árbol de follaje caduco, su copa es alta y el follaje poco denso, flores abundante de color amarillo y el árbol de "Cupapé" (*Cordia dodecandra*) de follaje semiperenne, flores color naranja vistosas, por la forma de estas también se le llama trompetilla, hojas grandes y ásperas, así también, se utilizarán plantas trepadoras para cubrir los muros.

39 De acuerdo a las normales climatológicas.

40 Paleta vegetal denominada "Varias especies nativas recomendadas para su establecimiento en las áreas verdes de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas", Instituto de Historia Natural del Estado de Chiapas. 2008

Zonificación del Edificio



Figura 7.5 Zonificación del edificio.

Zonificación de la Vivienda

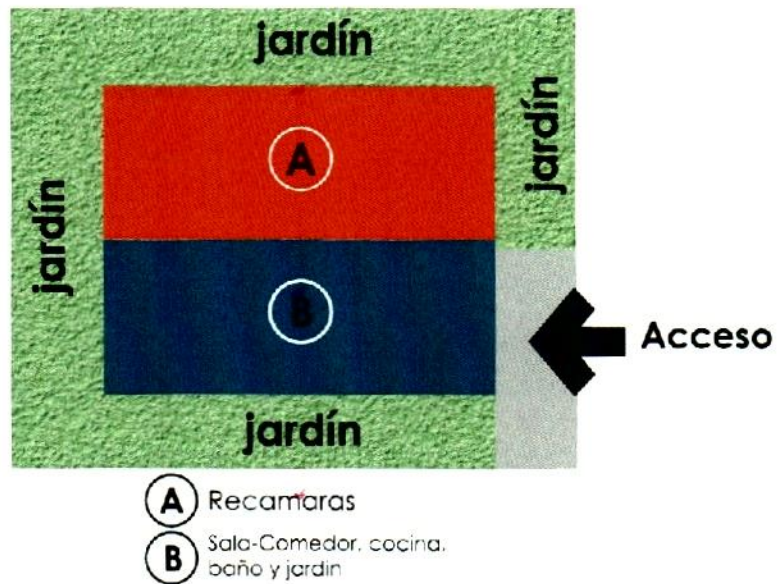


Figura 7.6 Zonificación de la vivienda.

Diagrama de relaciones de un nivel



Figura 7.7 Diagrama de relaciones de un nivel del edificio

Diagrama de relaciones de una vivienda

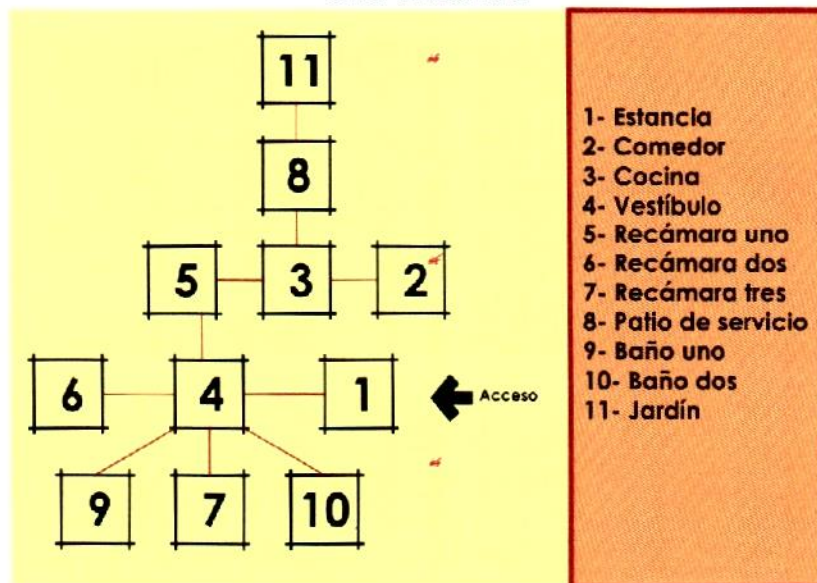


Figura 7.8 Diagrama de relaciones de una vivienda.

La forma.

La forma del edificio fue obtenida a través de una transformación aditiva, fue la transformación de un cubo por medio de la adición de varios elementos.

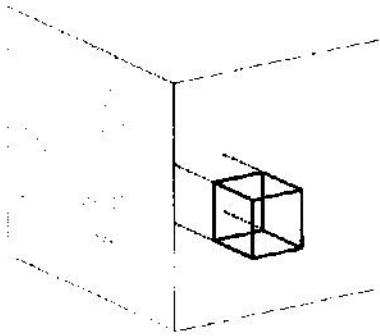


Figura 7.9 El cubo como volumen inicial.

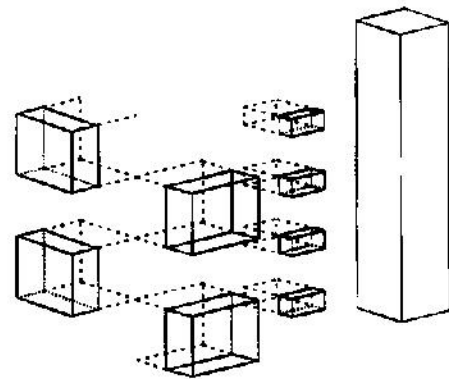


Figura 7.10 La adición de volúmenes al cubo original.

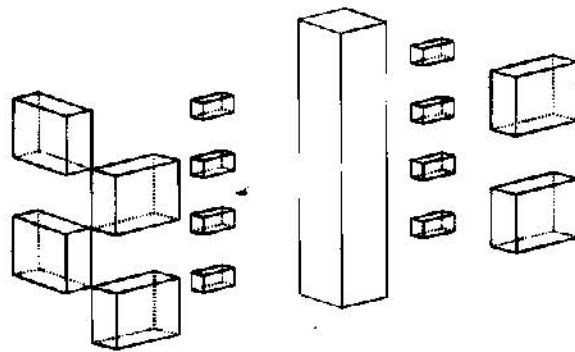


Figura 7.11 El cubo transformado.

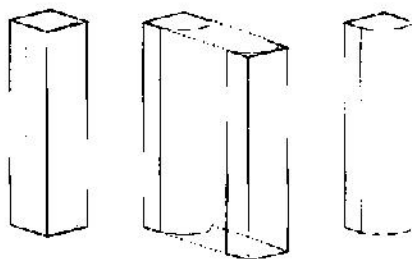


Figura 7.12 La transformación del módulo de escaleras.

Las plantas arquitectónicas del proyecto.

NORTE

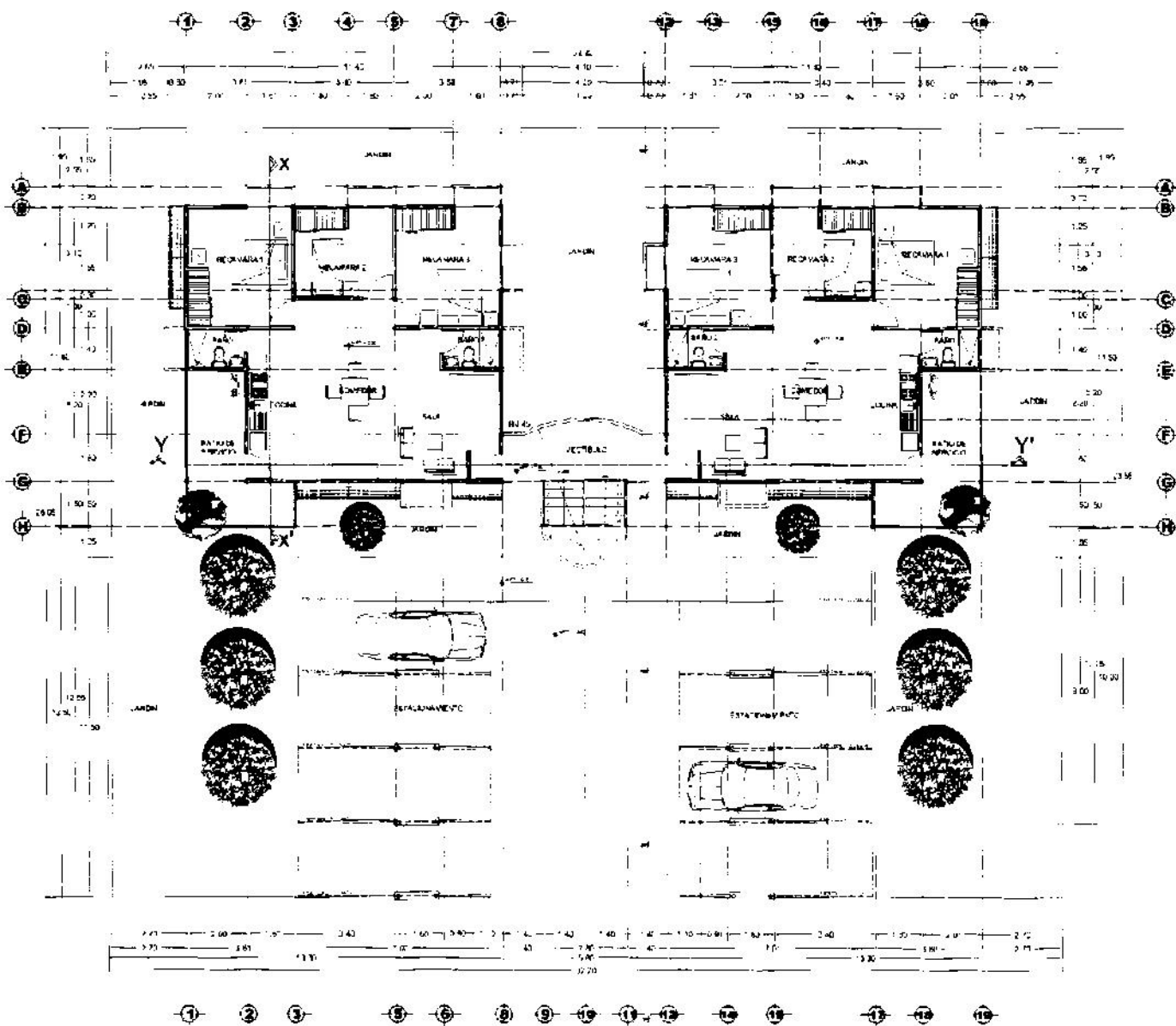


Figura 7.13 Planta arquitectónica del primer y tercer nivel.

NORTE

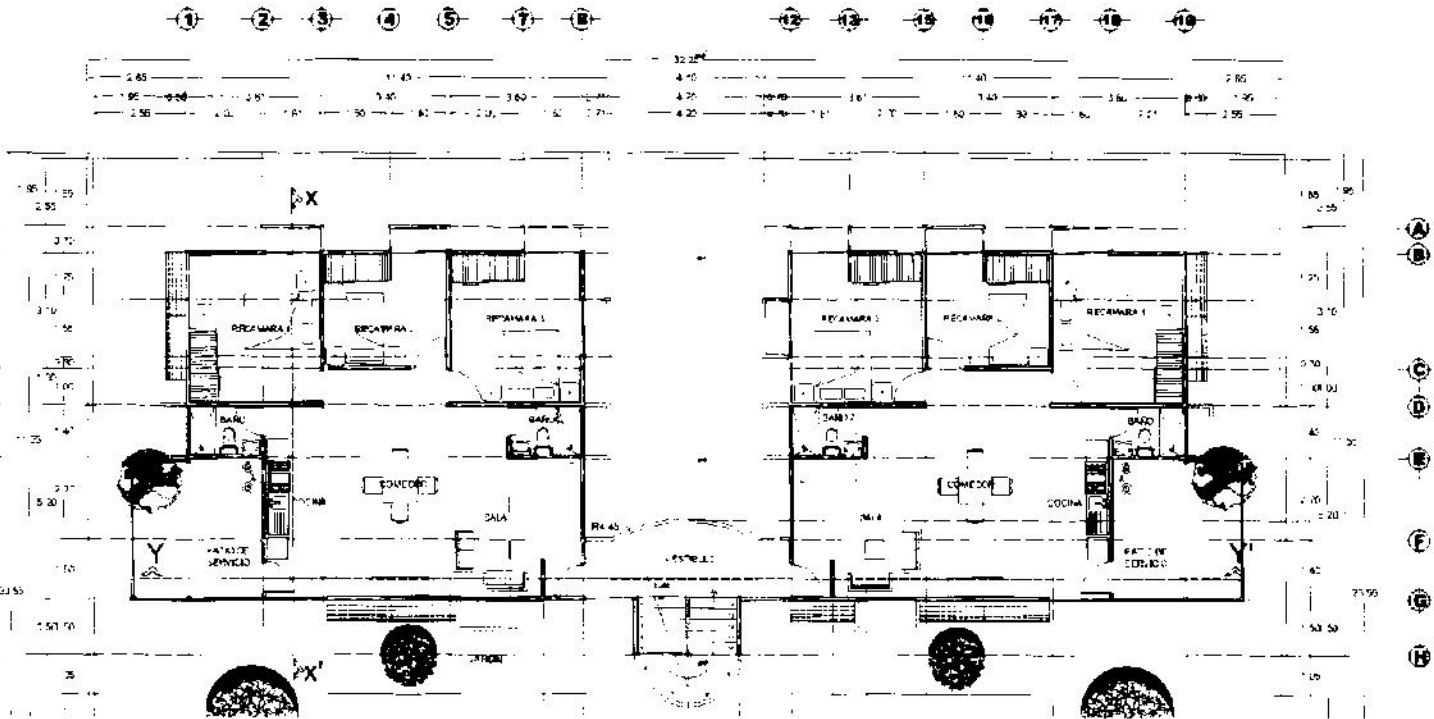


Figura 7.14 Planta arquitectónica del segundo y cuarto nivel.

NORTE

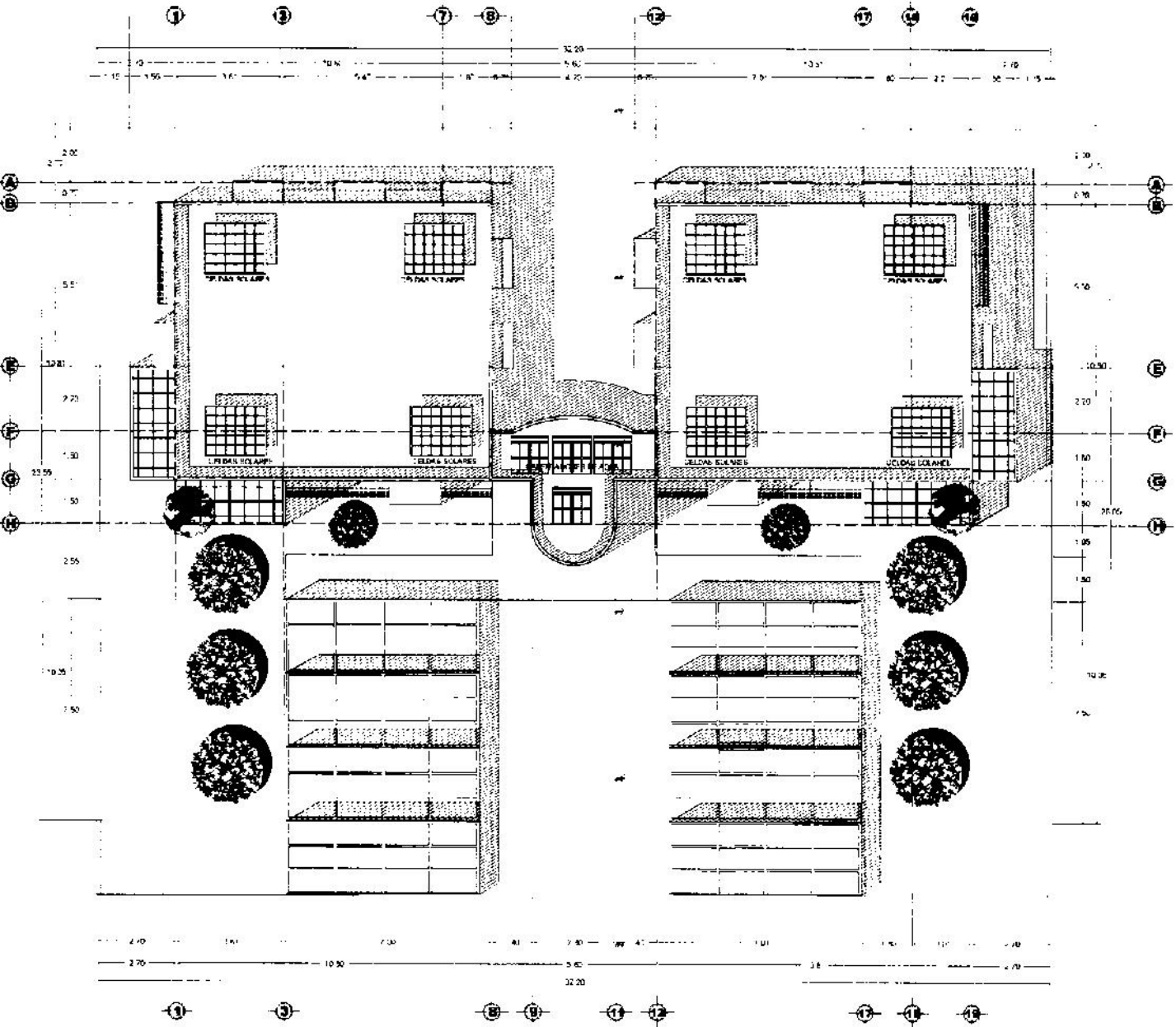


Figura 7.15 Planta de techos.

Fachadas del edificio.

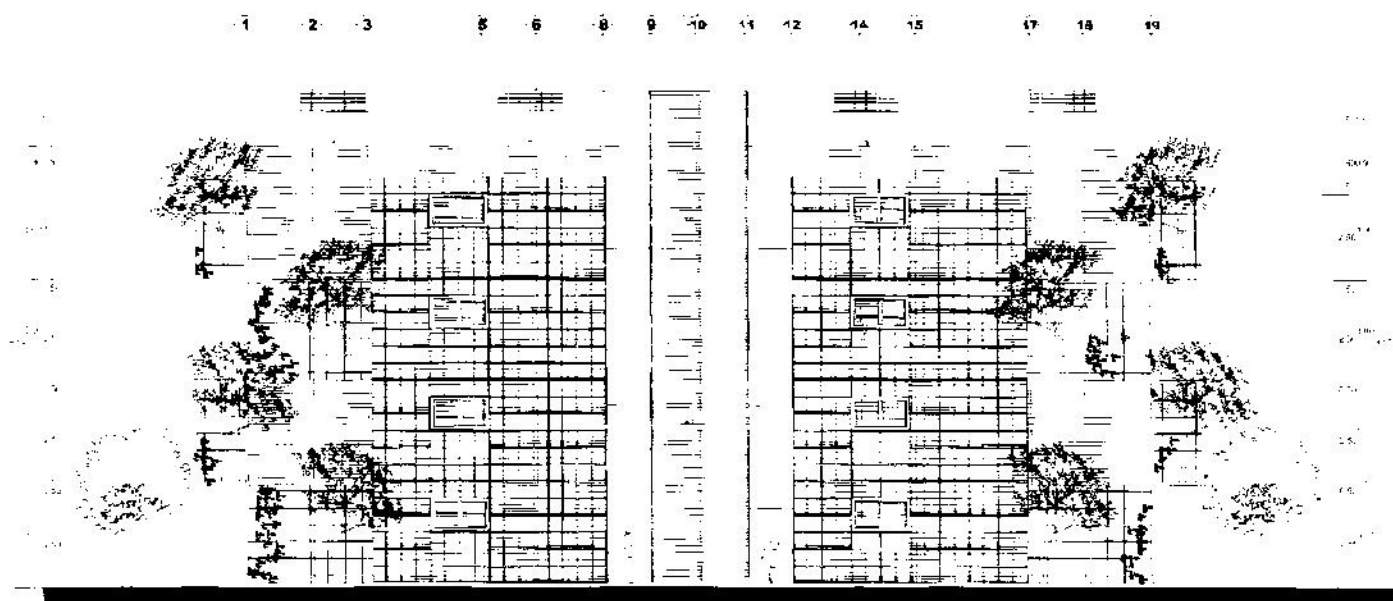


Figura 7.16 Fachada sur.

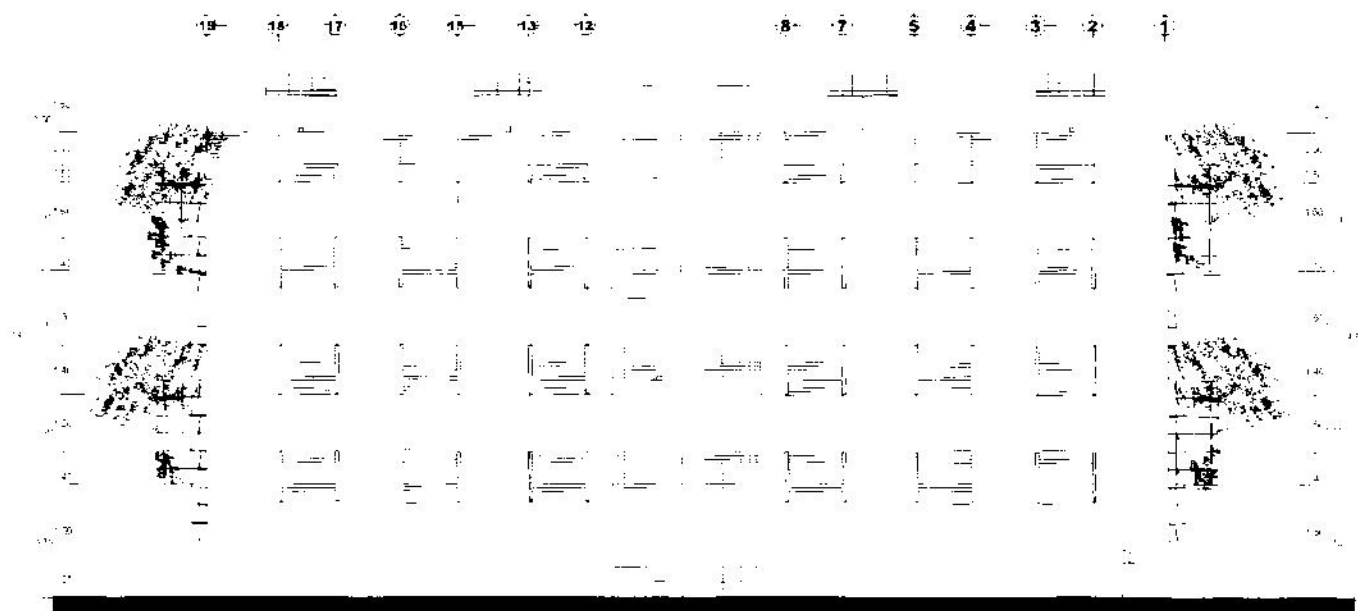


Figura 7.17 Fachada norte.

Cortes del edificio.



Figura 7.18 Corte transversal.

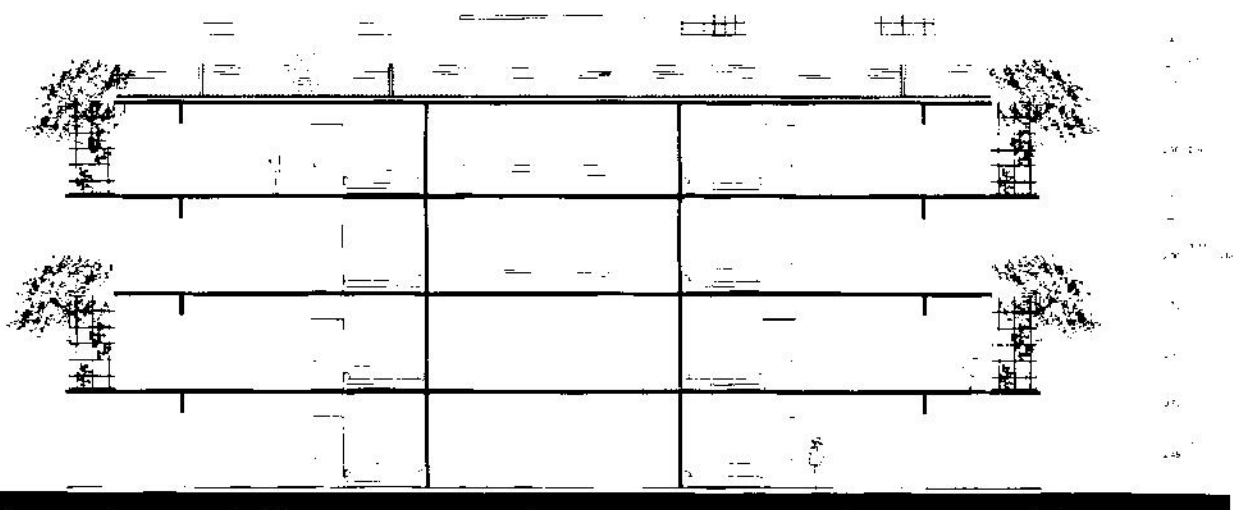


Figura 7.19 Corte longitudinal.

Perspectivas del edificio.



Figura 7.20 La fachada sur.

Se observan varias perspectivas del edificio.



Figura 7.21 Se observa la fachada sur.





Figura 7.23 Se observa parte de la azotea recubierta de pasto y las sombrillas con paneles solares.



Figura 7.24 Se observa parte de la fachada sur y la fachada oriente.

**CAPITULO 8.
CONCLUSIONES
DE LA PROPUESTA ARQUITECTONICA.**

8. Conclusiones de la propuesta arquitectónica de aplicación del sistema pasivo de control solar.

La propuesta presentada es viable técnicamente y puede ser otorgar varios beneficios pero habrá que ubicarse en nuestro entorno, asunto que para lograr que se lleve a cabo depende de variados factores pero uno de los que puede ser preponderante, de acuerdo a mi experiencia, es el económico, por lo que habrá que convencer con argumentos a los actores que vayan a otorgar o gestionar los recursos financieros, para ello tal vez, se deberá de realizar los estudios inherentes al caso para demostrar que los beneficios superan a los costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Referencias bibliográficas.

ÁGUILA Soto, Antonio Dominador, (2009), "Procedimiento de evaluación de riesgos", editado por la Universidad de Almería, España.

ARMENDÁRIZ Pérez de Ciriza, Pilar. (2010). Folleto: "Calor y trabajo, Prevención de riesgos laborales debidos al estrés térmico por calor", Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio de Trabajo e Inmigración, Gobierno de España. Madrid, España.

ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating Air-Conditioning Engineers (2001). ASHRAE handbook fundamentals. Atlanta, E.U.A.

AULICIEMS, A. Y Szokolay, S.V. Thermal comfort. (1997) PLEA Notes, Brisbane (Australia), PLEA: Passive and Low Energy Architecture International. The University of Queensland.

AYLLÓN, T (1996). Elementos de meteorología y climatología, México, Trillas, pp.179

BARDOU, Patrick y Arzoumanian, Varoujan. (1981). Sol y Arquitectura. Barcelona, Gustavo Gili.

CASTAÑEDA Nolasco, Gabriel; Argüello M Teresa del R; Cruz S Carlos O; Jiménez A. José L., et al. (2005). Evaluación del comportamiento térmico de vivienda social techada con el sistema placa losa, ubicada en el proyecto 10x10 Chiapas, de Tuxtla Gutiérrez, en memoria de la XXIX Semana Nacional de Energía Solar, México, Asociación Nacional de Energía Solar, A. C.

-

CASTAÑEDA Nolasco, Gabriel. (2008). Climatología aplicada al espacio construido. Antología de la Maestría en Arquitectura y Urbanismo. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

CASTAÑEDA Nolasco, G. y Vecchia, F. (2007). Sistema de techo alternativo para vivienda progresiva en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 11-2, pp.21-30, ISSN: 1665-529X.

CHAVEZ Del Valle, Francisco Javier. (2002). Tesis Doctoral "Zona Variable de Confort Térmico" Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España.

COMISIÓN Nacional del Agua y el Sistema Meteorológico Nacional. Página <http://smn.cna.gob.mx>.

DELGADO López, Alicia. (2007). Tesis de Maestría en Arquitectura "La respuesta adaptativa de los habitantes al desempeño climático de la vivienda tradicional de palapa en la costa de Colima". Facultad de Arquitectura y diseño, Universidad de Colima.

DICCIONARIO crítico etimológico castellano e hispano (1984), J. Corominas y J.A. Pascual, Editorial Gredos.

DICCIONARIO de la lengua española, Vigésima segunda edición. Real Academia Española. <http://www.rae.es/rae.html>

ENGELBERT, Alberto. (2000). Aislamiento térmico de la construcción, CAI, Buenos Aires, Argentina.

ESCALONA Gelabert, Vanesa (2007), Tesis: Incidencia de la inercia térmica en edificios de uso intermitente. Universidad Politécnica de Cataluña.

FERNADEZ García, Felipe. (1994), Clima y Confortabilidad Humana. Aspectos metodológicos.

FIGUEROA Castrejón, Anibal y Castorena Espinosa, Gloria María, "Evaluación del uso de malla de sombra como protección solar para construcciones climatizadas naturalmente en zonas cálidas", en memoria de la XXXII semana nacional de energía solar de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) 2008, en Mérida, Yucatán.

GIVONI, Baruch. (1998). Climate considerations in building and urban design. New York: John Wiley & Sons.

GIVONI, Baruch. (1969). Man, Climate and Architecture. Elsevier Architectural Science Series. Editor Henry J. Cowan; Professor of Architectural Science; University of Sydney.

GÓMEZ Azpeitia, Gabriel; Bojórquez Morales, Gonzalo; Ruiz Torres, Raúl Pável. 2007. "El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados". Revista Palapa, enero-julio, año/vol.2. Número 001, Universidad de Colima, Colima, México, pp. 45-57.

GONZÁLEZ, E. y otros, (1986): Proyecto, clima y arquitectura, México Gustavo Gili.

GUÍA de la CONAFOVI, Uso eficiente de la energía en la vivienda, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, 2006. ISBN: 968-7729-34-1

GUÍA metodológica para uso de tecnologías para el ahorro de energía y agua en la vivienda de interés social en México Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto Nacional de Ecología.

GUTIÉRREZ A, Carlos. (1998). Mecánica y calor, Limusa, México.

HINZ Heke et al. (1986). Proyecto clima y arquitectura, Gustavo Gili México.

ISO (2005). International Organization for Standardization 7730: 2005 (E) Ergonomics of the thermal environment-analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Ginebra: edición de autor.

IZARD, Jean-louis y Alain Guyot, (1980), Arquitectura bioclimática Gustavo Gilli, Barcelona.

LABORATORIO de Eficiencia Energética en Edificaciones, Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

<http://www.labeeee.ufsc.br/> , Página web donde se pueden descargar de forma gratuita diferentes programas computacionales.

LORENZO Gáligo, Pedro. (2005). Un techo para Vivir: tecnologías para las viviendas de producción social en América Latina, Volumen 1 de Temas de cooperación para el desarrollo. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

LUNA Mendaza, Pablo. (2010). NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, Ministerio de trabajo y asuntos sociales, Gobierno de España.

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_322.pdf

Consultado el 15 de enero de 2010.

MARINCIC, Irene, (1999). Tesis Doctoral: Respuestas térmicas dinámicas en edificios: control térmico a través de la climatización natural. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

MONTESINOS Campos, José Luís. (2007). Procedimientos constructivos y ambientales energéticos en muros. Instituto Politécnico Nacional., México, D.F.

MORILLON G., David, Saldaña F, Ricardo, Castañeda T., Isaac y Miranda M., Ubaldo y otros (2002). Atlas Bioclimático de la República Mexicana. Artículo en Energías y Medio Ambiente, ASADES, Argentina, 2002.

MORILLÓN Gálvez, David (2004), Atlas del bioclima de México, Serie Investigación y Desarrollo, Instituto de Ingeniería, UNAM. México, D.F.

MORILLÓN Gálvez, David (2006), "Impacto del cambio ambiental global en el sector residencial" del libro Mas allá del cambio climático, las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global. Secretaria del medio ambiente y recursos Naturales, Instituto Nacional de ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología. Compiladores: Urbina Soria, Javier y Martínez Fernández, Julia.

NICOL, F. y Roaf. (1996): Pioneering new indoor temperature standards: the Pakistan project. *Energy and Buildings*.

OLGYAY, Víctor. (2002). *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.

ORGANIZACIÓN Mundial de la Salud, (1969), estudio denominado "Problemas de salud relacionados con el trabajo en condiciones de sobrecarga térmica".

PEREZ Tello, Carlos, Campbell R. Héctor E., Borroto Nordelo, Aníbal y Monteagudo Yanes, José. "Horas-grado, un criterio realista para caracterizar climatológicamente una región con propósitos de uso eficiente y ahorro de energía eléctrica". *Revista Científico trimestral de las Energías Renovables Eco-Solar*, número 7. Enero - Marzo de 2004. <http://www.cubasolar.cu/>

PUPPO, Ernesto; Puppo, Giancarlo; Puppo, Giorgio, Alberto. (1999). *Sol y Diseño: índice térmico relativo*. Alfaomega, México.

RUÍZ Torres, Raúl Pavel. (2007). Tesis de maestría. "Estándar local de confort térmico para la ciudad de Colima". Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Colima.

RUÍZ Torres, Raúl Pavel. (2008). *Arquitectura bioclimática. Antología de la Maestría en Arquitectura y Urbanismo*. UNACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SAUCEDA, Juan Manuel y otros, (2006). Boletín Médico del Hospital Infantil de México. Artículo: Estrés ante la venopunción en niños y adolescentes. Vol. 63 no. 3, Mayo/junio 2006

SUÁREZ Cabrera, Ruginere y otros autores. (2006). Propuestas de modificaciones a la norma mexicana para evaluar condiciones térmicas extremas en "Revistaciencias.com".

<http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EEuuEpZkAFDxJCvYvj.ph>

p

SZOKOLAY, S.V. (1977). Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. 1977. Madrid, Paraninfo. Citado en Tesis de Maestría de Gilberto Gameros Gonzalez. Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad de Colima, 2007.

VECCHIA, Francisco (1997). Clima e Ambiente construido. A abordagem dinamica aplicada ao conforto humano. Sao Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciencias Humanas (FFLCH USP). Tese de doutoramento.

VECCHIA, Francisco, Castañeda Gabriel, Quiroa Andrés Jaime. (2006). Aplicación de cubiertas verdes en climas tropicales, Ensayo experimental comparativo con techumbres convencionales.

Anexos. Tablas de datos de los registradores.

EXTERIOR DE LA VIVIENDA.

Fecha y Hora	Temperatura del aire exterior (TBS ext). (en grados centígrados)	Humedad Relativa (%)
03/05/2009 03:00	22.513	78.224
03/05/2009 03:30	22.345	78.481
03/05/2009 04:00	22.202	78.662
03/05/2009 04:30	21.891	79.804
03/05/2009 05:00	21.915	79.809
03/05/2009 05:30	21.604	81.117
03/05/2009 06:00	21.533	81.667
03/05/2009 06:30	20.984	82.135
03/05/2009 07:00	21.795	80.356
03/05/2009 07:30	23.088	75.306
03/05/2009 08:00	24.339	67.49
03/05/2009 08:30	25.04	64.453
03/05/2009 09:00	25.963	58.936
03/05/2009 09:30	26.549	58.378
03/05/2009 10:00	27.776	53.761
03/05/2009 10:30	28.369	51.437
03/05/2009 11:00	28.99	49.177
03/05/2009 11:30	29.69	47.652
03/05/2009 12:00	30.52	44.547
03/05/2009 12:30	30.697	43.284
03/05/2009 13:00	31.281	41.234
03/05/2009 13:30	31.331	41.308
03/05/2009 14:00	31.637	38.995
03/05/2009 14:30	32.381	38.025
03/05/2009 15:00	32.355	37.533
03/05/2009 15:30	32.872	36.987
03/05/2009 16:00	32.33	37.461
03/05/2009 16:30	32.278	36.895
03/05/2009 17:00	31.816	38.909
03/05/2009 17:30	31.077	41.041
03/05/2009 18:00	30.192	43.6
03/05/2009 18:30	29.615	45.249
03/05/2009 19:00	29.04	48.034
03/05/2009 19:30	28.072	50.72
03/05/2009 20:00	27.554	52.23
03/05/2009 20:30	27.21	53.429
03/05/2009 21:00	26.695	55.537

03/05/2009 21:30	26.134	58.008
03/05/2009 22:00	25.598	59.859
03/05/2009 22:30	25.258	61.111
03/05/2009 23:00	24.871	61.803
03/05/2009 23:30	24.677	63.177
04/05/2009 00:00	23.713	66.976
04/05/2009 00:30	23.737	66.517
04/05/2009 01:00	23.713	66.455
04/05/2009 01:30	23.328	67.716
04/05/2009 02:00	23.04	68.325
04/05/2009 02:30	22.705	68.75
04/05/2009 03:00	22.393	69.601
04/05/2009 03:30	22.106	70.702
04/05/2009 04:00	21.843	72.378
04/05/2009 04:30	21.748	72.581
04/05/2009 05:00	21.676	72.815
04/05/2009 05:30	21.557	73.177
04/05/2009 06:00	21.103	74.616
04/05/2009 06:30	21.27	74.051

VIVIENDA CON MALLASOMBRA. PARTE ALTA (up) HOBO 12.

Fecha y hora.	Temperatura del aire Interior (TBS int).	Zona confort Tn (Nicol y Roof, 1996)		Temperatura superficial interior (up).	Parámetro de temperatura máxima exterior de la piel 30°C.	
		Límite Superior.	Superávit.		Temperatura máxima.	Superávit.
03/05/2009 03:00	27.12	29.3	0	26.34	30	0
03/05/2009 03:30	26.73	29.3	0	25.95	30	0
03/05/2009 04:00	26.73	29.3	0	25.95	30	0
03/05/2009 04:30	26.34	29.3	0	25.56	30	0
03/05/2009 05:00	26.34	29.3	0	25.56	30	0
03/05/2009 05:30	26.34	29.3	0	25.17	30	0
03/05/2009 06:00	25.95	29.3	0	25.17	30	0
03/05/2009 06:30	25.95	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 07:00	25.56	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 07:30	25.56	29.3	0	24.4	30	0
03/05/2009 08:00	25.56	29.3	0	24.4	30	0
03/05/2009 08:30	25.17	29.3	0	24.4	30	0
03/05/2009 09:00	25.17	29.3	0	24.4	30	0
03/05/2009 09:30	25.17	29.3	0	24.4	30	0
03/05/2009 10:00	25.17	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 10:30	25.56	29.3	0	25.17	30	0
03/05/2009 11:00	25.95	29.3	0	25.56	30	0
03/05/2009 11:30	26.34	29.3	0	25.95	30	0
03/05/2009 12:00	26.73	29.3	0	26.34	30	0
03/05/2009 12:30	27.12	29.3	0	27.12	30	0
03/05/2009 13:00	27.91	29.3	0	27.52	30	0
03/05/2009 13:30	28.31	29.3	0	27.91	30	0
03/05/2009 14:00	28.7	29.3	0	28.31	30	0
03/05/2009 14:30	28.7	29.3	0	28.7	30	0
03/05/2009 15:00	29.1	29.3	0	29.1	30	0
03/05/2009 15:30	29.9	29.3	0.6	29.5	30	0
03/05/2009 16:00	30.31	29.3	1.01	29.9	30	0
03/05/2009 16:30	30.71	29.3	1.41	30.31	30	0.31
03/05/2009 17:00	30.71	29.3	1.41	30.71	30	0.71
03/05/2009 17:30	31.12	29.3	1.82	31.12	30	1.12
03/05/2009 18:00	31.12	29.3	1.82	31.12	30	1.12
03/05/2009 18:30	31.12	29.3	1.82	31.12	30	1.12
03/05/2009 19:00	30.71	29.3	1.41	31.12	30	1.12
03/05/2009 19:30	30.71	29.3	1.41	31.12	30	1.12
03/05/2009 20:00	30.71	29.3	1.41	30.71	30	0.71
03/05/2009 20:30	30.31	29.3	1.01	30.71	30	0.71
03/05/2009 21:00	30.31	29.3	1.01	30.31	30	0.31

03/05/2009 21:30	30.31	29.3	1.01	30.31	30	0.31
03/05/2009 22:00	29.9	29.3	0.6	29.9	30	0
03/05/2009 22:30	29.9	29.3	0.6	29.5	30	0
03/05/2009 23:00	29.9	29.3	0.6	29.5	30	0
03/05/2009 23:30	29.5	29.3	0.2	29.1	30	0
04/05/2009 00:00	29.1	29.3	0	28.7	30	0
04/05/2009 00:30	29.1	29.3	0	28.7	30	0
04/05/2009 01:00	29.1	29.3	0	28.31	30	0
04/05/2009 01:30	28.7	29.3	0	27.91	30	0
04/05/2009 02:00	28.7	29.3	0	27.52	30	0
04/05/2009 02:30	28.31	29.3	0	27.52	30	0
04/05/2009 03:00	28.31	29.3	0	27.12	30	0
04/05/2009 03:30	27.91	29.3	0	26.73	30	0
04/05/2009 04:00	27.91	29.3	0	26.73	30	0
04/05/2009 04:30	27.52	29.3	0	26.34	30	0
04/05/2009 05:00	27.52	29.3	0	25.95	30	0
04/05/2009 05:30	27.12	29.3	0	25.95	30	0
04/05/2009 06:00	26.73	29.3	0	25.56	30	0
04/05/2009 06:30	26.73	29.3	0	25.56	30	0
		Grados hora	19.15		Grados hora	8.66
		Horas	8 1/2		Horas	5 1/2

VIVIENDA CON MALLA SOMBRA, PARTE MEDIA (med) HOBO 8.

Fecha y hora.	Temperatura del aire Interior (TBS int).	Zona confort Tn (Nicol y Roof, 1996)		Temperatura superficial interior (up).
		Límite Superior.	Superávit.	
03/05/2009 03:00	25.95	29.3	0	-69.16
03/05/2009 03:30	25.95	29.3	0	-69.16
03/05/2009 04:00	25.56	29.3	0	-69.16
03/05/2009 04:30	25.56	29.3	0	-69.16
03/05/2009 05:00	25.56	29.3	0	-69.16
03/05/2009 05:30	25.56	29.3	0	-69.16
03/05/2009 06:00	25.17	29.3	0	-69.16
03/05/2009 06:30	25.17	29.3	0	-69.16
03/05/2009 07:00	24.79	29.3	0	-69.16
03/05/2009 07:30	24.4	29.3	0	-69.16
03/05/2009 08:00	24.4	29.3	0	-69.16
03/05/2009 08:30	24.4	29.3	0	-69.16
03/05/2009 09:00	24.79	29.3	0	-69.16
03/05/2009 09:30	24.79	29.3	0	-69.16
03/05/2009 10:00	25.17	29.3	0	-69.16
03/05/2009 10:30	25.56	29.3	0	-69.16
03/05/2009 11:00	25.95	29.3	0	-69.16
03/05/2009 11:30	26.34	29.3	0	-69.16
03/05/2009 12:00	26.73	29.3	0	-69.16
03/05/2009 12:30	26.73	29.3	0	-69.16
03/05/2009 13:00	27.52	29.3	0	-69.16
03/05/2009 13:30	27.91	29.3	0	-69.16
03/05/2009 14:00	28.31	29.3	0	-69.16
03/05/2009 14:30	28.7	29.3	0	-69.16
03/05/2009 15:00	29.1	29.3	0	-69.16
03/05/2009 15:30	29.9	29.3	0.6	-69.16
03/05/2009 16:00	30.31	29.3	1.01	-69.16
03/05/2009 16:30	30.71	29.3	1.41	-69.16
03/05/2009 17:00	30.31	29.3	1.01	-69.16
03/05/2009 17:30	30.71	29.3	1.41	-69.16
03/05/2009 18:00	30.71	29.3	1.41	-69.16
03/05/2009 18:30	30.71	29.3	1.41	-69.16
03/05/2009 19:00	30.31	29.3	1.01	-69.16
03/05/2009 19:30	30.31	29.3	1.01	-69.16
03/05/2009 20:00	29.9	29.3	0.6	-69.16
03/05/2009 20:30	29.5	29.3	0.2	-69.16
03/05/2009 21:00	29.5	29.3	0.2	-69.16

03/05/2009 21:30	29.5	29.3	0.2	-69.16
03/05/2009 22:00	29.1	29.3	0	-69.16
03/05/2009 22:30	29.1	29.3	0	-69.16
03/05/2009 23:00	28.7	29.3	0	-69.16
03/05/2009 23:30	28.7	29.3	0	-69.16
04/05/2009 00:00	28.31	29.3	0	-69.16
04/05/2009 00:30	28.31	29.3	0	-69.16
04/05/2009 01:00	27.91	29.3	0	-69.16
04/05/2009 01:30	27.52	29.3	0	-69.16
04/05/2009 02:00	27.52	29.3	0	-69.16
04/05/2009 02:30	27.12	29.3	0	-69.16
04/05/2009 03:00	27.12	29.3	0	-69.16
04/05/2009 03:30	26.73	29.3	0	-69.16
04/05/2009 04:00	26.73	29.3	0	-69.16
04/05/2009 04:30	26.34	29.3	0	-69.16
04/05/2009 05:00	26.34	29.3	0	-69.16
04/05/2009 05:30	25.95	29.3	0	-69.16
04/05/2009 06:00	25.95	29.3	0	-69.16
04/05/2009 06:30	25.56	29.3	0	-69.16
		Grados hora	11.48	
	Cantidad Horas		6 1/2	

VIVIENDA CON MALLA SOMBRA. PARTE BAJA (Down) HOBO 7.

Fecha y Hora	Temperatura del aire interior (TBS int).	Zona confort Tn (Nicol y Roof, 1996)		Temperatura superficial interior (Down).	Parámetro de temperatura máxima.	
		Límite Superior	Superávit		Temperatura a máxima.	Superávit
03/05/2009 03:00	25.95	29.3	0	26.34	30	0
03/05/2009 03:30	25.95	29.3	0	26.34	30	0
03/05/2009 04:00	25.56	29.3	0	25.95	30	0
03/05/2009 04:30	25.56	29.3	0	25.95	30	0
03/05/2009 05:00	25.17	29.3	0	25.56	30	0
03/05/2009 05:30	25.17	29.3	0	25.56	30	0
03/05/2009 06:00	25.17	29.3	0	25.17	30	0
03/05/2009 06:30	24.79	29.3	0	25.17	30	0
03/05/2009 07:00	24.79	29.3	0	25.17	30	0
03/05/2009 07:30	24.01	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 08:00	24.4	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 08:30	24.4	29.3	0	24.4	30	0
03/05/2009 09:00	24.79	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 09:30	25.17	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 10:00	25.17	29.3	0	25.17	30	0
03/05/2009 10:30	25.56	29.3	0	25.56	30	0
03/05/2009 11:00	25.95	29.3	0	25.95	30	0
03/05/2009 11:30	25.95	29.3	0	26.34	30	0
03/05/2009 12:00	26.34	29.3	0	26.73	30	0
03/05/2009 12:30	26.73	29.3	0	27.12	30	0
03/05/2009 13:00	27.52	29.3	0	27.52	30	0
03/05/2009 13:30	27.52	29.3	0	27.91	30	0
03/05/2009 14:00	27.91	29.3	0	28.31	30	0
03/05/2009 14:30	28.31	29.3	0	29.1	30	0
03/05/2009 15:00	28.7	29.3	0	29.1	30	0
03/05/2009 15:30	29.5	29.3	0.2	29.9	30	0
03/05/2009 16:00	34.01	29.3	4.71	30.31	30	0.31
03/05/2009 16:30	30.71	29.3	1.41	30.71	30	0.71
03/05/2009 17:00	30.31	29.3	1.01	31.12	30	1.12
03/05/2009 17:30	30.71	29.3	1.41	31.12	30	1.12
03/05/2009 18:00	30.71	29.3	1.41	31.12	30	1.12
03/05/2009 18:30	30.31	29.3	1.01	31.52	30	1.52
03/05/2009 19:00	30.31	29.3	1.01	31.52	30	1.52
03/05/2009 19:30	29.9	29.3	0.6	31.12	30	1.12
03/05/2009 20:00	29.9	29.3	0.6	31.12	30	1.12
03/05/2009 20:30	29.5	29.3	0.2	30.71	30	0.71

03/05/2009 21:00	29.5	29.3	0.2	30.71	30	0.71
03/05/2009 21:30	29.1	29.3	0	30.31	30	0.31
03/05/2009 22:00	29.1	29.3	0	30.31	30	0.31
03/05/2009 22:30	28.7	29.3	0	29.9	30	0
03/05/2009 23:00	28.7	29.3	0	29.5	30	0
03/05/2009 23:30	28.31	29.3	0	29.1	30	0
04/05/2009 00:00	28.31	29.3	0	29.1	30	0
04/05/2009 00:30	27.91	29.3	0	28.7	30	0
04/05/2009 01:00	27.12	29.3	0	28.31	30	0
04/05/2009 01:30	27.12	29.3	0	27.91	30	0
04/05/2009 02:00	27.12	29.3	0	27.91	30	0
04/05/2009 02:30	26.73	29.3	0	27.52	30	0
04/05/2009 03:00	26.73	29.3	0	27.12	30	0
04/05/2009 03:30	26.34	29.3	0	27.12	30	0
04/05/2009 04:00	26.34	29.3	0	26.73	30	0
04/05/2009 04:30	26.34	29.3	0	26.34	30	0
04/05/2009 05:00	25.95	29.3	0	26.34	30	0
04/05/2009 05:30	25.56	29.3	0	25.95	30	0
04/05/2009 06:00	25.56	29.3	0	25.95	30	0
04/05/2009 06:30	25.56	29.3	0	25.56	30	0
		Grados Hora	13.77		Grados Hora	11.7
		Horas	6.00		Horas	6 ½

VIVIENDA TESTIGO. SIN MALLA SOMBRA. PARTE MEDIA (Med) HOBO 6.

Fecha y Hora	Temperatura del aire Interior (TBS int).	Zona confort Tn (Nicol y Roof, 1996)		Temperatura superficial Interior (Med).	Parámetro de temperatura máxima.	
		Límite Superior.	Superávit.		Temperatura máxima.	Superávit.
03/05/2009 03:00	26.34	29.3	0	25.95	30	0
03/05/2009 03:30	26.34	29.3	0	25.56	30	0
03/05/2009 04:00	26.34	29.3	0	25.17	30	0
03/05/2009 04:30	25.95	29.3	0	25.17	30	0
03/05/2009 05:00	25.95	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 05:30	25.56	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 06:00	25.56	29.3	0	24.4	30	0
03/05/2009 06:30	25.17	29.3	0	24.4	30	0
03/05/2009 07:00	25.17	29.3	0	24.01	30	0
03/05/2009 07:30	24.79	29.3	0	23.63	30	0
03/05/2009 08:00	24.79	29.3	0	23.63	30	0
03/05/2009 08:30	24.79	29.3	0	23.63	30	0
03/05/2009 09:00	24.79	29.3	0	24.01	30	0
03/05/2009 09:30	25.17	29.3	0	24.4	30	0
03/05/2009 10:00	25.17	29.3	0	24.79	30	0
03/05/2009 10:30	25.56	29.3	0	25.56	30	0
03/05/2009 11:00	25.95	29.3	0	26.34	30	0
03/05/2009 11:30	26.34	29.3	0	27.12	30	0
03/05/2009 12:00	26.73	29.3	0	27.91	30	0
03/05/2009 12:30	27.12	29.3	0	28.7	30	0
03/05/2009 13:00	27.91	29.3	0	29.5	30	0
03/05/2009 13:30	28.31	29.3	0	29.9	30	0
03/05/2009 14:00	28.7	29.3	0	30.71	30	0.71
03/05/2009 14:30	28.7	29.3	0	31.12	30	1.12
03/05/2009 15:00	29.1	29.3	0	31.52	30	1.52
03/05/2009 15:30	29.9	29.3	0.6	31.93	30	1.93
03/05/2009 16:00	30.31	29.3	1.01	32.76	30	2.76
03/05/2009 16:30	30.71	29.3	1.41	33.17	30	3.17
03/05/2009 17:00	30.71	29.3	1.41	33.59	30	3.59
03/05/2009 17:30	31.12	29.3	1.82	33.59	30	3.59
03/05/2009 18:00	31.12	29.3	1.82	33.59	30	3.59
03/05/2009 18:30	30.71	29.3	1.41	33.59	30	3.59
03/05/2009 19:00	30.71	29.3	1.41	33.17	30	3.17
03/05/2009 19:30	30.71	29.3	1.41	32.76	30	2.76
03/05/2009 20:00	30.31	29.3	1.01	31.93	30	1.93
03/05/2009 20:30	30.31	29.3	1.01	31.52	30	1.52
03/05/2009 21:00	29.9	29.3	0.6	31.12	30	1.12

03/05/2009 21:30	29.9	29.3	0.6	30.71	30	0.71
03/05/2009 22:00	29.5	29.3	0.2	30.31	30	0.31
03/05/2009 22:30	29.5	29.3	0.2	29.5	30	0
03/05/2009 23:00	29.1	29.3	0	29.1	30	0
03/05/2009 23:30	29.1	29.3	0	28.7	30	0
04/05/2009 00:00	28.7	29.3	0	28.31	30	0
04/05/2009 00:30	28.7	29.3	0	27.91	30	0
04/05/2009 01:00	28.31	29.3	0	27.52	30	0
04/05/2009 01:30	27.91	29.3	0	27.12	30	0
04/05/2009 02:00	27.91	29.3	0	26.73	30	0
04/05/2009 02:30	27.52	29.3	0	26.73	30	0
04/05/2009 03:00	27.52	29.3	0	26.34	30	0
04/05/2009 03:30	27.12	29.3	0	25.95	30	0
04/05/2009 04:00	26.73	29.3	0	25.56	30	0
04/05/2009 04:30	26.73	29.3	0	25.56	30	0
04/05/2009 05:00	26.34	29.3	0	25.17	30	0
04/05/2009 05:30	26.34	29.3	0	25.17	30	0
04/05/2009 06:00	25.95	29.3	0	24.79	30	0
04/05/2009 06:30	25.95	29.3	0	24.4	30	0
		Grados hora	15.92		Grados hora	37.09
		Horas	7 1/2		Horas	8 1/2