

00164



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO
EN ARQUITECTURA

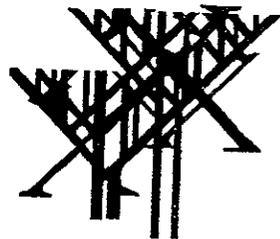
MODELO DE CALCULO TERMICO PARA EL AHORRO
DE ENERGIA EN LA EDIFICACION

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN ARQUITECTURA
T E C N O L O G I A
P R E S E N T A :
MANUEL RIVAS RAMIREZ



MEXICO, D. F.

2000



273462



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. José Diego Morales Ramírez

SINODALES:

Dr. David Morillón Gálvez

M en Arq. Francisco Reyna Gómez

M en Arq. Jeanine Da Costa B.

M en Arq. Jorge Rangel Dávalos

AGRADECIMIENTOS:

- En primer lugar al Dr. Diego Morales por su apoyo y dirección en la realización de este proyecto
- De forma especial a la Arq. Alma Rosa Mendoza por su apoyo y asesorías recibidas
 - Al Dr. Agustín Muhulia del Instituto de Geofísica por el préstamo de sus equipos
 - Agradezco a mis sinodales y profesores por todas sus enseñanzas a lo largo de mi estancia en el Posgrado
 - A la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad de realizar mis estudios de Posgrado
 - A la Fundación Telmex por la beca recibida

Especialmente dedicada a ti

INDICE	
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	10
CAPITULO 1	13
1.1. Planteamiento del Problema	14
1.2. Arquitectura Bioclimática	16
1.3. Marco Teórico	17
CAPITULO 2	21
2.1. Análisis de Tres Modelos de Simulación Térmica	22
2.1.1. Modelo de Sámano, Morales y Vázquez	22
2.1.2. Modelo de Raúl Reyes Reynoso	25
2.1.3. Modelo de Manuel de Anda y Flores	26
2.2. Determinación del Lugar de Estudio	30
2.2.1. Edificio de Oficinas	31
2.2.2. Casa Habitación	34
2.3. Descripción del Equipo de Medición	37
CAPITULO 3	39
3.1. Aplicación de los Tres Modelos de Simulación Térmica	40
3.2. Modelo de Calculo Térmico Propuesto	46
3.2.1. Ganancia de Calor Generada por los Ocupantes	47
3.2.1.1. Determinación del Area de Piel	47
3.2.1.2. Actividad Metabólica de los Usuarios	47
3.2.2. Calor Generado por Iluminación y Equipos	48
3.2.2.1 Calor Generado por la Iluminación	48
3.2.2.2 Calor Generado por Equipos y Motores Eléctricos	50
3.2.2.3 Calor Generado por Equipos de Combustión	51
3.2.3. Calor Generado por Conducción	51
3.2.3.1. Conducción a través de Muros	51
3.2.3.2. Conducción a través de Techos	51
3.2.3.3. Conducción a través de Ventanas	52
3.2.4. Calor Generado por Radiación Solar	54
3.2.5. Calor Generado por Infiltración	56
3.2.6. Calor Generado por Ventilación	57
3.2.7. Carga Total de Calor	57

CAPITULO 4	60
4.1. Análisis y Caracterización del Clima	61
4.2. Estimación de la Radiación Solar	64
CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	72
GLOSARIO	76
APÉNDICES	80
A. Aplicación de los Simuladores de Cálculo Térmico a los Casos de Estudio	
B. Datos Recabados de los Monitoreos	
C. Antecedentes Climáticos de la Ciudad de México	
D. Unidades de Medición y Factores de Conversión	

RESUMEN

En la actualidad es necesario establecer tecnologías alternativas en el diseño construcción y operación de las edificaciones, pues la calidad de vida de nuestras ciudades se ha ido degradando cada vez más. Esto es debido a la falta de formación en el estudio del comportamiento térmico de las edificaciones; así como a la adecuada interpretación por parte de los proyectistas de las condiciones climáticas de cierto lugar; motivo por el cual, durante la etapa de diseño se suelen ignorar los elementos climáticos y su repercusión en la edificación, recurriendo al uso de equipos de acondicionamiento térmico para superar las condiciones adversas, los cuales consumen grandes cantidades de energía. Al aumentar el consumo energético se incrementa la contaminación ambiental; pues nuestro sistema de energía se basa principalmente en la combustión de carburantes fósiles: lo que se está convirtiendo en un grave problema de contaminación. Así mismo, el país tiene problemas económicos para invertir en nuevos proyectos de infraestructura que permitan garantizar el suministro eléctrico en el futuro.

Por lo cual, no es posible seguir diseñando con los mismos criterios de hace años es necesario apoyarse en nuevas herramientas que nos permitan diseñar con mayor eficiencia y certidumbre. Razón por la cual, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) realiza estudios para la implementación de normas constructivas que regulen el consumo energético de las construcciones.

Como medio de evaluación de las condiciones de confort de los espacios de una edificación, se debe realizar un balance térmico a través de la aplicación de un modelo de simulación térmica; el cual permitirá conocer la cantidad de calor que se requiere retirar o suministrar en un momento dado. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es el de facilitar a los arquitectos, ingenieros o diseñadores relacionados con el campo de la construcción; un modelo de cálculo térmico para la edificación de tipo dinámico, que sea confiable, accesible y de sencilla aplicación; que

calcule las condiciones higrotérmicas de los espacios de una construcción, ya sea que esté en la etapa del anteproyecto o ya construido. De manera que se garanticen las condiciones de confort con un mínimo consumo energético.

Esta investigación se compone de tres partes fundamentales

- La primera de ellas abarca la selección de dos casos de estudio con diferentes características formales y técnicas, en los cuales se monitorearon las condiciones climáticas durante un periodo de tiempo representativo, con la intención de elegir dos días con características climáticas típicas, uno de ellos con el cielo predominantemente claro y el otro totalmente nublado; a fin de contar con información en diferentes condiciones
- La segunda parte, comprende el análisis y evaluación de tres modelos de simulación térmica al ser aplicados a los dos casos de estudio, con el propósito de determinar la eficiencia de cada uno de ellos
- La tercera y última parte se conforma con la caracterización del clima de la Ciudad de México, la descripción del modelo de cálculo térmico propuesto y su posterior evaluación bajo las mismas condiciones que los tres anteriores

El monitoreo de los espacios, se llevó a cabo mediante el uso de un piranómetro de radiación global conectado a un adquisidor de datos, un termohidrógrafo, dos termómetros de mercurio para mediciones de bulbo seco (uno en el interior y el otro en el exterior) y un anemómetro. Para la caracterización del clima de la ciudad se recabó información del Instituto Meteorológico de Tacubaya, de la Estación Meteorológica de San Gregorio Atlapulco y de la Escuela Nacional Preparatoria No. 1 de la U.N.A.M.

De la aplicación de los modelos existentes, se concluyó: que a pesar de que cada uno de ellos considera elementos climáticos semejantes (pero no iguales), ninguno de

ellos logra seguir fielmente la temperatura registrada con el termohidrógrafo. sin embargo los resultados obtenidos son aceptables desde el punto de vista práctico

El modelo propuesto se fundamentó principalmente con las aportaciones científicas de los modelos analizados anteriormente y de otras fuentes de información. Es importante comentar el hecho de que aunque el modelo propuesto obtuvo mejores resultados que los otros tres, el proceso de aplicación resultó ser el más complejo, sin embargo, utilizando este documento como guía práctica, o utilizando una hoja de cálculo, la aplicación del modelo resulta ser sumamente fácil,

rápida y fiable, teniendo la posibilidad de probar diferentes alternativas del proyecto respecto a orientación de los vanos, dimensiones de los espacios, materiales de construcción etc y obtener resultados de manera casi instantánea.

Para concluir, dado que cada vez es más necesario aprovechar los recursos naturales en la construcción y mantenimiento de inmuebles en el país, considero que en un futuro próximo éste trabajo puede ser utilizado como un método de consulta práctico para realizar balances térmicos

INTRODUCCIÓN

Ante el final del presente siglo y albores del siguiente, México se debate entre la necesidad de progresar y el retraso cultural que le ocasiona el copiar frecuentemente lenguajes arquitectónicos ajenos a su realidad, modas extranjeras que supuestamente son símbolo de "modernidad"; las cuales, agreden al medio natural y cultural del país. Cada día nos percatamos de que en nuestras ciudades se va degradando la calidad de vida y que es necesario proteger nuestro medio ambiente a través de la recuperación de la calidad del agua, del aire y de la tierra.

La crisis existente entre el hombre y el ecosistema, exige enfrentar nuevas responsabilidades y una preparación especializada de los proyectistas; pues la mayor parte de éstos, carecen de una visión cultural entre las leyes bioambientales y la forma de diseñar. Tan solo el hecho de lograr la identificación de la arquitectura con las características climáticas, históricas y económicas de cada región; permitirá el rescate de la diversidad cultural de los pueblos.

Los ecosistemas funcionan gracias a la energía de los rayos solares, que son usados por las plantas a través del proceso de fotosíntesis, convirtiendo éstos en energía bioquímica, llamados nutrientes; y que se encuentran en forma de carbohidratos, carbonos y otros componentes. Todo el sistema funciona debido a un proceso cíclico, que está debidamente balanceado, y que en caso de haber alguna alteración, ésta se traducirá en el calentamiento de la tierra, desecación de la corteza terrestre en algunas partes y tormentas en otras, formando ríos que en su cauce arrastrarán materiales a grandes distancias, vanando la cantidad de nutrientes en la tierra y en el agua; dando lugar a grandes problemas para la supervivencia del hombre.

Por lo que no es posible seguir diseñando edificaciones con los mismos criterios de hace años, pues los requerimientos y estilos de vida actuales han cambiado; por lo que apoyarse en experiencias anteriores ya no es

suficiente. Es necesario buscar nuevas herramientas que nos permitan trabajar con mayor eficiencia y certidumbre.

Uno de los problemas al que se enfrentan los arquitectos, es la falta de formación en el estudio del comportamiento térmico de las edificaciones; así como a la adecuada interpretación de las condiciones climáticas de cierto lugar. Motivo por el cual, durante la etapa de diseño el proyectista suele ignorar los elementos climáticos y su repercusión en la edificación. Recurriendo al uso de equipos de acondicionamiento térmico para superar las condiciones adversas.¹

Al aumentar el consumo energético se incrementa la contaminación ambiental, pues el sistema de energía actual se basa en la combustión de carburantes fósiles; lo que se está convirtiendo en un grave problema de contaminación a nivel mundial. Así mismo, el país tiene graves problemas económicos para invertir en nuevos proyectos de infraestructura eléctrica que permitan garantizar el suministro eléctrico en el futuro.

El término de "Diseño Bioclimático" fue utilizado por primera vez en 1963 por los hermanos Olgay, con el propósito de enfatizar los vínculos y múltiples interrelaciones entre la vida, el clima y el diseño arquitectónico. Siendo uno de los objetivos de la arquitectura bioclimática el proporcionar espacios eficientes y confortables al servicio del hombre, para que pueda realizar sus actividades de manera óptima.

La arquitectura es un fenómeno que incluye prácticamente todos los campos de la actividad humana; sin embargo, la última mitad del siglo XX se ha caracterizado por un mayor interés en el aspecto económico de las construcciones, que por la producción de lugares habitables.² Dando como resultado el descuido de los aspectos humanos y ambien-

¹ ORTEGA Alma *Metodología de Cálculo Térmico*, U.A.M., México, 1995

² ALVAR Alto. *The Humanizing of Architecture*, U.S.A., 1963

tales del quehacer arquitectónico, por ello, es valioso el acercamiento al diseño y a la construcción de espacios que correspondan a las necesidades arquitectónicas, ambientales, culturales y sociales del país

Por lo tanto, como arquitectos preocupados por el diseño de espacios arquitectónicos adecuados, es nuestra responsabilidad considerar desde la etapa del anteproyecto el empleo de fuentes alternas de energía, desarrollando acciones integradas al entorno natural, de forma tal que satisfagan las necesidades presentes del hombre y disminuyan el consumo energético, la explotación excesiva de los recursos naturales y por ende la contaminación ambiental.

En consideración a lo anteriormente expuesto, es necesario establecer tecnologías alternativas en el diseño, construcción y mantenimiento de los edificios; siendo necesario para el mejoramiento energético, ambiental, social y económico del país. No debemos esperar a tener una prueba más tangible de los efectos nocivos de la contaminación en el medio ambiente, sino que hay que actuar ahora, a fin de revertir las condiciones y efectos actuales. De esta manera, se podrán dar las condiciones propicias para asegurar que las futuras generaciones puedan a su vez satisfacer sus propias necesidades, logrando la permanencia de los recursos de nuestro planeta y el mejoramiento de las condiciones ambientales y de la calidad de vida.

CAPITULO 1

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es innegable que vivimos uno de los momentos más extraordinarios del planeta, debido a la gran cantidad de conocimientos e inventos, así como al fácil acceso a la información, siendo todo esto posible gracias a los avances tecnológicos de las últimas décadas. Es como si el planeta estuviera en una emocionante y fascinante carrera, la cual se mueve cada vez a mayor velocidad; impidiendo que estemos totalmente conscientes de lo que en realidad está sucediendo.

El precio que el hombre está pagando por este progreso apresurado, por la ambición de poder y acumulación de bienes materiales, tiene un costo bastante alto; el cual no es solo económico, sino también energético, ambiental, social y de salud de la humanidad, lo que está poniendo a la

vida misma ante la enorme posibilidad de extinguirse, debido a las siguientes causas.

- El calentamiento global
- La destrucción de la capa de ozono.
- La deforestación y el detrimento de los suelos de cultivo
- La devastación de los ecosistemas y como consecuencia la pérdida de la biodiversidad.
- La falta de tecnología para el manejo de residuos peligrosos.
- La contaminación del aire, del agua y del suelo.

De tal manera que se está perdiendo el equilibrio del ciclo natural del planeta, ya que por una parte consumimos los recursos naturales a gran velocidad, y por la otra lo contaminamos con enormes cantidades de materiales y desechos de difícil degradación.

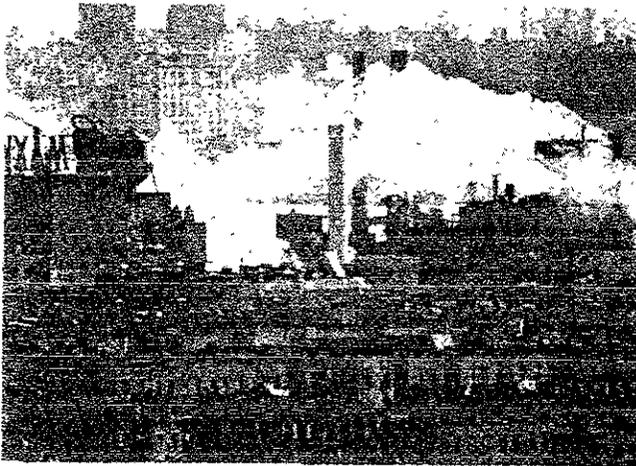


Figura 1.1 Ejemplo de contaminación en las grandes ciudades

Es un hecho que la evolución de la humanidad está indisolublemente ligada a la utilización de la energía en sus diversas formas como un medio para realizar más fácilmente su trabajo. Desde la antigüedad cada vez que el hombre ha encontrado una

nueva fuente de energía o creado un proceso distinto para aprovecharla; se han dado grandes avances tecnológicos.

La mayor parte de la energía que se consume en el mundo se obtiene de la com-

bustión de las reservas fósiles de carbón y petróleo. Durante años, la política de precios bajos de los hidrocarburos había desalentado el uso de otros recursos energéticos y propiciado el consumo excesivo de energía;

sin embargo, ésta situación tiende a cambiar debido a las políticas de los mercados internacionales y el desmedido proceso inflacionario de los combustibles, pues éstos se agotarán dentro de algunas décadas.



Figura 1.2. Excesiva extracción de energéticos fósiles

Actualmente en nuestro país, la electricidad es el principal recurso energético que se consume en las edificaciones. Este recurso es obtenido mediante el movimiento de enormes generadores que son impulsados por alguna de las siguientes fuentes energéticas: Geotérmica 0.3%, Nuclear 17%, Hidráulica 18% y Fósil 64.7% (ver gráfica 1.1).¹

Siendo ésta última una de las más perjudiciales, debido a las alteraciones climáticas que provoca la excesiva emisión de gases a la atmósfera producto de la combustión del: carbón, petróleo, combustóleo, etc

En estudios realizados en el año de 1996 acerca de las reservas de recursos fósiles en México, se concluyó que al ritmo

de extracción actual el petróleo crudo se agotará aproximadamente dentro de 35 años, el gas en 60 y el carbón en algunos cientos de años más. Por lo que los precios de éstos recursos aumentarán, aun en el caso de que se mejoren las técnicas de extracción y exploración.²

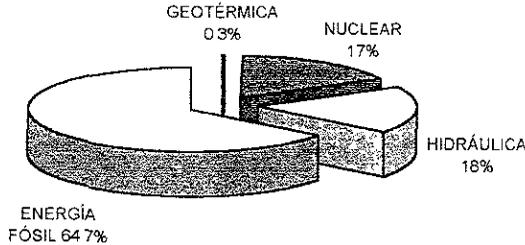
En los censos realizados en la Ciudad de México en el año de 1996, se determinó que la demanda energética del sector residencial representó el 20.86% de la energía total consumida en el país. Teniendo un crecimiento promedio anual de 9.27%, desde el año de 1970 a la fecha; de continuar con esta tendencia se prevé que la demanda aumentará en más del doble para el año 2010.³

² MARTÍNEZ Manuel, *Evaluación Económica de Sistemas Solares*, Notas al Curso de Actualización en Energía Solar, Morelos, México, 1994, pag. 351 - 364

³ INEGI, <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdi.exe>, México, 1998

¹ INEGI, <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdi.exe>, México, 1998.

CONSUMO DE ENERGÍA PARA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD



Gráfica 1.1 Diversos tipos de energía utilizados para la producción de electricidad en México

Lo cual será sumamente difícil y costoso el poder cubrir tal demanda de energía en el futuro, debido a las dificultades financieras por las que atraviesa el país desde las últimas dos décadas

La mayoría de los diferentes géneros de edificaciones en México, consumen grandes cantidades de energía (gas y electricidad principalmente), para calentar, enfriar, ventilar y deshumidificar los diversos espacios. Siendo que todos estos requerimientos pueden ser satisfechos en gran medida, a partir del uso adecuado de los diferentes tipos de energía natural renovable (energía solar, eólica, marina, etc.). Por lo que no es posible seguir diseñando edificaciones con los mismos criterios de hace años, es necesario buscar nuevas herramientas que nos permitan diseñar con mayor eficiencia y certidumbre

Como lo menciona Ortega "...el objetivo fundamental de la arquitectura es proporcionar espacios: habitables, saludables, económicos y confortables para el hombre, con la finalidad de que pueda desarrollar todas sus actividades de manera óptima. Sin embargo, este objetivo no se llega a cumplir en muchas ocasiones, lo que en principio demuestra que se ha dejado de cumplir la función esencial..." " es común observar

que el tipo de arquitectura que se emplea en lugares cercanos a la costa, es el mismo que se usa en el altiplano de nuestro país. Además de que se han creado falsas necesidades ambientales, en las que se evita la interacción de las edificaciones con el exterior, limitándolas a la utilización de equipos de acondicionamiento térmico que consumen grandes cantidades de electricidad."⁴

Ante las condiciones climáticas y de insolación del país, es viable la utilización de la tecnología de la arquitectura bioclimática (climatización natural); por lo que su conocimiento y aprovechamiento es sumamente importante. Con lo cual, se reduciría significativamente la alta dependencia energética de los combustibles fósiles, así como la disminución de la excesiva emisión de contaminantes al medio ambiente.

1.2. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

El término de "Diseño Bioclimático" fue utilizado por primera vez en 1963 por los hermanos Olgay, con el propósito de enfatizar los vínculos y múltiples interrelaciones entre la vida, el clima y el diseño arquitectónico

⁴ ORTEGA Alma *Metodología de Calculo Térmico*, U A M , México, 1995

nico El hecho de considerar el clima en donde se ubica la edificación como un recurso para lograr condiciones de confort cercanas a las ideales, redundará en el ahorro de recursos naturales, energéticos y económicos

En su afán por dominar la naturaleza, el ser humano utiliza los recursos naturales de su alrededor para construir máquinas y artefactos que le permitan vivir en casi cualquier parte del planeta; sin embargo, a perdido el sentido de adaptarse al medio natural, haciendo del clima un aliado y no un enemigo

El clima de un lugar se define como la integración de los estados físicos del ambiente atmosférico, pudiendo ser de dos clases: unos son constantes y otros variables. De entre los primeros destacan la latitud (factor que determina la duración del día así como la intensidad de la insolación a lo largo del año), altitud, distancia al mar, relieve, naturaleza del suelo, vegetación, etc.; los cuales influyen en la temperatura del lugar; de entre el segundo grupo se encuentra: la temperatura, precipitación pluvial, presión atmosférica, radiación solar, nubosidad, humedad del aire, velocidad y dirección del viento, etc

Dado que la arquitectura bioclimática utiliza los elementos que conforman el clima como materia prima para poder proporcionar las condiciones de confort a los usuarios de una edificación, es necesario determinar los parámetros físicos con los que el organismo del hombre funciona con un mínimo gasto de energía. En situaciones normales, la cantidad de calor que el cuerpo humano recibe o genera debe ser igual en el corto o mediano plazo a la cantidad de calor que elimina, pues si este balance no se llegara a dar, esto implicaría que se estaría calentando o enfriando de manera notable, dañándose órganos vitales para su supervivencia.

Es conveniente señalar que aun cuando en determinada situación una persona está en equilibrio térmico, esto no significa que también esté dentro de los niveles de confort, pues si la temperatura es excesivamente alta, un individuo podría bajar la temperatura de su cuerpo por medio de la transpiración para llegar al equilibrio térmico, sin embargo esto no quiere decir que sienta condiciones de confort.⁵

En estudios realizados con anterioridad se ha determinado que la temperatura de comodidad para el hombre fluctúa entre los 21.0 y los 27.0 °C.; y la humedad relativa puede variar del 25 al 70%. Es difícil definir un valor único de temperatura y humedad en el que toda la gente se sienta confortable, sin embargo éstos valores han sido aceptados como los promedio.

1.3. MARCO TEORICO

Ya que las condiciones climáticas varían de un lugar a otro, afectando el comportamiento higrotérmico interno de las edificaciones, es necesario disponer de criterios precisos para realizar cálculos térmicos, los cuales, según García Chávez no se disponen en México⁶

En sus más recientes investigaciones, el Dr. García se ha dedicado a la determinación gráfica de las condiciones higrotérmicas por regiones de la República Mexicana; representando dichos valores a través de isotermas horarias, con el fin de que éstas sean consultadas por el proyectista al momento de diseñar. A pesar de que el objetivo de dicha investigación es una herramienta de diseño que permitiría solucionar parte de la problemática comentada al inicio de este capítulo; considero por un

⁵ SÁMANO y Coautores *Metodología para el Diseño Térmico de Edificios* Memorias Anes, 1994, pag: 220 - 224

⁶ GARCÍA José *Análisis Higrotérmico para Definir Rangos de Confort en Aplicaciones de Diseño Bioclimático en México* Memorias ANES, Hermosillo Sonora, 1994, pag: 195 - 198.

lado que la representación de dichas gráficas es confusa, lo que dificulta la interpretación de la información meteorológica. Y por el otro lado, pienso que el proyectista debe de caracterizar el mismo el tipo de clima de la región en la que pretende diseñar, a fin de que comprenda los efectos que producirá el clima al interactuar con el edificio; de manera que este pueda proponer la estrategia de diseño más adecuada al proyecto. Así mismo, como dice Guillermo de la Paz: "No se deben utilizar referencias de información climática de otras regiones, es muy común cometer el error de utilizar tablas o gráficos confeccionados con datos climáticos de una localidad para realizar cálculos y análisis de diseño bioclimático en espacios habitables de otra región, aunque estén en ubicaciones relativamente próximas..."⁷

Por otra parte, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) con el apoyo de asociaciones de indole internacional, realizan estudios para la implementación de normas constructivas que regulen el consumo energético de las construcciones en los países subdesarrollados. Dentro de su programa de normalización, la CONAE tiene planeado el elaborar el proyecto de Norma Oficial Mexicana (NOM) de eficiencia energética en la edificación; cuyo objetivo es el de limitar las ganancias de calor que se dan a través de la envolvente del espacio, a manera de racionalizar el uso de energía consumida por los sistemas de acondicionamiento térmico. Las normas sobre eficiencia energética para la edificación son:

- NOM-008-ENER-1997 "Eficiencia energética en edificios no residenciales."
- NOM-020-ENER-1997 "Eficiencia energética en edificaciones para uso habitacional."⁸

Por lo que en un futuro próximo, el cumplimiento de dichas normas será obligatorio para la autorización de nuevos proyectos arquitectónicos

A pesar de que en la actualidad existe una importante cantidad de literatura, así como la impartición de cursos en varias universidades del país, relacionados con la utilización y el aprovechamiento tanto del clima como de sistemas alternos de energía renovable, en la mayoría de los proyectos éstos conocimientos no son aplicados por los diseñadores. Esto es debido por una parte probablemente al hecho de que los diseñadores suelen copiar estilos arquitectónicos (para estar a la "moda") de otros países con diferentes situaciones sociales y económicas, y a las estrategias de mercadotecnia de empresas dedicadas al acondicionamiento térmico artificial. Y por la otra parte, a la dificultad que tiene el proyectista para valorar el resultado térmico que se obtendrá con el uso de estrategias de diseño bioclimático; pues como dice Sámano: "No basta con decir que si se abre una ventana al sur, captará la energía solar en forma de calor durante el invierno; habrá que especificar cuanta energía se capta y cual es la temperatura que se alcanzará..."⁹

Actualmente existen en el mercado varios paquetes de programas de cómputo entre los que resaltan: el DOE2, el TRANSYS, SUNCODE, ESP-r, etc.; que permiten realizar simulaciones de las condiciones térmicas interiores de una edificación. Algunos de los cuales han sido evaluados con base en los resultados obtenidos tras la medición de las condiciones internas de una edificación, obteniendo resultados aceptables.¹⁰ Sin embargo, a mi parecer existen

⁹ SÁMANO y Coautores. *Metodología para el Diseño Térmico de Edificios*. Notas del Curso de Actualización en Energía Solar, Morelos, México, 1994, pag. 220 - 223.

¹⁰ FERNÁNDEZ Alfredo y MORALES Diego. *Evaluación y Comparación de Tres Métodos Distintos de Simulación Térmica con base en los Resultados Obtenidos tras la Medición de Parámetros Interiores en Tres Puntos Distintos de una*

⁷ DE LA PAZ P y RIVERO V. *Condiciones Climáticas Locales en el Diseño Sustentable Radiación Solar* Memorias ANES, Veracruz, 1996, pag. 125 - 128

⁸ Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, <http://www.conae.gob.mx>

ciertas limitaciones en el uso de dichos programas, como por ejemplo:

- El hecho de que requieren de mucha información meteorológica y técnica del proyecto, a fin de definir las variables de los datos de entrada.
- Requiere de un conocimiento detallado y profundo del programa (regularmente con manuales en Inglés).
- Establecer en las bases de datos del programa las equivalencias de las propiedades técnicas de los materiales de construcción utilizados en el país de origen del programa y los materiales de construcción utilizados en el nuestro.
- Se requiere contar con computadoras poderosas para el uso rápido y eficiente de los programas.
- Considerar el costo de la licencia de uso del programa.

Con toda esta serie de requerimientos o inconvenientes es muy posible que solo pocas personas tengan acceso a este tipo de herramientas, teniendo que subcontratar los servicios de empresas especializadas en el campo; con lo que se encarecerán aun más los proyectos, reduciéndose el campo de trabajo del arquitecto. Por lo que resulta muy conveniente el tener a la mano un modelo de simulación térmica de fácil acceso y sencilla aplicación.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo, es el de proveer a los arquitectos, ingenieros o profesionistas relacionados con el campo de la construcción; un modelo de cálculo térmico para la edificación de tipo dinámico (es decir, que calcule hora tras hora el flujo interno de calor en la edificación), que sea de fácil aplicación, con resultados confiables y accesible para cualquier profesional del diseño arquitectónico; lo que les permitirá calcular las condiciones higrotérmicas de los espacios tanto en edificios construidos como en la etapa de anteproyecto. Como un medio para garantizar las

condiciones de confort con un mínimo consumo energético y que cumpla con las normas de eficiencia energética requeridas por la CONAE

Es por esto, que como arquitectos preocupados por el diseño de espacios arquitectónicos adecuados y el ahorro energético, es nuestra responsabilidad considerar desde la etapa del anteproyecto, el empleo de fuentes alternas de energía, desarrollando acciones integradas al entorno natural, de forma tal que se satisfagan las necesidades presentes del hombre y se disminuya el consumo energético, la explotación excesiva de los recursos naturales y por ende la contaminación ambiental.

La selección del método de investigación a utilizar en este trabajo, se basó en lo que dice Kellinger (1975) "La elección de una metodología de investigación no puede ser considerada como algo de poca importancia, ya que la validez y seriedad de los resultados que se obtengan dependerán en gran medida del método de investigación que se utilice".¹¹ Por lo que debido a su importancia y ventajas sobre otros métodos del conocimiento, este trabajo se fundamentará en la investigación científica, ya que resulta ser más cuidadosa y rigurosa que otros procedimientos de búsqueda; pues el uso de este método implica disciplina constante sin dejar hechos a la casualidad, basándose en fenómenos observables de la realidad; los cuales, va juzgando de manera objetiva para ir eliminando preferencias personales o juicios de valor del investigador.

Como soporte de la investigación y de acuerdo a lo planteado en el objetivo, propongo las siguientes hipótesis como soluciones a ser verificadas:

- El hecho contemplar todas las variables físicas y climáticas que influyen en las condiciones térmicas interiores de una edi-

Edificación. Memorias ANES, Veracruz, México, 1996, pag: 171

¹¹ HERNÁNDEZ Roberto y Coautores *Metodología de la Investigación* Edit. Mc Graw-Hill, México, 1991, pag. 54 - 103

ficación, será posible elaborar un modelo de simulación térmica de resultados fiables.

- Al aplicar el modelo de cálculo térmico propuesto a un proyecto dado, se detectarán las deficiencias térmicas de la envolvente del espacio, permitiendo valorar diversas soluciones y seleccionar aquella que sea más económica y que garantice las condiciones de confort

Este trabajo persigue la investigación básica y la aplicada; entendiendo la primera como el análisis de estudios realizados con anterioridad con respecto a los fenómenos climáticos del planeta, su utilización y aprovechamiento como solución natural a la mayoría de los problemas térmicos en las edificaciones, así como el análisis de tres modelos de simulación térmica, a fin de conocer sus mecanismos de funcionamiento.

La investigación aplicada (etapa experimental) se compone de dos partes fundamentales: la primera de ellas pretende la selección del espacio típico de dos diferentes tipos de edificación que se encuentren ubicados en la Ciudad de México, los cuales serán monitoreados higrotérmicamente durante un periodo de tiempo; la información obtenida será procesada para determinar dos días representativos de la muestra (uno de ellos con cielo predominantemente claro y el otro totalmente nublado), a fin de contar con casos de diferentes condiciones climáticas

La segunda y última se conforma con la caracterización del clima de la Ciudad de México; la descripción del modelo propuesto y su aplicación a los casos de estudio con la finalidad de determinar su eficiencia y facilidad de uso.

CAPITULO 2

2.1. ANÁLISIS DE TRES MODELOS DE SIMULACIÓN TÉRMICA

Durante las décadas de los años sesenta y setenta el diseño industrial causaba sensación a partir de las secuencias planificadas dentro de la tradición industrial, dando inicio a un gran auge en la proposición y discusión de los métodos de diseño; lo cual, impactó notablemente la formación académica de un sin número de arquitectos e impulso el desarrollo de nuevas metodologías de diseño arquitectónico que buscaban encontrar soluciones secuenciales y lógicas que permitieran disminuir la importancia de la conocida "caja negra" e incluso convertirla en una caja transparente.¹

Siendo el caso del modelo de simulación térmica que se pretende elaborar, éste será diseñado de manera que su aplicación sea sencilla y ordenada, con acciones consecutivas de forma lógica. Dicho modelo no tiene por que empezar desde cero, sino que se pretende iniciar su planteamiento a partir de las experiencias de otros investigadores con modelos similares, en donde se analizarán sus procedimientos, mecanismos de funcionamiento y resultados de cada una de ellos, mediante su aplicación al caso de estudio de la casa habitación.

2.1.1. MODELO DE CALCULO TÉRMICO DE SÁMANO, MORALES Y VÁZQUEZ

El modelo de calculo se compone de la suma algebraica de las ganancias y pérdidas de calor (sensible y latente)² debidas a:

Calor producidos por los ocupantes

$$Q_{mets} = q_{sen} * N \text{ per}$$

$$Q_{metl} = q_{lat} * N \text{ per}$$

en donde

Q_{mets}	Ganancia de calor sensible por ocupantes (watts)
Q_{metl}	Ganancia de calor latente por ocupantes (watts)
q_{sen}	Calor sensible que disipa el cuerpo (watts)
q_{lat}	Calor latente que disipa el cuerpo (watts)
$N \text{ per}$	Número de personas que desarrollan la misma actividad

Calor producido por iluminación y equipos eléctricos

$$Q_{light} = Q_{ilum} + Q_{equip}$$

en donde

Q_{light}	Calor total producido por equipos (watts)
Q_{ilum}	Calor producido por la iluminación (watts)
Q_{equip}	Calor producido por los equipos eléctricos (watts)

Ganancia o pérdida por conducción

$$Q_{condm} = U_m \times A_m \times (T_{amb} - T_{int})$$

en donde

Q_{condm}	Conducción a través de muros (watts)
U_m	Coefficiente global de transferencia de calor en muros ($w / m^2 \text{ } ^\circ C$)
A_m	Area del muro analizado (m^2)
T_{amb}	Temperatura ambiente ($^\circ C$)
T_{int}	Temperatura interior ($^\circ C$)

Nota: En caso de que el muro analizado esté irradiado solarmente a la hora de estudio, la (T_{amb}) deberá ser sustituida por la ($T_{sol/aire}$)

$$Q_{condt} = U_t \times A_t \times (T_{amb} - T_{int})$$

en donde

Q_{condt}	Conducción a través de techos (watts)
U_t	Coefficiente global de transferencia de calor en techos ($w / m^2 \text{ } ^\circ C$)
A_t	Area del techo analizado (m^2)
T_{amb}	Temperatura ambiente ($^\circ C$)
T_{int}	Temperatura interior ($^\circ C$)

Nota: En caso de que el techo analizado esté irradiado solarmente a la hora de estudio, la (T_{amb}) deberá ser sustituida por la ($T_{sol/aire}$)

¹ FUENTES Victor y RODRÍGUEZ Manuel. *Hacia una Metodología en el Diseño Bioclimático*. Memorias del curso Hacia un Desarrollo Sustentable del Habitat Construido, U.A.M., 1998, pag. 53

² MORALES Diego. *Apuntes del Curso de Sistemas Pasivos de Climatización*. Posgrado de la Facultad de Arquitectura U.N.A.M., 1997

$$Q \text{ condv} = U_v \times A_v \times (T \text{ amb} - T \text{ int})$$

en donde

Q condv	Conducción a través de ventanas (watts)
U _v	Coefficiente global de transferencia de calor en ventanas (w / m ² °C).
A _v	Area de la ventana analizada (m ²)
T amb	Temperatura ambiente (°C).
T int	Temperatura interior (°C)

Nota En caso de que la ventana analizada esté irradiada solarmente a la hora de estudio, la (T amb) deberá ser sustituida por la (T sol/aire)

en donde

CT = U x (T int - T amb)	
T _i	Temperatura superficial interior (°C)
T _e	Temperatura superficial exterior (°C)
T int	Temperatura interior.
CT	Calor Transmitido por el elemento (w / m ²)
h _i	Coefficiente de convección interior para aire quieto (w / m ² °C)
T amb:	Temperatura ambiente
h _e	Coefficiente de convección del aire exterior (w / m ² °C)
U	Coefficiente global de transferencia de calor

Calor producido por radiación solar directa

$$Q \text{ shg} = A_v \times H_t \times F_c$$

en donde

Q shg:	Ganancia de calor por radiación directa (watts).
A _v .	Area de la ventana (m ²).
H _t	Radiación incidente sobre una superficie horizontal
F _c	Fracción de radiación solar que pasa por la ventana debido a la transmitancia del vidrio

$$U = \frac{1}{1 / h_e + e_1 / k_1 + e_2 / k_2 + 1 / h_i + 1 / a}$$

en donde:

U	Coefficiente global de transferencia de calor (w / hr m ² °C).
h _e	Coefficiente de convección del aire exterior (w / m ² °C)
h _i	Coefficiente de convección interior para aire quieto (w / m ² °C).
k ₁	Conductividad térmica del primer material
e ₁	Espesor del primer material.
a.	Coefficiente de transmisión de calor del aire por convección (cámara de aire vertical u horizontal)

Quando se realizan las consideraciones de ganancias de calor, se debe conocer la temperatura del exterior y de ser posible las de los locales vecinos, para saber si el espacio a acondicionar tendrá ganancias o pérdidas de calor. El cálculo de la temperatura de la superficie tanto exterior como interior de la envolvente, se realiza con el uso de las siguientes fórmulas:

Superficie interior
 $T_i = T \text{ int} - (CT / h_i)$

Superficie exterior
 $T_e = T \text{ amb} + (CT / h_e)$

Calor producido por infiltración

$$Q_{\text{infs}} = [0.278 * Vol * Camb * \rho * C_{pa} * (T_{\text{amb}} - T_{\text{cto}})]$$

$$Q_{\text{infi}} = [0.278 * Vol * Camb * \rho * H_{\text{vap}} * (W_{\text{amb}} - W_{\text{cto}})]$$

en donde:

Q _{infs} :	Ganancia o pérdida de calor sensible (watts).
Q _{infi} :	Ganancia o pérdida de calor latente (watts).
0.278	Coefficiente para transformar unidades de kilojoules a watts
Vol	Volumen de aire del cuarto (m ³ / hr).
Camb	Cambios de aire debidos a la infiltración (m ³).
ρ.	Densidad del aire (kg. /m ³).
C _{pa}	Calor Especifico del Aire (kj / °C kg.)
T amb	Temperatura ambiente (°K).
T cto	Temperatura interior (°K).
H _{vap} .	Calor latente de vaporización (kj / kg.)
W amb.	Presión de la mezcla de vapor de agua y aire seco exterior (gramos de agua / kg. A.S.)
W cto:	Presión de la mezcla de vapor de agua y aire seco interior (gramos de agua / kg. A.S.)

Calor producido por ventilación

$$Q_{\text{vents}} = 0.278 * \rho * C_{pa} * G * (T \text{ amb} - T \text{ cto})$$

$$Q_{\text{venti}} = 0.278 * \rho * H_{\text{vap}} * G * (W \text{ amb} - W \text{ cto})$$

en donde

Qvents	Ganancia o pérdida de calor sensible al cuarto (watts)
Qventl	Ganancia o pérdida de calor latente al cuarto (watts).
0,278	Coefficiente para transformar unidades de kilojoules a watts
ρ	Densidad del aire (kg /m ³).
Cpa	Calor Especifico del Aire (kj / °C kg)
G	Flujo de aire (m ³ / h) $G = (Cv * A * v) * 3600$.
Cv	Efectividad de abertura de la ventana 0.55 - 0.65 para viento perpendicular a la ventana, 0.25 - 0.35 para viento oblicuo a la ventana
A	Area de la abertura de la ventana (m ²)
v	Velocidad promedio del viento (m/seg)
T amb	Temperatura ambiente (°k).
T cto	Temperatura interior (°k).
Hvap.	Calor latente de vaporización (kj / kg)
W amb	Presión de la mezcla de vapor de agua y aire seco exterior (gramos de agua / kg A S)
W cto	Presión de la mezcla de vapor de agua y aire seco interior (gramos de agua / kg A S.)

Nota Los valores de la mezcla de vapor de agua y aire seco tanto interior como exterior, se obtienen al referir los valores de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, (interior y exterior) en la carta psicrométrica

Para considerar el efecto de la radiación emitida y reflejada por los muros o superficies cercanas al edificio que afectan la temperatura del aire circundante al edificio, y por consiguiente el cálculo de la carga térmica de los muros, cubiertas, etc.; se recomienda utilizar el concepto de la temperatura "sol-aire", que substituye a la temperatura del aire exterior (T amb) de diseño.

$$T_{sa} = T_{amb} + (\alpha * H_t / h_o) + (\epsilon * DR / h_o)$$

en donde

T _{sa}	Temperatura sol-aire (°k).
T _{amb}	Temperatura ambiental (°k)
α	Absortancia de la superficie.
H _t	Radiación solar incidente sobre la superficie horizontal (watts).
h _o	Coefficiente de transferencia de calor por convección y radiación.
ϵ :	Emitancia de la superficie
DR.	"Diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre la superficie que proviene del cielo y medio ambiente y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior" se sugiere usar DR = 0, para superficies verticales; para superficies horizontales o

inclinadas es necesario calcular su valor (w / m²°k) (Definición del ASHRAE)

$$DR = \sigma * [((1 + \cos SLP) / 2) * (T_{sky}^4 - T_{amb}^4) + ((1 - \cos SLP) / 2) * (T_{surr}^4 - T_{amb}^4)]$$

en donde

DR	"Diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre la superficie que proviene del cielo y medio ambiente y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior" (w / m ² °k) (Definición del ASHRAE)
σ	Constante Stefan-Boltzman (5 669 E ⁻⁸ w / hr m ² °k ⁴)
SLP	Angulo de inclinación de la superficie con respecto a la horizontal (Slope)
T _{amb}	Temperatura ambiental (°k)
T _{sky}	Temperatura del cielo (T sky = 0.0552 * T amb ^{1.5}). (°k)
T _{surr}	Temperatura de los alrededores T _{surr} = T _{amb} + 10° k, para predominancia de pisos artificiales. (°k) T _{surr} = T _{amb} , para predominancia de pisos naturales (°k)

$$h_o = h_w + h_{ir}$$

en donde:

h _o .	Coefficiente de convección y radiación (w / m ² °k)
h _w	Coefficiente de convección (w / m ² °k)
h _{ir}	Coefficiente de radiación (w / m ² °k)

$$h_w = (32.7 + 13.7 * w) / 3.6$$

en donde

h _w	Coefficiente de convección (w / m ² °k)
w	Velocidad del aire exterior (m / seg)

$$h_{ir} = 4 \sigma \epsilon T^3$$

en donde

h _{ir} :	Coefficiente de radiación (w / m ² °k)
σ :	Constante Stefan-Boltzman (5 669 E ⁻⁸ w / hr m ² °K ⁴)
ϵ :	Emitancia de la superficie
T:	Temperatura (T amb+ T prom pared + 273.15)

Una vez terminado con todas las consideraciones de ganancias térmicas, se

procede a la suma de todas las cargas o pérdidas de calor sensible y latente.

$$Q_{load} = Q_{sens} + Q_{latt}$$

en donde,

Q_{load} Carga total.
 Q_{sens} Calor sensible total.
 Q_{latt} Calor latente total

Obteniendo el valor de la carga total, se estima a continuación la capacitancia de los materiales constructivos de la envolvente en conjunto, como almacenamiento térmico

$$CAPA = (Mm * Ce) / 3.6$$

en donde

CAPA Capacitancia total (watts)
 Mm Masa de los materiales de construcción (kg)
 Ce Calor específico de los materiales (kJ / °C)
 3.6 Coeficiente para cambio de unidades de kJ a watts

El cálculo de la temperatura interior del cuarto, inicia con los valores de capacitancia térmica del cuarto a partir de la temperatura anterior del cuarto a la hora analizada

$$T_{cuarto}(t) = T_{cuarto}(t-1) + (Q_{load} / CAPAC)$$

en donde

$T_{cuarto}(t)$ Temperatura del cuarto (°C)
 $T_{cuarto}(t-1)$ Temperatura del cuarto del cálculo anterior a la hora analizada (°C)
 Q_{load} : Carga total (watts).
 CAPAC Capacitancia de los materiales de construcción del local analizado (w / °C)

2.1.2. MODELO DE CALCULO TÉRMICO DE RAÚL REYES REYNOSO

Como primer paso, se determinan cuales serán las temperaturas interiores de diseño tanto para el verano como para el invierno. El siguiente paso, consiste en obtener los registros meteorológicos del lugar, en intervalos mínimos de cada cuatro horas; en caso de no contar con dicha información, se podrán determinar estos valores mediante la

estimación aproximada de la temperatura que puede haber en un día promedio. El tercer paso consiste en determinar el diferencial de temperatura a partir del hecho de conocer la temperatura interior y la exterior; dicho diferencial se debe calcular en intervalos de cuatro horas por la noche y de cada dos horas en el día.³

Intercambio por Conducción

Para conocer el valor de intercambio de energía por conducción de la envolvente, se deben conocer la resistencia del material que se opone al flujo de calor, tanto en un sentido como en el otro. El inverso de la resistencia térmica (R) es la transmitancia

$$U = 1 / R$$

en donde

U Transmitancia aire / aire (w / m² °C)
 R Resistencia (m² °C /w)

$$Q = U * A * (Te - Ti)$$

en donde

Q Cantidad de calor que gana o pierde la edificación (watts)
 U Transmitancia del elemento (w/m² °C)
 A Area del elemento (m²)
 T_e Temperatura exterior (°C).
 T_i Temperatura interior (°C)

Intercambio por ventilación

$$Ve = N * Volumen\ del\ espacio / 3600$$

en donde

Ve . Tasa de ventilación (m³ / seg.)
 N Número de renovaciones de aire necesario de acuerdo a la cantidad de usuarios y actividades que realicen.
 3600. Número de segundos por hora

$$Q_v = 1300 * Ve * (Te - Ti)$$

³ REYES Raúl. Estrategias Pasivas en el Aprovechamiento de la Energía Solar Aplicadas a la Arquitectura. Tesis Doctoral, U.N.A.M., 1989

en donde

Qv	Flujo calorífico por infiltración (watts)
Ve	Tasa de ventilación (m ³ / seg.)
Te	Temperatura exterior (°C)
Ti	Temperatura interior (°C)
1300	Calor específico volumétrico del aire (J/m ³ °C)

Ganancias por Radiación Solar

En el caso de la radiación solar que atraviesa las ventanas, es necesario establecer el coeficiente de sombreado en la siguiente ecuación, debido al hecho de que existe absorción y sombreado de la radiación solar al atravesar los vidrios, por lo que no toda la ganancia exterior entra al edificio.

$$G_s = R_s * A * F_s$$

G _s	Ganancia solar a través de las ventanas (watts)
R _s	Radiación solar (watts)
A	Área de la ventana (m ²)
F _s	Coefficiente de sombra

Ganancias Térmicas Internas

El último factor a considerar, es el de la ganancia interna debida principalmente a el calor generado por los usuarios, luminarias, maquinaria y equipo eléctrico.

Calor generado por los usuarios:

$$CS = c_{sen} * N \text{ per}$$

$$CL = clat * N \text{ per}$$

en donde

CS	Ganancia de calor sensible por ocupantes (watts).
CL	Ganancia de calor latente por ocupantes (watts)
c _{sen}	Calor sensible que disipa el cuerpo (watts)
N per	Número de personas que desarrollan la misma actividad
clat	Calor latente que disipa el cuerpo (watts).

Calor generado por luminarias:

Nota Se estima que el sistema de iluminación actual genera alrededor del 90% de la energía que

consume en calor Otro método de cálculo más sencillo, es estimar la ganancia por área de construcción, los valores que usualmente se consideran en países como México, es de 10 w/m² construido por iluminación y 5 w/m² para equipo y maquinaria eléctrica.

2.1.3. MODELO DE MANUEL DE ANDA Y FLORES

La función principal de este modelo es para calcular la cantidad de calor que se requiere retirar de la edificación, con la idea de establecer la capacidad de los equipos de acondicionamiento térmico; sin embargo, se consideró dentro de ésta investigación por el alcance y desarrollo de sus fórmulas. El cual es producto del trabajo de gabinete de muchos años en el cálculo de las ganancias caloríficas en edificios. Comparando éste sistema con otros, se puede denotar el beneficio de conocer este método original, que enriquece el conocimiento acerca del tema.⁴

Calor generado por los usuarios

Como primera etapa del procedimiento del modelo, es el determinar la temperatura interior de cálculo a partir del tiempo de permanencia del usuario en el interior del local. A continuación se debe determinar la cantidad de calor que generan los usuarios del espacio, de acuerdo a las actividades que realizan. Cabe hacer notar que la cantidad de calor desarrollada por una mujer y un niño, representan el 85% y 75% respectivamente de las desarrolladas por un hombre adulto.

Como segundo paso, se debe obtener la temperatura máxima promedio anual de los últimos diez años como mínimo, para determinar la temperatura exterior de cálculo. Ya que esto no siempre es posible de obtener, se puede conocer la temperatura de cálculo exterior usando alguna de las ecuaciones

⁴ BAUTISTA Antonio *Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios*, Posgrado de Arquitectura, U N A. M., México, 1997

según la norma de la Americ.⁵ Conociendo la temperatura de bulbo seco exterior, interior y la ganancia de calor por metabolismo de los ocupantes de acuerdo a la actividad que desarrollan, se puede estimar el calor cedido al espacio por éste concepto.

$$CS = c_{sen} * N \text{ per}$$

$$CL = c_{iat} * N \text{ per}$$

en donde

CS. Ganancia de calor sensible por ocupantes (watts)

c_{sen} Calor sensible que disipa el cuerpo (watts).

N per. Número de personas que desarrollan la misma actividad

CL. Ganancia de calor latente por ocupantes (watts)

c_{iat} Calor latente que disipa el cuerpo (watts)

mot Calor producido por motores eléctricos (watts)

Calor que produce la conducción en muros, techos, puertas

$$Ct = U * A * \Delta t$$

en donde

Ct Calor por conducción (watts)

U: Coeficiente de transferencia de calor ($w/m^2 \text{ } ^\circ C$)

A Area de la superficie de transmisión (m^2)

Δt Diferencial de temperatura, entre la temperatura exterior y la temperatura interior ($^\circ C$)

El coeficiente de transferencia de calor "U" se define como la intensidad total de transferencia a través de un material

$$U = \frac{1}{1 / f_i + e_1 / k_1 + e_2 / k_2 + 1 / f_e + 1 / a}$$

en donde

U Coeficiente global de transferencia de calor ($w/m^2 \text{ } ^\circ C$)

f_e Coeficiente de convección exterior ($w/m^2 \text{ } ^\circ C$)

f_i Coeficiente de convección interior ($w/m^2 \text{ } ^\circ C$)

k_1 Conductividad térmica del material uno ($w/hr \text{ } m^2 \Delta t \text{ } ^\circ C$ 1 metro de espesor)

e_1 Espesor del material uno (m)

a Coeficiente de transmisión de calor del aire por convección (cámara de aire vertical u horizontal)

Calor por radiación solar directa

Para conocer el valor de la radiación solar instantánea, se requiere conocer la posición del sol en el día y a la hora de diseño. Por lo tanto, como primer punto se requiere conocer la latitud del lugar, dato que no es difícil determinar ya que puede obtenerse de un mapa topográfico. Es conveniente recordar que la latitud es positiva cuando el lugar se encuentra al norte del Ecuador, y negativa cuando se encuentra al sur. La declinación define la posición angular del sol sobre el plano del ecuador, siendo una medida que nos permite expresar la fecha del año para la cual se desea el cálculo, pues

Calor generado por equipos y motores eléctricos

Para conocer la cantidad de watts térmicos que se están generando por este concepto, basta con multiplicar el número de lámparas por su consumo de energía. Cuando se desconozca el número y tipo de lámparas que se utilizarán en el proyecto, se puede estimar aproximadamente con el siguiente método:

- Asignando un valor en watts por metro cuadrado de construcción, se recomienda para esto, tomar los valores que marca el reglamento de construcción, incrementándolos en un 25%, ya que los valores que ahí se marcan son los mínimos

La ganancia de calor debida a lámparas, motores y equipos, se suma algebraicamente a la carga total.

$$Carga = i_{lum} + equip + mot$$

en donde:

Carga Calor total producido por equipos (watts)

i_{lum} Calor producido por los equipos de iluminación (watts).

equip: Calor producido por los equipos eléctricos (watts)

⁵ BAUTISTA Antonio. *Acondicionamiento Térmico*. Tesis de Maestría, U.N.A.M., México, 1997, pag 45

mide el alejamiento del sol del ecuador (y por lo tanto, su valor no puede ser mayor de 23 45° hacia el Norte o al Sur). Si bien los valores para la declinación solar se pueden obtener por medio de los anuarios astronómicos, existe una sencilla manera de calcular analíticamente la declinación solar, mediante la siguiente fórmula:

$$D = 23.45 \times \text{Sen} [360 ((n + 284) / 365)]$$

en donde

D Declinación del sol.
n Es el número de días naturales transcurridos

Para determinar el ángulo de altitud del sol con respecto a la superficie terrestre, se debe conocer el ángulo horario para la hora de estudio: éste es el tiempo que se aleja de la hora elegida del medio día solar (medido en grados). Considerando que el sol gira 15° por cada hora que transcurre puesto que (15° = 360 grados / 24 horas) siendo positivo el valor por la mañana y negativo por la tarde; así el ángulo horario se determina contando los grados a partir de las 12 hacia la hora de estudio

$$\alpha = \text{Sen}^{-1} ((\text{Cos } L * \text{Cos } d * \text{Cos } ah) + (\text{Sen } L * \text{Sen } d))$$

en donde

α Ángulo de altitud solar
L. Latitud del lugar de estudio
d: Declinación del sol
ah. Ángulo horario

$$z = \text{Cos}^{-1} (((\text{Sen } \alpha * \text{Sen } L) - \text{Sen } d) / (\text{Cos } \alpha * \text{Cos } L))$$

en donde

z Ángulo de azimut
 α . Ángulo de altitud solar
L.: Latitud del lugar de estudio
d: Declinación del sol

Una vez determinados los parámetros básicos de la posición del sol, se determina el

ángulo de incidencia sobre la superficie de la envolvente del edificio:

Para superficies verticales:

$$\beta = \text{Cos}^{-1} (\text{Cos } \alpha * \text{Cos } zh)$$

Para superficies horizontales:

$$\beta = \text{Cos}^{-1} [(\text{Cos } \alpha * \text{Cos } zh * \text{Cos } i) + (\text{Sen } \alpha * \text{Cos } i)]$$

en donde

β Ángulo de incidencia formado por la proyección del rayo solar y la perpendicular al muro
 α Ángulo de altitud solar
zh Ángulo formado por el azimut del rayo solar y la proyección horizontal de la perpendicular de la superficie de la fachada
i Ángulo de inclinación respecto a la superficie .

Para conocer la ganancia térmica para los muros o los techos se aplicarán las siguientes ecuaciones:

Para muros:

$$R = 930 * \sqrt[3]{\text{Sen } \alpha * \text{Cos } \beta * C * U / fe * A}$$

Para techos:

$$R = 930 * \sqrt[3]{\text{Sen } \alpha * C * U / fe * A}$$

Para ventanas:

$$R = 930 * \sqrt[3]{\text{Sen } \alpha * \text{Cos } \beta * Cs * A * \% \text{ sol}}$$

en donde

R Radiación captada (watts).
930. Constante de energía captada en una superficie de 1 m², de color negra, en posición horizontal, con el sol en el cenit y considerando una atmósfera limpia (watts)
 α : Ángulo de altitud solar
 β Ángulo de incidencia formado por la proyección del rayo solar y la perpendicular al muro.
C Reflectancia del color (ver tabla 4.10)
U Coeficiente global de transferencia de calor (w / m² °C)
Cs: Factor de ganancia solar a través del cristal de color de 6mm de espesor
fe Coeficiente de convección al exterior (w /m² °C).
A Área en de la superficie a estudiar (m²).
% sol Área soleada del cristal (cm²)

Calor que produce la ventilación

La densidad del aire varía según la altitud donde se encuentra el observador, a nivel medio del mar, 1 m³ de aire seco a 0 °C de temperatura pesa 1.293 kg., pero el mismo m³ de aire seco a nivel del mar a 20 °C pesa 1.2 kg. Para conocer el peso a cualquier altura y temperatura se utiliza la siguiente ecuación:

$$A.S. = 1.293 * (b / 1013.25) * (273.15 / 273.15 + ti)$$

en donde:

- A S Aire seco (kg / m³)
 b Presión barométrica en milibares del lugar a acondicionar, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar Restando a la presión estándar (1,013 25 mbares) el uno por ciento por cada 100 mts de altura
 ti Temperatura interior (°C)

Conociendo el peso del aire seco a cualquier altura, se debe determinar a continuación el calor específico; ya que el aire esta mezclado con cierta cantidad de vapor de agua, por lo que tiene mayor capacidad de absorber calor. Siendo que el calor específico del aire es de 0.24, del agua 0.44. Por lo tanto, el calor específico de un kilogramo de aire mezclado con vapor de agua será:

$$CEA = [(0.242 + (Wt * 0.44)) * 4186.8] / Wt / 3600$$

en donde.

- CEA Calor específico del aire (J / °C kg.)
 0.242 Número de veces el calor específico del aire con humedad al del agua (1013 12 / 4186.6 = 0.242)
 Wt Mezcla de vapor de agua en el aire a la temperatura interior
 0.44 Constante del calor específico del vapor (kcal)
 4186 8 Constante para convertir kilo calorías a watts
 3600 Segundos contenidos en una hora (seg.)

Para precisar el calor que produce la ventilación, es necesario conocer el volumen de aire que se requiere por usuario de acuerdo a la actividad que realice y a las condiciones interiores del local.

Cálculo de la presión de vapor exterior.

$$PVE = PsBH - (0.00064 * b * (T \text{ ext. BS} - T \text{ ext. BH}))$$

en donde

- PVE Presión de vapor exterior (mbares)
 PsBH. Presión de saturación de bulbo húmedo (mbares).
 b Presión barométrica del lugar (mm/hg)
 T ext. BS Temperatura bulbo seco exterior (°C)
 T ext BH Temperatura bulbo húmedo exterior (°C)

Humedad relativa exterior

$$HRE = PVE / PsBS \text{ ext.}$$

en donde

- HRE. Humedad relativa exterior (%).
 PVE Presión de vapor exterior (mbares)
 Ps BS. Presión de saturación del bulbo seco exterior (mbares).

Mezcla de vapor de agua y aire exterior

$$WE = 0.622 * PVE / b - PVE$$

en donde

- WE Mezcla de Vapor de Agua y Aire Seco en el exterior (g de vapor / Kg. Aire Seco)
 PVE. Presión de Vapor Exterior (mbares).
 b Presión barométrica del lugar (mm / hg).

Entalpia exterior

$$HE = BS + WE * (2501 + (1.805 * BS))$$

en donde:

- HE Entalpia al exterior (k joules / kg A S)
 BS Temperatura máxima de bulbo seco (°C)
 WE Mezcla de vapor de agua y aire seco exterior (gramos de agua / Kg A S).
 1 805. Calor específico del vapor
 2051 Valor promedio de calor requerido para condensar 1 kg de vapor de agua del aire de un cuarto (joule)

Presión de vapor interior

$$PVI = HRI * Ps Ti$$

en donde

- PVI Presión de vapor interior (mbares).
 HRI. Humedad relativa propuesta (%)
 Ps Ti: Temperatura de saturación interior (mbares)

Relación de mezcla de vapor de agua y aire interior

$$W_i = 0.622 * PVI / (b - PVI)$$

en donde

- W_i Mezcla de vapor de agua y aire seco en el interior (g de vapor / Kg A S)
 PVI Presión de vapor interior (mbares)
 b Presión barométrica del lugar (mm / hg).

Entalpia interior

$$HI = T_{int} + W_i * (2501 + (1.805 * T_{int}))$$

en donde

- HI Entalpia interior (k joules / kg A S)
 T_{int} Temperatura interior (°C)
 W_i Mezcla de Vapor de Agua y Aire Seco interior (g de vapor / Kg A S)

Volumen de vapor unitario

$$VU = 1.293 * ((b - PVI) / 1013.25) - (273.15 / (273.15 + T_{int}))$$

en donde

- VU Volumen de vapor unitario de aire seco (kg A S / m³)
 b Presión barométrica (mm / hg).
 PVI Presión de vapor interior
 T_{int} Temperatura interior (°C)

Ganancia de calor sensible al cuarto

$$Cs = (Vol * YM * BP * (T_{extBS} - T_{int}) * CEA) / 3600$$

en donde

- Cs. Ganancia de calor sensible al cuarto (watts)
 Vol Volumen de aire requerido (m³ / hr.).
 YM Mezcla de aire seco y vapor de agua (kg. / m³)
 BP Factor de calor latente por cada kg / m³ (0.1)
 T_{extBS} Temperatura ambiente (°C)
 T_{int} Temperatura interior (°C)
 CEA. Calor específico del aire (joules / °C Kg).
 3600 Segundos contenidos en una hora (seg)

Ganancia de calor latente al cuarto

$$CL = (Vol * (We - W_i) * BP * FCD) / 3.6$$

en donde

- CL Ganancia de calor latente al cuarto (watts)
 Vol Volumen del aire requerido (m³ / hr)
 We Mezcla de vapor de agua y aire seco exterior (gramos de vapor/ kg. A S).
 W_i Mezcla de vapor de agua y aire seco interior (gramos de agua / kg. A S).
 BP: Factor de calor latente por cada kg / m³ (0.1)
 FCD Factor de corrección de densidad (mm / hg), (3.0)

2.2. DETERMINACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

Debido a que el modelo de cálculo térmico propuesto podrá ser utilizado para cualquier tipo de edificación, escogí dos diferentes géneros de edificios para monitorear las condiciones higrotérmicas durante un periodo de tiempo representativo. Esto me permitió por una parte el análisis y la definición de los elementos que influyen o modifican las condiciones microclimáticas de un espacio; y por la otra, el poder contar con dos espacios de diferentes condiciones para la aplicación del modelo propuesto a manera de evaluación, que garantice la fiabilidad de los resultados.

El planteamiento de las condiciones con las cuales se realizó el monitoreo de los espacios es una de las partes fundamentales de este proyecto de investigación, pues de ello depende la fiabilidad de las mediciones y por consiguiente de los resultados. Por lo que a continuación serán comentadas dichas condiciones.

Los espacios seleccionados se escogieron con base en las siguientes consideraciones:

- Por tener la envolvente del espacio, radiación solar directa sobre los muros y el techo.
- Hay penetración solar directa a través de la ventana por la tarde.
- Existe un control total respecto a la ventilación. (Pues el edificio estaba vacío al momento de realizar las mediciones).
- Por ser un lugar característico dentro del tipo de edificaciones que se analizan

El primero de los espacios corresponde a un edificio de oficinas y el otro a una casa habitación, ubicados al sur y al oriente de la Ciudad de México respectivamente (ver figura 2.1.)

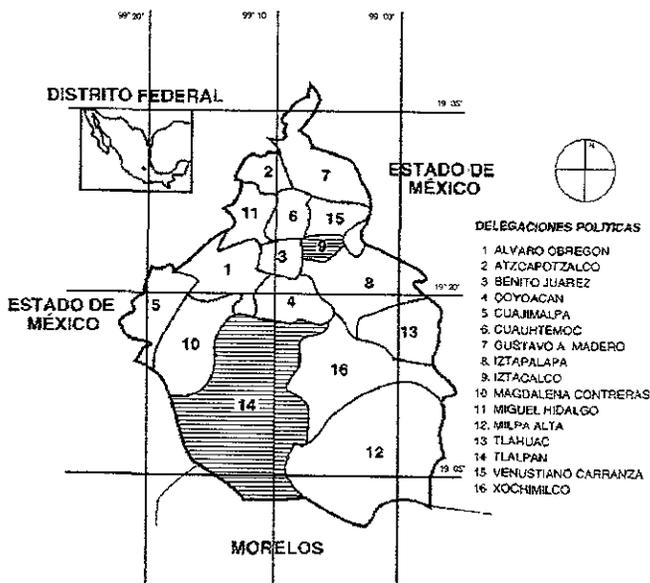


Figura 2.1 Croquis de localización de los casos de estudio a nivel delegacional

2.2.1. Edificio de oficinas

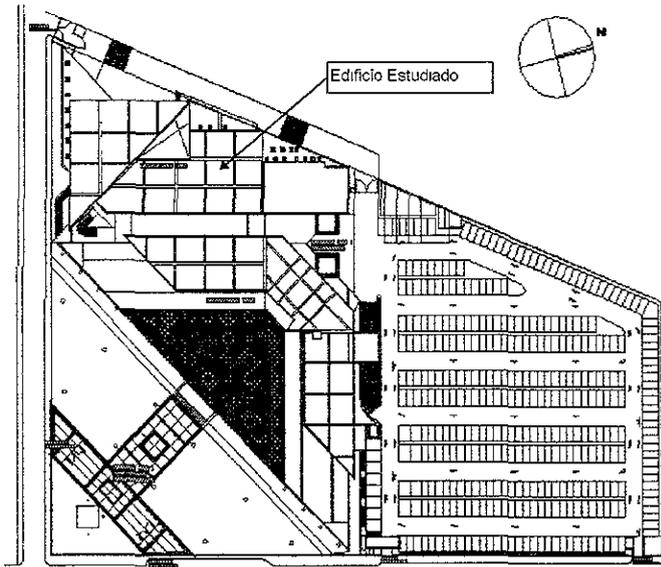
El edificio se encuentra localizado en la Av. Ampliación de Miramontes, en la Col. Ex-Hacienda de San Juan de Dios, al noreste de la Delegación Tlalpan. Siendo su ubicación geográfica aproximada la siguiente: latitud: $19^{\circ} 16' 30''$ N, longitud: $99^{\circ} 09' 15''$ O, altitud: 2,250 msnm. Se ubica dentro del área delimitada al norte por la Calzada Acoxpa, al sur por el Anillo Periférico, al este por la Av. Canal de Miramontes y al oeste por la Calzada de Tlalpan.

Actualmente el conjunto arquitectónico consta de dos edificios, el primero de ellos (edificio A) es de 5 niveles en forma de escuadra, teniendo una ala orientada al norte - sur y la otra al este - oeste; el segundo edificio (edificio C) es de 2 niveles, con formas rectangulares y orientación este - oeste. (ver croquis 2.1. edificio indicado).

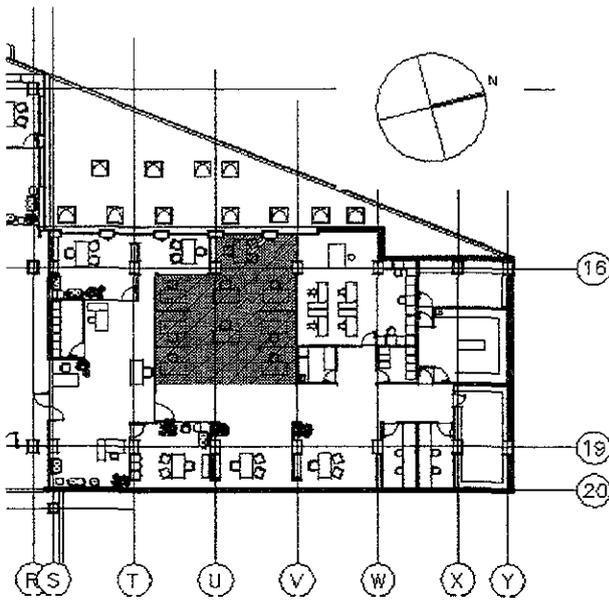
El espacio a monitorear está ubicado en el 1er. nivel edificio "C", con orientación

oeste, colindando directamente con el acceso vehicular de la zona de servicios, el estacionamiento de una unidad habitacional de 4 niveles y la zona arbolada de una ex-hacienda; la altura de los árboles es mediana por lo que no provoca obstrucciones de asoleamiento por la tarde.

La envolvente del espacio está construida de muros de mampostería de tabique recocado asentados con mortero de cemento-cal-arena, con yeso y pasta acrílica por la cara interna, así como elementos prefabricados de concreto de 5 cm. de espesor con acabado aparente por la cara externa. La losa del piso es de 40 cm. de peralte con una estructura reticular a base de concreto armado y casetones; bajo alfombra y alfombra. El techo está conformado desde el exterior al interior, por un enladrillado de 2.5 cm. de espesor, mortero, relleno de tezontle, losa de concreto armado reticular de 30 cm. de peralte con casetones, cámara de aire y falso plafón.



Croquis 21 Planta de conjunto del edificio de oficinas (parte sombreada)



Croquis 22 Planta arquitectónica del primer nivel edificio "C" (espacio monitoreado)

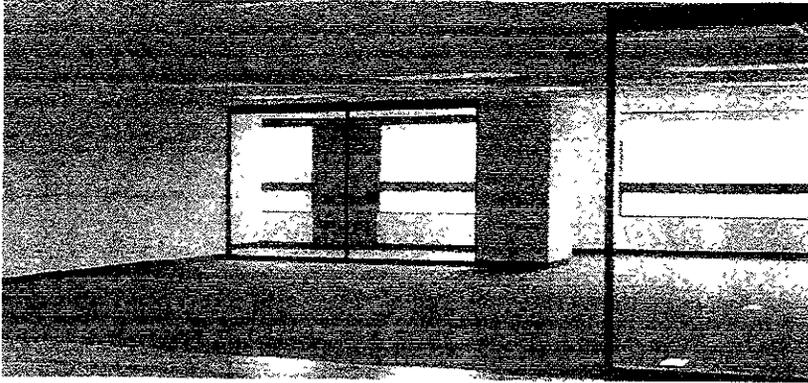


Figura 2.2 Vista parcial interior del espacio monitoreado



Figura 2.3 Vista parcial de la azotea del edificio en donde se instaló el Piranometro

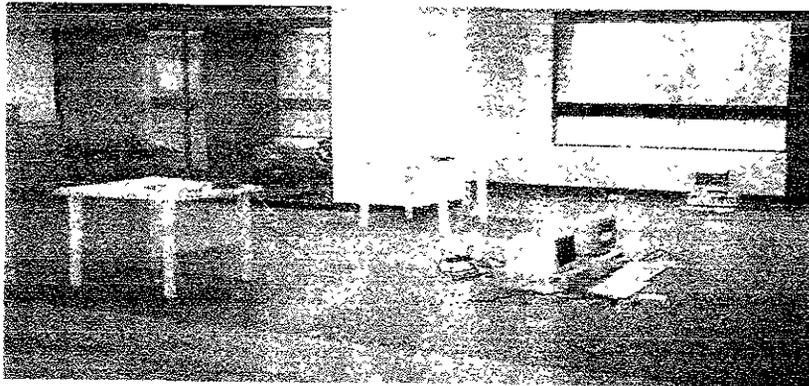


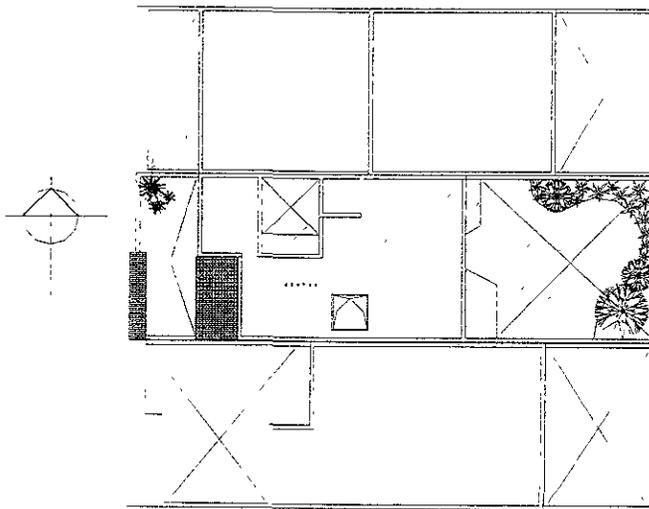
Figura 2.4 Vista parcial del espacio monitoreado (detalle de los equipos de registro)

2.2.2. Casa habitación

La casa habitación que se seleccionó, está localizada en la calle de Playa Guitarrón, en la colonia Militar Marte, al poniente de la Delegación Iztacalco. Siendo su ubicación geográfica aproximada la siguiente: latitud: 19° 24' 30" N, longitud. 99° 06' 15" O, altitud: 2,245 msnm. con orientación este - oeste. Ubicándose en una zona habitacional unifamiliar de dos niveles en promedio; estando delimitado al norte por la calle de Playa

Roqueta, al sur Playa Villa del Mar (Eje 5 sur), al este por la Av. Andrés Molina Enriquez y al poniente por la Av. Plutarco Elias Calles.

La casa que fue construida a finales de los años sesenta; esta conformada por un solo cuerpo de planta rectangular de dos niveles, con un cubo de luz al frente, uno en el centro y otro en la parte posterior del terreno. Los materiales de construcción son de mampostería común de tabique y losas de concreto armado.



Croquis 2 3 Planta de conjunto de la casa analizada

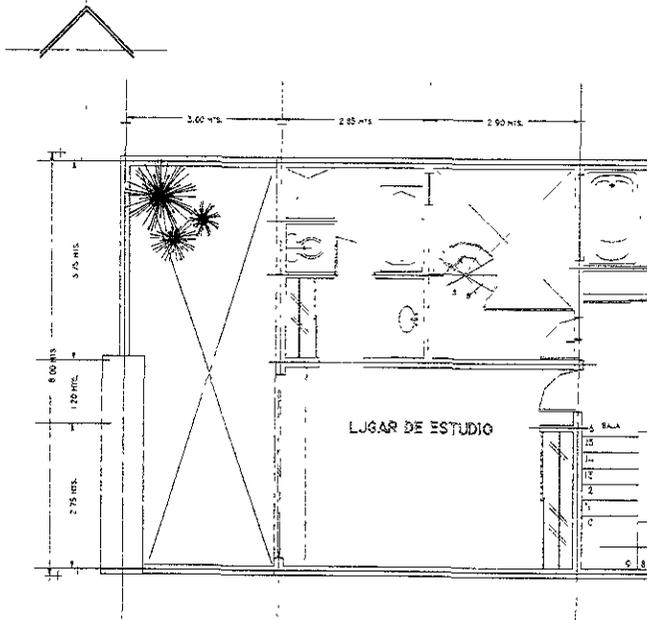
Dicho espacio, está ubicado en el segundo nivel de la casa, con orientación este - oeste; colinda al norte con el baño principal y un cubo de luz, al este con el vestíbulo y las escaleras, al sur con el garaje (espacio abierto) de la casa colindante (con radiación solar del muro por la tarde) y al oeste con la calle de acceso; así mismo, por debajo del espacio esta el garaje de la casa y por arriba la azotea.

El espacio seleccionado se puede considerar de geometría regular (rectangular) Los muros son de mampostería de tabique

recocido asentados con mortero de cemento-cal-arena; con acabado de yeso y tiról planchado por la cara interna y aplanado fino de mortero de cemento-cal-arena por la cara externa. La losa del piso es de 30 cm. de peralte con una estructura de concreto armado, formada por una trabe perimetral de concreto de 15 x 25 cm. de peralte, con una losa interior tipo charola de concreto armado de 10 cm de peralte, relleno de tezontle y una tapa de concreto cubierta por loseta de pasta, bajo alfombra y alfombra de rizo. El techo esta conformado por varias capas de diversos materiales, una capa de tiról rústico sobre el

plafón de yeso de 2 cm. promedio, una losa de concreto armado de 10 cm., relleno de tezontle para proveer la pendiente necesaria para la evacuación de las aguas pluviales de

12 cm. promedio, cubriendo todo esto una capa de mortero de 5cm y una capa de ladrillo de 2.5 cm de espesor como acabado final



Croquis 2 4. Planta arquitectónica de la recámara principal (espacio de estudio)

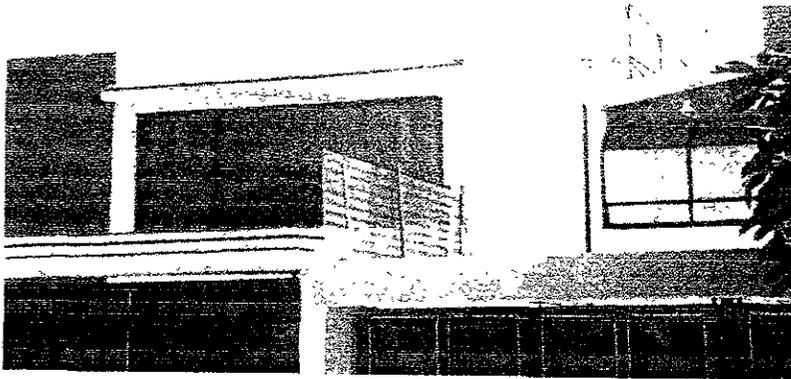


Figura 2.5. Vista exterior del espacio monitoreado

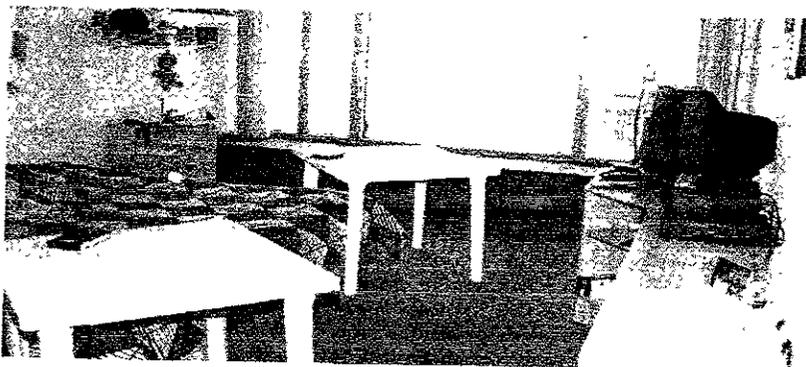


Figura 2.6 Vista parcial interior con hacia la calle

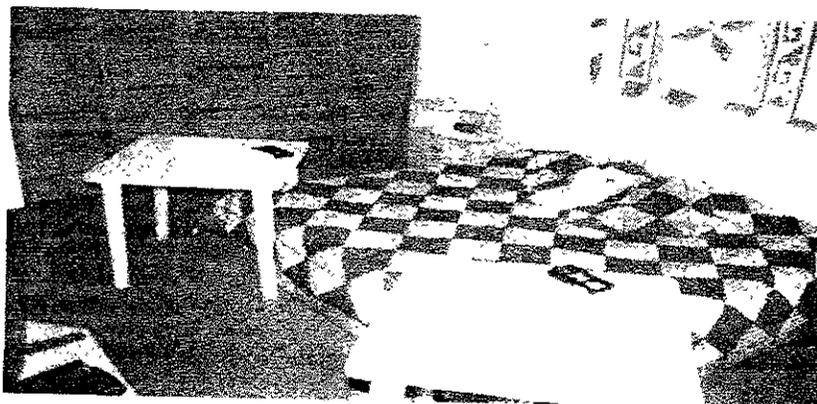


Figura 2.7 Vista parcial hacia el interior

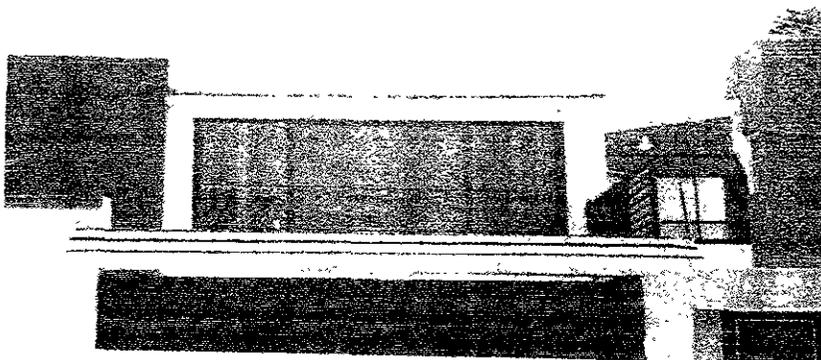


Figura 2.8. Vista exterior de la ventana

2.3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

Las mediciones de radiación solar se llevaron a cabo mediante el uso de un *Piranómetro* de medición de radiación global, el cual fue instalado sobre el pretil de la azotea a una altura de 94 cm. en el caso del edificio, y sobre una estructura metálica de

187 cm. en el caso de la casa; en ninguno de los dos eventos existían obstrucciones solares de gran importancia. Las mediciones se realizaron de las 6:00 a las 18:30 hrs. en intervalos de dos minutos, dichas señales eran captadas mediante un *adquisidor de datos* para computadora Mca. Skye Data HOG, con unidad de almacenamiento de información.

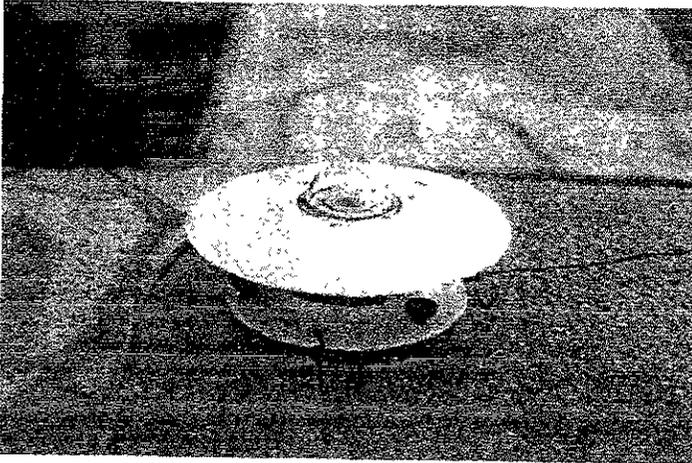


Figura 2.9 Piranómetro de radiación global

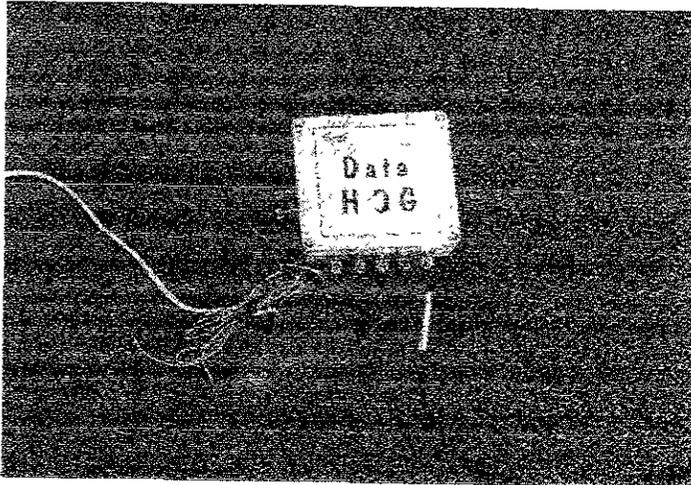


Figura 2.10. Adquisidor de datos para computadora

Para medir temperatura y humedad se instaló un *Termohidrógrafo* Mca Krasa Whil Lambrecht KG Göttingen, Mod 252, dicho equipo trabajó día y noche durante todo el periodo del monitoreo a una altura de 120 cm, alejado de los rayos directos del sol, en

ambos casos de estudio. Así mismo, se utilizaron dos termómetros de mercurio Mca Brannan England N2, para las mediciones de bulbo seco, en el interior y en el exterior de la edificación, colocados a una altura de 120 cm, sobre el nivel de piso

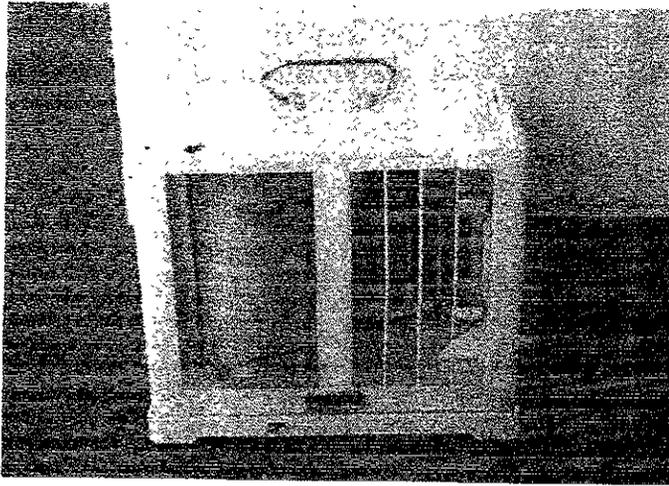


Figura 2 11 Vista lateral de termohidrógrafo utilizado

Las mediciones de la velocidad y dirección del viento se realizaron mediante un *Anemómetro* Mca. Digital Weather Master, de lectura digital. El cual se instaló sobre la misma estructura del piranómetro, sin obstrucciones aparentes a una altura de 7.27 mts. sobre el nivel del piso de la calle. (utilizado únicamente en el caso de la casa).

Es importante mencionar que con la intención de aprovechar el tiempo de monitoreo de las condiciones térmicas del espacio, se consideró la posibilidad de medir los niveles de iluminación natural puntual en dos lugares determinados, como una de las etapas experimentales de otra investigación; uti-

lizándose dos *Luxómetros* de baterías, conectado cada uno de ellos a un adquisidor de datos Mca EXTECH Mod. RS-232 y a una computadora personal (monitor, unidad de CPU y regulador) para el control del software y el almacenamiento de datos. Las mediciones de éstos equipos se realizaron con intervalos de tiempo de dos minutos, el periodo de operación de estos equipos es de las 6:30 a las 18:30 hrs. que se tomaron en cuenta por la generación de calor por el uso de equipos eléctricos.

La información que se obtuvo del monitoreo de los espacios estudiados están disponibles para su consulta en el Apéndice B.

CAPITULO 3

3.1. APLICACIÓN DE LOS TRES SIMULADORES DE CÁLCULO TÉRMICO

La aplicación de los simuladores de cálculo térmico a los casos de estudio se realizará con la ayuda de una hoja de cálculo de acuerdo a las ecuaciones y requerimientos de cada uno de ellos, elaborando una gráfica en la que se comparará la temperatura estimada y la medida directamente (ver apéndice A)

Cabe mencionar, que con el fin de aprovechar las facilidades de utilización de los espacios y de los equipos para realizar el monitoreo de las condiciones higrotérmicas, se decidió realizar simultáneamente mediciones de iluminación natural; por lo que todos los equipos de iluminación artificial se mantuvieron apagados de las 7:00 a las 19:00 hrs. Así mismo, se considerará el calor que generan los equipos adicionales que se requieren para realizar dichas mediciones

De acuerdo a la información de las estaciones meteorológicas, la velocidad anual promedio del viento es de 1.00 m/seg., por lo que el coeficiente de convección exterior es

de 11.6 para superficies horizontales y de 23.3 para superficies verticales; siendo el coeficiente de convección interior de 4.6 para las superficies horizontales y de 9.3 para las verticales; en el caso de las ventanas el coeficiente es de 9.0¹

Caso de estudio del edificio de oficinas

Al momento de realizar las mediciones el edificio de oficinas estaba desocupado, por lo que únicamente se consideró el calor generado por el investigador de las 7:00 a las 18:00 hrs. Horario en el que se realizó el monitoreo de las condiciones de iluminación natural y radiación solar, las actividades que se realizaron cada hora se pueden resumir en actividades de pie con movimientos ligeros en un 30%, y sentado con movimientos ligeros en un 70%.

A continuación se presentan las características físicas y técnicas de los elementos constructivos de la envolvente del espacio, así como las condiciones higrotérmicas prevalientes durante el monitoreo.

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS CONDICIONES DEL EDIFICIO DE OFICINAS		
Elemento	Cantidad	Unidad
Temperatura Exterior Bulbo seco de la primer hora	16.0	°C
Temperatura Exterior Bulbo húmedo de la primer hora	11.9	°C
Temperatura Interior Bulbo seco de la primer hora	18.0	°C
Altitud	2250	m s.n.m
Presión barométrica	780.2	mm / Hg.
Calor específico del aire	1.008	kJ / kg. °C
Densidad del aire	2468	kg. / m ³
Volumen del espacio	205.9	m ³
Número de cambios de aire necesarios	0.087	m ³ / hrs
Velocidad promedio del aire	1.00	m / seg.
Humedad propuesta interior	60	%
Área libre de ventilación en el día	0.20	m ²
Área libre de ventilación en la noche	0.60	m ²
Coefficiente de sombra de la ventana	0.46	-
Emitancia muros y cubierta	0.95	-
Absortancia muros y cubierta	0.8	-
Emitancia ventana	0.94	-
Absortancia ventana	0.15	-
Transmitancia del cristal	0.43	-

Tabla 3.1. Información general del edificio de oficinas

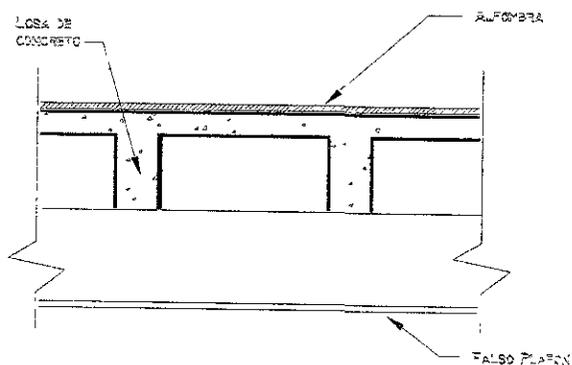


Figura 31 Detalle constructivo de la losa de entrepiso del edificio de oficinas

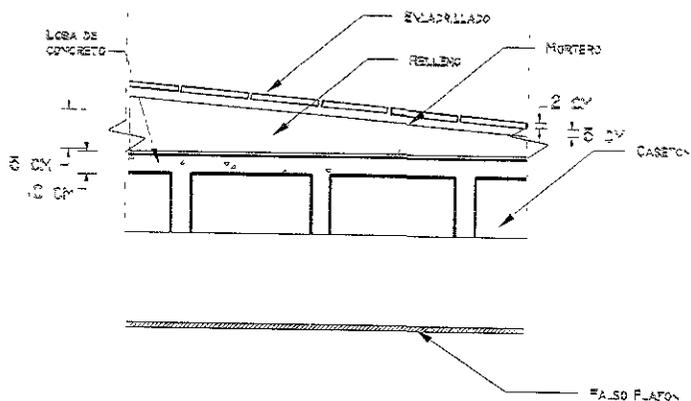


Figura 32 Detalle constructivo de la losa de cubierta

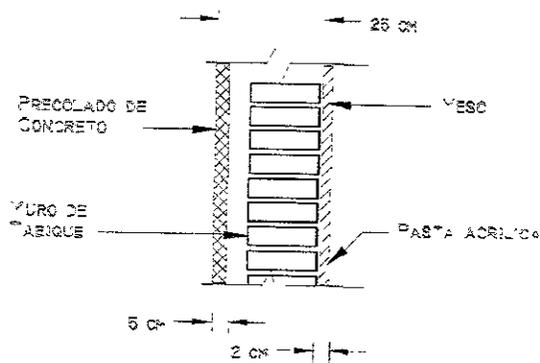


Figura 33 Detalle constructivo del muro exterior

MATERIAL	ESPESOR	K w / m ² °C
	cm	
Precolado	5.0	1.74
Muro de tabique recocido	12.0	0.87
Yeso	2.0	0.70
Pasta acrílica	0.5	0.81
Alfombra	1.5	0.05
Bajo alfombra	1.5	0.04
Enladrillado	2.0	0.87
Mortero	5.0	0.87
Relleno de tezontle	15.0	0.19
Losa de concreto armado	10.0	1.74
Casetón	25.0	0.81
Falso plafón	2.0	0.12

Tabla 3.2 Características físicas y de conductividad térmica de los materiales constructivos de la envolvente del espacio

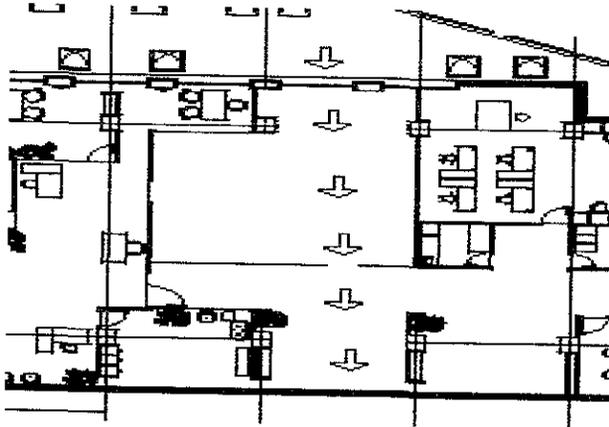
ELEMENTO	ESPESOR cm	AREA m ²	ORIENTACIÓN			
			norte	sur	este	oeste
<i>Muros exteriores</i>						
Precolado	5.0	9.7				9.7
Muro de tabique recocido	14.0	9.7				9.7
Yeso	2.0	7.5				7.5
Pasta acrílica	0.3	7.5				7.5
<i>Muros interiores</i>						
Vidrio claro	0.6	19.2			19.2	
Panel de yeso	2.6	37.2	13.2	24.0		
Cámara de aire	7.0	37.2	13.2	24.0		
Pasta acrílica	0.3	37.2	13.2	24.0		
<i>Plafón</i>						
Falso plafón	0.2	79.2				
Cámara de aire	30.0	79.2				
Casetón	25.0	47.5				
Losa de concreto armado	35.0	31.6				
Relleno de tezontle	12.0	79.2				
Entortado	5.0	79.2				
Enladrillado	2.0	79.2				
<i>Piso</i>						
Alfombra	1.5	79.2				
Bajo alfombra	1.5	79.2				
Losa de concreto armado	35.0	31.6				
Cámara de aire	30.0	79.2				
Casetón	25.0	47.5				
Falso plafón	0.2	79.2				
<i>Cancelería</i>						
Cristal filtrasol Bronce	0.6	5.94				5.94
Puerta de vidrio	0.6	2.4			2.4	

Tabla 3.3. Materiales constructivos de la envolvente del edificio de oficinas

De acuerdo a las etiquetas informativas de cada aparato eléctrico, se obtuvo la siguiente información

- 2 Monitores de 14" (127volts * 4 amp)
- 2 CPU (127volts * 2 amp.)
- 3 adquiredores (12volts* 0.3 amp)
- 2 luxómetros (9volts* 0.08 amp.)

La ventilación se mantuvo abierta durante el día y cerrada por la noche, con una circulación continua por medio de las ventanas opuestas al espacio estudiado con una abertura total de 0.09 m² cada una de ellas. En la figura siguiente se precisa el recorrido de la circulación del aire.



Croquis 3.1 Recorrido del aire de ventilación

Caso de estudio de la casa habitación

Las actividades de los dos usuarios en el espacio seleccionado no se vieron afectadas por el monitoreo, ocupando la habitación de las 21:00 a las 7:00 hrs. del día siguiente; dichas actividades se pueden resumir en actividades de pie con movimientos ligeros

durante dos horas; y durmiendo por un lapso de ocho horas.

A continuación se presentan las características físicas y técnicas de los elementos constructivos de la envolvente del espacio, así como las condiciones higrotérmicas prevalentes durante el monitoreo.

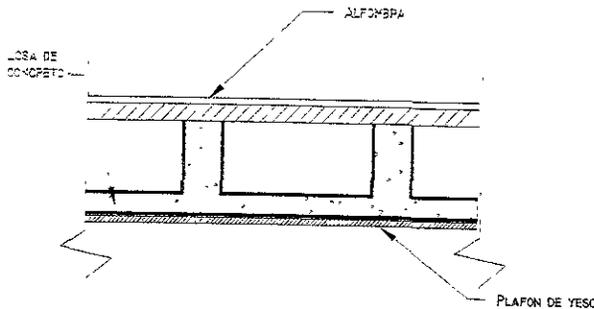


Figura 3.4 Detalle constructivo del entrepiso de la casa habitación

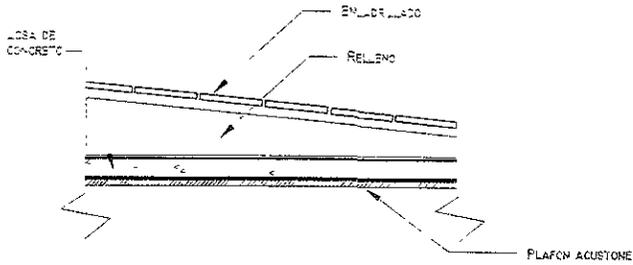


Figura 3.5 Detalle constructivo de la cubierta

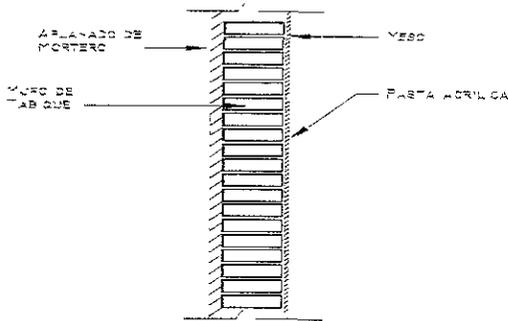


Figura 3.6. Detalle constructivo de uno de los muros exteriores

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS CONDICIONES DE LA CASA HABITACIÓN		
Elemento	Cantidad	Unidad
Temperatura Exterior Bulbo seco de la primer hora	17.00	°C
Temperatura Exterior Bulbo húmedo de la primer hora	9.35	°C
Temperatura Interior Bulbo seco de la primer hora	17.60	°C
Altitud	2309	m s n m
Presión barométrica	780.2	mm / Hg
Calor específico del aire	1.008	kJ / kg °C
Calor latente de vaporización	2468	kg / m ³
Densidad del aire	1.18	kg / m ³
Volumen del espacio	80.16	m ³
Número de cambios de aire necesarios cada hora	1.2	m ³ / hrs.
Velocidad promedio del aire	1	m / seg.
Humedad propuesta interior	60	%
Area libre de ventilación en el día	0.05	m ²
Area libre de ventilación en la noche	1.00	m ²
Emitancia muros y cubierta	0.95	-
Absortancia muros y cubierta	0.8	-
Emitancia ventana	0.94	-
Absortancia ventana	0.15	-
Transmitancia del cristal	0.43	-

Tabla 3.4. Condiciones generales de la casa habitación

MATERIAL	ESPESOR cm	K w / m ² °C
<i>Muros exteriores</i>		
Aplanado	2 0	0 87
Muro de tabique recocido	14 0	0 87
Yeso	2 0	0 70
Pasta acrílica	0 5	0 81
<i>Techo</i>		
Enladrillado	2 0	0 87
Mortero	5 0	0 87
Relleno de tezontle	15 0	0 19
Losa de concreto armado	10 0	1 74
Yeso	2 0	0 70

Tabla 3.5. Características físicas y de conductividad térmica de los materiales de construcción de la envolvente del espacio

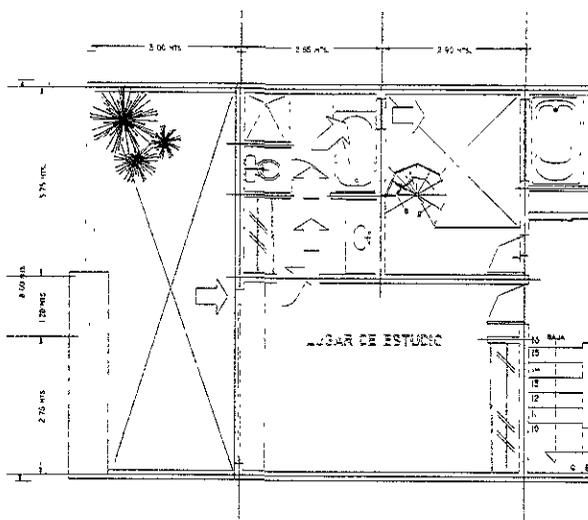
ELEMENTO	ESPESOR cm	AREA m ²	ORIENTACIÓN			
			norte	sur	este	oeste
<i>Muros exteriores</i>						
Aplanado	2.0		6 96		8 52	
Muro de tabique recocido	14 0		6 98	13 80	8 52	10 97
Yeso	2 0		6 98	13 80	8 52	10 97
Tiról planchado	0 5		6 98	13 80	8 52	10 97
Ladrillo	2 0					10 97
<i>Muros interiores</i>						
Yeso (dos caras)	4 0				7 32	
Muro de tabique recocido	14 0				7 32	
Tiról planchado (dos caras)	1 0				7 32	
<i>Plafón</i>						
Tiról planchado	0 5	33 40				
Yeso	2 0	33 40				
Losa de concreto armado	10 0	33 40				
Relleno de tezontle	12 0	33 40				
Entortado	5 0	33 40				
Enladrillado	2 0	33 40				
<i>Piso</i>						
Alfombra	1 5	27 61				
Bajo alfombra	1 0	27 61				
Piso cerámica	2 0	33 40				
Mortero	5 0	33 40				
Relleno de tezontle	15 0	33 40				
Losa de concreto armado	10 0	33 40				
Aplanado	2 0	33 40				
Tiról rústico	0 5	33 40				
<i>Cancelería</i>						
Ventana cancel de aluminio					0 48	6 71
Cristal filtrasol Bronce	0 06					
Ventana cancel de madera						6 71
Cristal claro	0 06					
Puerta					1 98	

Tabla 3.6 Materiales constructivos de la envolvente de la casa habitación

De acuerdo con las etiquetas informativas de cada aparato eléctrico, se obtuvo la siguiente información.

- 2 Monitores de 14" (127volts * 4 amp.)
- 2 CPU (127volts * 2 amp.)
- 3 adquisidores (12volts* 0.3 amp.)
- 2 luxómetros (9volts* 0.08 amp.)
- 1 regulador de voltaje (127volts* 4.1amp)

La ventilación se mantuvo cerrada durante el día y abierta por la noche, con una circulación continua por medio de la ventana de enfrente de la habitación y la del baño, con una abertura total de 0.5 m² cada una de ellas. En la figura siguiente se precisa el recorrido de circulación del aire.



Croquis 3.2 Detalle del recorrido de la ventilación

3.2. MODELO DE SIMULACIÓN DE CÁLCULO TÉRMICO PROPUESTO

Como medio de evaluación de las condiciones de confort de los espacios de una edificación, se debe realizar un balance térmico a través de un modelo de simulación térmica, el cual, permitirá conocer la cantidad de calor que se requiere retirar o suministrar en un momento dado

El modelo que se plantea es de tipo dinámico, es decir que analiza de forma periódica y secuencial las condiciones térmicas internas en un momento dado; considero que el tiempo óptimo entre cada uno de los cálculos es de una hora, con lo cual se puede

precisar una secuencia en las variaciones de temperatura internas sin necesidad de realizar exhaustivas operaciones al considerar periodos de tiempo más cortos

El modelo propuesto esta determinado por seis aspectos:

1. Ganancia de calor que generan los usuarios dependiendo de su cantidad y la actividad física que realizan.
2. Ganancia de calor que produce la iluminación artificial, equipos y motores instalados en el interior del espacio.
3. Ganancia o pérdida de calor debida a la conducción a través del techo, muros, ventanas, etc.

- 4 Ganancia de calor que genera la radiación solar
- 5 Ganancia o pérdida de calor debida a la infiltración.
6. Ganancia o pérdida de calor debida a la ventilación.

- Hombres de 1 67 mts de altura y 68 Kg de peso tendrán aproximadamente 1 75 m² de piel
- Mujeres de 1 58 mts de altura y 58 Kg de peso tendrán aproximadamente 1 58 m² de piel

La ecuación para calcular la relación entre al área de piel con la altura y el peso de un individuo es la siguiente: ³

$$A = 0.202 * W^{0.425} * H^{0.725}$$

en donde

A	Área de piel (m ²)
W	Peso promedio de las personas (kg)
H	Altura promedio de las personas (m)

3.2.1. GANANCIA DE CALOR GENERADO POR LOS OCUPANTES

Un espacio confortable debe mantener las condiciones ideales de permanencia para sus ocupantes. El organismo humano como consecuencia de sus procesos metabólicos produce continuamente una cierta cantidad de calor, la cual varía según el tipo de individuo y la actividad que desarrolla; el calor generado llega a la epidermis a través de la circulación sanguínea, disipándose al medio ambiente por medio de convección, transmisión, radiación y evaporación. Este intercambio de energía depende de la temperatura, humedad, velocidad del aire, protección térmica del cuerpo (ropa), etc. ² Siendo este tipo de carga térmica siempre positiva, y esta formada por dos componentes

$$\text{calor sensible} + \text{calor latente} = \text{calor metabólico total.}$$

Para determinar la cantidad de calor que se genera, se debe como primer punto determinar el promedio de área de piel de los usuarios, ya que esta superficie puede variar entre los habitantes de diferentes regiones, dependiendo de su complejión (peso y estatura).

3.2.1.1. Determinación del área de piel.

Como se comentó anteriormente, la superficie de piel varía de un individuo a otro dependiendo de su complejión, por lo tanto, el área de piel debe ser calculada mediante estimaciones que toman en cuenta su peso y altura. Los valores promedio para las personas de nuestro país son:

3.2.1.2. Actividad metabólica de los usuarios

La actividad metabólica producida por el organismo del hombre en diferentes actividades se puede estimar mediante el uso de la tabla 3 7; la cual fue tomada de los Apuntes del curso de acondicionamiento térmico en los edificios, impartido en el Posgrado de arquitectura de la U.N.A M. en 1997. Y que ha sido comparada con la información que utiliza el ASHRAE 1985 (la cual está expresada en unidades Met) sin embargo al aplicar la igualdad de 1 Met = 54 w/m³ los valores coinciden.

Cuando se realizan diferentes actividades físicas durante el mismo tiempo de estudio, se puede calcular el valor promedio mediante la siguiente ecuación.

$$M = M_1 (\text{tmpo}) + M_n (\text{tmpo})^4$$

en donde

M	Es la actividad metabólica total
M ₁	Actividad 1
M _n	Actividad n
tmpo	Porcentaje de tiempo que se realiza la actividad

Ahora que ya se conoce la cantidad de calor que se disipa al medio ambiente por metro cuadrado de piel se puede calcular mediante la aplicación de las siguientes fórmulas cuanta energía térmica esta siendo cedida al entorno

ACTIVIDAD	METABOLISMO	METABOLISMO
	CS watts / m ²	CL watts / m ²
DESCANSANDO		
Durmiendo	26.4	13.6
Sentado reposo	38.2	19.7
CAMINANDO		
Caminando 0.89 m/s	55.3	60.6
1.34 m/s	72.0	78.9
1.79 m/s	103.8	117.1
OCUPACIONES		
Limpieza	39.2	58.8
Empacadora manual	41.6	62.4
Carpintería	48.4	69.6
Trabajo de fundición	74.4	111.6
Trabajo de laboratorio	37.2	55.8
Maestro	37.2	55.8
Trabajo de joyería	25.6	38.4
TRABAJO DOMESTICO		
Limpiando	82.1	74.8
Cocinando	54.3	49.6
Comiendo	33.4	30.5
Comprando	48.6	44.3
Lavando y planchando	67.6	59.3
TRABAJO DE OFICINA		
Escribiendo	25.9	29.0
Leyendo	28.3	31.6
Hablando sentado	30.6	34.3
Hablando parado	33.0	36.9
ACTIVIDADES LIBRES		
Ejercicios de calistenia	81.2	121.8
Baile social	82.7	114.2
Jugar squash	118.6	230.3
Jugar basketbol	124.5	232.7
Jugar boliche	117.2	175.8

Tabla 3.7 Calor generado por la actividad física ⁵

$$Q_{mets} = q_{sen} * N \text{ per} * A^6$$

$$Q_{metl} = q_{lat} * N \text{ per} * A^7$$

en donde

- Q_{mets}: Ganancia de calor sensible por ocupantes (watts)
- Q_{metl}: Ganancia de calor latente por ocupantes (watts)
- q_{sen}: Calor sensible que disipa el cuerpo (watts / m²)
- q_{lat}: Calor latente que disipa el cuerpo (watts / m²)
- N per: Número de personas que desarrollan la misma actividad
- A: Área de piel (m²)

3.2.2. CALOR GENERADO POR LA ILUMINACIÓN Y EQUIPOS

La carga térmica generada por la iluminación y los equipos, se debe a la energía radiante que éstos generan al

momento de estar en funcionamiento en el momento del análisis, constituyendo una fuente de calor sensible; la cual, es emitida al ambiente por medio de radiación, convección y conducción. Este tipo de carga se genera comúnmente a través de tres fuentes: iluminación, motores y/o equipos eléctricos y calentadores.

3.2.2.1. Calor generado por la iluminación

Actualmente se utilizan en las edificaciones las llamadas luces incandescentes (focos), luz fluorescente, luz mercurial, luz de aditivos metálicos, etc. Las lámparas incandescentes y las de bajo voltaje transforman en luz aproximadamente un 10% de la energía consumida, otro 10% en energía calorífica que se disipa por convección y el restante 80% se disipa como calor por medio de la radiación. En cambio la iluminación fluorescente transforman el 25% de la energía consumida en luz, 25% en calor que se disipa por radiación y el 50% restante por conducción; sin embargo este tipo de equipos consumen 20% más de energía que traducen en calor debido al funcionamiento de la balasta.

Para conocer la cantidad de watts térmicos que se están generando por concepto de iluminación, basta con multiplicar el número de lámparas por su consumo de energía.

$$Q_{ilum} = n_l * W_t^8$$

en donde

- Q_{ilum}: Ganancia de calor sensible por lámparas (watts)
- n_l: Número de lámparas
- W_t: Calor generado por cada lámpara (watts)

En caso de que la edificación esté en etapa de anteproyecto y se desconozca la cantidad de watts eléctricos que se requieren en cada espacio, éstos pueden ser estimados mediante alguno de los siguientes métodos:

- 1 Asignar un valor en watts por metro cuadrado de construcción. También se puede consultar el

Reglamento de Construcciones, incrementando en este caso los valores un 25%, ya que los que aquí se indican son considerados como los mínimos.⁹

TIPO DE LOCAL	LUXES /m ²
Vestíbulos	200
Oficinas	500
Biblioteca sala de lectura	400
Auditorios	100
Aulas y salas de estudio	400
Pasillos y escaleras	50
Salas de dibujo	625
Gimnasio	350
Laboratorios	400
Almacenes	50
Cuarto de aseo	225
Galerías de arte exposición	500
General	100
Sala de hospitalización	60
Salas de operaciones	5,000
Laboratorios	300
Comedor	100
Mostradores	500
Cocina	300
Habitaciones de hoteles	250
Pasillos	75
Sala de conferencias	100
Salas de exposición	300

Tabla 38 Niveles de iluminación mínimos requeridos para espacios interiores.¹⁰

2 Realizar el cálculo de iluminación del espacio analizado mediante la utilización de las siguientes ecuaciones

$$Lm = (Ni * A) / (Cu * Fm)^{11}$$

en donde:

- Lm Lúmenes necesarios. (Lúmenes)
- Ni Nivel de iluminación requerido (Luxes)
- A Area de piso a iluminar. (m²)
- Cu Coeficiente de utilización (Tabla 3 9)
- Fm Factor de mantenimiento (Tabla 3 10)

A continuación, para determinar el número de lámparas necesarias para cubrir la demanda de iluminación del espacio, se debe elegir algún tipo de lámpara para utilizar en el proyecto (ver tabla 3.11 algunos ejemplos de ellas y la cantidad de lúmenes que producen); debiendo siempre seleccionar lámparas de alta eficiencia energética Posteriormente se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$Lamp = Lm / Lpl$$

en donde

- Lamp Número de lámparas requeridas
- Lm Lúmenes requeridos (Lumen)
- Lpl Lúmenes producidos por tipo de lámpara. (Lúmenes)

TIEMPO ENTRE CADA LIMPIEZA	MUY LIMPIO	LIMPIO	MEDIO LIMPIO	SUCIO	MUY SUCIO
6 meses	0.97	0.96	0.93	0.88	0.79
12 meses	0.95	0.91	0.86	0.77	0.67
18 meses	0.93	0.88	0.78	0.68	0.58
24 meses	0.91	0.84	0.73	0.62	0.50
30 meses	0.89	0.81	0.66	0.56	
36 meses	0.87	0.77	0.61	0.52	
42 meses	0.85	0.74	0.57		

Tabla 39 Coeficientes de Utilización¹²

TIEMPO ENTRE CADA LIMPIEZA	MUY LIMPIO	LIMPIO	MEDIO LIMPIO	SUCIO	MUY SUCIO
6 meses	0.97	0.96	0.93	0.88	0.79
12 meses	0.95	0.91	0.86	0.77	0.67
18 meses	0.93	0.88	0.78	0.68	0.58
24 meses	0.91	0.84	0.73	0.62	0.50
30 meses	0.89	0.81	0.66	0.56	
36 meses	0.87	0.77	0.61	0.52	
42 meses	0.85	0.74	0.57		

Tabla 3 10 Coeficientes de Mantenimiento¹³

Nota Usualmente por experiencia el Coeficiente de utilización multiplicado por el Factor de mantenimiento da como resultado un valor de 0.375

LÁMPARA	POTENCIA WATTS ELÉCTRICOS	CALOR GENERADO WATTS TÉRMICOS	LÚMENES PRODUCIDOS	LONGITUD DE LA LÁMPARA
Incandescente	40	36		
	60	54	800	
	75	67.5	1100	
	100	90	1500	
Fluorescente	21	19.6	1150	0.61
	39	35.1	2500	1.22
	57	51.3	4200	1.81
	74	66.6	5000	2.44
Aditivos metálicos	175	131.2	14000	
	250	187.5	16500	
	400	300	2100	
Vapor de mercurio	100	75	3000/3700	
	175	131.2	6400/8500	
	250	187.5	10000/11500	
	400	300	15000/21000	

Tabla 3.11. Calor generado por diferentes tipos de lámparas¹⁴

3.2.2.2. Calor generado por equipos y motores eléctricos

Los equipos y motores que operan dentro del espacio que se pretende analizar, regularmente trabajan con energía eléctrica, transformando parte de ésta en calor, la cual es irradiada al ambiente del local afectando sus condiciones térmicas. Mediante la información impresa en las placas adheridas a los equipos se puede calcular aproximadamente la cantidad de calor que generan.

Dicha carga térmica está definida por la relación de varios elementos: factor de utilización, potencia efectiva absorbida, capacidad y potencia del equipo (ver tabla 3.12).

En lo referente a equipos eléctricos encontramos: computadoras, máquinas de escribir, impresoras, fotocopiadoras, cafeteras, etc. Por lo que es preciso conocer la cantidad precisa y características de este tipo aparatos, para que sean considerados dentro del cálculo de carga térmica.

Para conocer el valor aproximado de calor que producen éstos aparatos se pueden utilizar las siguientes igualdades, considerando por experiencia que una décima parte del consumo eléctrico se transforma en calor debido a la eficiencia del equipo.

- 1 HP (Caballo de Fuerza) = 746 watts
- Watts = Volt x Ampere (monofásica)
- Watts = Volt x Ampere x 1.41 (bifásica)
- Watts = Volt x Ampere x 1.73 (trifásica)

$$Q_{eme} = N_{eme} * Wt^{15}$$

en donde,

Q_{eme} Ganancia de calor sensible por motores y equipos eléctricos (watts).

N_{eme} Número de equipos y motores eléctricos.

Wt: Calor generado por cada equipo o motor (watts térmicos).

POTENCIA NOMINAL (HP)	EFICIENCIA A PLENA CARGA (%)	CALOR GENERADO (watts)
1/20	40	94
1/12	49	126
1/8	55	170
1/6	60	208
1/4	64	293
1/3	66	378
0.5	70	533
0.75	72	785
1	79	944
1.5	80	1 398
2	80	1 870
3	81	2 770
5	82	4 572
7.5	85	6 594
10	85	8 792
15	86	13 042
20	87	17 145

Tabla 3.12 Ganancia calorífica debida a motores eléctricos ¹⁶

3.2.2.3. Calor generado por equipos de combustión

También se debe considerar el calor que disipan los equipos localizados en el interior del espacio y que consuman algún tipo de combustible fósil. El poder calorífero de algunos de ellos en estado gaseoso a presión del nivel del mar y una temperatura de 20 °C es el siguiente:¹⁷

- Propano 13, 956 w / kg
- Butano 13, 723 w / kg
- Petróleo Diáfano 12, 386 w / lt
- Diesel 11, 979 w / lt
- Gas L. P. 13, 911 w / kg

$$Q_{emc} = N_{emc} * W_t^{18}$$

en donde.

Q_{emc} : Ganancia de calor sensible por los equipos de combustión (watts)

N_{emc} : Número de equipos de combustión.

W_t : Calor generado por cada equipo (watts térmicos).

La carga total de las ganancias de calor debida a la iluminación, equipo eléctrico y equipos de combustión de gas, se suman algebraicamente.

$$Q_{light} = Q_{ilum} + Q_{emc} + Q_{eme}^{19}$$

en donde:

Q_{light} : Calor total producido por equipos (watts)

Q_{ilum} : Calor producido por los equipos de iluminación (watts)

Q_{emc} : Calor producido por los equipos de combustión (watts)

Q_{eme} : Calor producido por equipos y motores eléctricos (watts)

3.2.3. CALOR GENERADO POR CONDUCCIÓN

El flujo de calor por conducción es la transferencia calorífica a través de los elementos de la envolvente del edificio, el flujo de energía se puede dar tanto en un sentido como en el otro debido al fenómeno del equilibrio entre diferentes temperaturas. Este tipo de ganancia o pérdida, se puede dar a través de 3 medios:

1. Q_{codm} Conducción a través de muros.
2. Q_{codt} Conducción a través de techos
3. Q_{codv} Conducción a través de ventanas y puertas.

Para determinar el valor de conducción de los diferentes elemento que conforman la envolvente, se deben analizar cada uno de ellos mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones.

3.2.3.1. Conducción a través de muros

$$Q_{codm} = U_m \times A_m \times (T_{amb} - T_{int})^{20}$$

en donde:

Q_{codm} : Conducción a través de muros (watts)

U_m : Coeficiente global de transferencia de calor en muros ($w / m^2 \text{ } ^\circ C$)

A_m : Area del muro analizado (m^2)

T_{amb} : Temperatura ambiente ($^\circ C$)

T_{int} : Temperatura interior ($^\circ C$)

Nota: En caso de que el muro analizado esté irradiado solarmente a la hora de estudio, la (T_{amb}) deberá ser sustituida por la ($T_{sol/aire}$)

3.2.3.2. Conducción a través de techos

$$Q_{\text{codt}} = U_t \times A_t \times (T_{\text{amb}} - T_{\text{int}})^{21}$$

en donde

Q codt	Conducción a través de techos (watts)
U _t	Coefficiente global de transferencia de calor en techos (w / m ² °C)
A _t	Area del techo analizado (m ²)
T amb	Temperatura ambiente (°C)
T int	Temperatura interior (°C)

Nota En caso de que el techo analizado esté irradiado solarmente a la hora de estudio, la (T amb) deberá ser sustituida por la (T sol/aire)

3.2.3.3. Conducción a través de ventanas

$$Q_{\text{codv}} = U_v \times A_v \times (T_{\text{amb}} - T_{\text{int}})^{22}$$

en donde

Q codv	Conducción a través de ventanas (watts)
U _v	Coefficiente global de transferencia de calor en ventanas (w / m ² °C)
A _v	Area de la ventana analizada (m ²)
T amb	Temperatura ambiente (°C)
T int:	Temperatura interior (°C)

Nota En caso de que la ventana analizada esté irradiada solarmente a la hora de estudio, la (T amb) deberá ser sustituida por la (T sol/aire)

El calor transferido por conducción varía directamente con el tiempo, área y diferencial de temperatura; siendo inversamente proporcional al espesor del material. La ganancia de calor a través de las paredes, pisos y techos varía según las siguientes características.

- Tipo de construcción.
- Area expuesta a diferente temperatura.
- Tipo y espesor del aislante.
- Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior

Resistencia Térmica

La resistencia térmica "R" se define como la resistencia de un material al flujo de calor, siendo así mismo el recíproco del coeficiente de transferencia de calor $R \approx 1 / U$. Las unidades en el S.I. son °C x m² / watts / hr.

Conductividad Térmica

La conductividad térmica "K" se define como la intensidad de transferencia de calor a través de un material, siendo sus unidades watt / hrs. x m² de área x diferencia de temperatura en °C x 1 m de espesor. Para reducir la transferencia de calor a través de un material, el factor de conductividad térmica, deberá ser tan pequeño como se permita y el material tan grueso como sea posible.

Coefficiente Global de Transferencia

El coeficiente global de transferencia de calor "U" de un elemento constructivo, se define como la intensidad total de transferencia de calor a través de un material, sus unidades en el S.I. son. watts / hr x m² de área por diferencia de temperatura en °C, determinándose mediante la siguiente ecuación:

$$U = \frac{1}{1 / h_e + e_1 / k_1 + e_2 / k_2 + 1 / h_i + 1 / a}^{23}$$

en donde

U.	Coefficiente global de transferencia de calor (w / hr m ² °C)
h _e	Coefficiente de convección del aire exterior (w / m ² °C) (ver tabla 3.13)
h _i	Coefficiente de convección interior para aire quieto (w / m ² °C) (ver tabla 3.14)
k ₁	Conductividad térmica del primer material (w/m ² °C)
e ₁	Espesor del primer material (m)
a	Coefficiente de transmisión de calor del aire por convección (cámara de aire vertical u horizontal)

Cabe mencionar que un buen aislante térmico es aquel cuya densidad sea baja y que contenga gran cantidad de cámaras de aire (esponjoso). Una excelente aislante térmico es la cámara de aire de al menos 10 cm de espesor entre capa y capa de material. Es muy importante la adecuada selección de los materiales térmicos de construcción para cada obra, los cuales deberán ser: ligeros, de fácil colocación, de mínimo mantenimiento y duraderos.

COEFICIENTE DE CONVECCIÓN EXTERIOR					
Velocidad del aire	Inclinación con respecto a la horizontal				
	0°	22.5°	45°	67.5°	90°
3.33 m/s ó menos	11.6	14.5	17.4	20.3	23.3
5.00 m/s ó menos	14.5	18.1	21.7	25.3	29.1
6.67 m/s ó menos	17.4	21.7	26.1	30.4	34.9

Tabla 3.13 Coeficiente de convección exterior ²⁴

COEFICIENTE DE CONVECCIÓN INTERIOR					
Aire quieto	Inclinación con respecto a la horizontal				
	0°	22.5°	45°	67.5°	90°
Muros	4.6	5.8	6.9	8.1	9.3
Techos	4.6	5.8	6.9	8.1	9.3
Ventanas	4.5	5.6	6.7	7.8	9.0

Tabla 3.14 Coeficiente de convección interior ²⁵

Cuando se realizan las consideraciones de ganancias de calor, se deben conocer la temperatura al exterior y si es posible la de los locales vecinos; para determinar si el espacio a acondicionar tendrá ganancias o pérdidas de calor. Para calcular la temperatura de la superficie interior y exterior de un elemento constructivo, se debe seguir el siguiente procedimiento:

• Superficie interior

$$T_{si} = T_{int} - (CT / h_i) \quad 26$$

en donde,

$$CT = U \times (T_{int} - T_{amb})$$

T_{si}: Temperatura superficial interior (°C)

CT: Calor Transmitido por el elemento (w / m²)

U: Coeficiente global de transferencia de calor

T_{amb}: Temperatura ambiente

T_{int}: Temperatura interior

h_i: Coeficiente de convección interior para aire quieto (w / m² °C)

• Superficie exterior

$$T_{se} = T_{amb} + (CT / h_e) \quad 27$$

en donde:

$$CT = U \times (T_{int} - T_{amb})$$

T_{se}: Temperatura superficial exterior (°C)

CT: Calor Transmitido por el elemento (w / m²)

U: Coeficiente global de transferencia de calor

T_{amb}: Temperatura ambiente

T_{int}: Temperatura interior

h_e: Coeficiente de convección del aire exterior (w / m² °C)

• Temperatura ambiental

$$T_{amb} = T_{ext} + 273.15 \quad 28$$

en donde

T_{amb}: Temperatura ambiental (°K)

T_{ext}: Temperatura exterior bulbo seco (°C)

• Temperatura del cielo

$$T_{sky} = 0.0552 * T_{amb} \quad 1.5 \quad (29)$$

en donde

T_{sky}: Temperatura del cielo (°K)

• Temperatura de los alrededores

$$T_{surr} = T_{amb} + 10 \text{ (área urbana)} \quad 30$$

$$T_{surr} = T_{amb} \text{ (área rurales)}$$

en donde

T_{surr}: Temperatura de los alrededores (°K)

T_{amb}: Temperatura ambiental (°K)

La temperatura "sol-aire" es la temperatura del aire exterior que en ausencia de todo intercambio de radiación, tendría el mismo flujo de entrada de calor a través de la envolvente del edificio, como el que existiría con la combinación de radiación solar incidente real, dándose un intercambio de ener-

gía radiante en el espacio y un intercambio de calor convectivo en el aire exterior, el cual se expresa con la siguiente ecuación:

• Temperatura sol-aire en techos
 $T_{sat} = T_{amb} + (\alpha * Ht / ho) + (\epsilon * DR / ho)^{31}$

• Temperatura sol-aire en muros
 $T_{sam} = T_{amb} + (\alpha * Ht / ho)^{32}$

• Temperatura sol-aire en ventanas.
 $T_{sav} = T_{amb} + (\alpha_v * Ht / ho)^{33}$

en donde:

- Tsat Temperatura sol-aire techos (°K)
- Tsam Temperatura sol-aire muros. (°K)
- Tsav Temperatura sol-aire ventanas (°K)
- Tamb Temperatura ambiental. (°C)
- α Absortancia de la superficie.
- αv Absortancia de la ventana
- Ht Radiación solar incidente sobre la superficie (w)
- ho Coeficiente de transferencia de calor por convección y radiación.
- ε Emitancia de la superficie
- DR "Diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre la superficie que proviene del cielo y medio ambiente y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior" se sugiere usar DR = 0, para superficies verticales; para superficies horizontales o inclinadas es necesario calcular su valor. (w / m² °K)

$$DR = \sigma * \{ [(1 + \cos SLP) / 2] * (T_{sky}^4 - T_{amb}^4) \} + \{ [(1 - \cos SLP) / 2] * (T_{surr}^4 - T_{amb}^4) \}^{34}$$

en donde:

- DR "Diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre la superficie que proviene del cielo y medio ambiente y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior" (w / m² °K)
- σ Constante Stefan-Boltzman (5 669 E⁻⁸ w / hr m² °K⁴)
- SLP Angulo de inclinación de la superficie con respecto a la horizontal (Slope)
- Tsky Temperatura del cielo (T sky = 0.0552 * T amb^{1.5})
- Tsurr Temperatura de los alrededores (T surr = 10° k + T amb)
- Tamb Temperatura ambiente (° k)

$$ho = hw + hir^{35}$$

en donde:

- ho. Coeficiente combinado de convección mas radiación. (w / m² °k)
- hw: Coeficiente de convección
- hir: Coeficiente de radiación

$$hw = (32.7 + 13.7 * w) / 3.6^{36}$$

en donde:

- hw Coeficiente de convección (watts)
- w Velocidad del aire exterior (m / seg)

$$hir = 4 \sigma \epsilon T^3^{(37)}$$

en donde:

- hir Coeficiente de transferencia de calor por radiación
- σ Constante Stefan-Boltzman (5 669 E⁻⁸ w / hr m² °K⁴)
- ε. Emitancia de la superficie
- T³ Factor de temperatura

$$T = (273.15 + (T_{ext.} + T_{int.} / 2))^{38}$$

en donde:

- T Factor de temperatura
- T_{ext} Temperatura exterior del muro (°C)
- T_{int} Temperatura interior del muro (°C)

Para efectos de cálculo de la radiación solar emitida y reflejada por muros o superficies cercanas al edificio analizado en áreas urbanas densamente pobladas, se recomienda utilizar el valor de temperatura "sol-aire", en vez del de temperatura ambiental (T amb), para el cálculo de la carga térmica de muros, techos y ventanas; durante todas las horas en que haya radiación solar.

3.2.4. CALOR GENERADO POR RADIACIÓN SOLAR

La buena orientación e inclinación de las superficies de la envolvente del espacio es muy importante, pues de esto dependen las ganancias térmicas que el inmueble tenga. Ya que si los rayos solares llegan perpendicularmente a ellas la radiación será más alta, siendo esto un elemento muy conveniente durante el invierno. Por experiencia constructiva, la inclinación de la techumbre (en gra-

dos) debe ser igual a la latitud en la que se encuentra ubicada la edificación.

Cabe mencionar, que para sitios con elevaciones altas y atmósferas sumamente claras, los valores de ganancia solar calorífica se pueden incrementar hasta en un 15%. Para el caso de lugares con fuertes índices de contaminación se deberán considerar valores de entre un 20 a un 30% menores. En situaciones en que el cielo esté total o parcialmente nublado, se deben ajustar los valores del cielo multiplicándolos por las constantes, de 33% y 60% respectivamente.

• Radiación incidente
 $H_t = \text{Sen}(A_s) * R_d$ ³⁹

en donde:
 Ht Radiación solar en la superficie (watts)
 As Angulo de latitud solar
 Rd Radiación directa perpendicular (watts)

Otro elemento importante que se refiere a las ganancias solares que absorben las superficies es el color, pues mientras más oscuro éste sea mayor será la captación solar y viceversa; así mismo, se recomienda el uso de los materiales de construcción propios del lugar lo que permite la integración de las características técnicas y visuales del entorno con la edificación.

REFLECTANCIA DE LOS COLORES	
Color	Porcentaje
Blanco	80 - 90
Amarillo pálido	80
Rosa	80
Beige	70
Lila	70
Azul pálido	70 - 75
Verde claro	70 - 75
Mostaza	35
Café mediano	25
Azul mediano, Verde	20 - 30
Negro	10

Tabla 3.15. Reflectancia de diferentes colores ⁴⁰

La ganancia solar llega a representar un porcentaje muy alto en un balance térmico,

por lo tanto lo ideal sería aislarlo, sin embargo es el suministro de luz más grande y gratuito con el que se cuenta; de hecho los arquitectos deberían proyectar de manera que se utilizará lo menos posible la luz artificial. ⁴¹

La ecuación para determinar la ganancia calorífica en ventanas debida a la radiación solar directa, se describe a continuación.

$$Q_{shg} = A_v * H_t * F_c * T_v$$
 ⁴²

en donde
 Q shg Conducción por radiación directa (watts)
 A_v Area de la ventana (m²)
 H_t Radiación incidente sobre una superficie horizontal
 F_c Factor de sombreado del cristal de acuerdo a sus características
 T_v Transmitancia del vidrio

En el caso de la radiación solar que atraviesa las ventanas, es necesario establecer el coeficiente de sombreado mediante la siguiente ecuación; debido al hecho de que existe absorción y sombreado de la radiación solar al atravesar los vidrios, por lo que no toda la ganancia exterior entra al edificio.

COEFICIENTE DE SOMBRADO DE LOS VIDRIOS			
Tipo de vidrio	Espesor (mm)	Transmitancia	Factor
Normal	3	0.86	1.00
	6	0.78	0.94
	9	0.72	0.90
Absorbente	12	0.67	0.87
	3	0.64	0.83
	6	0.46	0.69
	9	0.33	0.60
	12	0.24	0.53

Tabla 3.16. Coeficientes de sombreado de los vidrios ⁴³

$$G_s = R_s * A * F_s$$
 ⁴⁴

G_s Ganancia solar a través de las ventanas (watts)
 R_s Radiación solar (watts).
 A Area de la ventana (m²).
 F_s Coeficiente de sombra

Por todo lo anterior, un buen análisis de las orientaciones, colores y materiales constructivos, darán como resultado una edificación acorde al entorno físico, estético y económico en su mantenimiento.

3.2.5. CALOR GENERADO POR INFILTRACIÓN

Es la ganancia o pérdida de calor que se filtra entre las uniones de los diversos materiales constructivos de la envolvente. Esta infiltración se da en forma de calor sensible y calor latente.

$$Q \text{ infs} = 0.278 * \text{Camb} * \text{Vol} * \text{Da} * \text{CPA} * (T \text{ amb} - T \text{ in})^{45}$$

$$Q \text{ infl} = 0.278 * \text{Camb} * \text{Vol} * \text{Da} * H \text{ vap} * (We - Wi)^{46}$$

en donde

Q infs	Flujo de calor por infiltración sensible (watts)
Q infl.	Flujo de calor por infiltración latente (watts)
0.278	Coefficiente para cambiar unidades de kilojoules a watts
Camb	Número de cambios de aire por hora (m ³)
Vol	Volumen de aire del cuarto (m ³)
Da	Densidad del aire (kg/m ³)
CPA	Calor específico del aire (kj/kg°C)
H vap	Calor latente de vaporización del aire (kj/kg°C)
T amb	Temperatura ambiente (°C)
T in	Temperatura interior (°C)
We	Presión de la mezcla de aires seco y agua en el exterior
Wi	Presión de la mezcla de aires seco y agua en el interior

• Densidad del aire

$$Da = 1.293 * (b/1013.25) * (273.15/273.15 + T \text{ int})^{47}$$

en donde

Da:	Densidad del aire (kg / m ³)
b:	Presión barométrica del lugar (mbares)
t int	Temperatura interior (°C)

Nota En caso de desconocer la presión barométrica del lugar de estudio, se puede obtener restándole a la presión estándar (1,013.25 mbares) el uno por ciento por cada 100 mts. de altura sobre el nivel del mar.

• Presión de saturación exterior

Esta ecuación se propone para la determinación de la presión de saturación de vapor de agua contenida en el aire a cierta temperatura, con lo que se evita la consulta constante del diagrama psicrométrico, realizando las operaciones necesarias para interpolar los valores de la temperatura. Mediante el uso de una calculadora o programa de hoja de calculo el valor buscado se puede obtener fácilmente con un buen rango de exactitud.

$$Pse = 0.0061 e^{0.0623 T \text{ ext.}}^{(48)}$$

en donde

Pse	Presión de saturación exterior (mbares)
T ext.	Temperatura exterior bulbo húmedo (°C)

• Presión de vapor exterior

$$PVE = Pse - (0.00064 * b * (T \text{ ext. BS} - T \text{ ext. BH}))^{49}$$

en donde

PVE	Presión de vapor exterior (mbares)
Pse	Presión de saturación exterior (mbares).
T ext. BS	Temperatura bulbo seco exterior (°C)
T ext. BH	Temperatura bulbo húmedo exterior (°C)
b	Presión barométrica del lugar

• Mezcla de vapor de agua y aire seco exterior

$$We = 0.622 * (PVE / b - PVE)^{50}$$

en donde

We.	Mezcla de vapor de agua y aire exterior (Kg de agua / Kg de aire seco)
PVE.	Presión de vapor exterior (mbares)
b	Presión barométrica del lugar

• Presión de saturación interior

$$Psi = 0.0061 e^{0.0623 T \text{ int}}^{(51)}$$

en donde.

Psi:	Presión de saturación interior (mbares)
Tint.	Temperatura interior (°C)

- Presión de vapor interior

$$PVI = P_{si} * HRp^{52}$$

en donde:

- PVI: Presión de vapor interior (mbares)
- Psr: Presión de saturación interior (mbares).
- HRp: Humedad relativa interior propuesta (decimal)

- Mezcla de vapor de agua y aire seco interior

$$Wi = 0.622 * (PVI / b - PVI)^{53}$$

en donde

- Wi: Mezcla de vapor de agua y aire interior (Kg de agua / Kg de aire seco)
- PVI: Presión de vapor interior(mbares)
- b: Presión barométrica del lugar

3.2.6. CALOR GENERADO POR VENTILACIÓN

La ganancia de calor por este concepto puede ser positiva o negativa, considerándose calor sensible y calor latente. La ventilación es necesaria ya que el oxígeno contenido en el aire es vital para la supervivencia del hombre.

APLICACIÓN	FUMADORES	AIRE NECESARIO POR PERSONA M ³
Sedentario	Ninguno	18
Sedentario	Cigarro	36
Casa de bolsa	Demasiado	85
Departamento	Poco	34
Peluquería	Mucho	25
Almacenes	Poco	13
Salas de consejo	Demasiado	85
Funeraria	Mucho	25
Quirófano	Ninguno	25
Sala hospital	Muy poco	34
Laboratorio	Poco	34
Oficinas públicas	Poco	25
Oficinas privadas	Muy poco	42
Restaurante	Poco	25
Cine, Teatro	Ninguno	18

Tabla 3.17 Aire necesario por persona en diversos espacios y características⁵⁴

$$Q_{vents} = 0.278 * Da * CPA * G * (T_{amb} - T_{in})^{55}$$

$$Q_{ventl} = 0.278 * Da * H_{vap} * G * (W_e - W_i)^{56}$$

en donde.

- Q vents: Flujo de calor por ventilación sensible (watts)
- Q ventl: Flujo de calor por ventilación latente (watts)
- 0.278: Coeficiente para cambiar unidades de kilojoules a watts
- Da: Densidad del aire (kg/m³)
- CPA: Calor específico del aire (kJ/kg°C)
- H vap: Calor latente de vaporización del aire (kJ/kg °C)
- G: Flujo de aire (m³)
- T amb: Temperatura ambiente (°C)
- T cto: Temperatura del cuarto (°C)
- W e: Humedad específica exterior
- W i: Humedad específica interior

- Flujo de aire

$$G = Av * Va * 3600^{57}$$

en donde:

- Av: Area de ventana abierta (m²)
- Va: Velocidad del aire promedio (m/s)

3.2.7. CARGA TOTAL DE CALOR

Una vez terminado con todas las consideraciones de ganancias térmicas, se procede a la suma de todas las cargas de calor sensible y latente. El resultado en la carga total puede ser un valor negativo, lo que indica que el edificio requiere de calentamiento, así como tener un resultado positivo es indicio de que requiere enfriamiento.

$$Q_{load} = Q_{mets} + Q_{metl} + Q_{light} + Q_{codt} + Q_{cotm} + Q_{cotv} + Q_{shg} + Q_{infs} + Q_{infi} + Q_{vents} + Q_{ventl}^{58}$$

en donde.

- Qload: Carga total
- Qmets: Carga metabolismo sensible
- Qmetl: Carga metabolismo latente
- Qlight: Carga de equipos eléctricos
- Qcodt: Carga conducción por techo
- Qcondm: Carga conducción por muros
- Qcondv: Carga conducción por ventanas
- Qshg: Carga por radiación en ventanas
- Qinfs: Calor infiltración sensible
- Qinfi: Calor infiltración latente
- Qvents: Carga ventilación sensible
- Qventl: Carga ventilación latente

La envolvente del espacio funciona como regulador térmico dependiendo de los materiales constructivos y del espesor de cada uno de ellos; por lo que es necesario conocer sus características para establecer el retardo térmico que habrá entre el ambiente exterior y el interior. La ecuación para determinar la capacitancia de la envolvente es la siguiente:

$$CAPA = (Mm * Ce) / 3.6 \quad 59$$

en donde

CAPA	Capacitancia total (watts)
Mm	Masa de los materiales de construcción (kg)
Ce	Calor específico de los materiales (kj / °C)
3.6	Coefficiente para pasar valores de kj a watts

El cálculo de la temperatura horaria interior del cuarto, se calcula con los valores de capacitancia térmica del cuarto y a partir de la temperatura del cuarto de la hora anterior (i - 1).

$$T \text{ cuarto } (1) = T \text{ cuarto } (i - 1) + (Q \text{ load} / CAPAC) \quad 60$$

en donde

Tcuarto (1)	Temperatura del cuarto (°C)
Tcuarto (i - 1)	Temperatura del cuarto del cálculo anterior (°C)
Q load	Carga total (watts)
CAPAC	Capacitancia de los materiales de construcción del local analizado (w / °C)

¹ BAUTISTA K Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1997

² MORALES Diego, Apuntes del Curso de Sistemas Pasivos de Climatización Posgrado de la Facultad de Arquitectura U.N.A.M., 1997

³ REYES Raul Estrategias Pasivas en el Aprovechamiento de la Energía Solar Aplicadas al Diseño Arquitectónico Tesis de Doctorado U.N.A.M., México, 1989, pag: 83 y 84

⁴ Item.

⁵ ASHRAE, Handbook Fundamentals American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning, U.S.A., 1985, pag. 8.11.

⁶ MORALES Diego y Coautores. (Modificada por Rivas Manuel 1998) Apuntes al Curso de Calculo Térmico de Edificaciones, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., 1998.

⁷ Item.

⁸ BAUTISTA Antonio. Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1997

⁹ BAUTISTA Antonio. Acondicionamiento Térmico. Tesis de Maestría, U.N.A.M., México, 1997, pag 50

¹⁰ GAY and FAWCETT, Instalaciones en los Edificios, Gustavo Gili, Barcelona, 6ta Edición, 1979, pag: 486

¹¹ BAUTISTA Antonio. Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1997

¹² GAY and FAWCETT, Instalaciones en los Edificios, Gustavo Gili, Barcelona, 6ta. Edición, 1979, pag 489-494.

¹³ Item.

¹⁴ BAUTISTA Antonio. Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1997

¹⁵ Item.

¹⁶ BAUTISTA Antonio. Acondicionamiento Térmico. Tesis de Maestría, U.N.A.M., México, 1997, pag 53 - 54

¹⁷ Item.

¹⁸ RIVAS Manuel. Modelo de Cálculo Térmico para la Edificación. Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1998

¹⁹ MORALES Diego y Coautores (Modificada por Rivas Manuel 1998) Apuntes al Curso de Calculo Térmico de Edificaciones, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., 1998

²⁰ MORALES Diego y Coautores Apuntes al Curso de Calculo Térmico de Edificaciones, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., 1998.

²¹ Item.

²² Item.

²³ Item.

²⁴ BAUTISTA Antonio. Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1997

²⁵ Item.

²⁶ Item.

²⁷ Item.

²⁸ Item.

²⁹ Item.

³⁰ Item.

- 31 Item.
- 32 Item.
- 33 Item.
- 34 Item.
- 35 Item.
- 36 Item.
- 37 Item.
- 38 Item.
- 39 REYES Raúl *Estrategias Pasivas en el Aprovechamiento de la Energía Solar Aplicadas al Diseño Arquitectónico* Tesis de Doctorado U.N A M., México, 1989, pag 140
- 40 GAY and FAWCETT, *Instalaciones en los Edificios*, Gustavo Gili, Barcelona, 6ta. Edición, 1979, pag 480
- 41 BAUTISTA Antonio *Acondicionamiento Térmico*, Tesis de Maestría, U N A M., México, 1997
- 42 MORALES Diego y Coautores (Modificada por Rivas Manuel 1998) *Apuntes al Curso de Calculo Térmico de Edificaciones*, Posgrado de Arquitectura, U N A M., 1998
- 43 ASHRAE, *Handbook Fundamentals American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning*, U S A., 1985, pag: 27 29
- 44 Item.
- 45 MORALES Diego y Coautores *Apuntes al Curso de Calculo Térmico de Edificaciones*, Posgrado de Arquitectura, U.N A M., 1998
- 46 Item.
- 47 BAUTISTA Antonio *Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios*, Posgrado de Arquitectura, U N A M., México, 1997
- 48 RIVAS Manuel *Modelo de Cálculo Térmico para la Edificación* Posgrado de Arquitectura, U N A.M., México, 1998
- 49 BAUTISTA Antonio *Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios*, Posgrado de Arquitectura, U.N A M., México, 1997
- 50 Item.
- 51 RIVAS Manuel. *Modelo de Cálculo Térmico para la Edificación*. Posgrado de Arquitectura, U N A M., México, 1998
- 52 BAUTISTA Antonio. *Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios*, Posgrado de Arquitectura, U N.A.M., México, 1997
- 53 Item.
- 54 BAUTISTA Antonio. *Acondicionamiento Térmico*, Tesis de Maestría, U N A M., México, 1997, pag: 80
- 55 MORALES Diego y Coautores. *Apuntes al Curso de Calculo Térmico de Edificaciones*, Posgrado de Arquitectura, U N A M., 1998
- 56 Item.
- 57 Item.
- 58 Item.
- 59 Item.
- 60 Item.

CAPITULO 4

4.1. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA

La Ciudad de México se localiza aproximadamente de los 19° 00' a los 19° 37' latitud Norte y de los 98° 06' a los 99° 22' longitud Oeste. Se le considera como un clima intertropical, el cual es modificado básicamente por la altura promedio que tiene sobre el nivel del mar (2240 mts.); así como por el hecho de situarse dentro de una cuenca cerrada al este, sur y oeste; con alturas mayores a los 1000 mts. sobre el nivel de base local. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, y posteriormente fue modificada en la República Mexicana por Enriqueta García;¹ en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México existen básicamente dos tipos de climas:

1. Semiseco templado, de verano cálido, con lluvias en verano. (Bs)
2. Templado subhúmedo, con verano fresco largo y con lluvias en verano. (Cw₁), (Cw₂), (Cw₃)

El primero se presenta únicamente al norte de la ciudad, mientras que el segundo de ellos (incluyendo sus variantes en el régimen de lluvia) se da en las demás áreas de la ciudad; teniendo el mayor índice de precipitaciones hacia las montañas del sudoeste y el menor al noreste.

Durante la época de lluvias se presentan vientos alisios y vientos dominantes del oeste; en cambio, durante la época de secas se presentan circulaciones de viento (tipo anticiclón) entre las masas de aire frío y los nortes que afectan las condiciones climáticas.

El clima de la Ciudad tiene dos periodos marcados:

- a) *Periodo seco.* Se da en el periodo comprendido de Noviembre a Abril, constituyendo la temporada fría del año; en la cual se denotan con

mayor frecuencia los efectos urbanos sobre la temperatura. En este periodo, predominan los cielos claros que provocan un rápido calentamiento y enfriamiento de la superficie terrestre, durante el día y la noche respectivamente, propiciando la formación de las islas de calor.

Al final de esta época se presentan días muy calurosos, incluso con ondas de calor de extrema incomodidad higrotérmica, debido a que las lluvias todavía no se presentan; sin embargo, la baja humedad que prevalece impide que se presenten las condiciones de bochorno. Estas ondas de calor se presentan predominantemente de Marzo a Mayo y en menos ocasiones en Junio, debido a la presencia de las lluvias que refrescan el ambiente.

- b) *Periodo de lluvias.* Corresponde al periodo entre los meses de Mayo a Octubre, prolongándose en casos excepcionales (fenómeno del niño) hasta dos o tres meses más. En esta época los desarrollos nubosos son más frecuentes, presentando nubes bajas que originan lluvias continuas y tormentas eléctricas principalmente por las tardes.

En estudios realizados por Jauregui en 1975, propone una zonificación climática para la Ciudad de México dividida en cinco sectores:²

- 1 *Zona del centro.* Caracterizada por islas de calor producidas por la reducida oscilación térmica que existe, una reducción de la temperatura máxima y aumento de la mínima, causada por la contaminación y el tipo de construcciones de la zona, que impide la ventilación y provoca el almacenamiento de calor.
- 2 *Zona perimetral de transición.* Dado que en esta área la ventilación es mayor y la concentración de contaminantes es moderada, es menor la intensidad de calor durante la época de secas.
- 3 *Zona oriente.* Caracterizada por tolvaneras del noroeste de la Ciudad en la época de secas, en esta área hay menor contaminación y mayor índice de ventilación, debido a los flujos de viento e inundaciones que padece durante la

¹ GARCÍA Enriqueta *Apuntes de Climatología*, México 1966, pag 153.

² ESPINOSA M., *Bioclimatología Urbana de la Ciudad de México*, tesis del Instituto de Geografía, México, 1994 pag 74

época de lluvias; el clima se puede clasificar como semiárido.

4. *Zona sur.* Caracterizada por tener más áreas verdes, espacios abiertos y menos industria, siendo una zona húmeda que presenta un clima más benigno para los habitantes
5. *Zona poniente* Tiene un clima muy húmedo y por lo tanto menos extremo; sin embargo, se caracteriza por lluvias torrenciales y fuertes vientos que determinan las condiciones de confort.

Así mismo, cabe mencionar lo que dice Ortega (1998), "Definir simplemente las condiciones meteorológicas más comunes de la Zona Metropolitana como Cw y Bs no es erróneo, pero si faltaría tomar en consideración los aspectos señalados en su artículo por Lowry (1967)..."³ En donde se mencionan las influencias que ejercen las ciudades sobre el clima y que se resumen en cinco puntos:

1. En las ciudades existe una gran diversidad de materiales de construcción, los cuales son mejores conductores y almacenadores de energía térmica, que los existentes en las zonas rurales.
2. La topografía urbana es en general más accidentada que la rural, por lo que la turbulencia del viento en la ciudad aumenta considerablemente.
3. La existencia en las ciudades de un número casi infinito de fuentes de calor (automóviles, personas, animales, estufas, hornos, calderas, calentadores, televisores, refrigeradores, etc. en general cualquier cosa que genere calor.
4. La cuarta modificación del clima, se presenta en lo referente a la disposición de la precipitación; ya que mientras en las zonas rurales la precipitación se mantiene durante cierto tiempo en la superficie incorporándose nuevamente a la atmósfera en forma de humedad; en las ciudades solamente se mantiene por un breve lapso de tiempo, únicamente el necesario para ser drenada por cauces subterráneos.

5. Finalmente, la última influencia se refiere a la presencia de gases y partículas suspendidas en la atmósfera urbana (contaminantes); los cuales, actúan de diferentes formas afectando el clima.

La presencia e intensidad de las islas de calor en las ciudades, varían de acuerdo al tamaño de la ciudad y al número de habitantes; debido a la densidad de las estructuras y a la diversidad de materiales de construcción, colores y texturas que absorben una buena parte de la radiación solar de onda corta, para posteriormente transformarla en energía de onda larga e irradiarla nuevamente al medio urbano.⁴ En base a esto, se puede asegurar que el fenómeno de reflectividad de la radiación solar provocada por los elementos verticales de las edificaciones (medio urbano), se ve incrementado en comparación con el provocado por la bóveda celeste (medio rural).

De acuerdo a las características anteriores, la Ciudad de México es un claro ejemplo de una ciudad en donde se ha modificado el comportamiento climático dando como resultado el efecto invernadero y teniendo específicamente los siguientes cambios:

PARÁMETRO	ANUAL (%)
Radiación solar	+ 22
Humedad relativa	- 6
Visibilidad	- 25
Niebla	+ 60
Viento	- 25
Lluvia	+ 14
Tormenta eléctrica	+ 16
Contaminación	+ 100

Tabla 4.1 Impactos de la urbanización en el clima⁵

Para la caracterización del clima de la Ciudad de México, se recabo información climática del Instituto Meteorológico de Tacu-

⁴ Item.

⁵ JAUREGUI E. *El Clima y Bioclima de Ciudades de México* Memorias Desarrollo Sustentable en el Hábitat Construido, U.A.M., México, 1996, pag 115

³ ORTEGA Alma., *Diseño del Monitoreo de Iluminancia Global y Niveles de Iluminación al Interior de un Espacio de Oficina en la Zona Sur de la Ciudad de México*, U.A.M., 1998.

baya, de la Estación Meteorológica de San Gregorio Atlapulco y de la Estación Meteorológica de la Escuela Nacional Preparatoria No. 1 de la U.N.A.M.; con registros promedios continuos de 37, 10 y 4 años de antigüedad respectivamente. En donde se obtuvo información de temperatura, humedad, presión, precipitaciones, radiación solar y viento (ver apéndice C). Encontrando pequeñas diferencias entre las estaciones, por lo que los datos se consideraron como válidos para efectos del presente estudio.

Analizando la información climática representada en forma gráfica en el apéndice C, se observa que la temperatura máxima promedio es de 27.0 °C en los meses de Marzo a Mayo y una mínima de 11.0 °C lo que señala la época de secas. Posteriormente, para el mes de Junio a Septiembre la temperatura máxima disminuye a 24.0 °C permaneciendo la mínima en 11.0 °C; es decir, la oscilación térmica es menor y por lo tanto, significa que es la época de lluvias.

La gráfica de humedad, alcanza su máxima en los meses de Julio a Septiembre con un 92% de humedad relativa, en cambio en los meses de Marzo a Abril, la humedad máxima apenas llega al 65%; lo que representa la temporada de lluvias y de secas respectivamente. La gráfica de precipitación pluvial indica claramente los meses con mayor y menor precipitación pluvial durante el año, así como la diferencia entre la máxima y la mínima.

La radiación solar máxima (gráfica 4) se da en el periodo de Marzo a Mayo, periodo en el que la humedad y la nubosidad es mínimo (gráfica 5); es decir, es mayor el número de cielos claros y por lo tanto, la radiación y el tiempo de exposición es mayor. Siendo el comportamiento anual de la nubosidad de la siguiente forma.

- De Noviembre a Abril un máximo de 11.3 días despejados promedio por mes.

- Los días medio nublados se presentan a lo largo de todo el año teniendo un promedio de 12 días mensuales
- Los días nublados tienen mayor incidencia en el periodo de Mayo a Octubre, con un máximo de 20.26 días en el mes de Julio.

En conclusión se presentan 84 días al año considerados como despejados y 281 días de medio nublado a nublado.

Por otra parte, examinando los reportes climáticos de año con año, se puede apreciar un incremento en la temperatura media anual, por ejemplo: para el mes de Septiembre en el periodo comprendido de 1951 a 1980,⁶ la temperatura promedio fue de 15.70 °C, mientras que para el mismo mes, pero del periodo comprendido entre 1980 a 1998,⁷ la temperatura promedio fue de 18.34 °C; es decir, ha habido un incremento de 2.64 °C en los últimos 18 años. Así mismo, la humedad relativa ha cambiado significativamente, si se comparan los valores en los mismos periodos anteriores encontramos que antes había una humedad del 71%, mientras que el valor actual es de 56%, es decir ha disminuido en un 7.8 % la humedad relativa en el ambiente.

Esto se explica por una parte, debido a los cambios que se han dado a nivel mundial por el incremento en la temperatura en 1.5 °C, ocasionados por: la destrucción de la capa de ozono, la excesiva combustión de combustibles de origen fósil, la deforestación de los bosques, etc. Y por la otra parte, se confirma lo señalado anteriormente, en que se establece que la modificación del macroclima de la ciudad se debe al crecimiento de la mancha urbana, a la mayor reflectividad de las construcciones y pavimentos, y al incremento del número de vehículos que acentúan la contaminación.

⁶ Datos obtenidos del Instituto Meteorológico de la Ciudad de México (Tacubaya) México, 1998

⁷ Ítem.

Bajo estas condiciones macroclimáticas, se puede decir que el área de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se comporta como un clima Templado subhúmedo (Cw) con lluvias periódicas, e invierno seco no riguroso.

4.2. ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

Para evaluar el funcionamiento térmico de las edificaciones, resulta conveniente conocer como se mide la radiación solar y que tipo de radiación se está considerando. Por lo que para efectos del análisis solar es conveniente considerar a la tierra fija y al sol como el que gira, describiendo trayectorias circulares en la bóveda celeste, de esta manera, la posición del sol se puede determinar a través de dos parámetros básicos:

- Angulo de altitud solar (A)
- Azimut solar (Az)

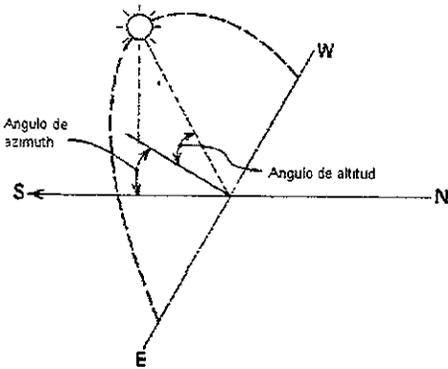


Figura 4.1 Altitud solar (declinación del sol) y Azimut solar

La altitud solar se define como la elevación que tiene el sol sobre el horizonte, (en cualquier dirección y perpendicular a la línea del horizonte) el azimut es la desviación del sol respecto al sur (el azimut dirigido exactamente al Sur será de 0°). Para definir la

altitud y el azimut solar en cualquier latitud del planeta, de cierto día y a una cierta hora específica se requiere determinar los valores de tres variables.⁸

- Latitud del lugar (L)
- Declinación solar (D)
- Angulo horario (Ah)

4.2.1 La *latitud del lugar* no debe tener problemas en fijarse pues ésta información se puede obtener fácilmente de un mapa. Es conveniente recordar que la latitud es positiva cuando el lugar se encuentra al norte del ecuador y negativa cuando es al sur

4.2.2. La *declinación solar* se define la posición angular del sol sobre un plano imaginario en el ecuador al mediodía solar, siendo la medida que nos permite expresar angularmente la fecha del año para el cual se desea el calculo; pues mide el alejamiento del sol con respecto al ecuador, y por lo tanto, su valor no puede ser mayor de 23.45° hacia el norte o al sur .

Si bien los valores para la declinación solar se pueden obtener a través de los anuarios astronómicos, existe una sencilla manera de calcular analíticamente la declinación solar:

$$D = 23.45 \times \text{Sen} \left(360 \left(\frac{n + 284}{365} \right) \right)^{\circ}$$

en donde

- D Declinación del sol
n. Es el número de días naturales transcurridos desde el primer día de Enero hasta el día considerado

4.2.3. El *ángulo horario* (Ah) es la forma de expresar la hora mediante una medida angular; es el tiempo que se aleja la hora de análisis elegida del medio día solar (medido en grados). El sol gira 15° por cada hora que transcurre (puesto que 15 = 360 grados /24 horas) siendo positivo el valor por la mañana y negativo por la tarde; así el ángulo horario se determina contando los grados a partir

⁸ REYES Raúl. *Estrategias Pasivas en el Aprovechamiento de la Energía Solar Aplicadas a la Arquitectura*. Tesis Doctoral, U.N.A.M., 1989, pag. 123

⁹ BAUTISTA Antonio. *Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios*, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1997

de las 12 horas hacia la hora de estudio El ángulo solar del medio día es cero

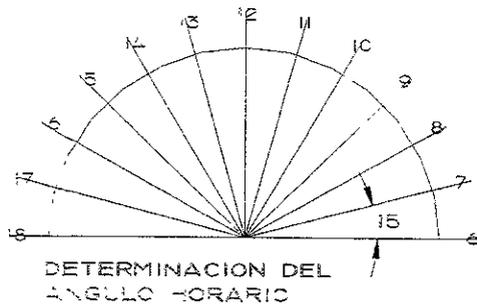


Figura 4.2. Gráfico para determinar el ángulo horario

Las fórmulas para obtener el ángulo de la altitud y el azimut solar se describen a continuación:

$$A = \text{Sen}^{-1} ((\text{Cos } L * \text{Cos } D * \text{Cos } Ah) + (\text{Sen } L * \text{Sen } D))^{10}$$

en donde

- A Altitud solar
- L Latitud del lugar de estudio
- D Declinación del sol
- Ah Ángulo horario

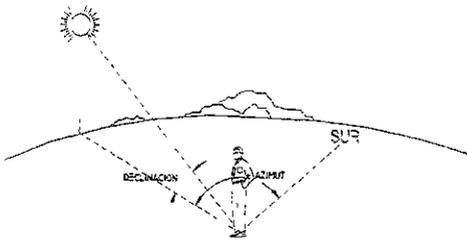


Figura 4.3. Determinación de la Altitud y del Azimut en un Plano Horizontal

$$Az = \text{Sen}^{-1} ((\text{Cos } D * \text{Sen } Ah) / \text{Cos } A)^{11}$$

¹⁰ BAUTISTA Antonio. *Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios*. Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1997.

¹¹ ítem

en donde

- Az. Azimut solar
- D Declinación del sol
- Ah Ángulo horario
- A Altitud solar

Nota La determinación del azimut se obtiene mediante la aplicación de la ecuación graficando al este los valores negativos y al oeste los positivos

Una vez determinados los parámetros básicos de la posición del sol, es conveniente obtener la longitud del día, mediante la siguiente ecuación:

$$Td = 2/15 \text{Cos}^{-1} (-\text{Tan } L * \text{Tan } D)^{12}$$

en donde

- Td Longitud del día.
- L Latitud del lugar de estudio
- D Declinación del sol

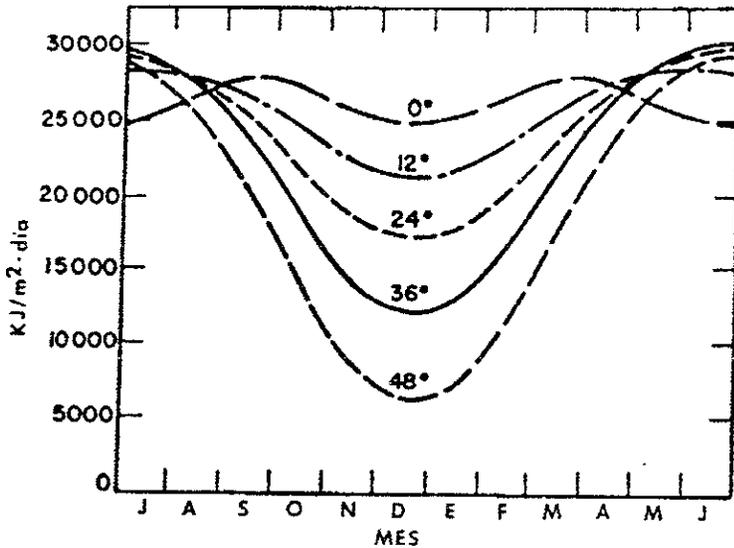
El término insolación se utiliza para definir la cantidad de radiación solar que recibe un objeto fijo, (por ejemplo un edificio) quedando definido por tres características:

- Duración
- Intensidad.
- Calidad (Radiación directa o difusa).

La duración se refiere a al cantidad de tiempo que el objeto recibe radiación solar, mientras que la intensidad se define como la cantidad que recibe en un momento dado; en lo que respecta a la calidad, ésta puede ser directa (radiación que llega directamente del sol, es decir que no sufre cambios apreciables en su calidad y dirección) y difusa (radiación que sufre dispersión y pérdida de dirección al viajar a través de la atmósfera.

La radiación global es la suma de la radiación directa vertical más la radiación difusa, sobre un plano horizontal ubicado encima de la superficie terrestre.

¹² BAUTISTA Antonio. *Apuntes del Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios*, Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1997



Gráfica 4.1. Radiación para días despejados en un plano horizontal

$$R_g = Q_v + q^{13}$$

en donde:

- R_g : Radiación global sobre una superficie horizontal.
 Q_v : Radiación directa vertical
 q : Radiación difusa

Regularmente los datos de radiación solar, sólo se encuentran en los grandes observatorios meteorológicos del país. Por lo que para las regiones en donde se carezca de ésta información, los datos deberán ser calculados mediante sencillos procedimientos. Un método sencillo para estimar la radiación solar de un lugar, en cierta fecha y hora, es mediante la ecuación de Amstrom.¹⁴

$$H = H_c (a + b * (n / N))$$

en donde:

- H : Radiación promedio sobre una superficie horizontal para un lapso dado (w / m^2)
 H_c : Radiación promedio sobre una superficie horizontal en condiciones de cielo despejado. (kJ / m^2 día) (ver gráfica 4.1)
 n : Número de horas de soleamiento diario promedio en un lapso dado (hrs.)
 N : Número máximo diario de horas en el lapso dado (longitud del día) (hrs.)
 a, b : Constantes, $a = 0.35$ y $b = 0.61$

Otra de las aplicaciones de conocer los parámetros de la posición del sol, es el determinar el ángulo de incidencia para una superficie vertical dada, en cualquier orientación. Para ello es necesario conocer la componente horizontal y la vertical que definen el ángulo de incidencia.

En el caso de la componente horizontal, ésta es la separación angular entre el azimut solar y la superficie vertical en cuestión. Por ejemplo: si el sol tiene un azimut de

¹³ REYES Raúl. *Estrategias Pasivas en el Aprovechamiento de la Energía Solar Aplicadas al Diseño Arquitectónico*. Tesis de Doctorado U.N.A.M., México, 1969, pag: 136

¹⁴ REYES Raúl. *Estrategias Pasivas en el Aprovechamiento de la Energía Solar Aplicadas a la Arquitectura*, Tesis Doctoral, U.N.A.M., 1969, pag 140

45° O, y el muro tiene una orientación de 15° será de 60 grados
 E, la diferencia entre ambas orientaciones

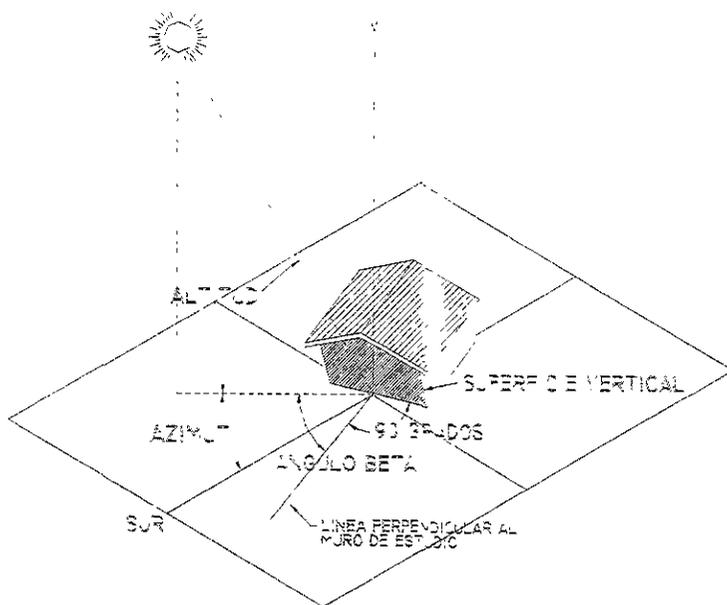


Figura 44 Determinación del ángulo beta

En el caso de la componente vertical es más sencilla, pues es la misma que el ángulo de altitud solar en cuestión.

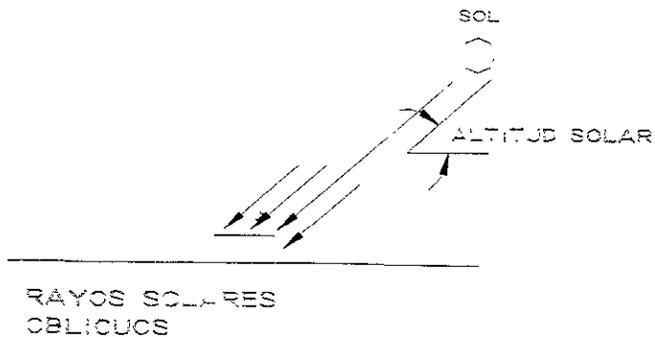


Figura 45 Determinación del ángulo alfa

CONCLUSIONES

La crisis cada vez más grave entre la relación hombre/ambiente, exige enfrentar nuevas responsabilidades y una preparación especializada de los diseñadores de espacios arquitectónicos; pues gran parte de ellos carecen de una visión cultural de las leyes bioambientales en relación con la forma de proyectar.

Esto me lleva a concluir que la educación ambiental implica un profundo cambio de actitud que pueda restablecer el equilibrio de dicha relación; sin embargo, esta no es una tarea fácil pues la arquitectura bioclimática requiere del conocimiento y uso de un sin número de variables, tales como: temperatura, humedad, iluminación, ventilación, etc. Lo que nos habla acerca del grado de dificultad de la situación, pues no solo la tecnología es compleja sino también los problemas que pretende resolver.

Es por eso, que el objetivo de este trabajo fue el de apoyar a los diseñadores de la edificación con una herramienta de cálculo y evaluación, que les permita proyectar espacios térmicamente confortables y de bajo consumo energético. Al analizar los resultados obtenidos en la aplicación del modelo de cálculo térmico a los casos de estudio, se puede concluir que el objetivo se logró satisfactoriamente, pues me permitió determinar con antelación las condiciones higrotérmicas de los casos de estudio. Por lo tanto, la aplicación de dicho modelo resultó ser una herramienta práctica de diseño bioclimático que permite revisar y en caso de ser necesario mejorar las características formales y constructivas de la edificación, ya sea que esté construida o aún en la etapa de proyecto. Dando lugar a un edificio térmicamente confortable y de bajo consumo energético, que redunde en una mejoría energética, económica, social y de salud para los habitantes del país.

De acuerdo a la primer hipótesis planteada al inicio de la presente investigación, el hecho de contemplar todas las variables cli-

máticas que influyen en las condiciones térmicas de una edificación; fueron suficientes para elaborar un modelo de simulación térmica que presente información fiable respecto a las condiciones térmicas del espacio analizado. La pequeña variación que existe entre los datos medidos y los calculados, puede ser debido a errores en la apreciación de información contenida en la gráfica del termohidrógrafo, debido a lo pequeño de la escala. Así mismo, el hecho de considerar los cálculos térmicos cada hora, pueden presentarse ciertas condiciones climáticas de duración intermitente que no son consideradas de manera instantánea en el cálculo, pero que si afectan de manera global las condiciones higrotérmicas del espacio (tal es el caso de radiación solar, viento, etc.); y que va provocando un desfase en el seguimiento de las condiciones reales.

Por lo que recomiendo continuar la experimentación del modelo en otros tipos de edificaciones y con condiciones climáticas diferentes a las ya analizadas; con lo cual se podrá garantizar su aplicabilidad en cualquier tipo de edificación, región del país y época del año.

La segunda hipótesis habla acerca del hecho de considerar el modelo de simulación térmica como una herramienta práctica que complementa el proceso de diseño, mejorando el funcionamiento térmico y el ahorro de energéticos. Basta con observar la gráfica de temperatura de la aplicación del modelo propuesto al caso de estudio de la casa habitación (apéndice A gráfica B.4.), en donde se observa que de las 3 hasta las 13 hrs los usuarios sufren condiciones de discomfort, pues la temperatura está por abajo de la requerida (desde los 16.4 a los 15.1 °C).

Esta situación mejora notablemente si se recubre el muro sur de la habitación con un aislante de fibra de vidrio de 5cm., malla de gallinero y un aplanado de 2cm. de espesor, con lo cual se evitará la transmisión excesiva que se da por este muro; pues de un coe-

ficiente de conductividad de 2.88 a 2.10; eliminar o en su caso disminuir las ranuras de infiltración y permitir únicamente el paso de aire necesario para la ventilación. Con todo esto se logra disminuir las pérdidas de calor, obteniendo condiciones de confort muy cercanas a las requeridas, con un costo menor al de mantener encendido un calentador eléctrico durante este horario, principalmente en la época de invierno.

Los casos de estudio nos permitieron observar que así como hay espacios bien diseñados, también hay otros que están mal; ya sea por sus orientaciones, relación macizo / ventanas, selección de materiales de construcción, etc. Pero al momento de aplicar el simulador, podemos detectar las deficiencias y que elementos son los más desprotegidos térmicamente, para poder proponer la solución más económica y sencilla.

En relación a la aplicación de los modelos existentes, cabe comentar que a pesar de que cada uno de ellos considera elementos climáticos semejantes (pero no iguales), los resultados son aceptables en cada uno de ellos desde el punto de vista práctico; sin embargo, ninguno logra resultados satisfactorios con respecto al seguimiento de la temperatura medida (ver gráficas de aplicación en cada caso de estudio en el apéndice A). Al inicio, todos ellos mantienen una cierta inercia que los hace llevar una ruta cercana pero diferente a la esperada, para posteriormente tomar un camino particular.

El modelo de simulación de Sámano, Morales y Vázquez resulta ser el más completo, ya que engloba la mayoría de los parámetros y variables del clima, por lo que sus resultados son los más parecidos a los medidos de los tres modelos, sin embargo, al principio y al final de la prueba presenta cierta inercia que lo lleva a perder el seguimiento de la temperatura real. Por otra parte, el procedimiento de cálculo contempla la elaboración de una tabla horaria por cada uno de los 365 días del año respecto a las condiciones tér-

micas del espacio, la cual, resulta ser de gran utilidad para determinar las características térmicas, sin embargo, es una tarea sumamente laboriosa; así mismo, el cálculo requiere de la consulta de la carta psicrométrica constantemente para determinar los valores de humedad específica para determinar la infiltración, lo cual, debido a la escala a la que está graficada fácilmente se pueden cometer errores de apreciación, y en caso de haber algún error en un cálculo previo o en el cambio de condiciones es necesario precisar toda la información nuevamente.

El igual que el modelo anterior, el caso de Raúl Reyes es interesante y muy similar en lo que se refiere a la determinación de las variables de cálculo, sin embargo, los resultados no son mejores; al principio de la prueba presenta buen paralelismo con respecto a la línea base, pero posteriormente pierde la dirección para terminar con una diferencia de 5 a 6 °C. Por último, el modelo del Ing. De Anda resultó tener cierta complejidad para su aplicación, con los que se obtuvieron resultados regulares; esto es probablemente al hecho de que el modelo ha sido planteado para obtener valores térmicos instantáneos.

Es importante mencionar que el modelo propuesto se fundamentó principalmente con las aportaciones científicas de los modelos analizados anteriormente y de otras fuentes de información. Cada fórmula se analizó detalladamente a fin de que se aprovechara íntegramente, modificara o se propusiera una nueva. Es importante comentar el hecho de que aunque el modelo propuesto obtuvo mejores resultados que los otros tres, el proceso de aplicación resultó ser el más complejo; sin embargo, si se aprovecha este documento como una guía de procedimiento o se utiliza una hoja de cálculo, el método de aplicación será sumamente fácil, rápido y fiable; teniendo la posibilidad de probar diferentes alternativas del proyecto respecto a la orientación de vanos, dimensiones de los espacios, materiales constructivos, etc. y obtener resultados de manera casi instantánea.

Como primer paso para poder aplicar el modelo, obtener condiciones de confort y facilitar el proceso de diseño, considero que es sumamente importante que el proyectista sea capaz de establecer, clasificar e interpretar la información bioclimática de la región en la que se pretende construir. Lo que en su momento definirá los problemas climáticos que pudiera haber, permitiéndole al diseñador elegir las estrategias de diseño correctas, que solucionen o disminuyan las condiciones de incomodidad y que mejor se adapten a su proyecto. Todo esto con la ventaja de poder realizar los cálculos y observar los resultados antes de llevarlos a cabo. Adicionalmente a esto, recomiendo al diseñador que realice lecturas acerca de los elementos climáticos del planeta, del equilibrio térmico humano y el uso de la carta psicrométrica.

Por otra parte, cabe mencionar la experiencia que obtuve al realizar el monitoreo de las condiciones lumínicas naturales de los espacios estudiados, si bien se considera el hecho de que la iluminación natural va acompañada regularmente de energía calorífica y que bajo ciertas circunstancias esta última no es bien recibida; pienso que es un excelente tema de estudio la viabilidad y aprovechamiento de esta fuente de iluminación gratuita, la cual, con ciertos estudios y análisis pudiera ser aprovechada afectando mínimamente las condiciones térmicas, pero teniendo ahorros substanciales en el consumo eléctrico

Para terminar, pienso que dado que cada vez es más necesario aprovechar los recursos naturales en la construcción de inmuebles en el país, considero que en un futuro este trabajo pueda ser utilizado como un método de consulta práctico.

BIBLIOGRAFÍA

ARNAL Luis.

Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal

Edit. Limusa, México, 1996.

ASHRAE.

Handbook Fundamentals American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning.

Estados Unidos, 1985, pag: 3.8, 8.5, 8.11, 27.29.

BRUCE Anderson.

Energía Solar Pasiva.

Edit. Gustavo Gili, México, 1984, pag: 106-111, 117-125.

CARRIER.

Manual de Aire Acondicionado.

Edit. Marcombo Barcelona México, 1989.

DEFFIS Armando.

Arquitectura Ecológica Tropical.

Edit. Jain Publishers New Delhi India, 1994.

DE LA MENE Eyssaofier.

Metodología de la Investigación.

Edit. Escasa, México, 1993, pag. 33 - 42

FERNÁNDEZ José Luis.

Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana.

Edit. Series del instituto de Ingeniería U.N.A.M, México, 1983, pag 11 - 22.

FUENTES Víctor.

Manual de Arquitectura Solar

Edit. Trillas, México, 1991.

GARCÍA José.

Viento y Arquitectura

Edit. Trillas, México, 1994.

GARCÍA Enriqueta.

Apuntes de Climatología

Edit. Instituto de Geografía, México, 1986, pag 153.

GONZALEZ Eduardo y Coautores.

Proyecto, Clima y Arquitectura (Volumen 1)

Edit. G. Gili, México, 1986, pag: 60-85

HERNANDEZ Everardo y Coautores.

Factibilidad del aprovechamiento en México de la Energía Solar para

Satisfacer Requerimientos Habitacionales

Edit. Instituto de Investigaciones de Matenales, U.N.A.M., México, 1976.

IZARD J. L. Goyot.

Arquitectura Bioclimática

Edit. Gustavo Gili, Barcelona, 1980.

KOENIGSBERGER Otto y Coautores.

Viviendas y edificios en Zonas Cálidas y Tropicales

Edit. Paraninfo, Madrid, 1977.

MANRIQUE José.

Energía Solar Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas

Edit. Harla, México, 1984.

MAZRIA Edward.

El Libro de la Energía Solar Pasiva

Edit. Gustavo Gili, S.A. México, 1985.

MILLER Austin.

Climatología

Edit. Omega, Barcelona, 1966.

OLGYAY Víctor.

Desing with Climate

Edit. Princenton University Press, U.S.A , 1973.

SÁMANO Diego y Coautores.

Aspectos Bioclimáticos en el Diseño de Edificios Confortables de máxima Eficiencia Energética

Memorias ANES Cuernavaca Mor. México, 1994, pag: 199 - 217.

SAMANO Diego y Coautores.

Metodología para el Diseño Térmico de Edificios

Memorias ANES Cuernavaca Mor. México, 1994, pag:220 - 224.

TUDELA Fernando.

Ecodiseño

Edit. Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1982.

REFERENCIAS

BAUTISTA Antonio.

Apuntes al Curso de Acondicionamiento Térmico en los Edificios

Posgrado de Arquitectura. U.N.A.M., México, 1997.

CASTILLO Andrés y DE LA PAZ Guillermo.

Efecto Térmico del Asoleamiento en Paredes y Cubiertas, Influencia del Clima.

Memorias ANES Veracruz, México, 1996, pag: 133 - 135.

FERNÁNDEZ Alfredo y MORALES Diego.

Evaluación y Comparación de Tres Métodos Distintos de Simulación Térmica con Base en los Resultados Obtenidos Tras la Medición de Parámetros Interiores en Tres Puntos Distintos de la Edificación.

Memorias ANES Veracruz, México, 1996, pag: 171 - 175.

FERNÁNDEZ Alfredo y MORALES Diego.

Climatización Natural de una Vivienda en San Pedro Mártir, Tlalpan, D.F

Memorias ANES Veracruz, México, 1996, pag: 119 - 124

FUENTES Víctor.

Hacia una Metodología en el Diseño Bioclimático

Memorias Desarrollo Sustentable del Hábitat Construido, México, 1998, pag: 191 - 228.

GARCÍA José.

Uso de la Energía en las Edificaciones Contemporáneas y su Impacto en el Medio Ambiente

Memorias ANES Hermosillo, México, 1994, pag: 144 - 149.

GARCÍA José. y RODRIGUEZ Jorge.

Análisis Higrotérmico para Definir el confort en Aplicaciones de Diseño Bioclimático en México.

Memorias ANES Hermosillo, México, 1994, pag: 195 - 197.

HERNÁNDEZ Roberto y Coautores.

Método de la Investigación

Edit. Mc Graw - Hill, México, 1991, pag: 54 - 103.

HERRERA Claudia y MORILLÓN David.

Evaluación Térmica de los Diversos Espacios de una Vivienda Ubicada en Guadalajara Jalisco.

Memorias ANES Veracruz, México, 1996, pag: 140 - 141.

MERRICK Charles y Coautores.

Instalaciones en los Edificios.

Edit. Gustavo Gili S.A , Barcelona, España, 1979, pag 483 - 516

MORALES Diego.

Apuntes al Curso de Cálculo Térmico de Edificaciones.

Posgrado de Arquitectura, U.N.A.M., México, 1998.

MORILLÓN David y SÁMANO Diego.

La Zona de Confort y la Oscilación de la Temperatura Forzante.

Memorias ANES Hermosillo, México, 1994, pag: 204 - 208.

MARTINEZ Manuel.

Evaluación Económica de Sistemas Solares.

Notas al Curso de Actualización en Energía Solar, Morelos, 1994, pag: 351- 354.

PÉREZ María y CANTO Raúl.

La importancia de la Normatividad Térmica de las Edificaciones.

Memorias ANES Veracruz, México, 1996, pag: 144 - 147.

PAYA Miguel.

Aislamiento Térmico y Acústico.

Edit. Ceac, Barcelona, España, 1986, pag: 8-16, 117 - 124

REYES Raúl.

Estrategias Pasivas en el Aprovechamiento de la Energía Solar Aplicadas a la Arquitectura

Tesis Doctoral, U.N.A.M., México, 1989.

RIVERO Roger y DE LA PAZ Guillermo.

Condiciones Climáticas Locales en el Diseño Sustentable, Radiación Solar

Memorias ANES Veracruz, México, 1996, pag: 125 - 128.

BIBLIOGRAFÍA EN INTERNET:

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía

<http://www.conae.gob.mx>

Centro de Energía Renovable y Tecnología Sustentable

<http://solstice.crest.org/efficiency/index.htm>

Eficiencia de Energía Residencial en Canadá

<http://www.its-canada.com/reed/index.html>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi_win/bdi.exe

<http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/edine/m15/m150003.html>

Lineamiento 14. Medición de Energía y Ahorro de Demanda

<http://www.ashrae.org>

Normas de Energía U.S.A.

<http://www.energycodes.org>

Paolo Soleri

http://www.arcosanti.org/info/faq_paol.html

<http://www.arcosanti.org/arcology/a=ate/index.html>

Sistemas de Construcción y Programas de Comunidad U.S.A.

<http://www.eren.doe.gov>

GLOSARIO

Absortancia

Propiedad óptica superficial que se refiere al porcentaje de la radiación que absorbe dicha superficie.

Angulo de incidencia

Angulo que forma el rayo incidente con respecto a la vertical del punto de incidencia.

Angulo de reflexión

Angulo que forma el rayo reflejado con respecto a la vertical del punto de incidencia

Aire atmosférico

Es una mezcla de aire seco y vapor de agua, también llamado aire húmedo.

Aire saturado

Significa un estado del aire húmedo, a una determinada temperatura, en el que la porción de vapor de agua ha llegado al máximo posible, y a un intento de aumentar la cantidad de vapor de agua ocasionará la condensación del agua.

Aire seco

Es el aire desprovisto de vapor de agua, considerado como un gas perfecto a efectos de aplicar las leyes de los gases.

Calor

Es una forma de energía cinética que normalmente se define como la energía de un cuerpo; aunque la definición correcta es la de "energía en transición de uno a otro cuerpo como resultado de una diferencia de temperatura entre ambas"

Calor específico del agua

Es la capacidad relativa de absorber calor tomando como base la unidad de agua pura. Representa la cantidad de calor requerido para elevar un grado la temperatura del peso unitario de una substancia; se ha adoptado como calor específico del vapor de agua el valor constante de 0.46 kcal / kg. C

Calor sensible

Es la cantidad de calor cedido o absorbido por una substancia, a la cual le acompaña un

cambio de temperatura sin cambio de estado físico

Calor latente

Es la cantidad de calor cedido o absorbido por una substancia, a la cual acompaña algún cambio físico del material sin haber cambio en la temperatura del mismo.

Calor latente de vaporización, ebullición o vaporización

Es la cantidad de calor requerido para cambiar la unidad de peso de una substancia del estado líquido al estado gaseoso o viceversa (esta cantidad de calor será siempre mayor que la cantidad de calor latente de fusión del mismo material), para el agua es de 627.3 w / kg de agua.

Clima

Es un conjunto de variables que determinan el estado medio de la atmósfera , en un punto dado de la superficie terrestre, las variables climáticas son: temperatura, precipitación pluvial, humedad, radiación solar, nubosidad, dirección y velocidad del viento dominante.

Confort

Significa comodidad y se puede entender como un estado de bienestar del hombre, referido a la humedad y temperatura de su cuerpo

Conductancia térmica

Velocidad del flujo de calor a través de una unidad de área y unidad de espesor de un material homogéneo bajo un régimen permanente. Cuando un gradiente de temperatura unitario se mantiene en dirección perpendicular al área. Un material se considera homogéneo cuando el valor de la conductividad térmica no se ve afectado por la variación del espesor, o en el tamaño de las muestras que se usan comúnmente en la construcción.

Convección de calor

La convección es un fenómeno combinado de transporte de calor por difusión aumentada por el movimiento de partículas en un fluido.

Convección natural de calor

Se da cuando en movimiento convectivo es debido a las diferencias de temperatura en el fluido.

Densidad

Relación de la masa de una muestra de material de una substancia con el volumen de dicha muestra, la masa por unidad de volumen de la substancia (peso por unidad de volumen)

Emitancia

Es la propiedad óptica superficial y se refiere al porcentaje de calor que emite por radiación un cuerpo comparado con el cuerpo negro, que es el radiador ideal.

Entalpia

Es el valor que nos proporciona el calor que contiene el aire, se mide en kilojoules por kg.

Entalpia del aire húmedo

Cantidad de calor que contiene una mezcla de aire seco y vapor de agua. tomando como referencia cero la del aire seco a 0 grados C y a una presión de 760mm de Hg.

Humedad absoluta especifica

La peso del vapor de agua contenido en un determinado aire seco y se expresa normalmente en gramos de agua por kg de aire seco.

Humedad relativa

La cantidad de vapor de agua contenida en un determinado aire húmedo, expresándose como un porcentaje entre la cantidad de vapor de agua contenida y la cantidad de vapor de agua máxima que podría llegar a contener a la misma temperatura.

Irradiación

Energía solar incidente en una superficie por unidad de área, encontrada al integrar la irradiancia en un periodo de tiempo

Irradiancia

Energía solar incidente en una superficie por unidad de área y por unidad de tiempo.

Masa

Cantidad de materia de un cuerpo

Radiación

Es la energía electromagnética emitida, transferida o recibida

Radiación solar difusa

Radiación solar cuya dirección original ha sido dispersada por la atmósfera.

Radiación solar directa

Radiación solar que ha conservado su dirección original.

Radiación solar global

Suma de la radiación solar directa y difusa

Reflectancia

Relación entre el flujo luminoso reflejado por una superficie y el flujo luminoso incidente sobre esta.

Reflexión

Fenómeno por el cual una superficie devuelve el flujo luminoso que incide sobre esta.

Refracción

Proceso por el cual la dirección de un rayo cambia al pasar de un medio a otro de diferentes densidades.

Temperatura

Es la propiedad que representa el movimiento de las moléculas de los cuerpos, representada en una magnitud escalar

Temperatura de bulbo húmedo

Define la temperatura del aire sometido a un proceso de enfriamiento adiabático (sin aportación ni cesión de calor).

Temperatura de bulbo seco

Es la temperatura registrada por un termómetro ordinario, y se registra en grados centígrados.

Temperatura de fusión

Es la temperatura con la cual cambia una substancia del estado sólido al líquido.

Temperatura de rocío

Es la temperatura con la cual se inicia la condensación de humedad cuando el aire se enfría. Esta es la solución a la cual debemos someter al aire par que se inicie la condensación del vapor de agua que contiene en suspensión

Temperatura de solidificación

Es la temperatura con la cual cambia una substancia del estado líquido a sólido (en general los cuerpos sólidos ocupan menos espacio que en estado líquido por tener más agrupadas sus moléculas, con excepción del agua entre otras que ocupan más volumen en estado sólido).

Temperatura de ebullición o vaporización

Es la temperatura con la cual cambia una substancia del estado líquido al estado gaseoso (un líquido cuya temperatura ha sido elevada a la temperatura de saturación, se llama líquido saturado).

Transferencia de calor por conducción

Este tipo de transferencia se presenta cuando

se transmite energía por contacto directo entre las moléculas, o sea que las moléculas calentadas comunican su calor a otras que se encuentran adyacentes a ellas.

Transferencia de calor por convección

Este tipo de transferencia ocurre cuando hay movimiento de calor de un lugar a otro, por medio de corrientes que se establecen dentro de un medio fluido; y son debidas al cambio de densidad producido por la expansión de la porción de un fluido calentado.

Transferencia de calor por radiación

Este tipo de transferencia se presenta en la forma de un movimiento de onda similar a las ondas de luz, en le cual la energía se transmite de un cuerpo a otro sin que estos estén en contacto.

Transmitancia

Es una propiedad óptica y se refiere al porcentaje de radiación que atraviesa un material con respecto a la que incide sobre su superficie

Vapor de agua

Agua en estado de vapor sobre calentado, a baja presión parcial y baja temperatura.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

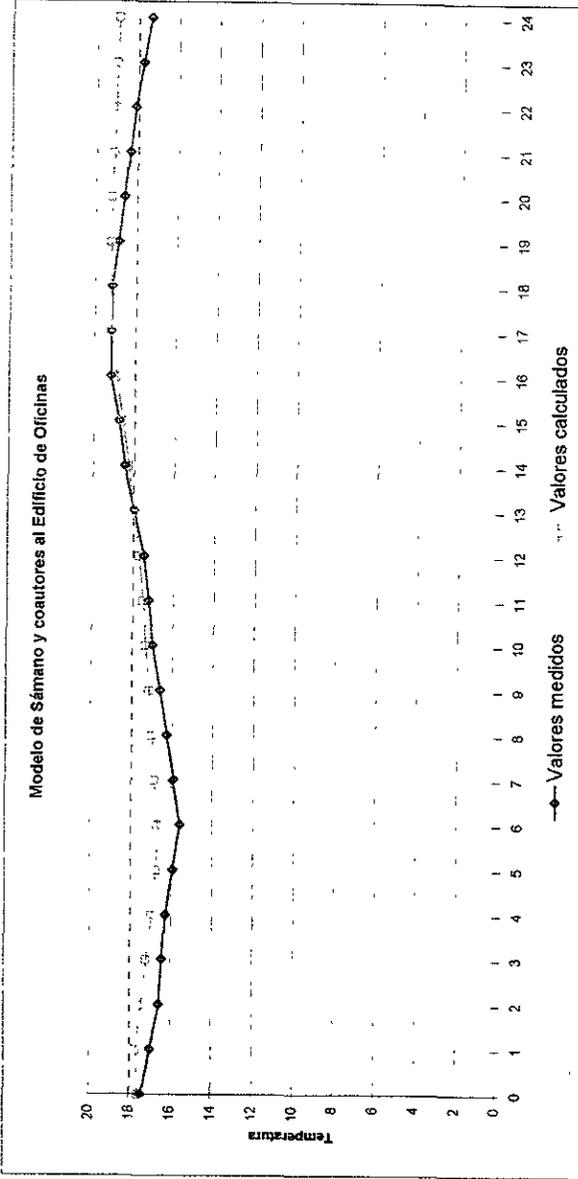
APENDICES

APÉNDICE A

Aplicación de los Simuladores de Cálculo Térmico a los Casos de Estudio

Tabla de aplicación del Modelo de Sámano y coautores al caso del Edificio de Oficinas

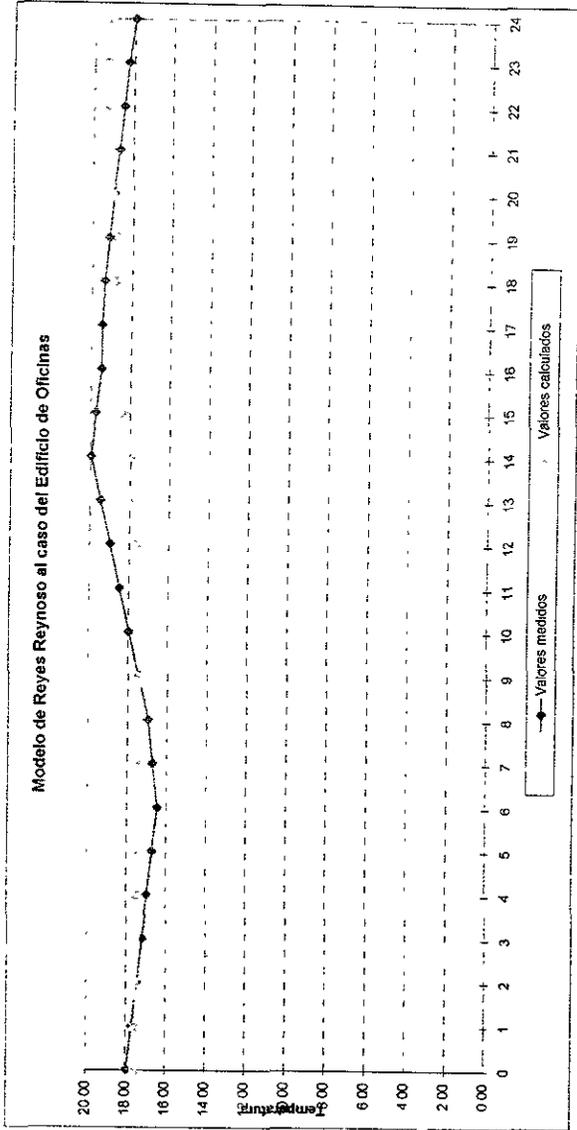
Hora	Temp BS exterior	Temp BH exterior	Humedad relativa	Radiación global	Temp ambiente	Temp sky	Temp suuoronding	hw	T	hir	ho	Dr	Inclinación solar	Radiación	Temp s/a muros	Temp s/a cubierta	Temp s/a ventana	Presión exterior	Presión interior	Ocupantes	Equipo s Iluminación	Conducción	Radiación solar	Infiltración	Ventilación	Total	Capaci-tancia	Temp cto ° C
0	16.00	11.90	74	0.0	289.15	271.41	299.15	12.89	194406412	41.74	54.63	-88.53	0.00	0.00	289.15	287.61	289.15											18.00
1	15.75	12.00	75	0.0	288.90	271.06	298.90	12.89	194029120	41.66	54.55	-88.75	0.00	0.00	288.90	287.35	288.90	0.0065	0.0091	0.0	0	-406.9	0.00	-266.1	-2987.6	-3660.6	13293.73	17.72
2	15.50	12.60	76	0.0	288.65	270.71	298.65	12.89	193514096	41.55	54.44	-88.97	0.00	0.00	288.65	287.10	288.65	0.0066	0.0091	0.0	0	-402.4	0.00	-257.5	-2891.1	-3551.0	13293.73	17.46
3	15.25	12.60	77	0.0	288.40	270.35	298.40	12.89	193004113	41.44	54.33	-89.19	0.00	0.00	288.40	286.84	288.40	0.0065	0.0088	0.0	0	-399.4	0.00	-241.4	-2710.1	-3350.9	13293.73	17.21
4	15.00	13.30	78	0.0	288.15	270.00	298.15	12.89	192502553	41.33	54.22	-89.40	0.00	0.00	288.15	286.58	288.15	0.0068	0.0086	0.0	0	-399.2	0.00	-202.4	-2272.2	-2873.8	13293.73	16.99
5	15.00	13.10	79	0.0	288.15	270.00	298.15	12.89	192394464	41.31	54.20	-89.40	0.00	0.00	288.15	286.58	288.15	0.0065	0.0084	0.0	0	-405.6	0.00	-211.2	-2371.7	-2988.6	13293.73	16.76
6	14.50	13.20	81	0.0	287.65	269.30	297.65	12.89	191533513	41.12	54.01	-89.82	0.00	0.00	287.65	286.07	287.65	0.0065	0.0082	0.0	0	-364.5	0.00	-188.5	-105.8	-658.8	13293.73	16.71
7	14.75	12.30	82	71.2	287.90	269.65	297.90	12.89	191882834	41.20	54.09	-89.61	7.69	70.56	288.94	287.37	288.10	0.0066	0.0081	161.8	2439.4	-447.3	0.00	-2.4	-105.1	2046.4	13293.73	16.87
8	15.00	12.60	84	169.20	288.15	270.00	298.15	12.89	192334269	41.29	54.18	-89.40	20.53	158.45	290.49	288.92	288.59	0.0068	0.0082	161.8	2439.4	-336.1	0.00	-176.4	-99.0	1999.7	13293.73	17.02
9	15.50	13.70	85	204.10	288.65	270.71	298.65	12.89	193159951	41.47	54.36	-88.97	32.48	172.17	291.18	289.63	289.13	0.0072	0.0083	161.8	2439.4	-201.5	0.00	-149.9	-84.1	2165.7	13293.73	17.18
10	16.00	14.50	87	252.50	289.15	271.41	299.15	12.89	193994650	41.65	54.54	-88.53	42.84	185.15	291.87	290.32	289.66	0.0077	0.0085	161.8	2439.4	-122.0	0.00	-115.8	-65.0	2298.4	13293.73	17.35
11	16.75	14.50	83	274.40	289.90	272.47	299.90	12.89	195215120	41.91	54.80	-87.84	50.33	175.17	292.46	290.93	290.38	0.0081	0.0086	161.8	2439.4	-45.5	0.00	-82.0	-46.0	2427.6	13293.73	17.54
12	18.00	15.10	80	288.60	291.15	274.23	301.15	12.89	197206953	42.34	55.23	-86.62	53.17	173.00	293.66	292.17	291.62	0.0084	0.0089	161.8	2439.4	44.7	0.00	-64.0	-35.9	2546.0	13293.73	17.73
13	18.75	15.70	78	370.80	291.90	275.29	301.90	12.89	198450352	42.61	55.50	-85.85	50.33	236.71	295.31	293.84	292.54	0.0088	0.0091	161.8	2439.4	234.8	682.97	-14.7	-8.3	3496.0	13293.73	17.99
14	19.50	16.90	76	486.70	292.65	276.35	302.65	12.89	199735589	42.88	55.77	-85.04	42.84	356.88	297.77	296.32	293.61	0.0097	0.0094	161.8	2439.4	405.7	1029.69	47.5	26.7	4110.7	13293.73	18.30
15	20.75	16.20	65	389.20	293.90	278.12	303.90	12.89	201823338	43.33	56.22	-83.63	32.48	328.32	298.57	297.16	294.76	0.0101	0.0099	161.8	2439.4	639.8	947.30	53.7	30.2	4272.2	13293.73	18.62
16	22.00	15.10	54	223.50	295.15	279.90	305.15	12.89	203931896	43.78	56.67	-82.12	20.53	209.31	298.10	296.73	295.70	0.0096	0.0105	161.8	2439.4	770.7	603.91	-2.4	-1.3	3972.1	13293.73	18.92
17	22.00	15.00	53	166.20	295.15	279.90	305.15	12.89	204087218	43.82	56.71	-82.12	7.69	164.71	297.47	296.10	295.59	0.0095	0.0110	161.8	2439.4	792.1	475.22	-18.9	-10.6	3839.1	13293.73	19.21
18	22.00	14.60	52	46.10	295.15	279.90	305.15	12.89	204237412	43.85	56.74	-82.12	0.00	46.10	295.80	294.42	295.27	0.0081	0.0113	0.0	0.0	682.7	133.01	-160.5	-90.1	565.2	13293.73	19.25
19	20.00	13.70	53	0.0	293.15	277.06	303.15	12.89	201153901	43.19	56.08	-84.49	0.00	0.00	293.15	291.72	293.15	0.0072	0.0115	0.0	0.0	525.1	0.00	-247.5	-138.9	138.7	13293.73	19.26
20	18.00	11.40	54	0.0	291.15	274.23	301.15	12.89	198085228	42.53	55.42	-85.62	0.00	0.00	291.15	289.67	291.15	0.0068	0.0115	0.0	0.0	97.3	0.00	-342.6	-192.3	-437.6	13293.73	19.23
21	17.50	11.20	55	0.0	290.65	273.52	300.65	12.89	197304906	42.36	55.25	-87.12	0.00	0.00	290.65	289.15	290.65	0.0067	0.0111	0.0	0.0	-264.4	0.00	-381.8	-214.3	-860.4	13293.73	19.16
22	17.00	11.20	57	0.0	290.15	272.82	300.15	12.89	196510509	42.19	55.08	-87.60	0.00	0.00	290.15	288.64	290.15	0.0068	0.0106	0.0	0.0	-344.4	0.00	-348.9	-195.9	-889.2	13293.73	19.10
23	17.00	10.60	55	0.0	290.15	272.82	300.15	12.89	196476600	42.18	55.07	-87.60	0.00	0.00	290.15	288.64	290.15	0.0066	0.0102	0.0	0.0	-424.1	0.00	-347.1	-194.8	-966.0	13293.73	19.03
24	17.00	10.30	54	0.0	290.15	272.82	300.15	12.89	196439764	42.18	55.06	-87.60	0.00	0.00	290.15	288.64	290.15	0.0063	0.0098	0.0	0.0	-410.8	0.00	-337.0	-189.2	-936.9	13293.73	18.95



Gráfica A.1. Aplicación del Modelo de Cálculo Térmico al edificio de Oficinas

Tabla de aplicación del Modelo de Raul Reyes Reynoso al caso del Edificio de Oficinas

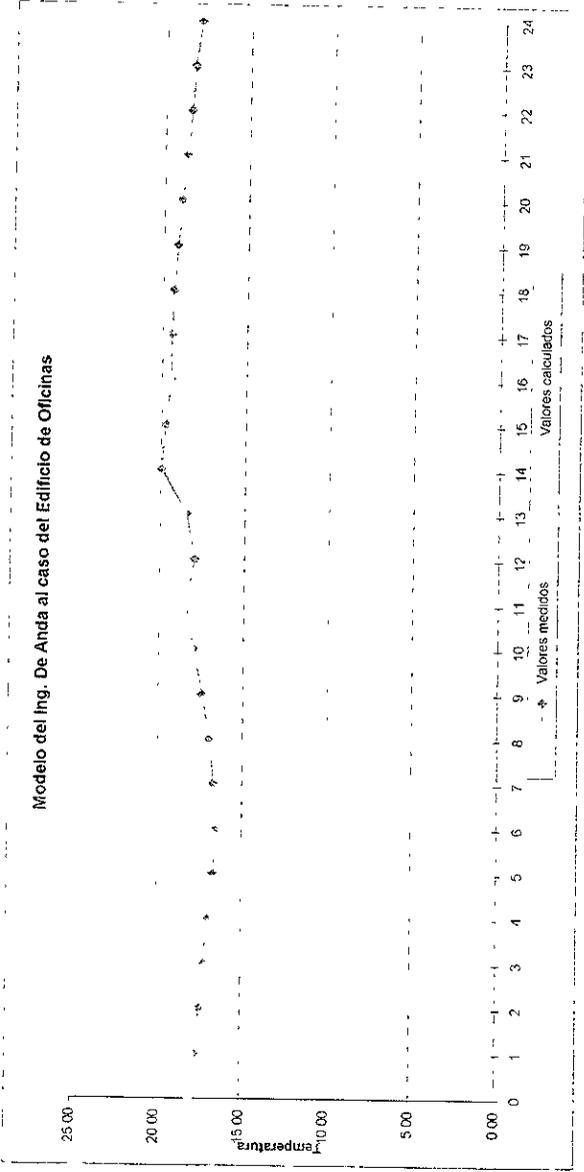
Hora	Temperatura exterior	Temperatura interior	Humedad relativa	Radiación Global	Radiación Directa	Ocupantes	Equipo e iluminación	Transmisión	Radiación	Ventilación	Total	Capacidad	Temperatura simulada
0	16.00	16.00		0.0	0.0	0.0	0.0	-861.1	0.0	-12.0	-873.1	13293.73	17.60
1	15.75	17.75	76	0.0	0.0	0.0	0.0	-861.1	0.0	-13.5	-874.7	13293.73	17.59
2	15.50	17.50	77	0.0	0.0	0.0	0.0	-861.1	0.0	-15.0	-876.1	13293.73	17.57
3	15.25	17.25	78	0.0	0.0	0.0	0.0	-861.1	0.0	-16.5	-877.6	13293.73	17.55
4	15.00	17.00	80	0.0	0.0	0.0	0.0	-861.1	0.0	-16.3	-878.4	13293.73	17.52
5	15.00	16.75	81	0.0	0.0	0.0	0.0	-861.1	0.0	-19.3	-880.4	13293.73	17.44
6	14.50	16.50	83	71.2	70.6	161.8	2439.4	-661.1	0.0	-17.4	-922.6	13293.73	17.44
7	14.75	16.75	84	169.2	158.4	161.8	2439.4	-661.1	0.0	-15.6	-924.2	13293.73	17.42
8	15.00	17.00	86	204.1	172.1	161.8	2439.4	-661.1	0.0	-12.4	-927.6	13293.73	17.40
9	15.50	17.50	87	252.5	195.1	161.8	2439.4	-661.1	0.0	-9.1	-931.0	13293.73	17.41
10	16.00	18.00	84	274.4	175.1	161.8	2439.4	-661.1	0.0	-4.3	-2018.4	13293.73	17.45
11	16.75	18.50	80	286.6	173.0	161.8	2439.4	-530.6	0.0	3.6	2274.1	13293.73	17.55
12	18.00	19.00	76	370.8	236.7	161.8	2439.4	-247.9	646.8	7.8	3007.8	13293.73	17.77
13	18.50	19.50	76	466.7	356.6	161.8	2439.4	-165.3	974.9	11.2	3422.0	13293.73	18.00
14	19.50	20.00	65	466.7	328.3	161.8	2439.4	330.6	897.0	17.8	3846.6	13293.73	18.75
15	20.75	19.75	54	223.5	209.3	161.8	2439.4	826.4	571.9	24.3	4023.7	13293.73	18.45
16	22.00	19.50	53	166.2	164.7	161.8	2439.4	826.4	450.0	23.0	3500.6	13293.73	18.62
17	22.00	19.40	62	46.1	46.1	161.8	2439.4	859.5	0.0	21.9	3482.5	13293.73	18.78
18	20.00	19.20	93	0.0	0.0	0.0	0.0	264.5	0.0	7.9	272.3	13293.73	18.75
19	18.00	18.00	54	0.0	0.0	0.0	0.0	-330.6	0.0	-4.9	-335.4	13293.73	18.06
20	17.50	18.70	96	0.0	0.0	0.0	0.0	-396.7	0.0	-10.1	-406.6	13293.73	19.12
21	17.00	18.50	57	0.0	0.0	0.0	0.0	-485.9	0.0	-13.7	-509.6	13293.73	18.22
22	17.00	18.30	55	0.0	0.0	0.0	0.0	-429.7	0.0	-14.4	-444.1	13293.73	19.22
23	17.00	18.00	54	0.0	0.0	0.0	0.0	-350.8	0.0	-14.4	-344.9	13293.73	19.19
24	17.00	18.00	54	0.0	0.0	0.0	0.0	-350.8	0.0	-14.4	-344.9	13293.73	19.19



Gráfica A.2. Aplicación del Modelo de Cálculo Térmico al edificio de Oficinas

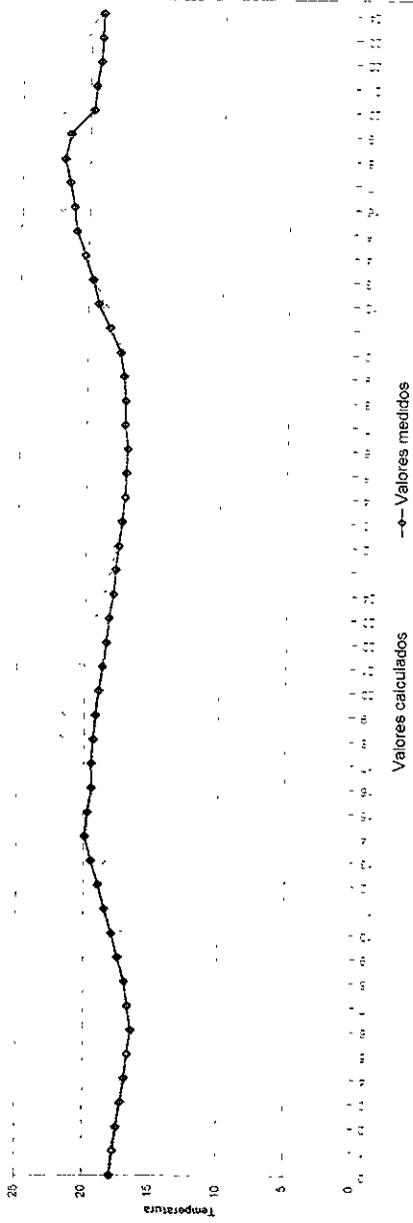
Tabla de aplicación del Modelo del Ing. M. de Anda al caso del Edificio de Oficinas

Hora	Temperatura exterior	Radiación Global	Inclinación solar	Copartes	Equipo e iluminación	Transmisión	Radiación	Ventilación	Total	Capacidad	Temperatura interior
0	16.00	0	0	0	0	-661.14	0	75.2	-585.95	13293.73	18.00
1	15.75	0	0	0	0	-729.21	0	72.7	-656.53	13293.73	17.96
2	15.50	0	0	0	0	-795.53	0	70.2	-725.30	13293.73	17.91
3	15.25	0	0	0	0	-860.14	0	67.8	-792.30	13293.73	17.85
4	15.00	0	0	0	0	-923.06	0	65.4	-857.64	13293.73	17.79
5	14.50	0	0	0	0	-901.75	0	65.6	-835.99	13293.73	17.73
6	14.50	0	0	0	0	-1046.25	0	60.7	-1615.67	13293.73	17.66
7	14.75	0	71.2	161.8	2439.4	1093.76	0	62.7	1650.15	13293.73	17.91
8	15.00	95.24	169.2	161.8	2439.4	962.42	0	64.8	1703.58	13293.73	18.04
9	15.50	203.02	204.1	161.8	2439.4	-839.50	0	69.5	1831.23	13293.73	18.18
10	16.00	401.76	252.5	161.8	2439.4	-719.75	0	74.2	1695.67	13293.73	18.32
11	16.75	510.18	274.4	161.8	2439.4	520.45	0	81.6	7162.39	13293.73	18.49
12	16.00	634.73	286.6	161.8	2439.4	-161.01	646.8	94.4	3161.37	13293.73	18.73
13	16.75	714.29	370.8	161.8	2439.4	7.91	974.9	101.4	3685.27	13293.73	19.00
14	19.50	350.77	486.7	161.8	2439.4	164.09	897	108.9	3771.19	13293.73	19.29
15	20.75	259.93	389.2	161.8	2439.4	483.53	571.9	120.3	3776.92	13293.73	19.57
16	22.00	340.22	223.5	161.8	2439.4	802.82	450	132.6	3986.60	13293.73	19.87
17	22.00	283.66	166.2	161.8	2439.4	703.69	0	131.0	3435.86	13293.73	20.13
18	22.00	56	46.1	161.8	2439.4	618.25	0	120.6	738.82	13293.73	20.19
19	20.00	0	0	0	0	-61.26	0	107.2	45.93	13293.73	20.19
20	18.00	0	0	0	0	-173.54	0	95.3	-658.29	13293.73	20.14
21	17.50	0	0	0	0	-472.96	0	80.1	-782.90	13293.73	20.08
22	17.00	0	0	0	0	-1018.52	0	74.9	-945.60	13293.73	20.01
23	17.00	0	0	0	0	995.06	0	75.3	-819.76	13293.73	19.94
24	17.00	0	0	0	0		0				



Gráfica A.3. Aplicación del Modelo de Cálculo Térmico al edificio de Oficinas

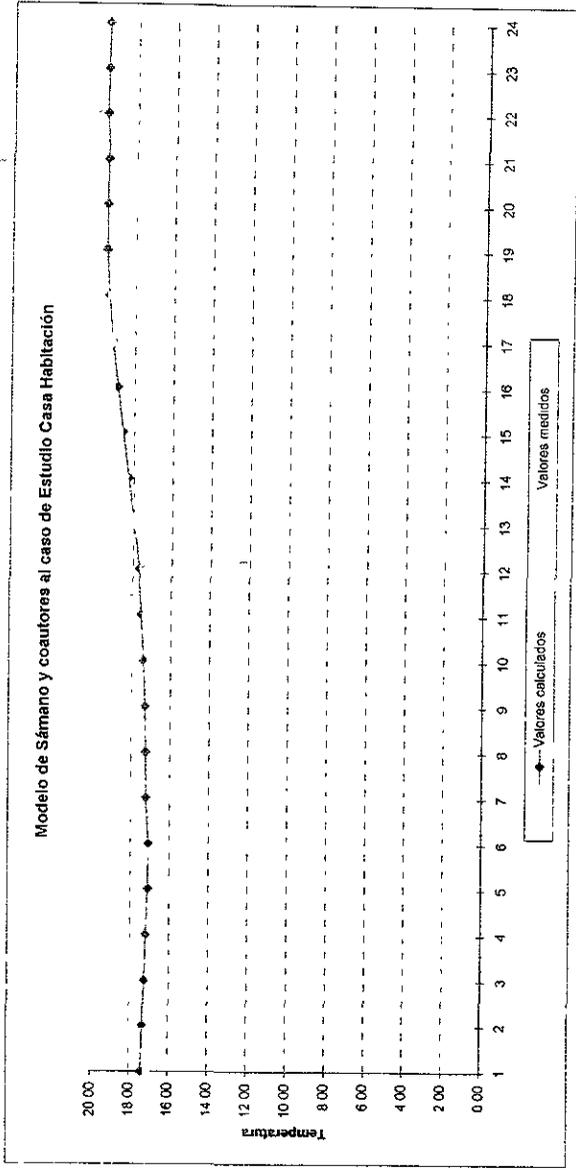
Modelo Propuesto al caso del Edificio de Oficinas



Gráfica A.4. Aplicación del Modelo de Cálculo Térmico al edificio de Oficinas

Tabla de información del Modelo de Sámamo y coautores al caso de estudio Casa Habitación

Hora	Temp BS exterior	Temp BH exterior	Humedad relativa	Radiación global	Temp ambiente	Temp sky	Temp suaronding	hw	T	hir	ho	Dr	Inclinación solar	Radiación	Temp s/a muros	Temp s/a cubierta	Temp s/a ventana	Presión exterior	Presión interior	Ocupantes	Equipo e Iluminación	Conducción	Radiación solar	Infiltración	Ventilación	Total	Capaci-tancia	Temp cto °C	
0	17 00	12.80	63	0	290 15	272 82	300 15	12 89	195652420	42 01	54 90	-87 60	0 00	0 00	290 15	288 63	290 15												17 47
1	16 75	11.00	51	0	289 90	272 47	299 90	12 89	195273517	41 93	54 81	-87 84	0 00	0 00	289 90	288 38	289 90	0 0059	0 0062	167 8	0	-126 1	0 00	-38 3	-430 2	-426 7	10728	17 43	
2	16 50	11 10	52	0	289 65	272 11	299 65	12 89	194875046	41 84	54 73	-88 07	0 00	0 00	289 65	288 12	289 65	0 0060	0 0064	167 8	0	-164 7	0 00	-52 8	-582 7	-642 4	10728	17 37	
3	16 25	11 05	53	0	289 40	271 76	299 40	12 89	194466997	41 75	54 64	-88 30	0 00	0 00	289 40	287 86	289 40	0 0061	0 0065	167 8	0	-199 7	0 00	-58 8	-660 6	-751 3	10728	17 30	
4	16 00	11 10	55	0	289 15	271 41	299 15	12 89	194054413	41 66	54 55	-88 53	0 00	0 00	289 15	287 61	289 15	0 0062	0 0066	167 8	0	-232 8	0 00	-64 6	-724 8	-854 4	10728	17 22	
5	15 75	10 90	56	0	288 90	271 06	298 90	12 89	193637587	41 57	54 46	-88 75	0 00	0 00	288 90	287 35	288 90	0 0060	0 0064	167 8	0	-264 2	0 00	-70 0	-785 7	-952 1	10728	17 13	
6	15 50	10 80	57	0	288 65	270 71	298 65	12 89	193216797	41 48	54 37	-88 97	0 73	0 00	288 65	287 10	288 65	0 0062	0 0065	167 8	0	-293 9	0 00	-67 3	-37 8	-231 2	10728	17 11	
7	15 50	11 10	60	0	288 65	270 71	298 65	12 89	193205892	41 48	54 37	-88 97	14 89	0 00	288 65	287 10	288 65	0 0065	0 0069	208 5	1626 0	-335 9	0 00	-1 0	-46 2	1451 3	10728	17 25	
8	16 00	11 20	62	95 24	289 15	271 41	299 15	12 89	194026933	41 66	54 55	-88 53	28 98	83 31	290 37	288 83	289 38	0 0070	0 0069	0	813 3	-360 7	0 00	-47 7	-26 8	376 1	10728	17 28	
9	17 00	12 60	64	203 02	290 15	272 82	300 15	12 89	195556837	41 99	54 87	-87 60	42 83	148 88	292 32	290 80	290 56	0 0078	0 0075	0	813 3	-165 8	0 00	-17 4	-9 8	620 3	10728	17 34	
10	18 00	14 00	85	401 76	291 15	274 23	301 15	12 89	197106234	42 32	55 21	-86 62	56 08	224 20	294 40	292 91	291 76	0 0085	0 0076	0	813 3	92 3	0 00	59 3	33 3	998 2	10728	17 43	
11	20 00	14 50	55	510 18	293 15	277 06	303 15	12 89	200217934	42 99	55 88	-84 49	67 52	195 07	295 94	294 51	293 67	0 0090	0 0065	0	813 3	355 6	0 00	134 9	75 7	1379 6	10728	17 56	
12	22 00	14 50	45	634 73	295 15	279 90	305 15	12 89	203380651	43 67	56 55	-82 12	72 98	185 79	297 78	296 40	295 64	0 0074	0 0058	0	813 3	658 9	0 00	202 2	113 5	1788 0	10728	17 73	
13	23 50	15 30	43	714 29	296 65	282 04	306 65	12 89	205811135	44 19	57 08	-80 19	67 52	273 12	300 48	299 14	297 37	0 0080	0 0060	0	813 3	981 4	788 02	291 7	163 7	3038 1	10728	18 01	
14	25 00	16 30	42	350 77	298 15	284 18	308 15	12 89	208322328	44 73	57 62	-78 12	56 08	195 74	300 87	299 58	298 66	0 0084	0 0065	0	813 3	1312 9	584 77	322 6	181 1	3194 6	10728	18 31	
15	24 00	16 00	45	259 93	297 15	282 75	307 15	12 89	206901160	44 42	57 31	-79 52	42 83	190 63	299 81	298 49	297 65	0 0083	0 0070	0	813 3	1434 8	550 01	314 1	176 3	3288 6	10728	18 61	
16	23 00	16 00	47	340 22	296 15	281 32	306 15	12 89	205491046	44 12	57 01	-80 85	28 98	297 62	300 33	298 96	296 93	0 0080	0 0078	0	813 3	1189 7	858 72	186 9	104 9	3153 5	10728	18 91	
17	22 50	15 75	49	283 86	295 65	280 61	305 65	12 89	204861721	43 98	56 87	-81 50	14 89	274 33	299 51	298 15	296 37	0 0085	0 0083	0	813 3	1087 7	791 52	145 7	81 8	2920 0	10728	19 18	
18	22 00	15 50	52	58 00	295 15	279 90	305 15	12 89	204222362	43 85	56 74	-82 12	0 73	58 00	295 97	294 59	295 30	0 0084	0 0084	0	813 3	917 5	167 33	105 6	59 3	2062 9	10728	19 37	
19	21 00	15 50	54	0	294 15	278 48	304 15	12 89	202765307	43 53	56 42	-83 34	0 00	0 00	294 15	292 75	294 15	0 0085	0 0093	0	813 3	518 0	0 00	21 3	11 9	1364 5	10728	19 50	
20	19 00	13 50	56	0	292 15	275 64	302 15	12 89	199740063	42 88	55 77	-85 58	0 00	0 00	292 15	290 69	292 15	0 0075	0 0094	0	0	237 6	0 00	-100 3	-56 3	81 1	10728	19 51	
21	18 00	13 00	58	0	291 15	274 23	301 15	12 89	198210214	42 56	55 44	-86 62	0 00	0 00	291 15	289 67	291 15	0 0078	0 0091	0	0	-131 4	0 00	-117 4	-65 9	-314 7	10728	19 48	
22	17 75	12 75	60	0	290 90	273 88	300 90	12 89	197813074	42 47	55 36	-86 87	0 00	0 00	290 90	289 41	290 90	0 0080	0 0090	208 5	1626 0	-309 9	0 00	-124 9	-70 1	1329 6	10728	19 60	
23	17 35	12 70	62	0	290 50	273 31	300 50	12 89	197265599	42 35	55 24	-87 26	0 00	0 00	290 50	289 00	290 50	0 0077	0 0089	167 8	0	-378 5	0 00	-152 4	-85 5	-448 6	10728	19 56	
24	17 00	12 50	62	0	290 15	272 82	300 15	12 89	196711141	42 23	55 12	-87 60	0 00	0 00	290 15	288 64	290 15	0 0075	0 0088	167 8	0	-444 4	0 00	-171 6	-96 3	-544 4	10728	19 51	

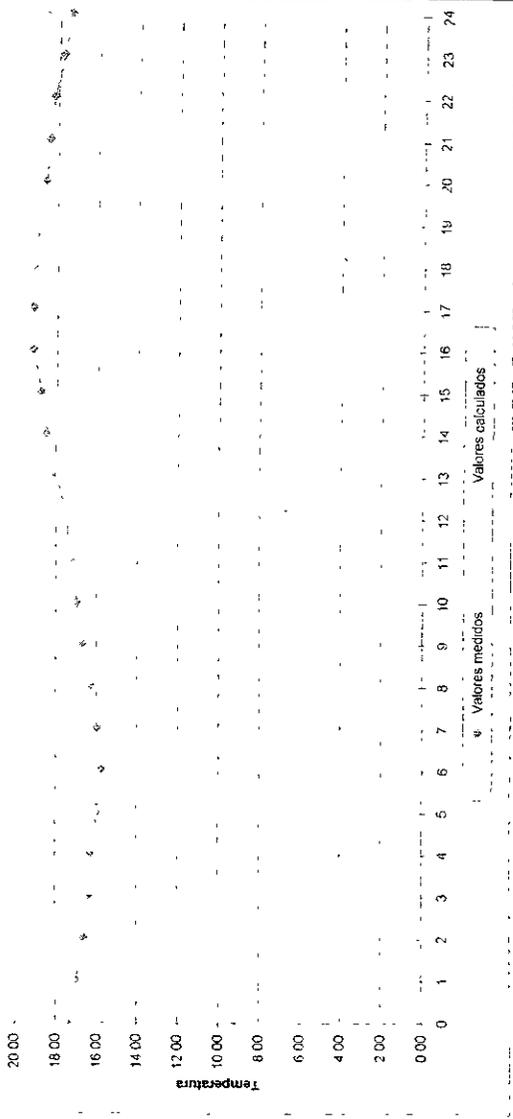


Gráfica B.1. Aplicación del Modelo de Cálculo Térmico a la Casa Habitación

Tabla de información del Modelo de Raúl Reyes al caso de estudio Casa Habitación

Hora	Temperatura exterior	Humedad relativa	Radiación Global	Ocupantes	Equipo e Iluminación	Transmisión	Radiación	Infiltración	Total	Capacidad	Temperatura interior
0	17.00	63									
1	16.75	51	0	167.6	0	164.2	0	11.1	7.4	29120.5	17.60
2	16.50	52	0	167.8	0	210.5	0	14.2	-58.9	29120.5	17.57
3	16.75	53	0	167.8	0	254.0	0	-17.2	104.3	29120.5	17.55
4	16.00	55	0	167.8	0	-286.3	0	-20.2	-151.7	29120.5	17.52
5	15.75	56	0	167.8	0	-341.8	0	-23.0	-187.0	29120.5	17.48
6	15.50	57	0	167.8	0	-382.4	0	-25.7	-240.3	29120.5	17.44
7	15.50	60	0	208.5	1626.0	-314.7	0	-25.2	1434.6	29120.5	17.45
8	16.00	62	95.2	0	813.3	-290.0	0	-18.9	514.4	26120.5	17.42
9	17.00	64	203.0	0	813.3	-81.1	0	-5.5	726.7	26120.5	17.40
10	18.00	65	401.6	0	813.3	115.9	0	7.8	937.0	29120.5	17.41
11	20.00	55	510.2	0	813.3	500.2	0	33.7	1347.2	29120.5	17.45
12	22.00	45	634.7	0	813.3	878.7	0	59.2	1751.1	29120.5	17.55
13	23.50	43	714.3	0	813.3	1149.1	1640	77.4	3678.9	29120.5	17.77
14	25.00	42	790.8	0	813.3	1386.3	805	94.0	3107.0	29120.5	18.00
15	24.00	45	759.9	0	813.3	1158.7	597	78.0	2648.9	29120.5	18.25
16	23.00	47	340.2	0	813.3	917.3	781	61.8	2573.6	29120.5	18.45
17	22.50	49	283.9	0	813.3	782.1	652	52.7	2298.9	29120.5	18.62
18	22.00	52	95.0	0	813.3	652.7	133	43.9	1643.2	29120.5	18.78
19	21.00	54	0	0	813.3	428.7	0	28.0	1270.9	29120.5	18.75
20	19.00	56	0	0	48.3	0	0	3.3	51.5	29120.5	19.06
21	18.00	58	0	0	-204.7	0	0	-13.8	-218.5	29120.5	19.12
22	17.75	60	0	208.5	1626.0	-264.6	0	-17.8	1552.1	29120.5	19.22
23	17.35	62	0	167.8	0.0	-381.1	0	-24.3	-217.6	29120.5	19.22
24	17.00	62	0	167.8	0.0	-428.7	0	-28.9	-286.8	29120.5	19.19

Modelo de Raúl Reyes al caso de estudio Casa Habitación

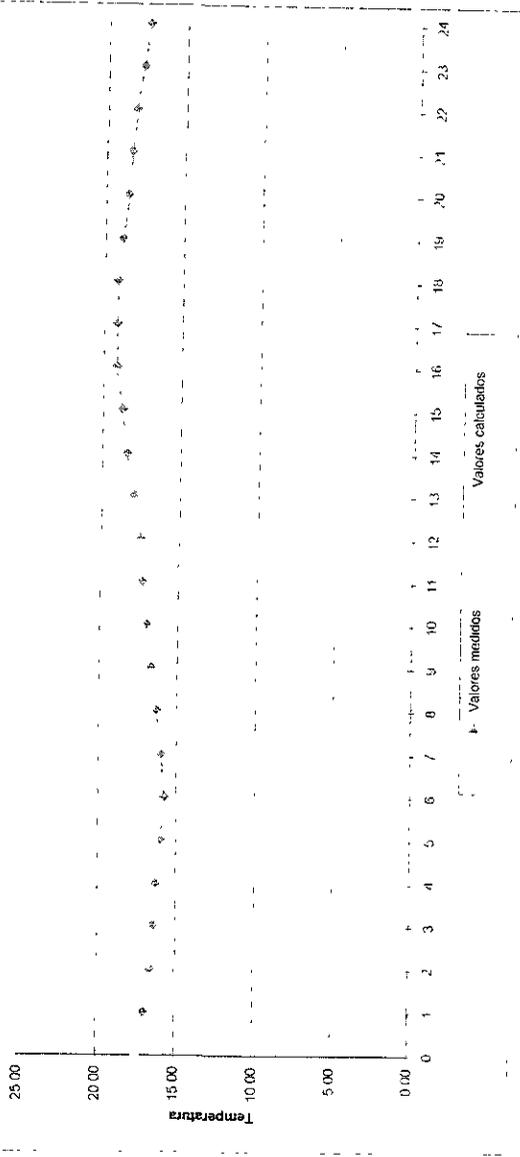


Gráfica B.2. Aplicación del Modelo de Cálculo Térmico a la Casa Habitación

Tabla de aplicación del Modelo del Ing. M. de Anda al caso de estudio Casa Habitación

Hora	Temperatura exterior	Radiación Global	Inclinación solar	Ocupantes	Equipo e iluminación	Transmisión	Radiación	Ventilación	Total	Capacidad	Temperatura interior
0	17.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.47
1	16.75	0	0	188.6	0	50.77	0	13.25	51.08	107.78	17.48
2	16.50	0	0	168.6	0	140.69	0	11.82	40.53	107.78	17.48
3	16.25	0	0	188.6	0	-180.68	0	10.58	10.50	107.28	17.48
4	16.00	0	0	188.6	0	-237.77	0	10.54	-58.63	107.28	17.48
5	15.75	0	0	188.6	0	-284.90	0	9.47	106.92	107.28	17.47
6	15.50	0	0.73	188.6	0	-331.35	0	8.77	-153.98	107.28	17.45
7	15.50	0	14.89	188.6	0	-376.66	157.55	8.12	-42.59	107.28	17.45
8	16.00	95.24	28.98	204	3306	-376.66	450.2	9.65	3593.76	107.28	17.76
9	17.00	203.02	42.83	0	3253	-344.22	1014.8	12.85	3936.13	107.28	18.15
10	18.00	401.76	58.08	0	3253	-221.96	1473.7	15.41	4520.15	107.28	18.57
11	20.00	510.18	67.52	0	3253	-110.21	2039.8	20.38	5192.97	107.28	19.05
12	22.00	634.73	72.98	0	3253	182.55	2442.9	25.05	5903.30	107.28	19.61
13	23.50	714.29	67.52	0	3253	462.52	1640.3	28.31	5551.13	107.28	20.13
14	25.00	350.77	56.08	0	3253	651.55	1040.3	34.08	4578.93	107.28	20.59
15	24.00	259.93	42.83	0	3253	651.60	1091.4	29.56	5225.56	107.28	21.08
16	23.00	340.22	28.98	0	3253	564.41	712.95	25.03	4555.39	107.28	21.50
17	22.50	283.86	14.89	0	3253	289.29	115.07	22.11	3670.47	107.28	21.84
18	22.00	58	0.73	0	3253	126.49	0	19.27	3396.76	107.28	22.16
19	20.50	0	0	0	3253	-31.25	0	14.80	3236.55	107.28	22.46
20	19.00	0	0	0	3253	-720.74	0	7.36	2881.17	107.28	22.73
21	18.35	0	0	0	0	-720.74	0	4.12	-716.62	107.28	22.67
22	17.75	0	0	0	0	-833.36	0	2.72	-630.64	107.28	22.59
23	17.35	0	0	204	3247	-934.28	0	1.97	2518.69	107.28	22.82
24	17.00	0	0	188.6	0	1058.87	0	0.36	-887.91	107.28	22.74

Modelo del ing. M. de Anda al caso de estudio Casa Habitación

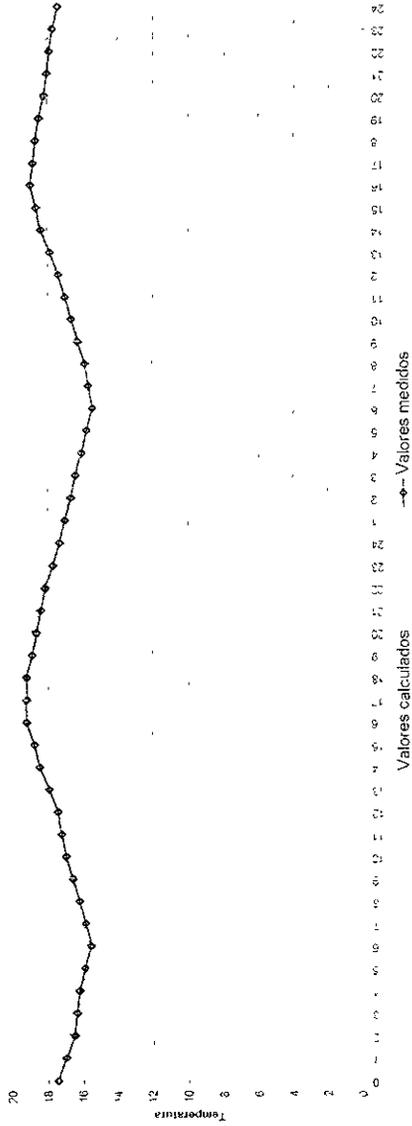


Gráfica B.3. Aplicación del Modelo de Cálculo Térmico a la Casa Habitación

Tabla de aplicación del Modelo Propuesto al caso de estudio Casa Habitación

Temp s/a ventana	Presion satura ext	Presion vapor ext	Mezcla de vapor ext	Presion satura int	Presion vapor int	Mezcla de vapor int	Ocupantes	Equipo e iluminacion	Transmision	Radiacion	Infiltracion	Ventilacion	Total	Capaci-tanda	Temp cto ° C	Temp cto ° K	Hora	Temp BS exterior	Temp BH exterior	Humedad relativa	Radiacion global	Densidad aire	Temp ambiente	Temp sky	Temp suuorindig	hw	T	hir	ho	Dr	Inclinación solar	Radiacon	Temp s/a muros	Temp s/a cubierta
290 15															17 47	290 62	0	17 00	12 80	63		0 9358	290 15	272 82	300 15	12 89	29043437	6 24	19 12	-87 60	0 00	0 00	290 15	285 80
289 90	17 05	14 18	0 0065	18 11	13 99	0 0110	142 0	0	-86 1	0 00	-4 2	0 0	51 7	10728	17 47	290 62	1	16 75	11 00	51	0	0 9357	289 90	272 47	299 90	12 89	28937952	6 21	19 10	-87 84	0 00	0 00	289 90	285 53
289 65	16 79	14 09	0 0065	18 12	13 99	0 0110	142 0	0	-132 7	0 00	-106 0	-5637 0	-5633 8	10728	16 95	290 10	2	16 50	11 10	52	0	0 9374	289 65	272 11	299 65	12 89	28758039	6 17	19 06	-88 07	0 00	0 00	289 65	285 26
289 40	16 53	13 93	0 0064	17 54	13 15	0 0107	142 0	0	-82 3	0 00	-104 7	-5469 0	-5514 1	10728	16 44	289 59	3	16 25	11 05	53	0	0 9391	289 40	271 76	299 40	12 89	28560439	6 14	19 03	-88 30	0 00	0 00	289 40	284 99
289 15	16 27	13 83	0 0064	16 98	12 74	0 0103	142 0	0	-34 0	0 00	-96 2	-5021 7	-5009 9	10728	15 97	289 12	4	16 00	11 10	55	0	0 9406	289 15	271 41	299 15	12 89	28410134	6 10	18 99	-88 53	0 00	0 00	289 15	284 72
288 90	16 02	13 60	0 0063	16 50	12 37	0 0100	142 0	0	5 7	0 00	-87 8	-4587 5	-4527 6	10728	15 55	288 70	5	15 75	10 90	56	0	0 9420	288 90	271 06	298 90	12 89	28246761	6 06	18 96	-88 75	0 00	0 00	288 90	284 45
288 65	16 02	13 67	0 0063	16 07	12 05	0 0098	142 0	0	37 2	0 00	-82 1	-4285 9	-4188 8	10728	15 16	288 31	6	15 50	10 80	57	0	0 9433	288 65	270 71	298 65	12 89	28088393	6 03	18 92	-88 97	0 73	0 00	288 65	284 18
288 65	16 53	14 33	0 0066	15 68	11 76	0 0095	20 5 5	17 13 5	63 0	0 00	-74 2	0 0	1702 2	10728	15 31	288 46	7	15 50	11 10	60	0 00	0 9427	288 65	270 71	298 65	12 89	28110391	6 04	18 92	-88 97	14 89	0 00	288 65	284 18
289 81	17 59	15 19	0 0070	15 84	11 88	0 0096	0	1625 9	33 9	240 39	-63 5	0 0	1836 7	10728	15 49	288 64	8	16 00	11 20	62	95 24	0 9422	289 15	271 41	299 15	12 89	28342788	6 09	18 97	-88 53	28 98	83 31	293 17	288 23
291 32	18 72	16 52	0 0076	16 01	12 01	0 0097	0	1625 9	94 1	429 59	-17 0	0 0	2132 6	10728	15 88	288 83	9	17 00	12 60	64	203 02	0 9416	290 15	272 82	300 15	12 89	28791168	6 18	19 07	-87 60	42 83	148 89	298 67	292 03
292 90	21 21	19 21	0 0089	16 21	12 16	0 0098	0	1625 9	240 8	646 87	42 8	0 0	2556 4	10728	15 92	289 07	10	18 00	14 00	65	401 76	0 9408	291 15	274 23	301 15	12 89	29249879	6 28	19 17	-86 62	56 08	224 20	307 92	296 21
294 66	24 02	21 27	0 0099	16 45	12 34	0 0100	0	1625 9	380 3	562 84	150 2	0 0	2719 3	10728	16 18	289 33	11	20 00	14 50	66	510 18	0 9399	293 15	277 06	303 15	12 89	30149436	6 47	19 36	-84 49	67 52	195 07	314 23	297 06
296 57	26 37	22 63	0 0105	16 71	12 53	0 0102	0	1625 9	700 1	536 06	223 7	0 0	3085 7	10728	16 46	289 61	12	22 00	14 90	45	634 73	0 9390	295 15	279 90	305 15	12 89	31072314	6 67	19 56	-82 12	72 98	185 79	321 11	298 76
298 73	28 96	24 86	0 0116	17 01	12 76	0 0103	0	1625 9	3338 4	788 02	294 0	0 0	8046 3	10728	17 03	290 18	13	23 50	15 30	43	714 29	0 9372	296 65	282 04	306 65	12 89	31829076	6 83	19 72	-80 19	67 62	273 12	325 62	303 87
299 63	27 21	22 86	0 0106	17 62	13 22	0 0107	0	1625 9	3779 7	564 77	348 9	0 0	6319 2	10728	17 62	290 77	14	25 00	16 30	42	350 77	0 9353	298 15	284 18	308 15	12 89	32601920	7 00	19 89	-78 12	56 08	195 74	312 26	302 29
298 59	25 56	21 57	0 0100	18 28	13 71	0 0111	0	1625 9	2615 5	550 01	192 5	0 0	4983 9	10728	18 08	291 23	15	24 00	16 00	45	259 93	0 9338	297 15	282 75	307 15	12 89	32215334	6 92	19 81	-79 52	42 83	190 63	307 65	301 04
288 41	24 78	21 28	0 0099	18 82	14 11	0 0115	0	1625 9	2024 0	858 72	123 8	0 0	4632 4	10728	18 51	291 66	16	23 00	16 00	47	340 22	0 9324	296 15	281 32	306 15	12 89	31828879	6 83	19 72	-80 85	28 98	297 62	309 95	304 33
297 74	24 02	20 65	0 0096	19 33	14 90	0 0118	0	1625 9	2057 4	791 52	130 1	0 0	4604 9	10728	18 94	292 09	17	22 50	15 75	49	283 86	0 9310	295 65	280 61	305 65	12 89	31655847	6 80	19 69	-81 50	14 89	274 33	307 18	302 86
295 59	22 57	19 32	0 0090	19 85	14 89	0 0121	0	1625 9	651 4	167 33	87 5	0 0	2532 2	10728	18 18	292 33	18	22 00	15 50	52	58 00	0 9303	295 15	279 90	305 15	12 89	31476459	6 76	19 65	-82 12	0 73	58 00	297 51	293 54
294 15	19 93	17 18	0 0079	20 15	15 11	0 0123	0	1625 9	516 7	0 00	-43 9	0 0	2098 7	10728	19 37	292 52	19	21 00	15 50	54	0	0 9297	294 15	278 48	304 15	12 89	31058961	6 67	19 56	-83 34	0 00	0 00	294 15	290 10
292 15	18 72	15 98	0 0074	20 40	15 30	0 0124	0	0	297 7	0 00	-81 0	-4227 9	-4011 1	10728	19 00	292 15	20	19 00	13 90	56	0	0 9309	292 15	275 64	302 15	12 89	30123821	6 47	19 36	-85 58	0 00	0 00	292 15	287 95
291 15	18 43	15 94	0 0074	19 93	14 94	0 0121	0	0	-0 1	0 00	-111 6	-582 1	-5937 7	10728	18 45	291 60	21	18 00	13 00	58	0	0 9326	291 15	274 23	301 15	12 89	29610720	6 38	19 25	-86 62	0 00	0 00	291 15	286 87
290 90	17 98	15 48	0 0071	19 25	14 44	0 0117	205 5	17 13 5	-81 8	0 00	-109 8	-5732 4	-4005 0	10728	18 07	291 22	22	17 75	12 75	60	0	0 9338	290 90	273 88	300 90	12 89	29449739	6 32	19 21	-86 87	0 00	0 00	290 90	286 60
290 50	17 59	15 27	0 0070	18 81	14 11	0 0115	142 0	0	-59 2	0 00	-104 3	-5444 2	-5465 7	10728	17 56	280 71	23	17 35	12 70	62	0	0 9355	290 50	273 31	300 60	12 89	29205679	6 27	19 16	-87 26	0 00	0 00	290 50	286 17
290 15	17 05	14 80	0 0068	18 22	13 67	0 0111	142 0	0	-39 2	0 00	-99 6	-5200 6	-5197 4	10728	17 08	290 23	24	17 00	12 50	62	0	0 9370	290 15	272 82	300 15	12 89	28988134	6 22	19 11	-87 60	0 00	0 00	290 15	285 80
289 85	16 53	14 53	0 0067	17 68	13 26	0 0108	142 0	0	-14 6	0 00	-95 3	-4977 0	-4944 8	10728	16 62	289 77	1	16 50	12 50	63	0	0 9385	289 85	272 11	299 65	12 89	28711453	6 16	19 05	-88 07	0 00	0 00	289 85	285 26
289 15	16 02	13 57	0 0062	17 18	12 88	0 0104	142 0	0	-21 72	0 00	-91 2	-4763 3	-4734 3	10728	16 18	289 33	2	16 00	11 10	59	0	0 9399	289 15	271 41	299 15	12 89	28439281	6 11	18 99	-88 53	0 00	0 00	289 15	284 72
288 65	15 53	13 28	0 0061	16 71	12 53	0 0102	142 0	0	-32 5	0 00	-95 0	-4959 4	-4944 9	10728	15 72	288 87	3	15 50	11 00	55	0	0 9414	288 65	270 71	298 65	12 89	28166108	6 05	18 94	-88 97	0 00	0 00	288 65	284 19
288 15	15 05	13 16	0 0060	16 24	12 18	0 0099	142 0	0	-39 6	0 00	-92 1	-4809 9	-4799 6	10728	15 27	288 42	4	15 00	11 20	58	0	0 9429	288 15	270 00	298 15	12 89	27896559	5 99	18 88	-89 40	0 00	0 00	288 15	283 65
287 65	14 59	12 74	0 0059	15 79	11 84	0 0096	142 0	0	-49 3	0 00	-87 5	-4571 3	-4566 1	10728	14 84	287 99	5	14 50	10 80	62	0	0 9443	287 65	269 30	297 65	12 89	27631718	5 93	18 82	-89 82	0 00	0 00	287 65	283 12
287 15	14 37	12 72	0 0058	15 38	11 53	0 0093	142 0	0	-62 9	0 00	-88 5	-4516 9	-4524 2	10728	14 42	287 57	6	14 00	10 70	65	0	0 9457	287 15	268 60	297 15	12 89	27369091	5 88	18 77	-90 22	0 90	0 00	287 15	282 58
286 90	14 14	12 52	0 0058	14 98	11 24	0 0091	142 0	0	-77 2	0 00	-81 9	0 0	-17 1	10728	14 42	287 57	7	13 75	10 50	67	0	0 9457	286 90	268 25	296 90	12 89	27266830	5 85	18 74	-90 42	13 14	0 00	286 90	282 32
287 23	15 77	14 18	0 0065	14 98	11 23	0 0091	20 5 5	17 13 5	-122 7	209 51	-80 7	0 0	1719 6	10728	14 58	287 73	8	13 50	10 30	69	81 48	0 9452	286 65	267 90	296 65	12 89	27186774	5 84	18 73	-90 61	26 98	72 61	290 13	285 16
290 32	17 59	15 27	0 0070	15 13	11 35	0 0092	0	1625 9	113 9	898 58	-35 3	0 0	2403 0	10728	14 80	287 95	9	15 25	10 60	71	317 93	0 9444	288 40	270 35	298 40	12 89	27935945	6 00	18 89	-89 19	40 40	242 12	301 87	294 17
291 55	19 93	17 13	0 007																															

Modelo Propuesto al caso de estudio Casa Habitación



Gráfica B.4. Aplicación del Modelo de Cálculo Térmico a la Casa Habitación

APENDICE B. DATOS RECABADOS DE LOS MONITOREOS

CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO DE OFICINAS

Parámetro	U	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	Prom.
-----------	---	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

TEMPERATURA EXTERIOR

3	°C	17.50	17.50	17.00	16.50	18.00	23.00	24.50	26.00	22.00	19.00	17.00	17.50	19.84
4	°C	17.50	17.00	16.50	16.50	19.00	20.00	20.00	19.50	18.00	16.00	16.00	16.00	17.67
5	°C	15.50	15.00	15.00	14.50	15.50	18.00	19.50	22.00	22.00	18.00	17.00	17.42	18.08
6	°C	16.00	15.50	15.00	14.00	19.00	21.00	23.00	22.50	20.00	18.00	17.00	16.00	18.17
7	°C	16.00	14.50	14.50	14.50	18.00	23.00	24.00	22.50	22.00	16.50	16.50	16.00	18.71
8	°C	16.00	16.00	15.00	14.50	18.00	24.00	23.00	22.50	22.00	19.00	17.50	17.00	18.71
9	°C	16.50	16.00	15.50	15.50	18.00	22.00	25.00	23.00	24.00	21.00	19.00	17.00	19.38

TEMPERATURA INTERIOR

3	°C	18.00	18.00	17.50	17.50	20.00	21.00	21.50	21.00	21.00	19.00	19.00	18.00	19.38
4	°C	17.50	17.00	16.50	17.00	18.00	19.00	20.00	20.50	20.00	19.50	18.50	18.00	18.79
5	°C	17.50	17.00	17.00	17.00	17.50	19.00	20.00	19.50	19.00	18.50	18.50	18.00	18.21
6	°C	18.00	18.00	17.50	17.00	18.00	19.50	20.00	21.00	22.00	19.50	19.00	18.79	19.00
7	°C	18.00	18.00	17.50	17.50	18.00	19.50	20.00	21.00	20.50	20.00	19.50	18.50	19.00
8	°C	18.00	17.50	17.50	17.50	18.00	18.00	19.50	21.00	21.00	20.50	19.00	18.50	19.83
9	°C	18.50	18.00	17.50	17.00	18.00	19.00	20.00	20.50	19.00	20.50	19.00	18.50	19.83

HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR

3	%	52	56	60	63	65	60	55	42	51	60	64	72	58.42
4	%	80	84	87	93	91	87	84	64	65	67	72	74	78.00
5	%	76	78	81	84	87	80	76	54	52	54	57	64	68.42
6	%	67	60	63	66	67	53	42	45	38	60	63	66	58.17
7	%	70	71	72	82	80	57	46	46	47	50	55	59	61.25
8	%	62	65	70	71	48	45	43	41	44	47	51	55	59.60
9	%	57	58	60	63	65	57	38	40	42	45	47	52	52.00

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR

3	%	61	65	65	66	68	65	61	64	63	61	66	71	63.26
4	%	72	72	73	74	73	70	62	59	60	62	67	74	65.17
5	%	75	75	75	74	73	72	67	67	66	65	66	67	70.26
6	%	69	70	71	70	70	68	63	60	60	63	65	67	66.33
7	%	68	72	73	74	74	69	62	58	56	56	62	65	65.83
8	%	67	71	73	73	73	72	69	62	59	58	56	58	66.08
9	%	61	63	65	66	68	63	62	60	61	61	67	71	63.26

CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO DE OFICINAS

Día	U	Condiciones del día										Prom.
		6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	15:00	18:00				Prom.

RADIACION SOLAR

	w/m ²	Nublado todo el día											
3	w/m ²	0.0	123.5	394.0	459.2	412.8	237.6	44.6					236.8
4	w/m ²	0.0	89.2	268.3	349.6	408.2	235.7	31.5					197.5
5	w/m ²	0.0	169.2	262.5	286.6	486.7	223.6	46.1					209.6
6	w/m ²	0.0	175.3	273.0	381.6	406.7	260.3	37.5					219.2
7	w/m ²	0.0	121.4	298.3	389.7	392.2	214.6	34.5					207.2
8	w/m ²	0.0	144.1	317.6	456.8	402.5	256.0	38.1					232.2
9	w/m ²	0.0	174.9	354.2	438.4	381.6	268.1	39.8					228.1

MES	U	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Prom	% calma	Maxima
-----	---	---	----	---	----	---	----	---	----	------	---------	--------

WINDO

Enero	m/s	0.7	0.7	0.7	0.9	1.5	1.8	1.7	1.1	1.1	31.1	1.8
Febrero	m/s	0.9	0.9	0.9	1.1	2.1	2.4	1.9	1.3	1.4	20.1	2.4
Marzo	m/s	0.6	0.9	1.1	1.6	1.6	1.8	1.9	1.4	1.4	11.1	1.9
Abril	m/s	1.0	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	1.3	1.2	14.6	1.5
Mayo	m/s	1.2	1.1	1.0	0.8	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	16.5	1.2
Junio	m/s	1.1	1.0	0.8	1.2	1.1	1.0	1.3	1.0	1.1	21.2	1.3
Julio	m/s	1.0	0.8	0.9	1.3	1.4	0.5	0.9	0.9	1.0	27.0	1.4
Agosto	m/s	0.9	0.8	1.1	1.0	0.9	0.7	1.0	0.9	0.9	20.0	1.1
Septiembre	m/s	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	0.7	0.8	22.3	0.9
Octubre	m/s	1.0	0.9	0.8	0.9	0.6	0.9	0.7	1.0	0.8	24.4	1.0
Noviembre	m/s	0.9	0.7	0.7	1.1	1.0	1.5	1.0	0.9	1.0	22.3	1.5
Diciembre	m/s	1.2	0.8	0.7	0.9	1.8	2.3	1.0	0.9	1.2	33.3	2.3

CASO DE ESTUDIO: CASA HABILITACION

Parámetro	U	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	Prom
TEMPERATURA EXTERIOR														
4	°C	16.00	15.00	14.00	14.50	17.00	21.00	23.50	23.50	23.50	21.00	20.00	18.50	18.96
5	°C	17.50	17.20	17.00	16.50	18.10	20.00	23.00	25.00	24.50	21.00	19.00	18.50	19.82
6	°C	17.50	17.50	17.00	16.50	18.00	22.00	24.50	26.00	22.00	19.00	17.00	17.50	19.64
7	°C	17.50	17.00	16.50	16.50	19.00	20.00	20.50	19.50	18.00	16.00	16.00	15.50	17.63
8	°C	16.50	15.00	14.50	14.50	15.50	18.00	19.50	22.00	22.00	18.00	17.00	17.00	17.42
9	°C	16.00	15.50	15.00	14.00	19.00	21.00	23.00	27.50	20.00	18.00	17.00	16.50	18.50
10	°C	16.00	14.50	15.00	14.50	18.00	23.00	24.00	22.50	22.00	16.50	16.00	16.00	18.21
11	°C	16.00	16.00	15.00	14.50	18.00	24.00	23.00	22.50	22.00	19.00	17.50	17.00	18.71
12	°C	16.50	16.00	15.50	16.00	18.00	22.00	25.00	23.00	22.00	19.00	17.00	16.00	18.93
13	°C	16.00	15.00	14.00	13.50	17.00	21.00	23.00	23.50	21.50	19.50	17.00	16.00	18.08
14	°C	14.50	14.00	14.50	14.00	22.00	24.00	23.00	21.00	19.00	18.00	17.00	15.30	16.03
15	°C	15.50	15.00	14.50	14.50	15.00	17.00	22.00	20.00	18.00	16.50	16.00	15.50	16.63
16	°C	15.00	15.00	15.00	14.50	16.00	19.00	22.00	23.00	20.00	18.00	15.50	16.00	17.50
18	°C	16.00	15.50	15.50	14.50	17.00	22.00	22.00	21.50	21.00	20.00	17.00	16.00	18.17

TEMPERATURA INTERIOR														
4	°C	15.8	15.3	15.8	16.5	17.0	17.4	18.5	18.5	17.3	16.8	16.4	15.9	16.8
5	°C	15.8	15.2	14.9	15.4	16.0	16.6	17.0	18.1	18.3	17.8	17.4	16.5	16.6
6	°C	15.6	15.1	14.5	14.4	15.8	17.0	17.6	18.5	18.5	17.8	17.4	16.9	16.8
7	°C	16.2	15.5	15.0	15.3	15.9	16.5	17.1	17.8	17.6	17.1	16.7	16.2	16.4
8	°C	15.7	15.2	14.6	14.9	15.5	16.1	15.6	17.3	18.2	17.2	15.9	16.2	16.2
9	°C	15.6	15.0	14.5	14.7	15.7	16.2	16.9	17.9	17.8	17.2	16.8	16.3	16.3
10	°C	15.9	15.3	14.6	15.1	15.7	16.2	16.9	17.7	17.7	17.1	16.8	16.3	16.3
11	°C	15.9	15.5	15.0	16.3	17.2	18.4	19.6	20.1	20.0	19.6	19.2	17.5	17.9
12	°C	16.6	16.2	15.6	16.3	17.0	17.5	18.5	19.2	19.2	18.6	18.2	17.4	17.5
13	°C	16.7	16.1	15.5	15.9	16.7	17.4	19.4	19.0	18.7	18.2	18.0	17.5	17.4
14	°C	16.6	16.3	15.5	16.0	16.2	16.7	17.6	18.2	18.1	17.7	17.0	16.4	16.9
15	°C	15.6	15.0	14.5	14.8	15.5	16.2	16.9	17.8	17.6	17.2	16.3	15.6	16.1
16	°C	15.1	14.3	13.5	14.1	14.6	15.3	15.9	16.7	16.8	16.7	16.7	16.1	15.5
18	°C	15.7	15.1	14.5	14.8	15.6	16.2	17.1	17.5	17.8	17.3	16.7	15.9	16.2

HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR														
4	%	39	39	36	38	38	37	37	37	37	39	42	44	38.75
5	%	45	47	46	46	46	47	45	35	37	42	45	48	44.03
6	%	52	56	60	63	65	60	56	42	51	60	64	72	58.42
7	%	80	84	87	83	81	87	84	64	65	67	72	74	79.60
8	%	78	78	81	27	87	80	76	54	52	54	57	54	64.67
9	%	57	60	63	66	67	53	42	46	56	60	63	66	58.17
10	%	70	71	72	82	80	57	46	46	47	50	55	59	61.25
11	%	62	65	70	71	48	45	43	41	44	47	51	55	63.60
12	%	57	58	60	63	65	57	38	40	42	45	47	52	52.00
13	%	55	52	67	71	70	40	33	34	37	42	46	50	50.88
14	%	52	55	57	62	65	45	42	47	52	56	60	63	64.67
15	%	67	69	71	75	77	80	77	52	52	55	59	62	68.33
16	%	65	67	70	75	78	77	55	47	51	55	57	62	65.25
18	%	55	57	61	64	67	65	49	50	52	56	55	51	56.63

CASO DE ESTUDIO: CASA HABITACION

Parámetro		U	2 00	4:00	6 00	8 00	10:00	12:00	14 00	16:00	18.00	20.00	22.00	24.00	Prom.
HUMEDAD RELATIVA INTERIOR															
4	%	73	74	73	72	70	68	65	66	64	67	69	69	69	69.26
5	%	72	75	78	79	72	65	61	58	68	72	75	75	70	70.42
6	%	76	77	77	76	74	69	68	68	69	73	74	74	72	72.67
7	%	73	73	74	74	75	73	74	74	75	77	78	77	78	77.75
8	%	78	81	83	83	81	80	79	77	76	74	72	74	72	78.17
9	%	77	76	77	78	79	75	72	72	71	72	75	76	76	76.00
10	%	73	81	82	82	81	80	79	79	76	75	78	78	79	78.83
11	%	80	81	82	83	79	73	68	64	68	74	74	75	75	75.17
12	%	76	77	79	83	75	68	61	63	65	67	71	71	71	69.92
13	%	73	74	74	73	71	71	70	66	67	71	73	73	73	71.33
14	%	75	77	77	78	75	72	71	70	70	72	74	74	74	73.67
15	%	75	77	80	80	76	79	74	75	75	77	80	80	80	77.92
16	%	84	85	86	86	82	81	81	81	76	75	74	78	80	80.75
18	%	81	83	84	84	82	80	76	76	75	76	78	78	78	79.26

RADIACIÓN SOLAR

4	w/m2	Nublado todo el día	11.7	117.5	387.4	442.9	381.9	227.8	37.3	228.5
5	w/m2	Nublado todo el día	6.6	156.6	225.2	536.1	589.6	111.9	33.1	237.5
6	w/m2	Nublado medio día, lluvia por la tarde	0.0	205.8	514.5	577.0	480.5	86.8	5.9	267.2
7	w/m2	Lluvia todo el día	0.2	82.9	165.7	332.0	316.1	133.9	13.4	149.2
8	w/m2	Lluvia todo el día	8.5	81.9	287.3	357.6	427.2	248.7	46.0	207.5
9	w/m2	Luvia todo el día	3.7	194.4	498.8	473.2	356.4	69.8	23.8	231.4
10	w/m2	Nublado medio día, lluvia por la tarde	5.6	179.7	507.9	540.0	280.7	135.5	5.6	236.4
11	w/m2	Nublado medio día, soleado por la tarde	0.0	212.6	695.0	711.8	732.4	707.2	97.2	451.0
12	w/m2	Nublado todo el día	0.0	149.1	465.9	674.5	305.3	311.9	60.0	279.5
13	w/m2	Nublado todo el día	0.0	196.7	431.9	466.1	419.1	227.5	52.4	256.7
14	w/m2	Medio nublado todo el día	0.0	237.6	618.4	633.9	349.4	144.7	36.3	291.8
15	w/m2	Nublado medio día, lluvia por la tarde	0.0	22.6	233.6	465.1	131.4	95.8	74.0	146.1
16	w/m2	Nublado medio día, lluvia por la tarde	0.0	36.9	290.5	696.7	452.8	65.7	43.6	226.6
18	w/m2	Nublado todo el día	0.0	135.5	359.7	370.9	248.8	118.3	154.3	186.2

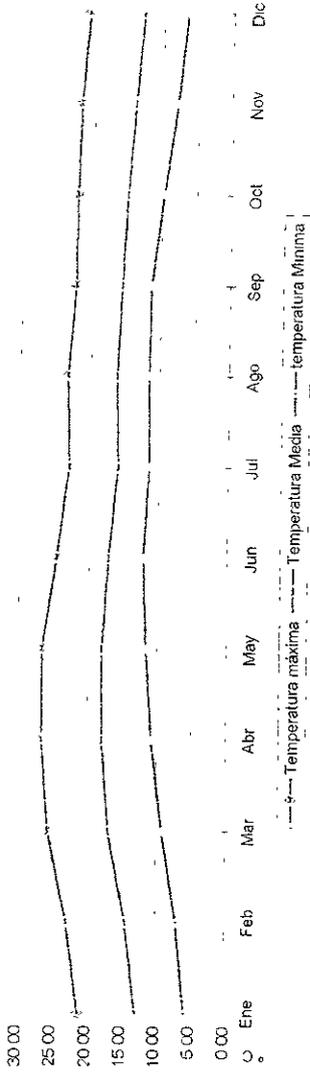
VIENTO

M.E.S	U	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Prom	% de calma	Máxima
Enero	m/s	07	07	07	09	15	18	17	11	11	31.1	1.8
Febrero	m/s	09	09	09	11	21	24	19	13	14	20.1	2.4
Marzo	m/s	06	09	11	16	16	18	19	14	14	11.1	1.9
Abril	m/s	10	09	09	11	14	12	13	13	12	14.6	1.5
Mayo	m/s	12	11	10	08	12	11	11	11	11	16.5	1.2
Junio	m/s	11	10	08	12	11	10	13	10	11	21.2	1.3
Julio	m/s	10	08	09	13	14	05	09	09	10	27.0	1.4
Agosto	m/s	09	08	11	10	09	07	10	09	09	20.0	1.1
Septiembre	m/s	08	08	08	08	07	09	08	07	08	22.3	0.9
Octubre	m/s	10	09	06	09	06	09	07	10	08	24.4	1.0
Noviembre	m/s	09	07	07	11	10	15	10	09	10	22.3	1.5
Diciembre	m/s	12	08	07	09	18	23	10	09	12	33.3	2.3

APENDICE C. ANTECEDENTES CLIMATICOS DE LA CIUDAD DE MEXICO

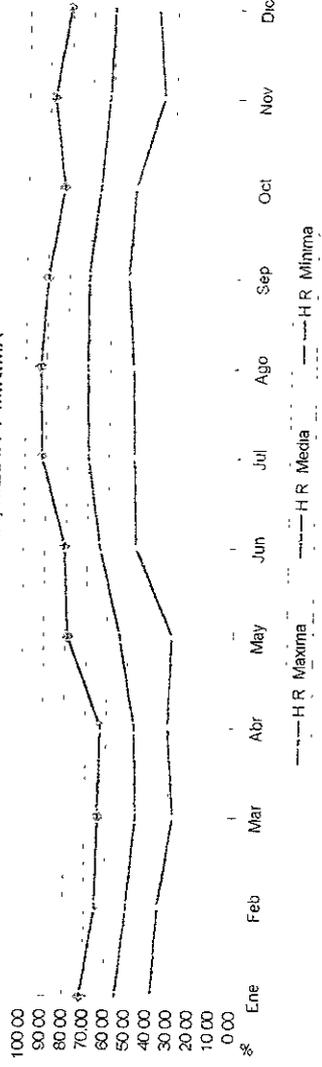
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
21.20	22.90	25.70	26.80	26.60	24.60	23.00	23.30	22.30	22.20	21.80	20.80
12.90	14.50	17.00	18.00	18.10	17.20	16.00	16.30	15.70	15.10	14.00	12.90
5.80	7.10	9.20	10.80	11.70	12.20	11.50	11.60	11.50	9.80	7.90	6.80

TEMPERATURA MÁXIMA, MEDIA Y MÍNIMA



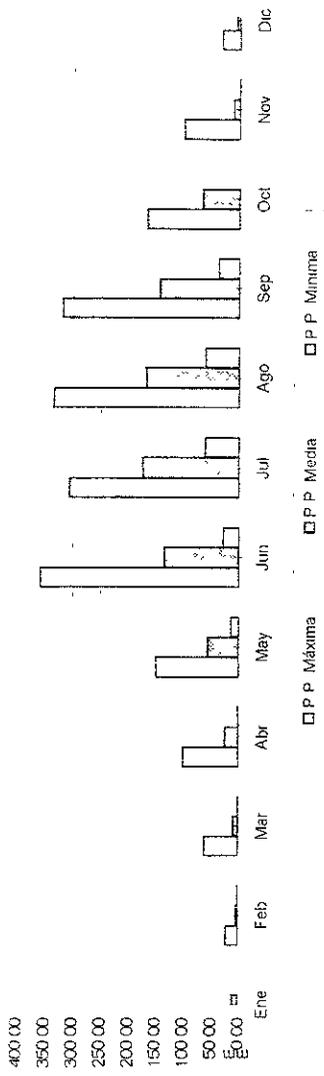
Ene	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
72.00	65.00	64.00	63.00	79.00	81.00	92.00	83.00	90.00	83.00	88.00	81.00
55.00	50.00	48.00	47.00	54.00	64.00	70.00	71.00	71.00	66.00	67.00	60.00
38.00	35.00	38.00	31.00	29.00	47.00	48.00	48.00	52.00	49.00	38.00	35.00

HUMEDAD MÁXIMA, MEDIA Y MÍNIMA



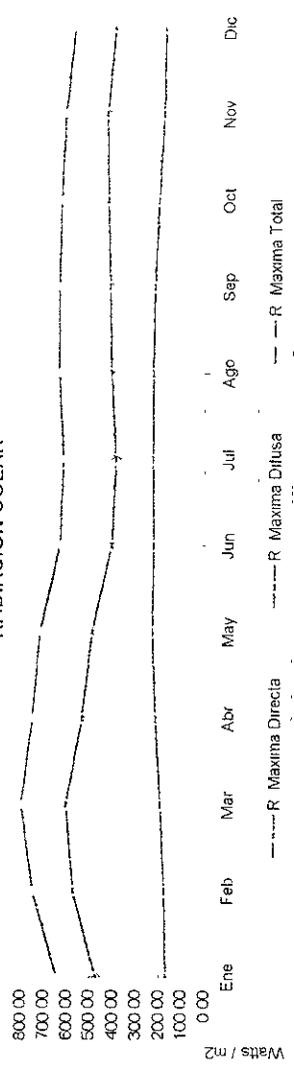
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
99.60	23.00	62.00	99.60	149.00	356.60	306.20	334.20	317.80	167.50	100.90	33.70
11.00	4.30	10.10	25.90	56.00	134.80	175.10	166.20	144.80	66.90	12.10	6.00
0.10	0.50	0.80	0.80	1.40	29.00	62.10	60.80	38.60	0.30	0.70	0.20

PRECIPITACIÓN PLUVIAL MÁXIMA, MEDIA Y MÍNIMA



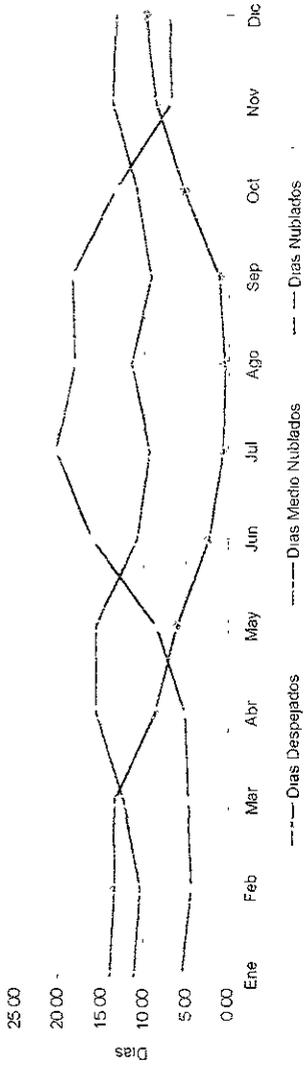
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
474.00	572.00	603.00	534.00	485.00	406.00	389.00	408.00	416.00	427.00	428.00	396.00
171.00	176.00	194.00	216.00	229.00	226.00	228.00	228.00	221.00	204.00	187.00	175.00
645.00	748.00	797.00	750.00	718.00	632.00	617.00	636.00	637.00	628.00	610.00	571.00

RADIACIÓN SOLAR



Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
14.00	13.40	13.44	8.72	6.10	2.26	0.60	0.53	1.17	5.40	6.70	9.38
11.14	10.36	12.37	15.62	15.65	10.80	9.33	11.53	9.28	10.36	13.83	13.43
5.53	4.33	4.72	5.13	8.55	16.16	20.76	18.16	18.50	13.53	6.90	7.16

NUBOSIDAD



--- Dias Despejados

--- Dias Medio Nublados

--- Dias Nublados

Observatorio Meteorológico de Tacubaya

Latitud 19° 24'
 Longitud 98° 12'
 Altitud 2308 msnm

Parámetro	U	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
TEMPERATURA														
Máxima externa	°C	79.40	29.00	32.50	33.00	32.80	32.80	30.00	27.70	28.50	28.90	29.30	26.40	30.03
Máxima	°C	21.20	27.50	25.70	26.60	26.60	24.60	23.00	23.30	22.30	22.20	21.80	20.80	23.42
Media	°C	13.90	14.50	17.00	18.00	18.10	17.20	16.00	16.30	15.70	15.10	14.00	13.90	15.64
Mínima	°C	5.80	7.10	9.20	10.80	11.70	12.20	11.50	11.60	9.80	7.90	7.90	6.60	9.84
Mínima extrema	°C	-9.50	-4.40	0.50	4.00	7.00	5.30	6.40	6.40	1.60	1.10	-0.80	-1.30	0.92
Oscilacion	°C	15.40	15.80	16.50	15.80	14.80	12.40	11.50	11.70	10.80	12.40	13.90	14.70	13.77

HUMEDAD														
Temp. Bulbo húmedo	°C	8.10	9.10	10.20	11.00	12.10	13.00	12.70	13.00	12.80	11.20	9.90	8.50	10.96
H.R. Máxima	%	72.00	65.00	64.00	63.00	79.00	81.00	92.00	93.00	90.00	83.00	88.00	81.00	79.25
H.R. Media	%	55.00	50.00	46.00	47.00	54.00	64.00	70.00	71.00	71.00	66.00	62.00	60.00	59.67
H.R. Mínima	%	33.00	35.00	28.00	31.00	29.00	47.00	48.00	49.00	52.00	49.00	36.00	33.00	40.03
Evaporacion	mm	2.76	4.26	5.85	4.55	4.93	7.07	4.41	3.04	3.58	3.38	3.49	2.72	4.15

PRESION														
Media	mb	773.90	773.70	773.30	773.70	773.90	773.90	774.80	774.80	773.90	774.70	774.80	774.50	774.16

PRECIPITACION														
Máxima	mm	99.80	23.00	62.00	99.80	149.00	368.60	306.20	334.20	317.80	167.50	100.90	33.70	171.04
Media	mm	11.00	4.30	10.10	25.90	56.00	134.80	175.10	169.20	144.80	66.90	12.10	6.00	66.02
Mínima	mm	0.10	0.50	0.80	0.80	14.30	26.00	82.10	60.80	38.60	0.30	0.70	0.20	17.35

RADIACION SOLAR														
Radiacion max. directa	w/m2	474.00	572.00	603.00	534.00	489.00	406.00	369.00	408.00	416.00	474.00	428.00	396.00	461.58
Radiacion max. difusa	w/m2	141.00	176.00	184.00	216.00	228.00	226.00	228.00	228.00	221.00	204.00	182.00	175.00	204.17
Radiacion max. total	w/m2	645.00	748.00	787.00	750.00	718.00	632.00	617.00	636.00	637.00	678.00	610.00	571.00	666.75
Insolacion Total	hr	178.20	201.80	216.10	186.20	184.00	138.60	135.20	147.80	118.90	151.00	170.10	150.90	164.85

INDICE OMBROTERMICO														
Índice de aridez	coef	-0.70	-0.80	-3.95	-1.05	14.00	53.40	73.55	70.80	56.40	19.45	-7.95	-11.00	21.58
Seco / Humedo	S	S	S	S	S	S	H	H	H	H	S	S	S	S

FENOMENOS ESPECIALES														
Días despejados	días	14.00	13.40	13.44	8.72	6.10	2.26	0.60	0.63	1.17	5.40	8.70	9.98	84.30
Días medio nublados	días	11.14	10.36	12.37	15.62	15.65	10.80	9.33	11.53	9.26	10.96	13.83	13.43	144.28
Días nublados	días	5.53	4.33	4.72	5.13	8.95	16.16	20.26	18.16	18.50	13.53	6.90	7.16	128.93
Días con rocío	días	0.75	0.03	0.03	2.33	2.40	1.50	1.06	1.06	0.10	2.73	2.33	2.33	15.95
Días con granizo	días	2.00	0.23	1.56	0.48	1.17	2.06	4.46	4.53	1.53	0.63	2.70	0.80	20.65
Días con heladas	días	3.42	1.40	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.46	1.13	2.83	9.66
Días con niebla	días	8.89	7.14	8.57	9.00	8.17	7.75	9.93	8.27	9.00	10.85	8.24	8.37	102.78
Visibilidad	mts	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

VIENTO														
Direcion dominante	E	E	E	O	EN	N	N	NO	NO	N	NO	N	NE	NE
Velocidad media	m/s	0.70	0.90	1.20	0.90	1.20	1.10	0.90	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00
Velocidad máxima	m/s	1.80	2.40	1.90	1.50	1.20	1.30	1.40	0.90	1.00	0.90	1.50	2.30	1.63

INSTITUTO METEOROLOGICO DE TACUBAYA
 Datos horarios de temperatura y humedad
 Latitud 19° 24'
 Longitud 99° 12'
 Altitud 2308 msnm
 Período 1951 - 1980

Temperatura		Humedad	
DE 10	10.0	10.0	10.0
DE 11	11.0	11.0	11.0
DE 12	12.0	12.0	12.0
DE 13	13.0	13.0	13.0
DE 14	14.0	14.0	14.0
DE 15	15.0	15.0	15.0
DE 16	16.0	16.0	16.0
DE 17	17.0	17.0	17.0
DE 18	18.0	18.0	18.0
DE 19	19.0	19.0	19.0
DE 20	20.0	20.0	20.0
DE 21	21.0	21.0	21.0
DE 22	22.0	22.0	22.0
DE 23	23.0	23.0	23.0
DE 24	24.0	24.0	24.0
DE 25	25.0	25.0	25.0
DE 26	26.0	26.0	26.0
DE 27	27.0	27.0	27.0
DE 28	28.0	28.0	28.0
DE 29	29.0	29.0	29.0
DE 30	30.0	30.0	30.0

GRAFICA DE TEMPERATURA DE CONFORT

Mes/Hora	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	Prom	
Enero	38.1	37.8	37.0	36.3	35.9	35.3	35.2	35.2	35.3	35.8	36.3	36.5	36.9	37.0	37.6	38.1	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4
Febrero	10.4	9.3	9.3	9.4	9.7	10.1	10.5	10.8	11.1	11.5	11.8	12.1	12.4	12.7	13.0	13.3	13.6	13.9	14.2	14.5	14.8	15.1	15.4	15.7	16.0	16.3
Marzo	12.7	11.5	10.5	9.8	9.4	9.2	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	11.0	11.1
Abril	13.8	12.8	11.8	11.3	10.9	10.6	11.2	12.2	13.8	15.7	18.6	21.7	24.3	26.0	26.6	26.4	25.8	24.7	23.3	21.7	19.1	17.2	15.5	14.0	12.5	11.0
Mayo	14.0	13.2	12.6	12.1	11.8	11.7	12.0	12.3	14.0	16.5	18.1	21.4	24.1	25.9	26.5	26.3	25.6	24.6	23.1	21.4	18.5	17.4	15.9	14.9	18.0	
Junio	13.6	13.2	12.8	12.4	12.3	12.2	12.4	12.9	13.6	14.6	16.7	19.8	22.4	24.0	24.6	24.4	23.8	22.8	21.5	19.8	18.0	16.1	14.8	13.7	17.2	
Julio	12.6	12.3	11.9	11.7	11.6	11.5	11.6	12.0	12.6	13.4	15.4	18.4	20.8	22.4	23.0	22.8	22.2	21.2	20.0	18.4	16.6	14.8	13.6	12.7	16.0	
Agosto	12.9	12.5	12.1	11.8	11.7	11.6	11.8	12.2	12.9	13.8	15.8	18.8	21.2	22.8	23.4	23.3	22.7	21.7	20.0	18.4	16.6	14.8	13.6	12.7	16.0	
Septiembre	11.7	11.0	10.5	10.1	9.9	9.8	10.0	10.7	11.6	12.9	15.0	17.8	20.2	21.8	22.3	22.1	21.5	20.6	19.4	17.8	16.3	14.5	13.4	12.9	15.7	
Octubre	10.2	9.6	9.3	9.3	9.7	10.2	10.7	11.6	12.9	15.0	17.8	20.2	21.8	22.3	22.1	21.5	20.6	19.4	17.8	16.3	14.5	13.4	12.9	15.7	15.1	
Noviembre	9.0	8.2	7.5	7.0	6.7	6.6	6.9	7.6	8.6	10.0	11.7	14.1	16.6	18.6	19.6	19.6	19.0	18.7	17.2	15.4	13.5	12.0	11.1	10.0	13.0	
Diciembre	11.9	11.1	10.5	10.0	9.7	9.6	9.9	10.7	11.9	13.3	15.7	18.7	20.2	22.8	23.4	23.2	22.6	21.0	20.3	18.7	17.0	15.1	13.6	12.7	15.6	

GRAFICA DE HUMEDAD DE CONFORT

Mes/Hora	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	Prom
Enero	63	66	69	71	72	72	71	68	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48
Febrero	57	50	62	64	65	65	64	61	58	53	47	43	36	36	35	35	36	38	40	42	45	48	52	55	53
Marzo	55	58	61	64	64	63	60	55	49	43	37	32	29	28	28	29	30	31	34	37	40	44	48	52	44
Abril	56	58	60	62	63	63	62	59	55	50	44	39	35	32	31	32	34	36	39	42	45	49	52	45	45
Mayo	66	71	74	77	78	78	77	73	67	58	50	42	35	31	29	30	31	34	37	41	46	51	57	62	51
Junio	72	76	75	80	81	81	80	77	73	67	61	56	51	48	47	47	48	50	53	55	59	62	66	69	61
Julio	81	85	85	89	90	90	89	87	84	80	74	68	63	59	58	58	59	60	62	64	66	68	70	72	66
Agosto	83	86	86	89	89	89	88	86	83	78	72	67	62	58	57	57	58	59	60	62	64	66	68	70	66
Septiembre	80	83	83	86	86	86	85	83	80	74	68	63	59	55	54	54	55	56	57	59	60	62	64	66	68
Octubre	74	77	80	82	83	83	82	79	75	69	63	58	53	50	49	49	50	51	52	54	56	58	61	65	69
Noviembre	73	79	83	86	87	87	86	83	78	72	67	62	57	54	53	53	54	55	57	61	64	68	71	75	68
Diciembre	70	74	77	78	78	78	77	75	71	64	56	50	44	40	38	38	39	41	43	46	49	54	59	65	57
Añal	69	73	76	78	78	78	75	69	63	56	50	45	41	40	41	42	44	47	50	54	58	62	66	66	57

APÉNDICE D. UNIDADES DE MEDICIÓN Y FACTORES DE CONVERSIÓN

UNIDADES DE MEDICIÓN

Para efecto de una mejor comprensión de los conceptos que se tratan en la presente investigación, es conveniente conocer las unidades básicas de medición que se utilizan con más frecuencia.

En nuestro país el Sistema Internacional (S. I.) es el más utilizado, y por ello se revisará de manera superficial las unidades más utilizadas en él. Así mismo es el caso de que algunas fórmulas y bibliografía están escritas en otros idiomas, por lo que se presentan las fórmulas de conversión más comunes, con el fin de manejar datos con las mismas unidades.

1.1 Unidades Fundamentales.

Sabemos que existen tres unidades fundamentales, de las cuales se derivan las restantes y que son las siguientes:

- Longitud = metro (m) Es la medida de una distancia.
- Masa = kilogramo (kg) La unidad de medida de un peso.
- Tiempo = segundo (s) El lapso de tiempo entre un acontecimiento y otro

1.2 Unidades Derivadas.

De las anteriores unidades fundamentales se deducen las siguientes:

- Velocidad = (m / s) Es el movimiento de longitud en una unidad de tiempo
- Aceleración = (m / s²) Variación de la velocidad por una unidad de tiempo.
- Fuerza = (N) Que puede ser imaginada como la aceleración en un cuerpo que tenga una masa, y que se llama "Newton" o también se puede expresar como $\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$
- Trabajo = (J) Expresado como la fuerza que actúa en una longitud (p.e. dando a un cuerpo de un kilo de masa una aceleración de 1 m / s, en un segundo en un metro de longitud) La unidad se puede deducir como la unidad de fuerza (N) multiplicada por la unidad de longitud (m) que daría como resultado $\text{N} \cdot \text{m}$ A esta unidad se le conoce con el nombre de "Julio" y se abrevia con la letra " J " de esta manera tenemos que:
 $\text{J} = \text{N} \cdot \text{m} ; \text{J} = (\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2) \cdot \text{m}$
- Energía = (Julio) Puesto que la energía potencial o la capacidad para realizar un trabajo se le mide en la misma unidad de trabajo, es decir en "Julios"
- Potencia = (Watt) La potencia es la capacidad para llevar a cabo un trabajo en una unidad de tiempo, por lo cual se mide en Julios por segundo, de esta manera tenemos: $\text{W} = \text{J} / \text{s}$
Llevar a cabo un trabajo en la unidad de tiempo representa la forma en que la energía se consume, esta misma unidad se utiliza para medir el flujo de energía (la tasa de consumo) en distintas situaciones, por lo tanto es conveniente conocer algunas de las equivalencias que corresponden a unidades con las mismas dimensiones físicas que el Watt.

FACTORES DE CONVERSIÓN

Longitud.			Energía:		
1 pie	=	0 304 8 m	1 KWh	=	3 600 KJ
1 pulgada	=	0 025 4 m	1 KWh	=	859 326 kcal
1 milla	=	1,609 344 m	1 KW	=	3 410 08 Btu
1 milla	=	1,609 34 km	1 KW	=	1 000 J / s
1 cm	=	0 393 700 pulgada	1 KW	=	14 319 7 cal / min
			1 W	=	238 662 cal / s
			1 W	=	3.6 KJ / h
Area:			1 W	=	0 05682 Btu / min
1 pie ²	=	0 09290304 m ²	1 W / m ²	=	0 0002390 cal / cm ² s
1 pulgada ²	=	0.00064516 m ²	1 W / m ²	=	0.31721 Btu / ft ² h
1 pulgada ²	=	6 451 6 cm ²	1 W / cm ²	=	31.721 Btu / ft ² h
1 milla ²	=	2 58998 km ²	1 W / cm ²	=	14 331 cal / cm ² min
			1 W	=	3.6 KJ / h
			1 W / ft ²	=	10 763 W / m ²
Volumen.			1 kcal	=	4,186 8 KJ
1 pulgada ³	=	6 451 6 cm ³	1 kcal	=	4 186.8 Joules
1 pulgada ³	=	0 000 645 m ³	1 kcal / h	=	1.163 W
1 pie ³	=	28 3168 lt	cal / cm ² min	=	0 069 732 KW / m ²
1 U.S. gal	=	3.7844 lt	cal / cm ² min	=	0 016 667 cal / cm ² seg
1 pie ³ / libra	=	0 062428 m ³ / kg	cal / cm ² min	=	13 272 Btu / ft ² h
1 cfm	=	0 471947 lt / s	Btu	=	1 055.06 Joules
			Btu	=	0.251 995 kcal
			Btu / h	=	0.293 071 W
Presión:			1 KJ / m ²	=	239.01 cal / m ²
1 psi*	=	6 894.757 3 newton/m ² (pascal)	1 KJ / m ²	=	0 088 11 Btu / ft ²
1 lbf / pie ²	=	47 880 259 newton/m ²	Temperatura:		
1 milibar	=	100 newton / m ²	1 °C	=	t * 9/5 + 32 °F
1 mm hg	=	133.322 newton / m ²	1 °C	=	t + 273 15 °K
1 psi*	=	68.947 573 milibares	1 °F	=	5/9 *(t - 32) °C
			1 °F	=	5/9 [(t - 32) +273 15] °K
			1 °K	=	t - 273.15 °C
			1 °K	=	9/5 [(t - 273 15) +32] °F

* psi = libras / pulgada²