

Proyecto arquitectónico de máxima eficiencia energética

Autor Responsable:
José Diego Morales Ramírez



Proyecto arquitectónico de **máxima eficiencia energética**



EQUIPO EDITORIAL

Coordinadora editorial
Erandi Casanueva Gachuz

Responsable de diseño editorial
Amaranta Aguilar Escalona

Edición
José Manuel Márquez Corona

Diseño editorial y formación
Sara Campos Díaz

Corrección de estilo
Mauro Alberto Mendoza Posadas

PAPIME PE 400516

Primera edición: 2019
D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria
Delegación Coyoacán C.P. 04510 México, Ciudad de México
Facultad de Arquitectura

ISBN: 978-607-30-1515-8

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio
sin autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Hecho en México

Contenido

5		Presentación
7		Prólogo
10		Introducción
13	La eficiencia energética en el contexto del programa arquitectónico	
17	Relación existente ser vivo-ambiente	
31	Arquitectura y clima	
55	Estrategias de diseño térmico	
67	Proceso de diseño térmico	
87	Conclusiones	
90	Anexo (gráficas y diagramas de confort)	
155		Referencias

Presentación

Este es el tercero de una serie de libros que, con el fin de garantizar su total difusión y fácil acceso, se decidieron editar en un formato digital para así, gracias a su absoluta disponibilidad, poder apoyar en su formación académica tanto a alumnos como docentes de nuestra Facultad.

Esta colección se caracteriza por ser un material didáctico con ejercicios, ejemplos, gráficos y diagramas claros y cuidados por especialistas en cada una de las áreas de nuestra Facultad, con los cual se pretende lograr una guía, una clase sin maestro, para alentar el desarrollo académico personal al valerse de la experiencia de los docentes a través de un diseño editorial amigable y atractivo para así romper una de las principales fronteras para el estudio de las disciplinas científicas concernientes a nuestra disciplina.

El libro de *Proyecto arquitectónico de máxima eficiencia energética* nos habla de la importancia de encontrar el balance justo entre modernidad en el diseño arquitectónico y eficiencia energética, pues en ocasiones la ambición estética rebasa las primicias de comodidad condicionadas por factores físicos como el medio ambiente.

Si bien un arquitecto es responsable de ofrecer un proyecto adecuado y congruente para cada usuario con respecto de sus posibilidades, costumbres y ubicación geográfica, a veces gana el valor plástico en la obra, por encima de los datos numéricos propios de cada punto geográfico.

Para esto, el doctor José Diego Morales nos muestra de dónde se pueden obtener estos datos, así como su implementación correcta en pro de los usuarios,

cuales quiera que estos sean pues también nos enfatiza que nuestro oficio no está limitado a proyectos destinados al uso de humanos sino para cualquier especie que lo necesite.

Es necesario conocer y hacer un uso correcto de la información recopilada por programas de libre acceso en internet y de software desarrollado por distintas universidades del mundo así como familiarizar al arquitecto, ya sea un estudiante o profesional, con el lenguaje y terminología indispensables para interpretar esta información, de clase física, climatológica e incluso, de radiación solar.

Debemos lograr que nuestros estudiantes hagan proyectos eficientes en relación costo-beneficio contemplando factores climáticos y de temperatura, resueltos de manera natural con los menos recursos mecánicos y tecnológicos posibles pues estos no se encuentran al alcance de todos. Como arquitectos debemos lograr condiciones óptimas de habitabilidad por parte de los ocupantes, así como una baja economía contemplando el uso de cada uno de los espacios. Es importante como arquitecto saber y considerar todos los fenómenos físicos que suceden a distintos niveles en el planeta pues estos afectan directamente el proyecto.

Marcos Mazari Hiriart

Prólogo

Un libro nuevo sobre los aspectos energéticos de la arquitectura siempre será bien recibido a causa de su contribución e importancia para la práctica de esta disciplina en el contexto de las relaciones del ser humano con su medio ambiente y los efectos del entorno climático. Tal es el caso de la obra que lleva por título *Proyecto arquitectónico de máxima eficiencia energética*, que nos presenta el doctor José Diego Morales Ramírez, ilustre profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. El doctor Morales ha realizado un notable trabajo interdisciplinario a lo largo de más de 30 años a través de numerosos proyectos de diseño bioclimático de edificios, los cuales han significado un rotundo éxito en su desarrollo y le han valido reconocimientos en su carrera académica y profesional.

Esta monografía de Diego Morales nos ofrece un panorama comprehensivo, y a la vez detallado, de la eficiencia energética en un proyecto arquitectónico, desde la concepción clásica de la energía por los antiguos practicantes de la arquitectura, hasta la consideración de su eficiencia de uso, cada día más frecuente en las aplicaciones de las edificaciones actuales en México. A lo largo de 5 capítulos más una introducción y conclusiones relevantes al tema de la energía eficiente, el autor nos ilustra los conceptos y definiciones que se deben tomar en cuenta para incluirlas en un proyecto que trascienda en la visión

arquitectónica funcional moderna. Así, partiendo de elementos aparentemente simples como los balances térmicos en el cuerpo humano sujeto a las influencias de su medio ambiente, el autor nos expone, con claridad y sencillez, todas las variables y propiedades que es necesario tomar en cuenta para un proyecto arquitectónico de máxima eficiencia energética, algo que no siempre se logra, sobre todo en la enseñanza de la arquitectura.

El análisis detallado del clima de un lugar específico se considera esencial para establecer la estrategia de climatización adecuada para el desarrollo del proyecto local. Para ello, el autor nos ofrece una definición exhaustiva del clima tomando la opinión de varios especialistas y desde diferentes perspectivas, en la que se consideran sus varios elementos tanto físicos como tradicionales, los cuales se establecen por la cultura de las agrupaciones sociales.

Al utilizar los principios de la ingeniería térmica, el autor establece procedimientos de cálculo que permiten detallar los aspectos que inciden en el confort de los ocupantes de un determinado proyecto arquitectónico. Así, numerosos ejemplos derivados de la vasta experiencia del autor en proyectos realizados en México, como el caso del Laboratorio de Energía Solar –hoy Instituto de Energías Renovables de la UNAM–, sirven para ilustrar detalles y aspectos poco conocidos en la práctica de la arquitectura.

El libro nos enseña las prácticas del diseño térmico que han elaborado los ingenieros de aire acondicionado y refrigeración, y lo complementa con

los conceptos esenciales para entender el comportamiento de los edificios afectados por el movimiento de la atmósfera, el cual es un tema poco tratado en los libros convencionales de diseño arquitectónico. Igualmente, la explicación de los efectos de la rotación de la tierra y de la radiación solar están ampliamente presentados desde la experiencia del autor como especialista en el aprovechamiento de la energía solar.

En suma, el libro que ahora tenemos en nuestras manos constituye una aportación valiosa para los estudiosos y practicantes de la arquitectura en sus aspectos energéticos con máxima eficiencia. Refleja sin duda una necesidad profesional para quienes se dedican a esta actividad constructiva y resultará de enorme utilidad para su desempeño productivo.

Jaime Cervantes de Gortari

Introducción

La eficiencia energética es un tema que, en México, pocas veces se incluye en los requerimientos de un programa arquitectónico a pesar de que el proceso para el desarrollo adecuado de un proyecto de este tipo, desde su conceptualización hasta la materialización del edificio, conlleva la intervención de una gran cantidad de especialidades que pueden ser atendidas, sin embargo, por un solo arquitecto en el caso de obras en pequeña escala, como es el caso de la vivienda unifamiliar. Cuando la escala del proyecto aumenta, incrementa proporcionalmente el número de participantes, así como la diversidad de especialistas requeridos según las características particulares de cada proyecto; en el caso de la eficiencia energética, su importancia ha quedado implícita en la variedad de especialidades que debería dominar un arquitecto para lograr un adecuado proyecto arquitectónico. Esta variedad de especialidades fue descrita hace más de dos mil años por el arquitecto romano Marco Vitruvio Polion: “Será instruido en las buenas letras, diestro en el dibujo, hábil en la geometría, inteligente en la óptica, instruido en la aritmética, versado en la historia, filósofo, médico, jurisconsulto y astrólogo” (Vitruvio, Polión S 1.)

Es prácticamente imposible que, en la actualidad, los arquitectos dominen todas las especialidades que refiere Vitruvio; por lo tanto, se fueron conformando grupos de especialistas en torno a cada tipo de proyecto. Sin embargo, la mayoría de los edificios construidos en nuestro país a partir de de la década de los cincuenta del siglo pasado no reflejan el resultado de este trabajo en equipo, ya que han seguido la influencia del llamado estilo internacional. Este tipo de edificios no

presentan la conformación de una envolvente arquitectónica que mantenga un balance adecuado de intercambio de calor con el medio de manera natural; la evidencia de esta afirmación se observa en el tipo de envolventes que presentan los edificios en la actualidad en nuestro país, pues la mayoría ostenta fachadas de cristal, por lo que reciben radiación solar de manera diferenciada durante el día y a lo largo del año sin contar con protecciones para estas ganancias de calor. Por lo tanto, requieren sistemas mecánicos de aire acondicionado que resuelvan las condiciones de comodidad de los usuarios, lo que implica un alto consumo de energía convencional de productos derivados de hidrocarburos, ya que aproximadamente 70% de la energía eléctrica en nuestro país –que es la que utilizan para su funcionamiento los sistemas de acondicionamiento de aire que mencionamos– se produce por termoeléctricas que utilizan diferentes tipos de hidrocarburos como combustible. Por lo tanto, este tipo de edificios contribuyen, por una parte, a la contaminación del medio ambiente y, por la otra, propician en los usuarios enfermedades broncorrespiratorias por exponerse a cambios bruscos de temperatura, ya que el aire acondicionado se mantiene a 22 °C de manera permanente, y si tomamos en cuenta que en un clima templado como el de la Ciudad de México la temperatura ambiente durante la primavera puede llegar a ser de hasta 32 °C, los usuarios se exponen a un cambio brusco de 10 °C al entrar o salir del edificio en esa época del año. En clima cálido-húmedo, estos sistemas de aire acondicionado pueden generar también otro tipo de enfermedades, por la formación de moho y bacterias debido a la condensación de la humedad que se llega a acumular en los ductos de estos sistemas. El tipo de envolvente descrito genera también problemas térmicos importantes hacia el exterior como consecuencia de la radiación solar reflejada por sus fachadas de



Torre Latinoamericana, edificio emblemático con envoltorio integral de cristal.
Ciudad de México. Mitad del siglo xx.
Rafael Carlos Guerrero

cristal que funcionan como espejos y provocan, por una parte, una incomodidad térmica a las personas que circulan en la calle cerca de estos edificios y, por la otra, pueden contribuir a generar accidentes viales por deslumbramiento a los automovilistas que circulan también alrededor de estos edificios.

En estas tendencias estilísticas, la arquitectura deja de cumplir su función primordial, puesto que este tipo de edificios requiere de aire acondicionado, que a su vez depende del suministro eléctrico; por lo tanto si llega a fallar, los usuarios quedan expuestos a condiciones inhabitables.

El objetivo del presente texto es proporcionar una guía metodológica para que se desarrollen proyectos arquitectónicos que generen condiciones adecuadas de habitabilidad ante las tendencias de la arquitectura actual en México; para ello, planteamos utilizar a favor las condiciones variables del clima relacionándolas con las propiedades térmicas y ópticas de los materiales de construcción con el fin de obtener edificios que mantengan un equilibrio térmico durante todo el año y puedan prescindir del uso de equipos mecánicos de aire acondicionado o, en el caso de climas extremos, lograr una disminución importante en la cantidad o potencia de estos equipos, de manera que se obtengan edificios confortables de máxima eficiencia energética.

Eficiencia energética

CONTEXTO DEL PROGRAMA ARQUITECTÓNICO



La máxima eficiencia energética en el desempeño térmico de una edificación se logra al incluir en el programa arquitectónico, por una parte, el análisis a detalle del clima donde estará ubicada la edificación y, por otra, analizando las propiedades térmicas y ópticas de los materiales que se utilizarán en su construcción; esto se hace con el fin de relacionar las condiciones cambiantes del clima durante el año con las propiedades de los materiales de construcción y para establecer las estrategias de aprovechamiento o protección que determinarán el tipo y la forma de la envolvente arquitectónica que interactúe con el clima de forma adecuada en cada caso.

Por regla general, la información climática que se acostumbra tener como referente para el desarrollo de un proyecto arquitectónico es la temperatura media promedio anual, los milímetros de lluvia que se acumulan a lo largo de un año y, en ocasiones, la dirección predominante del viento del sitio donde se ubicará la edificación. Si bien esta información da una idea general de las condiciones climáticas del lugar, no permite tener una visión integral de las variaciones de temperatura que se presentan a lo largo de un día de cada mes en un año prototipo del sitio donde estará ubicado el edificio; por lo tanto, es necesario recurrir a la información que proporciona el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), a través de las Normales Climatológicas disponibles en su página de internet. En este portal hay información climatológica proporcionada por estaciones del SMN, ubi-

cadadas en varios de los municipios de los estados de la república mexicana y de varias colonias de las 16 alcaldías de la Ciudad de México. La información climatológica de cada una de estas estaciones corresponde a la temperatura máxima promedio, la temperatura media, la temperatura mínima promedio, así como las temperaturas extremas máximas y mínimas durante un período de 60 años, desde 1951 hasta el 2010. La información anterior se debe procesar en programas, como el desarrollado por el doctor Adalberto Tejeda de la Universidad Veracruzana, para obtener temperaturas y humedades relativas horarias que representan las condiciones de un año prototipo del lugar donde se encuentre la estación meteorológica.

Además de ello, hay que consultar la información de la velocidad y dirección del viento, que es una variable climatológica que no está disponible en el Sistema Meteorológico Nacional, por lo que es necesario recurrir a otras fuentes de información, como el programa METENORM para conseguir, por lo menos, la dirección y velocidad dominantes para la zona de estudio. Finalmente, para los fines de establecer una estrategia de eficiencia energética en un proyecto arquitectónico, se requiere la información de la radiación solar del sitio donde estará ubicada la edificación; esta variable climatológica se ha empezado a registrar desde el año 2000, en varias estaciones del SMN; sin embargo, sólo a partir del año 2015 se puede considerar confiable la información registrada por el doctor Mauro Valdés del Instituto de

Geofísica de la UNAM, la cual se basa en la revisión que él ha llevado a cabo para verificar que tanto la instalación como la calibración de los equipos sean las adecuadas. Como alternativa para obtener información de radiación solar, se puede recurrir a los mapas de irradiación solar de la república mexicana, desarrollados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, y procesar esta información en un programa como el desarrollado por el arquitecto Gabriel Balderas Romero de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por medio del cual se puede obtener información horaria de radiación solar del mes que se haya elegido para analizar su impacto en la envolvente del edificio que se esté proyectando. Otra información relevante que se obtiene con el programa del arquitecto Balderas es la posición del sol en hora solar verdadera –respecto de la hora civil– del sitio donde estará ubicado el edificio; de esta manera se puede calcular de manera horaria la ganancia de calor en cada zona del edificio que reciba radiación solar durante el día.

Las cuatro variables climatológicas analizadas arriba se deben relacionar tanto con las propiedades térmicas como con las propiedades ópticas de los materiales de construcción del edificio; la conductividad térmica (k) y el calor específico (C_p) son las propiedades térmicas a tener en cuenta, mientras que la absorptancia (α), la emitancia (ε) y la transmitancia (τ) son las propiedades ópticas; de estas últimas sólo las dos primeras se toman en cuenta para los materiales opacos (muros y cubierta) del edi-

ficio, mientras que para los materiales translúcidos (ventanas y domos) se toman en cuenta las tres. En los siguientes capítulos, se analizará a detalle la intervención de cada una de estas propiedades, en el desempeño térmico que se obtendrá para el proyecto de envolvente que resulte de este análisis.

El programa arquitectónico, por otra parte, como producto de una construcción social de lo espacial habitable, consta de una relación muy amplia de requerimientos por parte de los usuarios de acuerdo con el género de edificio de que se trate; sin embargo, para los fines de la eficiencia energética, se deben considerar tres aspectos del programa que tienen relación directa con ésta:

- 1. Actividad de los ocupantes y condiciones de comodidad** pues los rangos de comodidad varían en relación con la adaptabilidad que han obtenido los habitantes de las distintas regiones geográficas; en el capítulo 3 se tratará a detalle este tema. Hay que tomar en cuenta que el género de edificio determina el nivel de actividad de los usuarios y dependiendo de ésta se generará una determinada cantidad de calor al interior de la edificación en caso de que los usuarios sean humanos. Un arquitecto debe estar preparado para proyectar espacios confortables para cualquier especie animal (zoológicos o granjas, establos, porquerizas, etcétera), por lo que es necesario considerar que cada especie animal requiere condiciones

de temperatura y humedad distintas (como las especies de sangre fría que no generan calor al ambiente); sucede algo similar cuando se proyectan espacios confortables para especies vegetales (viveros o huertos rurales y urbanos), pues cada especie de ornato o comestible requiere condiciones específicas de temperatura y humedad para su desarrollo óptimo.

2. **Tipo y horario de uso de la edificación** para que las condiciones de comodidad térmica de los usuarios se centren en los horarios de uso de la edificación.
3. **Ubicación y topografía del predio**, lo cual determinará la estrategia de diseño de la envolvente del edificio en relación con la radiación solar y el viento dominante que estén disponibles de acuerdo con las condiciones topográficas en cada caso.

Relación existente

SER VIVO-AMBIENTE



La creación de un ambiente térmico cómodo es uno de los parámetros más importantes a considerar cuando se proyectan edificios, pues una edificación podría pasar a la categoría de escultura en el mejor de los casos (es decir, que se admira por fuera) por no contar con condiciones de habitabilidad.

La norma ISO 7730 define como comodidad térmica «aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico»; aunque esta definición puede satisfacer a la mayoría de la gente es una definición que no es fácil de convertir en parámetros físicos. Una definición más apropiada que tome en cuenta los procesos metabólicos de los humanos es la siguiente:

“El cuerpo humano es, entre otras cosas, un almacén de calor, mismo que se necesita perder constantemente y a una rapidez determinada y fijada por el metabolismo de cada persona, que permita mantener la temperatura corporal interna entre 36.5 y 37.5 °C con el mínimo esfuerzo, y permita el desarrollo del trabajo fisiológico en óptimas condiciones”.

El metabolismo se suele medir en unidades generadas por la American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) denominadas Met, la unidad base (1 Met), corresponde al nivel de actividad de una persona sedentaria y equivale a una pérdida de calor de 58.2 W/m² de superficie corporal. Un adulto normal tiene una superficie de piel de 1.7 m² en promedio, de manera que una persona en reposo pierde aproximadamente cien watts.

ACTIVIDAD	w/m ²	MET
Descansando		
Durmiendo	40	0.7
Reclinado	45	0.8
Sentado, quieto	60	1.0
Parado, relajado	70	1.2
Caminando sobre el nivel		
0.89 m/s	115	2.0
1.34 m/s	150	2.6
1.79 m/s	220	3.8
Actividades de oficina		
Leyendo, sentado	55	1.0
Escribiendo	60	1.0
Escribiendo a máquina	65	1.1
Caminando en el mismo espacio	100	1.7
Acomodar paquetes	120	2.1
Actividades diversas		
Cocinar	95-115	1.6-2.0
Limpieza de la casa	115-200	2.0-3.4
Movimiento pesado	130	2.2
Trabajo de máquina	105	1.8
Trabajo mecánico	130	2.2
Industria eléctrica		
Trabajo ligero	115-140	2.0-2.4
Trabajo pesado	235	4.0

Cargando bolsas de 50 Kg	235	4.0
Trabajo de recoger y palear	235-280	4.0-4.8
Actividades sociales		
Baile social	140-255	2.4-4.4
Ejercicios de calistenia	175-235	3.0-4.0
Tenis	210-270	3.6-4.0
Básquetbol	290-440	5.0-7.6
Competencia de lucha libre	410-505	7.0-8.72

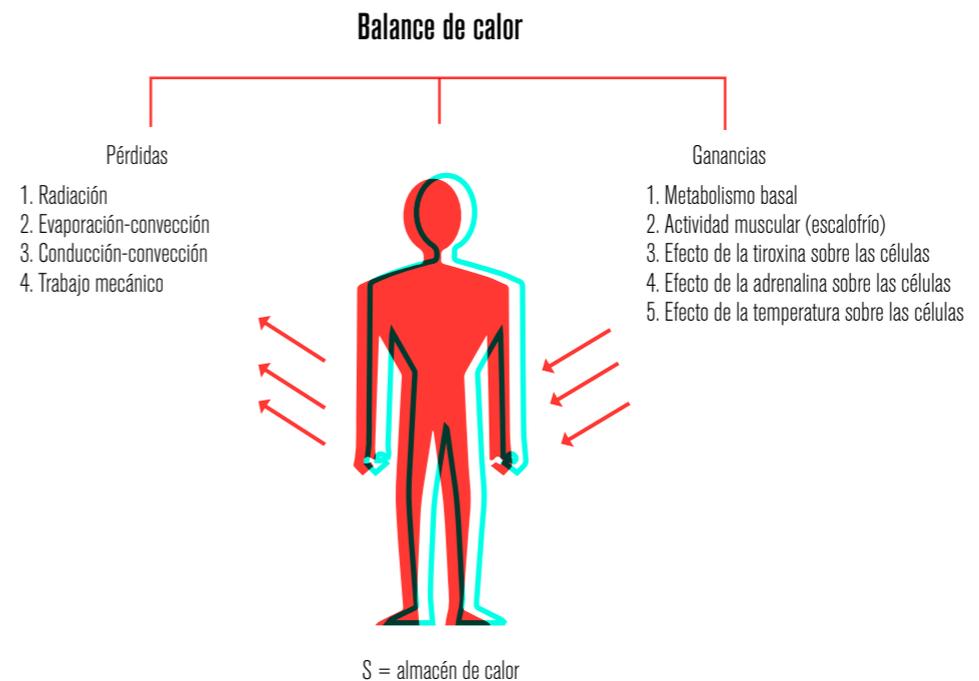
Niveles metabólicos. Fuente ASHRAE Hanbook Fundamentals 1985

Nuestro metabolismo está al mínimo mientras dormimos (0.7 Met) y se incrementa al máximo durante actividades deportivas, en las que puede superar los 10 Met. La tabla 1 muestra niveles metabólicos de diferentes actividades. Así, por ejemplo, se suele emplear entre un nivel metabólico de 1.2 Met, correspondiente a un trabajo normal de oficina, mientras que el trabajo doméstico es una actividad bastante intensa, con niveles de 2.5 a 2.9 Met.

La comodidad térmica para los usuarios de los edificios se obtiene cuando se logra un equilibrio entre las ganancias y las pérdidas de calor. En la siguiente imagen se muestran los conceptos involucrados.

Ganancias de calor

Las ganancias de calor comienzan con la condición de metabolismo basal (1), con una ganancia de calor que en la tabla se redondea a 60 W/m²; con base en esta información se observa que, independientemente de la actividad que se desarrolle, el humano siempre está generando calor y la única posibilidad de que esto cese es cuando muere. Por lo tanto, estas ganancias de calor se deben tomar en cuenta en la realización de un balance de calor



Balance de calor en el cuerpo humano.
Fuente: Notas del Curso de Actualización en Energía Solar.

en la edificación considerando las actividades que desarrollarán los usuarios dentro de ella, para determinar la cantidad total de calor generada al interior del edificio por este concepto.

La imagen anterior muestra a una persona desnuda; sólo tiene su propia piel como protección a las condiciones del ambiente. El siguiente concepto de ganancias de calor, actividad muscular plantea el efecto de una actividad muscular que varía desde que la persona se pone de pie y empieza a caminar, hasta actividades deportivas intensas, como jugar basquetbol o practicar lucha libre; todo esto se debe tomar en cuenta, como se mencionó antes, en las ganancias de calor al interior del edificio de acuerdo con el género de que se trate en cada caso.

A la vez, el término escalofrío –que se agrega a este mecanismo de ganancia de calor en la imagen anterior– se refiere a las condiciones del ambiente en las cuales una persona sin ropa experimentará una reacción orgánica generada por el hipotálamo (región del encéfalo donde se centra la regulación térmica); dicha reacción protege a los órganos internos del cuerpo, de tal manera que si la temperatura ambiente empieza a descender por debajo de la comodidad, la primer reacción del organismo es la de cerrar los poros superficiales de la piel (vasoconstricción), si la temperatura sigue bajando, se genera una segunda reacción en la que el cuerpo comienza a temblar de manera involuntaria (escalofrío). Por lo tanto, el organismo se esfuerza en contrarrestar las condiciones del ambiente y deja de estar en comodidad térmica.

El tercer concepto de ganancia de calor, efecto de la tiroxina sobre las células, se refiere al proceso de digestión del organismo que se lleva a cabo durante la hora de la comida, generalmente entre las dos y tres de la tarde, que corresponde a la comida principal entre los latinos; ese período del día corresponde también a la hora de máxima temperatura, por lo que es importante tomar en cuenta las ganancias de calor en los lugares donde normalmente se llevan a cabo estas actividades.

El cuarto concepto se relaciona con el estado de tensión nerviosa de la persona, que genera la reacción de la adrenalina en el organismo cuando se está en una situación de estrés intenso; de esa manera, la persona que esté en esas condiciones puede empezar a sudar mientras el resto de los usuarios del edificio están en condiciones de comodidad térmica.

Los cuatro conceptos anteriores están relacionados con procesos orgánicos internos, dependientes de las diversas actividades que llevan a cabo las personas a lo largo del día y del estado de tensión al que puedan estar sometidos en un momento dado; el quinto concepto difiere de los anteriores en que se refiere a la temperatura interior del edificio. Este último concepto, el efecto de la temperatura sobre las células, se debe tener bajo control en los proyectos de edificación, de manera que una vez concluidas las construcciones no se lleguen a tener temperaturas superiores a la media superficial del cuerpo humano, la cual es, aproximadamente, de 34.5 °C.

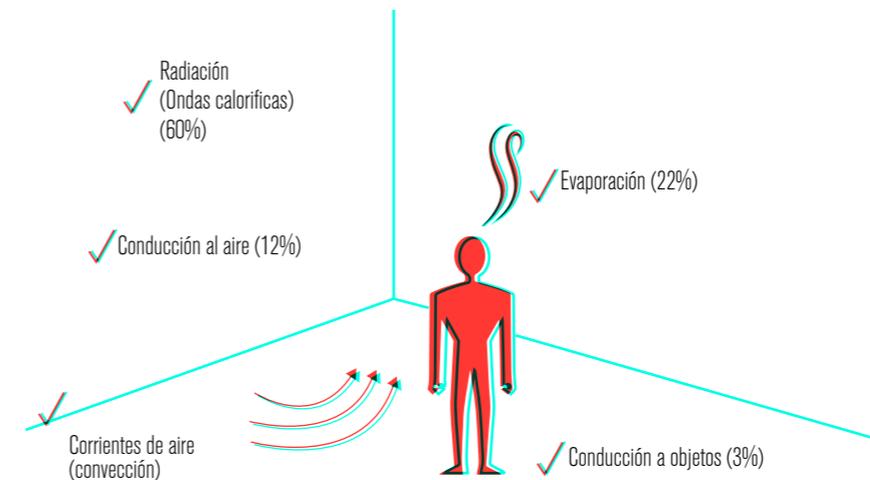
Pérdidas de calor

Los mecanismos que producen ganancias de calor se contrarrestan con los que ocasionan pérdida de calor. El primero es el que se genera por radiación. El cuerpo humano emite calor por medio de ondas electromagnéticas (radiación infrarroja de onda larga) en todas direcciones; para que puedan ser absorbidas por los alrededores del sitio en el que esté ubicada la persona, la temperatura media radiante de éstos debe estar por debajo de la temperatura media superficial del cuerpo humano, ya que así como éste emite calor por radiación infrarroja de onda larga, también absorbe este mismo tipo de radiación, que proviene de las paredes y de otros cuerpos y objetos vecinos que tengan una temperatura radiante mayor a la del cuerpo humano.

El siguiente mecanismo de pérdida de calor es por evaporación. Cuando el agua se evapora de la superficie corporal se pierden 0.58 kilocalorías (Kcal) por cada gramo de agua evaporada; el agua se evapora insensiblemente de la piel y los pulmones al respirar, lo que provoca una pérdida continua de calor del orden de 12 a 18 Kcal por hora. Esta evaporación insensible de agua no se puede controlar para regular la temperatura del cuerpo, pero la pérdida de calor por evaporación se puede moderar regulando la intensidad del sudor, como se verá posteriormente.

Por otra parte, la pérdida de calor por conducción hacia el aire representa una porción considerable de calor perdido por el cuerpo, incluso en condiciones normales. El movimiento vibra-

torio de las moléculas de la piel puede aumentar el movimiento de las moléculas del aire que entran en contacto directo con ella. Sin embargo, una vez que la temperatura del aire que está en contacto con la piel resulta igual a la temperatura de ésta, ya no hay intercambio de calor desde el cuerpo hacia el aire por lo que la conducción del cuerpo al aire termina automáticamente. Esto es así a menos que el cuerpo se desplace, de manera que aire nuevo, que no está calentado, entre constantemente en contacto con la piel, de tal manera que se presenta el fenómeno de convección. En la siguiente imagen se representa a una persona desnuda en una habitación con condiciones de comodidad térmica, en la que, sin corrientes de aire, pierde aproximadamente el 12 % de su calor por conducción.



Mecanismos de pérdida de calor.
Fuente: Notas del Curso de Actualización en Energía Solar.

Cuando el cuerpo queda expuesto al viento, la capa de aire que se encuentra más próxima a la piel es sustituida por aire nuevo mucho más rápidamente que en condiciones normales; por lo tanto, aumenta en forma proporcional la pérdida de calor por convección. El efecto de enfriamiento del viento a baja velocidad es aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad de éste, por ejemplo: un viento de 6 km/h es dos veces más eficaz para enfriar que un viento de 1.5 km/h. Sin embargo, cuando la velocidad del viento pasa de unos cuantos kilómetros por hora ya no se produce enfriamiento adicional independientemente de la velocidad, pues el viento ha enfriado ya la piel hasta la temperatura del propio aire. Por lo contrario, la velocidad con la cual el calor puede pasar de la parte central del cuerpo a la piel se convierte en el factor que rige la rapidez con la cual puede perderse calor.

Cuando la temperatura del medio es mayor que la de la piel, en lugar de perder calor, el cuerpo lo gana por radiación y conducción procedente del medio circunvecino. En tales circunstancias, el único medio por virtud del cual el cuerpo puede perder calor es la evaporación.

El clima húmedo tiene influencia sobre la pérdida de calor por evaporación. Los días de verano calientes y húmedos son muy molestos debido a que el sudor corre por la superficie corporal más profusamente que en estado normal; esto ocurre porque el aire ya está humedecido casi hasta la saturación, por lo que la

intensidad de evaporación puede estar disminuida considerablemente o totalmente anulada, de manera que el sudor secretado persiste en estado líquido. Así, la temperatura del cuerpo se acerca a la temperatura del ambiente o se eleva por encima de ella a pesar de que el cuerpo siga sudando. La contribución de la convección en la pérdida de calor del cuerpo humano, por lo tanto, requiere que las condiciones del ambiente estén, en el caso de la conducción, por debajo de la temperatura media del cuerpo humano, que de acuerdo con los hermanos Olgyay debe ser de 30 °C como máximo; y en el caso de la evaporación la humedad relativa debe estar entre 20 y 80 % como máximo.¹

La falta de movimiento del aire y el enfriamiento eficaz por conducción de calor hacia el aire evitan la evaporación. En este sentido se debe tomar en cuenta que los vestidos aprisionan capas de aire junto a la piel y en la textura de la ropa, por lo que aumenta el espesor de la zona aislada y disminuyen las corrientes de convección. Como consecuencia, la intensidad de pérdida calorífica del cuerpo por conducción disminuye de manera considerable. Probablemente se pierda, aproximadamente, la mitad del calor transmitido desde la piel a los vestidos por la radiación que estos reciben, en lugar de que ese calor se transmita a través de los espacios pequeños que quedan entre la piel y los vestidos. La eficacia del vestido para evitar la pérdida de calor

¹ Víctor y Aladar Olgyay, *Solar Control and Shading Devices*, Connecticut: The Meriden Gravure Company, 20.

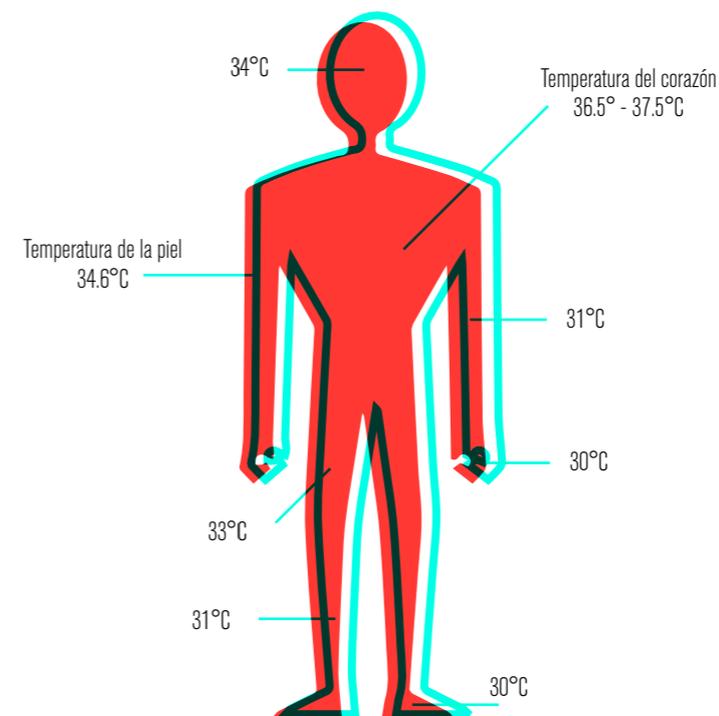
desaparece casi completamente cuando el tejido de la ropa se humedece, pues el aire aprisionado actúa como aislante; de hecho, los intersticios del vestido quedan llenos de agua que, como consecuencia de su elevada conductividad para el calor, aumenta la intensidad de la transmisión calorífica 20 veces o más que si la ropa permanece seca.

El vestido que es permeable para la humedad permite una pérdida casi normal de calor por el cuerpo gracias a la evaporación. Cuando hay producción de sudor, este puede empapar el vestido y se produce la evaporación no en la piel, sino en la superficie del vestido; como consecuencia, se produce enfriamiento tanto en el vestido como en la piel. El límite inferior de la temperatura a la cual puede llegar el vestido es la temperatura de bulbo húmedo del aire atmosférico; en zonas desérticas esta temperatura está muy por debajo de la temperatura de bulbo seco del ambiente.

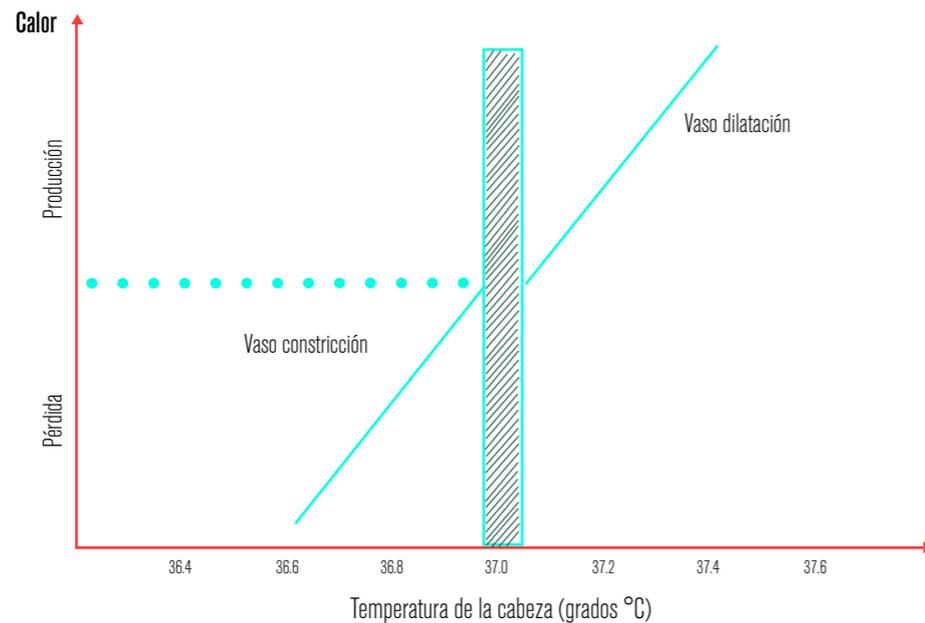
Por otra parte, la temperatura del organismo se conserva gracias a un centro de regulación situado en el hipotálamo que mantiene la temperatura entre los límites de 36.5 y 37.5 grados centígrados en forma indefinida en un medio variante que va desde los 15.5 hasta los 55 grados centígrados. La piel, el tejido subcutáneo y, especialmente, la grasa de los tejidos subcutáneos son aislantes eficaces para conservar el calor del cuerpo que se produce en las partes más profundas del organismo. En la superficie exterior de la piel, el cuerpo humano presenta diferentes

magnitudes de temperatura según la región del cuerpo que se trate, tal como puede observarse en la siguiente imagen.

Cuando el cuerpo se calienta excesivamente, se secretan grandes cantidades de sudor hacia la superficie de la piel a través de las glándulas sudoríparas con el fin de permitir un rápido enfriamiento por evaporación corporal, como lo muestra la imagen de la página siguiente, en la que la curva continua muestra que casi a la temperatura de 37 grados empieza la sudoración y aumenta rápidamente cuando la temperatura se eleva.



Temperatura en algunas regiones del cuerpo humano.
Fuente: Notas del Curso de Actualización en Energía Solar.



Pérdida de calor por evaporación contra producción de calor.
Fuente: Notas del Curso de Actualización en Energía Solar.

Por otra parte, el sudor cesa a cualquier temperatura por debajo de este valor crítico. A cualquier temperatura debajo de 37 grados centígrados se activan intensamente diversos mecanismos que aumentan la producción de calor; especialmente se incrementa la actividad muscular que culmina en escalofríos según lo muestra la curva discontinua. Además del mecanismo termostático para el control de la temperatura corporal, el cuerpo tiene otro mecanismo destinado al mismo fin y más potente todavía: el control de la conducta del individuo en relación con la temperatura. Este puede explicarse de la siguiente manera: siempre que la temperatura se eleva demasiado, señales que pro-

vienen del área preóptica del encéfalo proporcionan la sensación psíquica de un exceso de calor.

Cuando el cuerpo se enfría demasiado, señales provenientes de la piel y posiblemente de otros receptores nerviosos periféricos provocan la sensación de frío molesto. Por lo anterior, la persona efectúa ajustes adecuados al ambiente para restablecer su sensación de bienestar y comodidad. Este, generalmente, conlleva a la disminución de la productividad del individuo, razón por la cual es importante tratar de lograr las condiciones de comodidad térmica dentro de las habitaciones.

Los tipos evidentes de ajustes de conducta incluyen la selección de vestidos, el desplazamiento del cuerpo hacia un ambiente diferente, el aumento de calor o frío proporcionado por calentadores adecuados o por acondicionamiento de aire, entre otros.

Se puede resumir lo hasta aquí expuesto diciendo que las variables que determinan la comodidad térmica pueden englobarse en dos grupos. El primero lo constituyen las condiciones ambientales que incluyen la temperatura del aire (bulbo seco), la humedad del aire (o bien, la temperatura de bulbo húmedo del aire), la velocidad del aire, la radiación solar y la radiación infrarroja procedente de cuerpos y objetos vecinos. Estos parámetros se pueden modificar en la interrelación de la edificación con el ambiente, de tal forma que las condiciones del interior (microclima) sean más agradables (o, en el peor de los casos,

menos agresivas) para el cuerpo humano que las condiciones ambientales exteriores del edificio. Estos factores son los que se modulan en una construcción de máxima eficiencia energética.

El segundo grupo de variables lo forman el vestido con el que se cubren los ocupantes y las variables que determinan el metabolismo, como la edad, el peso, la complejión, la actividad, etcétera.

Por su parte, las condiciones de comodidad térmica dependen de las variables del ambiente (temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación incidente), las cuales se describirán a detalle en el siguiente capítulo.

TE	Sensación Ambiental	Sensación Física	Respuesta Física	Estado de Salud
	Temperatura	Comodidad		
	Límite de tolerancia		Calentamiento del cuerpo	Colapso circulatorio
40 °C	Muy caliente	Muy incómodo	Problemas de regulación	Aumento de peligro por insolación
35 °C	Caliente		Aumento de tensión causada por sudoración y flujo sanguíneo	Perturbación cardiovascular
30 °C	Templado	Incómodo		

	Ligeramente templado		Regulación normal por sudoración y cambio vascular	
25 °C	Neutral	Cómodo	Regulación vascular	Salud normal
20 °C	Ligeramente fresco			
		Ligeramente incómodo	Aumento de pérdida de calor seco	
15 °C	fresco			
	frío			Aumento de molestia al secarse las mucosas y la piel
10 °C	Muy frío	Incómodo	Vaso contracción en manos y pies estremecimiento	Dolor muscular y deterioro de circulación periférica

Respuestas térmicas en el cuerpo humano.²

² ASHRAE, *Handbook Fundamentals* 1977, 30.

Los métodos para determinar las condiciones de comodidad térmica, según la referencia que data de 1996³, se desarrollaron desde finales del siglo antepasado, y a partir de estos se implementaron normas o sugerencias de valores de los parámetros de clima dentro de los cuales el humano siente comodidad. La comodidad en la Gran Bretaña está definida entre 14.4 y 21.1 grados centígrados en la temperatura del aire en contacto con el cuerpo humano (58 a 70 grados Fahrenheit); en los Estados Unidos de América, entre 20.5 y 26.7 grados centígrados (69 a 80 grados Fahrenheit) y en los trópicos, de acuerdo con B. Givoni, entre 22 y 28 grados centígrados (72 a 83 grados Fahrenheit) con humedades relativas entre 30 y 70 %. Estas especificaciones de temperatura y humedad que determinan la zona de comodidad pueden verse modificadas por:

- La presencia de viento, con la cual el mecanismo de transferencia de calor por convección se incrementa.
- La incidencia de radiación, con la cual se dificulta la salida de calor del cuerpo humano.
- La ocurrencia de enfriamiento evaporativo en el aire que entrará en contacto con el cuerpo humano, la cual aumenta la salida de calor de este.

³ Sámano, D. A., Morales J. D, México: *Notas del curso de actualización en energía solar*, I.I.M.-C.C.H.-UNAM, 1996, 229.

- La salida de radiación infrarroja del cuerpo humano debida a superficies frías que lo circundan, la cual favorece la salida de calor de este.
- La modificación de la temperatura del aire que entrará en contacto con el cuerpo humano debida a la transferencia de calor por convección con materiales que conforman el medio ambiente y que son capaces de almacenar calor de manera sensible (estos materiales pueden ser los materiales de construcción del edificio).

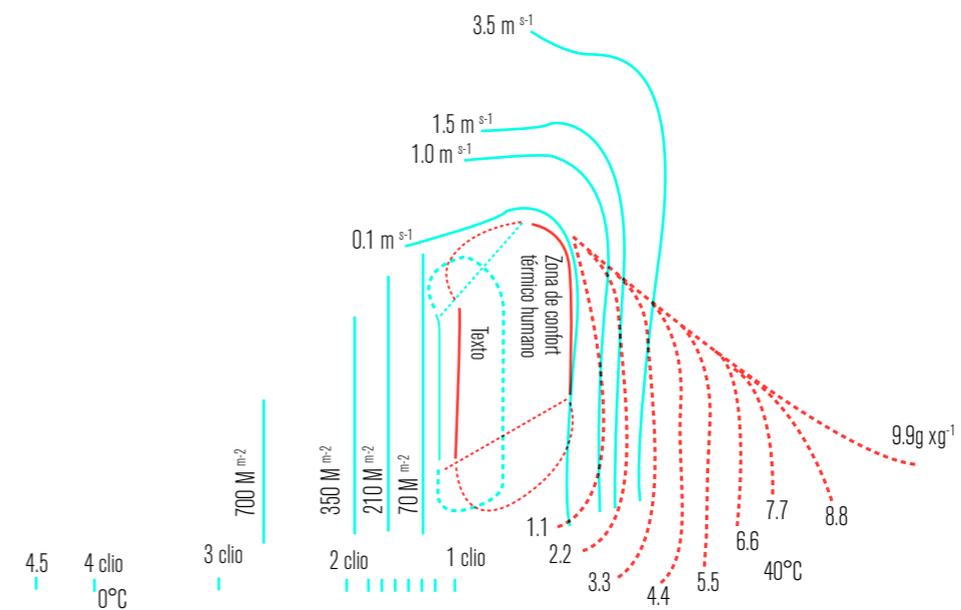


Diagrama bioclimático de Olgay.⁴

⁴ Sámano, D. A., Morales J. D, *Aspectos bioclimáticos*, 230.

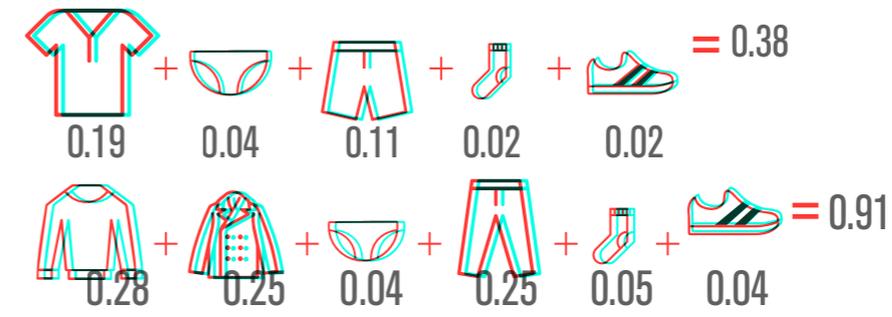
Los conceptos numerados anteriormente son de suma importancia para fijar las estrategias de diseño térmico de una edificación. Algunos investigadores han graficado estos criterios en diagramas psicrométricos con el fin de obtener una presentación con la que es más sencillo trabajar cuando no se está familiarizado con los procesos físicos involucrados en los fenómenos de transferencia de calor, que ocurren en el cuerpo humano y en la edificación.

En el diagrama anterior se observa la zona de confort térmico humano, que presenta dos fases debido a la aclimatación de los habitantes de una región determinada, a las temporadas de verano e invierno respectivamente; en este sentido Auliciems desarrolló una ecuación que toma en cuenta esta variación de temperatura de confort (T_n), en función de la temperatura media promedio mensual (t_e) de la época del año en la que se pretenda obtener dicho rango, la ecuación queda entonces planteada de la siguiente manera:

$$T_n = (17.6 + 0.31 t_e) \pm 3.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por otra parte se comentó que la ropa reduce la pérdida de calor del cuerpo, por lo que esta se clasifica según su valor de aislamiento. La unidad normalmente usada para medir el aislamiento de ropa es la unidad Clo, también se utiliza la unidad más técnica de $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$ ($1 \text{ Clo} = 0.155 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$). La escala Clo se ha dise-

ñado para que una persona desnuda tenga un valor de 0.0 Clo, y alguien vestido con un traje típico de negocio tenga un de valor de 1.0 Clo. El valor Clo se puede calcular si se conoce la vestimenta de las personas y los valores Clo de cada una de las prendas y luego se suman simplemente los valores de cada una.



Estimación del nivel de ropa Clo, Fuente ASHRAE Handbook Fundamentals 1972.

El resumen de los aspectos analizados en la relación humano-amiente se presentan a continuación, en las siguientes tablas.

Comodidad térmica del humano	Parámetros
	Temperatura media radiante
	Velocidad del aire
	Humedad relativa
	Nivel de actividad
Resistencia térmica de la ropa	

Sistema termo-regulatorio del humano

Órgano regulador hipotálamo	
Zona de termoneutralidad*	Temperatura constante 36.5 a 37.5 °C
Zona de hipotermia**	Temperatura mínima de 15.5 °C
Zona de hipertermia**	Temperatura máxima de 55 °C

*temperatura interna del cuerpo humano

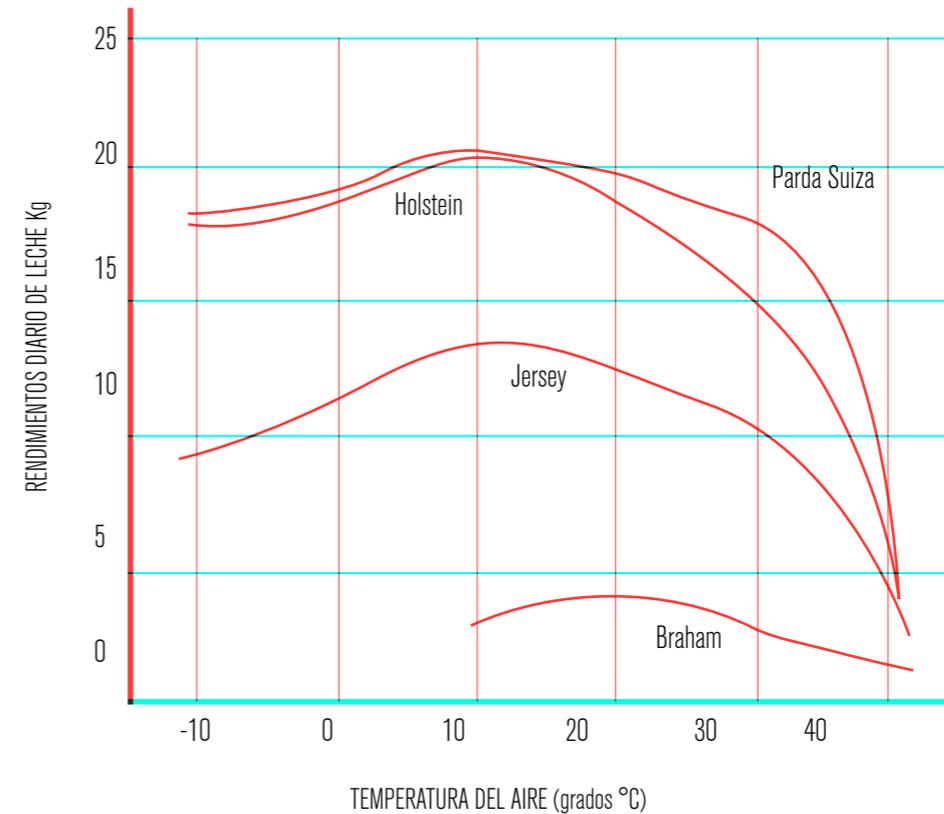
**temperatura del ambiente

Los datos de esta tabla se refieren al cuerpo humano desnudo.
Fuente: notas del curso de actualización en energía solar.

Arquitectura más allá de lo humano

En el título del presente capítulo se plantea la relación entre el ser vivo y el ambiente, debido a que, como arquitectos, no sólo diseñamos envolventes para las diferentes actividades del humano, sino que es posible que se tengan proyectos en los que los usuarios sean otro tipo de seres vivos, como animales o plantas. En este sentido, un ganadero o un granjero estarían muy interesados en que se pudieran diseñar instalaciones para sus animales, de manera que tuvieran condiciones de comodidad térmica en cada caso, para que se desarrollen de manera óptima y con el mínimo gasto de energía.

En la gráfica siguiente se presenta un ejemplo de condiciones de comodidad para ganado vacuno; en él se observa que las vacas suizas, que producen la mayor cantidad de litros de leche

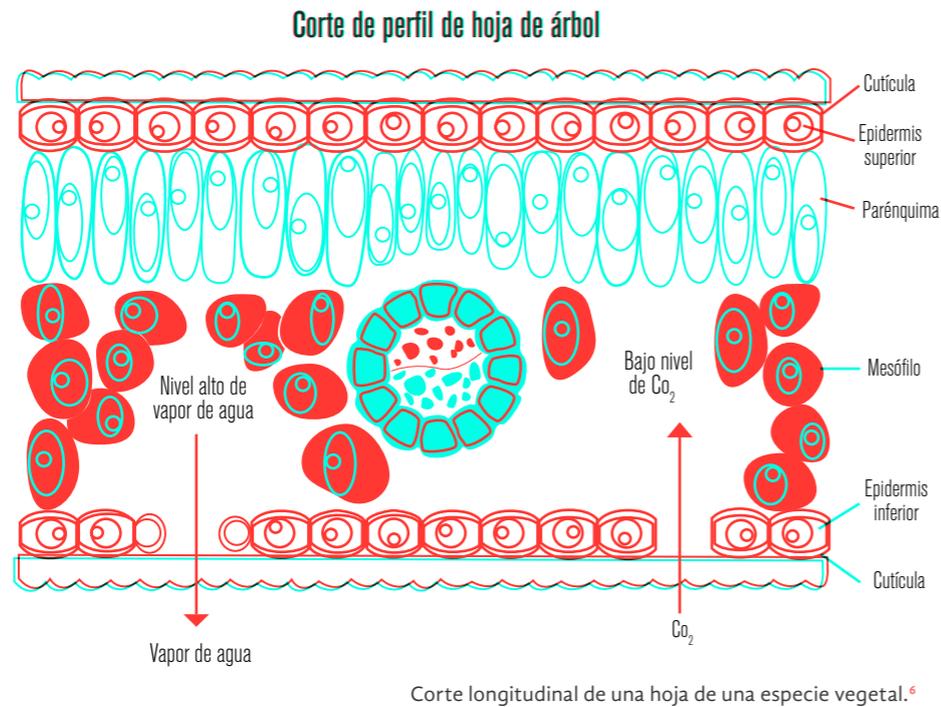


Efecto de la temperatura del aire en la producción de leche de vacas lecheras.⁵

al día, están acostumbradas a temperaturas bajas, por lo que producen más cuando están en ambientes de 10 °C.

Por otra parte, en el caso de las plantas, también se tiene condiciones muy diferentes de rangos de temperatura y humedad ideales para el desarrollo de cada especie.

⁵ Lobato, R. y otros. "Interrelación térmica animal/planta-medio ambiente y su impacto en la producción" en *Heliorquitectura Agropecuaria*, Curso de Actualización, Morelia: Asociación Nacional de Energía Solar, 1989, 6.



En la figura anterior se observan las estomas de una hoja, que permiten la transpiración (pérdida de agua por evaporación) en las plantas, necesaria para que se efectúe el intercambio gaseoso entre el CO₂ y el O₂.

Las estomas están en la cara inferior de las hojas, pero debido a que las plantas no pueden cerrar estas estomas en invierno, el mecanismo de protección que desarrollaron estas especies vegetales fue el de tirar todas sus hojas durante el otoño, para que

⁶ Raven, Peter H. y otros. *Biología de las Plantas*. Reverte. 1992. Capítulo 22, Pág. 427, figura 20-20 (sección transversal de una hoja de adelfa, *Nerium olander*).

no les afecte el frío del invierno. Cada especie vegetal requiere condiciones muy específicas para su desarrollo óptimo.

A continuación, se presentan dos ejemplos de especies de ornato:



Aralia Japonesa (nombre científico *Fatsia japónica*)
requerimientos para su óptimo desarrollo:



Temperatura: 13 a 16 °C durante el día y 4 a 7 °C durante la noche.



Luz: brillante a moderada e indirecta para interiores, con orientación hacia el Este, Oeste o Sur. Crece bien bajo luz artificial; necesita 14 a 16 horas luz por día.



Humedad: poca, pero continua, humedad relativa de 40 a 50 %.



Aspidistra (nombre científico: *Aspidistra elatior*)
requerimientos para su óptimo desarrollo:



Temperatura: 21 °C durante el día y 10 a 18 °C durante la noche.



Luz: Necesita buena a moderada luz, pero no sol; en exteriores desarrolla bien en lugares tibios y sombreados. Desarrolla bien bajo luz artificial. Necesita 14 horas diarias.



Humedad: 30 a 35 % de humedad relativa.

En estos dos últimos casos, los comerciantes de arreglos florales estarían interesados en contar con productos que tengan una óptima presentación y se mantengan por un período de tiempo mayor en buenas condiciones una vez que hayan sido cortadas.

Como ejemplo de un proyecto arquitectónico con climatización natural para este tipo de especies, se puede consultar la investigación de la Dra. María del Pilar Barrios Rodríguez.⁷ Además, es importante generar proyectos arquitectónicos con climatización natural para especies vegetales comestibles; para casos como este contamos con investigaciones como la de Francisco Vidal Mendoza.⁸

⁷ Pilar Barrios, "Heliodiseño de espacio protegido para cultivo de ornato en clima semicálido subhúmedo" (Tesina de especialización, CCH doctorado).

⁸ Francisco Vidal, "Arquitectura agrícola sustentable, envolvente para cultivos (invernaderos), caso de estudio el nopal en Milpa Alta, D. F." (Tesis de maestría, UNAM).

Relación existente

ARQUITECTURA Y CLIMA



En el desarrollo de un proyecto, ya sea arquitectónico o urbano, es esencial analizar a detalle el clima del lugar donde éste quedará ubicado con el fin de poder establecer una estrategia de climatización natural que permita tomar mayor ventaja de las variaciones que presente dicho clima a lo largo del día y del año; de tal manera, se puede evitar, hasta donde sea posible, el uso de equipos de aire acondicionado o calefacción o, en caso de que el clima del lugar presente condiciones extremas, se puede establecer una estrategia de climatización natural, lo cual nos permitirá disminuir al máximo la capacidad de los equipos de climatización artificial. Por ello, en este capítulo se presentarán los aspectos del clima que deben considerarse durante la realización de un proyecto. Con el fin de que se comprendan todos los términos empleados, comenzaremos con la propia definición de clima.

El término clima ha sido definido de manera diferente por distintos autores. Según Hann, 1908, “clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre”.¹ Según E. López “el clima es un estado medio de las variables condiciones dinámicas del aire que controlan el tiempo”.² Con base en estas definiciones, la maestra Enriqueta García, del Instituto de

¹ Enriqueta García de Miranda, *Apuntes de climatología* (México: UNAM-Instituto de Geografía, 1986), 2.

² García de Miranda, *Apuntes de climatología*, 2.

Geografía de la UNAM, plantea que “el clima es entonces el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado, y comprende los extremos y todas las variaciones”.³

Existe, sin embargo, una confusión de terminología cuando se habla del tiempo y del clima. El tiempo son las condiciones que se tienen en la atmósfera en un lugar determinado y en un día específico; éstas pueden no corresponder con el tipo de clima característico de ese lugar,

así se dice, por ejemplo, que el tiempo probable para mañana en un lugar determinado será caluroso y húmedo, con vientos fuertes y presión baja, a pesar de que el clima en dicho lugar sea templado y seco, es decir, que ahí el estado más frecuente de la atmósfera presente las últimas características mencionadas.⁴

El término clima, por otra parte, significa, etimológicamente, ‘pendiente o inclinación’ en (griego κλίμα), debido a que los griegos de la antigüedad habían observado que los rayos del sol incidían con diferente inclinación en un mismo lugar en diferentes épocas del año, y también que incidían con diferente inclinación en una misma época del año en lugares más al norte o al sur de la

³ García de Miranda, *Apuntes de climatología*, 2.

⁴ García de Miranda, *Apuntes de climatología*, 2.

Hélade; este fenómeno lo relacionaban con la variación de temperaturas que se presentaban en diferentes lugares de la tierra y en diferentes épocas del año. Este tipo de observaciones permitió a Eratóstenes de Cirene, un geógrafo griego del siglo tercero a.C., asumir que la tierra era redonda y calcular su circunferencia por medio de relaciones de ángulos medidos por la diferencia entre las sombras proyectadas en dos lugares de Egipto durante una misma época del año. Eratóstenes tuvo un pequeño error de cálculo debido, principalmente, a que las ciudades que utilizó como referencia (Alejandría y Asuán), no están exactamente dentro del mismo meridiano.⁵

Con base en las definiciones apuntadas anteriormente, y a partir también de su definición etimológica, es necesario analizar las principales variables que constituyen el estado medio de la atmósfera. Éstas son:

- La temperatura.
- La precipitación y humedad.
- La dirección y velocidad del viento.
- La radiación solar.

Todas ellas intervienen, de manera directa, en el establecimiento de una estrategia de diseño desde el punto de vista térmico para un

⁵ Levi Marrero, *La tierra y sus recursos*. (Madrid: Mediterráneo, 1963), 32.

proyecto arquitectónico o urbano. Existen otras variables climáticas como la presión atmosférica, que depende de la altitud donde se ubique el proyecto, o la nubosidad, que se toma en cuenta en el cálculo de la temperatura sol/aire, concepto que se definirá más adelante. Otra variable es la visibilidad, que es importante para determinar el sitio idóneo para la ubicación de los aeropuertos.

La primera variable climática que incide sobre los edificios y los usuarios es la temperatura del aire ambiente, por lo que, para comenzar, definiremos es el concepto de temperatura. En primer lugar, se debe tomar en cuenta el efecto de una fuente de calor sobre cualquier tipo de material, así como las propiedades de los cuerpos, que son de dos tipos: extensivas (que dependen de su extensión y volumen) e intensivas (que no dependen de su extensión o volumen).

La temperatura es, entonces, una propiedad intensiva de los cuerpos que representa una magnitud escalar de su actividad a nivel molecular. Por lo tanto, si observamos un cuerpo cualquiera a escala molecular, veremos que sus moléculas están en movimiento, y si se coloca una fuente de calor en este cuerpo en cualquiera de los tres estados de la materia las moléculas se moverán más rápidamente.

Con base en la definición anterior, se han establecido escalas que permiten registrar dicha actividad molecular a partir de un elemento de referencia (el agua) a una presión atmosférica determinada (el nivel del mar), en función de la variación que

experimenta ésta al cambiar de estado físico. Usando al mercurio dentro de una probeta se estableció de manera convencional una referencia de inicio cuando se tenía un cambio de estado sólido a líquido del agua, y otra referencia cuando cambiaba de estado líquido a gas; al dividir en 100 partes la zona intermedia entre las dos referencias se estableció la escala Centígrada o Celsius, que se utiliza en la mayor parte del mundo y se conoce como parte del sistema internacional de unidades. Por otra parte, los países anglosajones establecieron una escala diferente al dividir esta escala en 180°, en la que establecen en 32° el punto de fusión del agua y en 212° el punto de ebullición; esta escala se conoce como Fahrenheit. Otra escala que se utiliza principalmente en estudios de física está basada en que por abajo del punto de fusión del agua la actividad molecular sigue activa y sólo cesa a los -273.15 °C, por lo que a esta temperatura se le conoce como el cero absoluto de temperatura y corresponde a la escala Kelvin.

La temperatura y la humedad normalmente están inversamente relacionadas; es decir que climas con temperaturas altas tienen humedades bajas y climas con temperaturas bajas tienen humedades altas, aunque hay climas donde se presentan temperaturas y humedades altas; un ejemplo es Villahermosa, Tabasco, o Culiacán, Sinaloa. Las estrategias de diseño en relación a estas variables deben tomar en cuenta que, a mayor temperatura y mayor humedad del aire, se produce una sensación opresiva pero si se abate la temperatura con el aire saturado de humedad, las

personas pasan directamente de experimentar una sensación de bochorno a la incomodidad del frío sin puntos confortables intermedios; por lo tanto, es importante desarrollar estrategias de climatización natural en las que se controle tanto la variación de temperatura, como la humedad al interior de las edificaciones. En este sentido, de acuerdo a algunos autores como los hermanos Víctor y Aladar Olgyay, solo puede sentirse comodidad en ambientes cuya humedad oscile entre 20 y 80 % de humedad relativa.⁶

La humedad relativa (HR) adecuada es útil para aliviar los problemas de salud que se agravan por un aire demasiado seco. Todos los hechos apuntan hacia una relación positiva entre la humedad y la salud. Con base en lo anterior, un rango de humedad mínimo de 20% se considera muy bajo, por lo que es conveniente tomar los rangos de comodidad que propone Givoni, según los cuales para los habitantes de los trópicos (que están entre 22 y 28 °C) deben presentarse humedades entre el 30 y el 70%.

Las propiedades del aire y la humedad se relacionan por medio de la psicrometría, que es la ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el confort humano. Lo anterior, se puede llevar a cabo a través del uso de tablas o de la carta psicrométrica generada por la ASHRAE; los ingenieros de esta asocia-

⁶ Olgyay. *Solar Control and Shading Devices*, 20.

ción definen el acondicionamiento del aire como «el proceso de tratar el aire, de tal manera, que se controle simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución, para que cumpla con los requisitos del espacio acondicionado».

En la Carta Psicrométrica el concepto de temperatura de bulbo seco se plantea como una mezcla de cierto número de gases llamados permanentes, los cuales relaciona la maestra Enriqueta García de la siguiente manera:⁷

N (Nitrógeno)	78.08%
O (Oxígeno)	20.95%
Suma	99.03%

A (Argón)	0.93%
CO ₂ (Dióxido de carbono)	0.03%
Total	99.99%

Ne (Neón)	1.8 x 10 ⁻³
He (Helio)	5.3 X 10 ⁻⁴
Kr (Kriptón)	1.0 X 10 ⁻⁴
H (Hidrógeno)	5.0 X 10 ⁻⁵
Xe (Xenón)	8.0 X 10 ⁻⁶
O ₃ (Ozono)	1.0 X 10 ⁻⁶
Rn (Radón)	6.0 X 10 ⁻¹⁸

Tabla tomada del *Manual Técnico VAL y CONTROL*. VAL y CONTROL, S. A. de C. V. Capítulo 13 Psicrometría.

⁷ García de Miranda. *Apuntes de climatología*, 2-3.

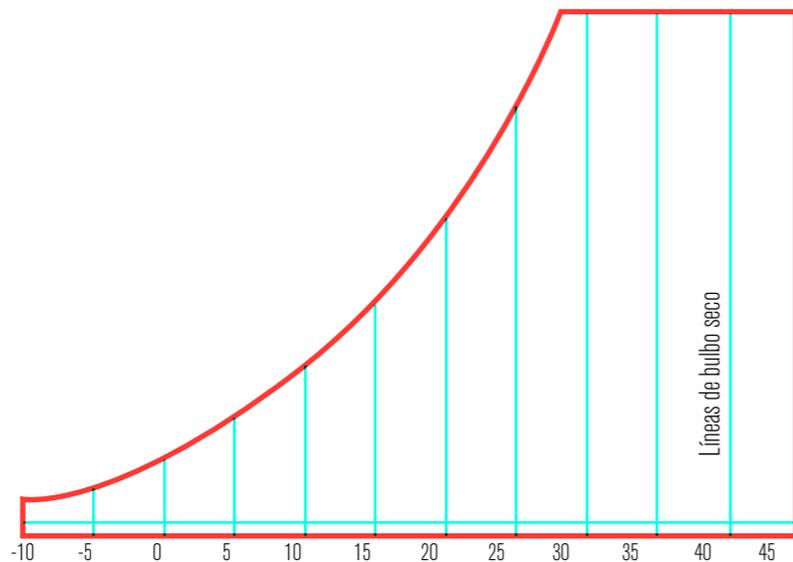
La ASHRAE describe todas las relaciones que se presentan en la tabla psicrométrica de la siguiente manera:

El aire seco, no es un gas puro, ya que es una mezcla como se muestra en la tabla anterior y, por lo tanto, no se conforma exactamente a las leyes de los gases, pero los gases que los componen son verdaderos gases; así que, para el propósito práctico de este capítulo, se considera a esta mezcla de gases (aire seco sin vapor de agua) como un solo compuesto, que sigue la ley de los gases y se le denomina como temperatura (termómetro) de bulbo seco y es la temperatura medida con un termómetro ordinario. Esta escala es la horizontal (abscisa), en la parte baja de la carta, según se muestra en la imagen siguiente.⁸

Las líneas que se extienden verticalmente, desde la parte baja hasta la parte alta de la carta se llaman líneas de temperatura de bulbo seco constantes, o simplemente «líneas de bulbo seco». Son constantes porque cualquier punto a lo largo de una de estas líneas corresponde a la misma temperatura de bulbo seco indicada en la escala de la parte baja. Por ejemplo, en la línea de 40°C, cualquier punto a lo largo de la misma, corresponde a la temperatura de bulbo seco de 40°C.

Por otra parte, la temperatura de bulbo húmedo es la segunda propiedad del aire de la carta psicrométrica. Corresponde a la temperatura medida con un termómetro de bulbo húmedo.

⁸ *Manual Técnico VAL y CONTROL*. VAL y CONTROL, S. A. de C. V. Capítulo 13 Psicrometría, 165.

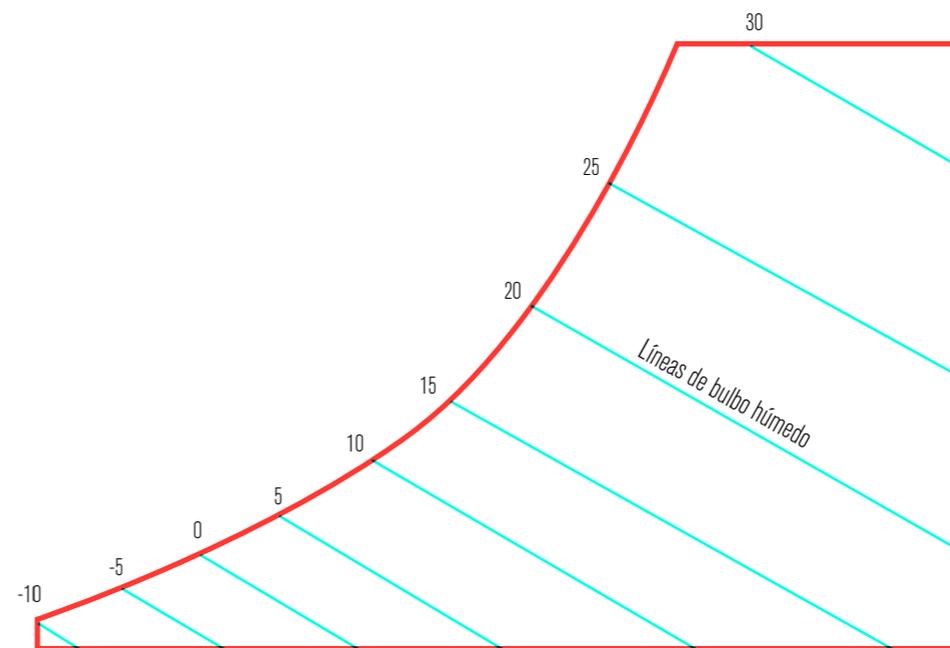


Líneas de temperatura de bulbo seco⁹

Es la temperatura que resulta cuando se evapora el agua de la tela, que cubre el bulbo de un termómetro ordinario. Las líneas de temperatura de bulbo húmedo constantes, o líneas de bulbo húmedo, corren diagonalmente de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, en un ángulo aproximado de 30° de la horizontal, como se observa en la imagen siguiente. Si el aire estuviese saturado con humedad (100% HR), la lectura de la temperatura en el termómetro de bulbo húmedo sería la misma que la del termómetro de bulbo seco. Sin embargo, la HR normalmente es

⁹ Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), *Handbook Fundamentals* (Lexington: Universidad de Kentucky, 1997. Pág.182.

menor de 100% y el aire está parcialmente seco, por lo que algo de la humedad de la tela se evapora hacia el aire. Esta evaporación de la humedad de la tela provoca que esta última y el bulbo del termómetro se enfríen, lo que posteriormente disminuye la temperatura más allá que la que presenta el bulbo seco. Mientras más seco esté el aire, más rápida será la evaporación de la humedad de la tela. Así que, la lectura de la temperatura del bulbo húmedo varía de acuerdo con qué tan seco esté el aire.



Líneas de temperatura de bulbo húmedo.¹⁰

¹⁰ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 182.

Punto de rocío

El punto de rocío se define como la temperatura debajo de la cual el vapor de agua en el aire comienza a condensarse. También es el punto en el que se presenta un 100% de humedad. La escala para las temperaturas de punto de rocío es idéntica a la escala para las temperaturas de bulbo húmedo; es decir, es la misma escala para ambas propiedades. Sin embargo, las líneas de la temperatura de punto de rocío corren horizontalmente de izquierda a derecha en la grafica siguiente. La HR de una muestra de aire puede determinarse por su punto de rocío.

La HR es un término que también se utiliza para expresar la cantidad de humedad en una muestra dada de aire en comparación con la cantidad de humedad que el aire tendría al estar totalmente saturado y a la misma temperatura de la muestra. En la carta psicrométrica es representada por las líneas curvas que se extienden hacia arriba y hacia la derecha. Estas se expresan siempre según su porcentaje, y este valor se indica sobre cada línea de la manera en que se observa en la figura 4. La única condición donde la temperatura de bulbo húmedo y el punto de rocío coinciden es en condiciones de saturación; esta línea curva exterior, representa una condición de saturación del 100% de HR. Por lo tanto, la línea de 100% de HR es la misma que la escala de temperaturas de bulbo húmedo y de punto de rocío.

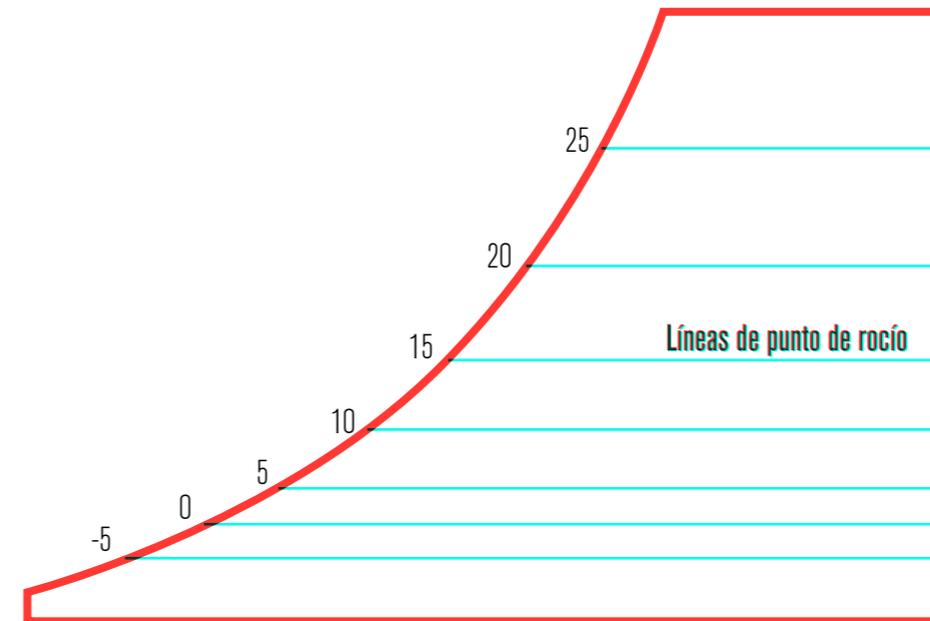


Figura 3. Líneas de temperatura de punto de rocío.¹¹

Otra relación importante la constituye la humedad específica, que es el peso real de vapor de agua en el aire. La escala de la humedad absoluta es la escala vertical (ordenada) que se encuentra al lado derecho de la carta psicrométrica.

¹¹ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 182.

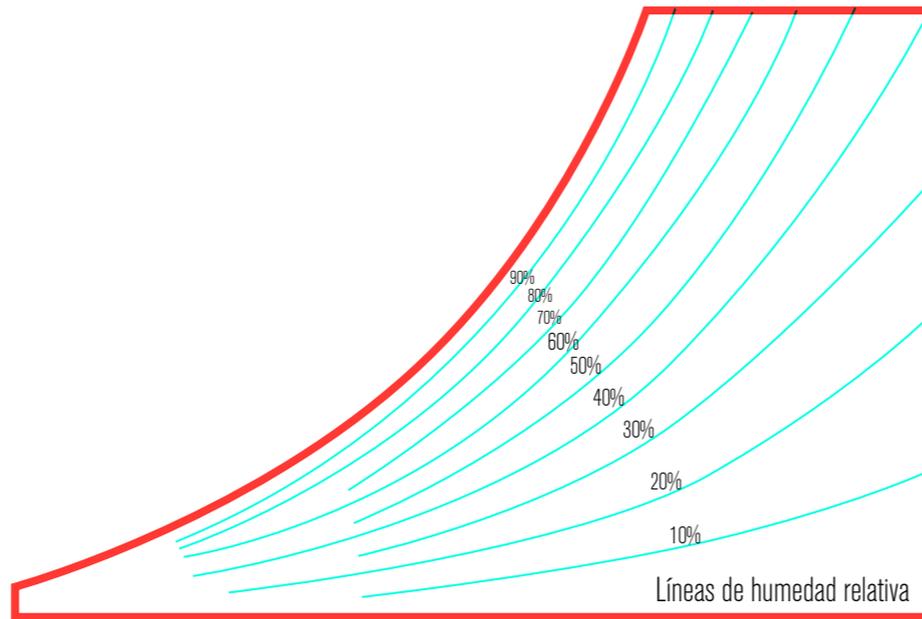


Figura 4. Líneas de humedad relativa.¹²

Los valores de esta propiedad se expresan en gramos de humedad por kilogramo de aire seco (g/kg) en el sistema internacional, y en granos por libra (g/lb), en el sistema inglés. Las líneas de humedad absoluta corren horizontalmente de derecha a izquierda; son paralelas a las líneas de punto de rocío y coinciden con éstas, como se aprecia en la figura 5. Así pues, podemos ver que la cantidad de humedad en el aire depende del punto de rocío del aire.

Por otra parte, el término humedad absoluta (HA) se refiere al peso del vapor de agua por unidad de volumen; generalmente

¹² ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 183.

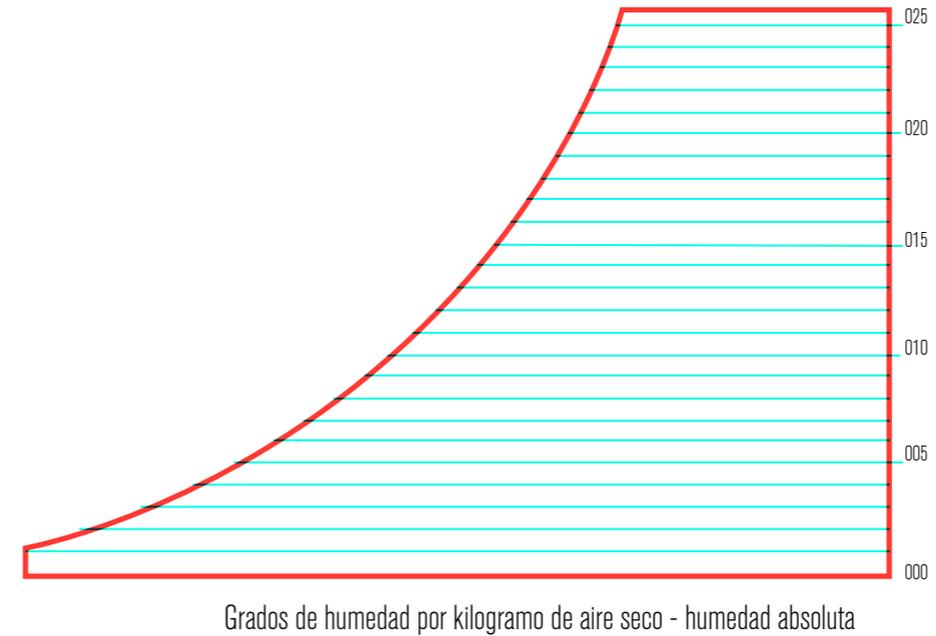


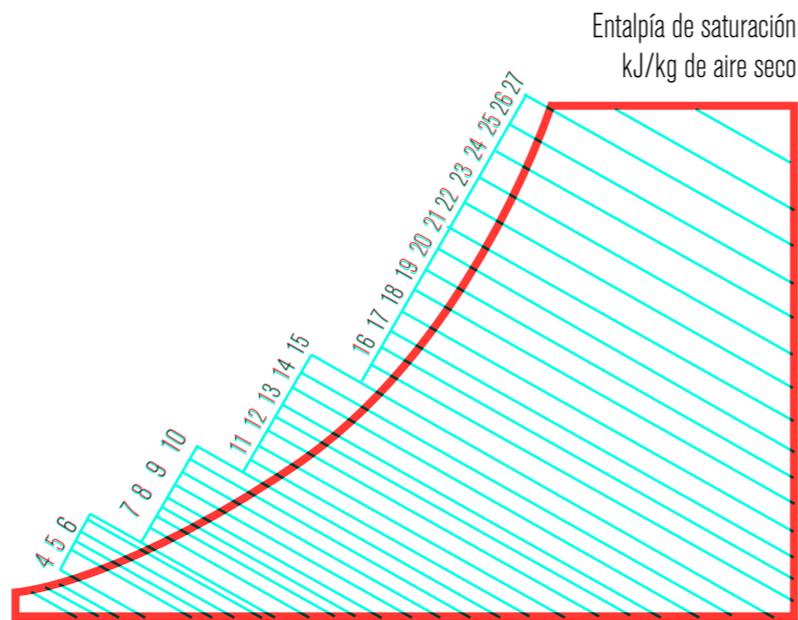
Figura 5. Líneas de humedad específica.¹³

este volumen es de un metro cúbico (o un pie cúbico). En este espacio no tiene que existir aire necesariamente a pesar de que sí lo haya. La HR está basada en la HA bajo las condiciones establecidas; es decir, la HR es una comparación con la HA a la misma temperatura en caso de que el vapor de agua esté saturado. Tanto la humedad absoluta, como la relativa, están basadas en el peso del vapor de agua en un volumen dado.

Respecto a la entalpía, en la imagen siguiente, debe notarse que estas líneas son meramente extensiones de las líneas de bulbo húmedo puesto que el calor total del aire depende de ésta.

¹³ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 183.

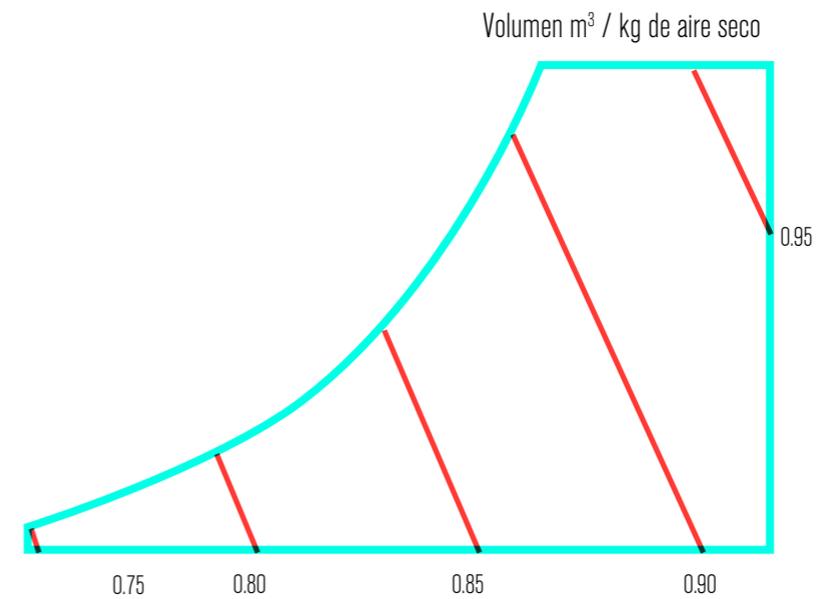
La escala del lado izquierdo, lejana a la línea curva, da el calor total del aire en kilojoules por kilogramo (kJ/kg) de aire seco, que es la unidad que se emplea en el sistema internacional, mientras que en el sistema inglés se emplea la relación de unidades térmicas británicas por libra btu/lb de aire seco. Esta escala aumenta de -6 kJ/kg a la temperatura de -10°C de bulbo húmedo, hasta aproximadamente 115 kJ/kg a 33°C de bulbo húmedo.



Líneas de entalpía en kJ/kg de aire seco.¹⁴

¹⁴ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 185.

En la siguiente imagen, se muestran las líneas del volumen específico constante en una carta psicrométrica. Estas líneas están en un ángulo aproximado de 60° con la horizontal y aumentan de valor de izquierda a derecha. Por lo general, el espacio entre cada línea representa un cambio de volumen específico de 0.05 m³/kg. Cualquier punto que caiga entre dos de estas líneas debe ser, naturalmente, un valor estimado. Si se desea saber la densidad del aire a cualquier condición, como ya sabemos, se debe dividir uno entre el volumen específico, puesto que la densidad es la



Líneas de volumen específico en m³/kg de aire seco.¹⁵

¹⁵ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 185.

inversa del volumen específico y viceversa. Debido a que la mayoría de los cálculos en trabajos de aire acondicionado se basan en el peso del aire en lugar del volumen de aire, se recomienda el uso del volumen específico (m^3/kg de aire) en vez de la densidad (kg/m^3 de aire).

Porcentaje de saturación

El porcentaje de saturación (o porcentaje de humedad) es un término que algunas veces se confunde con la HR. El porcentaje de saturación es 100 veces la relación del peso de vapor de agua con el peso del vapor de agua necesario para saturar un kilogramo de aire seco a la temperatura del bulbo seco. Esto se puede expresar en una ecuación:

$$\text{Porcentaje de saturación} = \frac{W_1}{W_s} \times 100$$

Humedad específica en el punto de rocío de la mezcla de aire seco y vapor de agua

Humedad específica en el punto de saturación.

Si deseamos calcular la humedad relativa y el porcentaje de saturación a la temperatura de bulbo seco de 35°C , y a la temperatura de punto de rocío de 15°C , usamos los valores de presión de vapor y los de humedad específica de las tablas 13.3 y 13.5, respectivamente.

$$\text{HR} = 1.70 \div 5.62 \times 100 = 30.25\%$$
$$\% \text{ saturación} = (4.835 \div 16.611) \times 100 = 29.10\%$$

Nuevamente, hay una diferencia entre los dos resultados. La HR está basada en las presiones, las cuales son afectadas por la temperatura y el volumen. El porcentaje de saturación está basado en el peso, el cual no es afectado por los cambios de temperatura; este último es el más preciso de los dos.

Psicrómetro

Para asegurar que la temperatura del bulbo húmedo registrada sea precisa, el flujo de aire sobre el bulbo húmedo debe ser bastante rápido. El dispositivo diseñado para girar un par de termómetros (uno de bulbo seco y otro de bulbo húmedo) se conoce como psicrómetro de onda. Para operarlo, la mecha se satura sobre el bulbo húmedo con agua limpia o, de preferencia, con agua destilada, y se gira. Para tomar las lecturas con el psicrómetro de onda, se recomiendan los siguientes pasos:

1. Sumerja la mecha sobre el bulbo húmedo en el agua. Sólo una vez por cada determinación de la HR, pero nunca entre una lectura y otra. La evaporación progresiva de la humedad en la mecha, hasta que alcanza el equilibrio con la humedad en el aire, es el factor que determina la lectura de bulbo húmedo.

2. Gire el psicrómetro durante 30 segundos. Rápidamente tome las lecturas, primero en el termómetro de bulbo húmedo y luego en el de bulbo seco, y anótelas. Gire de nuevo el psicrómetro y tome lecturas a intervalos de 30 segundos durante cinco lecturas sucesivas; anote las temperaturas en cada ocasión o hasta que se haya obtenido la lectura más baja y que la última lectura revele una nivelación o curva de retorno, lo que significa que dos o más lecturas sucesivas deben ser casi idénticas.
3. Utilice las tablas o la carta psicrométrica para obtener la HR. Normalmente, los psicrómetros de onda vienen acompañados de una regla deslizable con las dos escalas de temperaturas (bulbo húmedo y bulbo seco) y su HR correspondiente.

En una carta psicrométrica se encuentran todas las propiedades del aire, de las cuales las de mayor importancia son las siguientes:

1. Temperatura de bulbo seco (BS).
2. Temperatura de bulbo húmedo (BH).
3. Temperatura de punto de rocío (PR)
4. Humedad relativa (HR).
5. Humedad absoluta (HA).
6. Entalpía (H).
7. Volumen específico.

Si se conocen dos de cualquiera de estas propiedades, las otras pueden determinarse a partir de la carta.

La siguiente variable climática que afecta a la envolvente de los edificios es la dirección y velocidad del viento dominante, que de acuerdo con sus condiciones de temperatura y humedad se pueden aprovechar en la climatización natural de los edificios; si estas condiciones no son adecuadas, se debe proteger la envolvente con barreras a las corrientes de viento o, en caso de que se presenten por períodos cortos, cerrar ventanas durante esos períodos.

Las corrientes de viento a escala planetaria se producen por diferencias de presión debidas a cambios de temperatura. Las temperaturas altas generan una menor densidad del aire y, por lo tanto, una menor presión atmosférica. Debido a que la radiación solar incide con mayor intensidad en la zona ecuatorial, esta franja alrededor del mundo presenta durante todo el año altas temperaturas con baja presión atmosférica que, a su vez, genera corrientes de aire que se elevan a las capas altas de la atmósfera, mismas que se enfrían al llegar a estas capas. Esto último aumenta la densidad del aire y, por lo tanto, genera corrientes de aire descendente entre los 30 y 40° de latitud, tanto al norte como al sur del Ecuador. Al llegar al nivel del suelo este aire descendente, se generan corrientes de aire hacia el sur y al norte, las cuales se conocen como vientos alisios; estos vientos tienen una desviación hacia el suroeste y noroeste debido a la rotación de la tierra. Por todas estas condiciones geográfi-

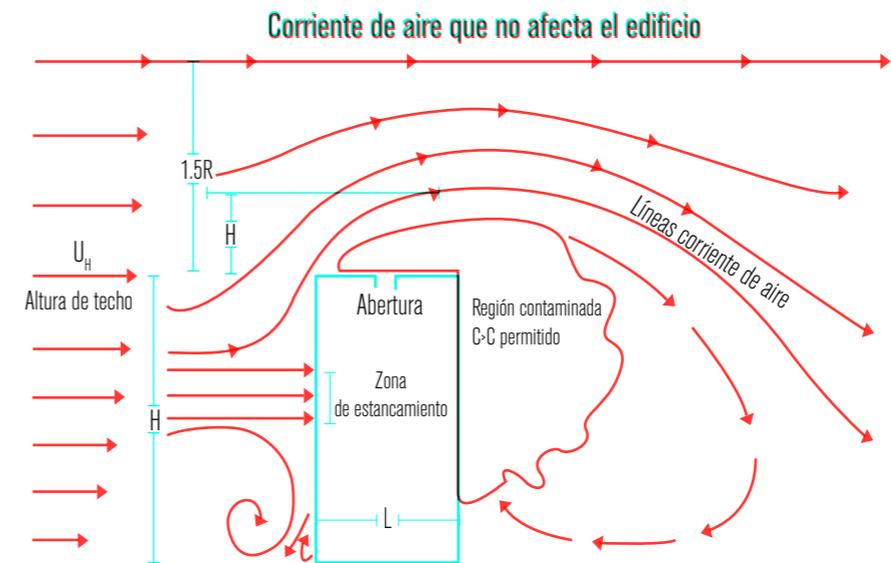
cas, los vientos alisios son constantes durante la mayor parte del año, aunque en la época de huracanes las corrientes de viento cambian drásticamente. A escala regional se producen corrientes de viento de manera similar a las que se producen a escala global, como lo describe la maestra Enriqueta García

si sobre una región existen dos superficies adyacentes de diferente temperatura, las capas de aire situadas sobre la porción más caliente se encuentran más dilatadas verticalmente (son más gruesas) que las que se hallan sobre la superficie más fría. El aire elevado sobre la porción caliente se derrama lateralmente sobre el aire frío adyacente; esto trae por consecuencia un aumento de masa aérea sobre la superficie fría, por lo que la presión del aire en el suelo aumenta sobre la porción fría y se establece así una corriente de retorno constituida por aire frío, a lo largo del suelo, hacia la porción caliente. Se establece así una circulación de aire en un círculo o circuito cerrado que obedece, en general, a las diferencias de presión en el sentido horizontal que las diferencias de temperatura inducen en el aire.¹⁶

Las corrientes de viento a escala urbana cambian su dirección y velocidad en función de los obstáculos que constituyen las diferentes alturas y conformaciones de los edificios a su alrede-

¹⁶ García de Miranda. *Apuntes de climatología*, 51 - 52.

dor, por lo tanto, para tener la dirección y velocidad del viento cercanas a la zona de un proyecto arquitectónico determinado, es importante recurrir a fuentes de información adecuadas para tener los datos más confiables posibles, como se planteó en el capítulo 1. En el capítulo del ASHRAE "Flujos de aire alrededor de los edificios" se describe cómo estas corrientes de viento impactan en la envolvente de los edificios con forma rectangular y aislados, pero que dan un ejemplo detallado de la manera en que estas corrientes de viento generan presiones positivas frente a las fachadas y presiones negativas por la parte posterior

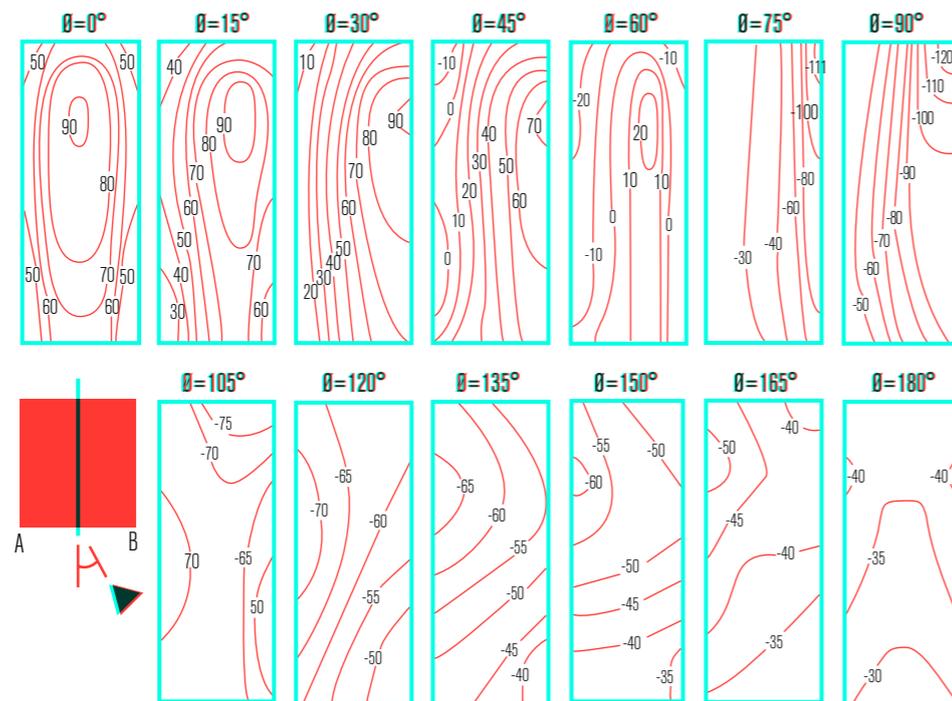


Patrones de flujo alrededor de edificios rectangulares¹⁷

¹⁷ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 152.

del edificio, de la forma en que se observa en el diagrama anterior, con el caso de un edificio de altura considerable que recibe en su fachada más larga un viento frontal.

Las presiones de viento positivas y negativas se presentan en la imagen siguiente para diferentes ángulos de incidencia del viento en un edificio.

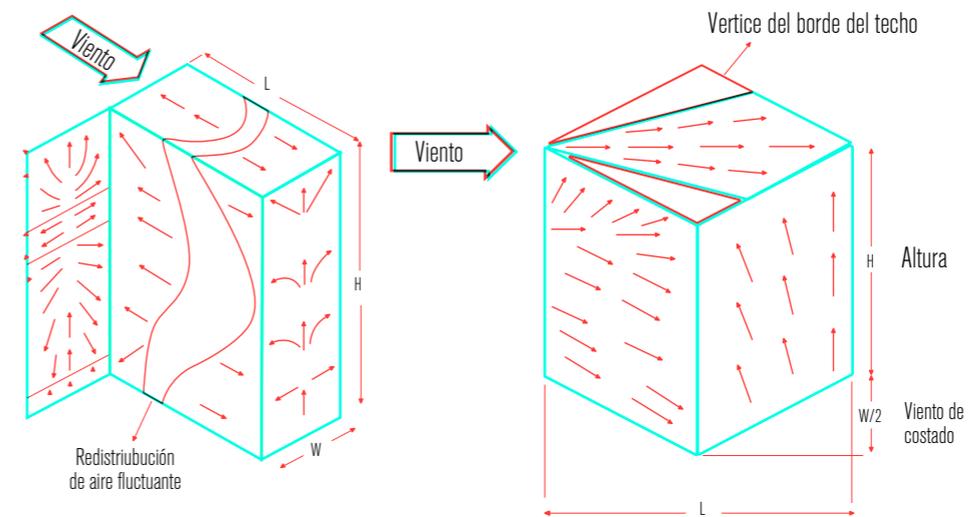


Coefficientes de presión local ($C_p \times 100$) para un edificio en altura con direcciones de viento variables.¹⁸

¹⁸ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 153.

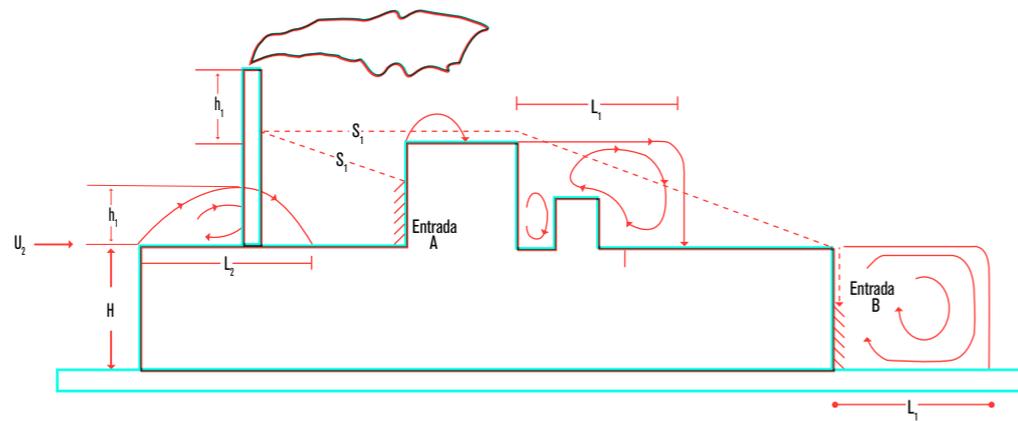
En la siguiente figura se observan las presiones negativas que se presentan en la parte posterior del edificio ($\theta = 180^\circ$). Estas presiones negativas son mecanismos de succión de viento para las ventilas ubicadas en esas zonas y también, en caso de tener ventilas en la fachada frente a las corrientes de viento, éstas se aprovechan como estrategia para generar una eficiente ventilación cruzada en el edificio.

Las dimensiones de los edificios provocan diferentes tipos de patrones de flujos de aire en la superficie de las fachadas dependiendo de si reciben el flujo de aire de frente a la fachada más corta o si lo reciben en una de sus esquinas, tal como se observa a continuación.



Patrones de flujo en las superficies y dimensiones de edificios.¹⁹

¹⁹ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 152.



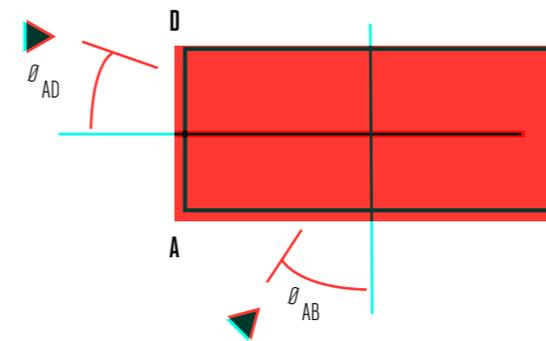
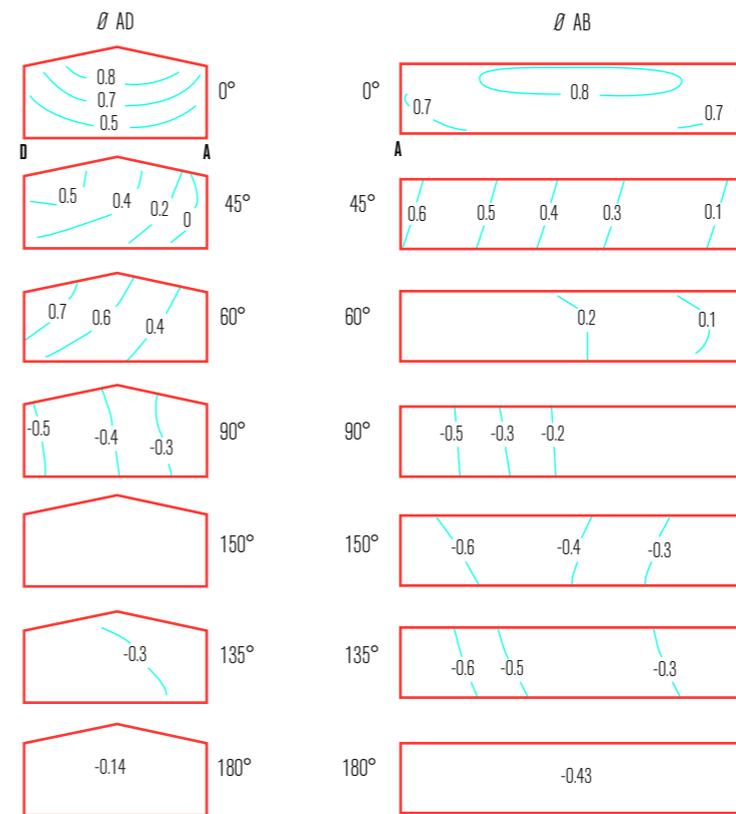
Regiones de flujo de recirculación y distancias de gases de escape a la entrada. ²⁰

En el caso de fábricas, que normalmente son edificios de baja altura pero con extensas longitudes en una o dos de sus fachadas, las corrientes de viento desplazan el humo que generan algunas de ellas de acuerdo con la dirección del viento dominante, como se ve en la imagen anterior.

Los edificios de altura baja, como es el caso de la mayoría de las viviendas en nuestro país, presentan diferentes presiones del viento de acuerdo con el ángulo y la fachada en que incida el viento dominante; en el ASHRAE se presenta la diferencia de presión interior-exterior inducida por el viento usando el coeficiente C_p (interior-exterior) que se define como:

$$C_{p(\text{interior-exterior})} = C_p - C_{in}$$

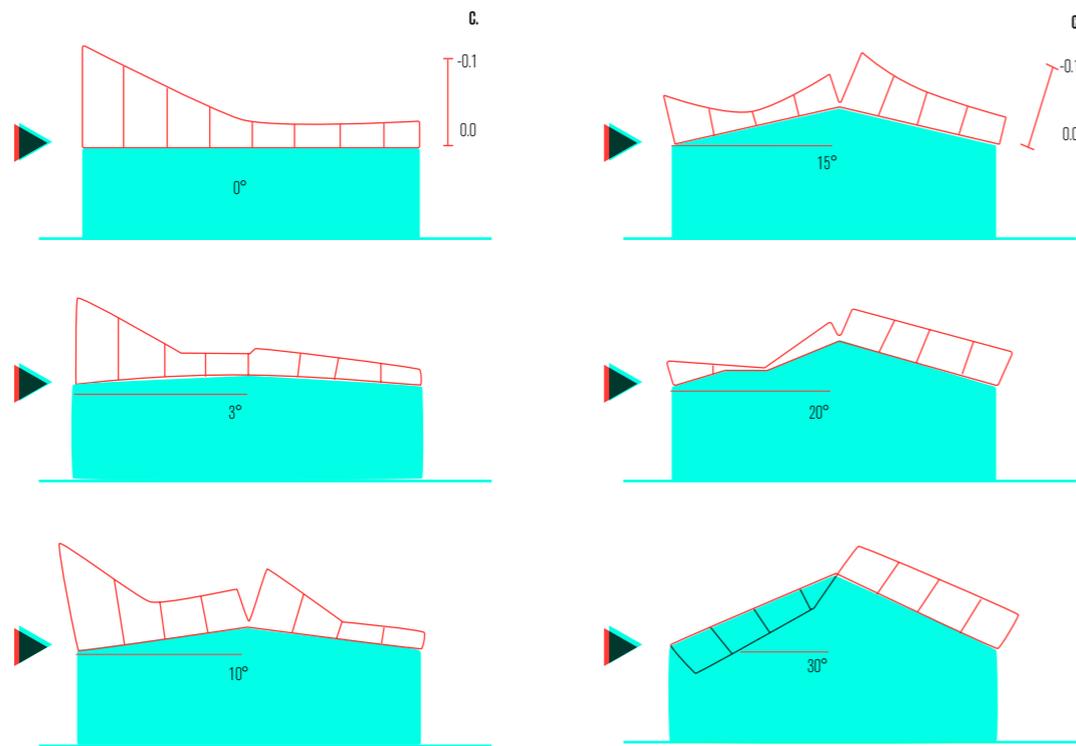
²⁰ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 152.



Coeficientes de presión local C_p para muros de edificios de baja altura, con diferentes direcciones de viento ²¹

²¹ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 154.

Los valores de los coeficientes C_p se presentan en la imagen anterior. El coeficiente C_{in} , para los sitios de flujo de aire uniformemente distribuidos, tiene un valor (en la mayoría de los casos) de -0.2. En el caso de los techos de este mismo tipo de edificios, los valores de C_p se presentan en el diagrama siguiente, tanto para techos horizontales planos como para techos a dos aguas.

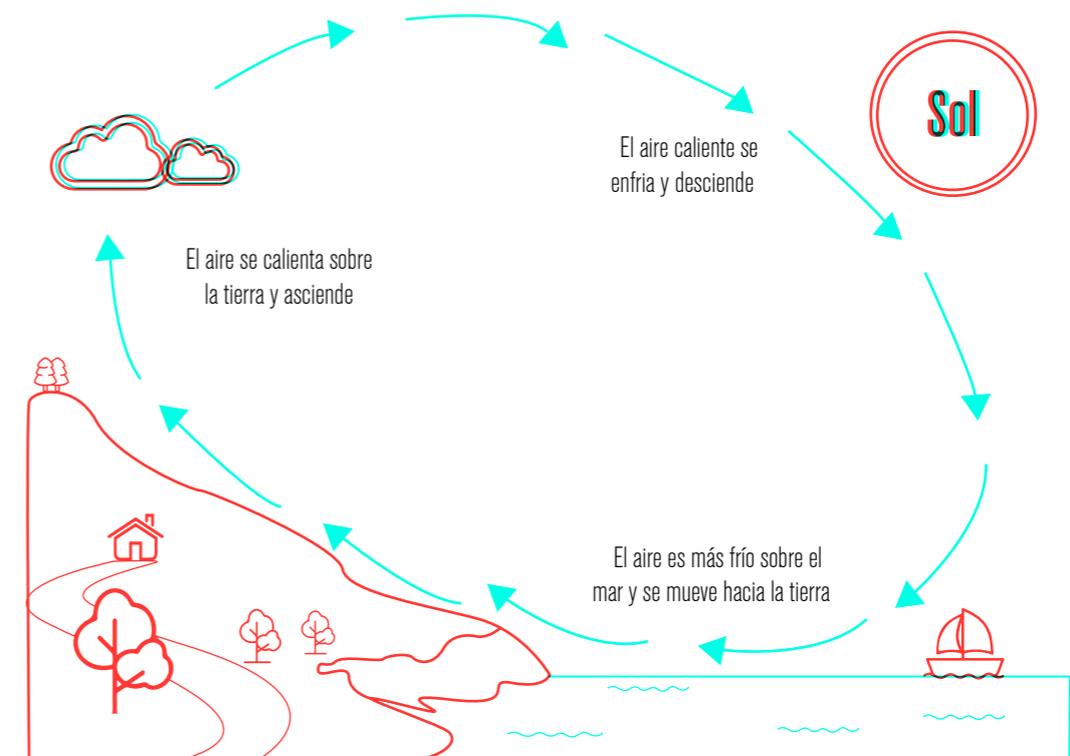


Coeficientes de presión local C_p para techos de edificios de baja altura²²

²² ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 155.

Las corrientes de viento cercanas a la costa presentan un patrón de flujo característico, cuando hay montañas cercanas, como es el caso de la mayor parte de la costa oeste mexicana; esto se puede observar en la siguiente imagen.

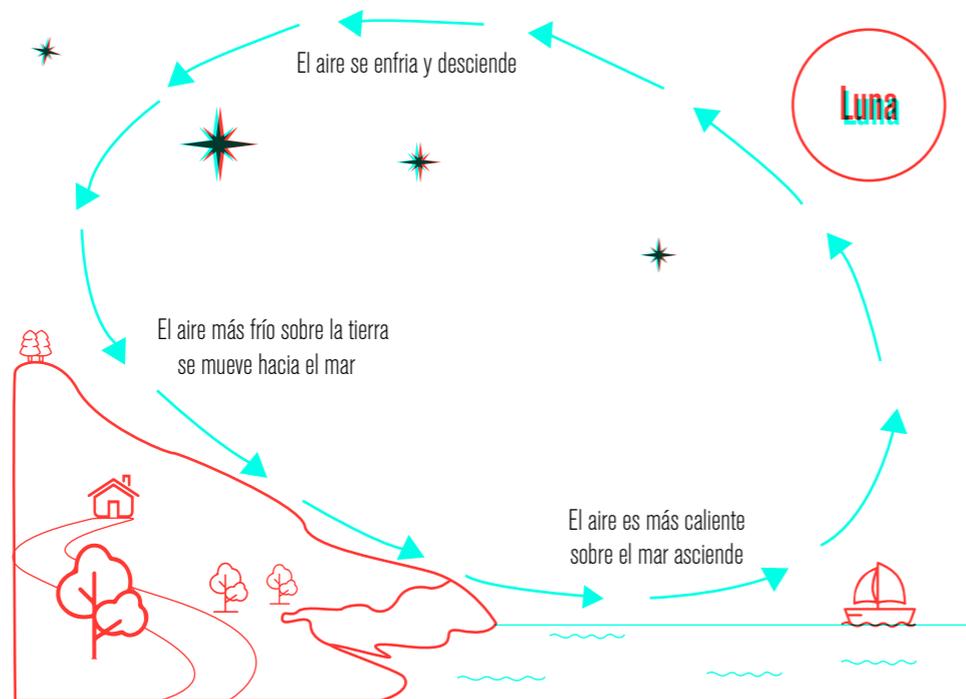
Durante el día, la tierra se calienta más rápido que el mar, por lo que se genera una baja presión hacia la cual sopla la brisa procedente del mar, que en ese momento es un centro de alta presión. De noche, la tierra se enfría más rápidamente y se con-



Corrientes de viento cercanas a la costa durante el día²³

²³ Marrero, *La tierra y sus recursos*, 95.

vierte en una zona de alta presión, mientras que el mar –que tiene una mayor inercia térmica, por lo que conserva mejor el calor solar– mantiene una baja presión, la brisa sopla entonces de la tierra al mar, como se ve a continuación.



Brisas de tierra durante la noche.²⁴

El intercambio de calor que se genera entre el aire y la envolvente de los edificios se da por conducción cuando el aire está quieto, y por convección cuando está en movimiento. Con base

²⁴ Marrero, *La tierra y sus recursos*, 95.

en dos de los mecanismos principales de transferencia de calor, que de acuerdo a Ramos son conducción, convección, cambio de fase y radiación,²⁵ la transferencia de calor por convección se produce entre un sólido (la envolvente de un edificio) y un fluido (el viento), además

el mecanismo de convección de calor por cambio de fase se basa en que la entalpía de una misma sustancia, en dos fases diferentes (sólido, líquido o gas), tienen valores diferentes. Bajo circunstancias apropiadas, el suministro o sustracción de calor a una sustancia genera su cambio de fase.²⁶

Este último mecanismo se aprovecha para la descarga de calor del cuerpo humano, pues el sudor se evapora (cambio de fase) por corrientes de viento con condiciones apropiadas de temperatura y humedad (rangos de confort de Givoni).

Asimismo, la radiación solar es otra variable climática importante a tomar en cuenta para llevar a cabo un proyecto arquitectónico de máxima eficiencia energética; esto se debe al impacto que ejerce sobre la envolvente de los edificios y los alrededores donde estén ubicados éstos.

²⁵ E. Ramos, *Principios básicos de Transferencia de calor* (notas de actualización de energía solar IIM-LES-UNAM México: Temixco, 2000), 81.

²⁶ E. Ramos, *Principios básicos de Transferencia de calor* (notas del curso de actualización en energía solar I.I.M.-C.C.H.-UNAM, 2000), 82.

Para comprender esta variable debemos tomar en cuenta que “todo cuerpo que se encuentra a una temperatura diferente del cero absoluto (-273 °C) emite radiación en forma de ondas electromagnéticas y pierde por este solo hecho energía y consecuentemente, temperatura”;²⁷ en este sentido la energía solar no es más que la radiación electromagnética que se genera en el sol y que es interceptada por la tierra.

Al llegar a las capas superiores atmosféricas, el flujo primario de radiación solar comienza a sufrir modificaciones por absorción y dispersión en gases y partículas. Sin embargo, fuera de la absorción en algunas bandas del ultravioleta por el oxígeno atómico y molecular que se encuentran arriba de los 50 km de altura, puede decirse que hasta esta capa la radiación solar llega, prácticamente, sin modificaciones.²⁸

Al pasar por la atmósfera terrestre, la radiación solar es reflejada, dispersada, y absorbida por el polvo, moléculas de gas, ozono, vapor de agua y gotas de agua (nubes). La extensión de esta reducción en un momento dado se determina por la composición atmosférica y la longitud de la trayectoria de la atmósfera atravesada por los rayos del sol. Esta longitud se expresa en términos de la masa de aire m , que es la relación de la masa de la

atmósfera en la ruta tierra-sol real a la masa que existiría si el sol estuviera directamente sobre la cabeza a nivel del mar ($m = 1.0$). Para la mayoría de los propósitos, la masa de aire, en cualquier momento, es igual a la cosecante de la altitud solar multiplicada por la relación de la presión barométrica existente a la presión estándar. Más allá de la atmósfera $m = 0$.²⁹

La mayor parte de la radiación solar ultravioleta es absorbida por el ozono en la atmósfera superior, mientras que parte de la radiación de onda corta en la porción del espectro es dispersada por las moléculas de aire, que es lo que proporciona el color azul al cielo. La fuerza de esta absorción varía con la longitud de onda, y el espectro solar terrestre exhibe huecos definidos en las regiones de fuerte absorción, que se llaman bandas de absorción. Los gases atmosféricos más prominentes que contribuyen a este efecto son:

- *Ozono*. absorción más fuerte en el ultravioleta, algo en el visible. Concentración variable.
- *Vapor de agua* (H_2O) absorción más fuerte en el cercano y lejano infrarrojo. Altamente variable.
- *Dióxido de carbono* (CO_2) absorción más fuerte en el cercano y lejano infrarrojo. Ligeramente variable.

²⁷ Leyva, A. y Muhlia, A. *Principios Físicos de la Radiación Solar*. Notas del curso de actualización en energía solar I.I.M.-C.C.H.-UNAM, 1996, Pág. 2.

²⁸ Leyva, A. y Muhlia, A. *Principios Físicos de la Radiación Solar*. Notas del curso de actualización en energía solar I.I.M.-C.C.H.-UNAM, 1996, Pág. 2.

²⁹ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*. 29.

- *Oxígeno* (O_2), metano (CH_4), (N_2O), clorofluorocarbonos (CFC) absorción más fuerte en su mayoría en el infrarrojo. Concentración casi constante.
- *Dióxido de nitrógeno* (NO_2) Absorción más fuerte en el visible. Altamente variable en áreas con contaminación.

El vapor de agua en la atmósfera inferior provoca las bandas de absorción características observadas en el espectro solar a nivel del mar, como se observa en la figura 12. Para una altura solar de 41.8° ($m = 1.5$), el espectro de la radiación solar directa en un día claro a nivel del mar muestra menos del 3% de la energía total en el ultravioleta, 47% en la región visible y el restante 50% en el infrarrojo.³⁰ La irradiancia máxima ocurre a $0.61 \mu m$, y una pequeña energía solar –menos del 5% del espectro– existe en longitudes de onda más allá de $2.1 \mu m$.³¹

Parte de la radiación de longitud de onda corta es dispersada por 30 moléculas atmosféricas diferentes y por partículas más grandes, lo que incluye los aerosoles de agua, polvo, humo y otras partículas en la atmósfera. Llega del cielo a la tierra en forma de radiación difusa E_d . Debido a que esta radiación llega de todas partes del cielo, su irradiancia es difícil de predecir y varía con el ángulo del sol y con el cambio de contenido de la humedad y partículas a lo largo del día. En condiciones de cielo

³⁰ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 29.15.

³¹ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 29.15.

completamente nublado, la componente difusa representa toda la ganancia de calor solar radiante en la ventana.

La irradiación total de onda corta E_t , que llega a una superficie, es la suma de la radiación solar directa E_D , la radiación difusa del cielo E_d , y la radiación solar reflejada desde las superficies circundantes E_r .³²

En espacios arquitectónicos, parte de la radiación solar penetra directamente al interior por las aberturas de las ventanas y otra parte es absorbida en muros, cubiertas y también por las ventanas; esto calienta a los elementos constructivos mencionados y gran parte de ella penetra al interior de las habitaciones, con un retardo y una amortiguación que dependen fundamentalmente de la masa y la anchura de los muros y del tipo de ventanas que tenga la edificación.

La carga térmica de la radiación solar sobre la edificación no sólo se debe a la que le llega directamente del sol, ya que “la irradiación total de onda corta E_t que llega a una superficie terrestre es la suma de la radiación solar directa E_D , la radiación difusa del cielo E_d y la radiación solar reflejada desde las superficies circundantes E_r ”.³³ Por lo tanto, la cantidad total de la radiación solar directa, además de la que llega como radiación difusa del cielo y la que emiten los alrededores, se conoce como temperatura sol-aire y se calcula mediante la siguiente ecuación:

³² ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 29.16

³³ ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 29.16.

$$T_{s/a} = T_{amb} + \frac{Ht}{ho} - \frac{DR}{ho}$$

Temperatura sol-aire
 Radiación solar total incidente en la superficie $W/(h\ m^2)$
 Temperatura del aire exterior $^{\circ}C$
 Absorbancia de la superficie para la radiación solar
 Diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre la superficie proveniente del cielo y los alrededores y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior $W/(h\ m^2)$
 Coeficiente de transferencia de calor por radiación de onda larga y de convección a la superficie exterior $W/(h\ m^2\ ^{\circ}C)$
 Emitancia hemisférica de la superficie

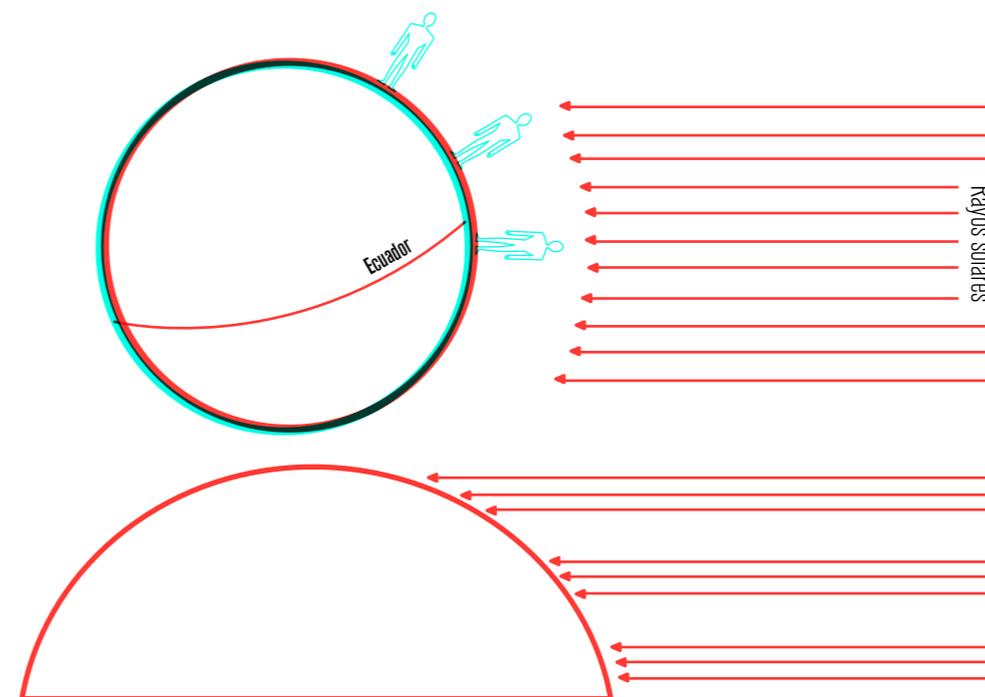
En el capítulo cinco se aplicará esta ecuación en un ejemplo de cálculo térmico para la envolvente de una edificación.

Finalmente, de acuerdo con Enriqueta García³⁴, las causas que hacen variar a los elementos del clima, de un lugar a otro y de una estación a otra, son los llamados factores climáticos; estos factores son:

- a) Latitud (distancia angular al ecuador)
- b) Altitud (altura sobre el nivel del mar)
- c) Relieve (configuración superficial de la tierra)
- d) Distribución de tierras y aguas
- e) Corrientes marinas.

³⁴ Enriqueta García de Miranda, *Modificación al sistema de clasificación climática de Köpen* (México: UNAM - Instituto de Geografía, 1986).

Latitud se refiere al ángulo desde el centro de la tierra hacia el ecuador, que es la latitud 0° y de ahí hacia el norte y el sur. Hablamos de 90° de latitud en el polo norte y 90° de latitud en el polo sur. Debido a la redondez de la tierra, un haz de rayos solares abarca menos superficie terrestre a medida que incide en latitudes más septentrionales al norte y al sur, como se observa a continuación.



Diferencias de temperaturas de acuerdo con la latitud del lugar.³⁵

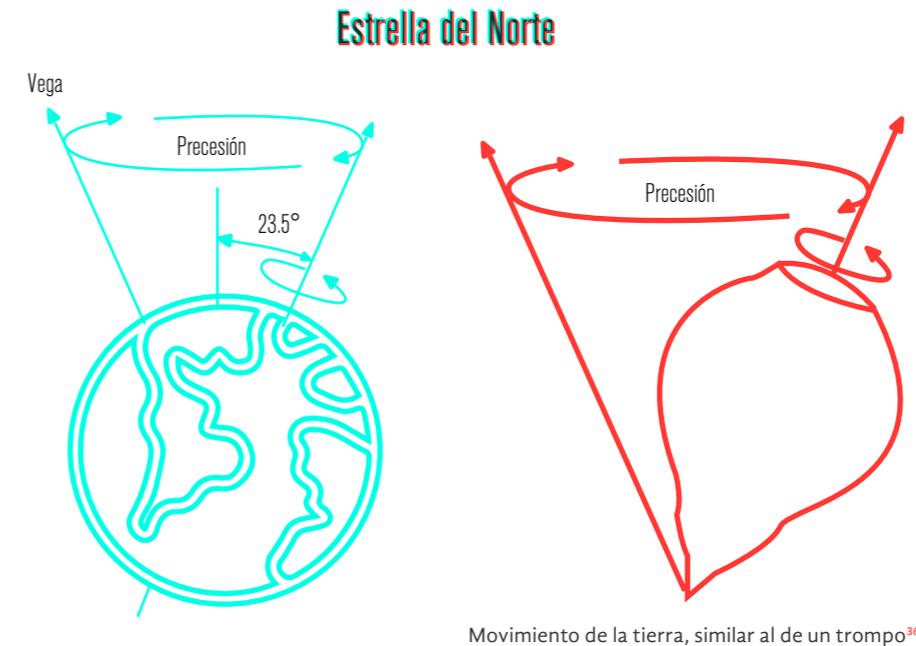
³⁵ Marrero, *La tierra y sus recursos*, 34.

El clima cálido que se presenta en la franja del ecuador a los trópicos se debe a que, durante todo el año, el haz de rayos solares incide en una superficie menor comparada con la que reciben los polos, que en una superficie cuatro veces mayor, aproximadamente, reciben ese mismo haz de rayos solares, por lo que en este caso su temperatura permanece baja durante todo el año manteniendo nieve perpetua.

Los movimientos de la tierra generan también cambios diarios y estacionales. Bertran de Quintana, en *Con el sol en la mano*, describe siete movimientos de la tierra, de los cuales los que afectan el clima son tres:

- **Rotación:** Cada 24 horas aproximadamente; genera las variaciones de temperatura entre el día y la noche.
- **Traslación:** Cada 365 días $\frac{1}{4}$. Produce las diferentes estaciones del año.
- **Precesión:** Movimiento cónico en relación con la inclinación de $23\frac{1}{2}^{\circ}$ del eje de la tierra, respecto del plano de la eclíptica cada 21 000 años.

El efecto de la rotación de la tierra en las condiciones del tiempo se observa en la menor temperatura de un día completo que se presenta en las últimas horas de la madrugada, entre las 5 y las 6 horas, y la mayor temperatura que se presenta normalmente entre las 13:30 y las 14 horas, un poco después del medio día de hora solar verdadera.

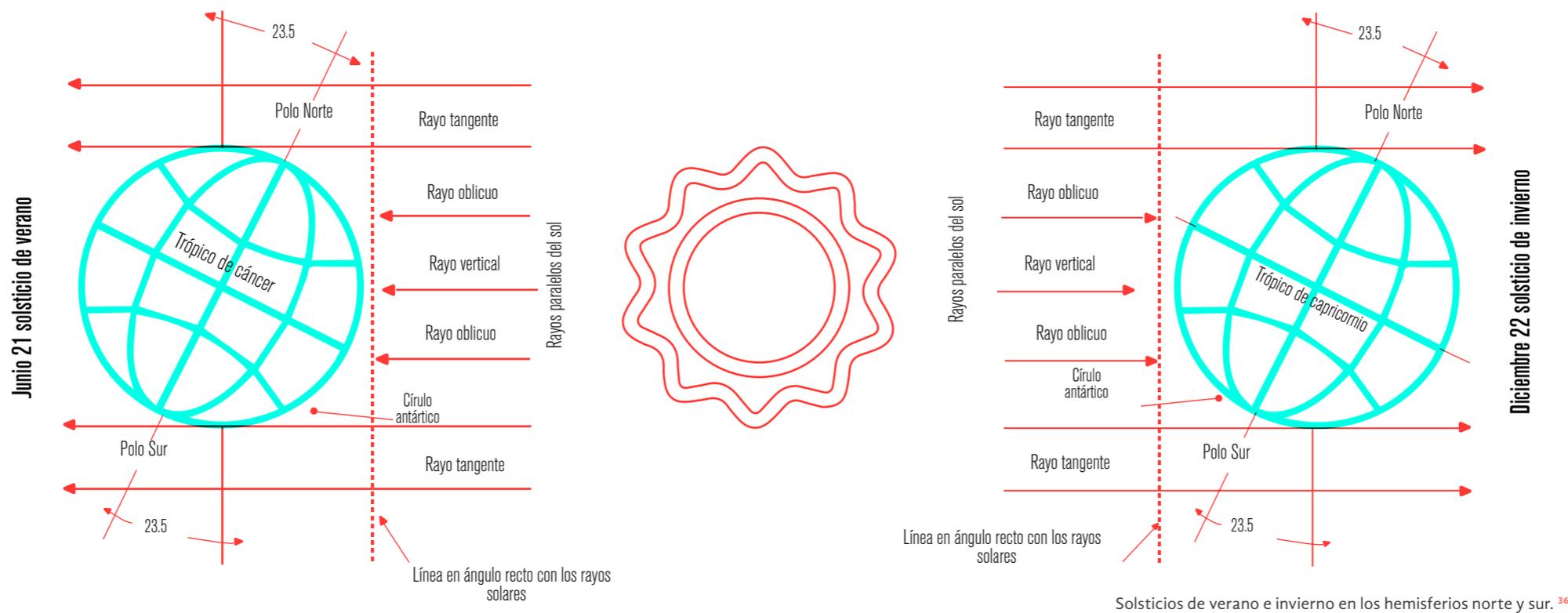


Movimiento de la tierra, similar al de un trompo³⁶

Por otra parte, la inclinación que posee el eje de rotación de la tierra, con respecto al plano de rotación, provoca, durante la translación de la tierra alrededor del sol, diferencias en los climas, puesto que el sol incide sobre la superficie terrestre con diferentes inclinaciones durante el año; esto último puede verse en la imagen siguiente.

El solsticio de verano se presenta el 21 de junio en el hemisferio norte, cuando en el trópico del cáncer los rayos solares inciden de manera perpendicular a la superficie de la tierra. Durante este período el polo norte recibe radiación solar a lo largo de

³⁶ Miguel de Beltrán Quintana, *Con el sol en la mano*, (México: UNAM, 1982,) 65.



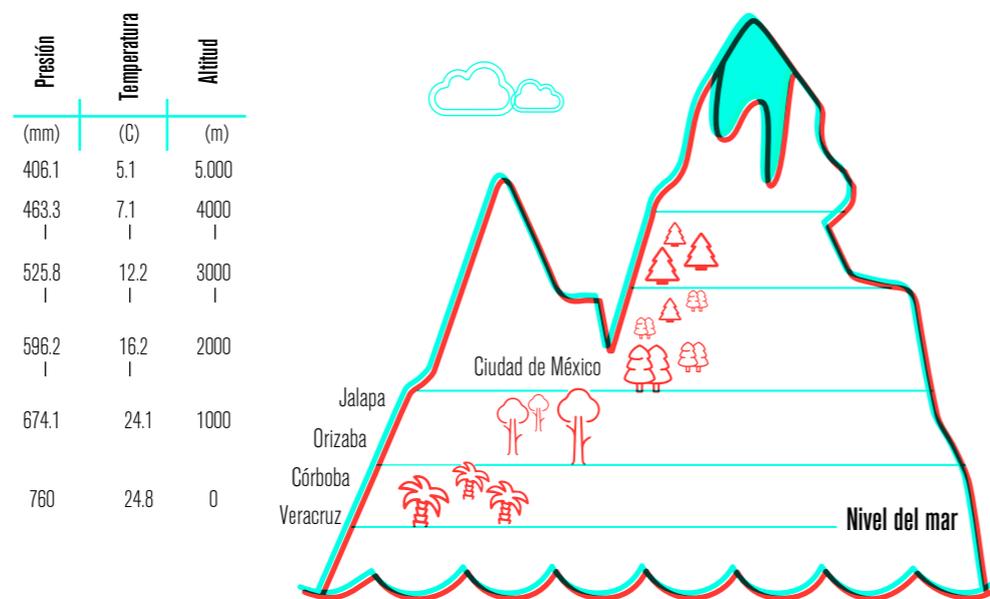
todo el día, lo que provoca lo que se conoce como sol de media noche, mientras que en el hemisferio sur se presenta el solsticio de invierno. Estas condiciones se invierten el 21 de diciembre, cuando en el hemisferio norte sucede el solsticio de invierno y en el hemisferio sur, con los rayos solares incidiendo perpendicularmente en el trópico de capricornio, se presenta el solsticio de verano, durante el cual el polo sur recibe radiación solar todo el día. De esta manera, tanto el día como la noche duran 6 meses en los polos de ambos hemisferios.

Los otros dos períodos intermedios entre estas dos posiciones extremas de la inclinación de la tierra con respecto al sol son los equinoccios de primavera, que sucede en el hemisferio norte el 21 de marzo, y el de otoño, que tiene lugar el 22 de septiembre. Durante estos dos períodos los rayos solares inciden perpendicularmente en el ecuador, lo que provoca días y noches de igual duración en la zona intertropical de la tierra.

³⁷ Marrero, *La tierra y sus recursos*, 42.

El movimiento de precesión, por otra parte, provoca en un período de tiempo muy largo el cambio de fechas de solsticios y equinoccios, pues completa el ciclo de giro en 21 mil años; esto puede haber sido detectado por los astrónomos mayas, ya que su calendario de cuenta larga (una era sideral cíclica de trece baktunes) es de 5 200 años, lo cual corresponde, aproximadamente, a un cuarto de giro del movimiento de precesión.

Respecto a la altitud, la temperatura ambiente disminuye 0.65 °C por cada 100 metros de elevación de la superficie terrestre desde el nivel del mar; en nuestro país contamos con sitios



Variación de la temperatura de acuerdo a la altura del sitio.

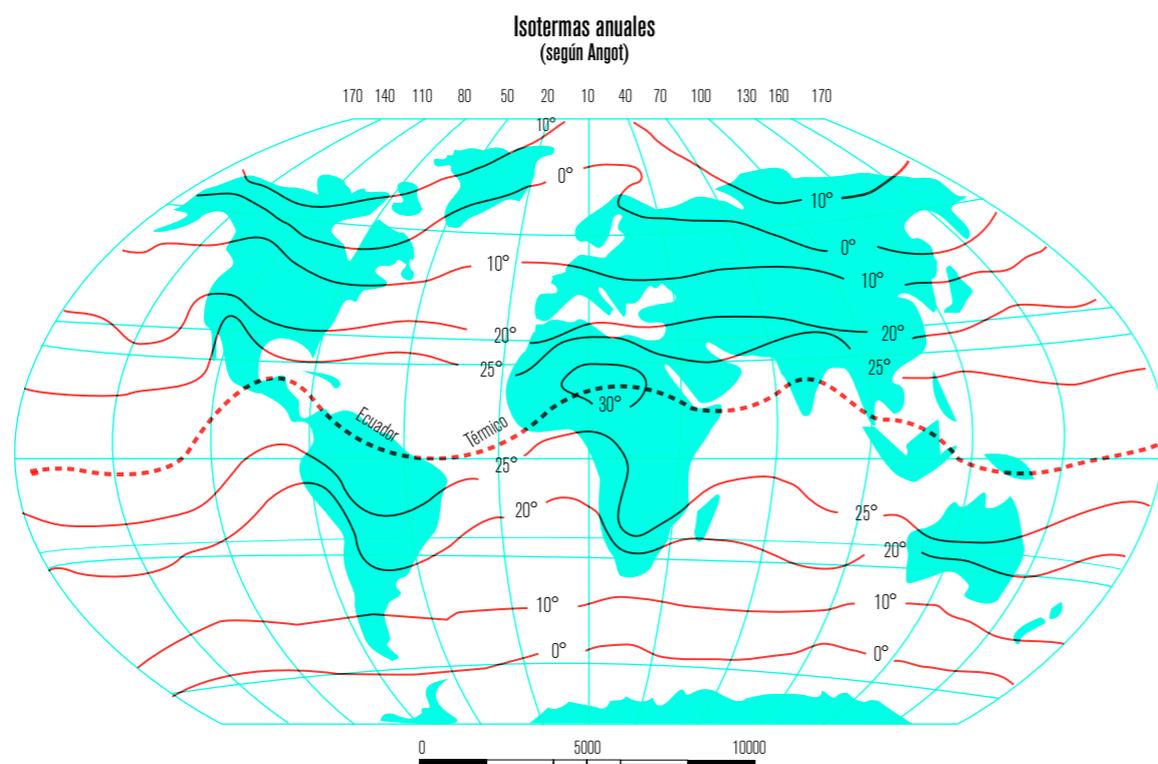
que a pesar de estar dentro de la zona intertropical se encuentran a una altura de más de 2 mil metros respecto al nivel del mar (como es el caso de la Ciudad de México) por lo que el clima no es cálido sino templado.

En la imagen anterior se observa que, en un momento determinado, la temperatura en el puerto de Veracruz es de casi 25°C, mientras que en la Ciudad de México es de 16.6 °C.

Respecto del relieve se puede decir que la Sierra Madre oriental genera un cambio en el clima de la República mexicana, pues al ascender sobre ella los vientos que vienen del Golfo de México, cargados de humedad, generan una abundante precipitación y dejan pasar suficiente humedad a los valles y montañas interiores, lo que produce precipitaciones más o menos abundantes en regiones donde el clima de otro modo sería seco.³⁸ Por su parte, la Sierra Madre occidental, al estar más cerca de la costa, protege a las poblaciones detrás de ella del impacto de los ciclones que llegan a esa zona, a diferencia de la península de Yucatán que, al no contar con montañas que la protejan, es atravesada fácilmente por los ciclones.

En el caso de un proyecto arquitectónico, se debe tomar en cuenta que las poblaciones que estén asentadas cerca de estas zonas montañosas reciben menos radiación solar durante el día o la tarde, según estén ubicadas al este o al oeste de dichas zonas.

³⁸ García, *Apuntes de Climatología*.



Desviación del ecuador térmico, debido a la masa de los continentes³⁹

Distribución de tierras y aguas

Las masas de tierra continentales ejercen un cambio en la distribución de temperaturas a escala global, como puede observarse en el mapa anterior.

La radiación solar que incide con mayor intensidad a nivel del ecuador y que provoca los climas cálidos característicos de las regiones intertropicales no se refleja en la línea que define al

³⁹ Enriqueta García de Miranda. *Apuntes de climatología*. México: UNAM-Instituto de Geografía, 1986, 42.

ecuador térmico, ya que mientras que esta temperatura se mantiene a lo largo del ecuador, en el océano pacífico, al acercarse a la costa del continente americano, se desvía hacia el macizo continental que le queda más cerca (sureste de la República mexicana), y de ahí continúa por el norte de América del sur, en donde retoma un pequeño tramo del ecuador en el Océano Atlántico para desviarse nuevamente hacia el macizo del Continente africano.

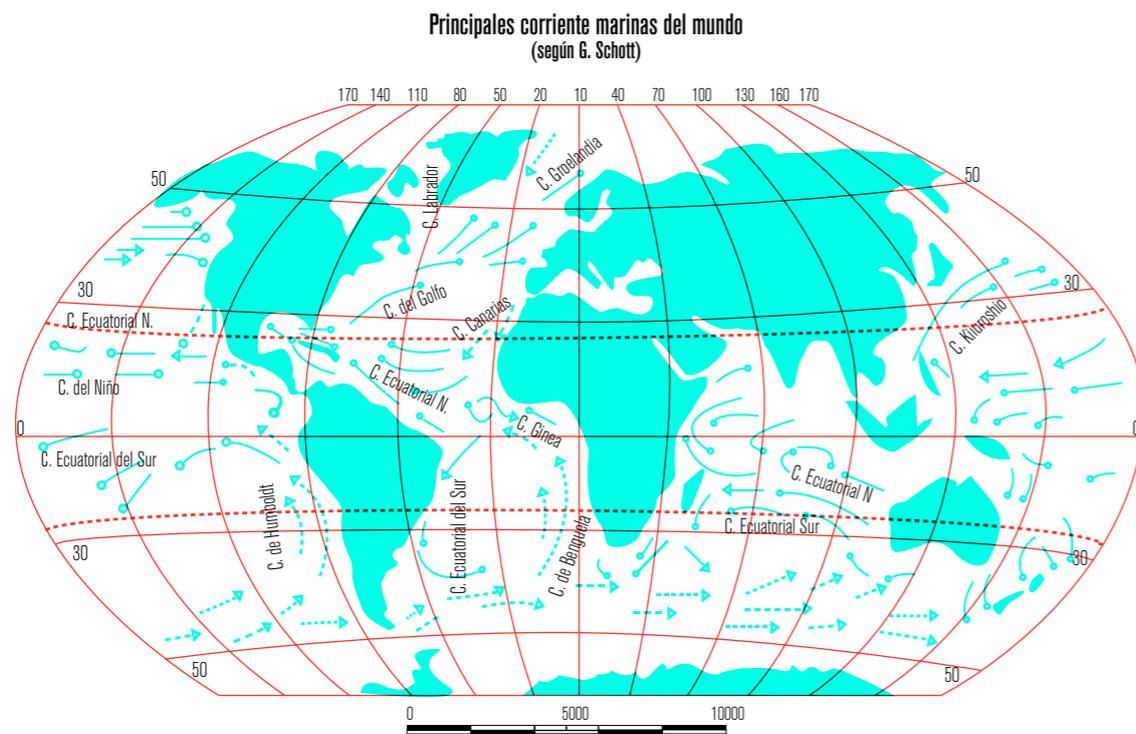
Por lo tanto, las temperaturas durante el invierno, de la costa oeste de Norteamérica son menos frías que las temperaturas de la costa a causa de esta desviación del eje térmico.

Corrientes marinas

De acuerdo con Enriqueta García,⁴⁰ las corrientes marinas se producen por diferencias térmicas debidas al desigual calentamiento de las aguas de los mares que originan diferencias de densidad en ellas, por la fricción de los vientos en las superficies oceánicas que hacen que el agua superficial se mueva más o menos en la dirección que ellos llevan, y por diferencias de salinidad del agua del mar debidas en gran parte a las diferencias en la precipitación y la evaporación del agua de la superficie de las diversas partes del océano.

Las corrientes marinas tienen una influencia en el clima global; por ejemplo, la corriente del Golfo de México, al ser una

⁴⁰ García, *Modificaciones al sistema de clasificación climática*.



Corrientes marinas en el mundo.⁴¹

corriente cálida, sale al Océano Atlántico por el estrecho de la Florida, atraviesa el Océano y al llegar al Golfo de Vizcaya se divide en dos ramas, una bordea las costas noreste de Europa, por lo que esta zona goza de un clima benigno. Si revisamos las rutas que siguió Cristóbal Colón, se puede apreciar que se valió de esta corriente en su viaje de regreso a Europa.

⁴¹ García, *Modificaciones al sistema de clasificación climática*.

Por último, es importante tomar en cuenta que para definir un tipo de clima se debe recurrir a la clasificación climática mundialmente aceptada de Köppen, que está basada en la fisonomía de los grandes grupos de plantas superiores. Sin embargo, este sistema no se adapta adecuadamente a las condiciones climáticas de nuestro país, ya que fue concebido para las amplias zonas climáticas del mundo que se extienden esencialmente en latitud y no en altitud.⁴²

La clasificación climática que se debe tomar en cuenta para nuestro país es la de Enriqueta García, que utilizó la clasificación climática de Köppen, pero la modificó y adaptó a las condiciones climáticas del país.

⁴² García, *Apuntes de Climatología*.

Estrategias de diseño térmico



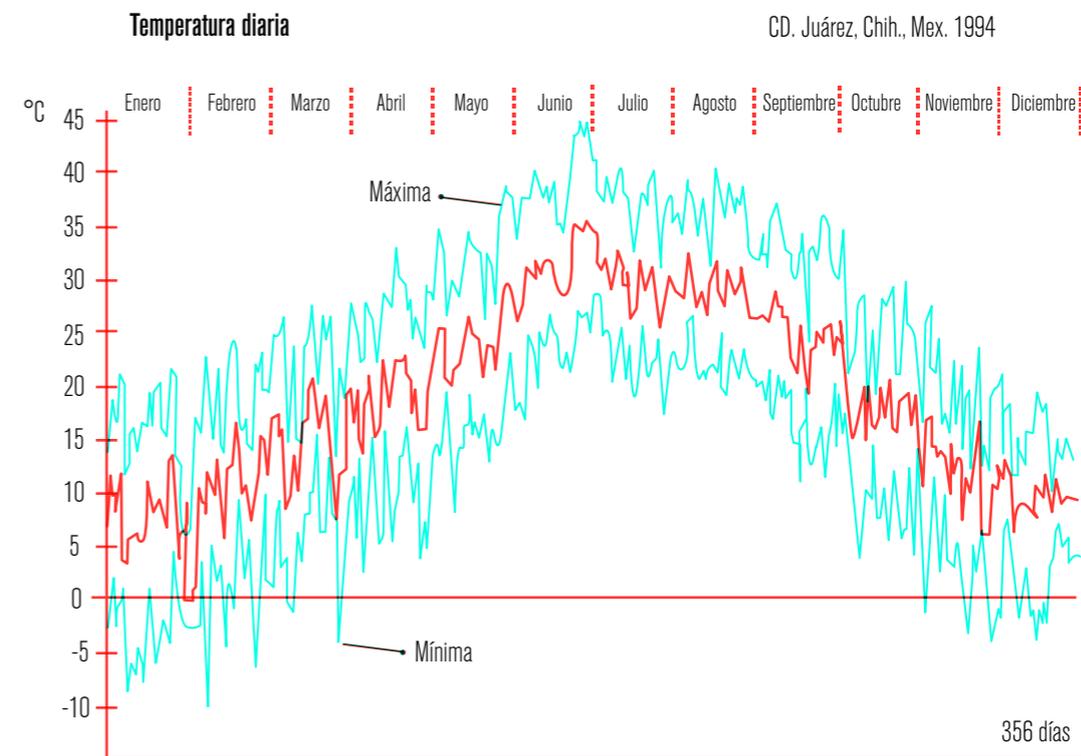
Es momento de analizar la interrelación entre las cuatro variables del clima (descritas en el capítulo anterior) y los tres aspectos del programa arquitectónico que son relevantes para los fines de la eficiencia energética en las edificaciones (los cuales fueron descritos en el capítulo 1): Actividad de los ocupantes y condiciones de comodidad, Tipo y horario de uso de la edificación y Ubicación y topografía del predio, que nos ayudan a plantear las estrategias de diseño térmico, para un proyecto arquitectónico determinado.

Además de esto, la Arquitectura Vernácula proporciona una fuente importante de experiencias de diseño exitoso para diferentes tipos de clima, ya que está basada en el resultado de pruebas de ensayo y error llevadas a cabo durante largos períodos de tiempo por los habitantes de diversas regiones del mundo; tal es el caso de los mayas, quienes adecuaron sus edificaciones al clima cálido húmedo de nuestro país.

La temperatura del aire ambiente es la variable climatológica que afecta tanto a la envolvente de los edificios como a los usuarios de éstos durante un ciclo diario completo; si comenzamos, entonces, con el análisis del efecto de esta variable, obtenemos la estrategia de diseño térmico para un clima extremo.

Los casos de este tipo de clima que se presentan en nuestro país corresponden a la zona norte, en la que se tienen variaciones de temperatura altas entre el día y la noche durante todo

el año, y condiciones extremas durante el verano y el invierno, como puede observarse en las temperaturas de Ciudad Juárez Chihuahua, que se encuentra en la siguiente gráfica.



Temperatura diaria en un año prototipo en Cd. Juárez, Chihuahua¹

¹ Rivero, "Tesis de Maestría en Arquitectura"

El clima de Ciudad Juárez se puede caracterizar, a partir de la gráfica anterior, como seco extremo debido a que manifiesta las condiciones típicas del desierto, en donde, al haber muy poca nubosidad durante todo el año, la radiación solar atraviesa la atmósfera sin la barrera que constituirían las nubes, lo que eleva la temperatura del ambiente hasta un máximo de 45 °C en verano. Durante la noche, todo el calor ganado en el día se pierde rápidamente al ascender hacia el cielo y las partes altas de la atmósfera; por ello, la temperatura ambiente llega a un valor mínimo de 27 °C, este rango de 18 °C de diferencia entre la temperatura en el día y la de la noche en verano, se amplía a 26 °C en invierno, con temperatura máxima en el día de 21 °C y mínima en la noche de -5.0 °C.

La estrategia de diseño térmico que se tiene para este tipo de climas fue desarrollada por culturas como la árabe, con envolventes de alta inercia térmica y poca infiltración. Usando el material que tenían a la mano, construyeron sus viviendas con muros masivos de adobe, pocas ventanas pequeñas y con un patio central en el que ubicaban un jardín con fuentes, para generar un microclima del que se beneficiaba toda la vivienda.

La estrategia térmica planteada, no debe tomarse como una receta que se aplica de manera indiscriminada en estos tipos de clima; podemos ver cómo un arquitecto de la talla de Frank Lloyd Wright aplicó esta estrategia en lugares como Taliesin West en donde logró el mismo resultado que los árabes pero empleando



Edificio en Valle de Dades, Marruecos

materiales de construcción diferentes; esto se debe a que usó muros de piedra masivos y ventanas escasas y pequeñas, además utilizó también un espejo de agua que proporciona un microclima como el de los patios centrales de la arquitectura árabe.

La estrategia aplicada a edificios aislados la utilizaron también los árabes a escala urbana; esto fue lo que sucedió en Yemen, donde construyen edificios altos de adobe que ubicaron muy cerca unos de otros, con lo que lograron calles estrechas sombreadas la mayor parte del día, durante todo el año.

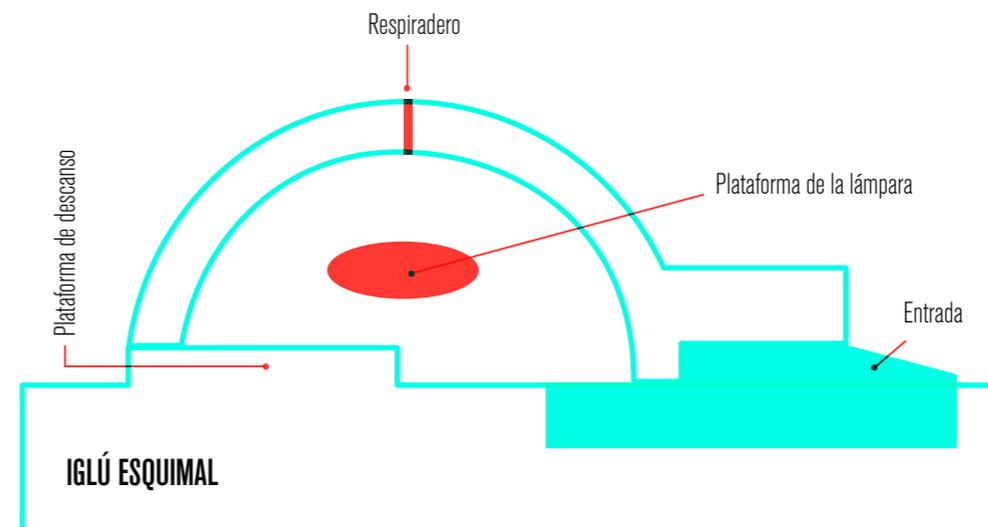
A escala urbana no es posible plantear que se tenga poca infiltración, pero como varias ciudades de Yemen están rodeadas con amplias áreas de vegetación, el viento que pasa previamente por estas zonas se carga de humedad y cambia su temperatura de bulbo seco a bulbo húmedo, lo que disminuye la temperatura de manera significativa, ya que la humedad relativa en el desierto es muy baja. Por otra parte, al tener calles estrechas con edificios altos, sus muros no reciben radiación solar directa, por lo tanto pueden almacenar fácilmente el calor de los habitantes de la ciudad que caminan por sus calles sombreadas, por lo que la sensación térmica de la gente es de mucha frescura.

Los habitantes de las regiones polares, donde también se presenta un clima extremo, han desarrollado, asimismo, envolventes para sus viviendas con la misma estrategia de las regiones cálidas desérticas, pero en este caso utilizan el material que tienen a la mano, como el hielo, y construyen casas provisionales en invierno con bloques de hielo gruesos, con los que forman una bóveda para tener buena estabilidad estructural, y dejan una entrada a nivel del piso con un antepecho para evitar el ingreso de aire frío, y una pequeña abertura en el techo para la salida de gases de la lámpara que utilizan para iluminar y calentar el espacio, como se muestra en la siguiente imagen.

La temperatura que se logra en el interior del iglú con esta estrategia de diseño es de, aproximadamente, 40°C más que la que se tiene en el exterior, ya que las temperaturas en el invierno

no en estas latitudes llegan a ser de -40 °C, mientras que en el interior del iglú es de 0 °C. Esta temperatura puede parecer muy baja, sin embargo los esquimales usan como abrigo pieles gruesas de los animales que cazan, que de acuerdo a los hermanos Olgyay es equivalente a una protección de 4 o 4.5 clo;² se aprecia en la imagen 4 del capítulo 2 que con esa protección clo. los usuarios de una habitación están confortables incluso en una temperatura de 0 °C.

El clima cálido no extremo requiere una estrategia de diseño térmico diferente. En este caso se requiere envolventes con ventilación natural. Un ejemplo de este tipo de clima



Esquema de un iglú³

² C.f la figura 4 en el capítulo 2

³ <http://www.aramon.com/blog/aramon/por-que-son-calidos-los-iglus>

en nuestro país es Acapulco, donde se presenta un clima cálido subhúmedo. Las construcciones que se hicieron en Acapulco durante la época colonial siguieron, en parte, la tradición de la arquitectura árabe heredada a los españoles a través de los siglos que duró la invasión musulmana. Sin embargo, aunque se conserva la estructura de un patio central con jardín y fuentes, la envolvente ya no es de alta inercia térmica y poca infiltración, puesto que aquí se deja pasar libremente el viento.

La estrategia de diseño térmico para clima cálido no extremo se puede aplicar con facilidad a escala urbana, como se hizo en el proyecto del Laboratorio de Energía Solar (LES) de la UNAM, en Temixco, Morelos, que actualmente pasó a ser el Instituto de Energías Renovables (IER).

El proyecto arquitectónico del LES fue desarrollado por el autor del presente texto en colaboración con el Dr. Diego Alfonso Sámano; el conjunto original se observa a continuación.

El clima de Temixco, Morelos, es cálido semiseco con temperaturas máximas durante la primavera de 34 °C, que corresponde a la época seca del año. La estrategia, entonces, consistió en generar una distribución de los edificios que contienen a los cubículos de los investigadores de manera escalonada para aprovechar la ubicación del conjunto en la parte alta de una loma (ubicación y topografía del predio), con vista hacia el sur de donde provienen los vientos dominantes del sitio durante el día. Los cubículos están confinados entre dos hileras de laboratorios; la correspon-



Planta de conjunto del LES, actualmente IER. Dibujo desarrollado por el autor.

diente al ala oeste se conformó de manera escalonada para, por una parte, tener una barranca de ese lado del conjunto y, por la otra, para aprovechar la iluminación y ventilación. Las fachadas al sur y norte quedan por el desfase de cada uno de los laboratorios ubicados en esa zona del conjunto. De esta manera, toda la fachada oeste se diseñó ciega mediante un doble muro ventilado con el fin de evitar que la radiación solar almacenada en el muro durante la tarde afectara las condiciones de habitabilidad al interior del espacio.

La vegetación que rodea a todo el conjunto ayuda a cambiar la temperatura del aire que atraviesa por los cubículos y pasillos laterales, por lo que pasa de ser de bulbo seco a bulbo húmedo, particularmente durante la primavera, cuando la humedad relativa es más baja.

La capacidad de almacenamiento térmico de los materiales de construcción es otra estrategia de diseño térmico que se debe aprovechar, sobre todo en climas extremosos. Si se buscará en internet cualquier imagen de Yemen, podríamos observar su implementación tanto en sus calles como en los edificios. En ella se puede apreciar que al mantener sombreados los muros masivos de adobe durante todo el día, el calor que podrán almacenar fácilmente es el de los habitantes de la ciudad que transitan en sus calles.

Asimismo, las viviendas de interés social en nuestro país pueden aprovechar el tener una altura baja de entrepiso. Como el techo de los edificios recibe radiación a lo largo de todo el día, durante el invierno la radiación solar que incide sobre el techo se almacena en éste y al radiar parte de ese calor acumulado durante la noche al interior de la vivienda, se mantiene una temperatura de confort en este período del año. En primavera y verano, se debe evitar que ingrese a la vivienda el calor acumulado en el techo, por lo que se puede tener un sistema de “techo escudo” a la radiación solar, como el que se detallará más adelante.

En climas extremosos es posible ventilar de manera natural las habitaciones utilizando la estrategia de épocas y horarios de ventilación; si observamos nuevamente la gráfica primera, las temperaturas en Ciudad Juárez, durante un día en invierno, oscilan entre 18 y 22 °C, mientras que en la noche de verano se encuentra entre 21 y 27 °C, por lo que se puede ventilar durante el día en el invierno y por la noche en verano, de manera natural en este clima extremoso.

La radiación solar es otra variable climática que afecta de manera importante a las edificaciones; por ello, debemos generar envolventes que la aprovechen en climas fríos o en épocas frías del año. En este último caso, se necesita tomar en cuenta la geometría de las aperturas de captación para que, de acuerdo con la gráfica solar, se permita su ingreso solamente en la época fría del año.

La aplicación de esta estrategia en el caso de la vivienda de interés social se puede dificultar debido a que, en general, la lotificación para este tipo de proyectos es de frentes cada vez más pequeños y, por lo tanto, con fachadas de poco desarrollo; con esto se limita la posibilidad de aprovechar la energía solar para climatizarlas de manera natural. La techumbre en estos casos se debe aprovechar como quinta fachada y generar la geometría de captación adecuada de acuerdo con la latitud del lugar y con base en la gráfica solar.

En climas templados, como el de la Ciudad de México, se deben también proteger las fachadas oeste, ya que de lo contrario se pueden generar condiciones fuera de la comodidad térmica por las tardes de prácticamente todo el año al interior de los edificios. En el campus de Ciudad Universitaria se tienen ejemplos de los elementos sombreadores que se diseñaron para la protección de estas fachadas en los edificios de la Facultad de Medicina y en el que actualmente forma parte de la Unidad Multidisciplinaria de la Facultad de Arquitectura. En este último caso, se tuvieron que desoldar los partesoles de la fachada oeste debido a que se habían colocado en una posición equivocada.

Los partesoles de esta fachada se colocaron nuevamente, pero con un sistema automatizado de movimiento, de manera que se pueden girar para sombrear parte del interior de acuerdo con las necesidades de cada caso.

Los sistemas automatizados, sin embargo, se pueden evitar si se proyectan adecuadamente las ventanas de los edificios, como es el caso del edificio principal de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, proyectado por Francisco Serrano, y que se puede observar en la imagen siguiente. Este edificio está ubicado en contraesquina de la Unidad Multidisciplinaria, por lo tanto la fachada del edificio de Ingeniería tiene orientación este; sin embargo, las ventanas verticales están orientadas con una inclinación hacia el sureste, de manera que durante el verano no entra radiación solar directa a las aulas sino que se aprovecha la radiación difusa para

iluminar de manera natural; durante el invierno, la radiación solar penetra al interior de las aulas y proporciona calefacción natural sin afectar por deslumbramiento los pizarrones.

Ahora bien, el techo de los edificios (la quinta fachada) es el que recibe durante todo el día el efecto de la radiación solar; por lo tanto, una estrategia de diseño térmico es la de sistemas escudo al sobrecalentamiento de la envolvente. Esta estrategia se implementó en los techos de los cubículos del actual Instituto de Energías Renovables, en el que –aprovechando que el sistema



Fachada oeste Unidad Multidisciplinaria, Facultad de Arquitectura, UNAM
Rafael Carlos Guerrero



Fachada sur, zona de cubículos de investigadores (Entrada de aire, techo escudo)
Rafael Carlos Guerrero

constructivo que se utilizó fue el de vigueta y bovedilla— se utilizaron los huecos de las bovedillas para formar un ducto ventilado, gracias a lo cual se evitó la construcción un doble techo para lograr el sistema escudo al sobrecalentamiento de la envolvente, como se observa en las figuras 11, 12 y 13; en ellas se observa la manera en que se logró generar un ducto ventilado al romper las caras inferiores de la primera hilera de bovedillas a la orilla del volado de la fachada sur en la zona de cubículos del IER.

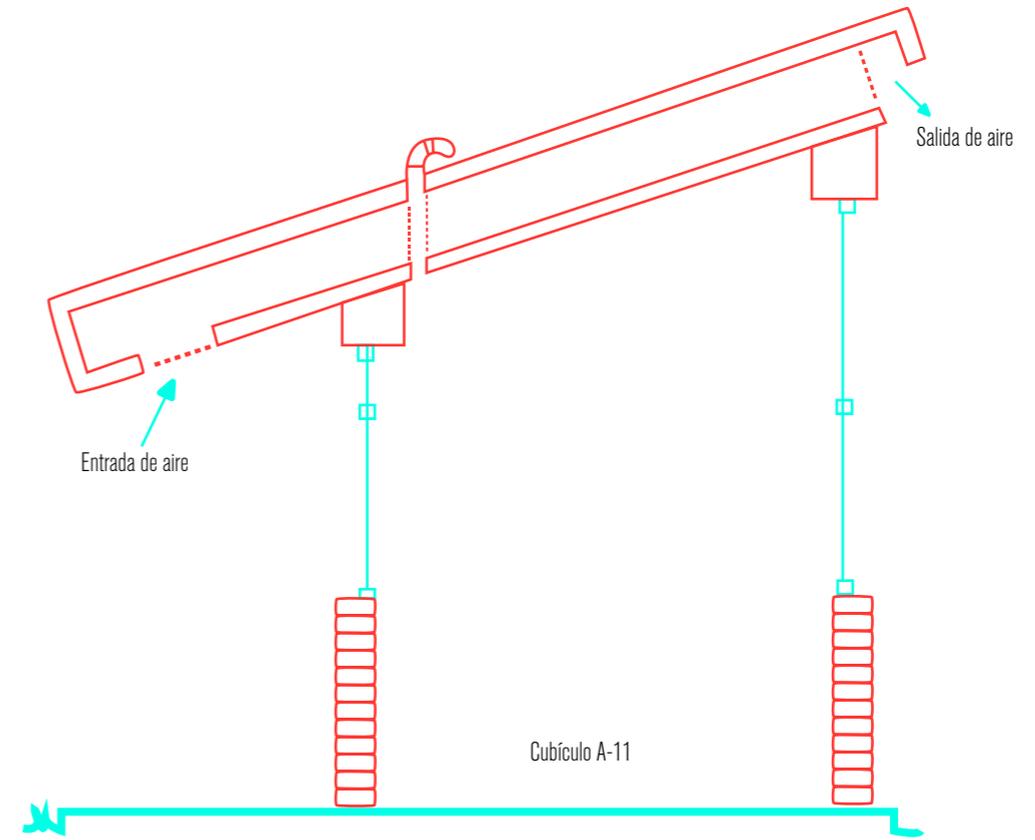
En la fachada norte, las bovedillas se dejaron abiertas al recargar el sistema sobre la trabe de borde y sobre la capa de concreto por la parte superior del techo, con la que se cierra el sistema 40 centímetros por fuera de la fachada norte, la cual remata con un faldón para evitar la entrada de lluvia por los huecos de las bovedillas.



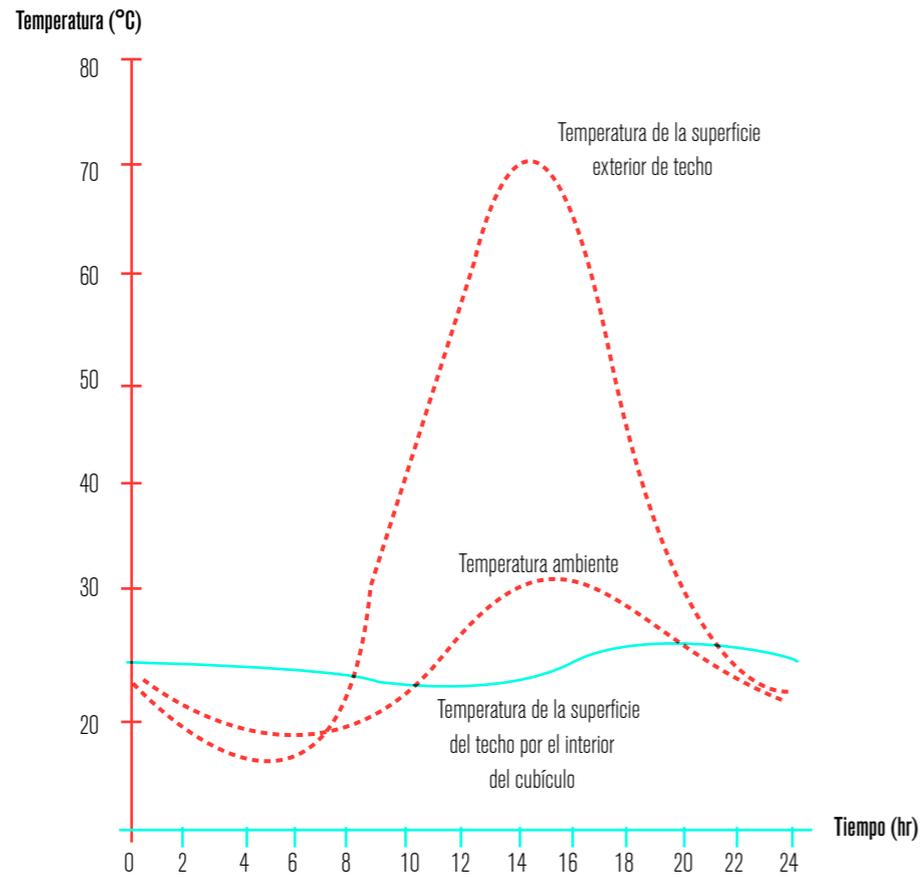
Fachada este del edificio principal de la Facultad de Ingeniería de la UNAM
Rafael Carlos Guerrero



Fachada norte de cubículos (salida del aire caliente del techo escudo)
Rafael Carlos Guerrero



Corte esquemático del cubículo utilizado para registrar las temperaturas del techo.
Dibujo desarrollado por el autor.



Temperaturas del sistema de descarga de calor en el techo de un cubículo del IER

Este sistema de descarga de calor se evaluó colocando dos sensores de temperatura, uno incrustado sobre el techo del cubículo A-11 y otro en la parte inferior de la techumbre. Estas dos temperaturas se compararon con la del ambiente el día 14 de mayo de 1986 que se puede ver en la gráfica anterior.

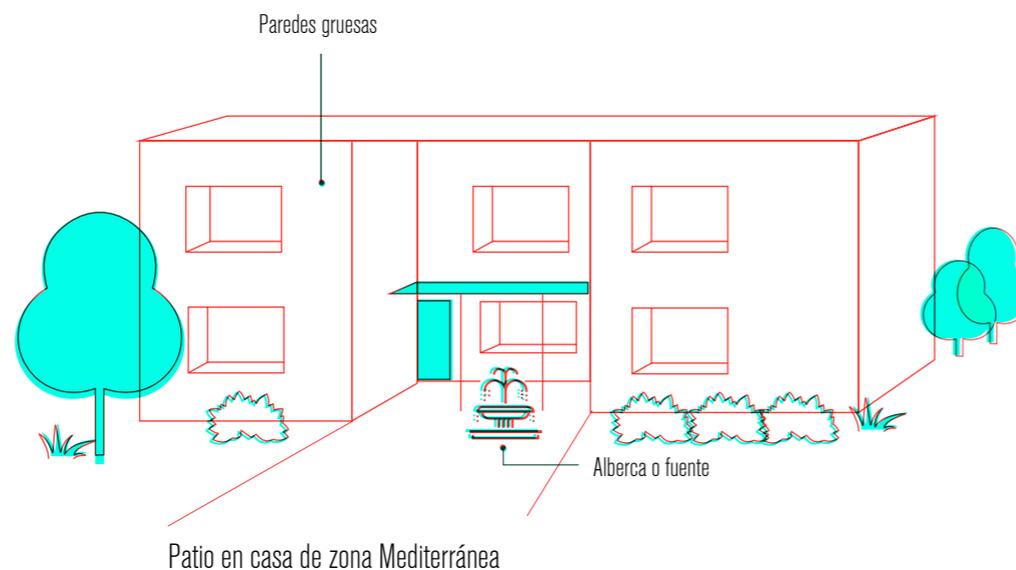
Las líneas punteadas representan los registros de la temperatura en el plafón, con 24 °C en la noche y 22 °C en la madrugada

y hasta las 12 horas, momento en el que se incrementa hasta un máximo de 28 °C a las 20 horas, momento en el cual la temperatura ambiente comienza a descender (línea continua), estas temperaturas en el plafón están dentro de los rangos de comodidad para los usuarios del cubículo. Por otra parte, las temperaturas en el techo del cubículo están por debajo de la temperatura ambiente durante la noche y en cuanto sale el sol empiezan a incrementarse rápidamente, hasta un máximo de 73 °C entre las 13:30 y 14 horas.; estos valores representan una diferencia entre la temperatura máxima en el plafón y la máxima en el techo de 45 °C y una diferencia de 6 horas entre cada uno de esos eventos. Con base en estos resultados se le denominó como sistema escudo a la radiación solar a esta estrategia de diseño térmico.

La región visible del espectro electromagnético de la radiación solar se debe aprovechar para la estrategia de diseño de iluminación natural, ya que se permitirá el ingreso del rango visible y se evitará el rango infrarrojo, de manera que se iluminará el espacio naturalmente pero sin calentarlo, sobre todo en un clima cálido.

Esta estrategia de diseño la aprovechó el arquitecto Frank Lloyd Wright en su proyecto del edificio de oficinas en Wisconsin, en ella se observan las famosas columnas esbeltas con el remate de los capiteles circulares, con los que logró un nivel adecuado de iluminación natural –debido a las sombras proyectadas– según las actividades del edificio.

La humedad relativa del aire es la siguiente variable climatológica que se debe analizar para establecer las estrategias de diseño térmico adecuadas. Cuando en las condiciones del ambiente esta variable está entre 30 y 70% de humedad relativa, no es necesario establecer ninguna estrategia de diseño térmico en particular, pero cuando está por debajo de 30% y la temperatura ambiente está por arriba de las condiciones de comodidad térmica para los usuarios de los edificios, entonces se debe aplicar la estrategia de enfriamiento evaporativo del aire, que puede consistir, a escala arquitectónica, en una pequeña fuente colocada en un lugar estratégico de la vivienda, como se ve en la en la siguiente imagen.

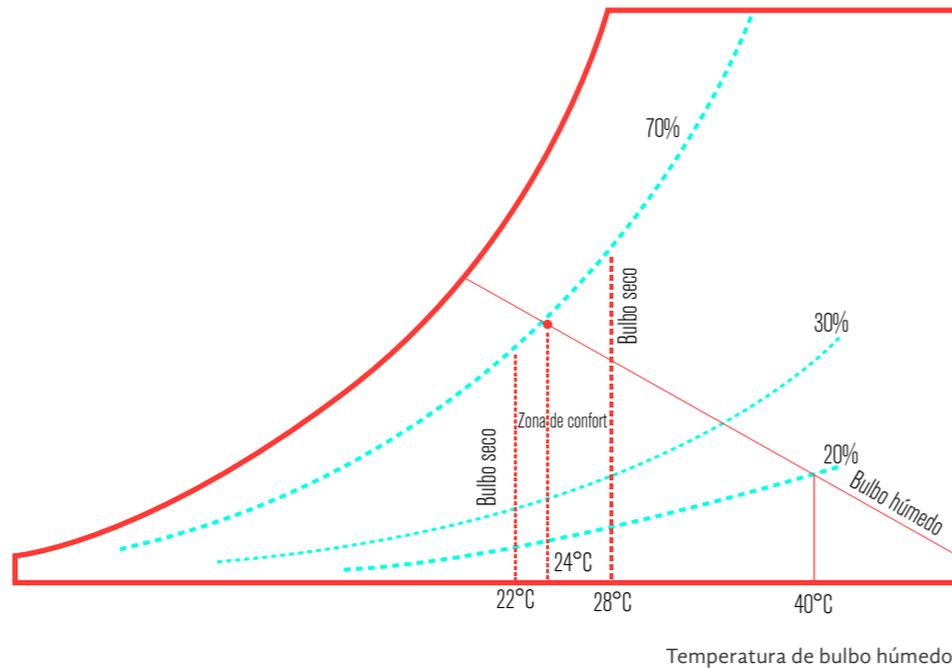


Estrategia de humidificación del viento, para bajar su temperatura en la época seca del año.

La estrategia anterior se aplica también a escala urbana, como la planteada en el libro *“Guía básica para el acondicionamiento climático de espacios abiertos”*, del grupo de termotecnia del departamento de Ingeniería Energética y Mecánica de fluidos de la Universidad de Sevilla, España; en una parte de este libro se describe el desempeño de unos surtidores de agua, durante cuatro días seguidos, con temperatura de bulbo húmedo del aire de 24° C después de atravesar la lámina de agua, en el momento en el que la temperatura ambiente estaba a casi 40° C. Esta diferencia de temperaturas puede disminuir si la humedad relativa del ambiente aumenta.⁴ El cambio de temperatura del aire ambiente de bulbo seco a bulbo húmedo se observa en el diagrama psicrométrico.

La condición de alta humedad relativa (arriba del 70%) y alta temperatura, por otra parte, representa un problema ambiental complicado de resolver por climatización natural, principalmente en el caso de edificios de oficinas en los que se requieren condiciones controladas de temperatura y humedad durante toda la jornada laboral de sus usuarios. Sin embargo, en el caso de la vivienda, se puede recurrir nuevamente a los ejemplos que la Arquitectura Vernácula desarrolló en estos tipos de climas, como es el caso de la casa maya.

⁴ José Juan Guerra, *Guía básica para el acondicionamiento climático de espacios abiertos* (Madrid: 1995).



En ella se puede observar la estrategia de diseño térmico que genera un alto porcentaje de recirculación del aire interior por medio de una planta elíptica con ventilación cruzada a través de toda la envolvente de ésta; esto se debe a que está conformada por muros muy esbeltos de bajareque, de manera que al secarse el aplanado con el que los cubrían, se forman grietas a través de las cuales circula el aire constantemente. Adicionalmente a esta estrategia para contrarrestar la alta humedad del ambiente, se tiene una distancia amplia de entre 4.5 y 5 metros entre el piso de la vivienda y la cumbrera de la techumbre, conformada con hojas secas de palma, a través de las cuales circula el aire, lo que genera un efecto térmico similar al mostrado en

el caso del techo escudo a la radiación solar, de manera que con todas estas características los mayas lograron viviendas confortables desde el punto de vista térmico en el clima cálido húmedo que caracteriza al sureste de la República mexicana.

La variable climatológica de dirección y velocidad del viento, finalmente, se ha tomado en cuenta en las estrategias anteriores, ya que de hecho el viento tiene siempre una determinada temperatura y está cargado de una determinada humedad; por lo tanto, las principales estrategias que se han planteado para esta variable climatológica son:

- Sistemas de escudo al viento, para envolventes de climas cálidos y fríos extremos.
- Ventilación a la estructura del edificio, en la que se permite el paso del viento a través de elementos de la estructura del mismo, como por ejemplo los huecos de las bovedillas, en el caso del techo escudo a la radiación solar, sin importar las condiciones de temperatura y humedad que tenga, ya que no incide sobre los usuarios del edificio.
- Ventilación directa del ocupante, como en el caso de los climas cálidos no extremos que se puede permitir la circulación del aire libremente por todo el edificio.

Proceso de diseño térmico

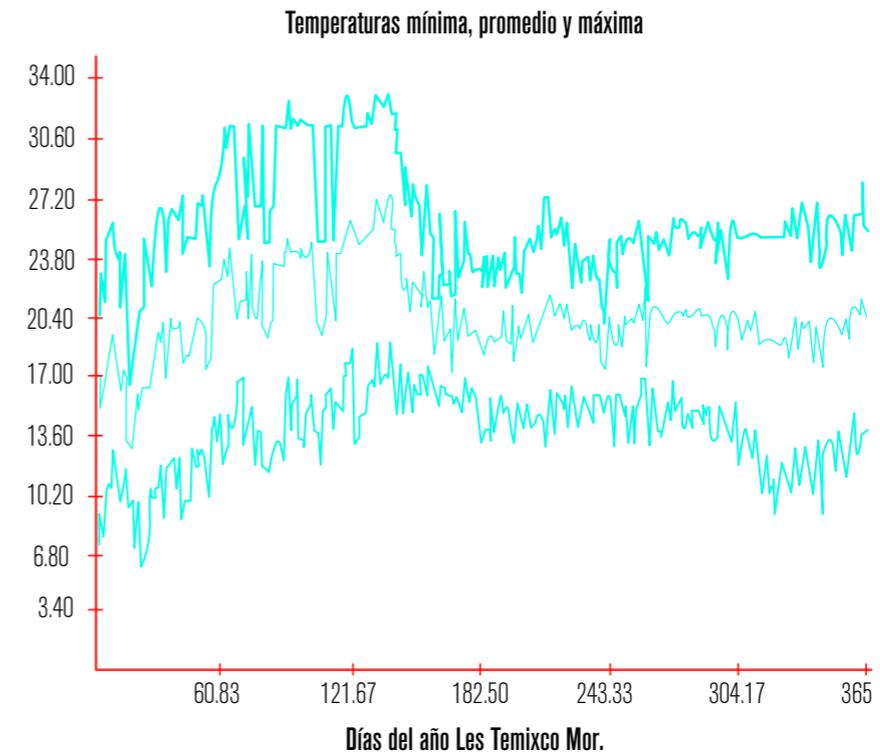


El proceso de diseño térmico tiene dos fases: la primera es la cualitativa, en la que se desarrolla la relación de variables climatológicas con los tres aspectos del programa arquitectónico que son relevantes para los fines de la eficiencia energética en las edificaciones y que se analizaron en el capítulo anterior. Las estrategias de diseño que resultan del análisis de estas relaciones de variables nos permitirán conformar un anteproyecto de la edificación. El resultado de esta fase del proceso, sin embargo, requiere ser verificado en la siguiente fase, la cuantitativa, la cual consiste en calcular el desempeño térmico del anteproyecto planteado para tener la seguridad de que resulte ser un proyecto arquitectónico de máxima eficiencia energética. En este capítulo se aplica, a manera de ejemplo, el proceso de diseño térmico que se siguió en el caso del proyecto arquitectónico del Laboratorio de Energía Solar, ubicado en Temixco, Morelos.

Proceso cualitativo

El proceso inicia con el análisis a detalle del clima del sitio, por lo que se presentan, en siguiente gráfica, las temperaturas de un año prototipo. En esta figura se observa una diferencia de, aproximadamente, 20 °C entre las temperaturas máximas y mínimas durante el invierno y la primavera; estas características corresponden a una época cálido-seca del año, con base en el análisis presentado en el capítulo de clima. Durante el día, las temperaturas máximas alcanzan entre 31 y 33 °C tanto a finales del

invierno como toda la primavera, lo cual representa a un clima cálido no extremoso. Al inicio del verano comienza el período de lluvias, lo que incrementa la humedad relativa y disminuye la temperatura a un máximo de 27 °C; esto se refleja también en una menor diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante el verano y, prácticamente, todo el otoño.



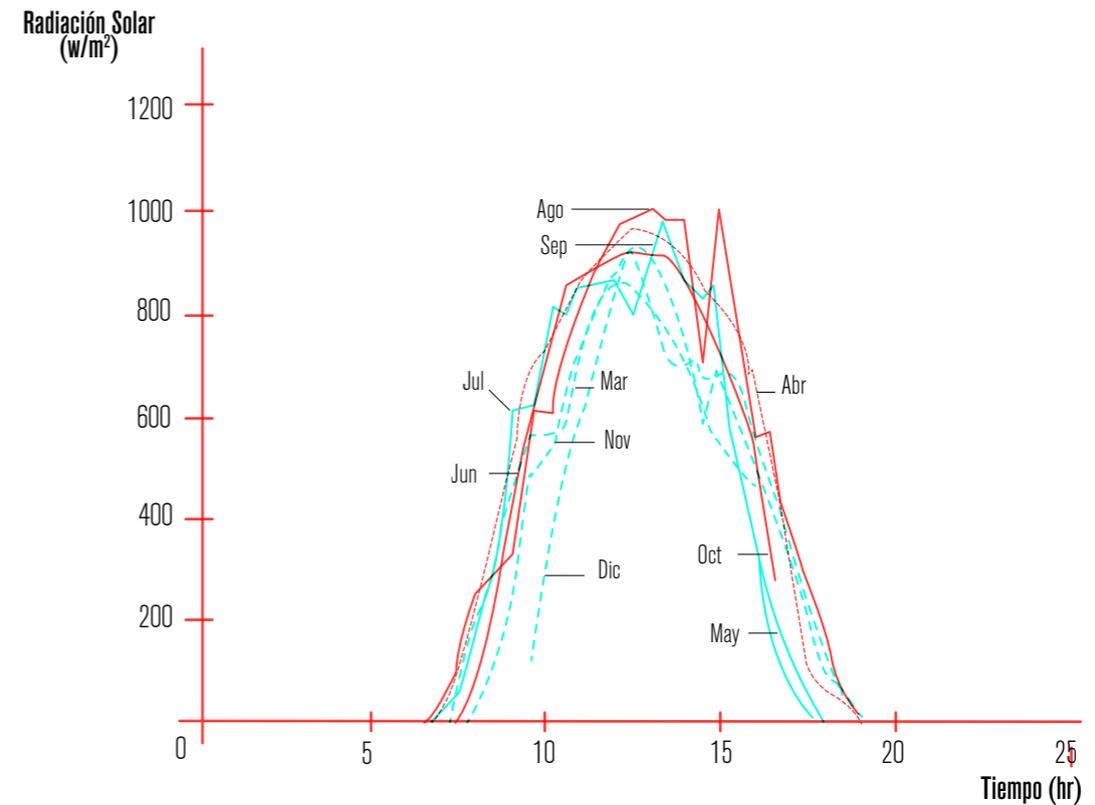
Temperaturas diarias. Temixco, Morelos.

La humedad relativa máxima que se llegó a registrar en el período húmedo del año fue de 80%, ligeramente superior al máximo del rango de comodidad recomendado. Con base en estos datos de temperatura y humedad en el lugar, la estrategia de diseño que se planteó, tanto para el proyecto del conjunto como para cada uno de los edificios, fue la de una envolvente con ventilación natural. El proyecto de conjunto que se generó se muestra en la *planta de conjunto*, del capítulo anterior.

Asimismo, y aunque la temperatura ambiente no representa una carga térmica importante durante todo el año, se debe tomar en cuenta el impacto que pueda generar la radiación solar en ese sentido. En la siguiente gráfica, se observa la radiación solar registrada durante 10 meses del año 1990.

Las gráficas mensuales, de marzo a diciembre, se muestran empalmadas. Se puede apreciar que la radiación solar máxima es de 1000 W/m² con ligeras variaciones durante todo el año.

Los resultados obtenidos de esta variable climatológica propiciaron las estrategias de protección de toda la envolvente a la radiación solar; con muros dobles ventilados en las fachadas oeste, un área de jardín con árboles en el frente de la fachada este, aleros de dos metros de largo que protegen la fachada sur y enredaderas para la protección de las fachadas norte; esta estrategia puede observarse en las figuras 11 y 12 del capítulo anterior. Además de todo esto, se proyectó un sistema escudo en contra de la radiación solar en los techos de los cubículos –como pue-



Registros de radiación solar global en Temixco, Morelos. De marzo a diciembre de 1990.

de verse en las figuras 13 y 14 del capítulo anterior—, el cual demostró tener un desempeño adecuado para la descarga de calor. Por último, la información de la dirección y velocidad del viento dominante del lugar se obtuvieron de la estación meteorológica de Temixco. La dirección del viento dominante es del sur sureste de manera muy constante durante el día, y la velocidad del viento tiene valores de entre 2 a 2.5 m/s, con algunos períodos de calma y ráfagas de hasta 6.5 m/s. Éstas se presentan con mayor intensidad durante la noche a finales del invierno y principios de primavera. La topografía del sitio donde se ubicó el conjunto

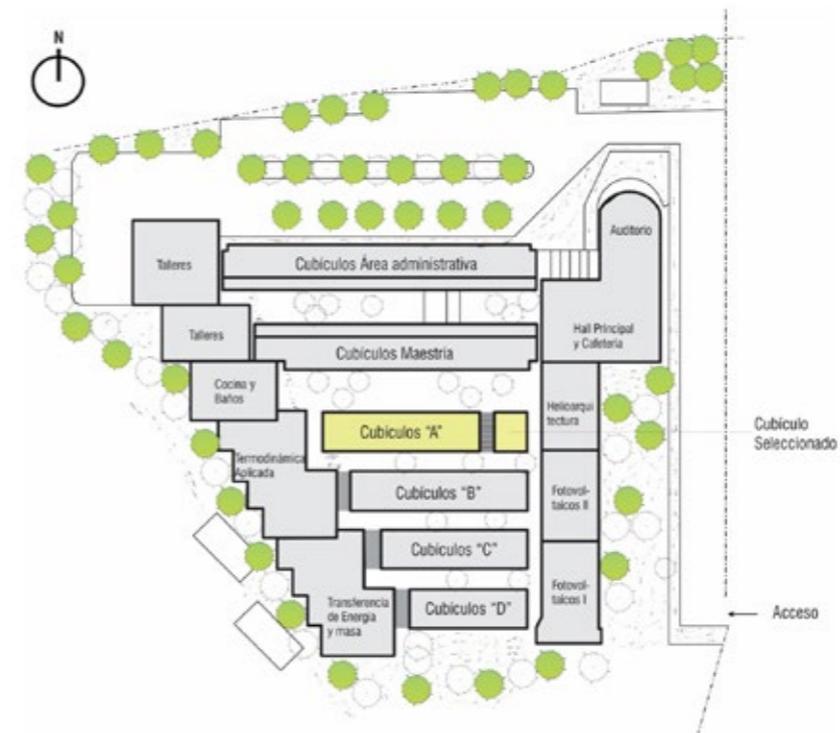
de edificios del LES facilitó el aprovechamiento de esta variable climatológica debido a que es una loma con vista hacia el sur y no hay ningún obstáculo para el paso del viento que cruza a través de todo este conjunto. Por otra parte, el valor que se tomará de la velocidad de viento para el proceso de cálculo térmico es de 1.5 m/s debido a que este proceso considera valores promedio por hora de las variables climatológicas, por lo que es preferible considerar en este caso un valor moderado.

Proceso cuantitativo

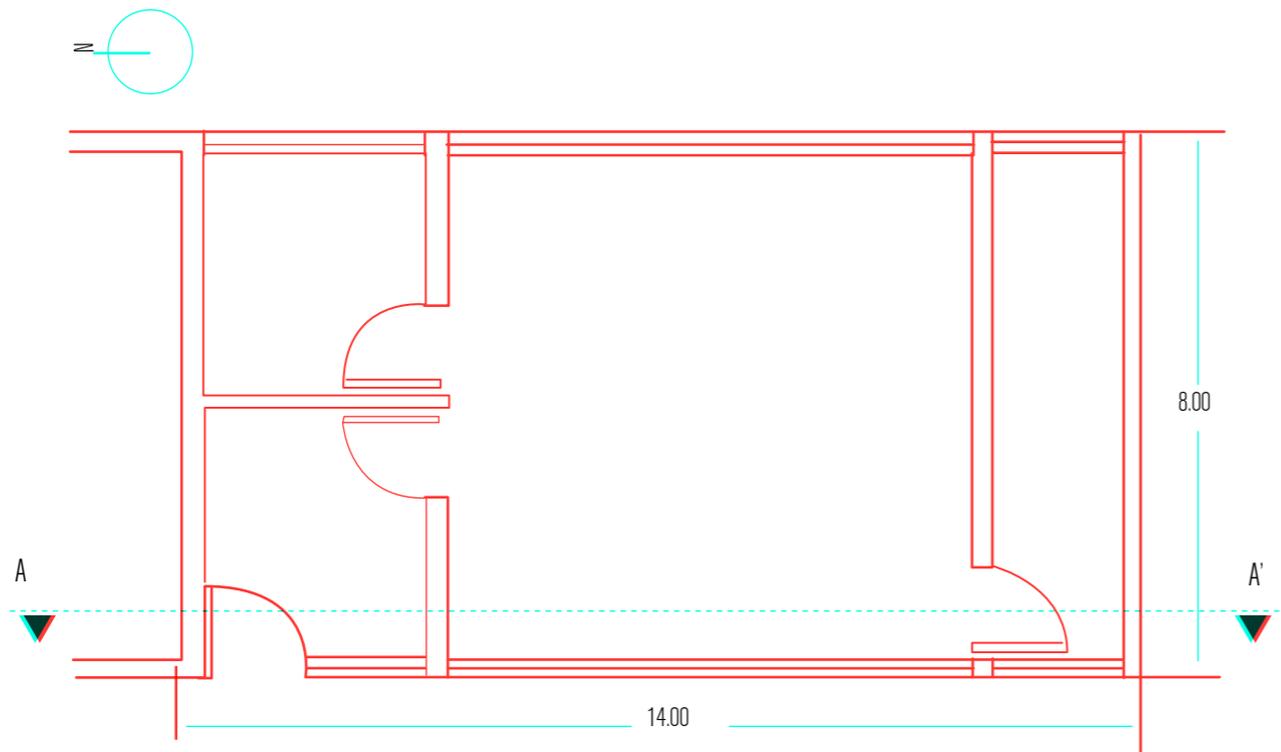
Este proceso se realizará por medio de las ecuaciones del programa TRNSYS que desarrolló la Universidad de Wisconsin. El cálculo térmico se aplicará en el laboratorio de Fotovoltaicos II, que está ubicado en el sureste del conjunto y cuenta con tres fachadas expuestas. Prácticamente todos los laboratorios que están en esta zona tienen ventanas en las fachadas este y oeste. El laboratorio de Fotovoltaicos II se diseñó con fachadas ciegas en las orientaciones oeste y sur debido a que es uno de los pocos edificios del conjunto que tiene aire acondicionado como consecuencia de los requerimientos de temperatura y humedad de las actividades que se desarrollan en su interior; para fines didácticos del cálculo térmico, se considerará que este laboratorio tiene las mismas condiciones que los demás laboratorios de esta zona del conjunto, es decir, que cuenta con ventanas en las fachadas este y oeste y está sujeto a las estrategias de climatización natural.

Las características de este edificio se muestran en las figuras 3, 4 y 5, en las que se indica tanto la ubicación del laboratorio dentro del conjunto como las dimensiones del laboratorio en planta y en un corte longitudinal.

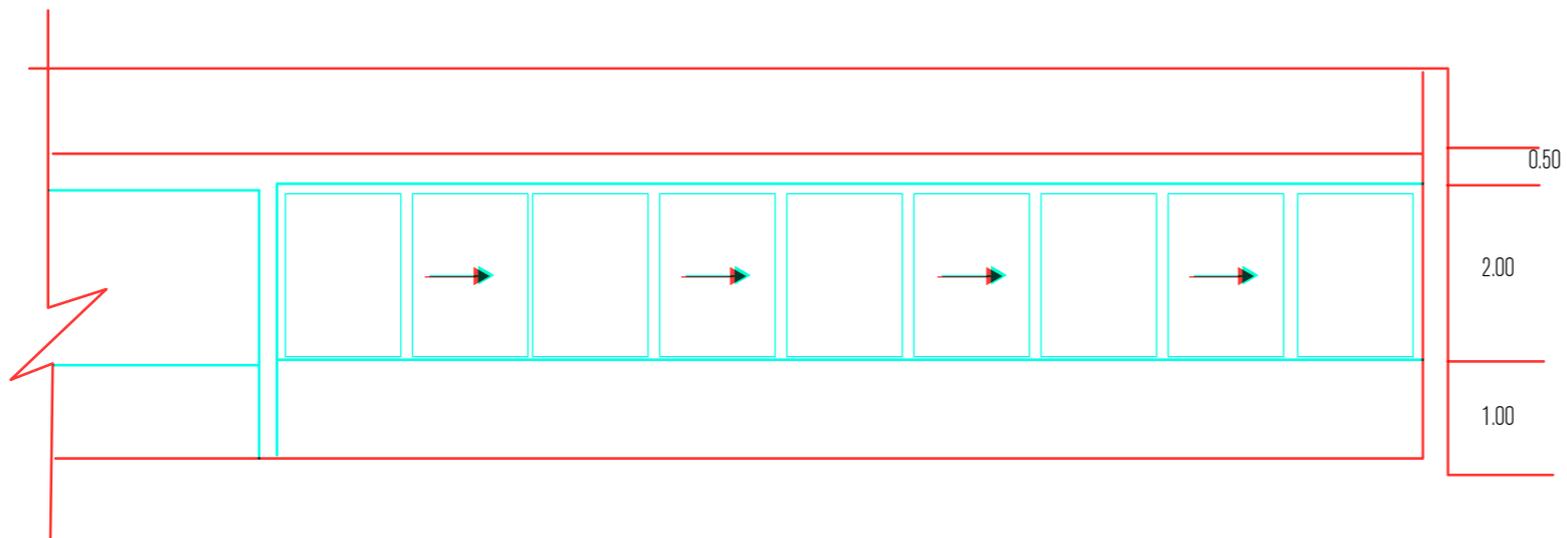
El día de diseño elegido es el 12 de mayo de 1990. Especificamos el año debido a que los datos climatológicos están basados en registros adquiridos mediante los instrumentos que se instalaron en el lugar.



Ubicación del laboratorio de Fotovoltaicos I.
Fuente: dibujo desarrollado por el autor.



Planta arquitectónica del Laboratorio de Fotovoltaicos I.
Fuente: dibujo desarrollado por el autor.



Corte A-A' Laboratorio de Fotovoltaicos I.
Fuente: Dibujo desarrollado por el autor.

Las coordenadas geográficas del sitio son:

Latitud 18° 51' L.N.
 Longitud 99° 14' L.O.
 Altitud 1285 msnm

Iniciamos el cálculo a las 8:00 del 12 de mayo de 1990. Los datos climáticos a esa hora son los siguientes:

Temperatura ambiente 24.15 °C
 Temperatura interior 26.00 °C
 Humedad Relativa 80 %
 Radiación Solar Global 135.35 w/m²

Generalmente la temperatura interior para el inicio del cálculo se debe proponer con base en los rangos de temperatura de comodidad que se tengan para un sitio determinado. Para este ejemplo se tomó como inicio la temperatura registrada dentro del cubículo señalado como seleccionado en la figura 3. Por otra parte, debido a que algunas de las constantes que se utilizan en el cálculo tienen valores de temperatura en °K, se tienen que convertir las temperaturas (tanto interior como ambiente) a esta medida; para ello, se les suma 273.15 con base en la información del capítulo de clima. Los valores de temperatura serán, entonces, los siguientes:

Temperatura ambiente 297.3 °K
 Temperatura interior 299.15 °K

La información de las propiedades térmicas de los materiales con los que está construido el edificio y que se aplicarán en el cálculo térmico se relacionan en la siguiente tabla:

Material	Espesor m	Conductividad Térmica k w/m ²	Calor Específico Cp Kj/Kg°C
Muros exteriores, Tabique hueco de barro	0.15	1.07 *	0.84 *
Ventanas de vidrio claro	0.005	1.05**	0.80**
Losa: impermeabilizante color terracota	0.001	0.03 *	1.673*
Enladrillado	0.02	1.07 *	0.84 *
Entortado, concreto pobre	0.05	0.677*	1.004*
Relleno de tezontle	0.20	1.153*	0.795*
Losa reticular, concreto armado	0.15	1.442*	1.004*

*Fuente: ASHRAE Handbook Fundamentals, Atlanta, G.A. 1981

**Fuente: Kurt Gieck, Manual de formulas técnicas 1981

Las propiedades ópticas de los materiales de la última capa de la envolvente se presentan en la siguiente tabla:

Material	Absortancia A	Emitancia ε
Muros y techo	0.80	0.99
Vidrio	0.15	0.94

ASHRAE Handbook Fundamentals

Otra información necesaria para el cálculo térmico proporcionada por la ASHRAE es la siguiente:

Constante de Stefan - Boltzman (σ) = $5.669 \times 10^{-8} \text{ w / hr m}^2 \text{ }^\circ\text{K}^4$

Coefficiente de convección del aire exterior (muros y ventanas)

$h_e = 34.06 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ (constante)

Coefficiente de convección del aire exterior (techo)

$h_e = 17.03 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ (constante)

Coefficiente de convección del aire interior (aire quieto) (muros y techo)

$h_i = 9.36 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

Coefficiente de convección del aire interior (aire quieto) (ventanas)

$h_i = 9.08 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

- Calor sensible personas (actividad de oficina) = 65 w/persona (conducción, radiación, convección)
- Calor latente personas (actividad de oficina) = 55 w/persona (evaporación)

Inicio del cálculo térmico

Cálculo del flujo de calor por conducción.

$$Q_{\text{cond}} = U \cdot A \cdot (T_{s/a} - T_{\text{int}})$$

Área de la superficie
 Temperatura del aire interior de la habitación
 (Sol/aire) = Temperatura del aire ambiente más el efecto de la radiación solar (directa y reflejada del cielo y los alrededores).
 Coeficiente global de transferencia de calor

Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (U)

$$U_{\text{muro}} = \frac{1}{\frac{1}{34.06} + \frac{0.15}{1.07} + \frac{1}{9.36}} = 3.618$$

Se redondea a $3.62 \text{ w/h m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

$$U_{\text{ventana}} = \frac{1}{\frac{1}{34.06} + \frac{0.15}{1.05} + \frac{1}{9.08}} = 6.93$$

$6.93 \text{ w/h m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

$$U_{\text{techo}} = \frac{1}{\frac{1}{17.03} + \frac{0.001}{0.03} + \frac{0.02}{1.07} + \frac{0.05}{0.677}} = 1.76 \text{ w/h m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$$

$1.76 \text{ w/h m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

Cálculo de la temperatura sol / aire

$$T_{sa} = T_{amb} + \frac{\alpha * H_t}{h_o} - \frac{\varepsilon * DR}{h_o} \quad (^\circ K)$$

Radiación solar global (medida en el plano horizontal) H_t
 Absortancia de la superficie α
 Temperatura Sol - aire T_{sa}
 Temperatura ambiente T_{amb}
 Coeficiente de convección más radiación h_o
 Emitancia de la superficie ε
 "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"¹ DR

SLP = ángulo de techumbre respecto a la horizontal

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

Constante de Stefan-Boltzman (5.669 E-08 watts/hr m² °K⁴) σ

¹ La ASHRAE sugiere usar DR=0 para superficies verticales.

Para un techo inclinado se obtendrá el ángulo de la inclinación. En este ejemplo SLP es igual a 0° por ser techo horizontal plano. Se calcula si hay nubes de lo contrario vale cero.

$$t_{sky} = \text{temperatura del cielo} = 0.0552 * t_{amb}^{1.5}$$

Se calcula si se tiene pavimentos, en caso de jardines o espejos de agua el valor es igual a cero.

$$t_{surr} = \text{temperatura de los alrededores} = t_{amb} + 10^\circ K$$

$$h_o = h_w + h_{ir} = 4\sigma T^3$$

Coeficiente de convección más radiación h_o
 Coeficiente de convección h_w
 Coeficiente de convección h_{ir}
 Temperatura ambiente + temperatura de la pared T
 Velocidad de viento (m/seg) en este caso 1.5m/s w
 Coeficiente de convección $32.7 + 12.6 * w$ (KJ/m²°K)

Cálculo de DR

$$Dr = 5.669 * 10^{-8} * \left[\frac{1+1}{2} * (282.96^4 - 297.3^4) \right] = -79.44$$

$$-79.46 \text{ w/h m}^2 \text{ } ^\circ K$$

Cálculo temperatura del cielo Tsky

$$t_{sky} = \text{temperatura del cielo} = 0.0552 * T_{amb}^{1.5}$$

$$t_{sky} = 0.0552 * 297.3^{1.5} = 28.96 \quad t_{sky} = 282.96^{\circ}K$$

Cálculo del coeficiente ho

$h_o = h_w + h_{ir}$
 Coeficiente de convección más radiación
 Coeficiente de convección $32.7 + 12.6 * v$ (KJ/m²°K)
 Velocidad del viento 1.5 m/s
 Sustitución
 $h_w = 32.7 + [13.7(1.5)] = \frac{53.25 KJ / m^2 \text{ } ^{\circ}K}{3.6} = 14.8 W / m^2 \text{ } ^{\circ}K$
 Factor de conversión de KJ a watts.
 Resultado final: $h_w = 14.8 W/h \text{ } m^2 \text{ } ^{\circ}K$

La temperatura de la pared, que forma parte de la ecuación del coeficiente de radiación h_{ir} , se calcula mediante el siguiente análisis de flujo de calor por conducción en un muro, donde:

QK = calor que se transmite por conducción en el muro

Qhi = calor por convección del aire interior

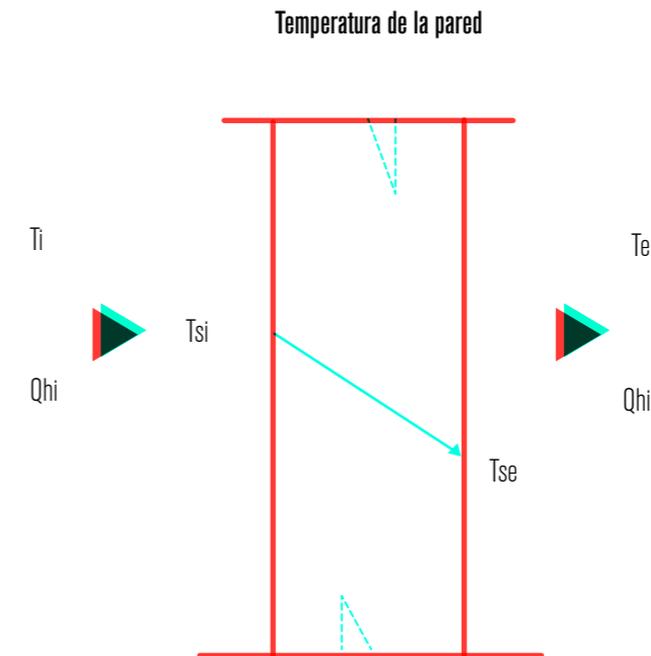
Ti = temperatura interior

Tsi = temperatura de la superficie interior del muro

Tse = temperatura de la superficie exterior del muro

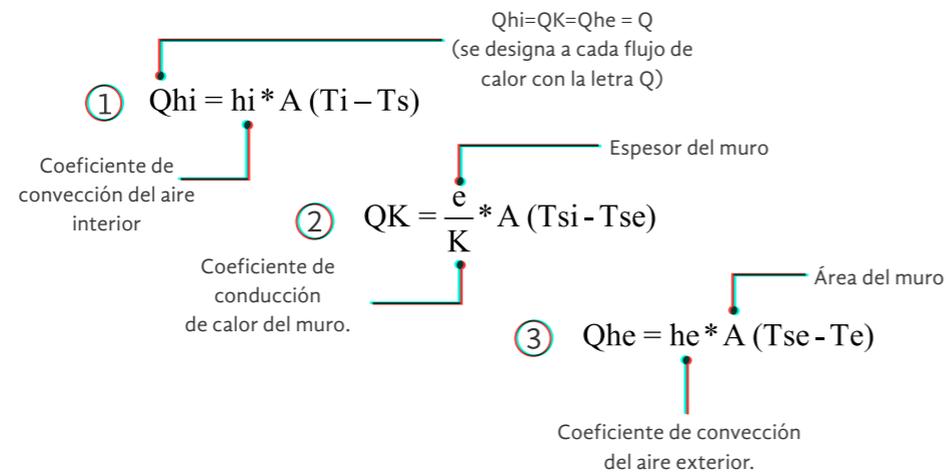
Te = temperatura del exterior

Qhe = calor por convección del aire exterior



Componentes del flujo de calor a través de un muro

Las ecuaciones de cada uno de los flujos de calor quedan establecidas de la siguiente manera:



Al despejar en cada una de las ecuaciones la diferencia de temperaturas, se obtiene:

En ① $\frac{Q}{A} * \frac{1}{h_i} = T_i - T_{si}$

En ② $\frac{Q}{A} * \frac{e}{K} = T_i - T_{se}$

En ③ $Q * 1 = T_{se} - T_e$

Tomando como factor común $\frac{Q}{A}$

La temperatura de la superficie interior y de la superficie exterior se eliminan y queda una sola ecuación de la siguiente manera:

$$\frac{Q}{A} \left(\frac{1}{h_i} + \frac{e}{K} + \frac{1}{h_e} \right) = T_i - T_e$$

Al despejar Q, se obtiene: $Q = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e}{K} + \frac{1}{h_e}} * A(T_i - T_e)$

La ecuación anterior corresponde a la del flujo de calor por conducción (Q_{cond}), puesto que el primer término representa al coeficiente global de transferencia de calor (U).

El cálculo de la temperatura de la superficie exterior se puede realizar despejando T_{se} en la siguiente ecuación.

Se calcula de la ecuación anterior

$$T_{se} = \frac{Q}{A} * \frac{1}{h_e} + T_e$$

El área A se tomará como unitaria (1m²)

24.15°C

17.03 w/m² °K

Al despejar:

$$\textcircled{1} Q = \frac{1}{\frac{1}{9.36} + \frac{0.15}{1.07} + \frac{1}{34.06}} (1)(26 - 24.15)$$

$$Q = 3.62(1.85) = 6.697$$

$$\textcircled{2} T_{se} = \frac{6.697}{1} * \frac{1}{34.06} + 24.15 = 24.34^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} 24.34 + 24.15 &= 48.49^{\circ}\text{C} \\ +273.15 &= 321.64^{\circ}\text{K} \end{aligned}$$

$$\textcircled{3} h_{ir} = 4(5.669 * 10^{-8}) * 0.99 * (321.64)^3 = 7.46$$

$$h_{ir} = 7.46 \text{ w/h m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{K}$$

El valor del coeficiente ho es igual a

$$h_o = 14.8(h_w) + 7.46(h_{ir}) = 22.26$$

Con los resultados de los cálculos anteriores se continúa con el de la temperatura sol/aire:

$$T_{s/a} = 297.3 + \frac{135.35 * 0.80}{22.26} - \frac{-79.46 * 0.99}{22.26} =$$

$$T_{s/a \text{ techo}} = 297.3 + 4.86 + 3.53 = 305.69$$

$$T_{s/a \text{ techo}} = 305.869 \text{ } ^{\circ}\text{K}$$

En el cálculo de la temperatura sol/aire anterior, la radiación solar global se tomó de acuerdo con el valor reportado a esa hora por el piranómetro. Este aparato se coloca en el plano horizontal, de manera que registra la radiación solar que incide sobre ese plano. En el caso de la temperatura sol/aire para muro y ventana, se debe tomar en cuenta los ángulos en altura solar y azimut para calcular la radiación solar que reciben perpendicularmente a cada hora del día; en este caso los ángulos son:

$$\text{Altura solar} = 33.09^{\circ}$$

$$\text{Azimut} = 12.00^{\circ}$$

La función trigonométrica que se debe aplicar es la del coseno en cada caso:

$$\text{Cos } 33.09 = 0.8378 * 135.35 = 113.396$$

$$\text{Cos } 12.00 = 0.978 * 113.396 = 110.918$$

$$H_t \text{ muro y ventana} = 110.918 \text{ w/m}^2$$

Se toman en cuenta sólo los dos primeros términos de la ecuación correspondiente como consecuencia de que el valor que la ASHRAE recomienda para DR en el caso de muros y ventanas es igual a cero:

$$T_s / \text{a muro} = 297.3 + \frac{110.918 * 0.80}{22.26} = 301.28$$

$T_s / \text{a muro} = 301.28 \text{ } ^\circ\text{K}$

$$T_s / \text{a ventana} = 297.3 + \frac{110.918 * 0.15}{22.26} = 298.04$$

$T_s / \text{a ventana} = 298.04 \text{ } ^\circ\text{K}$

Con lo anterior, se tiene toda la información necesaria para realizar el cálculo del flujo de calor por conducción:

$Q_{\text{cond muro este}} = 3.62 * 14.00 (301.28 - 299.15) = \mathbf{107.94 \text{ w/h}}$

$Q_{\text{cond muros sur y oeste}} = 3.62 * 38.00 (297.3 - 299.15) = \mathbf{-254.48 \text{ w/h}}$

$Q_{\text{cond ventana este}} = 6.93 * 28.00 (298.04 - 299.15) = \mathbf{-215.38 \text{ w/h}}$

$Q_{\text{cond ventana oeste}} = 6.93 * 28.00 (297.3 - 299.15) = \mathbf{-358.97 \text{ w/h}}$

$Q_{\text{cond techo}} = 1.76 * 112.00 (305.69 - 299.15) = \mathbf{1289.16 \text{ w/h}}$

Cálculo de la ganancia de calor por radiación solar

$$Q_{\text{shg}} = A_v * F_c * H_t$$

Radiación solar (componente perpendicular a la ventana)

Área de ventana

Fracción de la radiación solar que pasa por la ventana (obstrucción de aleros y partes soles) y transmitancia del vidrio^(τ) (0.80 para vidrio claro)

En la planta de conjunto del IER se observa que hay un jardín frente a la fachada este del laboratorio de Fotovoltaicos II el cual obstruye el paso de radiación solar a esta fachada durante la mañana; sin embargo, se va a considerar, con fines didácticos, que esta fachada recibe radiación solar durante el día y sólo se tomará, para el valor de FC, la transmitancia del vidrio, de esta manera se sabrá la cantidad de carga térmica que podría recibir desde las primeras horas de la mañana:

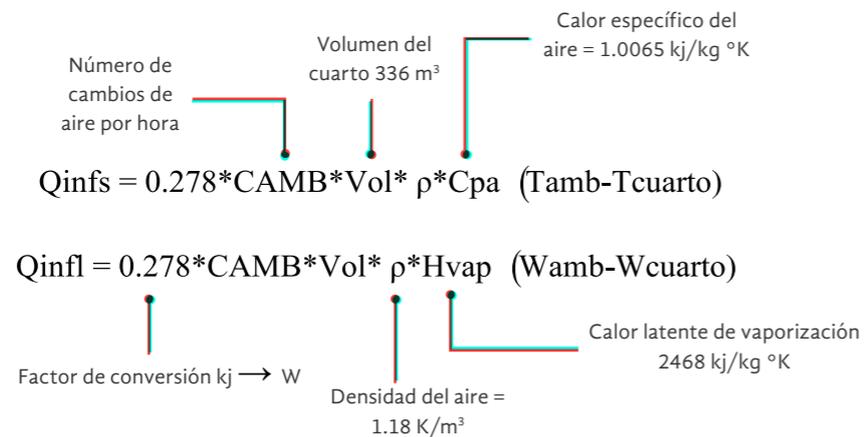
$$Q_{\text{shg}} = 28.00 * 0.80 * 110.918 = 2484.56$$

$Q_{\text{shg}} = 2484.56 \text{ w/h}$

En las dos cargas térmicas calculadas hasta el momento se tomó en cuenta sólo el calor sensible, ya que en los dos casos se produce un cambio de temperatura al interior del espacio sin que

se modifique la cantidad de humedad en el mismo. En el caso de los dos flujos de calor siguientes (infiltración y ventilación) se calculará tanto el flujo de calor sensible como el del calor latente debido a que el aire del ambiente tiene tanto una determinada temperatura como una humedad relativa a lo largo del día, lo que provoca un cambio en la temperatura y humedad del interior del espacio.

Cálculo del flujo de calor por infiltración



La cantidad de cambios de aire por hora debido a la infiltración se toma de la siguiente referencia de la ASHRAE:

Kind of room	Single glass, no Weather-strip	Storm Sash or Weather-strip
No windows or exterior Doors	0.5	0.3
Windows or exterior Doors on one side	1	0.7
Windows or exterior Doors on two sides	1.5	1
Windows or exterior Doors on three sides	2	1.3
Entrance halls	2	1.3

Air Changes per Hour Occurring under Average Conditions in Residences, Exclusive of Air Provided for Ventilation²

El laboratorio de Fotovoltaicos II tiene ventanas en dos de sus fachadas, por lo que se toma 1.5 cambios de aire.

$$Q_{infs} = 0.278 * 1.5 * 336 * 1.18 * 1.0065 * (297.3 - 299.15) = -307.85 \text{ W/h}$$

$$Q_{infs} = -307.85 \text{ W/h}$$

$$Q_{infl} = 0.278 * 1.5 * 336 * 1.18 * 2468 * (0.013 - 0.015) = -816.0 \text{ W/h}$$

$$Q_{infl} = -816.0 \text{ W/h}$$

² ASHRAE, *Handbook Fundamentals*, 1981.

Wamb = humedad específica ambiente (kg agua/kg aire seco)
 Wcuarto = humedad específica del cuarto (kg agua/kg aire seco)

La información anterior se obtiene del diagrama psicrométrico de humedad específica.

Cálculo del flujo de calor por ventilación

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

$$Q_{\text{vents}} = 0.278 * \rho * H_{\text{vap}} * G * (W_{\text{amb}} - W_{\text{cuarto}})$$



La ecuación para el cálculo del flujo de aire G, se obtiene de la ASHRAE:

$$G = C_v * A * v$$

↑ Área libre de abertura (m²)
↑ Velocidad del viento (m/seg)

Efectividad de abertura de la ventila:
 0.55 a 0.65 para vientos perpendiculares a la ventila y 0.25 a 0.35 para vientos oblicuos a la ventila

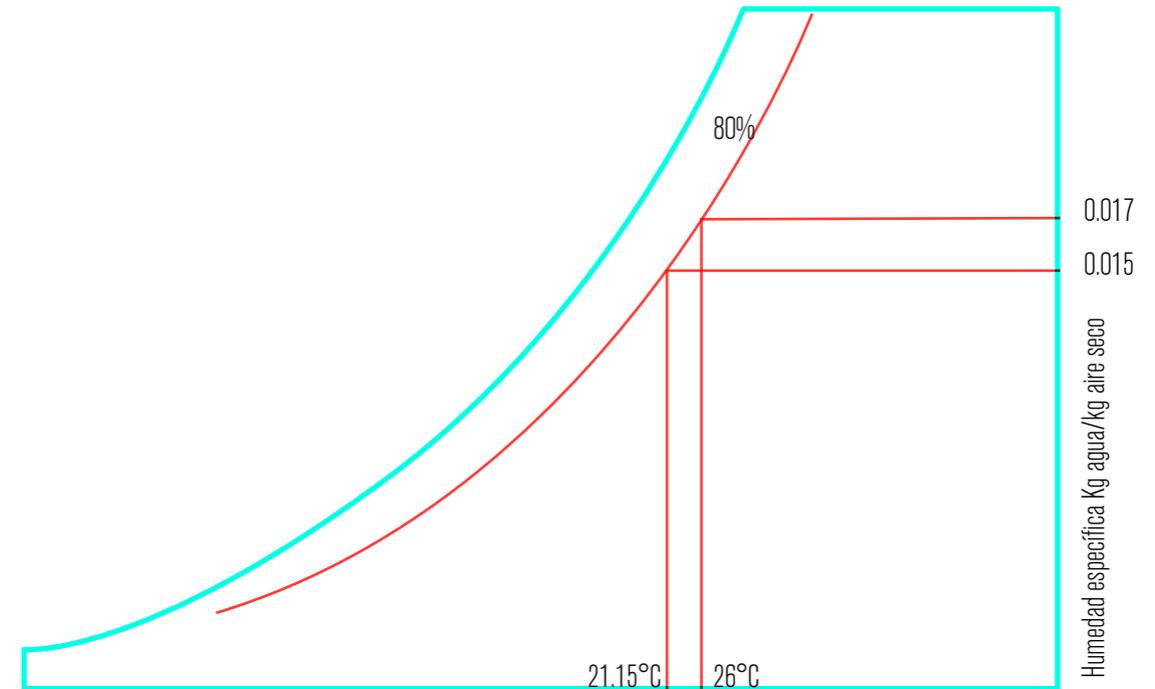


Diagrama psicrométrico con la información de humedad específica.

El área libre de abertura, en este caso, es de 14.00 m² si consideramos que las ventanas – asumimos que son corredizas, por lo que dejan totalmente libre el espacio que se abre– de las dos fachadas se encuentren abiertas un 50%. Por otra parte, se tomará el valor más pequeño de la efectividad de abertura (0.25), considerando que la dirección del viento dominante es del sur sureste, por lo que llega de manera oblicua a las ventilas:

$$G = 0.25 * 14.00 * 1.5 = 5.25 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

El periodo del cálculo de cada uno de los flujos de calor es de una hora, por lo que el resultado anterior se debe multiplicar por los 3 600 segundos que tiene una hora:

$$G = 5.25 * 3600 = 18\,900 \text{ m}^3/\text{h}$$

Con esta información se puede realizar el cálculo de los dos flujos de calor por ventilación:

$$Q_{\text{vents}} = 0.278 * 1.18 * 1.0065 * 18.900(297.3 - 299.15) = -11544.5 \text{ W/h}$$

↓

$$Q_{\text{vents}} = -11544.6 \text{ W/h}$$

$$Q_{\text{ventl}} = 0.278 * 1.18 * 2468 * 18900(0.013 - 0.015) = -30603.00 \text{ W/h}$$

↓

$$Q_{\text{ventl}} = -30603.00 \text{ W/h}$$

Cálculo de la ganancia de calor por ocupantes

$$Q_{\text{mets}} = \text{W/personas} * \text{número de personas}$$

$$Q_{\text{metl}} = \text{W/personas} * \text{número de personas}$$

La actividad de los ocupantes del laboratorio se va a considerar como si fuera actividad de oficina, debido a que es similar a la actividad que realiza el personal al escribir en computadora y levantarse a revisar archivos o sacar copias, con la particularidad de

que los usuarios del laboratorio trabajan en la computadora, revisan archivos y muestras de celdas fotovoltaicas. Por otra parte, la cantidad de ocupantes del laboratorio es de cinco personas que, consideraremos, llegan todos puntualmente a las 8 horas.

$$Q_{\text{mets}} = 65 \text{ W / persona} * 5 \text{ personas} = 325 \text{ W/h} \quad \color{red}{\bullet} \quad Q_{\text{mets}} = 325 \text{ W/h}$$

$$Q_{\text{metl}} = 55 \text{ W / persona} * 5 \text{ personas} = 275 \text{ W/h} \quad \color{red}{\bullet} \quad Q_{\text{metl}} = 275 \text{ W/h}$$

Cálculo de las ganancias de calor por equipo eléctrico

$$Q_{\text{light}} = \text{Número de aparatos} * \text{potencia de aparato}$$

La ganancia de calor debida al equipo eléctrico se suma completamente a la carga total. Esta carga proviene de proyectores, iluminación, etcétera; se considera que la potencia eléctrica consumida por éstos se incorpora al espacio en forma de calor. Las lámparas y equipos eléctricos en este caso son los siguientes:

- 4 computadoras * 300 W/c/u = 1200 W/h
- 2 equipos de adquisición de datos * 200 W/c/u = 400 W/h
- 28 lámparas * 40 W/c/u = 1120 W/h

$$Q_{\text{light total}} = 2\,720 \text{ W/h}$$

Material	Volumen m ³	Peso volumétrico kg/m ³	Masa Kg	Calor específico kj/kg °C	Capacitancia kj/°C
Muros exteriores	3.03264	2 147	6511.08	0.84	5 469.3
Muros interiores	1.74	850	1479	1.083	1 601.76
Vidrio	0.28	2 500	700	0.80	560.00
Losa	16.8	2 400	40 320	1.004	40 481.28
Tezontle	22.4	1 300	29 120	0.795	23 150.40
Entortado	5.6	1 800	10 080	1.004	10 120.32
Enladrillado	2.24	2 147	4809.28	0.84	4 039.80
				Total	85 422.86

La suma algebraica de todas las cargas térmicas se denomina

Qload: $\Sigma Q = Q_{load} = -36\ 898.60\ W/h$

La temperatura del cuarto en una hora determinada es igual a la temperatura del cuarto en el instante anterior (como el cálculo es horario, el instante anterior es la hora anterior), más la suma de cargas térmicas dividida entre la capacidad de almacenamiento térmico del edificio denominada como capacitancia:

$$T_{cuarto} = T_{cuarto} + Q_{load} / CAPAC$$

La capacitancia está en función de la masa y del calor específico de los materiales de construcción; los datos de estas propiedades para los materiales con los que está construido el laboratorio de fotovoltaicos II se presentan en la tabla anterior. La capacitancia (CAPAC) total del laboratorio de fotovoltaicos II está dada en kj/°C, estas unidades se deben transformar a w/°C:

$$\frac{85422.86\ Kj/°C}{3.6} = 23\ 728.57\ W/°C$$

El cálculo térmico se inició a las 8 horas, de manera que ese momento es el instante anterior que se debe tomar en cuenta para determinar la temperatura del cuarto a las 9 horas.

$$Tem. 9:00hrs. = 26°C + \frac{-36898.60}{23728.57} = 24.45°C$$

Temp. cuarto 9:00 horas = 24.45 °C

Este resultado corresponde a la temperatura en un punto medio del espacio interior, aproximadamente entre 1.20 y 1.80 m del nivel de piso, que es donde transitan los usuarios del laboratorio.

Se presenta a continuación el cálculo de la siguiente hora, tomando como base la temperatura interior calculada a las 9

horas y los datos climatológicos de esa hora del día.

Datos de las 9:00 horas.

Temperatura ambiente = 25.41°C

Temperatura interior = 24.45 °C

Radiación solar = 419.024 W/ m²

Humedad relativa = 80 %

Los datos del coeficiente global de transferencia de calor (U) y los de la capacitancia de los materiales de construcción permanecen constantes durante todo el cálculo térmico. Los datos que faltan para el cálculo del flujo de calor por conducción a las 9 horas son el factor DR y la temperatura sol/aire:

$$T_{sky} = 0.0552 * (298.56)^{1.5} = 284.76$$

$$DR = 5.669 * 10^{-8} \left[(284 - 76)^4 - (297.6)^4 \right] = -72.96$$

$$DR = -72.96 \text{ w/h m}^2 \text{ °k}$$

Cálculo de la temperatura sol/aire

Se calcula el nuevo valor de la temperatura de la superficie:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{9.36} + \frac{0.15}{1.07} + \frac{1}{34.06}} (1) (24.45 - 25.41) = -3.47 \text{ w/h}$$

$$Q = 3.62(-0.96) = -3.47 \text{ w/h}$$

$$T_{se} = \frac{-3.47}{1} * \frac{1}{34.06} + 24.15 = 24.04^\circ\text{C}$$

$$T = 24.04 + 25.41 = 49.45 + 273.15 = 322.6$$

$$h_{ir} = 4(5.669 * 10^{-8}) * 0.99 * (322.6)^3 = 7.53 \quad \rightarrow \quad h_{ir} = 7.3 \text{ W/h m}^2 \text{ °K}$$

La velocidad del viento se considera constante con un valor moderado de 1.5 m/s, por lo que el coeficiente de convección (hw) también permanece constante:

$$h_o = h_{ir} + h_w = 7.53 + 14.8 = 22.33 \text{ W/h m}^2 \text{ °K}$$

$$T_{s/a} = 298.56 + \frac{419.02 * 0.80}{22.33} - \frac{-72.96 * 0.99}{22.33}$$

$$T_{s/a \text{ techo}} = 298.56 + 15.01 + 3.23 = 316.8 \quad \rightarrow \quad T_{s/a \text{ techo}} = 316.8 \text{ °K}$$

Los ángulos en altura solar y azimut para el cálculo de la temperatura sol/aire de muro y ventana cambian para esta nueva hora del día; en este caso los ángulos son:

Altura solar = 42°
Azimut = 7.63°

$$H_t \text{ muro y ventana} = 308.38 \text{ W/m}^2$$

$$T_{s/a \text{ muro}} = 298.56 + \frac{308.38 * 0.80}{22.33} = 309.6 \quad T_{s/a \text{ muro}} = 309.6 \text{ °K}$$

$$\cos 42.00 = 0.74314 * 419.024 = 311.395$$

$$\cos 7.63 = 0.99114 * 311.395 = 308.38$$

$$T_{s/a \text{ ventana}} = 298.56 + \frac{308.38 * 0.15}{22.33} = 299.37$$

$$T_{s/a \text{ ventana}} = 300.63 \text{ °K}$$

Cálculo del flujo de calor por conducción

$$Q_{\text{cond muro este}} = 3.62 * 14.00 (309.6 - 297.6) = \mathbf{608.16 \text{ w/h}}$$

$$Q_{\text{cond muros sur y oeste}} = 3.62 * 38.00 (298.56 - 297.6) = \mathbf{132.06 \text{ w/h}}$$

$$Q_{\text{cond ventana este}} = 6.93 * 28.00 (300.63 - 297.6) = \mathbf{587.94 \text{ w/h}}$$

$$Q_{\text{cond ventana oeste}} = 6.93 * 28.00 (298.56 - 297.6) = \mathbf{186.27 \text{ w/h}}$$

$$Q_{\text{cond techo}} = 1.75 * 112.00 (316.8 - 297.6) = \mathbf{3 \ 784.7 \text{ w/h}}$$

Cálculo de la ganancia de calor por radiación solar

$$Q_{\text{shg}} = 28.00 * 0.80 * 308.38 = 6907.71$$

$$Q_{\text{shg}} = 6907.71 \text{ w/h}$$

Cálculo del flujo de calor por infiltración

$$Q_{\text{infs}} = 0.278 * 1.5 * 336 * 1.18 * 1.0065 * (298.56 - 297.6) = 159.75 \text{ W / h}$$

$$Q_{\text{infs}} = 159.75 \text{ W/h}$$

$$Q_{\text{infl}} = 0.278 * 1.5 * 336 * 1.18 * 2468 * (0.017 - 0.016) = 408.04 \text{ W / h}$$

$$Q_{\text{infl}} = 408.04 \text{ W/h}$$

Cálculo del flujo de calor por ventilación

$$Q_{\text{vents}} = 0.278 * 1.18 * 1.0065 * 18900 * (298.56 - 297.6) = 5 \ 990.64 \text{ W / h}$$

$$Q_{\text{vents}} = 5990.64 \text{ W/h}$$

$$Q_{\text{ventl}} = 0.278 * 1.18 * 2468 * 18900 (0.017 - 0.016) = 15 \ 301.49 \text{ W / h}$$

$$Q_{\text{ventl}} = 15 \ 301.49 \text{ W/h}$$

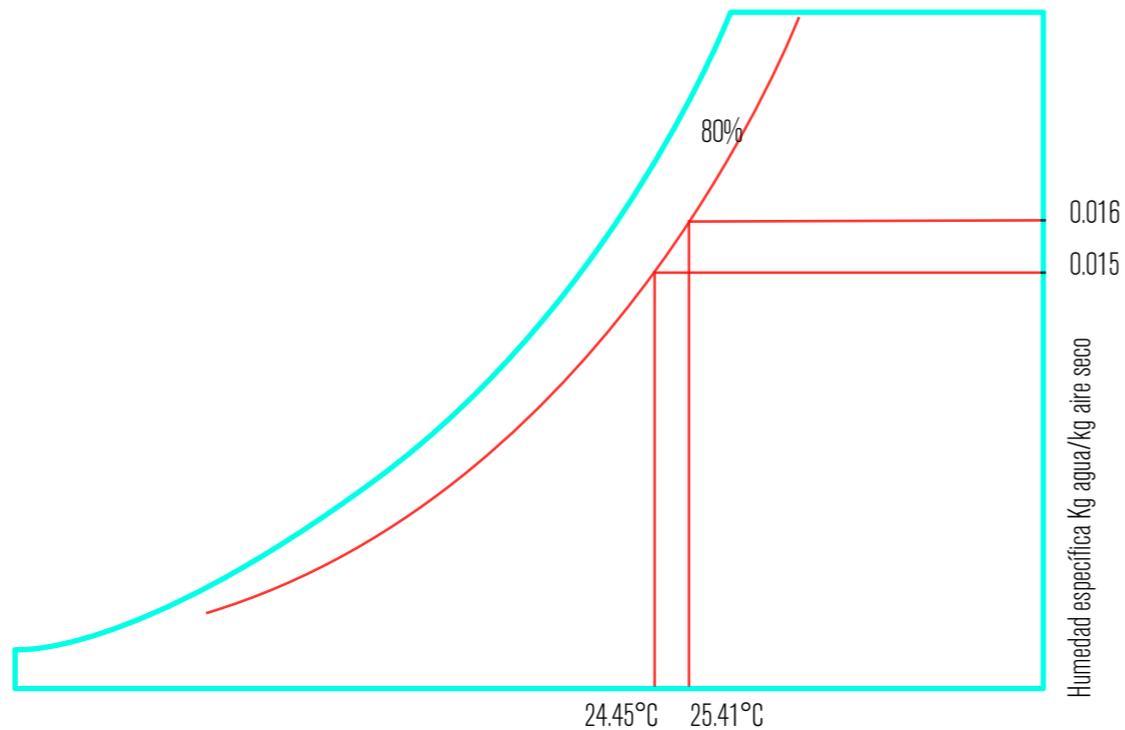


Diagrama psicrométrico con la información de humedad específica.

Cálculo de la ganancia de calor por ocupantes

Los ocupantes de los edificios, normalmente, no están la jornada completa de trabajo sin moverse de la oficina donde laboran, ya que puede haber una variedad de motivos por los cuales se tengan que desplazar, esporádicamente, a otra zona del edificio. En este caso, sin embargo, se considerará que los cinco usuarios que trabajan en el laboratorio de fotovoltaicos II están la jornada completa dentro de este espacio.

$$Q_{mets} = 65 \text{ W/persona} * 5 \text{ personas} = 325 \text{ W/h}$$

$$Q_{mets} = 325 \text{ W/h}$$

$$Q_{metl} = 55 \text{ W/persona} * 5 \text{ personas} = 275 \text{ W/h}$$

$$Q_{metl} = 325 \text{ W/h}$$

Cálculo de las ganancias de calor por equipo eléctrico

En este caso, se puede considerar que las ganancias de calor, calculadas la hora anterior son las mismas para toda la jornada laboral debido a que las lámparas y los equipos se ponen a funcionar desde que llegan los usuarios del espacio y no se apagan hasta que termina su jornada de trabajo; incluso los sistemas de adquisición de datos se deben dejar funcionando día y noche mientras dure el proyecto de investigación para el que fueron programados:

$$Q_{light \text{ total}} = 2 \text{ 720 W/h}$$

Suma algebraica de todas las cargas térmicas Q_{load} :

$$\Sigma Q = Q_{load} = 37.386.76 \text{ W/h}$$

Los datos de la capacidad de almacenamiento térmico (capacidad) de los materiales de construcción permanecen constantes, como se comentó anteriormente, por lo tanto:

$$\text{Tem. 10:00 hrs} = 24.45^{\circ}\text{C} + \frac{37\,3386.76}{23\,728.57} = 26.02^{\circ}\text{C}$$

Temp. 10:00 hr = 26.02 °C 

$$T_n = (17.6 + 0.31 te) \pm 3.5^{\circ}\text{C}$$

La indicación de realizar una suma algebraica de todas las cargas térmicas se debe a que en la hora anterior se tenían pérdidas y ganancias de calor, por lo que los resultados en cada caso tenían signos positivos o negativos. En el cálculo de esta segunda hora notamos que en todos los casos se tuvieron ganancias de calor aunque hacia las 10 de la mañana la temperatura interior regresó prácticamente a ser la misma que la que había a las 8; sin embargo, si se mantienen las ventilas abiertas todo el día, para las primeras horas de la tarde la temperatura al interior del laboratorio podría estar fuera del rango de comodidad térmica, como se observa en la figura 7, que presenta la comparación de la temperatura medida y la calculada dentro del cubículo A 11, en donde se aprecia que a las 17 horas la temperatura interior medida llega a un máximo de 31 °C. Con esta gráfica de temperaturas se concluye que, por una parte, los resultados del cálculo térmico utilizando las ecuaciones del programa

TRNSYS, proporciona datos de temperatura al interior de los espacios arquitectónicos muy cercanas a las de la realidad, por lo que podemos tener una apreciación razonablemente cercana a las condiciones de temperatura que tendrá en la realidad el espacio. Por otra parte, se puede conseguir que las temperaturas dentro del cubículo estén todo el día dentro de la comodidad, si en esta época de temperatura máxima en primavera se aplica una de las estrategias comentadas para climas extremos, que es la de horarios de ventilación, ya que si se cierran las ventilas a las 15 horas, cuando la temperatura dentro del cubículo es de 29 °C y es la hora en que salen a comer los usuarios del edificio, y se abren a las 18 horas, una hora después de que regresan de comer, cuando la temperatura ambiente es de 29 °C, se mantendrá como máximo esta última temperatura dentro del cubículo; con ello, se conserva el rango de comodidad el día completo en la época de mayor temperatura ambiente del año.

Conclusiones



El proceso para el desarrollo del proyecto arquitectónico de máxima eficiencia energética, propuesto en el presente texto, no limita la creatividad de un arquitecto, ya que, como se demuestra en el caso de Frank Lloyd Wright, se puede tomar como ejemplo la experiencia que acumularon distintas civilizaciones de la antigüedad y generar lo que se conoce como Arquitectura Vernácula para aplicarla con los materiales y tecnologías modernas, lo que imprime un sello original en cada caso.

El proceso de cálculo presentado, aunque utiliza ecuaciones simplificadas para la determinación del transporte de calor entre el ambiente y el interior de un edificio, genera resultados de la temperatura al interior de éste muy cercanos a los que se tendrán en la realidad, lo cual le proporciona a un arquitecto la seguridad de que el proyecto arquitectónico que esté proponiendo tendrá condiciones de comodidad térmica a lo largo del año y estará consumiendo un mínimo de energía convencional para tal fin.

Por su parte, la efectividad en los resultados del cálculo térmico depende de utilizar información precisa de las propiedades térmicas y ópticas de los materiales que se estén utilizando en un determinado proyecto arquitectónico. En este sentido, las versiones más recientes de textos como de la ASHRAE proporcionan información de estas propiedades de nuevos materiales. Sin embargo, como el avance de la generación de nuevos materiales de construcción rebasa el tiempo en el que son documentados en este tipo de textos, es importante promover que los fabri-

cantes incluyan en sus fichas técnicas las propiedades térmicas y ópticas de los nuevos materiales de construcción que salgan al mercado.

Los datos del clima del lugar son otro de los aspectos importantes que se deben considerar para obtener resultados confiables del cálculo térmico; en este sentido, las Normales Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) proporcionan, en la mayoría de los estados de la República mexicana, datos de temperaturas promedio de un periodo de 60 años, con los cuales se pueden obtener temperaturas y humedades horarias de lo que se puede considerar un año prototipo; para ello, se utilizan los programas que desarrolló el doctor Adalberto Tejeda de la Universidad Veracruzana. Por otra parte, la información de radiación solar se está actualizando en varias de las estaciones del SMN, por lo que, por el momento, se puede recurrir a información proporcionada por satélites en programas como el de METEONORM, y contrastar esta información con la de los mapas de irradiación solar de la República mexicana, desarrollados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Esta información se aplica no solamente para el caso de los elementos translúcidos de la envolvente de los edificios (ventanas y domos), a través de los cuales la radiación solar pasa al interior de los espacios (Q_{shg}), sino que incide también, en toda la envolvente en general, para el cálculo del flujo de calor por conducción al considerar el efecto de la temperatura sol/aire. En este sentido, se debe conocer

la trayectoria solar para cada época del año en las diferentes latitudes que abarcan la República. Para lograr este objetivo, se debe recurrir a alguna de las representaciones de estas trayectorias solares por medio de alguna de las gráficas solares con la que se esté más familiarizado para obtener cada hora del día los componentes de altura solar y azimut que se aplican en el cálculo de la incidencia de radiación perpendicular en muros y ventanas.

Por último, la dirección y velocidad del viento son variables que no están siendo registradas, por el momento, en las estaciones del SMN, por lo que es necesario recurrir nuevamente a programas como METEONORM, que tiene también para estas variables información satelital. La recomendación, en este caso, es tomar el valor más bajo de velocidad de viento que proporcionen estos programas debido a que, como se comentó en el proceso de cálculo térmico, la información es horaria y se estaría presumiendo que el dato de velocidad de viento es el valor promedio de dicha velocidad durante la hora de cálculo en cuestión; en el caso de la dirección del viento que se emplea para determinar la efectividad de abertura (C_v) en el cálculo del flujo de aire (G), la recomendación es tomar un valor promedio de C_v o incluso el valor más bajo, como se hizo en el proceso de cálculo mostrado, ya que es preferible estar por abajo del posible valor real y no sobrestimarlo.

Los resultados de la aplicación de este proceso de diseño térmico en edificios demuestran que es posible obtener condiciones

de comodidad térmica al interior de los edificios ubicados en climas cálidos de la República mexicana; esto tiene repercusiones no sólo en el menor consumo de energéticos convencionales, lo cual genera ahorro en el pago de este tipo de consumo para usuarios particulares o para las oficinas públicas del gobierno, sino que también impacta en la productividad o disfrute de los usuarios en el caso de lugares de trabajo o recreación al estar todo el tiempo en rangos de comodidad de temperatura y humedad, y en la salud de los usuarios que no se expondrán a cambios bruscos de temperatura entre el interior y el exterior del espacio habitado.

La aplicación generalizada de este tipo de diseño arquitectónico, en el país, contribuiría en la disminución de la contaminación ambiental, ya que el aire acondicionado requiere el consumo de energía eléctrica, la cual, en nuestro país, se genera mayoritariamente a través de termoeléctricas que requieren diversos tipos de hidrocarburos para su funcionamiento.

Finalmente, un aspecto que complementa a todos los argumentos anteriores es que al tomar como ejemplo la experiencia de la Arquitectura Vernácula para desarrollar los proyectos arquitectónicos, se conserva la tipología arquitectónica que le ha dado identidad cultural a varias ciudades de nuestro país, lo cual no implica, como se comentó desde el inicio de este texto, el copiar estos ejemplos arquitectónicos, sino conservar sus estrategias de diseño utilizando los materiales y técnicas constructivas actuales, con lo cual se lograría una imagen urbana ordenada y armoniosa.

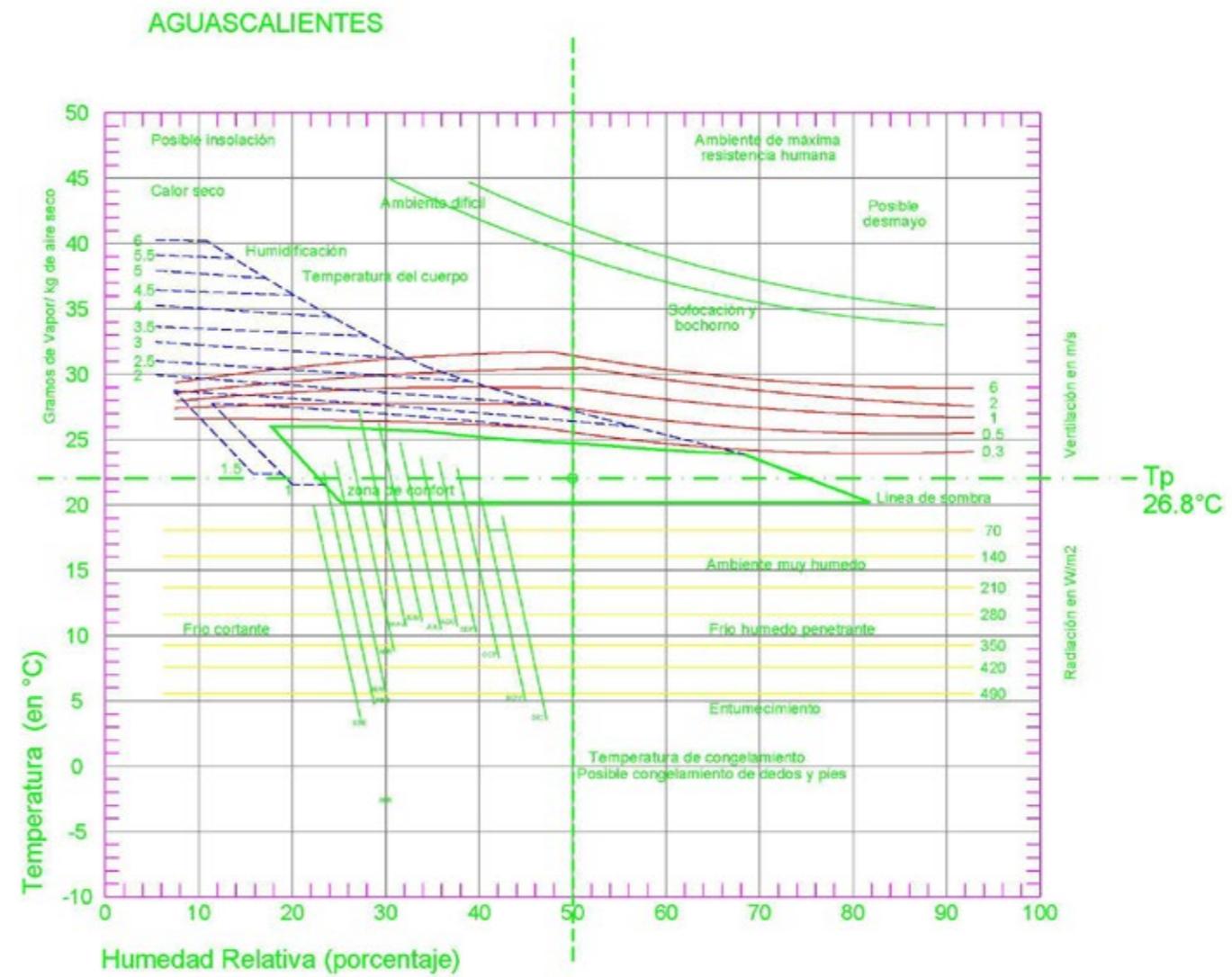
Anexo y diagramas de confort

En esta sección se presentan las gráficas de confort de los 32 estados de la república mexicana, elaboradas de acuerdo con la información de las Normales Climatológicas del periodo de 1951 a 2010. A partir de estas gráficas, y mediante la utilización del Programa desarrollado por el doctor Adalberto Tejeda, se conforman las que representan un año prototipo en cada caso. Para determinar los rangos de confort se utilizó la cantidad más alta correspondiente a 7 °C de la ecuación de Auliciems, con el objetivo de que represente las preferencias de comodidad térmica de un mayor número de personas. En color rojo se indican las horas por arriba de la comodidad térmica, en color azul las horas por debajo de la comodidad térmica y en color gris las horas dentro de la comodidad térmica.

Por otra parte, junto a cada gráfica de confort se presentan los diagramas bioclimáticos que corresponden, en la mayoría de los casos, a la misma ciudad de la gráfica de confort. Sin embargo, en algunos casos se escogió alguna otra ciudad característica del estado, o se utilizó, como en el caso de la Ciudad de México, una zona con clima extremo como es el Desierto de los Leones. El objetivo de estos diagramas es ayudar a proponer estrategias de diseño térmico, con las cuales se logre obtener proyectos arquitectónicos de máxima eficiencia energética.

Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medidas extremas												
Localidad	Ags	Lat. (xx.x)	21,89	Long. (xxx.x)	102,3	Altitud (m)	188					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	22,3	24,6	26,6	29,1	30,8	29,5	30,8	29,5	27,3	27,3	26,4	22,6
Temp min	4,6	6	8,6	11,5	14,1	14,5	14,6	14,4	13,9	11,2	7,4	5,4
Temp med	24,6	27,2	30,9	34,9	37,9	37,2	38,1	36,7	34,3	32,9	30,1	25,3
Hora min	6,600	6,364	6,077	5,747	5,477	5,335	5,392	5,621	5,939	6,258	6,533	6,665
Hora max	14,010	13,864	12,907	13,417	13,067	13,245	12,642	13,121	13,529	13,428	14,033	13,915
Hora (TSV)												
0:00	9,3	10,7	12,9	15,4	17,6	18,3	18,0	17,7	17,0	15,2	12,4	10,0
1:00	8,4	9,8	12,1	14,7	17,0	17,7	17,3	17,1	16,4	14,5	11,5	9,2
2:00	7,7	9,1	11,4	14,1	16,4	17,3	16,8	16,5	15,9	13,8	10,7	8,5
3:00	7,1	8,5	10,9	13,6	15,9	16,9	16,3	16,1	15,5	13,3	10,0	7,9
4:00	6,6	8,0	10,4	13,1	15,6	16,6	16,0	15,8	15,2	12,9	9,5	7,4
5:00	6,2	7,6	10,0	12,8	15,3	16,3	15,7	15,5	14,9	12,5	9,1	7,0
6:00	5,9	7,3	9,7	11,6	14,4	15,8	15,0	14,5	13,9	12,3	8,7	6,6
7:00	4,8	6,5	9,6	13,4	16,8	18,0	17,4	16,4	14,9	11,8	7,6	5,5
8:00	7,0	9,4	13,0	17,1	20,5	21,3	21,1	19,7	17,6	14,5	10,2	7,5
9:00	10,9	13,6	17,2	21,3	24,4	24,5	24,8	23,2	20,7	18,2	14,4	11,2
10:00	15,0	17,9	21,1	24,8	27,5	27,0	27,8	26,1	23,6	21,8	18,8	15,3
11:00	18,4	21,2	24,1	27,3	29,6	28,6	29,7	28,2	25,6	24,6	22,5	18,7
12:00	20,8	23,4	25,8	28,7	30,6	29,4	30,6	29,2	26,9	26,4	24,9	21,0
13:00	22,0	24,4	26,5	29,0	30,7	29,4	30,7	29,4	27,3	27,2	26,1	22,3
14:00	22,2	24,4	26,3	28,6	30,1	28,8	30,0	29,0	27,0	27,1	26,3	22,5
15:00	21,7	23,7	25,4	27,6	29,0	27,8	29,0	28,0	26,3	26,4	25,7	22,0
16:00	20,6	22,4	24,1	26,2	27,6	26,6	27,6	26,8	25,3	25,3	24,4	21,0
17:00	19,1	20,9	22,5	24,6	26,1	25,4	26,1	25,5	24,1	23,9	22,9	19,6
18:00	17,5	19,2	20,9	23,0	24,6	24,1	24,6	24,1	22,9	22,5	21,2	18,1
19:00	15,9	17,5	19,2	21,4	23,1	22,8	23,2	22,7	21,7	21,0	19,4	16,5
20:00	14,3	15,8	17,7	19,9	21,7	21,7	21,9	21,5	20,5	19,6	17,7	14,9
21:00	12,8	14,3	16,2	18,6	20,5	20,6	20,7	20,3	19,5	18,3	16,1	13,5
22:00	11,5	12,9	15,0	17,4	19,4	19,7	19,6	19,3	18,5	17,1	14,7	12,2
23:00	10,3	11,8	13,9	16,3	18,4	19,0	18,7	18,4	17,7	16,1	13,5	11,0

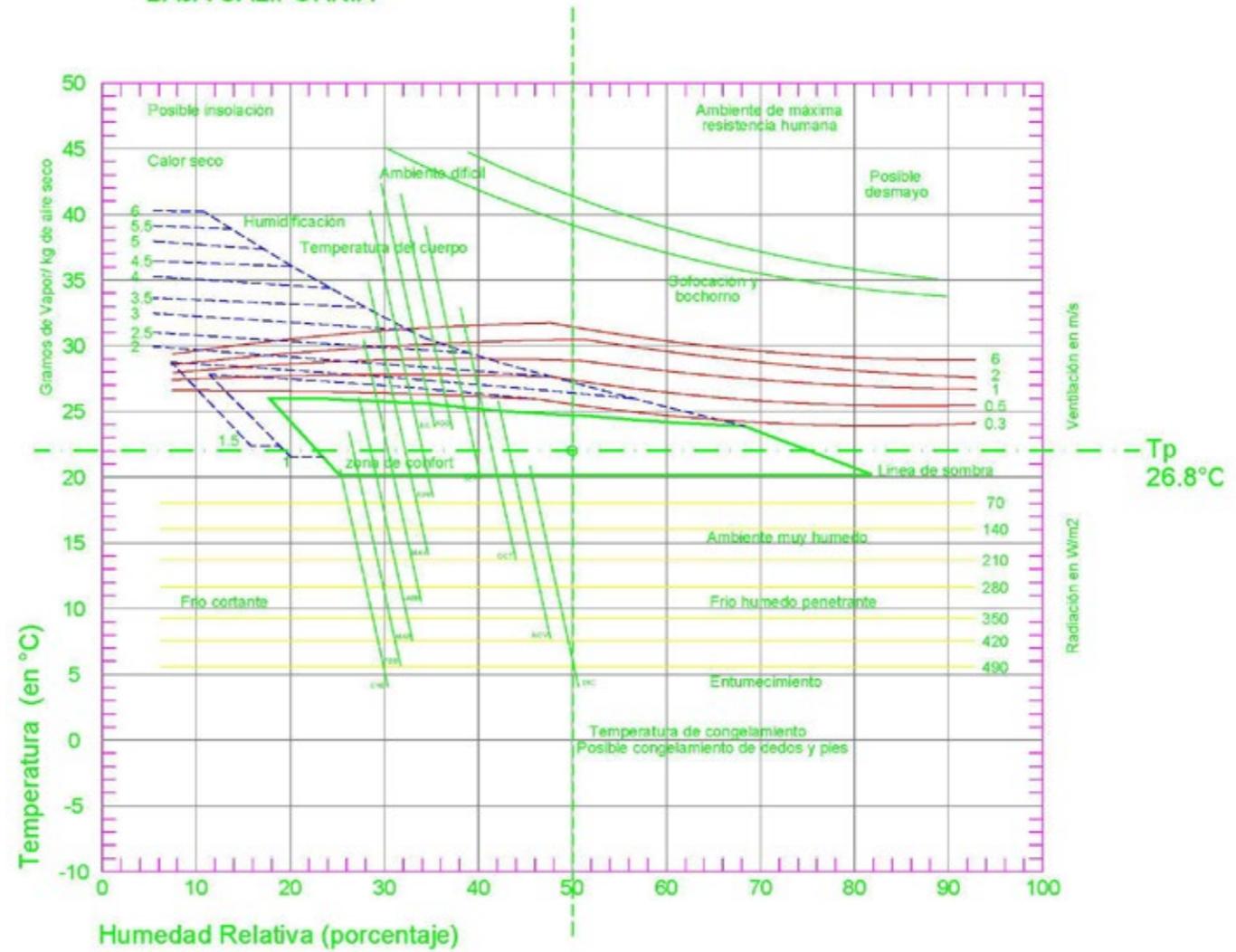
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, sep, dic	26.33	9.85	18.09	+	26.7
				-	19.7



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	B. Calif.	Lat. (xx.x)	32.66	Long. (xxx.x)	115.46	Altitud (m)	3					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	20.5	22.9	26.2	30.2	35.7	40.6	42.9	42	38.7	32.1	25	20
Temp min	7.1	8.8	11.4	14.1	18.1	22.1	26.7	26.7	23.3	17.2	11	6.8
Temp med	13.8	15.8	18.8	22.1	26.9	31.3	34.8	34.4	31.0	24.6	18.0	13.4
Hora min	6.964	6.582	6.122	5.595	5.162	4.931	5.023	5.394	5.902	6.412	6.855	7.070
Hora max	14.594	16.082	14.372	14.975	14.042	14.181	15.273	15.394	16.032	16.092	16.225	15.820
Hora (TSV)												
0:00	11.1	12.7	16.1	18.7	22.7	26.7	30.8	30.9	27.9	22.2	15.1	10.9
1:00	10.3	11.9	15.2	17.8	21.8	25.8	30.0	30.1	27.1	21.3	14.3	10.0
2:00	9.6	11.2	14.5	17.1	21.1	25.1	29.4	29.4	26.4	20.5	13.6	9.4
3:00	9.1	10.7	13.9	16.5	20.5	24.5	28.8	28.9	25.8	19.9	13.0	8.8
4:00	8.6	10.3	13.4	16.0	20.0	24.0	28.4	28.4	25.3	19.3	12.6	8.4
5:00	8.3	9.9	13.0	15.6	19.6	22.1	28.0	28.1	24.9	18.9	12.2	8.0
6:00	8.0	9.7	12.6	14.1	18.3	22.5	27.0	26.8	23.3	18.5	11.9	7.7
7:00	7.1	8.8	11.6	14.8	19.7	24.4	28.5	27.7	23.7	17.3	11.0	7.5
8:00	7.3	9.4	12.8	16.9	22.5	27.5	31.2	29.9	25.2	18.1	11.3	7.0
9:00	8.6	11.2	15.2	19.9	26.0	31.3	34.5	32.9	27.9	20.2	12.8	8.1
10:00	11.0	14.0	18.2	23.2	29.5	34.8	37.6	35.9	31.0	23.1	15.4	10.4
11:00	13.9	17.1	21.1	26.1	32.4	37.7	40.1	38.6	34.0	26.1	18.4	13.2
12:00	16.7	19.8	23.5	28.3	34.3	39.5	41.8	40.5	36.3	28.7	21.3	16.0
13:00	18.8	21.7	25.1	29.6	35.3	40.3	42.6	41.6	37.8	30.6	23.4	18.1
14:00	20.1	22.8	25.9	30.0	35.5	40.3	42.7	41.8	38.5	31.7	24.7	19.5
15:00	20.6	23.0	26.0	29.8	34.9	39.6	42.1	41.5	38.4	31.9	25.1	20.1
16:00	20.3	22.5	25.5	29.0	33.8	38.3	41.0	40.6	37.8	31.6	24.8	19.9
17:00	19.6	21.5	24.6	27.8	32.4	36.8	39.7	39.5	36.8	30.8	23.9	19.2
18:00	18.4	20.2	23.4	26.4	30.9	35.1	38.2	38.1	35.5	29.6	22.7	18.1
19:00	17.1	18.8	22.1	24.9	29.2	33.4	36.7	36.7	34.1	28.3	21.3	16.8
20:00	15.7	17.4	20.7	23.5	27.7	31.8	35.3	35.3	32.7	27.0	19.9	15.5
21:00	14.4	16.0	19.4	22.1	26.2	30.3	34.0	34.0	31.3	25.6	18.5	14.1
22:00	13.2	14.7	18.2	20.8	24.9	28.9	32.8	32.8	30.1	24.4	17.2	12.9
23:00	12.1	13.6	17.0	19.7	23.7	27.7	31.7	31.8	28.9	23.2	16.1	11.8

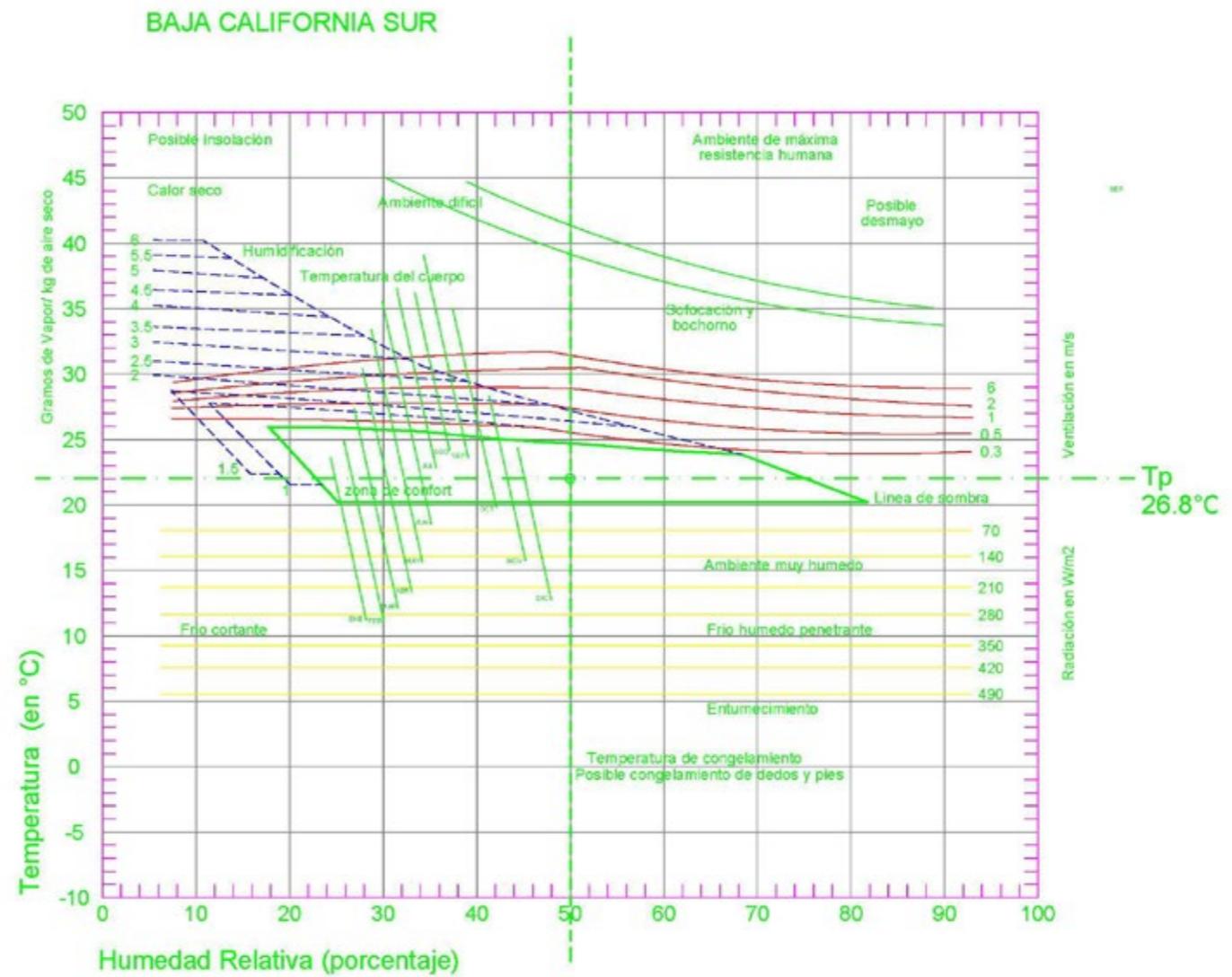
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, sept, dic	29.33	14.25	21.79	+	27.9
				-	20.9

BAJA CALIFORNIA



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas.												
Localidad	B. Calif. Sur	Lat. (xx.x)	24.13	Long. (xxx.x)	110.33	Altitud (m)	16					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	24.1	25.6	28.1	31.3	34.3	36.5	37.3	37	35.3	33.1	28.8	24.7
Temp min	10.8	11.3	12.1	14.2	16	18.9	23	24.4	23.8	19.9	15.7	12.6
Temp med	17.5	18.5	20.1	22.7	25.2	27.7	30.2	30.7	29.6	26.5	22.2	18.6
Hora min	6.670	6.406	6.086	5.717	5.416	5.258	5.321	5.578	5.932	6.288	6.595	6.742
Hora max	14.300	15.906	14.336	15.097	14.296	14.508	15.571	15.578	16.062	15.968	15.965	15.492
Hora (TSV)												
0:00	14.5	15.1	17.1	19.2	21.0	23.6	26.8	28.0	27.3	24.2	19.3	16.1
1:00	13.8	14.3	16.2	18.2	20.1	22.7	26.1	27.3	26.6	23.4	18.6	15.4
2:00	13.1	13.7	15.4	17.5	19.3	21.9	25.5	26.7	26.1	22.8	18.0	14.8
3:00	12.6	13.1	14.8	16.8	18.6	21.3	25.0	26.3	25.6	22.2	17.5	14.3
4:00	12.2	12.7	14.2	16.3	18.1	20.8	24.6	25.9	25.3	21.7	17.1	13.9
5:00	11.9	12.4	13.8	15.8	17.6	20.4	24.3	25.6	25.0	21.4	16.8	13.6
6:00	11.6	12.1	13.4	14.2	16.1	19.0	23.1	24.4	23.8	21.0	16.5	13.4
7:00	10.8	11.3	12.3	14.8	17.1	20.3	24.0	25.0	24.0	20.0	15.7	12.6
8:00	11.3	12.1	13.7	16.8	19.7	23.0	26.2	26.6	25.2	20.9	16.2	13.0
9:00	12.9	14.2	16.3	20.0	23.3	26.5	29.0	29.0	27.2	22.9	17.9	14.4
10:00	15.5	17.2	19.6	23.4	27.0	30.0	31.8	31.6	29.5	25.5	20.5	16.7
11:00	18.4	20.3	22.7	26.6	30.1	32.9	34.3	33.8	31.7	28.1	23.4	19.3
12:00	21.0	22.9	25.2	29.0	32.4	35.0	36.0	35.5	33.5	30.4	25.9	21.7
13:00	22.9	24.7	27.0	30.5	33.7	36.1	36.9	36.5	34.6	31.9	27.7	23.5
14:00	23.9	25.6	27.8	31.1	34.1	36.3	37.1	36.9	35.1	32.8	28.7	24.5
15:00	24.2	25.6	27.9	30.9	33.7	35.8	36.8	36.7	35.1	33.0	28.9	24.8
16:00	23.7	25.0	27.3	30.1	32.7	34.8	35.9	36.0	34.6	32.6	28.4	24.4
17:00	22.9	24.0	26.3	28.9	31.3	33.4	34.8	35.1	33.9	31.8	27.5	23.6
18:00	21.7	22.6	25.0	27.5	29.7	31.8	33.6	34.0	32.9	30.8	26.3	22.6
19:00	20.3	21.2	23.6	25.9	28.0	30.2	32.3	32.9	31.9	29.6	25.0	21.4
20:00	19.0	19.7	22.1	24.3	26.4	28.6	31.0	31.7	30.8	28.4	23.7	20.1
21:00	17.7	18.4	20.7	22.8	24.8	27.1	29.8	30.6	29.8	27.2	22.4	19.0
22:00	16.5	17.1	19.4	21.5	23.4	25.8	28.7	29.6	28.9	26.1	21.2	17.9
23:00	15.5	16.0	18.2	20.2	22.1	24.6	27.7	28.7	28.0	25.1	20.2	16.9

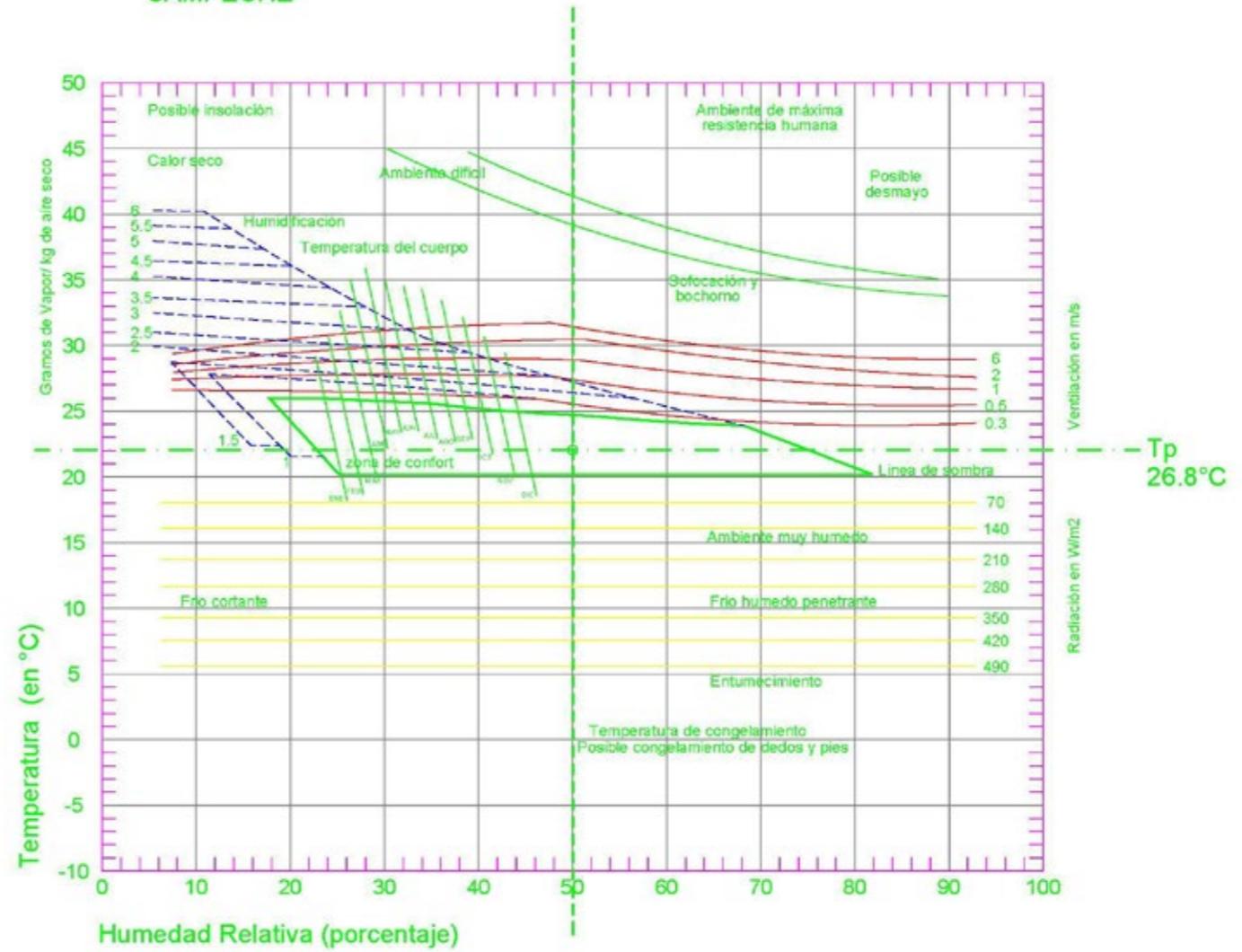
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	30.40	16.075	23.24	+	28.3
				-	21.3



Estimación de temperaturas horarias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Campeche	Lat. (xx.x)	19.84	Long.(xxx.x)	90.53	Altitud (m)	10					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	29.5	31.1	32.9	35.2	36.2	35.1	34.8	34.4	33.8	32.6	31.3	29.9
Temp min	18.3	19.2	20.3	22	23.6	23.8	23.3	23	23.3	22.2	20.4	18.8
Temp med	23.9	25.1	26.6	28.6	29.9	29.5	29.0	28.7	28.6	27.4	25.9	24.4
Hora min	6.539	6.327	6.069	5.772	5.531	5.404	5.454	5.660	5.945	6.232	6.479	6.597
Hora max	13.949	13.827	12.899	13.442	13.121	13.314	12.704	13.160	13.535	13.402	13.979	13.847
Hora (TSV)												
0:00	21.2	22.2	23.3	25.0	26.3	26.2	25.7	25.5	25.7	24.8	23.2	21.8
1:00	20.7	21.6	22.7	24.4	25.8	25.7	25.3	25.0	25.3	24.3	22.7	21.2
2:00	20.2	21.2	22.3	23.9	25.4	25.3	24.9	24.6	24.9	23.9	22.3	20.8
3:00	19.9	20.8	21.9	23.6	25.0	25.0	24.6	24.3	24.6	23.6	21.9	20.4
4:00	19.6	20.5	21.6	23.2	24.7	24.8	24.3	24.0	24.3	23.3	21.6	20.1
5:00	19.3	20.2	21.3	23.0	24.5	24.6	24.1	23.8	24.1	23.1	21.4	19.8
6:00	19.1	20.0	21.1	22.0	23.8	24.1	23.5	23.1	23.3	22.9	21.2	19.6
7:00	18.4	19.5	21.0	23.4	25.5	25.8	25.2	24.4	24.1	22.6	20.6	18.9
8:00	19.9	21.5	23.4	26.1	28.3	28.3	27.8	26.9	26.2	24.4	22.1	20.3
9:00	22.4	24.2	26.4	29.2	31.2	30.9	30.4	29.5	28.7	26.8	24.6	22.7
10:00	25.0	26.9	29.1	31.9	33.6	33.0	32.6	31.8	30.9	29.1	27.1	25.3
11:00	27.2	29.0	31.1	33.8	35.2	34.3	34.0	33.4	32.5	30.9	29.1	27.5
12:00	28.6	30.4	32.4	34.9	36.0	35.0	34.7	34.2	33.4	32.0	30.5	29.0
13:00	29.3	31.0	32.8	35.2	36.1	35.0	34.7	34.4	33.8	32.5	31.2	29.7
14:00	29.4	31.0	32.7	34.8	35.7	34.6	34.3	34.0	33.6	32.5	31.2	29.9
15:00	29.1	30.5	32.1	34.1	34.9	33.8	33.5	33.3	33.0	32.0	30.8	29.5
16:00	28.4	29.7	31.1	33.0	33.9	32.9	32.6	32.4	32.2	31.3	30.1	28.8
17:00	27.4	28.7	30.0	31.9	32.7	31.9	31.5	31.4	31.3	30.4	29.2	27.9
18:00	26.4	27.6	28.9	30.6	31.6	30.8	30.5	30.3	30.3	29.4	28.2	26.9
19:00	25.4	26.5	27.7	29.4	30.4	29.8	29.5	29.3	29.4	28.5	27.2	25.9
20:00	24.4	25.4	26.6	28.3	29.4	28.9	28.5	28.4	28.5	27.6	26.3	24.9
21:00	23.5	24.5	25.6	27.3	28.5	28.1	27.7	27.5	27.7	26.7	25.4	24.0
22:00	22.6	23.6	24.8	26.4	27.6	27.3	26.9	26.7	26.9	26.0	24.6	23.1
23:00	21.9	22.9	24.0	25.6	26.9	26.7	26.3	26.1	26.3	25.3	23.8	22.4

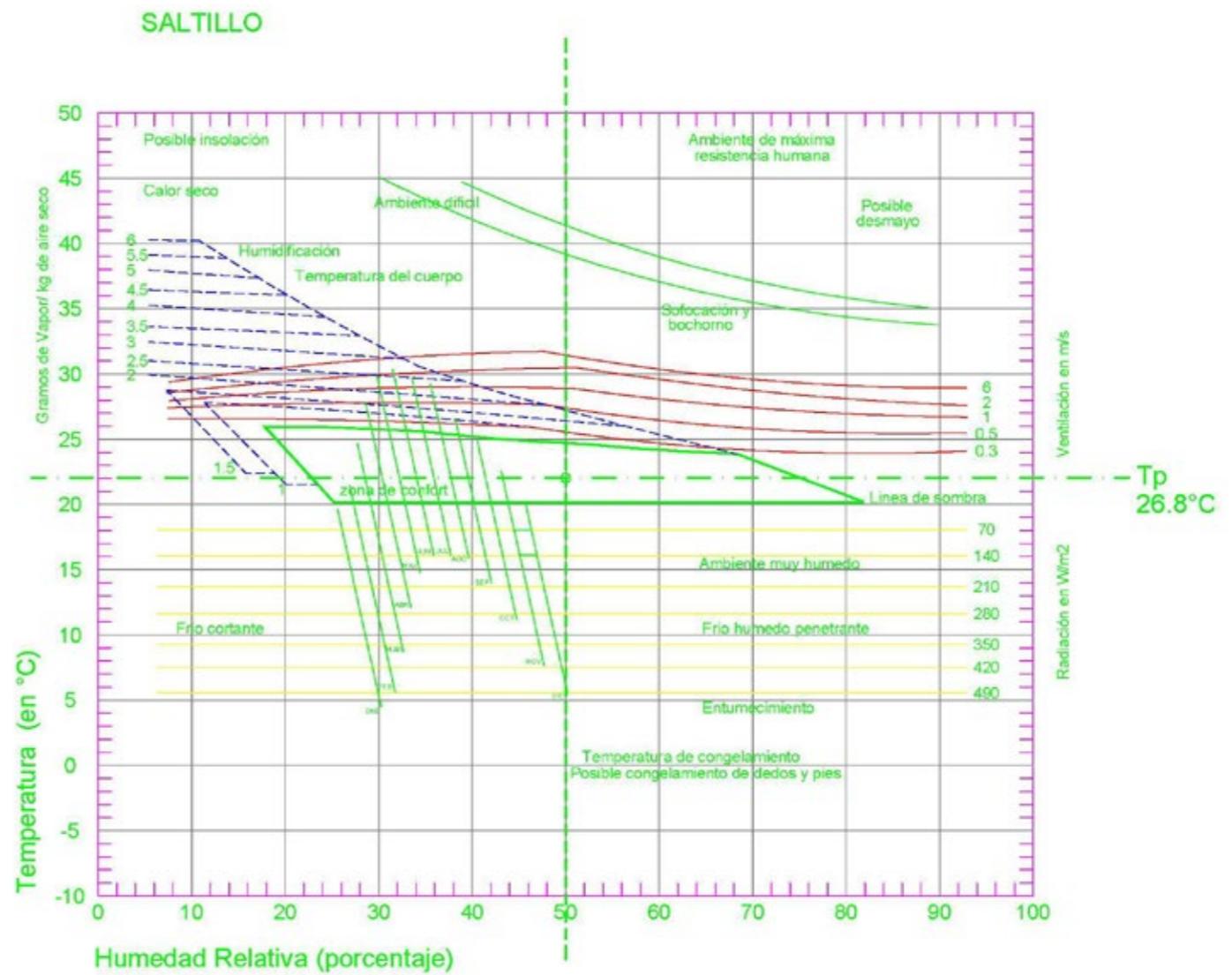
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, Ago, dic	32.90	21.15	27.03	+	29.5
				-	22.5

CAMPECHE



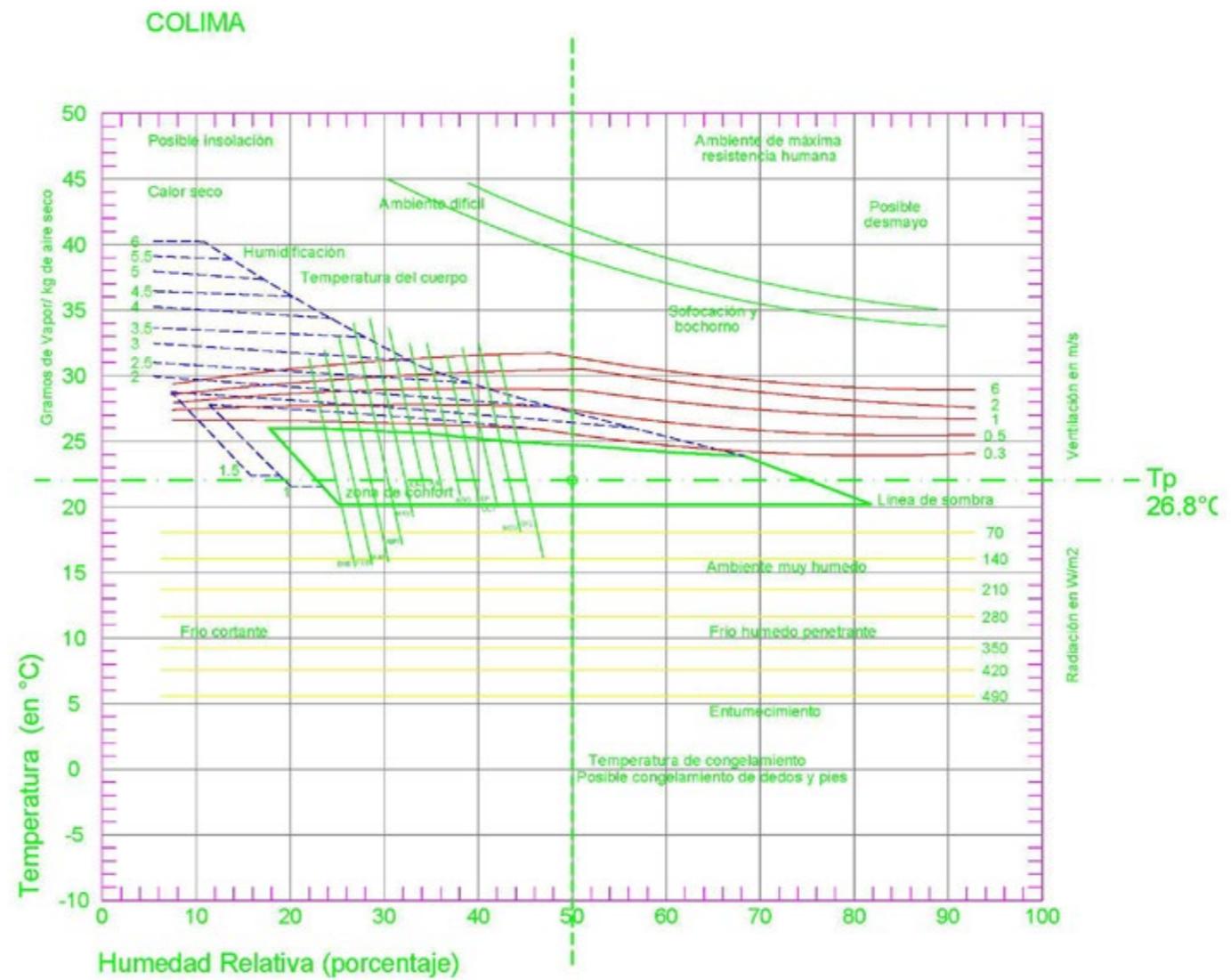
Estimación de temperaturas horarias mensuales, a partir de media extrema												
Localidad	Coahuila	Lat. (xx.x)	25.43	Long. (xxx.x)	101	Altitud (m)	1700					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	19.8	21.6	24.6	27.4	29.8	30.1	29.1	28.8	26.2	24.9	22.9	20.1
Temp min	4.3	5.8	8.5	11.8	14.7	16	16.1	15.6	13.6	10.9	7.7	5.2
Temp med	12.1	13.7	16.5	19.6	22.3	23.1	22.6	22.2	19.9	17.9	15.3	12.7
Hora min	6.712	6.431	6.091	5.700	5.380	5.212	5.279	5.552	5.928	6.305	6.632	6.789
Hora max	14.342	15.931	14.341	15.080	14.260	14.462	15.529	15.552	16.058	15.985	16.002	15.539
Hora (TSV)												
0:00	8.7	10.0	13.5	16.3	18.8	19.7	19.6	19.3	17.4	15.5	11.9	9.5
1:00	7.8	9.1	12.6	15.5	18.0	19.0	18.9	18.6	16.7	14.6	11.1	8.6
2:00	7.1	8.4	11.8	14.8	17.4	18.4	18.4	18.0	16.1	13.9	10.4	7.9
3:00	6.5	7.9	11.2	14.2	16.8	17.9	17.9	17.5	15.6	13.3	9.8	7.3
4:00	6.0	7.4	10.6	13.7	16.4	17.5	17.5	17.1	15.2	12.9	9.3	6.8
5:00	5.6	7.0	10.2	13.3	16.0	17.2	17.2	16.8	14.9	12.5	8.9	6.5
6:00	5.3	6.7	9.8	11.8	14.8	16.1	16.2	15.6	13.6	12.1	8.6	6.2
7:00	4.3	5.8	8.7	12.4	15.7	17.2	17.1	16.2	13.9	11.0	7.7	5.2
8:00	4.8	6.7	10.1	14.2	17.9	19.4	19.1	18.0	15.1	11.9	8.3	5.6
9:00	6.6	9.0	12.7	17.1	20.8	22.2	21.6	20.5	17.3	14.0	10.2	7.3
10:00	9.6	12.2	16.0	20.3	23.9	25.0	24.2	23.2	19.9	16.8	13.2	10.1
11:00	13.0	15.6	19.1	23.2	26.5	27.3	26.4	25.5	22.3	19.6	16.5	13.3
12:00	16.1	18.5	21.7	25.4	28.3	28.9	28.0	27.3	24.2	22.0	19.4	16.3
13:00	18.3	20.5	23.4	26.7	29.4	29.8	28.8	28.3	25.4	23.6	21.6	18.5
14:00	19.6	21.5	24.3	27.2	29.6	29.9	29.0	28.7	26.0	24.5	22.7	19.8
15:00	19.9	21.6	24.4	27.0	29.3	29.5	28.6	28.4	26.0	24.7	23.0	20.2
16:00	19.4	21.0	23.8	26.3	28.4	28.7	27.8	27.8	25.5	24.4	22.5	19.8
17:00	18.4	19.8	22.8	25.2	27.3	27.5	26.8	26.8	24.6	23.6	21.4	18.8
18:00	17.0	18.3	21.5	23.9	25.9	26.3	25.7	25.6	23.6	22.5	20.1	17.6
19:00	15.5	16.8	20.1	22.4	24.6	25.0	24.5	24.4	22.5	21.2	18.5	16.1
20:00	13.9	15.2	18.6	21.0	23.2	23.7	23.3	23.2	21.3	19.9	17.0	14.6
21:00	12.4	13.6	17.1	19.7	21.9	22.5	22.2	22.1	20.2	18.7	15.5	13.1
22:00	11.0	12.3	15.8	18.4	20.7	21.5	21.2	21.0	19.2	17.5	14.2	11.7
23:00	9.8	11.1	14.6	17.3	19.7	20.5	20.3	20.1	18.2	16.4	13.0	10.5

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	25.08	10.325	17.70	+	26.6
				-	19.6



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de media extremas												
Localidad	Colima	Lat. (xx.x)	19.21	Long.(xxx.x)	103.71	Altitud (m)	500					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	31.8	32.6	33.2	34.5	35.2	34.4	33.1	32.9	32.1	32.5	33.1	32.2
Temp min	15.6	15.4	15.7	17	19.2	21.5	21.3	21.1	21.1	20.3	18.3	16.1
Temp med	23.7	24.0	24.4	25.7	27.2	27.9	27.2	27.0	26.6	26.4	25.7	24.1
Hora min	6.520	6.316	6.067	5.780	5.547	5.424	5.473	5.672	5.947	6.224	6.462	6.576
Hora max	13.930	13.816	12.897	13.450	13.137	13.334	12.723	13.172	13.537	13.394	13.962	13.826
Hora (TSV)												
0:00	19.8	19.7	19.9	20.9	22.6	24.2	23.8	23.7	23.7	23.3	22.1	20.4
1:00	19.1	18.9	19.1	20.2	22.0	23.7	23.3	23.2	23.2	22.7	21.4	19.6
2:00	18.4	18.2	18.4	19.6	21.4	23.3	22.9	22.8	22.8	22.3	20.8	18.9
3:00	17.9	17.7	17.9	19.1	21.0	22.9	22.6	22.5	22.4	21.9	20.3	18.4
4:00	17.4	17.2	17.5	18.6	20.6	22.6	22.3	22.2	22.2	21.6	19.9	17.9
5:00	17.0	16.9	17.1	18.3	20.3	22.4	22.1	22.0	22.0	21.3	19.6	17.5
6:00	16.7	16.5	16.8	17.0	19.4	21.8	21.5	21.2	21.1	21.1	19.3	17.2
7:00	15.8	15.9	16.7	18.8	21.5	23.7	23.2	22.5	21.9	20.8	18.6	16.3
8:00	18.0	18.7	20.0	22.5	25.1	26.6	25.8	25.1	24.1	22.9	20.7	18.3
9:00	21.7	22.7	24.1	26.6	28.8	29.6	28.6	27.8	26.7	25.7	24.0	21.9
10:00	25.4	26.5	27.9	30.1	31.8	31.9	30.8	30.2	29.0	28.4	27.4	25.6
11:00	28.5	29.6	30.8	32.7	33.9	33.5	32.2	31.8	30.7	30.5	30.2	28.7
12:00	30.5	31.6	32.5	34.1	35.0	34.3	33.0	32.7	31.7	31.9	32.0	30.9
13:00	31.6	32.5	33.1	34.4	35.1	34.3	33.0	32.9	32.1	32.4	32.9	31.9
14:00	31.7	32.4	32.9	34.0	34.6	33.8	32.6	32.5	31.9	32.4	33.0	32.1
15:00	31.2	31.7	32.0	33.0	33.6	33.0	31.8	31.8	31.3	31.8	32.5	31.6
16:00	30.1	30.5	30.8	31.6	32.3	31.9	30.9	30.9	30.5	31.0	31.5	30.6
17:00	28.8	29.1	29.2	30.1	30.8	30.7	29.8	29.8	29.5	29.9	30.3	29.3
18:00	27.3	27.5	27.6	28.5	29.3	29.5	28.7	28.7	28.5	28.8	28.9	27.8
19:00	25.8	25.9	26.0	26.9	27.9	28.4	27.6	27.6	27.5	27.7	27.6	26.3
20:00	24.4	24.4	24.5	25.4	26.6	27.3	26.7	26.7	26.5	26.6	26.2	24.9
21:00	23.0	23.0	23.1	24.1	25.4	26.4	25.8	25.8	25.7	25.6	25.0	23.6
22:00	21.8	21.8	21.9	22.9	24.3	25.5	25.0	25.0	24.9	24.7	23.9	22.4
23:00	20.8	20.7	20.8	21.8	23.4	24.8	24.4	24.3	24.2	24.0	23.0	21.3

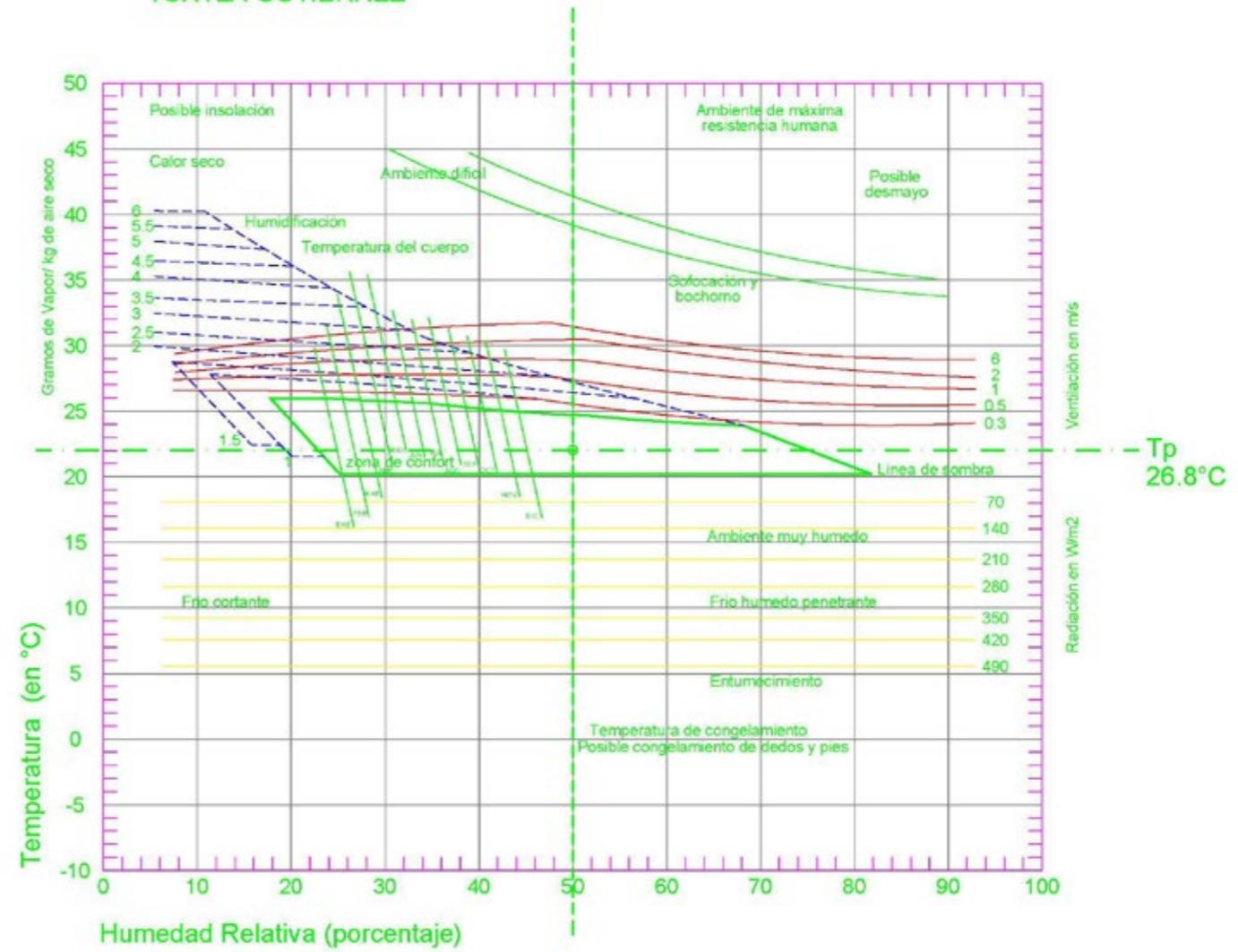
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	33.23	17.95	25.59	+	29.0
				-	22.0



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Chiapas	Lat. (xx.x)	16.76	Long.(xxx.x)	93.1	Altitud (m)	532					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	30.7	31.9	33.9	35.4	35.4	33.3	32.4	32.3	31.7	31.2	31.3	30.6
Temp min	16	16.9	18.4	21	22.3	22.2	21.5	21.4	21.6	20.5	18.7	17
Temp med	23.3	24.4	26.1	28.2	28.9	27.7	27.0	26.9	26.6	25.8	25.0	23.8
Hora min	6.449	6.273	6.058	5.810	5.609	5.503	5.545	5.716	5.954	6.193	6.399	6.497
Hora max	13.859	13.773	12.888	13.480	13.199	13.413	12.795	13.216	13.544	13.363	13.899	13.747
Hora (TSV)												
0:00	19.8	20.6	22.1	24.3	25.1	24.6	23.8	23.8	24.0	23.1	21.9	20.5
1:00	19.1	19.9	21.4	23.6	24.6	24.1	23.4	23.4	23.5	22.6	21.3	19.9
2:00	18.5	19.4	20.8	23.1	24.2	23.7	23.0	23.0	23.1	22.2	20.8	19.3
3:00	18.0	18.9	20.3	22.7	23.8	23.4	22.7	22.7	22.8	21.9	20.4	18.9
4:00	17.6	18.5	20.0	22.4	23.5	23.2	22.5	22.4	22.6	21.6	20.1	18.5
5:00	17.3	18.2	19.6	22.1	23.2	23.0	22.3	22.2	22.4	21.4	19.8	18.2
6:00	17.0	17.9	19.4	21.0	22.4	22.4	21.6	21.4	21.6	21.2	19.6	17.9
7:00	16.3	17.4	19.3	22.4	24.0	23.9	23.1	22.6	22.4	21.0	19.0	17.2
8:00	18.4	19.9	22.2	25.4	26.9	26.4	25.5	25.0	24.3	22.8	20.9	19.1
9:00	21.7	23.4	25.9	28.8	30.0	29.0	28.0	27.5	26.7	25.3	23.8	22.2
10:00	25.1	26.8	29.2	31.7	32.5	31.0	30.1	29.7	28.9	27.7	26.6	25.3
11:00	27.8	29.4	31.8	33.8	34.3	32.5	31.5	31.2	30.4	29.5	28.9	27.9
12:00	29.7	31.1	33.3	35.0	35.2	33.2	32.2	32.1	31.4	30.7	30.5	29.6
13:00	30.5	31.8	33.8	35.4	35.3	33.2	32.3	32.3	31.7	31.1	31.2	30.4
14:00	30.6	31.7	33.6	35.0	34.9	32.8	32.0	32.0	31.5	31.1	31.2	30.5
15:00	30.1	31.1	32.9	34.2	34.1	32.1	31.3	31.3	31.0	30.6	30.7	30.0
16:00	29.1	30.1	31.7	33.1	33.1	31.2	30.4	30.5	30.2	29.8	29.9	29.2
17:00	27.9	28.8	30.4	31.8	31.9	30.2	29.4	29.5	29.3	28.9	28.8	28.0
18:00	26.5	27.4	28.9	30.5	30.7	29.2	28.4	28.5	28.4	27.9	27.7	26.8
19:00	25.2	26.0	27.5	29.2	29.5	28.2	27.4	27.5	27.5	26.9	26.5	25.6
20:00	23.9	24.7	26.2	27.9	28.4	27.3	26.5	26.6	26.6	26.0	25.4	24.3
21:00	22.7	23.5	25.0	26.8	27.4	26.5	25.7	25.7	25.8	25.1	24.4	23.2
22:00	21.6	22.4	23.9	25.9	26.5	25.7	25.0	25.0	25.1	24.4	23.4	22.2
23:00	20.6	21.5	22.9	25.0	25.8	25.1	24.4	24.4	24.5	23.7	22.6	21.3

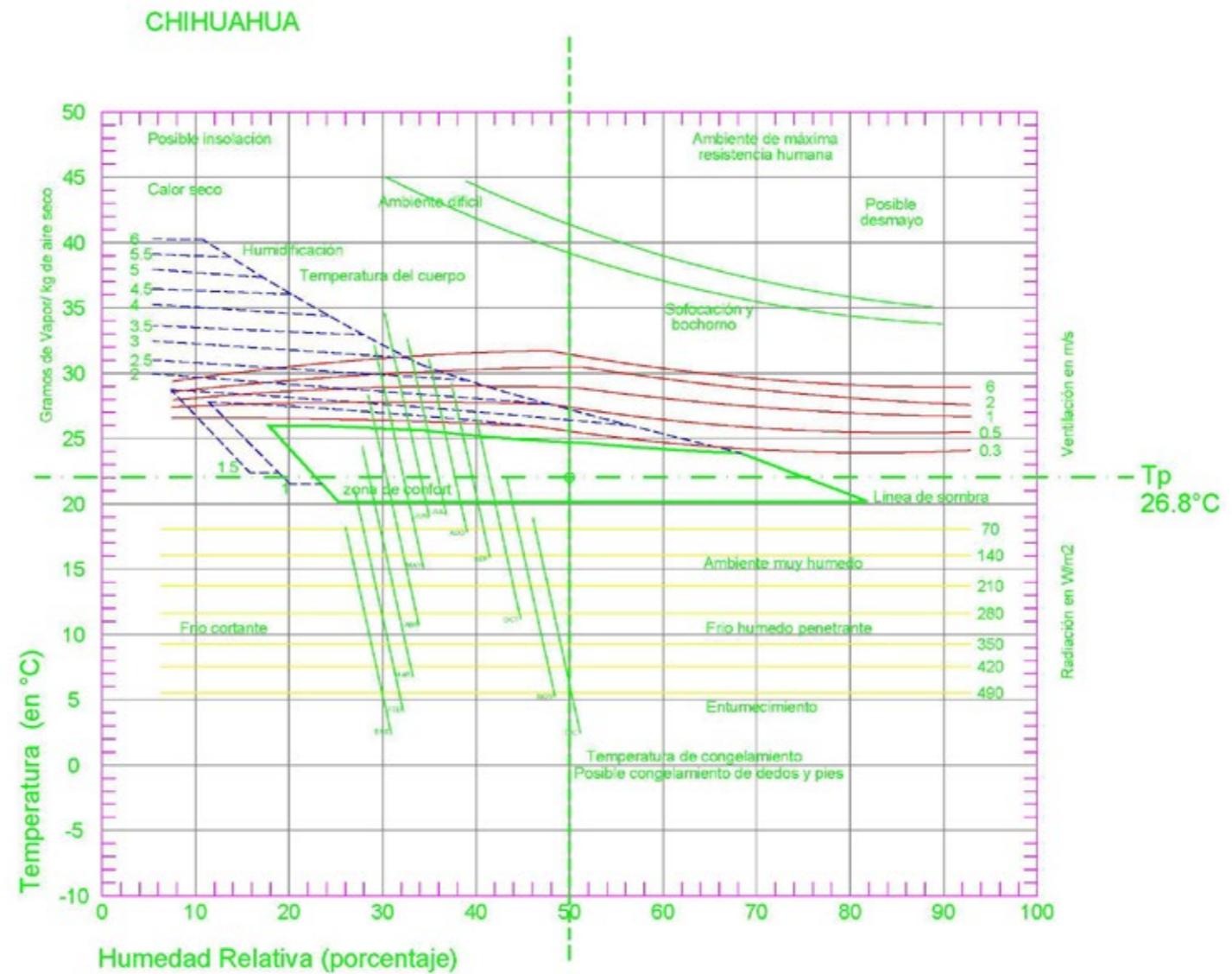
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	32.55	19.4	25.98	+	29.2
				-	22.2

TUXTLA GUTIERREZ



Estimación de temperaturas horarias medias mensales, a partir de medias extremas												
Localidad	Chihuahua	Lat. (xx.x)	27.39	Long.(xxx.x)	108.53	Altitud (m)	440					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	24.7	28.5	31.8	35.3	38.8	40.5	36.7	35.7	35.1	33.7	29.7	26
Temp min	6.9	7.3	9.3	12.1	16.1	21.3	21.7	21.3	20.1	15.6	10.1	6.8
Temp med	15.8	17.9	20.5	23.7	27.5	30.9	29.2	28.5	27.6	24.7	19.8	16.4
Hora min	6.776	6.470	6.099	5.673	5.324	5.140	5.213	5.511	5.921	6.333	6.689	6.861
Hora max	14.406	15.970	14.349	15.053	14.204	14.390	15.463	15.511	16.051	16.013	16.059	15.611
Hora (TSV)												
0:00	12.0	13.0	16.4	18.8	22.2	26.3	25.6	25.3	24.6	21.5	15.6	12.4
1:00	11.0	11.8	15.1	17.5	21.0	25.3	24.9	24.6	23.8	20.5	14.5	11.3
2:00	10.1	10.9	14.0	16.5	20.1	24.5	24.3	23.9	23.1	19.6	13.6	10.4
3:00	9.4	10.1	13.1	15.6	19.3	23.9	23.7	23.4	22.5	18.8	12.8	9.6
4:00	8.9	9.4	12.3	14.9	18.6	23.3	23.3	23.0	22.0	18.1	12.2	9.0
5:00	8.4	8.9	11.7	14.3	18.1	22.9	23.0	22.6	21.6	17.6	11.7	8.5
6:00	8.0	8.6	11.2	12.1	16.2	21.5	21.8	21.3	20.1	17.2	11.3	8.1
7:00	6.9	7.3	9.6	13.0	17.7	23.1	23.0	22.1	20.4	15.7	10.1	6.8
8:00	7.4	8.4	11.5	15.8	21.1	26.2	25.3	24.0	21.9	16.9	10.8	7.2
9:00	9.4	11.4	15.2	20.1	25.6	30.0	28.3	26.7	24.5	19.6	13.1	9.2
10:00	12.8	15.7	19.7	24.8	30.1	33.8	31.3	29.7	27.6	23.1	16.9	12.8
11:00	16.7	20.3	24.1	29.1	34.0	36.9	33.7	32.2	30.5	26.7	21.2	17.0
12:00	20.2	24.2	27.7	32.3	36.7	39.0	35.5	34.1	32.7	29.8	25.0	20.9
13:00	22.8	27.0	30.2	34.3	38.2	40.1	36.4	35.2	34.2	32.0	27.9	23.8
14:00	24.4	28.4	31.4	35.0	38.6	40.3	36.5	35.6	34.9	33.2	29.4	25.5
15:00	24.8	28.5	31.5	34.7	38.0	39.6	36.1	35.3	34.8	33.5	29.8	26.1
16:00	24.3	27.7	30.7	33.6	36.7	38.4	35.2	34.5	34.2	33.0	29.2	25.7
17:00	23.2	26.2	29.3	32.0	34.9	36.9	34.0	33.4	33.2	32.0	27.9	24.5
18:00	21.6	24.2	27.5	30.0	32.9	35.2	32.6	32.2	32.0	30.6	26.2	22.8
19:00	19.9	22.1	25.5	27.9	30.8	33.4	31.3	30.9	30.6	29.0	24.2	21.0
20:00	18.1	19.9	23.4	25.8	28.8	31.7	29.9	29.6	29.3	27.3	22.2	19.0
21:00	16.3	17.9	21.4	23.7	26.8	30.1	28.7	28.3	27.9	25.7	20.3	17.1
22:00	14.7	16.0	19.5	21.9	25.1	28.6	27.5	27.2	26.7	24.2	18.5	15.3
23:00	13.3	14.4	17.8	20.2	23.5	27.4	26.5	26.2	25.6	22.8	17.0	13.8

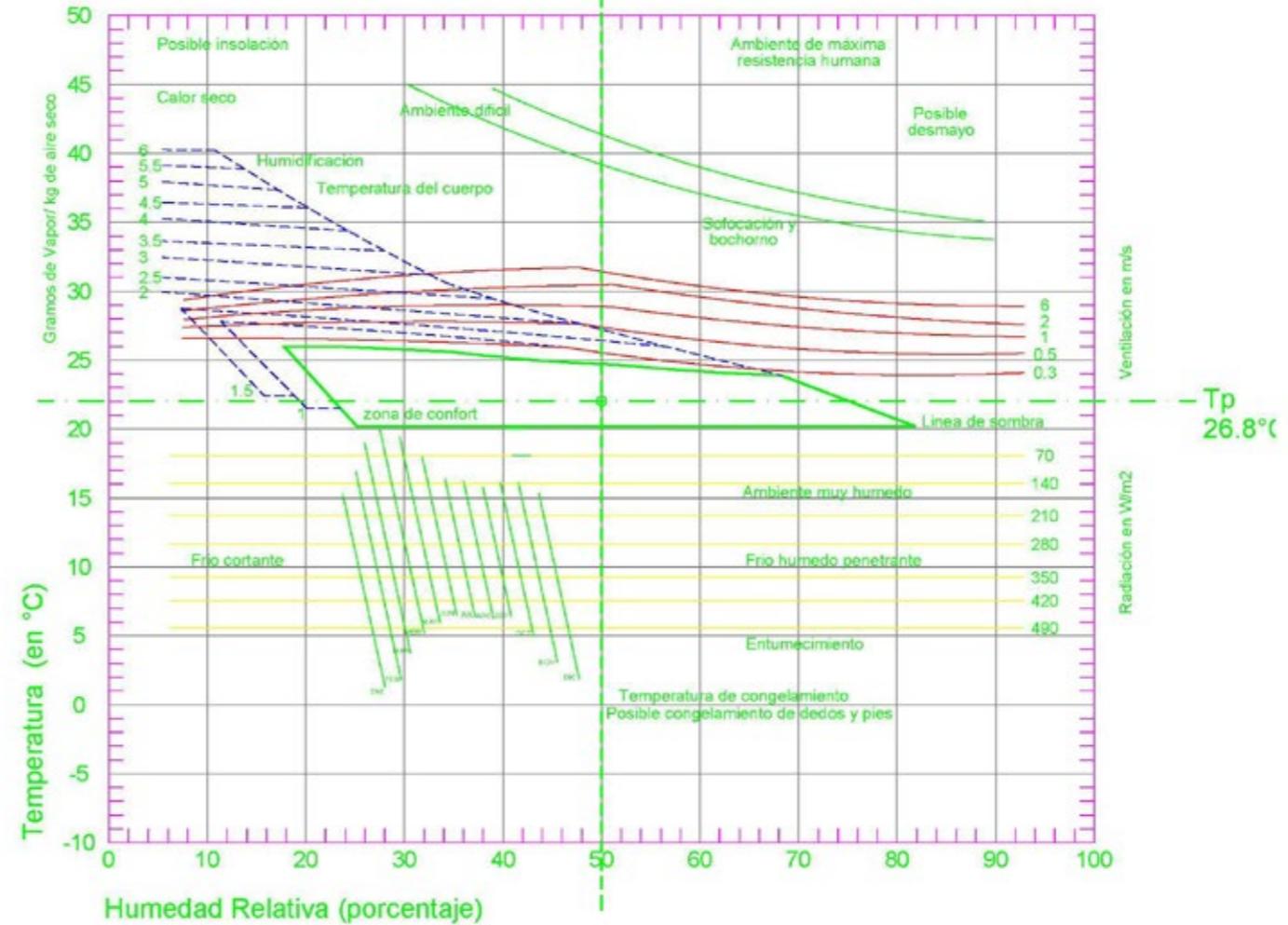
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	32.25	12.875	22.56	+	28.1
				-	21.1



Estimación de temperaturas horarias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	D.F	Lat. (xx.x)	19.35	Long.(xxx.x)	99.17	Altitud (m)	2260					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	21.5	23.5	25.9	27.1	26.9	25.5	24	24	23.1	23.3	22.7	21.5
Temp min	5.1	6.4	8	10.2	11.6	12.6	11.9	12.3	12.3	10.6	7.6	5.8
Temp med	13.3	14.9	17.0	18.7	19.3	19.1	18.0	18.2	17.6	16.9	15.2	13.6
Hora min	6.524	6.318	6.067	5.779	5.543	5.420	5.469	5.669	5.946	6.225	6.466	6.581
Hora max	13.934	13.818	12.897	13.449	13.133	13.330	12.719	13.169	13.536	13.395	13.966	13.831
Hora (TSV)												
0:00	9.4	10.7	12.3	14.0	14.9	15.3	14.5	14.9	14.8	13.7	11.5	10.0
1:00	8.6	9.9	11.5	13.3	14.3	14.8	14.0	14.4	14.3	13.2	10.8	9.2
2:00	7.9	9.2	10.8	12.7	13.7	14.4	13.6	14.0	13.9	12.7	10.2	8.5
3:00	7.4	8.7	10.3	12.2	13.3	14.0	13.2	13.6	13.6	12.3	9.7	8.0
4:00	6.9	8.2	9.8	11.8	13.0	13.7	13.0	13.4	13.4	11.9	9.3	7.6
5:00	6.6	7.8	9.4	11.5	12.7	13.5	12.7	13.1	13.1	11.6	8.9	7.2
6:00	6.2	7.5	9.1	10.2	11.8	12.9	12.1	12.4	12.3	11.4	8.6	6.9
7:00	5.3	6.9	9.1	11.9	13.8	14.8	13.8	13.7	13.1	11.1	7.9	6.0
8:00	7.6	9.7	12.4	15.5	17.2	17.7	16.6	16.3	15.3	13.3	10.0	8.0
9:00	11.2	13.6	16.6	19.5	20.8	20.7	19.4	19.0	17.8	16.2	13.4	11.4
10:00	15.0	17.5	20.5	22.9	23.7	23.1	21.6	21.3	20.1	19.1	16.9	15.1
11:00	18.1	20.5	23.4	25.3	25.7	24.6	23.1	22.9	21.8	21.3	19.7	18.1
12:00	20.2	22.5	25.2	26.7	26.7	25.4	23.9	23.8	22.7	22.6	21.6	20.2
13:00	21.3	23.4	25.8	27.0	26.8	25.4	23.9	24.0	23.1	23.2	22.5	21.2
14:00	21.4	23.3	25.6	26.6	26.3	24.9	23.5	23.6	22.9	23.2	22.6	21.4
15:00	20.9	22.6	24.7	25.7	25.3	24.1	22.7	22.9	22.3	22.6	22.1	20.9
16:00	19.8	21.5	23.4	24.3	24.1	23.0	21.7	22.0	21.5	21.7	21.1	19.9
17:00	18.5	20.0	21.8	22.8	22.7	21.8	20.6	20.9	20.5	20.6	19.8	18.7
18:00	17.0	18.4	20.2	21.3	21.3	20.6	19.5	19.8	19.5	19.4	18.4	17.2
19:00	15.5	16.9	18.6	19.7	19.9	19.5	18.4	18.8	18.6	18.3	17.1	15.8
20:00	14.0	15.4	17.0	18.3	18.7	18.4	17.4	17.8	17.6	17.2	15.7	14.4
21:00	12.6	14.0	15.6	17.0	17.5	17.5	16.5	16.9	16.8		14.5	13.1
22:00	11.4	12.7	14.3	15.9	16.5	16.6	15.7	16.1	16.0	15.2	13.3	11.9
23:00	10.3	11.6	13.2	14.9	15.6	15.9	15.0	15.5	15.4	14.4	12.4	10.9

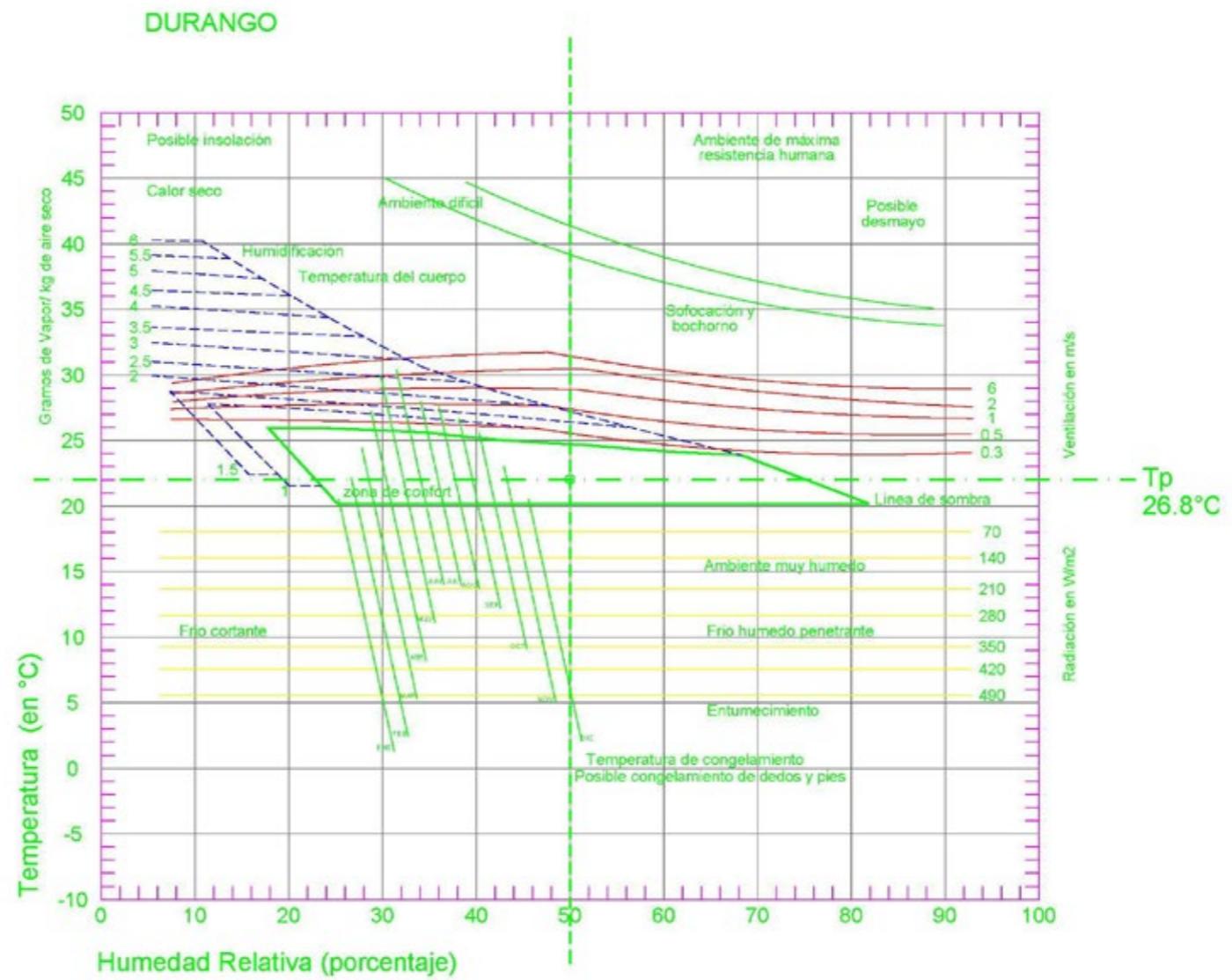
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	23.98	9.025	16.50	+	26.2
				-	19.2

DISTRITO FEDERAL (desierto de los leones)



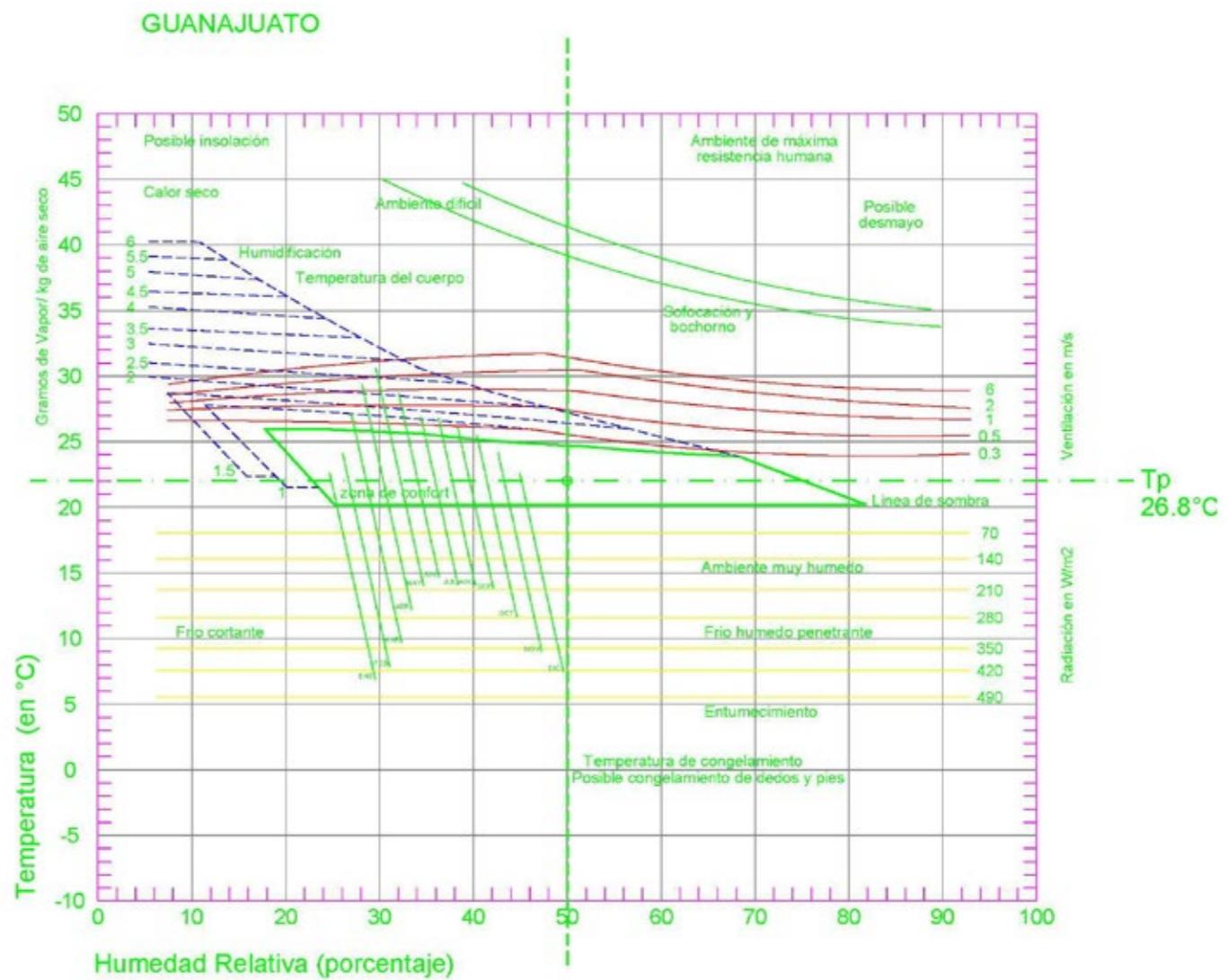
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas													
Localidad	Durango	Lat. (xx.x)	24.02	Long.(xxx.x)	104.67	Altitud (m)	1900						
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
Temp max	19.6	21.9	24.6	27.5	30.1	27.6	27.6	27.4	26.7	25.4	22.9	20.3	
Temp min	0.7	2.2	4.9	7.8	11.3	14.1	14.2	14	12.9	9.2	4.8	1.8	
Temp med	10.2	12.0	14.8	17.6	20.7	22.1	20.9	20.7	19.8	17.3	13.9	11.1	
Hora min	6.667	6.404	6.085	5.719	5.420	5.262	5.325	5.580	5.932	6.286	6.592	6.739	
Hora max	14.297	15.904	14.335	15.099	14.300	14.512	15.575	15.580	16.062	15.966	15.962	15.489	
Hora (TSV)													
0:00	6.0	7.4	11.1	13.5	16.4	17.7	17.8	17.8	17.1	14.5	9.8	7.1	
1:00	4.9	6.3	9.9	12.5	15.5	17.0	17.1	17.1	16.3	13.5	8.8	6.0	
2:00	4.0	5.5	9.0	11.6	14.7	16.4	16.6	16.5	15.7	12.7	7.9	5.1	
3:00	3.3	4.7	8.2	10.8	14.0	16.0	16.1	16.0	15.1	12.0	7.2	4.4	
4:00	2.7	4.2	7.5	10.2	13.4	15.6	15.7	15.6	14.7	11.5	6.7	3.8	
5:00	2.2	3.7	7.0	9.7	13.0	15.3	15.4	15.2	14.3	11.0	6.3	3.3	
6:00	1.9	3.3	6.5	7.8	11.4	14.2	14.3	14.0	12.9	10.6	5.9	3.0	
7:00	0.7	2.3	5.2	8.5	12.5	15.2	15.2	14.6	13.2	9.3	4.8	1.8	
8:00	1.4	3.4	6.9	10.8	15.1	17.2	17.1	16.4	14.6	10.4	5.5	2.4	
9:00	3.7	6.2	10.1	14.4	18.8	19.9	19.8	18.9	17.0	12.9	7.9	4.5	
10:00	7.4	10.3	14.1	18.4	22.6	22.6	22.5	21.6	19.8	16.1	11.5	8.1	
11:00	11.5	14.6	17.9	22.1	25.8	24.8	24.7	24.0	22.4	19.3	15.4	12.1	
12:00	15.2	18.1	21.1	24.9	28.2	26.4	26.4	25.8	24.5	22.0	18.9	15.8	
13:00	17.9	20.6	23.2	26.6	29.5	27.3	27.2	26.9	25.9	24.0	21.4	18.5	
14:00	19.3	21.8	24.2	27.3	29.9	27.4	27.5	27.3	26.5	25.0	22.7	20.0	
15:00	19.7	21.9	24.3	27.1	29.5	27.1	27.1	27.0	26.5	25.2	23.0	20.4	
16:00	19.1	21.1	23.6	26.1	28.4	26.3	26.3	26.4	25.9	24.8	22.3	19.9	
17:00	17.8	19.6	22.4	24.8	27.0	25.2	25.3	25.4	25.0	23.8	21.1	18.7	
18:00	16.1	17.8	20.8	23.1	25.4	24.0	24.1	24.2	23.9	22.6	19.5	17.0	
19:00	14.3	15.8	19.0	21.3	23.6	22.8	22.9	23.0	22.6	21.1	17.6	15.2	
20:00	12.3	13.8	17.2	19.5	21.9	21.6	21.7	21.8	21.3	19.6	15.8	13.3	
21:00	10.5	11.9	15.5	17.8	20.3	20.4	20.5	20.6	20.1		14.0	11.5	
22:00	8.8	10.2	13.8	16.2	18.9	19.4	19.5	19.6	19.0	16.8	12.4	9.8	
23:00	7.3	8.7	12.4	14.8	17.6	18.5	18.6	18.6	18.0	15.6	11.0	8.4	

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	24.93	7.325	16.13	+	26.1
				-	19.1



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Guanajuato	Lat. (xx.x)	21.01	Long.(xxx.x)	101.26	Altitud (m)	1995					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	22.5	24.7	27.3	29.8	31.1	29.2	27.5	27.5	26.5	25.9	24.7	22.9
Temp min	7	8.2	9.7	12.3	14.1	14.8	14.1	14.2	13.9	11.7	9.1	7.4
Temp med	14.8	16.4	18.5	21.1	22.6	22.0	20.8	20.8	20.2	18.8	16.9	15.2
Hora min	6.574	6.348	6.073	5.758	5.500	5.365	5.419	5.638	5.941	6.247	6.510	6.636
Hora max	13.984	13.848	12.903	13.428	13.090	13.275	12.669	13.138	13.531	13.417	14.010	13.886
Hora (TSV)												
0:00	11.1	12.4	13.9	16.2	17.7	17.8	16.9	17.1	16.8	15.2	13.2	11.6
1:00	10.3	11.6	13.1	15.5	17.0	17.2	16.4	16.6	16.3	14.6	12.4	10.8
2:00	9.7	10.9	12.5	14.9	16.5	16.7	15.9	16.1	15.8	14.0	11.8	10.1
3:00	9.2	10.4	11.9	14.4	16.0	16.3	15.6	15.7	15.4	13.6	11.3	9.6
4:00	8.7	10.0	11.5	13.9	15.6	16.0	15.3	15.4	15.1	13.2	10.8	9.2
5:00	8.4	9.6	11.1	13.6	15.3	15.8	15.0	15.2	14.9	12.9	10.5	8.8
6:00	8.1	9.3	10.8	12.3	14.4	15.2	14.4	14.3	13.9	12.6	10.2	8.5
7:00	7.2	8.7	10.7	14.2	16.7	17.4	16.4	15.9	14.9	12.2	9.3	7.5
8:00	9.2	11.3	14.0	17.9	20.5	20.7	19.4	18.8	17.4	14.6	11.5	9.4
9:00	12.6	15.0	18.1	22.0	24.5	24.0	22.5	21.9	20.3	17.9	15.0	12.8
10:00	16.2	18.8	22.0	25.5	27.7	26.6	25.0	24.5	23.0	21.1	18.6	16.4
11:00	19.2	21.7	24.8	28.0	29.8	28.3	26.6	26.3	24.9	23.6	21.5	19.4
12:00	21.2	23.7	26.6	29.4	30.9	29.1	27.4	27.3	26.1	25.1	23.5	21.5
13:00	22.3	24.6	27.2	29.7	31.0	29.1	27.4	27.4	26.5	25.8	24.5	22.6
14:00	22.4	24.6	27.0	29.3	30.4	28.5	26.9	27.0	26.2	25.7	24.6	22.8
15:00	21.9	23.9	26.1	28.3	29.3	27.5	26.0	26.2	25.6	25.1	24.1	22.4
16:00	21.0	22.8	24.9	26.9	27.9	26.3	24.9	25.2	24.6	24.1	23.1	21.4
17:00	19.7	21.4	23.3	25.3	26.4	25.0	23.7	24.0	23.5	22.9	21.8	20.2
18:00	18.3	19.9	21.7	23.7	24.8	23.7	22.4	22.7	22.3	21.6	20.4	18.8
19:00	16.9	18.4	20.1	22.1	23.3	22.4	21.2	21.5	21.2	20.3	18.9	17.3
20:00	15.5	16.9	18.6	20.7	21.9	21.2	20.1	20.4	20.1	19.1	17.5	16.0
21:00	14.2	15.6	17.2	19.3	20.6	20.2	19.2	19.4	19.1		16.2	14.7
22:00	13.0	14.3	15.9	18.1	19.5	19.3	18.3	18.5	18.3	16.9	15.1	13.5
23:00	12.0	13.3	14.8	17.1	18.5	18.5	17.5	17.8	17.5	16.0	14.1	12.5

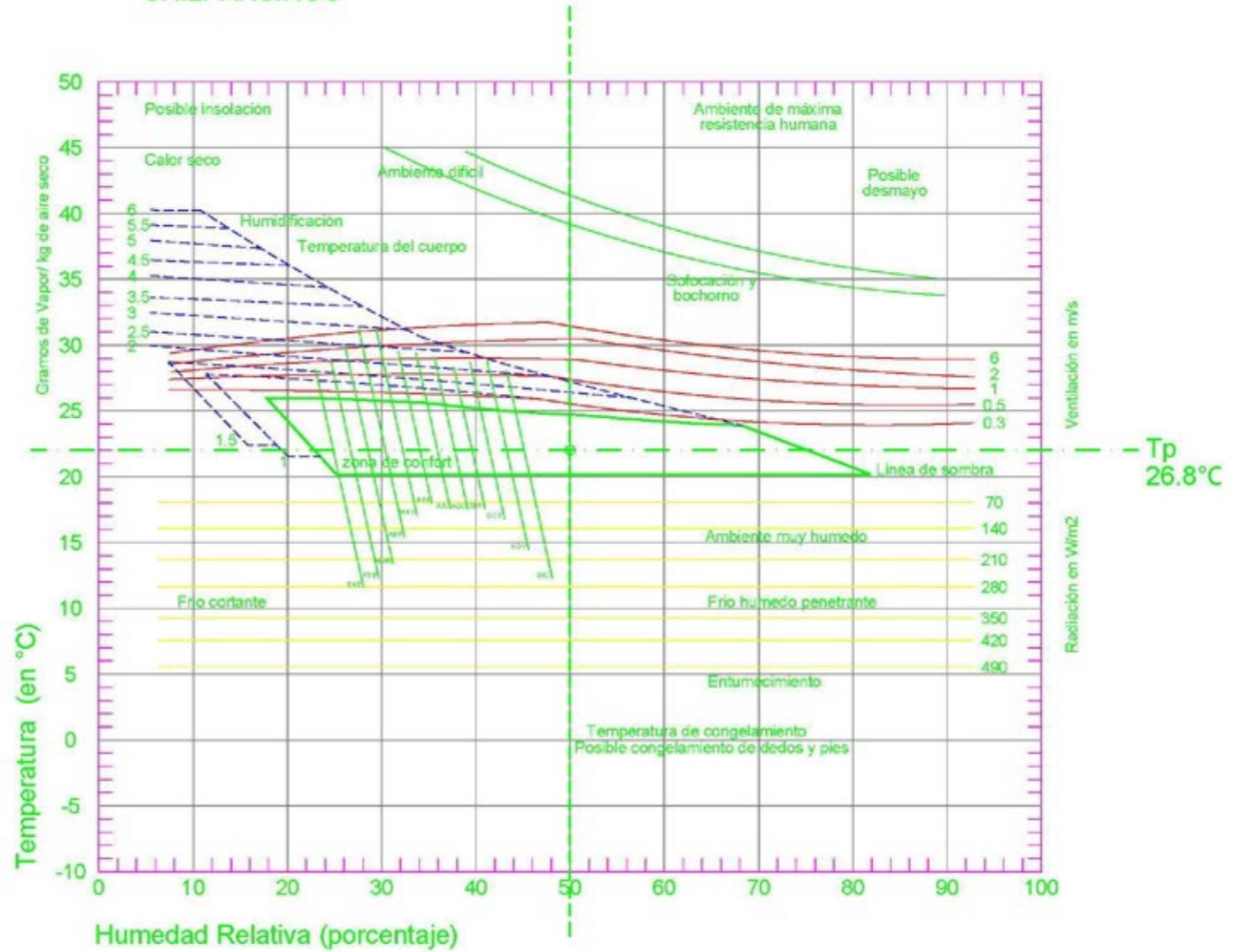
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, Ago, dic	26.55	10.975	18.76	+	26.9
				-	19.9



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Guerrero	Lat. (xx.x)	18.29	Long.(xxx.x)	99.11	Altitud (m)	900					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	28.5	29.5	31.6	33.1	33.6	32.1	29.9	29.6	29.4	28.3	26.6	27.1
Temp min	13.7	14.7	15.6	16.1	16.6	16.2	15.7	15	15	14.7	13.7	13
Temp med	21.1	22.1	23.7	24.4	24.9	24.1	22.9	22.3	22.2	21.5	20.2	20.1
Hora min	6.493	6.299	6.063	5.792	5.570	5.454	5.500	5.689	5.950	6.212	6.438	6.546
Hora max	13.903	13.799	12.893	13.462	13.160	13.364	12.750	13.189	13.540	13.382	13.938	13.796
Hora (TSV)												
0:00	17.6	18.4	19.4	19.9	20.3	19.5	18.7	18.2	18.4	18.0	17.0	16.7
1:00	16.8	17.7	18.7	19.2	19.6	18.9	18.1	17.6	17.7	17.4	16.4	16.0
2:00	16.2	17.1	18.1	18.6	19.0	18.4	17.7	17.1	17.2	16.9	15.9	15.5
3:00	15.7	16.7	17.6	18.1	18.5	17.9	17.3	16.7	16.8	16.5	15.5	15.0
4:00	15.3	16.3	17.2	17.7	18.1	17.6	17.0	16.3	16.4	16.1	15.1	14.6
5:00	15.0	15.9	16.9	17.4	17.8	17.3	16.7	16.1	16.1	15.8	14.8	14.3
6:00	14.7	15.7	16.6	16.1	16.8	16.5	15.9	15.1	15.0	15.6	14.6	14.0
7:00	13.9	15.2	16.6	17.8	19.0	18.8	17.9	16.7	16.1	15.3	14.0	13.2
8:00	16.0	17.6	19.5	21.4	22.7	22.4	21.1	19.9	18.9	17.6	15.8	15.0
9:00	19.3	21.0	23.3	25.4	26.7	26.0	24.3	23.3	22.3	20.8	18.8	18.2
10:00	22.7	24.3	26.8	28.8	30.0	29.0	27.0	26.2	25.4	23.8	21.7	21.4
11:00	25.5	27.0	29.4	31.3	32.2	31.0	28.8	28.2	27.6	26.1	24.1	24.1
12:00	27.4	28.6	30.9	32.7	33.3	31.9	29.7	29.3	28.9	27.6	25.7	26.0
13:00	28.3	29.4	31.5	33.0	33.5	32.0	29.8	29.5	29.4	28.2	26.5	26.9
14:00	28.4	29.4	31.3	32.6	33.0	31.4	29.3	29.1	29.1	28.1	26.5	27.0
15:00	27.9	28.7	30.5	31.7	31.9	30.4	28.4	28.3	28.3	27.5	26.0	26.6
16:00	26.9	27.7	29.4	30.3	30.5	29.1	27.2	27.1	27.3	26.6	25.2	25.7
17:00	25.7	26.5	28.0	28.8	29.0	27.6	25.9	25.8	26.0	25.4	24.1	24.5
18:00	24.4	25.1	26.5	27.2	27.4	26.1	24.6	24.4	24.7	24.1	22.9	23.2
19:00	23.0	23.7	25.0	25.7	25.9	24.7	23.4	23.1	23.3	22.9	21.7	21.9
20:00	21.7	22.4	23.6	24.3	24.5	23.4	22.2	21.9	22.1	21.7	20.6	20.7
21:00	20.5	21.2	22.4	23.0	23.2	22.2	21.1	20.8	21.0		19.5	19.5
22:00	19.4	20.2	21.3	21.8	22.1	21.2	20.2	19.8	20.0	19.6	18.6	18.4
23:00	18.4	19.2	20.3	20.8	21.1	20.3	19.4	19.0	19.1	18.8	17.7	17.5

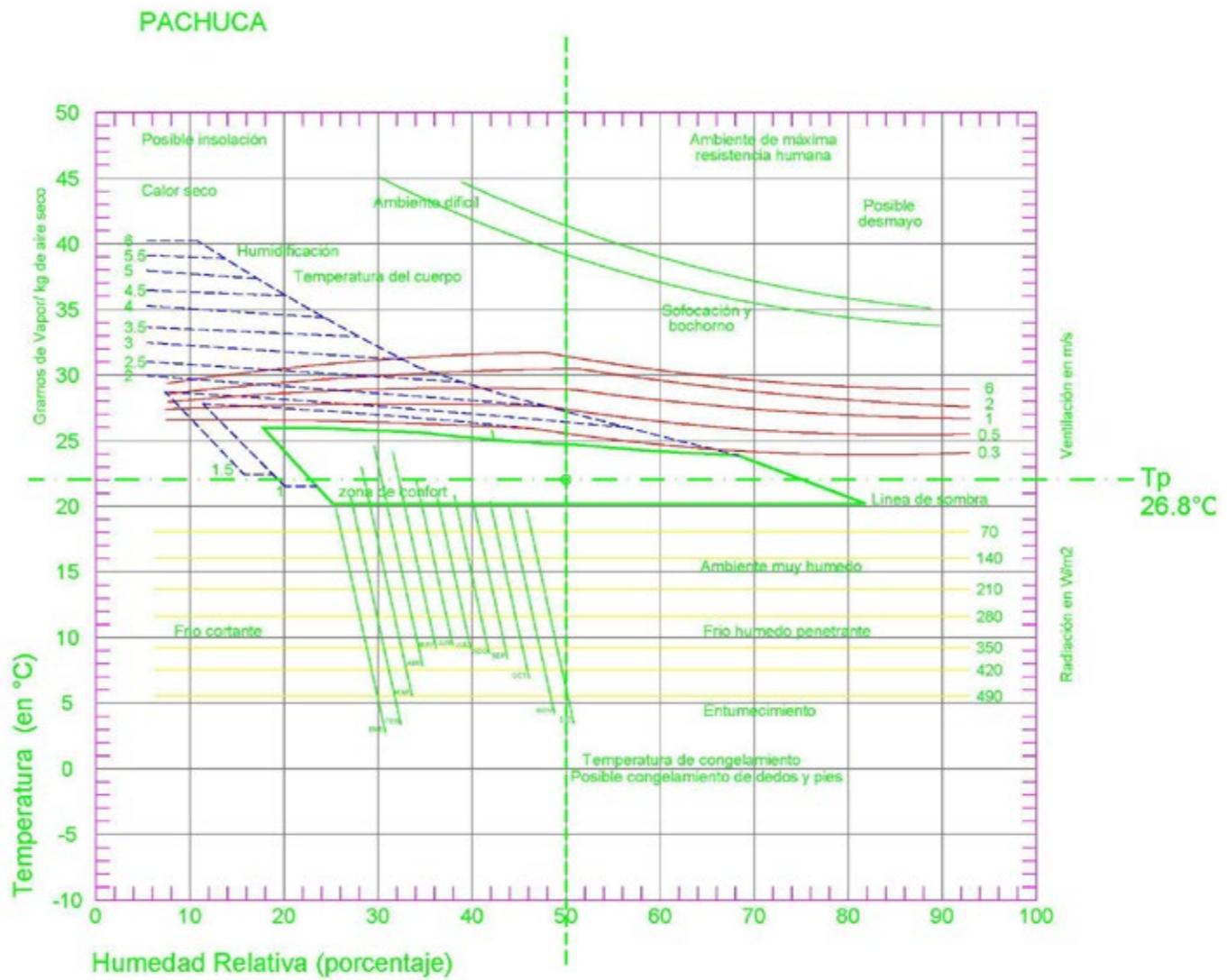
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	29.95	14.825	22.39	+	28.0
				-	21.0

CHILPANCINGO



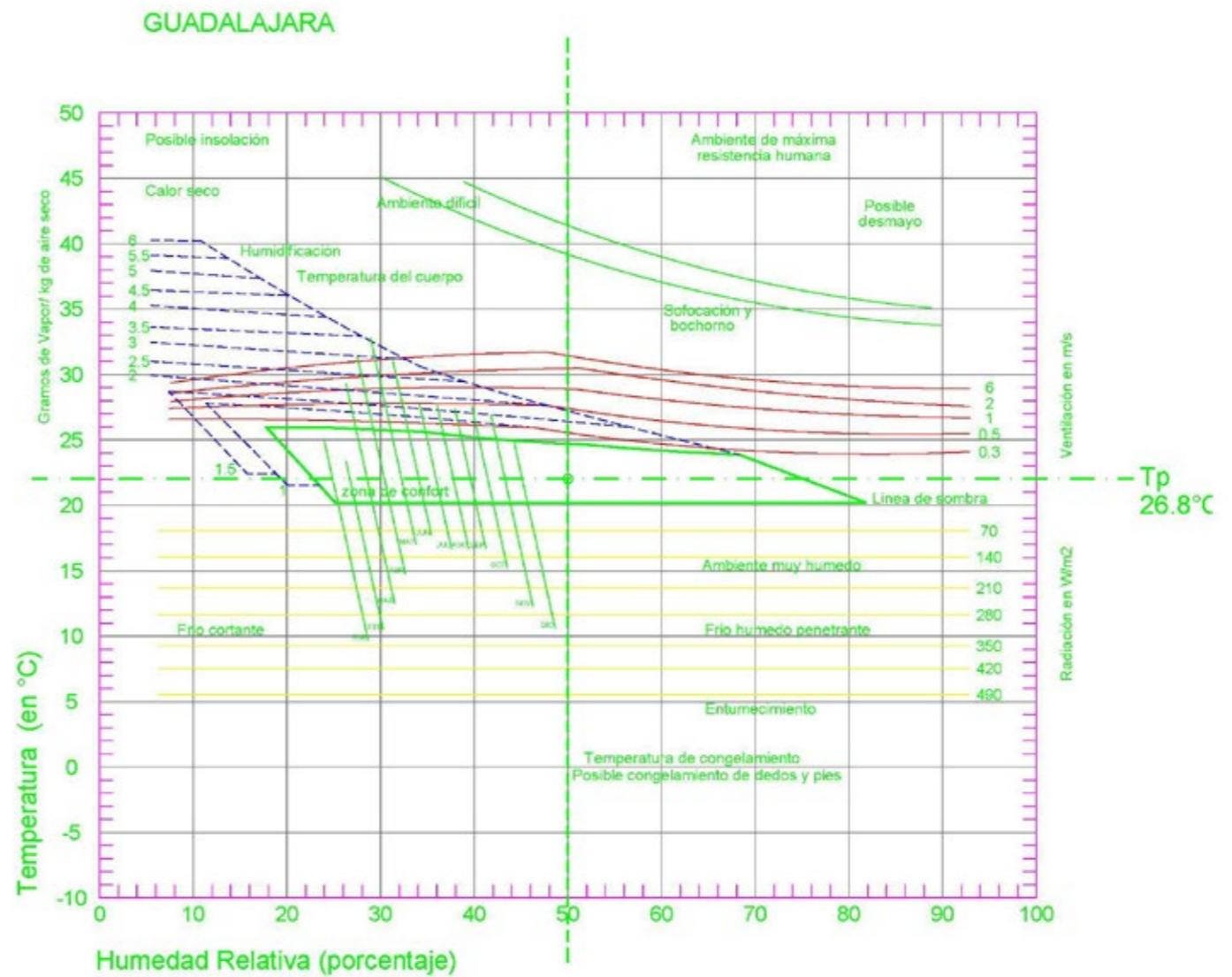
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Hidalgo	Lat. (xx.x)	20.21	Long.(xxx.x)	98.57	Altitud (m)	2100					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	21.1	22.8	25.1	26.2	26.7	24.5	22.5	22.9	21.9	21.5	21.4	21.4
Temp min	3.3	4.4	6.3	8.2	9.4	10.1	9.6	9	9.5	6.9	4.9	3.8
Temp med	12.2	13.6	15.7	17.4	18.0	17.3	16.0	16.0	15.7	14.2	13.2	12.6
Hora min	6.550	6.333	6.070	5.768	5.521	5.392	5.443	5.653	5.944	6.236	6.488	6.609
Hora max	13.960	13.833	12.900	13.438	13.111	13.302	12.693	13.153	13.534	13.406	13.988	13.859
Hora (TSV)												
0:00	8.0	9.0	10.8	12.2	13.1	13.1	12.3	12.1	12.4	10.5	9.2	8.5
1:00	7.1	8.2	10.0	11.5	12.4	12.5	11.8	11.5	11.8	9.8	8.4	7.6
2:00	6.4	7.5	9.2	10.8	11.8	12.0	11.4	11.0	11.4	9.3	7.7	6.9
3:00	5.8	6.9	8.7	10.3	11.3	11.7	11.0	10.6	11.0	8.8	7.2	6.3
4:00	5.3	6.4	8.2	9.9	10.9	11.3	10.7	10.3	10.7	8.4	6.7	5.8
5:00	4.9	6.0	7.8	9.5	10.6	11.1	10.5	10.0	10.5	8.1	6.3	5.4
6:00	4.6	5.6	7.5	8.2	9.6	10.4	9.8	9.1	9.5	7.9	6.0	5.1
7:00	3.5	4.9	7.4	10.1	12.0	12.6	11.7	10.7	10.4	7.5	5.2	4.0
8:00	5.9	7.9	10.9	13.9	15.9	15.9	14.7	13.8	12.9	9.9	7.5	6.1
9:00	9.8	12.1	15.3	18.1	19.9	19.2	17.6	17.0	15.8	13.3	11.2	10.0
10:00	14.0	16.3	19.4	21.8	23.1	21.8	20.0	19.7	18.4	16.6	15.0	14.1
11:00	17.4	19.5	22.5	24.3	25.4	23.5	21.6	21.6	20.4	19.1	18.1	17.5
12:00	19.7	21.7	24.3	25.8	26.5	24.4	22.4	22.6	21.5	20.7	20.2	19.9
13:00	20.8	22.6	25.0	26.1	26.6	24.4	22.4	22.8	21.9	21.4	21.2	21.1
14:00	21.0	22.6	24.8	25.7	26.0	23.8	21.9	22.4	21.6	21.3	21.3	21.3
15:00	20.4	21.9	23.9	24.7	24.9	22.9	21.1	21.6	21.0	20.7	20.7	20.8
16:00	19.3	20.6	22.5	23.2	23.5	21.7	20.0	20.5	20.0	19.7	19.6	19.7
17:00	17.8	19.1	20.8	21.6	21.9	20.3	18.8	19.2	19.0	18.4	18.3	18.3
18:00	16.2	17.4	19.1	20.0	20.3	19.0	17.6	17.9	17.8	17.1	16.8	16.7
19:00	14.6	15.7	17.4	18.3	18.8	17.7	16.5	16.7	16.7	15.7	15.3	15.0
20:00	13.0	14.1	15.8	16.8	17.3	16.6	15.4	15.5	15.6	14.5	13.8	13.5
21:00	11.5	12.6	14.3	15.4	16.1	15.5	14.5	14.5	14.6		12.4	12.0
22:00	10.2	11.2	13.0	14.2	14.9	14.6	13.7	13.5	13.8	12.2	11.2	10.7
23:00	9.0	10.1	11.8	13.2	13.9	13.8	12.9	12.7	13.0	11.3	10.1	9.5

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	23.45	6.65	15.05	+	25.8
				-	18.8



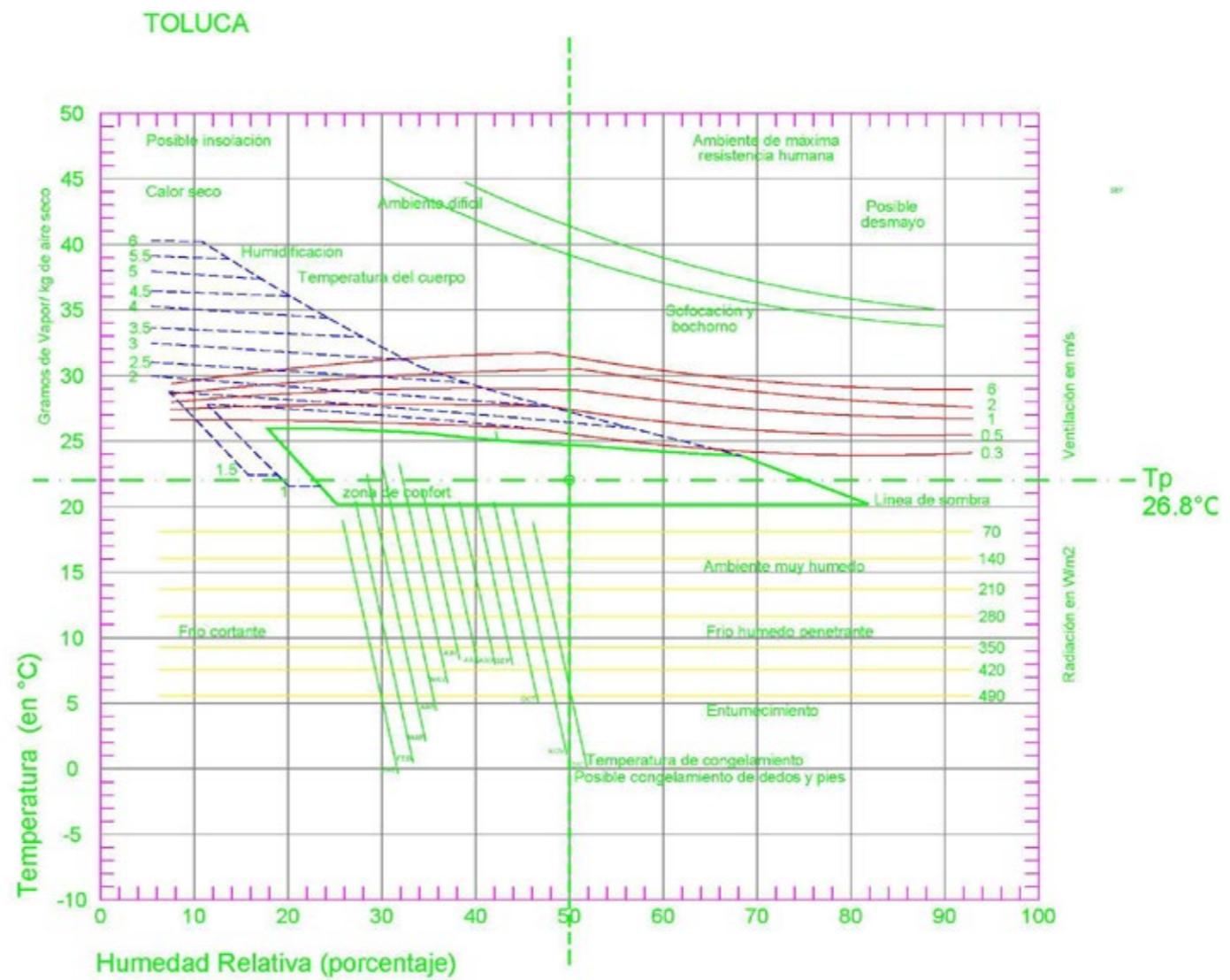
Estimación de temperaturas horaria medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Jalisco	Lat. (xx.x)	20.67	Long.(xxx.x)	103.34	Altitud (m)	1550					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	24.1	26.1	28.5	30.7	31.9	30	27.1	27	26.7	26.7	26	24.4
Temp min	10.4	11.5	13.1	15.6	17.4	17.5	16.6	16.6	16.7	15.4	12.8	11.1
Temp med	17.2	18.8	20.8	23.1	24.6	23.8	21.8	21.8	21.7	21.0	19.4	17.8
Hora min	6.563	6.342	6.072	5.762	5.509	5.376	5.429	5.645	5.942	6.242	6.501	6.624
Hora max	13.973	13.842	12.902	13.432	13.099	13.286	12.679	13.145	13.532	13.412	14.001	13.874
Hora (TSV)												
0:00	14.0	15.2	16.8	19.0	20.5	20.1	18.8	18.9	19.0	18.2	16.2	14.7
1:00	13.4	14.5	16.1	18.3	19.9	19.6	18.4	18.4	18.6	17.7	15.6	14.0
2:00	12.8	13.9	15.5	17.8	19.4	19.2	18.0	18.1	18.2	17.2	15.1	13.5
3:00	12.3	13.5	15.0	17.4	19.0	18.8	17.7	17.8	17.9	16.9	14.6	13.0
4:00	11.9	13.1	14.6	17.0	18.7	18.6	17.5	17.5	17.7	16.6	14.3	12.6
5:00	11.6	12.7	14.3	16.7	18.4	18.3	17.3	17.3	17.5	16.3	14.0	12.3
6:00	11.4	12.5	14.1	15.6	17.6	17.8	16.8	16.7	16.7	16.1	13.7	12.1
7:00	10.6	11.9	14.0	17.2	19.6	19.7	18.4	17.9	17.5	15.8	13.0	11.2
8:00	12.3	14.2	16.9	20.4	22.9	22.6	20.8	20.2	19.4	17.7	14.8	12.8
9:00	15.4	17.6	20.5	23.9	26.2	25.4	23.2	22.6	21.8	20.4	17.8	15.7
10:00	18.6	20.9	23.8	27.0	28.9	27.7	25.1	24.7	23.9	22.9	20.8	18.8
11:00	21.2	23.5	26.3	29.1	30.8	29.2	26.4	26.1	25.5	24.9	23.3	21.4
12:00	23.0	25.2	27.9	30.3	31.7	29.9	27.0	26.8	26.4	26.1	25.0	23.2
13:00	23.9	26.0	28.4	30.7	31.8	29.9	27.0	27.0	26.7	26.6	25.8	24.2
14:00	24.0	26.0	28.2	30.3	31.3	29.4	26.6	26.7	26.5	26.6	25.9	24.3
15:00	23.6	25.4	27.5	29.4	30.4	28.6	25.9	26.0	26.0	26.1	25.5	23.9
16:00	22.7	24.4	26.4	28.2	29.2	27.5	25.1	25.2	25.2	25.3	24.6	23.1
17:00	21.6	23.2	25.0	26.9	27.9	26.4	24.1	24.2	24.3	24.3	23.5	22.0
18:00	20.4	21.8	23.6	25.5	26.5	25.2	23.1	23.3	23.4	23.3	22.3	20.8
19:00	19.1	20.5	22.2	24.1	25.2	24.1	22.2	22.3	22.5	22.2	21.1	19.6
20:00	17.9	19.2	20.9	22.8	24.0	23.1	21.3	21.5	21.6	21.3	19.9	18.4
21:00	16.7	18.0	19.6	21.7	23.0	22.2	20.6	20.7	20.8		18.8	17.3
22:00	15.7	16.9	18.6	20.6	22.0	21.4	19.9	20.0	20.2	19.5	17.9	16.3
23:00	14.8	16.0	17.6	19.8	21.2	20.7	19.3	19.4	19.5	18.8	17.0	15.4

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	27.35	14.15	20.75	+	27.5
				-	20.5



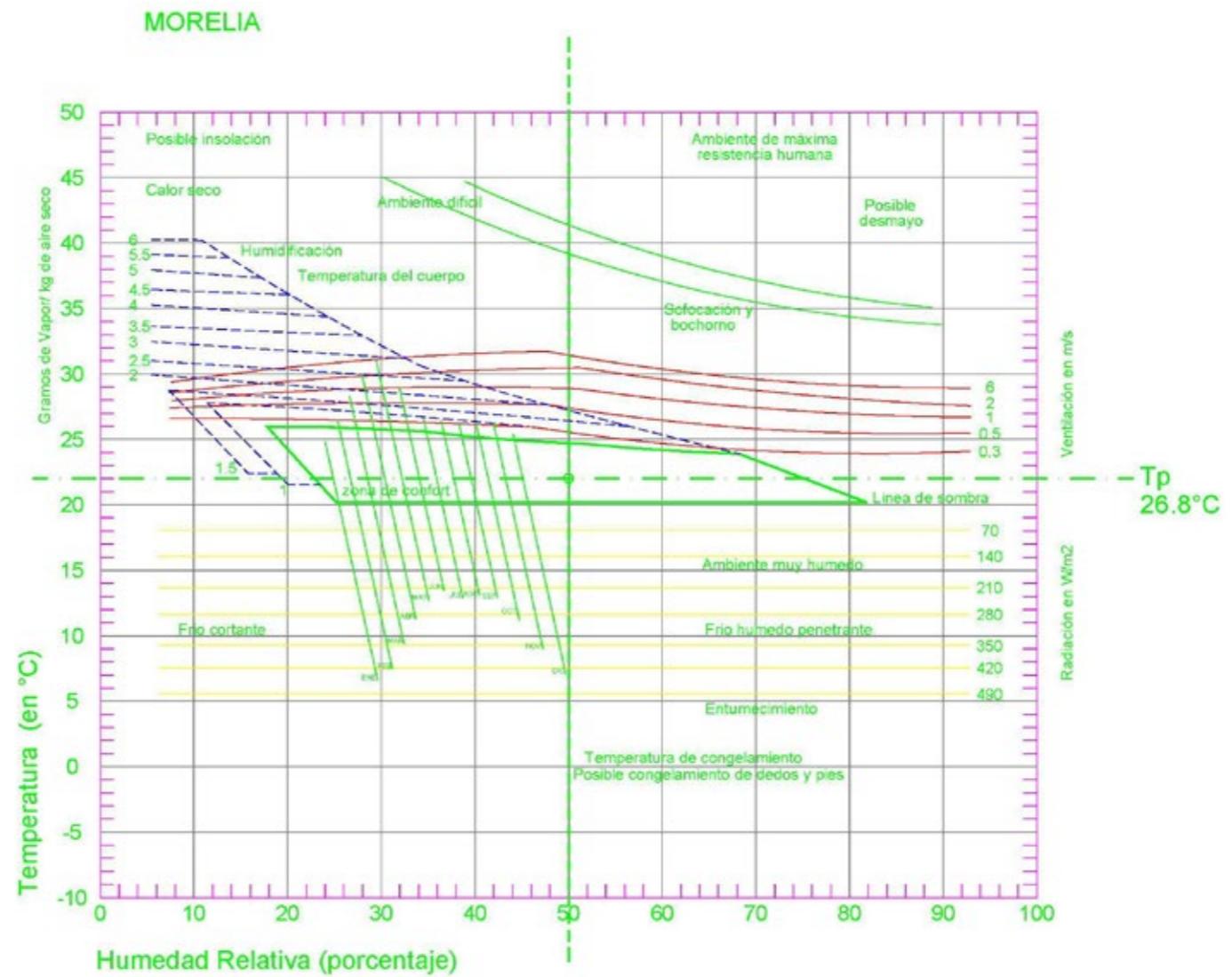
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	México	Lat. (xx.x)	19.29	Long.(xxx.x)	99.63	Altitud (m)	2638					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	19.3	20.7	22.8	23.9	24.1	22.6	20.8	20.8	20.8	20.9	20.2	18.9
Temp min	0.1	1.7	3	5.7	7.1	8.4	8.1	7.4	7.7	5.4	2.4	1.6
Temp med	9.7	11.2	12.9	14.8	15.6	15.5	14.5	14.1	14.2	13.2	11.3	10.2
Hora min	6.522	6.317	6.067	5.779	5.545	5.422	5.471	5.670	5.947	6.225	6.464	6.579
Hora max	13.932	13.817	12.897	13.449	13.135	13.332	12.721	13.170	13.537	13.395	13.964	13.829
Hora (TSV)												
0:00	5.1	6.5	7.7	9.8	10.7	11.4	10.8	10.4	10.8	9.2	7.0	6.2
1:00	4.2	5.6	6.8	9.0	10.1	10.8	10.3	9.8	10.2	8.5	6.2	5.3
2:00	3.4	4.8	6.1	8.4	9.5	10.3	9.8	9.3	9.7	7.9	5.4	4.6
3:00	2.8	4.2	5.5	7.8	9.0	9.9	9.5	8.9	9.3	7.4	4.8	4.0
4:00	2.2	3.7	5.0	7.4	8.6	9.6	9.2	8.6	9.0	7.0	4.4	3.5
5:00	1.8	3.3	4.6	7.1	8.3	9.4	9.0	8.4	8.7	6.7	4.0	3.2
6:00	1.4	3.0	4.2	5.7	7.3	8.7	8.3	7.5	7.7	6.4	3.6	2.8
7:00	0.4	2.3	4.2	7.6	9.6	10.8	10.1	9.0	8.7	6.0	2.7	1.8
8:00	3.0	5.3	7.9	11.4	13.4	14.0	13.0	11.9	11.3	8.7	5.3	4.0
9:00	7.3	9.7	12.5	15.7	17.3	17.3	15.9	15.1	14.4	12.3	9.3	7.8
10:00	11.7	14.0	16.8	19.4	20.5	19.9	18.3	17.7	17.1	15.7	13.4	11.8
11:00	15.3	17.4	20.0	22.0	22.7	21.6	19.9	19.6	19.2	18.4	16.7	15.2
12:00	17.8	19.6	22.0	23.4	23.8	22.4	20.6	20.5	20.4	20.1	18.9	17.5
13:00	19.0	20.5	22.7	23.8	24.0	22.5	20.7	20.8	20.8	20.8	20.0	18.6
14:00	19.2	20.5	22.5	23.4	23.4	22.0	20.3	20.4	20.5	20.7	20.1	18.8
15:00	18.5	19.7	21.5	22.4	22.4	21.0	19.4	19.6	19.8	20.0	19.4	18.3
16:00	17.3	18.4	20.0	20.9	21.0	19.8	18.4	18.5	18.8	18.9	18.3	17.2
17:00	15.7	16.8	18.3	19.3	19.4	18.5	17.2	17.3	17.7	17.6	16.8	15.8
18:00	14.0	15.1	16.5	17.6	17.9	17.2	16.1	16.0	16.5	16.2	15.2	14.2
19:00	12.2	13.3	14.7	16.0	16.3	16.0	14.9	14.8	15.3	14.8	13.5	12.6
20:00	10.5	11.7	13.0	14.4	14.9	14.8	13.9	13.7	14.2	13.4	12.0	11.1
21:00	8.9	10.1	11.4	13.0	13.7	13.8	12.9	12.7	13.1		10.5	9.6
22:00	7.5	8.7	10.0	11.8	12.5	12.8	12.1	11.8	12.2	11.0	9.2	8.3
23:00	6.2	7.5	8.8	10.7	11.6	12.0	11.4	11.0	11.4	10.1	8.0	7.2

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	21.13	4.45	12.79	+	25.1
				-	18.1



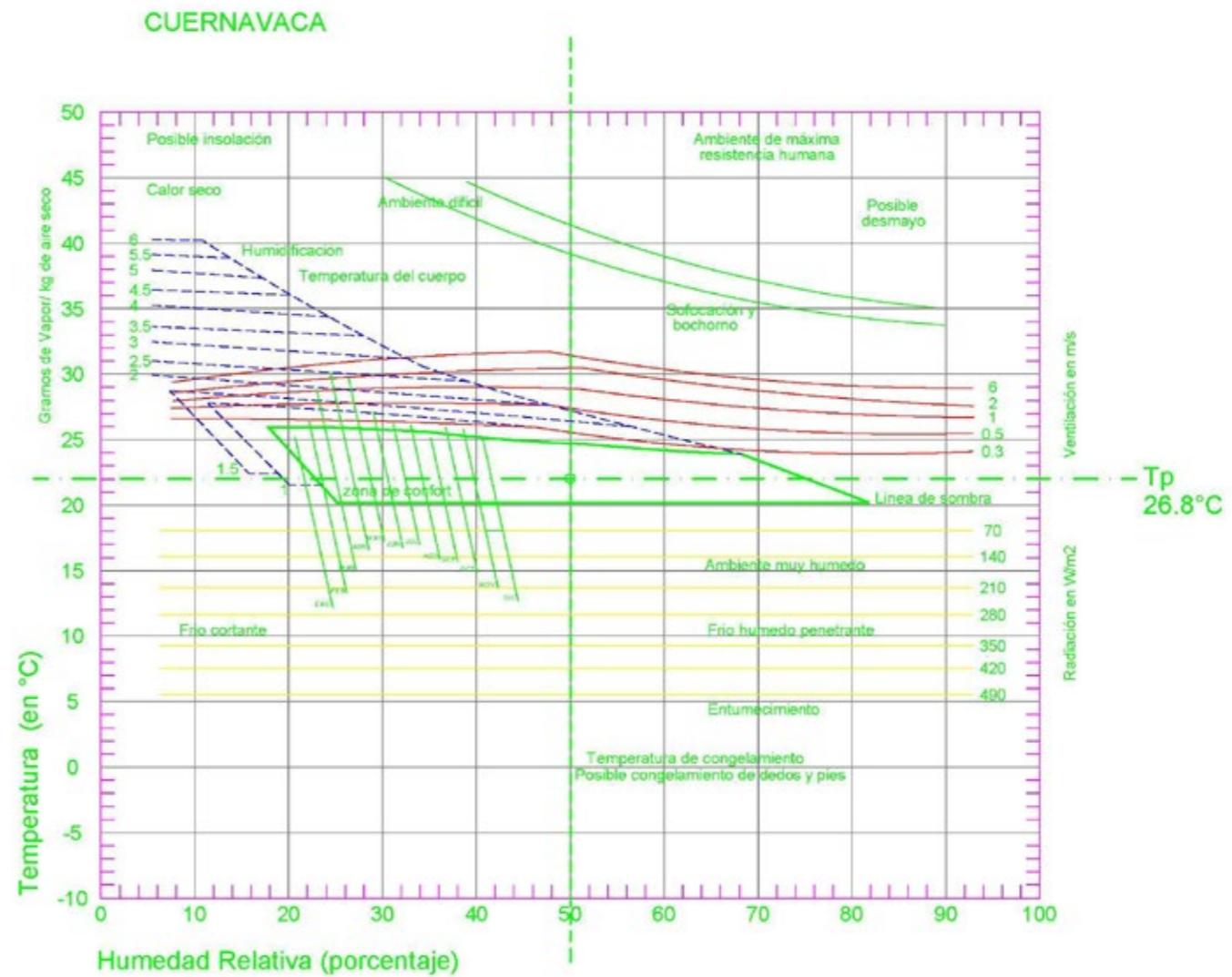
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Michoacán	Lat. (xx.x)	19.68	Long.(xxx.x)	101.17	Altitud (m)	2638					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	24.1	26	28	29.9	30.7	28.7	26.3	26.1	25.7	26	25.8	25
Temp min	6.6	7.3	9.2	11.4	12.7	13.4	12.8	13.2	12.9	11.2	8.6	6.9
Temp med	15.4	16.6	18.6	20.6	21.7	21.0	19.5	19.6	19.3	18.6	17.2	16.0
Hora min	6.534	6.324	6.068	5.774	5.535	5.409	5.459	5.663	5.945	6.230	6.474	6.591
Hora max	13.944	13.824	12.898	13.444	13.125	13.319	12.709	13.163	13.535	13.400	13.974	13.841
Hora (TSV)												
0:00	11.2	12.0	13.7	15.6	16.6	16.6	15.6	16.0	15.9	14.9	13.1	11.7
1:00	10.3	11.1	12.9	14.8	15.8	16.0	15.1	15.5	15.3	14.2	12.2	10.8
2:00	9.6	10.4	12.1	14.1	15.2	15.5	14.7	15.1	14.9	13.6	11.5	10.1
3:00	9.0	9.8	11.6	13.6	14.7	15.1	14.3	14.7	14.5	13.1	11.0	9.5
4:00	8.6	9.3	11.1	13.1	14.3	14.7	14.0	14.4	14.1	12.7	10.5	8.9
5:00	8.2	8.9	10.7	12.8	14.0	14.4	13.7	14.1	13.9	12.4	10.1	8.5
6:00	7.8	8.6	10.4	11.4	12.9	13.7	13.0	13.3	12.9	12.2	9.8	8.2
7:00	6.8	7.9	10.3	13.3	15.4	16.0	15.0	14.8	13.9	11.8	8.9	7.1
8:00	9.2	10.9	13.8	17.2	19.4	19.5	18.0	17.6	16.4	14.3	11.3	9.4
9:00	13.1	15.2	18.2	21.5	23.5	23.0	21.1	20.6	19.4	17.8	15.2	13.4
10:00	17.1	19.4	22.3	25.3	27.0	25.8	23.7	23.1	22.1	21.0	19.2	17.6
11:00	20.5	22.7	25.4	28.0	29.3	27.7	25.3	24.9	24.1	23.6	22.4	21.1
12:00	22.7	24.9	27.2	29.4	30.4	28.5	26.1	25.8	25.3	25.2	24.5	23.5
13:00	23.8	25.8	27.9	29.8	30.6	28.6	26.2	26.1	25.7	25.9	25.6	24.7
14:00	24.0	25.8	27.7	29.4	30.0	28.0	25.7	25.7	25.4	25.8	25.7	24.9
15:00	23.4	25.1	26.8	28.3	28.9	27.0	24.8	24.9	24.8	25.2	25.1	24.3
16:00	22.3	23.8	25.4	26.9	27.4	25.7	23.7	23.9	23.8	24.1	24.0	23.2
17:00	20.9	22.2	23.7	25.2	25.7	24.3	22.5	22.7	22.7	22.9	22.5	21.7
18:00	19.3	20.5	22.0	23.5	24.1	22.9	21.2	21.5	21.5	21.5	21.0	20.1
19:00	17.7	18.8	20.3	21.8	22.5	21.5	20.0	20.3	20.3	20.1	19.4	18.4
20:00	16.1	17.1	18.7	20.3	21.0	20.3	18.9	19.3	19.2	18.9	17.9	16.8
21:00	14.7	15.6	17.2	18.8	19.6	19.2	17.9	18.3	18.2		16.4	15.3
22:00	13.3	14.2	15.8	17.6	18.5	18.2	17.1	17.4	17.3	16.6	15.2	13.9
23:00	12.2	13.0	14.7	16.5	17.4	17.3	16.3	16.7	16.5	15.7	14.0	12.7

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp. media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	26.95	10.025	18.49	+	26.8
				-	19.8



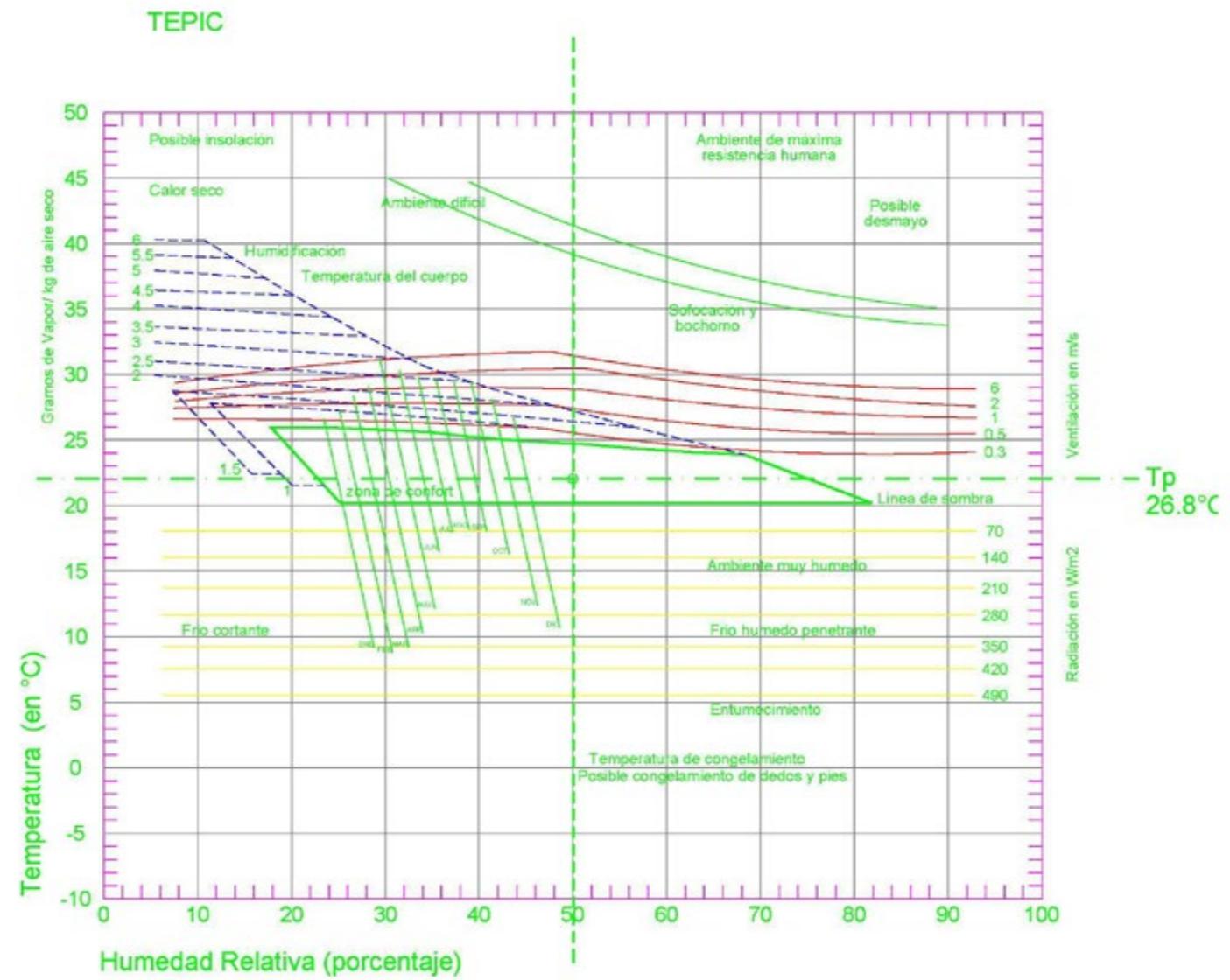
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Morelos	Lat. (xx.x)	18.91	Long.(xxx.x)	99.23	Altitud (m)	1510					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	25.4	26.8	28.9	30.2	29.9	27.3	26.5	26.3	25.3	26	26.1	25.6
Temp min	12.3	13.5	15.1	16.8	17.6	16.9	16	16	15.9	15.2	13.8	12.8
Temp med	18.8	20.2	22.0	23.5	23.8	22.1	21.3	21.2	20.6	20.6	19.9	19.2
Hora min	6.511	6.310	6.065	5.784	5.554	5.434	5.482	5.677	5.948	6.220	6.454	6.566
Hora max	13.921	13.810	12.895	13.454	13.144	13.344	12.732	13.177	13.538	13.390	13.954	13.816
Hora (TSV)												
0:00	15.7	16.8	18.4	19.8	20.2	19.1	18.2	18.3	18.1	17.9	17.0	16.2
1:00	15.1	16.2	17.8	19.3	19.7	18.7	17.8	17.8	17.7	17.4	16.4	15.6
2:00	14.6	15.7	17.3	18.8	19.3	18.3	17.4	17.5	17.3	16.9	15.9	15.0
3:00	14.1	15.3	16.8	18.4	19.0	18.0	17.2	17.2	17.1	16.6	15.5	14.6
4:00	13.8	14.9	16.5	18.1	18.7	17.8	16.9	16.9	16.8	16.3	15.1	14.2
5:00	13.5	14.6	16.2	17.8	18.5	17.6	16.7	16.7	16.6	16.1	14.9	13.9
6:00	13.2	14.4	16.0	16.8	17.7	17.1	16.2	16.1	15.9	15.9	14.6	13.7
7:00	12.5	13.9	15.9	18.2	19.4	18.6	17.7	17.2	16.6	15.6	14.0	12.9
8:00	14.3	16.1	18.5	21.0	22.1	21.0	20.0	19.5	18.5	17.5	15.8	14.6
9:00	17.2	19.1	21.7	24.1	24.9	23.4	22.4	21.9	20.7	20.0	18.6	17.4
10:00	20.2	22.1	24.7	26.9	27.3	25.3	24.4	23.9	22.7	22.4	21.4	20.4
11:00	22.7	24.5	27.0	28.8	28.9	26.6	25.7	25.3	24.1	24.3	23.7	22.9
12:00	24.4	26.0	28.3	29.9	29.7	27.2	26.4	26.1	25.0	25.4	25.2	24.5
13:00	25.2	26.7	28.8	30.2	29.8	27.2	26.4	26.3	25.3	25.9	26.0	25.4
14:00	25.3	26.7	28.7	29.8	29.4	26.8	26.1	26.0	25.1	25.9	26.0	25.5
15:00	24.9	26.1	28.0	29.1	28.7	26.2	25.4	25.3	24.6	25.4	25.6	25.1
16:00	24.0	25.2	27.0	28.0	27.7	25.3	24.5	24.5	23.9	24.6	24.8	24.3
17:00	23.0	24.1	25.8	26.8	26.5	24.3	23.6	23.6	23.1	23.7	23.7	23.3
18:00	21.8	22.9	24.5	25.6	25.4	23.4	22.6	22.6	22.2	22.7	22.6	22.1
19:00	20.6	21.6	23.2	24.4	24.3	22.5	21.7	21.7	21.3	21.7	21.5	20.9
20:00	19.4	20.5	22.0	23.2	23.3	21.6	20.8	20.9	20.5	20.8	20.4	19.8
21:00	18.3	19.4	21.0	22.2	22.4	20.8	20.0	20.1	19.8		19.4	18.7
22:00	17.3	18.4	20.0	21.3	21.5	20.2	19.3	19.4	19.2	19.1	18.5	17.8
23:00	16.5	17.6	19.1	20.5	20.8	19.6	18.7	18.8	18.6	18.4	17.7	16.9

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	27.15	14.975	21.06	+	27.6
				-	20.6



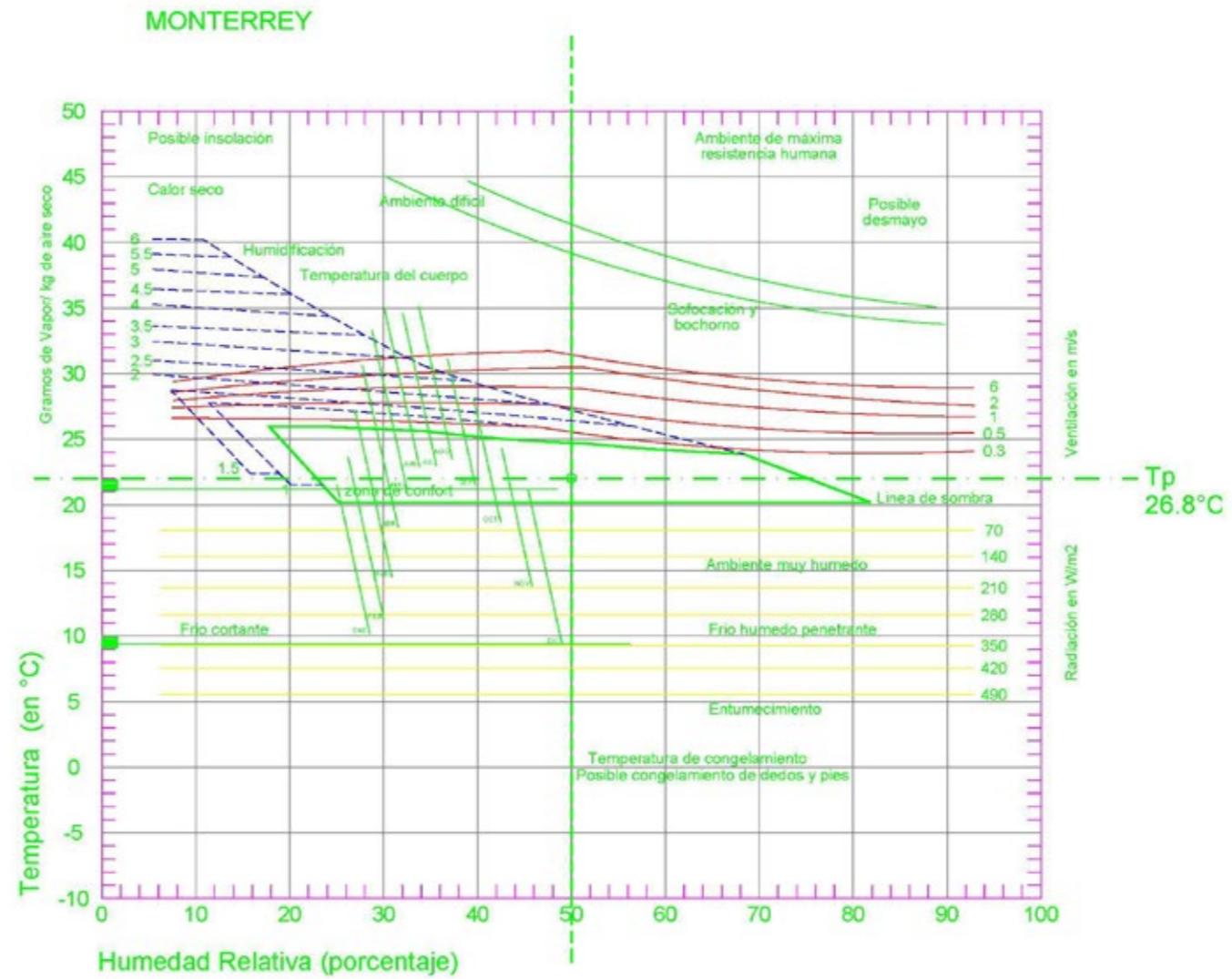
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Nayarit	Lat. (xx.x)	21.5	Long.(xxx.x)	104.88	Altitud (m)	935					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	23.6	24.7	25.8	28	29.8	29.2	28.1	28.4	28.4	27.8	26.9	24.7
Temp min	8.8	8.6	9.4	10.8	13.7	17.4	18.4	18.3	18.6	16.4	11.9	10.4
Temp med	16.2	16.6	17.6	19.4	21.8	23.3	23.2	23.3	23.5	22.1	19.4	17.1
Hora min	6.589	6.357	6.075	5.752	5.487	5.349	5.404	5.629	5.940	6.253	6.523	6.652
Hora max	13.999	13.857	12.905	13.422	13.077	13.259	12.654	13.129	13.530	13.423	14.023	13.902
Hora (TSV)												
0:00	12.7	12.7	13.3	14.7	17.1	19.8	20.4	20.5	20.9	19.2	15.8	14.2
1:00	12.0	11.9	12.6	13.9	16.5	19.4	20.0	20.1	20.5	18.7	15.1	13.5
2:00	11.4	11.3	12.0	13.3	15.9	19.0	19.7	19.7	20.1	18.3	14.5	12.9
3:00	10.9	10.8	11.5	12.8	15.5	18.7	19.5	19.5	19.8	17.9	14.0	12.4
4:00	10.5	10.3	11.0	12.4	15.1	18.4	19.2	19.2	19.6	17.6	13.6	12.0
5:00	10.1	10.0	10.7	12.1	14.8	18.2	19.1	19.0	19.4	17.3	13.2	11.7
6:00	9.9	9.7	10.4	10.9	14.0	17.7	18.6	18.4	18.6	17.1	13.0	11.4
7:00	8.9	9.0	10.4	12.7	16.2	19.6	20.1	19.6	19.4	16.8	12.1	10.5
8:00	10.8	11.5	13.4	16.3	19.8	22.3	22.3	21.8	21.3	18.7	14.1	12.2
9:00	14.1	15.2	17.3	20.3	23.6	25.0	24.5	24.2	23.6	21.4	17.5	15.3
10:00	17.5	18.9	20.8	23.8	26.6	27.1	26.3	26.1	25.7	23.9	21.0	18.6
11:00	20.4	21.8	23.5	26.3	28.6	28.5	27.4	27.5	27.2	25.9	23.8	21.5
12:00	22.3	23.7	25.1	27.6	29.6	29.1	28.0	28.2	28.1	27.2	25.7	23.4
13:00	23.4	24.6	25.7	27.9	29.7	29.1	28.0	28.4	28.4	27.7	26.7	24.4
14:00	23.5	24.6	25.5	27.5	29.1	28.6	27.7	28.1	28.2	27.7	26.8	24.6
15:00	23.1	23.9	24.7	26.5	28.1	27.8	27.0	27.4	27.7	27.2	26.3	24.2
16:00	22.1	22.8	23.5	25.1	26.8	26.8	26.2	26.6	26.9	26.4	25.3	23.4
17:00	20.9	21.5	22.1	23.6	25.3	25.7	25.3	25.7	26.1	25.4	24.1	22.2
18:00	19.6	20.0	20.6	22.0	23.8	24.7	24.4	24.8	25.2	24.4	22.8	20.9
19:00	18.2	18.5	19.1	20.5	22.4	23.6	23.6	23.9	24.3	23.3	21.4	19.6
20:00	16.9	17.1	17.7	19.0	21.0	22.7	22.8	23.0	23.4	22.3	20.0	18.3
21:00	15.7	15.8	16.4	17.7	19.9	21.8	22.1	22.3	22.7		18.8	17.1
22:00	14.6	14.6	15.2	16.5	18.8	21.0	21.4	21.6	22.0	20.6	17.7	16.0
23:00	13.6	13.6	14.2	15.5	17.9	20.4	20.9	21.0	21.4	19.9	16.7	15.1

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	prom max	prom min	temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	26.90	12.75	19.83	+	27.2
				-	20.2



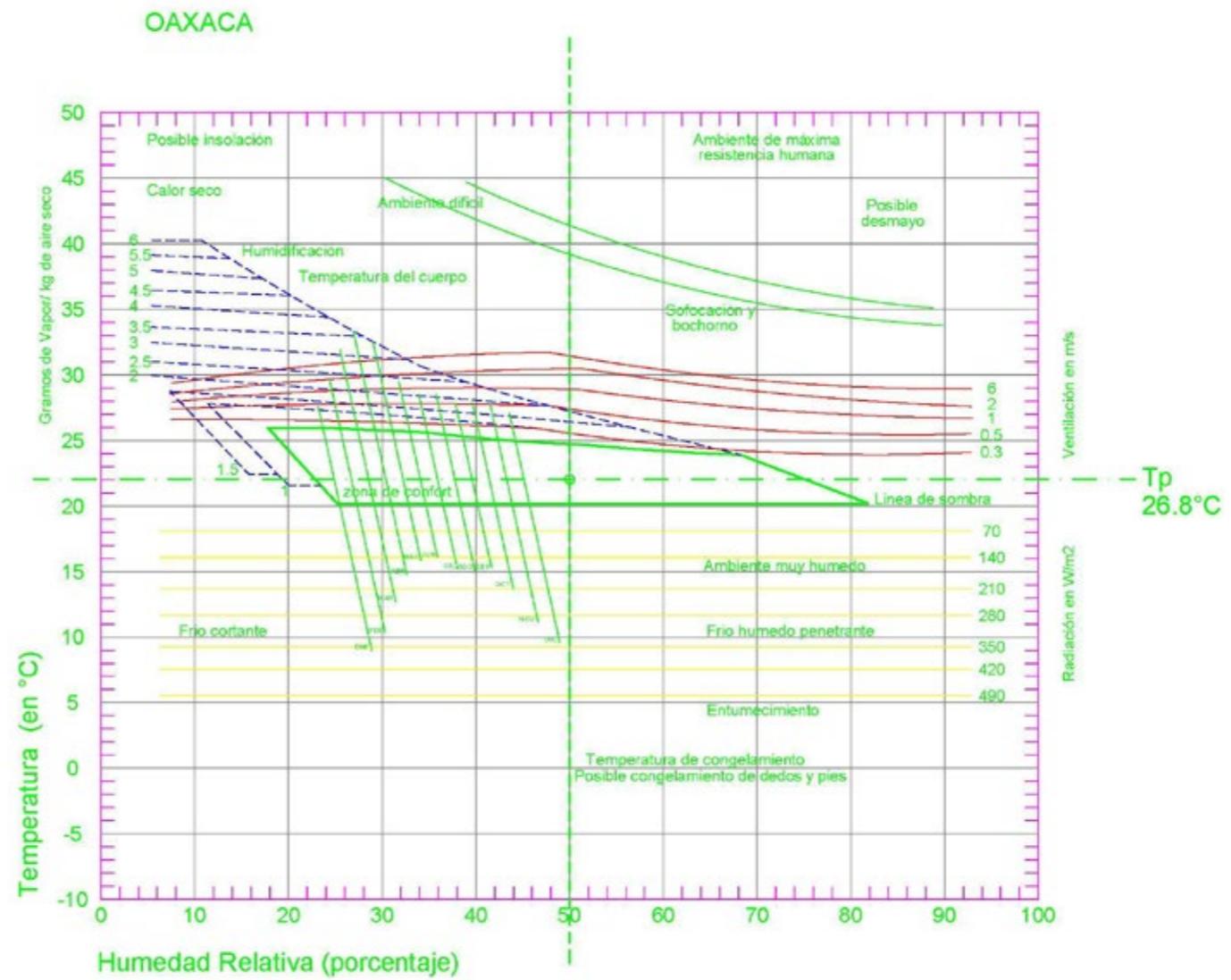
Estimulación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Nuevo León	Lat. (xx.x)	25.8	Long.(xxx.x)	100.26	Altitud (m)	459					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	20.4	23.2	26.5	29.5	32.3	33.9	34.8	34.7	31.3	27.6	24.3	21.2
Temp min	8.8	11.1	14	16.7	20.6	22.4	22.6	22.9	21.3	17.8	13.8	9.8
Temp med	14.6	17.1	20.2	23.1	26.4	28.2	28.7	28.8	26.3	22.7	19.1	15.5
Hora min	6.724	6.438	6.092	5.695	5.370	5.199	5.267	5.544	5.926	6.311	6.643	6.802
Hora max	14.354	15.938	14.342	15.075	14.250	14.449	15.517	15.544	16.056	15.991	16.013	15.552
Hora (TSV)												
0:00	12.1	14.3	17.9	20.4	23.8	25.4	25.8	26.2	24.3	21.0	16.7	13.1
1:00	11.4	13.7	17.2	19.7	23.2	24.8	25.2	25.6	23.8	20.4	16.1	12.4
2:00	10.9	13.1	16.6	19.1	22.7	24.4	24.7	25.1	23.3	19.9	15.6	11.9
3:00	10.4	12.7	16.1	18.7	22.3	24.0	24.3	24.6	22.9	19.5	15.2	11.4
4:00	10.1	12.3	15.7	18.3	21.9	23.6	23.9	24.3	22.6	19.2	14.9	11.1
5:00	9.8	12.0	15.3	17.9	21.6	23.4	23.7	24.0	22.3	18.9	14.7	10.8
6:00	9.5	11.8	15.0	16.7	20.7	22.5	22.7	22.9	21.3	18.7	14.5	10.5
7:00	8.8	11.1	14.2	17.2	21.4	23.4	23.6	23.5	21.5	17.9	13.8	9.8
8:00	9.2	11.8	15.2	18.7	23.1	25.2	25.4	25.0	22.5	18.5	14.2	10.1
9:00	10.5	13.5	17.3	21.1	25.4	27.5	27.8	27.3	24.3	20.0	15.5	11.4
10:00	12.8	16.0	19.8	23.7	27.7	29.8	30.3	29.7	26.3	21.9	17.6	13.5
11:00	15.3	18.6	22.3	26.0	29.7	31.7	32.3	31.8	28.2	23.9	19.9	16.0
12:00	17.6	20.8	24.2	27.8	31.2	33.0	33.7	33.4	29.7	25.5	21.9	18.3
13:00	19.3	22.4	25.6	28.9	32.0	33.7	34.5	34.3	30.7	26.7	23.4	20.0
14:00	20.2	23.1	26.3	29.4	32.2	33.8	34.7	34.6	31.2	27.3	24.2	21.0
15:00	20.5	23.2	26.3	29.2	31.9	33.4	34.3	34.4	31.1	27.5	24.3	21.3
16:00	20.1	22.7	25.9	28.6	31.2	32.7	33.6	33.8	30.7	27.2	24.0	21.0
17:00	19.4	21.8	25.1	27.7	30.3	31.8	32.6	32.9	30.1	26.7	23.3	20.3
18:00	18.3	20.7	24.1	26.6	29.3	30.8	31.6	31.9	29.2	25.9	22.4	19.3
19:00	17.2	19.5	23.0	25.4	28.2	29.7	30.4	30.8	28.3	25.0	21.3	18.1
20:00	16.0	18.3	21.8	24.3	27.2	28.7	29.3	29.7	27.4	24.1	20.2	17.0
21:00	14.9	17.1	20.7	23.1	26.2	27.7	28.3	28.7	26.5		19.2	15.9
22:00	13.8	16.1	19.7	22.1	25.3	26.8	27.4	27.8	25.7	22.4	18.3	14.8
23:00	12.9	15.1	18.7	21.2	24.5	26.1	26.6	26.9	25.0	21.7	17.5	13.9

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	27.85	16.1	21.98	+	27.9
				-	20.9



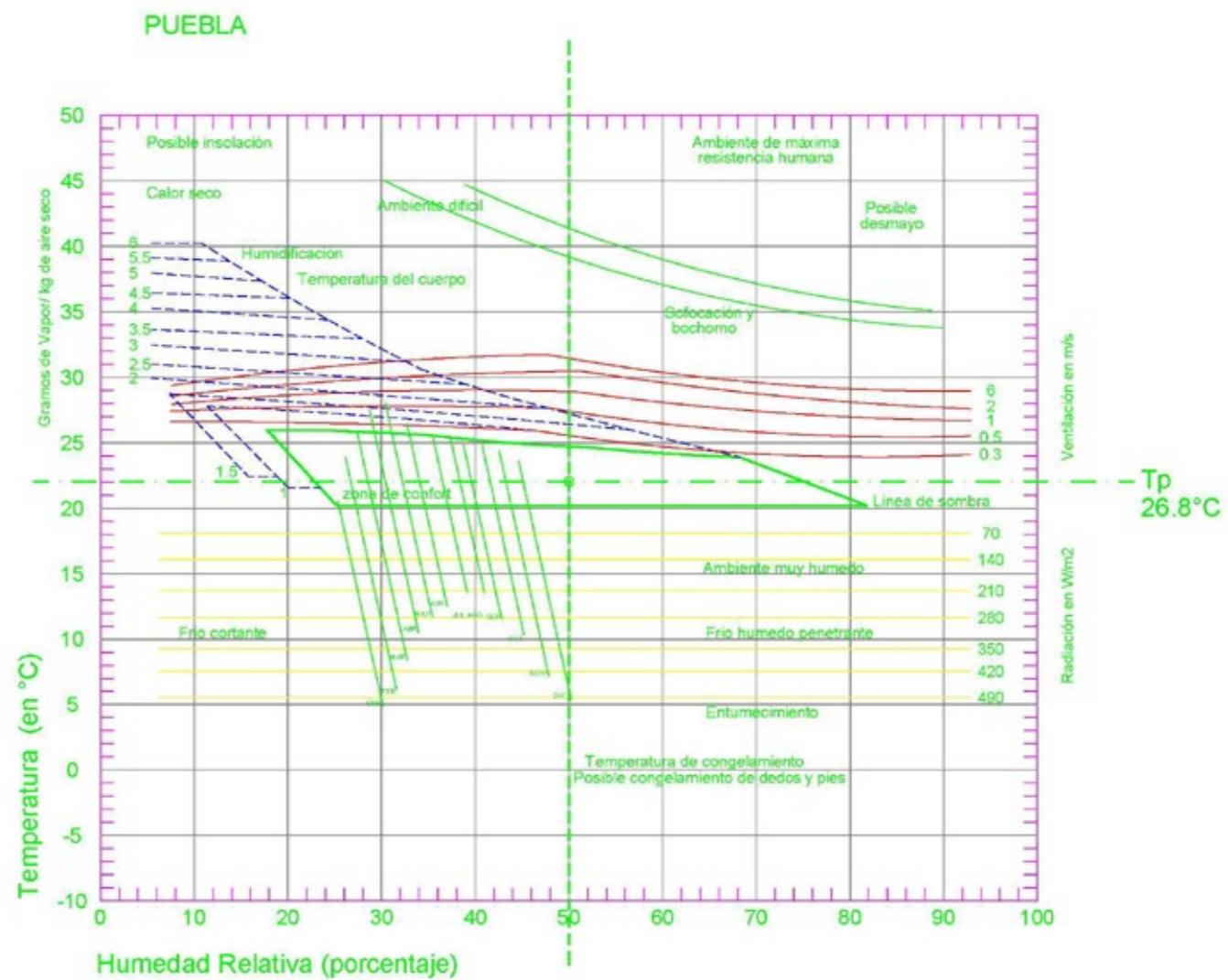
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Oaxaca	Lat. (xx.x)	17.08	Long.(xxx.x)	96.7	Altitud (m)	1594					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	28.5	30.5	32.9	34.5	33.4	30.6	29.5	29.6	28.8	29.1	28.8	28.4
Temp min	9.5	10.8	12.9	15.1	16.2	16.4	15.5	15.5	15.6	14.1	11.5	10.1
Temp med	19.0	20.6	22.9	24.8	24.8	23.5	22.5	22.6	22.2	21.6	20.1	19.2
Hora min	6.458	6.278	6.059	5.806	5.601	5.493	5.536	5.711	5.953	6.197	6.407	6.508
Hora max	13.868	13.778	12.889	13.476	13.191	13.403	12.786	13.211	13.543	13.367	13.907	13.758
Hora (TSV)												
0:00	14.4	15.7	17.7	19.5	19.9	19.4	18.5	18.6	18.7	17.8	15.9	14.9
1:00	13.5	14.8	16.8	18.7	19.2	18.8	17.9	18.0	18.1	17.1	15.1	14.0
2:00	12.7	14.0	16.0	18.0	18.6	18.4	17.5	17.5	17.6	16.5	14.4	13.3
3:00	12.1	13.4	15.4	17.4	18.1	18.0	17.1	17.1	17.2	16.0	13.8	12.6
4:00	11.6	12.9	14.9	16.9	17.7	17.6	16.7	16.8	16.9	15.6	13.4	12.1
5:00	11.2	12.4	14.5	16.6	17.4	17.4	16.5	16.5	16.6	15.3	13.0	11.7
6:00	10.8	12.1	14.2	15.1	16.4	16.6	15.7	15.6	15.6	15.1	12.7	11.4
7:00	9.8	11.5	14.1	17.0	18.5	18.6	17.6	17.1	16.6	14.7	11.9	10.4
8:00	12.6	14.7	17.9	21.0	22.3	21.8	20.7	20.1	19.2	17.4	14.5	12.9
9:00	16.9	19.3	22.6	25.6	26.3	25.1	23.9	23.4	22.3	20.9	18.4	17.0
10:00	21.2	23.7	26.9	29.6	29.6	27.7	26.6	26.3	25.1	24.2	22.4	21.2
11:00	24.8	27.2	30.1	32.4	31.9	29.5	28.4	28.2	27.1	26.7	25.6	24.7
12:00	27.1	29.4	32.1	34.0	33.1	30.4	29.3	29.3	28.3	28.3	27.6	27.0
13:00	28.3	30.4	32.8	34.4	33.3	30.5	29.4	29.6	28.8	29.0	28.6	28.2
14:00	28.4	30.3	32.6	34.0	32.8	30.0	29.0	29.2	28.5	28.9	28.7	28.3
15:00	27.7	29.5	31.6	32.9	31.7	29.1	28.1	28.3	27.8	28.2	28.0	27.7
16:00	26.4	28.1	30.1	31.4	30.3	27.9	26.9	27.2	26.8	27.2	26.9	26.5
17:00	24.9	26.4	28.4	29.6	28.8	26.6	25.6	25.9	25.7	25.9	25.4	25.0
18:00	23.1	24.6	26.5	27.8	27.2	25.3	24.4	24.6	24.5	24.5	23.8	23.3
19:00	21.4	22.8	24.7	26.1	25.6	24.1	23.1	23.4	23.3	23.1	22.2	21.6
20:00	19.7	21.1	23.0	24.4	24.2	22.9	21.9	22.2	22.1	21.8	20.7	20.0
21:00	18.1	19.5	21.4	23.0	22.9	21.8	20.9	21.1	21.1	19.3	18.5	
22:00	16.7	18.0	20.0	21.6	21.8	20.9	20.0	20.2	20.2	19.5	18.0	17.1
23:00	15.5	16.8	18.7	20.5	20.8	20.1	19.2	19.3	19.4	18.6	16.9	15.9

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	30.48	13.15	21.81	+	27.9
				-	20.9



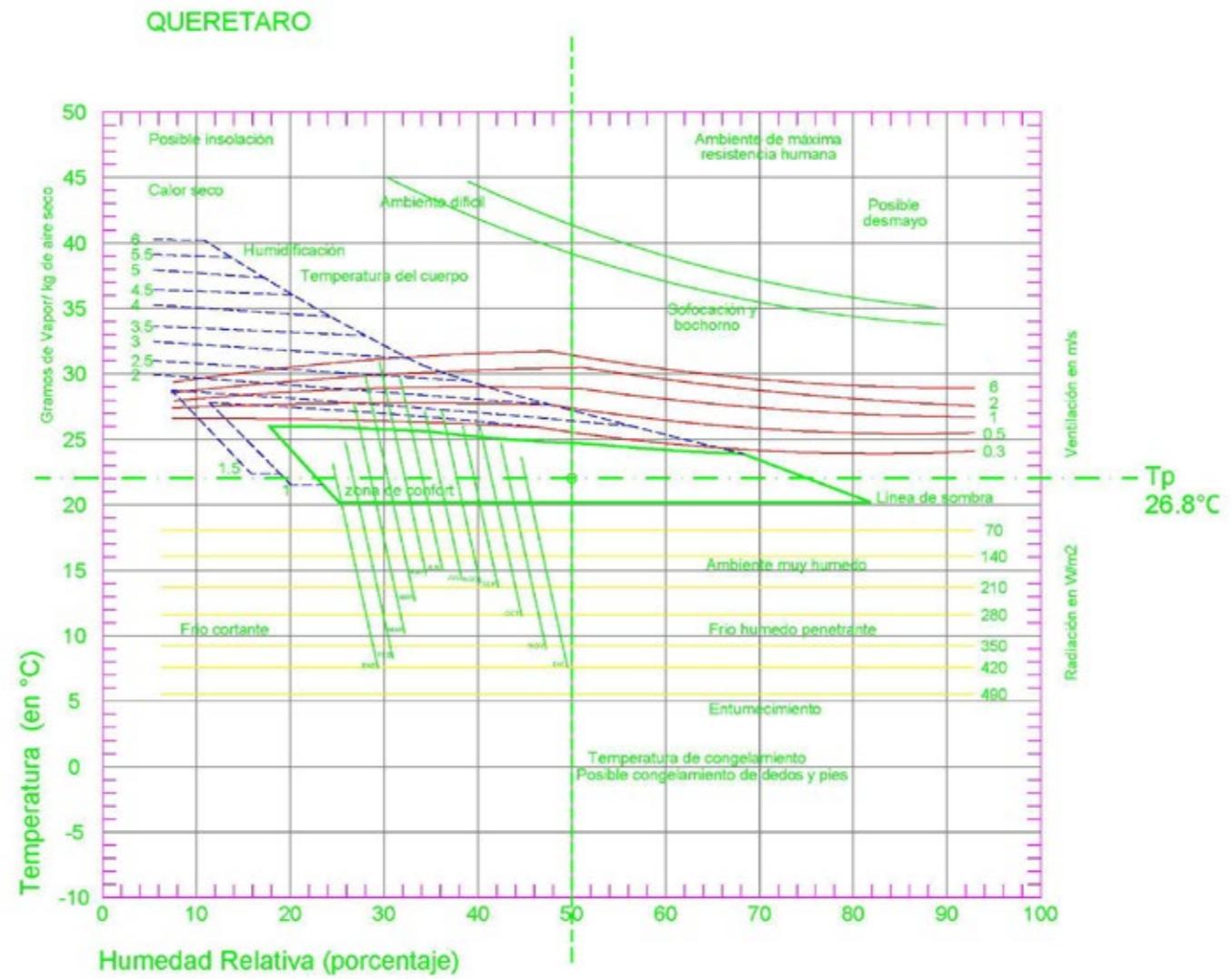
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas													
Localidad	Puebla	Lat. (xx.x)	19.01	Long.(xxx.x)	98.19	Altitud (m)	2122						
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
Temp max	22.7	23.7	25.7	27.4	28	26.8	25.7	25.6	25	24.8	24.3	23.4	
Temp min	4.5	6	7.9	10.2	11.6	12.5	11.6	11.5	11.4	9.7	6.8	5.1	
Temp med	13.6	14.9	16.8	18.8	19.8	19.6	18.6	18.6	18.2	17.2	15.6	14.2	
Hora min	6.514	6.312	6.066	5.783	5.552	5.431	5.479	5.675	5.947	6.221	6.457	6.570	
Hora max	13.924	13.812	12.896	13.453	13.142	13.341	12.729	13.175	13.537	13.391	13.957	13.820	
Hora (TSV)													
0:00	9.3	10.4	12.2	14.1	15.1	15.5	14.6	14.6	14.6	13.4	11.3	9.9	
1:00	8.4	9.6	11.4	13.3	14.5	14.9	14.0	14.0	14.0	12.7	10.5	9.0	
2:00	7.6	8.9	10.7	12.7	13.9	14.4	13.5	13.5	13.5	12.1	9.8	8.3	
3:00	7.0	8.4	10.1	12.2	13.4	14.1	13.2	13.1	13.1	11.7	9.2	7.7	
4:00	6.5	7.9	9.7	11.8	13.1	13.7	12.8	12.8	12.7	11.3	8.7	7.2	
5:00	6.1	7.5	9.3	11.5	12.8	13.5	12.6	12.5	12.5	10.9	8.3	6.7	
6:00	5.8	7.2	9.0	10.2	11.8	12.8	11.8	11.6	11.4	10.7	8.0	6.4	
7:00	4.8	6.5	9.0	12.0	14.0	14.9	13.8	13.2	12.4	10.3	7.1	5.3	
8:00	7.3	9.4	12.3	15.6	17.6	18.1	17.0	16.2	15.1	12.9	9.6	7.7	
9:00	11.3	13.5	16.5	19.6	21.4	21.4	20.3	19.5	18.3	16.4	13.6	11.7	
10:00	15.5	17.5	20.3	23.1	24.5	24.1	22.9	22.3	21.2	19.8	17.6	16.0	
11:00	19.0	20.6	23.2	25.6	26.7	25.8	24.7	24.3	23.3	22.4	20.9	19.5	
12:00	21.3	22.6	25.0	27.0	27.8	26.6	25.5	25.3	24.5	24.0	23.0	21.9	
13:00	22.4	23.6	25.6	27.3	27.9	26.7	25.6	25.5	25.0	24.7	24.1	23.1	
14:00	22.6	23.5	25.4	26.9	27.4	26.2	25.1	25.1	24.7	24.6	24.2	23.3	
15:00	22.0	22.8	24.5	25.9	26.3	25.2	24.2	24.3	24.0	23.9	23.5	22.7	
16:00	20.8	21.6	23.2	24.6	25.0	24.0	23.0	23.2	23.0	22.9	22.4	21.6	
17:00	19.3	20.1	21.7	23.1	23.5	22.7	21.7	21.9	21.8	21.6	20.9	20.1	
18:00	17.7	18.5	20.0	21.5	22.0	21.4	20.4	20.6	20.5	20.2	19.4	18.4	
19:00	16.0	16.8	18.4	19.9	20.5	20.1	19.2	19.3	19.3	18.8	17.7	16.7	
20:00	14.4	15.3	16.9	18.5	19.2	19.0	18.0	18.1	18.1	17.5	16.2	15.1	
21:00	12.8	13.8	15.4	17.1	17.9	17.9	17.0	17.1	17.0		14.7	13.6	
22:00	11.5	12.5	14.2	16.0	16.9	17.0	16.1	16.1	16.1	15.2	13.5	12.2	
23:00	10.3	11.4	13.1	14.9	15.9	16.2	15.3	15.3	15.3	14.2	12.3	11.0	

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	25.18	8.55	16.86	+	26.3
				-	19.3



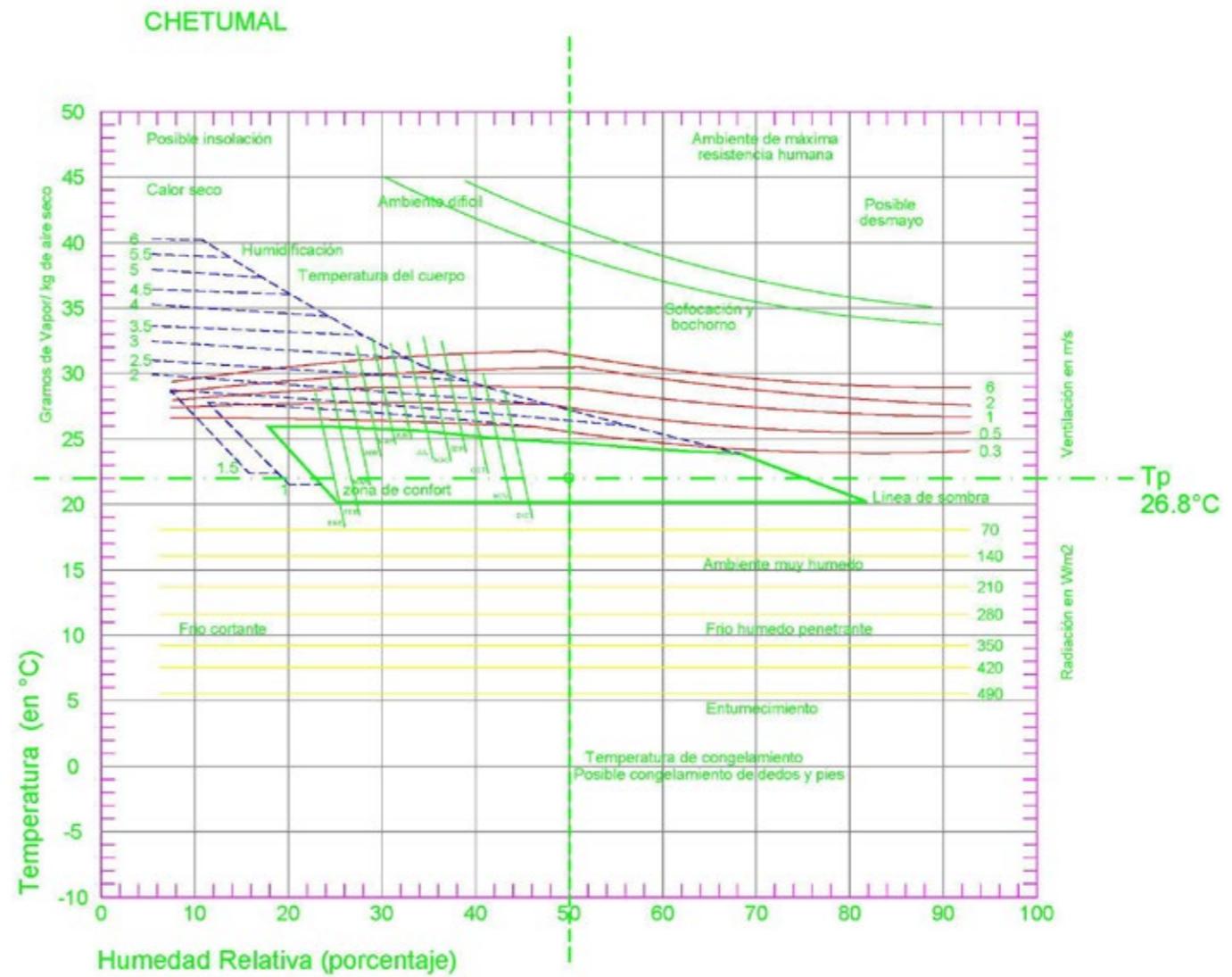
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Querétaro	Lat. (xx.x)	20.57	Long.(xxx.x)	100.36	Altitud (m)	1871					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	23.1	24.8	27.7	29.9	30.9	29.6	27.1	27.2	26	26	24.7	23.6
Temp min	7.5	8.3	10.2	12.7	14.7	15	14.3	14.1	13.7	11.5	9	7.5
Temp med	15.3	16.6	19.0	21.3	22.8	22.3	20.7	20.7	19.8	18.7	16.9	15.6
Hora min	6.560	6.340	6.072	5.763	5.512	5.380	5.432	5.646	5.943	6.241	6.498	6.621
Hora max	13.970	13.840	12.902	13.433	13.102	13.290	12.682	13.146	13.533	13.411	13.998	13.871
Hora (TSV)												
0:00	11.6	12.5	14.4	16.6	18.2	18.0	17.0	17.0	16.6	15.1	13.1	11.8
1:00	10.9	11.7	13.6	15.8	17.5	17.4	16.5	16.4	16.0	14.4	12.3	11.0
2:00	10.2	11.0	12.9	15.2	16.9	17.0	16.0	16.0	15.6	13.9	11.7	10.3
3:00	9.7	10.5	12.4	14.7	16.5	16.6	15.7	15.6	15.2	13.4	11.2	9.8
4:00	9.3	10.1	12.0	14.3	16.1	16.3	15.4	15.3	14.9	13.0	10.7	9.3
5:00	8.9	9.7	11.6	14.0	15.8	16.0	15.2	15.0	14.7	12.7	10.4	9.0
6:00	8.6	9.4	11.3	12.7	14.9	15.4	14.6	14.2	13.7	12.5	10.1	8.7
7:00	7.7	8.8	11.2	14.5	17.2	17.6	16.4	15.8	14.6	12.1	9.2	7.6
8:00	9.7	11.4	14.5	18.1	20.8	20.9	19.4	18.6	17.1	14.5	11.4	9.6
9:00	13.2	15.2	18.6	22.2	24.5	24.3	22.3	21.7	20.0	17.9	14.9	13.1
10:00	16.8	18.9	22.4	25.7	27.6	26.9	24.6	24.2	22.6	21.1	18.6	16.9
11:00	19.8	21.9	25.2	28.1	29.7	28.6	26.2	26.0	24.5	23.6	21.5	20.0
12:00	21.8	23.8	27.0	29.5	30.7	29.5	27.0	27.0	25.6	25.2	23.5	22.2
13:00	22.9	24.7	27.6	29.8	30.8	29.5	27.0	27.1	26.0	25.9	24.5	23.3
14:00	23.0	24.7	27.4	29.4	30.2	28.9	26.5	26.8	25.7	25.8	24.6	23.5
15:00	22.5	24.0	26.6	28.4	29.2	27.9	25.7	26.0	25.1	25.2	24.1	23.0
16:00	21.5	22.9	25.3	27.1	27.9	26.7	24.6	24.9	24.2	24.2	23.0	22.0
17:00	20.3	21.5	23.7	25.5	26.4	25.4	23.5	23.7	23.1	22.9	21.8	20.7
18:00	18.8	20.0	22.1	23.9	24.9	24.0	22.3	22.5	21.9	21.6	20.3	19.3
19:00	17.4	18.4	20.5	22.4	23.5	22.7	21.1	21.3	20.8	20.3	18.9	17.8
20:00	16.0	17.0	19.0	20.9	22.1	21.5	20.1	20.2	19.8	19.0	17.5	16.4
21:00	14.7	15.6	17.6	19.6	20.9	20.5	19.1	19.3	18.8		16.2	15.0
22:00	13.5	14.4	16.4	18.4	19.9	19.5	18.3	18.4	17.9	16.8	15.0	13.8
23:00	12.5	13.4	15.3	17.4	18.9	18.7	17.6	17.6	17.2	15.9	14.0	12.7

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	prom max	prom min	temp media	signo	tn
Feb, mayo, ago, dic	26.63	11.15	18.89	+	27.0
				-	20.0



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Quintana Roo	Lat. (xx.x)	18.5	Long.(xxx.x)	88.32	Altitud (m)	11					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	29.3	30.4	31.4	32.8	33.5	33	33.2	33.6	33.4	32.3	30.8	29.7
Temp min	19	20.1	21.6	23.7	24.8	25.4	24.8	24.6	24.3	22.8	20.9	19.6
Temp med	24.2	25.3	26.5	28.2	29.2	29.2	29.0	29.1	28.9	27.6	25.9	24.7
Hora min	6.499	6.303	6.064	5.789	5.565	5.447	5.494	5.685	5.949	6.215	6.444	6.553
Hora max	13.909	13.803	12.894	13.459	13.155	13.357	12.744	13.185	13.539	13.385	13.944	13.803
Hora (TSV)												
0:00	21.7	22.7	23.9	25.8	26.7	27.0	26.6	26.6	26.4	25.1	23.5	22.3
1:00	21.2	22.2	23.5	25.4	26.3	26.7	26.2	26.2	26.0	24.7	23.0	21.8
2:00	20.8	21.8	23.1	25.0	26.0	26.4	26.0	25.9	25.7	24.3	22.6	21.4
3:00	20.4	21.5	22.8	24.8	25.8	26.2	25.7	25.6	25.4	24.0	22.3	21.0
4:00	20.1	21.2	22.6	24.6	25.6	26.1	25.5	25.4	25.2	23.8	22.0	20.7
5:00	19.9	21.0	22.4	24.4	25.4	25.9	25.4	25.3	25.0	23.6	21.8	20.5
6:00	19.7	20.8	22.2	23.7	24.9	25.5	24.9	24.6	24.3	23.4	21.6	20.3
7:00	19.2	20.4	22.2	24.6	26.0	26.7	26.1	25.7	25.0	23.2	21.1	19.7
8:00	20.6	22.1	24.0	26.5	28.0	28.4	28.0	27.6	26.8	24.8	22.5	21.1
9:00	22.9	24.5	26.3	28.7	30.0	30.1	29.9	29.7	28.9	27.0	24.8	23.3
10:00	25.3	26.8	28.4	30.5	31.6	31.5	31.5	31.5	30.9	29.2	27.0	25.6
11:00	27.2	28.6	30.0	31.8	32.8	32.5	32.6	32.8	32.3	30.8	28.9	27.6
12:00	28.5	29.8	31.0	32.6	33.4	32.9	33.1	33.4	33.1	31.8	30.1	28.9
13:00	29.2	30.3	31.4	32.8	33.5	32.9	33.2	33.6	33.4	32.2	30.7	29.5
14:00	29.2	30.3	31.2	32.6	33.2	32.7	32.9	33.3	33.2	32.2	30.7	29.6
15:00	28.9	29.9	30.8	32.0	32.6	32.2	32.3	32.8	32.7	31.8	30.4	29.3
16:00	28.2	29.2	30.0	31.3	31.9	31.5	31.6	32.1	32.0	31.1	29.7	28.7
17:00	27.4	28.3	29.2	30.5	31.1	30.8	30.9	31.2	31.2	30.3	28.9	27.9
18:00	26.4	27.3	28.3	29.7	30.3	30.1	30.1	30.4	30.4	29.4	28.0	26.9
19:00	25.5	26.4	27.4	28.8	29.5	29.5	29.3	29.6	29.6	28.5	27.1	26.0
20:00	24.6	25.5	26.5	28.1	28.8	28.8	28.6	28.8	28.8	27.7	26.2	25.1
21:00	23.7	24.7	25.8	27.4	28.2	28.3	28.0	28.2	28.1		25.4	24.3
22:00	22.9	23.9	25.1	26.8	27.6	27.8	27.5	27.6	27.4	26.3	24.7	23.5
23:00	22.3	23.2	24.5	26.2	27.1	27.4	27.0	27.0	26.9	25.7	24.0	22.8

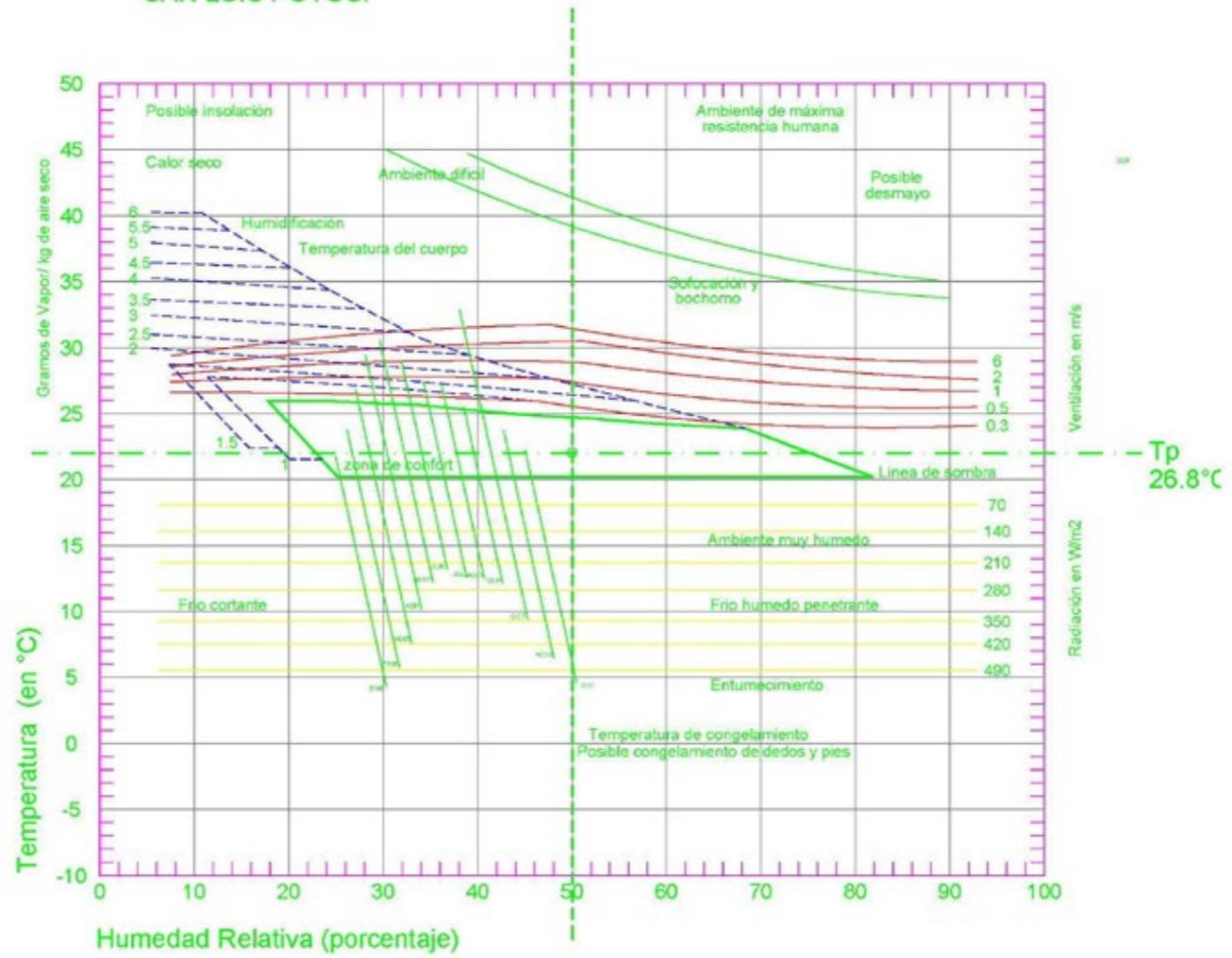
Rango de comodidad					
ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	31.80	22.275	27.04	+	29.5
				-	22.5



Estimación de temperaturas horarias medias mensales, a partir de medias extremas												
Localidad	San Luis Potosí	Lat. (xx.x)	22.15	Long.(xxx.x)	100.97	Altitud (m)	1870					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	20.2	22.6	25.4	27.9	28.6	27	24.9	25.1	23.9	23.5	22.6	21
Temp min	6.6	8	10.3	12.8	14.7	15.2	14.4	14.3	13.8	11.9	9.4	7.4
Temp med	13.4	15.3	17.8	20.4	21.7	21.1	19.6	19.7	18.8	17.7	16.0	14.2
Hora min	6.608	6.369	6.078	5.743	5.470	5.327	5.384	5.616	5.938	6.261	6.540	6.674
Hora max	14.018	13.869	12.908	13.413	13.060	13.237	12.634	13.116	13.528	13.431	14.040	13.924
Hora (TSV)												
0:00	10.2	11.7	13.9	16.2	17.6	17.6	16.6	16.7	16.2	14.8	12.9	11.1
1:00	9.6	11.0	13.2	15.5	17.1	17.2	16.2	16.2	15.7	14.2	12.2	10.4
2:00	9.0	10.4	12.7	15.0	16.6	16.8	15.8	15.8	15.3	13.8	11.7	9.8
3:00	8.5	10.0	12.2	14.6	16.2	16.5	15.5	15.5	15.0	13.4	11.2	9.4
4:00	8.1	9.6	11.8	14.2	15.9	16.2	15.3	15.3	14.8	13.1	10.9	9.0
5:00	7.8	9.2	11.5	13.9	15.7	16.0	15.1	15.1	14.6	12.9	10.6	8.6
6:00	7.6	9.0	11.3	12.8	14.9	15.5	14.7	14.4	13.8	12.7	10.3	8.4
7:00	6.7	8.4	11.2	14.4	16.9	17.4	16.3	15.7	14.6	12.3	9.6	7.5
8:00	8.4	10.6	14.0	17.6	20.1	20.2	18.7	18.1	16.6	14.3	11.3	9.0
9:00	11.4	14.0	17.5	21.2	23.3	22.8	21.1	20.6	19.0	16.9	14.3	12.0
10:00	14.6	17.3	20.8	24.2	25.9	24.9	23.0	22.7	21.1	19.5	17.3	15.2
11:00	17.2	19.9	23.3	26.4	27.6	26.3	24.2	24.2	22.7	21.6	19.8	17.9
12:00	19.0	21.7	24.8	27.6	28.4	26.9	24.8	24.9	23.6	22.9	21.5	19.7
13:00	20.0	22.5	25.3	27.9	28.5	26.9	24.8	25.1	23.9	23.4	22.4	20.7
14:00	20.1	22.5	25.2	27.5	28.0	26.4	24.4	24.7	23.7	23.4	22.5	21.0
15:00	19.7	21.9	24.4	26.6	27.1	25.6	23.7	24.1	23.2	22.9	22.1	20.6
16:00	18.9	20.9	23.3	25.4	26.0	24.6	22.8	23.2	22.4	22.1	21.2	19.7
17:00	17.8	19.7	22.0	24.0	24.7	23.5	21.9	22.2	21.5	21.1	20.2	18.7
18:00	16.5	18.4	20.6	22.6	23.4	22.4	20.9	21.2	20.6	20.0	19.0	17.4
19:00	15.3	17.0	19.2	21.3	22.2	21.4	20.0	20.2	19.6	18.9	17.8	16.2
20:00	14.1	15.7	17.9	20.0	21.0	20.4	19.1	19.3	18.8	17.9	16.6	14.9
21:00	12.9	14.5	16.7	18.8	20.0	19.6	18.3	18.5	18.0		15.5	13.8
22:00	11.9	13.5	15.6	17.8	19.1	18.8	17.7	17.8	17.3	16.2	14.5	12.8
23:00	11.0	12.5	14.7	16.9	18.3	18.2	17.1	17.2	16.7	15.4	13.6	11.9

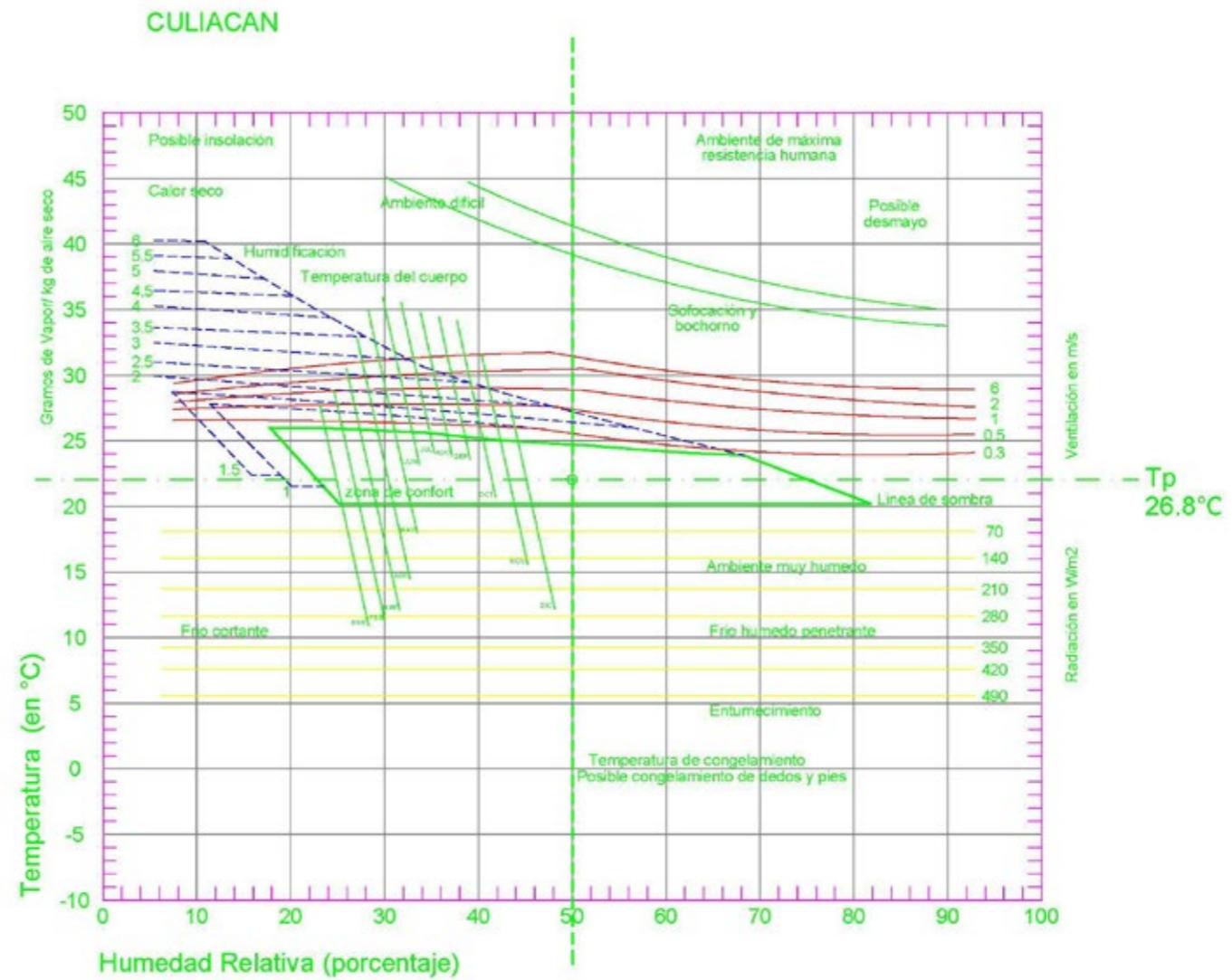
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	24.33	11.1	17.71	+	26.6
				-	19.6

SAN LUIS POTOSI



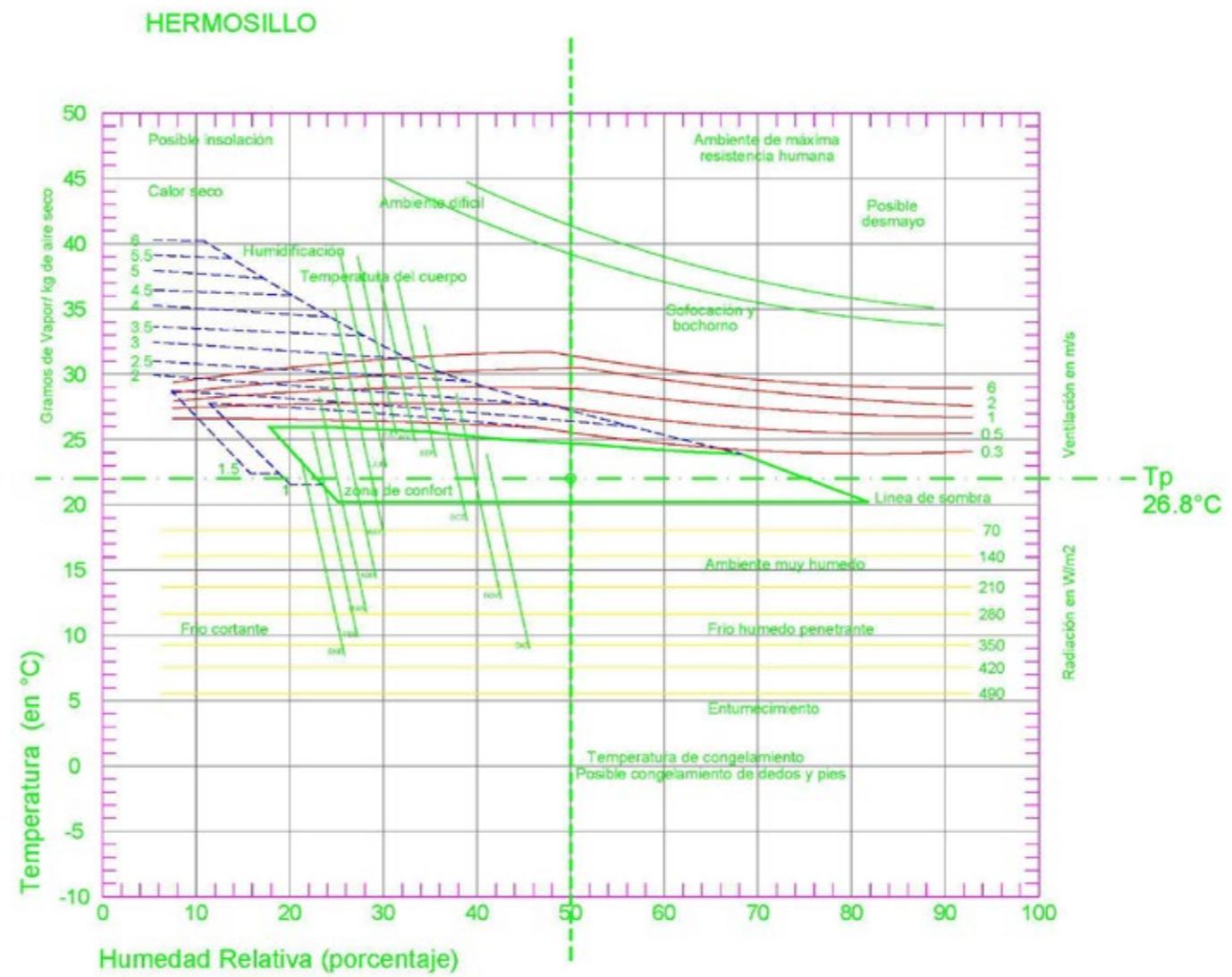
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Sinaloa	Lat. (xx.x)	24.79	Long.(xxx.x)	107.39	Altitud (m)	60					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	28.1	29.3	31	33.5	35.8	36.8	36.3	35.7	35.4	35.3	32.2	28.7
Temp min	11.5	12.1	13	15.7	19.1	24.1	24.6	24.2	24	21.6	16.3	12.8
Temp med	19.8	20.7	22.0	24.6	27.4	30.4	30.4	30.0	29.7	28.4	24.3	20.7
Hora min	6.691	6.419	6.088	5.709	5.398	5.235	5.300	5.565	5.930	6.297	6.614	6.766
Hora max	14.321	15.919	14.338	15.089	14.278	14.485	15.550	15.565	16.060	15.977	15.984	15.516
Hora (TSV)												
0:00	16.2	16.7	18.6	20.9	23.7	27.4	27.7	27.4	27.5	26.1	20.7	17.4
1:00	15.2	15.7	17.6	19.9	22.8	26.8	27.1	26.8	26.8	25.3	19.8	16.4
2:00	14.4	15.0	16.7	19.1	22.1	26.3	26.6	26.3	26.3	24.6	19.1	15.7
3:00	13.8	14.3	16.0	18.4	21.5	25.8	26.2	25.9	25.8	24.0	18.5	15.0
4:00	13.3	13.8	15.4	17.9	21.0	25.5	25.9	25.6	25.5	23.5	18.0	14.5
5:00	12.9	13.4	14.9	17.4	20.6	25.2	25.6	25.3	25.2	23.1	17.6	14.1
6:00	12.5	13.1	14.5	15.7	19.2	24.2	24.7	24.2	24.0	22.8	17.3	13.8
7:00	11.5	12.1	13.2	16.3	20.2	25.1	25.5	24.8	24.2	21.7	16.3	12.8
8:00	12.1	13.1	14.8	18.5	22.6	27.1	27.2	26.3	25.4	22.6	16.9	13.2
9:00	14.1	15.6	17.8	21.7	25.8	29.6	29.5	28.4	27.4	24.7	19.0	15.1
10:00	17.3	19.1	21.4	25.3	29.2	32.1	31.9	30.8	29.7	27.4	22.1	18.1
11:00	20.9	22.8	24.9	28.6	32.1	34.3	33.8	32.8	31.9	30.1	25.6	21.6
12:00	24.2	26.0	27.8	31.1	34.1	35.7	35.2	34.4	33.6	32.4	28.6	24.7
13:00	26.5	28.2	29.7	32.7	35.3	36.5	36.0	35.3	34.7	34.1	30.8	27.1
14:00	27.9	29.2	30.7	33.3	35.6	36.7	36.2	35.6	35.2	35.0	32.0	28.4
15:00	28.2	29.3	30.8	33.1	35.2	36.3	35.9	35.4	35.2	35.1	32.3	28.8
16:00	27.7	28.6	30.1	32.3	34.3	35.5	35.2	34.8	34.8	34.8	31.7	28.4
17:00	26.6	27.3	29.0	31.0	33.0	34.5	34.3	34.0	34.0	34.0	30.6	27.3
18:00	25.1	25.7	27.5	29.5	31.6	33.4	33.2	33.0	33.1	32.9	29.2	25.9
19:00	23.4	24.0	25.9	27.9	30.0	32.2	32.2	31.9	32.0	31.7	27.6	24.4
20:00	21.8	22.3	24.3	26.2	28.5	31.1	31.1	30.9	31.0	30.4	26.0	22.7
21:00	20.1	20.6	22.7	24.7	27.1	30.0	30.1	29.9	30.0		24.5	21.2
22:00	18.6	19.1	21.2	23.3	25.8	29.0	29.2	29.0	29.0	28.0	23.0	19.7
23:00	17.3	17.8	19.8	22.0	24.7	28.2	28.4	28.1	28.2	27.0	21.8	18.5

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	32.38	17.05	24.71	+	28.8
				-	21.8



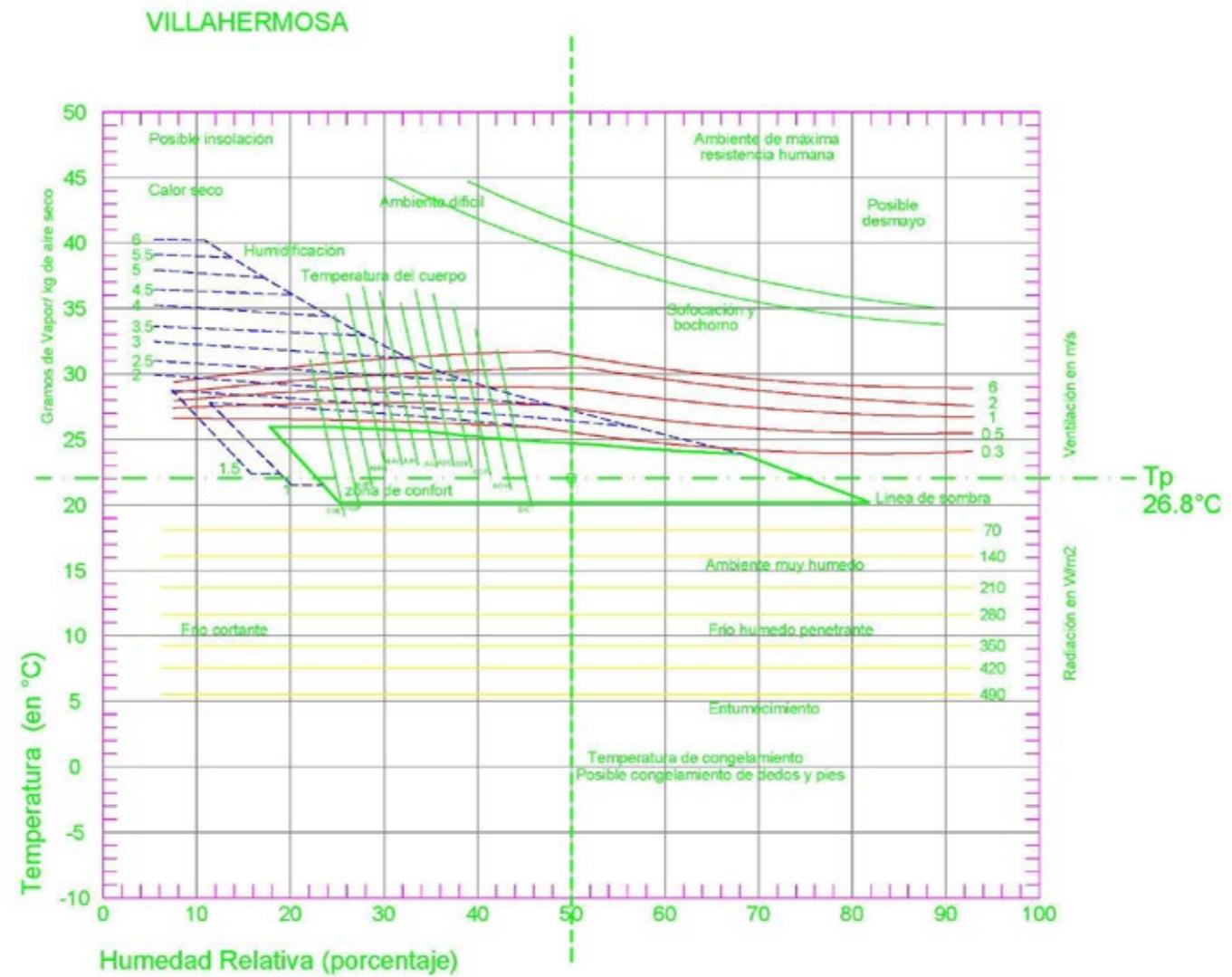
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Sonora	Lat. (xx.x)	29.07	Long.(xxx.x)	110.95	Altitud (m)	200					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	23.2	25.4	27.8	31.1	34.5	38.9	38.2	37.4	36.4	33.6	27.8	23.4
Temp min	8.9	10.4	12.3	15.4	18	23.2	25.2	24.9	23.6	19.6	13.2	9.1
Temp med	16.1	17.9	20.0	23.2	26.3	31.0	31.7	31.1	30.0	26.6	20.5	16.3
Hora min	6.834	6.504	6.106	5.649	5.274	5.076	5.155	5.475	5.915	6.357	6.740	6.925
Hora max	14.464	16.004	14.356	15.029	14.154	14.326	15.405	15.475	16.045	16.037	16.110	15.675
Hora (TSV)												
0:00	13.1	14.5	17.2	19.9	22.4	27.2	28.6	28.4	27.5	24.2	17.4	13.4
1:00	12.2	13.6	16.3	19.1	21.6	26.4	27.9	27.7	26.8	23.4	16.5	12.5
2:00	11.5	12.9	15.5	18.4	20.9	25.8	27.4	27.2	26.2	22.7	15.8	11.8
3:00	11.0	12.4	14.9	17.8	20.3	25.3	27.0	26.7	25.7	22.1	15.2	11.2
4:00	10.5	11.9	14.4	17.3	19.8	24.8	26.6	26.3	25.2	21.6	14.8	10.7
5:00	10.1	11.6	13.9	16.9	19.4	24.5	26.3	26.0	24.9	21.2	14.4	10.4
6:00	9.8	11.3	13.6	15.4	18.1	23.4	25.3	24.9	23.6	20.8	14.1	10.1
7:00	8.9	10.4	12.5	16.0	19.3	24.8	26.4	25.6	23.9	19.7	13.2	9.1
8:00	9.2	11.1	13.8	18.0	21.8	27.4	28.5	27.3	25.2	20.6	13.6	9.4
9:00	10.8	13.2	16.3	20.9	25.0	30.5	31.1	29.7	27.4	22.6	15.3	10.8
10:00	13.4	16.2	19.5	24.1	28.3	33.6	33.6	32.3	30.0	25.3	18.1	13.4
11:00	16.6	19.5	22.5	27.0	31.1	36.1	35.7	34.5	32.5	28.2	21.3	16.5
12:00	19.4	22.3	25.0	29.1	33.1	37.8	37.2	36.1	34.4	30.5	24.2	19.4
13:00	21.6	24.3	26.7	30.4	34.1	38.6	37.9	37.0	35.6	32.3	26.3	21.6
14:00	22.9	25.3	27.5	30.9	34.3	38.7	38.0	37.3	36.2	33.2	27.5	23.0
15:00	23.3	25.4	27.6	30.7	33.8	38.1	37.6	37.0	36.2	33.5	27.9	23.5
16:00	22.9	24.9	27.1	30.0	32.9	37.1	36.8	36.3	35.7	33.1	27.5	23.2
17:00	22.0	23.8	26.1	28.8	31.6	35.9	35.8	35.4	34.8	32.3	26.5	22.3
18:00	20.8	22.4	24.8	27.5	30.1	34.5	34.6	34.3	33.7	31.2	25.2	21.1
19:00	19.4	20.9	23.5	26.0	28.6	33.0	33.4	33.2	32.6	30.0	23.8	19.7
20:00	17.9	19.4	22.0	24.6	27.1	31.6	32.3	32.0	31.4	28.7	22.3	18.3
21:00	16.5	17.9	20.6	23.2	25.7	30.3	31.2	31.0	30.3		20.9	16.9
22:00	15.2	16.6	19.4	22.0	24.5	29.1	30.2	30.0	29.2	26.3	19.5	15.5
23:00	14.1	15.5	18.2	20.9	23.4	28.1	29.3	29.1	28.3	25.2	18.4	14.4

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	30.18	15.6	22.89	+	28.2
				-	21.2



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Tabasco	Lat. (xx.x)	17.99	Long. (xxx.x)	92.92	Altitud (m)	24					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	27.9	29.3	32	34.1	35.4	34.8	34.1	34.2	33.2	31.4	30.1	28.4
Temp min	19.5	20.2	21.4	23.2	24.5	24.5	24.2	24.1	24	23.3	21.8	20.2
Temp med	23.7	24.7	26.7	28.6	30.0	29.6	29.1	29.1	28.6	27.3	25.9	24.3
Hora min	6.485	6.294	6.062	5.795	5.578	5.464	5.509	5.694	5.951	6.208	6.431	6.537
Hora max	13.895	13.794	12.892	13.465	13.168	13.374	12.759	13.194	13.541	13.378	13.931	13.787
Hora (TSV)												
0:00	21.7	22.5	23.9	25.7	26.9	26.7	26.3	26.3	26.1	25.3	23.9	22.4
1:00	21.3	22.1	23.5	25.2	26.4	26.3	25.9	25.9	25.7	24.9	23.5	22.0
2:00	20.9	21.7	23.1	24.8	26.0	25.9	25.6	25.6	25.4	24.6	23.2	21.6
3:00	20.7	21.4	22.7	24.5	25.7	25.6	25.3	25.3	25.1	24.4	22.9	21.3
4:00	20.4	21.2	22.5	24.2	25.5	25.4	25.1	25.0	24.9	24.1	22.7	21.1
5:00	20.2	21.0	22.2	24.0	25.3	25.2	24.9	24.8	24.7	24.0	22.5	20.9
6:00	20.1	20.8	22.1	23.2	24.6	24.7	24.3	24.1	24.0	23.8	22.4	20.8
7:00	19.6	20.5	22.0	24.3	26.0	26.2	25.7	25.3	24.7	23.6	22.0	20.3
8:00	20.8	22.0	24.0	26.6	28.4	28.5	27.9	27.5	26.5	25.0	23.2	21.4
9:00	22.7	24.1	26.5	29.1	31.0	30.9	30.2	29.8	28.7	26.9	25.1	23.2
10:00	24.6	26.1	28.8	31.4	33.1	32.8	32.1	31.8	30.6	28.7	27.0	25.1
11:00	26.2	27.7	30.5	32.9	34.5	34.1	33.3	33.2	32.1	30.1	28.5	26.7
12:00	27.3	28.8	31.6	33.8	35.2	34.7	34.0	34.0	32.9	31.0	29.5	27.7
13:00	27.8	29.2	32.0	34.1	35.3	34.7	34.0	34.2	33.2	31.4	30.0	28.3
14:00	27.8	29.2	31.8	33.8	35.0	34.4	33.7	33.9	33.0	31.3	30.0	28.4
15:00	27.6	28.8	31.3	33.2	34.3	33.7	33.1	33.3	32.5	30.9	29.7	28.1
16:00	27.0	28.2	30.5	32.3	33.4	32.8	32.2	32.5	31.8	30.4	29.2	27.6
17:00	26.3	27.4	29.6	31.4	32.4	31.9	31.4	31.6	31.0	29.7	28.5	26.9
18:00	25.5	26.6	28.6	30.4	31.4	30.9	30.4	30.6	30.2	28.9	27.7	26.1
19:00	24.8	25.8	27.6	29.4	30.5	30.0	29.6	29.7	29.3	28.2	27.0	25.4
20:00	24.0	25.0	26.7	28.4	29.6	29.2	28.7	28.9	28.5	27.5	26.2	24.7
21:00	23.3	24.2	25.9	27.6	28.7	28.4	28.0	28.1	27.8		25.6	24.0
22:00	22.7	23.6	25.1	26.9	28.0	27.7	27.3	27.4	27.2	26.2	24.9	23.4
23:00	22.2	23.0	24.5	26.2	27.4	27.2	26.8	26.8	26.6	25.7	24.4	22.8

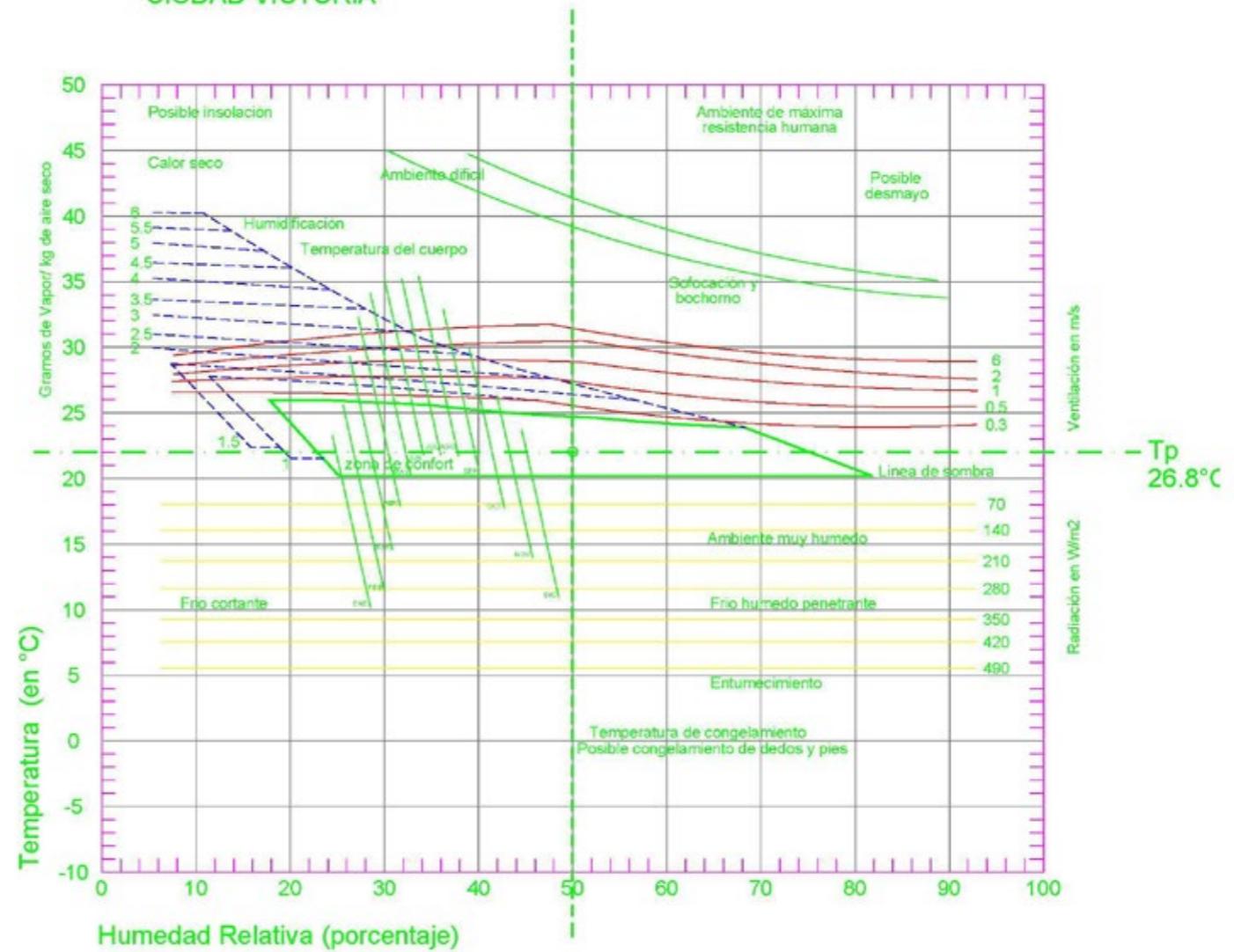
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	31.83	22.25	27.04	+	29.5
				-	22.5



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Tamaulipas	Lat. (xx.x)	23.72	Long.(xxx.x)	99.11	Altitud (m)	327					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	22.9	25.6	28.7	31.7	34.1	35.5	35	35	32.5	30.2	26.9	23.6
Temp min	10.6	11.9	14.2	16.9	19.3	20.7	20.6	20.5	19.3	17	14.1	10.9
Temp med	16.7	18.8	21.4	24.3	26.7	28.1	27.8	27.8	25.9	23.6	20.5	17.2
Hora min	6.657	6.398	6.084	5.723	5.428	5.273	5.334	5.586	5.933	6.282	6.584	6.728
Hora max	14.287	15.898	14.334	15.103	14.308	14.523	15.584	15.586	16.063	15.962	15.954	15.478
Hora (TSV)												
0:00	14.1	15.5	18.7	21.2	23.4	24.6	24.5	24.6	23.3	21.3	17.6	14.5
1:00	13.3	14.8	17.9	20.4	22.6	23.9	23.7	23.8	22.6	20.5	16.9	13.8
2:00	12.8	14.2	17.2	19.7	22.0	23.3	23.1	23.2	21.9	19.9	16.3	13.2
3:00	12.3	13.7	16.6	19.2	21.4	22.8	22.6	22.7	21.4	19.3	15.8	12.7
4:00	11.9	13.3	16.1	18.7	21.0	22.3	22.2	22.2	21.0	18.8	15.4	12.3
5:00	11.6	12.9	15.7	18.3	20.6	22.0	21.9	21.9	20.6	18.5	15.1	12.0
6:00	11.4	12.7	15.4	16.9	19.4	20.8	20.7	20.5	19.3	18.1	14.9	11.7
7:00	10.6	11.9	14.4	17.4	20.2	21.9	21.6	21.2	19.6	17.1	14.1	10.9
8:00	11.0	12.7	15.7	19.2	22.3	24.1	23.7	23.0	20.9	18.0	14.6	11.3
9:00	12.6	14.7	18.0	21.9	25.2	27.0	26.6	25.8	23.2	20.0	16.3	12.8
10:00	15.0	17.6	21.0	24.9	28.1	30.0	29.5	28.7	25.9	22.6	18.9	15.2
11:00	17.7	20.5	23.8	27.6	30.7	32.5	31.9	31.3	28.4	25.2	21.6	18.0
12:00	20.0	23.0	26.1	29.7	32.6	34.2	33.7	33.3	30.4	27.5	24.1	20.5
13:00	21.8	24.7	27.7	31.0	33.6	35.1	34.6	34.4	31.7	29.0	25.8	22.3
14:00	22.7	25.6	28.4	31.5	33.9	35.3	34.8	34.8	32.3	29.9	26.8	23.4
15:00	23.0	25.6	28.5	31.4	33.6	34.9	34.5	34.6	32.3	30.1	26.9	23.7
16:00	22.6	25.0	28.0	30.7	32.8	34.0	33.6	33.9	31.8	29.7	26.5	23.3
17:00	21.7	24.0	27.1	29.6	31.7	32.9	32.5	32.8	30.9	28.9	25.6	22.5
18:00	20.6	22.7	25.9	28.4	30.4	31.6	31.3	31.6	29.8	27.9	24.5	21.4
19:00	19.4	21.4	24.6	27.0	29.0	30.2	29.9	30.2	28.6	26.7	23.2	20.1
20:00	18.2	20.0	23.3	25.7	27.7	28.9	28.6	28.9	27.4	25.5	21.9	18.8
21:00	17.0	18.7	22.0	24.4	26.4	27.6	27.4	27.7	26.2		20.6	17.6
22:00	15.9	17.5	20.8	23.2	25.3	26.5	26.3	26.5	25.1	23.2	19.5	16.4
23:00	14.9	16.4	19.7	22.1	24.2	25.5	25.3	25.5	24.2	22.2	18.5	15.4

Rango de comodidad					
ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	29.58	15.65	22.61	+	28.1
				-	21.1

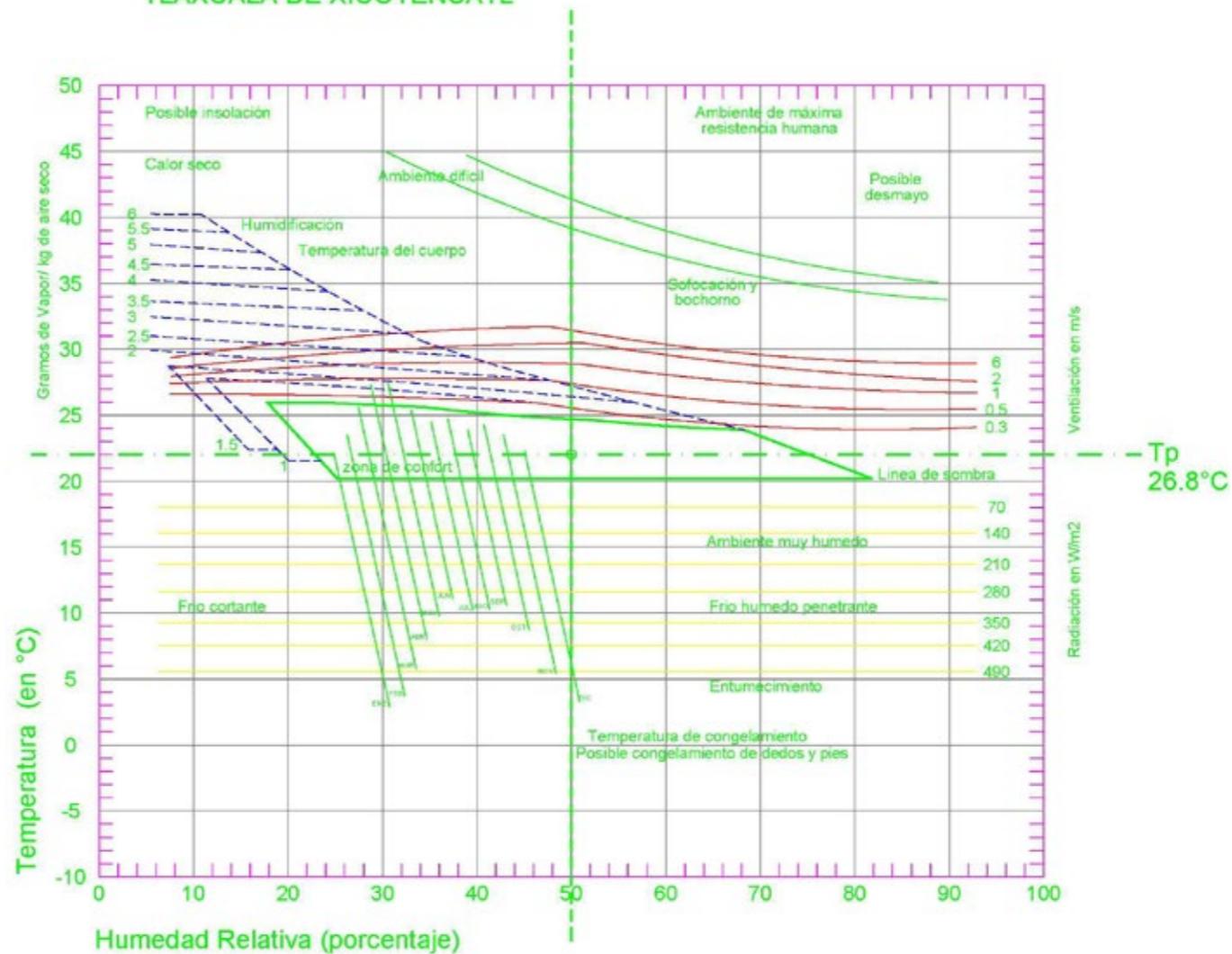
CIUDAD VICTORIA



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Tlaxacala	Lat. (xx.x)	19.32	Long.(xxx.x)	98.24	Altitud (m)	2230					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	22.3	24.1	26.1	27.6	27.9	25.9	24.7	25.1	24.2	24.5	23.9	22.5
Temp min	3.3	4.1	5.9	8.3	10	11.3	10.5	10.7	10.9	9.2	5.7	3.8
Temp med	12.8	14.1	16.0	18.0	18.9	18.6	17.6	17.9	17.6	16.8	14.8	13.2
Hora min	6.523	6.317	6.067	5.779	5.544	5.421	5.470	5.670	5.947	6.225	6.465	6.580
Hora max	13.933	13.817	12.897	13.449	13.134	13.331	12.720	13.170	13.537	13.395	13.965	13.830
Hora (TSV)												
0:00	8.3	9.1	10.7	12.6	13.8	14.4	13.5	13.9	14.0	13.0	10.4	8.8
1:00	7.4	8.2	9.8	11.8	13.1	13.8	12.9	13.3	13.4	12.3	9.5	7.8
2:00	6.6	7.4	9.1	11.1	12.5	13.3	12.5	12.8	12.9	11.7	8.8	7.1
3:00	5.9	6.8	8.4	10.6	12.0	12.9	12.1	12.4	12.5	11.2	8.2	6.4
4:00	5.4	6.2	7.9	10.1	11.6	12.6	11.7	12.0	12.2	10.8	7.7	5.9
5:00	5.0	5.8	7.5	9.7	11.3	12.3	11.5	11.7	11.9	10.5	7.3	5.5
6:00	4.6	5.4	7.2	8.3	10.2	11.6	10.7	10.8	10.9	10.2	7.0	5.1
7:00	3.6	4.7	7.1	10.3	12.6	13.8	12.8	12.5	11.9	9.8	6.0	4.0
8:00	6.1	7.9	10.9	14.3	16.6	17.1	16.0	15.6	14.5	12.4	8.6	6.4
9:00	10.4	12.5	15.6	18.9	20.7	20.4	19.2	18.9	17.7	16.0	12.7	10.5
10:00	14.8	17.1	20.0	22.8	24.2	23.1	21.9	21.8	20.5	19.4	16.9	14.9
11:00	18.4	20.6	23.3	25.6	26.5	24.9	23.7	23.8	22.5	22.0	20.3	18.5
12:00	20.8	22.9	25.3	27.1	27.6	25.7	24.5	24.8	23.8	23.7	22.6	20.9
13:00	22.0	23.9	26.0	27.5	27.8	25.8	24.6	25.0	24.2	24.4	23.7	22.2
14:00	22.2	23.9	25.8	27.1	27.2	25.2	24.1	24.6	23.9	24.3	23.8	22.4
15:00	21.5	23.1	24.8	26.0	26.1	24.3	23.2	23.8	23.2	23.6	23.1	21.8
16:00	20.3	21.7	23.3	24.4	24.6	23.1	22.0	22.6	22.2	22.6	21.9	20.6
17:00	18.8	20.0	21.5	22.7	23.0	21.7	20.7	21.3	21.0	21.3	20.4	19.1
18:00	17.0	18.2	19.7	20.9	21.3	20.4	19.4	20.0	19.8	19.8	18.8	17.4
19:00	15.3	16.3	17.8	19.2	19.7	19.1	18.1	18.7	18.6	18.4	17.1	15.7
20:00	13.6	14.6	16.1	17.6	18.3	17.9	17.0	17.5	17.5	17.1	15.5	14.0
21:00	12.0	13.0	14.5	16.1	16.9	16.8	15.9	16.4	16.4		14.0	12.5
22:00	10.6	11.5	13.0	14.8	15.7	15.9	15.0	15.4	15.5	14.8	12.6	11.1
23:00	9.4	10.2	11.8	13.6	14.7	15.0	14.2	14.6	14.7	13.8	11.4	9.8

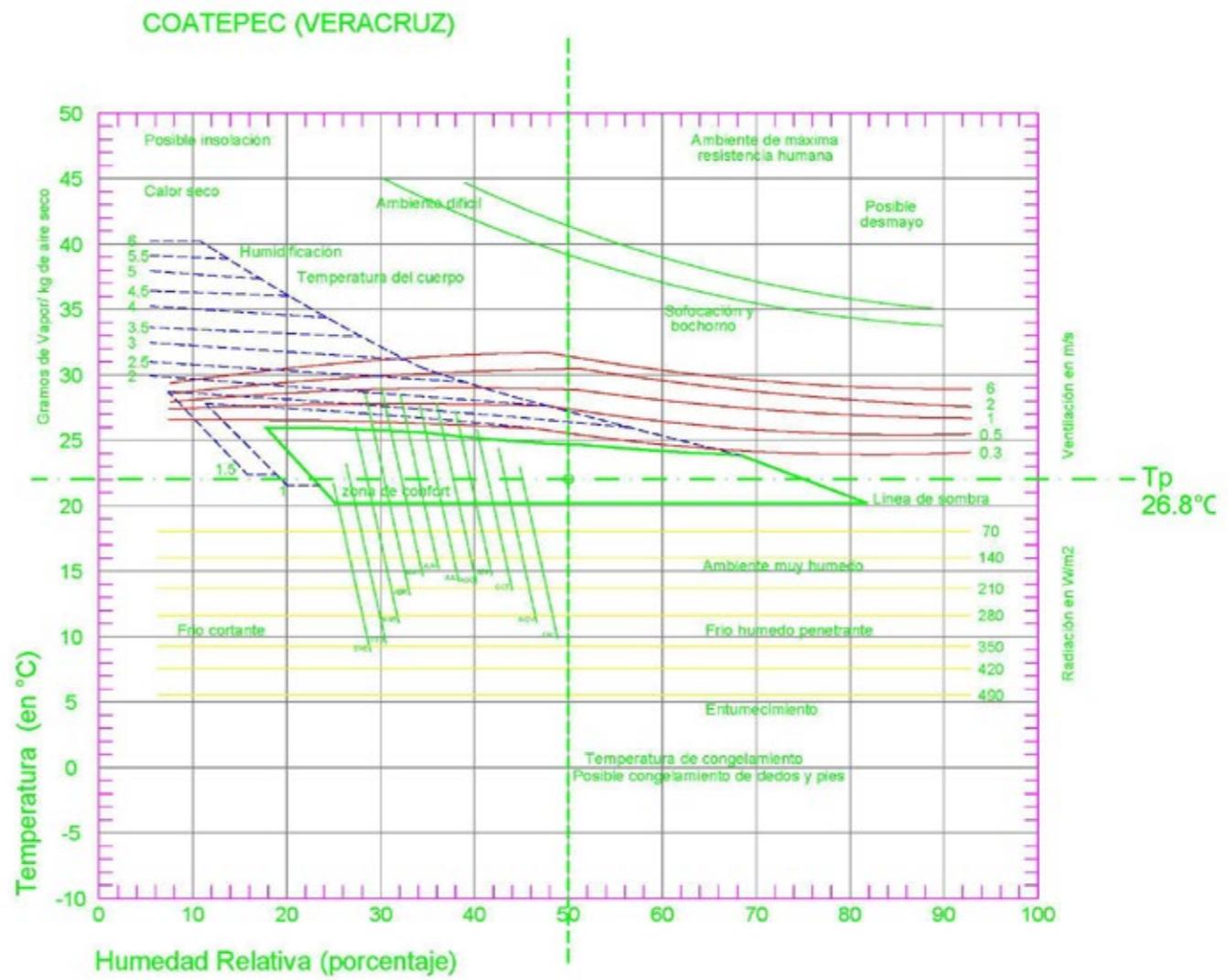
Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	24.90	7.15	16.03	+	26.1
				-	19.1

TLAXCALA DE XICOTENCATL



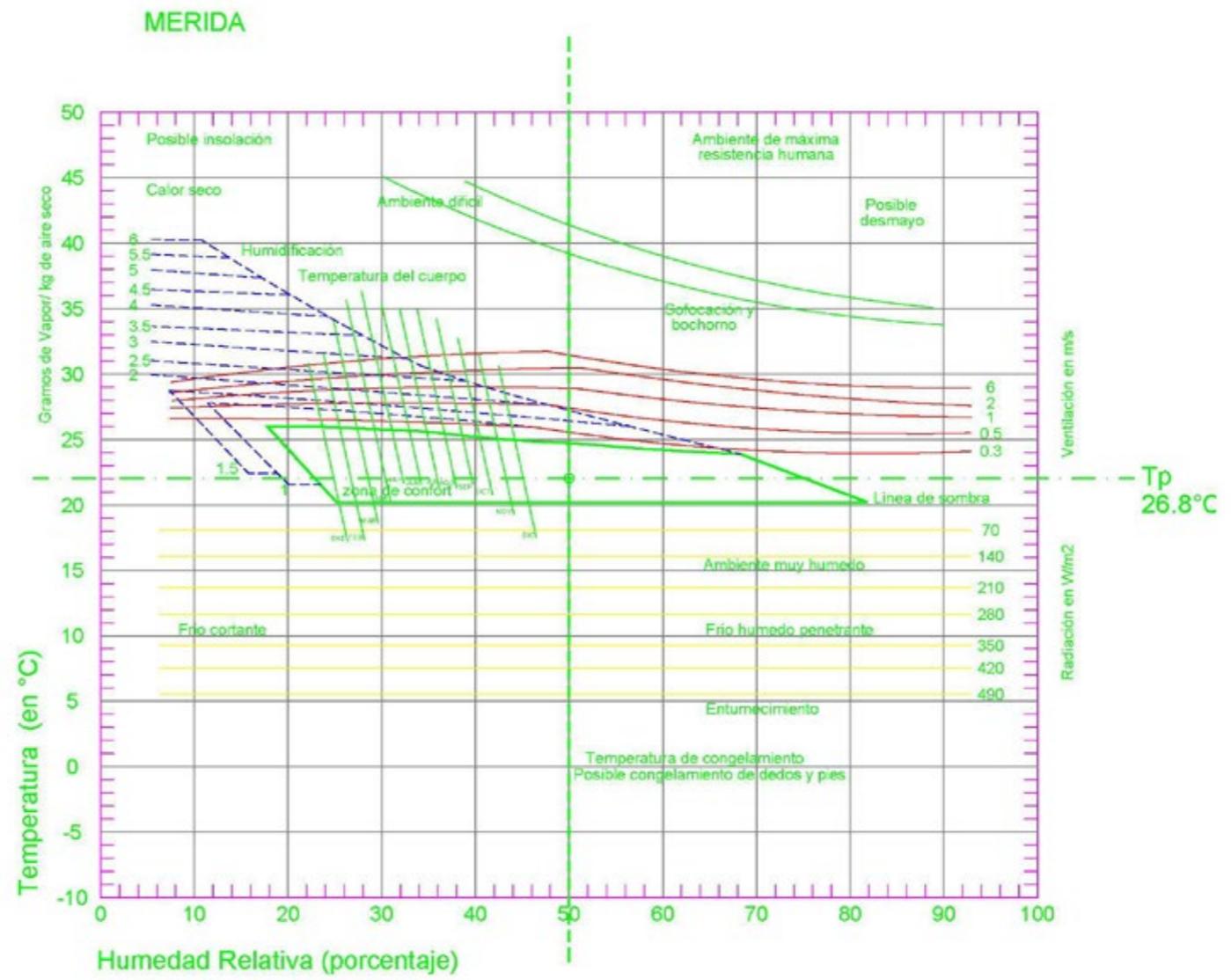
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Veracruz	Lat. (xx.x)	19.33	Long.(xxx.x)	96.76	Altitud (m)	335					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	27.3	28.9	31.8	34.4	35.1	34.1	32.4	32.9	32	31.5	29.9	28
Temp min	13.7	14.3	16.4	18.7	20.4	20.7	19.1	19.2	19.3	18.4	16.3	14.6
Temp med	20.5	21.6	24.1	26.6	27.8	27.4	25.8	26.0	25.7	24.9	23.1	21.3
Hora min	6.524	6.318	6.067	5.779	5.544	5.421	5.469	5.670	5.947	6.225	6.465	6.580
Hora max	13.934	13.818	12.897	13.449	13.134	13.331	12.719	13.170	13.537	13.395	13.965	13.830
Hora (TSV)												
0:00	17.3	18.0	20.1	22.2	23.6	23.5	21.9	22.2	22.3	21.6	19.8	18.2
1:00	16.6	17.3	19.4	21.6	23.0	23.0	21.4	21.6	21.7	21.0	19.2	17.5
2:00	16.1	16.7	18.8	21.0	22.5	22.5	20.9	21.2	21.2	20.5	18.6	16.9
3:00	15.6	16.2	18.3	20.6	22.0	22.2	20.6	20.8	20.9	20.1	18.2	16.5
4:00	15.2	15.9	17.9	20.2	21.7	21.9	20.3	20.5	20.5	19.8	17.8	16.1
5:00	14.9	15.5	17.6	19.9	21.4	21.6	20.0	20.2	20.3	19.5	17.5	15.8
6:00	14.7	15.3	17.4	18.7	20.6	21.0	19.3	19.3	19.3	19.3	17.2	15.6
7:00	13.9	14.7	17.3	20.3	22.5	23.0	21.2	20.9	20.3	18.9	16.5	14.7
8:00	15.7	17.1	20.2	23.6	25.8	26.0	24.2	23.8	22.8	21.2	18.5	16.5
9:00	18.8	20.5	23.8	27.3	29.2	29.1	27.3	27.0	25.8	24.2	21.6	19.4
10:00	21.9	23.8	27.1	30.5	32.0	31.6	29.8	29.7	28.5	27.1	24.7	22.5
11:00	24.5	26.4	29.7	32.8	33.9	33.2	31.4	31.6	30.4	29.4	27.2	25.1
12:00	26.2	28.0	31.2	34.0	34.9	34.0	32.2	32.6	31.6	30.8	28.9	26.9
13:00	27.1	28.8	31.7	34.4	35.0	34.0	32.3	32.8	32.0	31.4	29.7	27.8
14:00	27.2	28.8	31.5	34.0	34.5	33.5	31.8	32.5	31.7	31.3	29.8	27.9
15:00	26.8	28.2	30.8	33.1	33.6	32.6	31.0	31.6	31.1	30.8	29.3	27.5
16:00	25.9	27.2	29.7	31.8	32.4	31.5	29.9	30.5	30.1	29.8	28.4	26.7
17:00	24.8	25.9	28.3	30.4	31.1	30.3	28.7	29.3	29.0	28.7	27.3	25.6
18:00	23.5	24.6	26.9	29.0	29.7	29.0	27.4	28.0	27.8	27.5	26.1	24.4
19:00	22.3	23.2	25.5	27.6	28.4	27.8	26.2	26.8	26.7	26.3	24.8	23.1
20:00	21.1	22.0	24.2	26.2	27.2	26.7	25.2	25.7	25.6	25.2	23.6	21.9
21:00	19.9	20.8	22.9	25.0	26.1	25.8	24.2	24.6	24.6		22.5	20.8
22:00	18.9	19.7	21.8	24.0	25.1	24.9	23.3	23.7	23.7	23.2	21.5	19.8
23:00	18.0	18.8	20.9	23.0	24.3	24.1	22.5	22.9	22.9	22.3	20.6	18.9

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, Mayo, ago, dic	31.23	17.125	24.18	+	28.6
				-	21.6



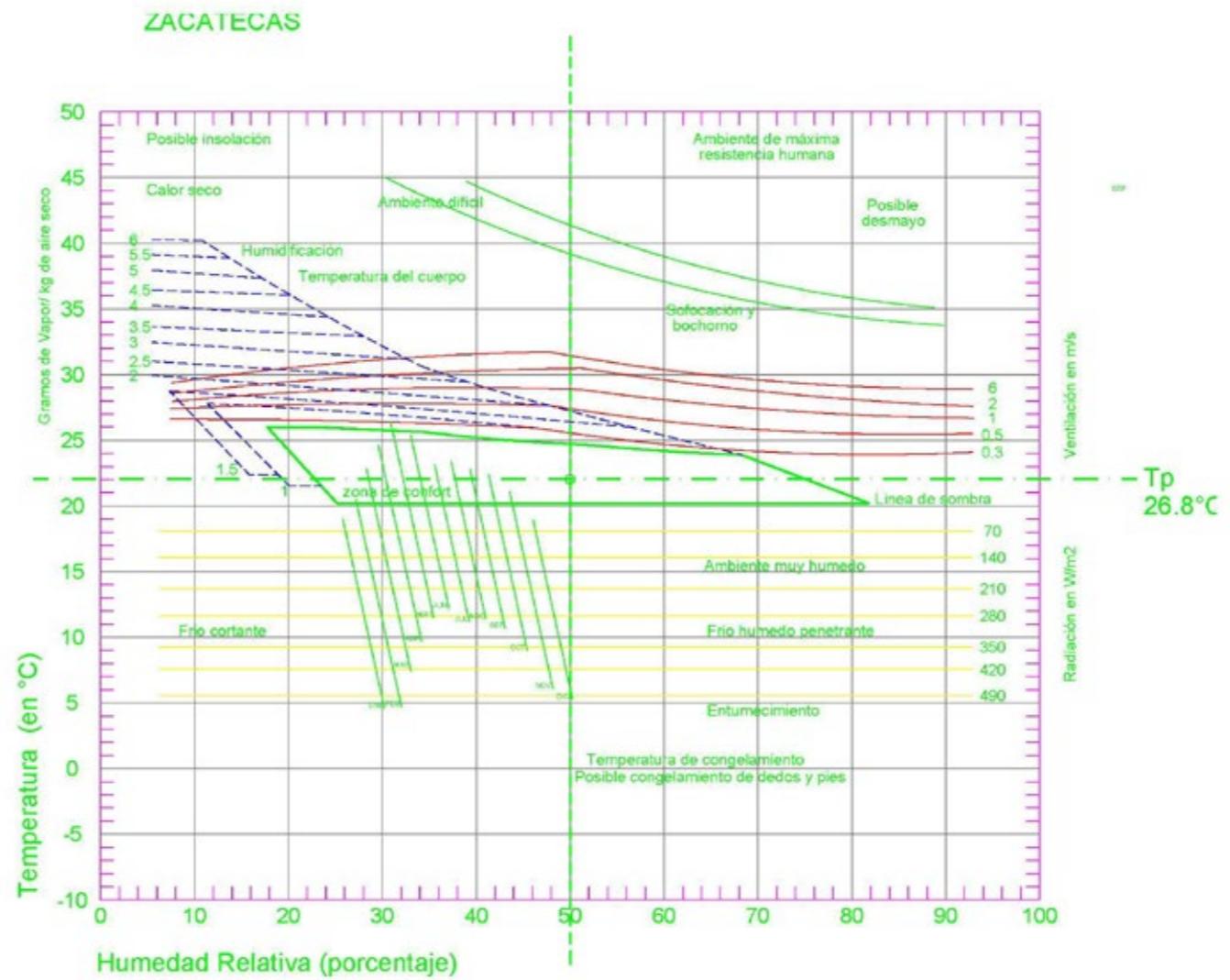
Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Yucatán	Lat. (xx.x)	20.96	Long.(xxx.x)	89.62	Altitud (m)	9					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	32	32.5	33.9	35.1	35.6	35	34.7	34.7	34.3	33.4	32.7	31.8
Temp min	16.1	16.5	16.9	18.5	20.6	20.1	20.1	19.9	20.2	19.6	18.5	16.4
Temp med	24.1	24.5	25.4	26.8	28.1	27.6	27.4	27.3	27.3	26.5	25.6	24.1
Hora min	6.572	6.347	6.073	5.758	5.502	5.367	5.420	5.639	5.942	6.246	6.508	6.634
Hora max	13.982	13.847	12.903	13.428	13.092	13.277	12.670	13.139	13.532	13.416	14.008	13.884
Hora (TSV)												
0:00	20.3	20.5	21.0	22.2	23.8	23.2	23.2	23.1	23.5	23.0	22.2	20.5
1:00	19.5	19.8	20.2	21.5	23.2	22.6	22.6	22.5	22.9	22.4	21.5	19.8
2:00	18.9	19.2	19.6	20.9	22.7	22.1	22.1	22.0	22.4	21.8	20.9	19.1
3:00	18.3	18.6	19.0	20.4	22.3	21.7	21.7	21.6	21.9	21.4	20.5	18.6
4:00	17.9	18.2	18.6	20.1	21.9	21.4	21.4	21.2	21.6	21.0	20.1	18.2
5:00	17.5	17.9	18.3	19.7	21.6	21.1	21.1	21.0	21.3	20.7	19.8	17.8
6:00	17.2	17.6	18.0	18.5	20.8	20.5	20.4	20.0	20.2	20.5	19.5	17.5
7:00	16.3	16.9	17.9	20.3	22.9	22.8	22.6	21.8	21.3	20.1	18.7	16.5
8:00	18.3	19.5	21.1	23.8	26.3	26.2	25.9	25.0	24.1	22.5	20.7	18.4
9:00	21.8	23.1	25.1	27.7	29.7	29.6	29.2	28.5	27.4	25.7	23.8	21.7
10:00	25.5	26.8	28.7	31.0	32.6	32.3	31.9	31.4	30.4	28.7	27.1	25.3
11:00	28.6	29.6	31.5	33.4	34.5	34.0	33.7	33.4	32.6	31.1	29.8	28.3
12:00	30.7	31.5	33.2	34.7	35.4	34.9	34.5	34.4	33.8	32.7	31.6	30.4
13:00	31.7	32.4	33.8	35.0	35.5	34.9	34.6	34.6	34.3	33.3	32.5	31.5
14:00	31.9	32.4	33.6	34.6	35.0	34.3	34.0	34.2	34.0	33.2	32.6	31.7
15:00	31.4	31.7	32.8	33.7	34.0	33.3	33.1	33.3	33.3	32.6	32.1	31.3
16:00	30.4	30.6	31.5	32.4	32.8	32.0	31.9	32.1	32.2	31.7	31.2	30.3
17:00	29.1	29.3	30.1	30.9	31.4	30.7	30.5	30.8	30.9	30.5	30.0	29.1
18:00	27.7	27.8	28.5	29.3	30.0	29.3	29.2	29.4	29.6	29.2	28.8	27.7
19:00	26.2	26.3	26.9	27.8	28.7	28.0	27.9	28.1	28.4	28.0	27.4	26.3
20:00	24.8	24.9	25.5	26.4	27.5	26.8	26.7	26.8	27.2	26.8	26.2	24.9
21:00	23.5	23.6	24.1	25.2	26.3	25.7	25.6	25.7	26.0		25.0	23.6
22:00	22.3	22.5	22.9	24.0	25.4	24.7	24.7	24.7	25.1	24.6	23.9	22.4
23:00	21.2	21.4	21.9	23.1	24.5	23.9	23.8	23.9	24.2	23.8	23.0	21.4

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	33.65	18.35	26.00	+	29.2
				-	22.2



Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas												
Localidad	Zacatecas	Lat. (xx.x)	22.76	Long.(xxx.x)	102.57	Altitud (m)	2352					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	17.4	19	21.3	24	26.1	25.4	23.7	23.5	22.5	21.7	20.2	17.9
Temp min	5.2	5.9	7.5	9.8	12.1	12.6	11.9	11.9	11.6	10	7.6	6
Temp med	11.3	12.5	14.4	16.9	19.1	19.0	17.8	17.7	17.0	15.9	13.9	12.0
Hora min	6.627	6.380	6.080	5.735	5.454	5.306	5.365	5.605	5.936	6.269	6.557	6.695
Hora max	14.037	13.880	12.910	13.405	13.044	13.216	12.615	13.105	13.526	13.439	14.057	13.945
Hora (TSV)												
0:00	8.5	9.2	10.8	13.0	15.0	15.2	14.3	14.4	14.1	12.9	10.9	9.2
1:00	7.9	8.6	10.2	12.4	14.5	14.7	13.9	13.9	13.7	12.4	10.3	8.6
2:00	7.4	8.1	9.7	11.9	14.0	14.3	13.5	13.5	13.3	11.9	9.8	8.1
3:00	6.9	7.7	9.2	11.5	13.6	14.0	13.2	13.2	12.9	11.5	9.4	7.7
4:00	6.6	7.3	8.9	11.1	13.3	13.7	12.9	12.9	12.7	11.2	9.0	7.4
5:00	6.3	7.0	8.6	10.8	13.1	13.5	12.7	12.7	12.4	11.0	8.7	7.1
6:00	6.1	6.8	8.4	9.8	12.4	13.0	12.2	12.0	11.6	10.8	8.5	6.9
7:00	5.3	6.2	8.3	11.4	14.4	15.1	14.0	13.5	12.4	10.4	7.7	6.1
8:00	6.8	8.2	10.9	14.4	17.6	18.0	16.7	16.0	14.6	12.4	9.4	7.4
9:00	9.4	11.2	14.1	17.7	20.8	20.9	19.4	18.7	17.2	15.1	12.2	10.0
10:00	12.3	14.2	17.1	20.6	23.4	23.2	21.6	21.0	19.5	17.7	15.1	12.7
11:00	14.7	16.6	19.4	22.6	25.1	24.6	22.9	22.5	21.2	19.7	17.5	15.1
12:00	16.3	18.1	20.7	23.7	25.9	25.3	23.6	23.3	22.1	21.0	19.2	16.8
13:00	17.2	18.9	21.2	24.0	26.0	25.3	23.6	23.4	22.5	21.6	20.0	17.7
14:00	17.3	18.9	21.1	23.6	25.5	24.7	23.1	23.1	22.3	21.6	20.1	17.9
15:00	17.0	18.4	20.4	22.7	24.6	23.9	22.3	22.4	21.7	21.1	19.7	17.5
16:00	16.2	17.5	19.4	21.6	23.4	22.8	21.3	21.4	20.9	20.3	18.9	16.8
17:00	15.2	16.4	18.2	20.4	22.1	21.6	20.3	20.4	19.9	19.3	17.9	15.9
18:00	14.1	15.2	16.9	19.0	20.8	20.4	19.2	19.3	18.9	18.2	16.8	14.8
19:00	13.0	14.0	15.7	17.8	19.6	19.3	18.1	18.3	17.9	17.1	15.6	13.7
20:00	11.9	12.8	14.5	16.6	18.5	18.3	17.2	17.3	17.0	16.1	14.5	12.6
21:00	10.9	11.8	13.4	15.5	17.4	17.3	16.3	16.4	16.1		13.4	11.6
22:00	10.0	10.8	12.4	14.5	16.5	16.5	15.6	15.7	15.4	14.3	12.5	10.7
23:00	9.2	10.0	11.5	13.7	15.7	15.8	14.9	15.0	14.7	13.6	11.6	9.9

Rango de comodidad					
Ec. de análisis					
	Prom max	Prom min	Temp media	Signo	Tn
Feb, mayo, ago, dic	21.63	8.975	15.30	+	25.8
				-	18.8



Referencias

Auliciems, Andris. *The Atmospheric Environment: A study of comfort and performance*. Toronto: University of Toronto Press, 2016.

Balderas, Gabriel. *Procedimientos Simplificados de Proyecciones Solares. Orientación al diseño*. DIAU-ICUAP. Puebla: Universidad Autónoma de Puebla. 1985.

Barrios Rodríguez, María del Pilar. *Heliodiseño de espacio protegido para cultivo de ornato en clima semicálido subhúmedo*. Tesina de especialización en heliodiseño, CCH-UNAM, 1997.

Beltran de Quintana, Miguel. *Con el sol en la mano*. México: UNAM, 1982.

García Miranda, Esther. *Apuntes de Climatología*. México: UNAM-Instituto de Geografía, 1986.

García Amaro, Enriqueta. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. México: UNAM-Instituto de Geografía, 1988.

Givoni, Barush. *Man, Climate and Architecture*. Ámsterdam: Elsevier, 1976.

Guerra, José Juan. *Guía Básica para el Acondicionamiento Climático de Espacios Abiertos*. Universidad de Sevilla, España: CIEMAT, 1994.

Lobato, Ramón y otros . *Interacción Térmica Animal/Planta-Medio Ambiente y su impacto en la producción, Helioarquitectura Agropecuaria*. Morelia, Michoacán 1989.

Manual Técnico Val y Control S. A. de C. V.

Marrero, Levi. *La tierra y sus recursos*. Madrid: Mediterráneo, 1963.

Morales, José Diego. *Estudio de Techos de Edificios Construidos para Operar en Forma Pasiva*. Tesis Doctoral, UNAM, 1993.

Leyva, Amando y Muhlia, Agustín. *Principios Físicos de la Radiación Solar. Notas del Curso de Actualización en Energía Solar*, IIM-LES-UNAM. México, Temixco, 1996.

Olgyay, Víctor. *Design With Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press, New Jersey, 1973.

Ortíz y Sanz, Joseph, traducción del latín de *Los diez libros de Arquitectura*, Imprenta real en Madrid, 1787.

Ramos, Eduardo, *Principios Básicos de Transferencia de Calor, Notas del Curso de Actualización en Energía Solar*, I.I.M.- L.E.S.-UNAM. México: Temixco. 2000.

Rivero, Héctor. *Arquitectura y contexto, caso de estudio: vivienda en Ciudad Juárez*. Tesis de Maestría UNAM, 1997.

Sagan, Carl. *Cosmos*. Editorial Planeta, Barcelona, 1982.

Sámano, Diego Alfonso et. al. *Aspectos Bioclimáticos en el Diseño de Edificios Confortables de Máxima Eficiencia Energética, Notas del Curso de Actualización en Energía Solar, I.I.M.- L.E.S.-UNAM, México: Temixco, 2000.*

Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE). *Handbook Fundamentals*. Lexington: Universidad de Kentucky, 1985, 1997, 2013.

Tejeda, Adalberto. *Variaciones climáticas y otras notas*. Instituto Veracruzano de cultura, Xalapa, 2007.

Vidal Mendoza, Francisco. *Arquitectura agrícola sustentable, envolvente para cultivos (invernaderos), caso de estudio el nopal en Milpa Alta, D.F.* Tesis de Maestría, UNAM, 2007.

Proyecto arquitectónico de
máxima eficiencia energética

Editado por la Coordinación Editorial de la Facultad de
Arquitectura de la UNAM. Fue terminado el 1 de septiembre
del 2019. Se utilizaron las tipografías Gandhi Sans,
Century Gothic y Museo.