



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

**EFFECTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES POROSOS
UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO
CLIMÁTICO**

**Caso de estudio: Casa de la Ciudad
Oaxaca de Juárez, Oax.**

FRANCISCO JAVIER LÓPEZ CONTRERAS



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

**EFFECTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES POROSOS
UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO
CLIMÁTICO**

**Caso de estudio: Casa de la Ciudad
Oaxaca de Juárez, Oax.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN ARQUITECTURA

PRESENTA

FRANCISCO JAVIER LÓPEZ CONTRERAS



CIUDAD UNIVERSITARIA
MÉXICO
-2008-



Director de tesis

Dr. José Diego Morales Ramírez

Sinodales

Dr. David Morillón Gálvez
M. en Arq. Francisco Reyna Gómez
M. en Dis. Arq. Jan Van Rosmalen Jansen
M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos

Dedicatorias

A todas aquellas personas que intervinieron de forma directa e indirectamente en la elaboración del presente documento.

Agradecimientos

A mis padres, hermanas, sobrinos, maestros y amigos.

Índice general

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	5
HIPÓTESIS	5
CAPITULO 1. CAMBIO CLIMÁTICO	
1.1 Panorama general	6
1.2 Causas y consecuencias	7
1.2.1 Efecto invernadero	7
1.2.2 Crecimiento demográfico	8
1.2.3 Aumento de temperaturas	10
1.2.4 Isla térmica	11
1.3 Caso de estudio: Ciudad de Oaxaca	11
1.4 Conclusiones	15
CAPITULO 2. ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS DE LA CIUDAD DE OAXACA	
2.1 Aspectos generales	16
2.2 Oaxaca de Juárez	17
2.3 Climatología	18
2.3.1 Humedad relativa	18
2.3.2 Temperatura máxima, media y mínima	19
2.3.3 Temperatura promedio	20
2.3.4 Viento	21
2.4 Confort térmico	22
2.5 Conclusiones	25
CAPITULO 3. CONDUCTIVIDAD TERMICA DE LOS MATERIALES POROSOS	
3.1 Generalidades	26
3.2 Balance térmico en la construcción	26
3.3 Características térmicas de los materiales	28
3.4 Coeficiente de conductividad	29

CAPITULO 4. CASO DE ESTUDIO: CASA DE LA CIUDAD, OAXACA DE JUÁREZ.

4.1	Casa de la ciudad	31
4.2	Detalles constructivos	32
4.3	Monitoreo del edificio	34
4.3.1	Descripción de equipos	34
4.3.2	Procedimiento de colocación de equipos	34
4.4	Resultados intervalo Diciembre-Enero	35
4.5	Resultados intervalo Abril-Mayo	38
4.6	Conclusiones	40

CAPÍTULO 5 EFECTIVIDAD TERMICA DE MATERIALES POROSOS SECOS

5.1	Proceso de evaluación de conductividad térmica	41
5.2	Adobe	42
5.2.1	Definición y características	42
5.2.2	Evaluación térmica	43
5.2.3	Simulación térmica	43
5.3	Tablero OSB	45
5.3.1	Definición y características	45
5.3.2	Evaluación térmica	46
5.3.3	Simulación térmica	47
5.4	Tablero de tablacemento	48
5.4.1	Definición	48
5.4.2	Evaluación térmica	48
5.4.3	Simulación térmica	49
5.5	Conclusiones	49
	CONCLUSIONES FINALES	50
	BIBLIOGRAFÍA	54

INTRODUCCIÓN

El papel de la arquitectura es diseñar espacios para el ser humano en su interacción con el medio, y es nuestro papel como arquitectos el ofrecer condiciones óptimas para realizar las actividades diarias que ejercemos, pero ante un eventual cambio en nuestro medio ambiente es necesario proponer alternativas no necesariamente para mitigar los efectos adversos sino para adaptarnos al clima.

El propósito de la presente tesis es abordar un tema de interés general enfocado al campo de la arquitectura, en este caso de la arquitectura bioclimática, ofreciendo un panorama general a la problemática del fenómeno del cambio climático.

Para ello se analiza una de las áreas de la bioclimática en este caso el balance térmico de los edificios y su alternativa para contribuir al desarrollo de una mejor calidad de vida.

Al analizar térmicamente un edificio de la ciudad de Oaxaca con un clima cálido seco, se obtienen resultados que permiten entender el comportamiento térmico del edificio y profundizar en la conductividad térmica de los materiales, y es por ello que se realizó un monitoreo en un edificio específico y su respuesta térmica en los espacios arquitectónicos.

El avance tecnológico en diferentes campos ha trascendido y rebasado expectativas que jamás se hubieran imaginado; la arquitectura contemporánea se ha revestido de materiales novedosos que han modificado y desplazado a los materiales y técnicas típicos de una determinada región, aún a pesar de que el adobe y la piedra en algunas comunidades se ha mantenido a pesar del tiempo y la implementación de técnicas y materiales novedosos.

Pero ante todo este avance tecnológico es necesario replantearse cuestiones básicas, es decir, si en realidad planeamos y diseñamos los edificios de acuerdo al sitio, a las condicionantes físicas del terreno, el asoleamiento, al contexto, o incluso al mismo usuario.

Pero no únicamente es el avance tecnológico el que ha determinado la tipología constructiva de una determinada región, sino también las condiciones climáticas como lo son: la temperatura, el viento, la radiación solar, la humedad, por mencionar algunos.

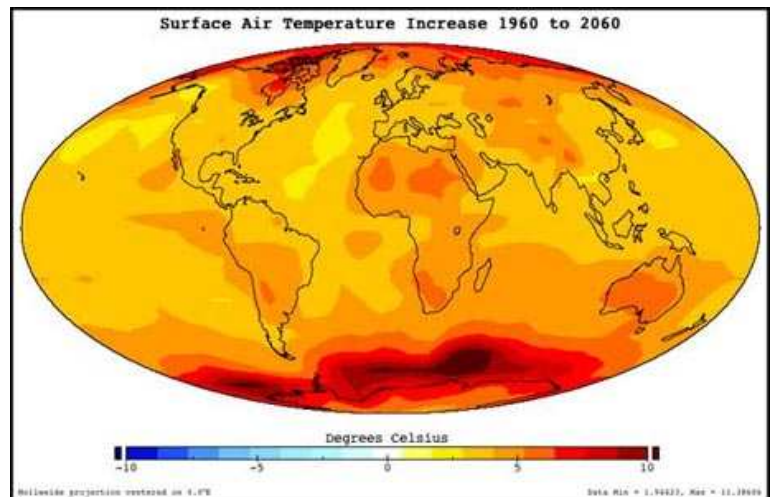
Estas condicionantes se han visto afectadas por un fenómeno mundial que es el cambio climático, que repercute en diferentes ámbitos en el planeta modificando el entorno en el que vivimos. (Ver imagen 1).

El grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático es una asociación de científicos enfocados a investigar los orígenes, consecuencias y repercusiones del cambio climático global, para con ello, disminuir en lo posible los efectos que acarrea el fenómeno.

Imagen 1: Se muestra el incremento de temperaturas globales del año 1960 hacia una proyección del año 2060.

http://www.nasa.gov/images/content/105583main1_GlobalWarming_2060_t.jpg

Reproducción realizada con fines didácticos.



En México el Centro de ciencias de la atmósfera de la UNAM ha realizado investigación relacionada con el fenómeno y abordan la problemática y repercusiones que se tendrán para el año 2050 y de acuerdo con las investigaciones realizadas los modelos varían en sus resultados ya sea, que algunos modelos indiquen que la temperatura y la precipitación aumentarán; en otros modelos indican que únicamente la temperatura aumentará y decrecerá la precipitación pluvial.

...Los modelos mencionados simulan las condiciones globales de temperatura, precipitación y radiación incidente, bajo condiciones actuales o bajo condiciones de una duplicación de

¹ Gay Carlos, Conde Cecilia, Magaña Víctor, Sánchez Oscar (2003) "México: una visión hacia el siglo XXI, el cambio climático en México". Programa de cambio y variabilidad climáticos. Centro de ciencias de la atmósfera. U.N.A.M.
<http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/libro.html>

bióxido de carbono..., ya que el bióxido de carbono es un gas de efecto invernadero cuyo incremento se ha asociado directamente con la actividad humana, desde mediados del siglo pasado.

*Según los escenarios de emisiones futuras, la duplicación en la concentración de este gas podría manifestarse para mediados o finales del siglo XXI, provocando un calentamiento global.*¹

En la primera parte del trabajo se ofrece un panorama global del fenómeno así como conceptos, estadísticas, y los diferentes aspectos que influyen y determinan las condiciones para la interacción con el medio que nos rodea, así como un análisis de las repercusiones en nuestro país.

Es preciso aclarar que las manifestaciones del fenómeno son variables y complejas y por lo tanto afectan indistintamente sectores biológicos, climáticos, geológicos, humanos en una determinada región.

Es por ello que se analiza el cambio climático y sus consecuencias en una determinada zona por lo que se determinan las repercusiones aplicadas a la ciudad de Oaxaca, uno de ellos es el aumento de temperaturas y otro es el fenómeno de las islas de calor o islas térmicas, obteniendo así las condiciones que podrían llegar a afectar las condiciones de la vida de diaria de los habitantes.

Pero, ¿de qué forma el cambio climático modifica el espacio arquitectónico?

En el segundo capítulo abordaré los aspectos bioclimáticos de la ciudad de Oaxaca, entendiendo a la bioclimatología como la ciencia que estudia la influencia ejercida por el clima sobre los organismos vivos, teniendo como resultado a la Arquitectura bioclimática, que es la respuesta e integración de los edificios a un microclima en específico. En este capítulo se analizan aspectos climatológicos de la ciudad de Oaxaca como son humedad relativa, temperatura máxima, media y mínima, así como la incidencia del viento.

Así también se determinan las condiciones de confort entre los habitantes de la ciudad de Oaxaca en los meses más cálidos y los meses más fríos.

Por lo que en el tercer capítulo explico la conductividad térmica de los materiales porosos, estableciendo sus características, cualidades, y propiedades de los mismos que se manifiestan en un adecuado balance térmico de los edificios, con la finalidad de analizar el material que tiene un bajo índice de conductividad térmica.

En el cuarto capítulo presento lo relativo al caso de estudio de la Casa de la ciudad ubicada en la ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca, analizando el sistema constructivo del edificio del siglo XVIII y sus características con la finalidad de evaluarlo desde un punto de vista térmico.

La evaluación se realizó en los meses más fríos y más cálidos de la ciudad, por lo que se instalaron equipos para realizar el monitoreo de temperatura y humedad, exterior e interiormente.

El balance térmico de los edificios es un análisis de las cargas térmicas que influyen de manera directa e indirecta en un determinado edificio influido por las características climáticas de una determinada región, considerando que los materiales constructivos determinan en gran medida el confort térmico al interior de los espacios arquitectónicos, por lo que se realiza un análisis de los materiales desde el punto de vista térmico.

Con base en lo anterior en el quinto capítulo abordaré el tema de la evaluación térmica de los materiales porosos, ya sea industrializados y materiales hechos in situ en este caso del adobe, tablero OSB de partículas de madera, y tablero de cemento, con la finalidad de evaluar la conductividad térmica de los materiales. Por último presento conclusiones generales, y bibliografía.

Es por ello que la organización de la tesis parte desde un tema general hacia un tema particular estableciendo una secuencia que permite visualizar de una forma objetiva una respuesta a una problemática específica.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar algunos materiales porosos utilizados en la industria de la construcción analizando su coeficiente de conductividad térmica, para con ello realizar una simulación térmica de los mismos, con la finalidad de determinar el factor que incide directamente en el confort térmico en los espacios habitables para las condiciones de clima cálido seco de la ciudad de Oaxaca, ante un eventual cambio climático.

OBJETIVO SECUNDARIO

Analizar las consecuencias del fenómeno del cambio climático en la ciudad de Oaxaca, para determinar sus consecuencias en la sensación de confort térmico para sus habitantes.

OBJETIVO SECUNDARIO

Evaluar los coeficientes de conductividad térmica de algunos materiales utilizados en la industria de la construcción.

HIPÓTESIS

La conductividad térmica de materiales constructivos en este caso de un material sólido poroso depende de su coeficiente de conductividad térmica, principalmente de su peso específico y masa, por lo que son buenos aislantes térmicos para las condiciones de clima cálido seco.

Por lo que es necesario determinar cuál es el componente que determina las condiciones de aislamiento térmico.

Es imperante y necesario considerar al edificio como un elemento holístico desde el punto de vista energético, es decir, determinar la cantidad de energía que genera el edificio en su planeación, construcción, utilización y futuro mantenimiento tomando en cuenta que los materiales y la elección de ellos no dependerá solamente del costo-beneficio, sino del análisis energético que los llevó a cabo.

Ante un eventual cambio climático es necesario diseñar nuestros edificios considerando el bienestar de sus ocupantes sin la necesidad de gastar energía para conseguirlo.

La relación gasto de energía y análisis de los materiales utilizados en la industria de la construcción, se relaciona directamente con la incidencia de temperatura al interior de un espacio arquitectónico y su gasto energético en aire acondicionado, por lo que es importante analizar las características de cada material.

CAPITULO 1

CAMBIO CLIMÁTICO

1.1 PANORAMA GENERAL

Los cambios climáticos en los últimos tiempos en todas las latitudes del mundo, no es algo que haya surgido de un día para otro. Está antecedido por una constante y creciente inconsciencia de no valorar los recursos naturales, y desperdiciarlos de muy variadas formas; además de la emisión de gases contaminantes, la deforestación, los incendios forestales, los desastres tecnológicos, el incremento de la población, entre otros factores.

Pero tal vez lo que ha cobrado importancia es el estudio del fenómeno del efecto invernadero, ya que tiene como consecuencia la elevación de las temperaturas, concentración de emisiones contaminantes en la atmósfera, fenómenos naturales como tormentas, huracanes, tsunamis, el fenómeno del Niño y la Niña, “islas térmicas” por nombrar sólo algunos.

La temperatura global aumentará entre 1.4 y 5.8°C para el año 2100, y en ése mismo aumentará el nivel del mar de 0.09 a 0.88 mts. (Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, CIPCC)

Las crecientes temperaturas mundiales pueden afectar condiciones climáticas como la lluvia, la velocidad del viento, y la frecuencia de eventos, extremos (tormentas, lluvias torrenciales, huracanes y sequías)²

Tomando en cuenta que los efectos del cambio climático difieren de una región a otra y los efectos son variables; se considera que las zonas más vulnerables serán los que tengan efectos devastadores.

Investigadores del fenómeno mencionan que las consecuencias del cambio climático se manifiestan en los países más cercanos a los polos, pero no por ello determina que la influencia del cambio climático dejará de influir en los países de los trópicos.

² Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) “Global Environment Outlook GEO” Perspectivas del medio ambiente para América Latina y el Caribe, 2003.

1.2 CAUSAS Y CONSECUENCIAS PARA LA REPÚBLICA MEXICANA

1.2.1 EFECTO INVERNADERO

El efecto negativo del aumento de la población urbana, trae como una de sus consecuencias la concentración de gases de efecto invernadero, que son el bióxido de carbono, el ozono, el metano y el óxido nitroso.

Pero la concentración del bióxido de carbono es la principal preocupación derivada de la concentración demográfica.

México, país rico en hidrocarburos, y cuya infraestructura de generación depende en gran medida del uso de petróleo y gas natural, es el mayor emisor en América Latina de bióxido de carbono por quema de combustibles fósiles.³

La Universidad Nacional Autónoma de México a través del Centro de Ciencias de la Atmósfera y el Programa Universitario del Medio Ambiente (PUMA) ha realizado investigaciones referentes a los impactos del cambio climático en México, y las consecuencias que traerían a las industrias, a la agricultura y a la periodicidad de las lluvias.

Se han analizado modelos matemáticos para hacer un análisis prospectivo para el año 2025.

Considerando que la precipitación en la mayor parte del país es superior en verano que en invierno, algunos modelos presentan escenarios optimistas en cuanto a la disponibilidad de agua, en cambio, otros pronostican un decremento en precipitación pluvial de verano e invierno; bajo condiciones de cambio climático, la precipitación con respecto a los valores medios climatológicos respectivos será mayor durante invierno pero menor durante verano.

Del período preindustrial a la fecha, las actividades humanas incrementaron muy aceleradamente la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera; sólo el bióxido de carbono pasó de 280 a 380 partes por millón. Esta concentración no tiene precedente en los últimos 400 mil años y, tal vez, ni siquiera durante los últimos 20 millones de años.⁴

³ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Perspectivas del medio ambiente para América Latina y el Caribe, 2004

⁴ Gay Carlos, Conde Cecilia, Magaña Víctor, Sánchez Oscar (2003) "México: una visión hacia el siglo XXI, el cambio climático en México" [en línea]. Programa de cambio y variabilidad climáticos. Centro de ciencias de la atmósfera.
<<http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/libro.html>
[Consulta: 21 de Septiembre de 2005].

1.2.2 CRECIMIENTO DEMOGRAFICO

Hemos visto que nuestras ciudades paulatinamente se han convertido en grandes concentraciones demográficas por diversos motivos.

Las comunidades rurales han mantenido una tendencia hacia su disminución, es decir, la República Mexicana adquiere cada vez más un perfil urbano; debido a múltiples factores, pero no sólo es el caso de México el que ha experimentado este fenómeno ya que a nivel mundial se observa la disminución de la población rural.

Las ciudades de dimensiones medias crecieron más rápido que las grandes zonas metropolitanas, como la Ciudad de México. Así, los crecimientos más altos no se ubican en las ciudades más grandes, sino en aquellas de 500 mil a menos de un millón de habitantes... además hay que enfatizar que el número de ciudades prácticamente se duplicó de 1970 a 1990 en México, al pasar de 156 a 319 localidades.

*Como es de esperar, las ciudades más grandes se asocian a una mayor cantidad de emisiones de gases, ya que la concentración industrial y la presencia de fuentes móviles es mucho más amplia en estos centros urbanos. Hay que enfatizar que, con temperaturas más altas, hay mayor probabilidad de episodios de contaminación atmosférica en niveles críticos.*⁵

La concentración demográfica en las ciudades es una situación que los urbanistas y arquitectos tenemos la responsabilidad de planear, a través de un óptimo desarrollo urbano y arquitectónico. En el libro del arquitecto Ken Yeang, "El rascacielos ecológico" menciona que el desarrollo de rascacielos en las grandes ciudades minimizan el impacto ambiental en un ecosistema, ya que al ser edificios que ocupan una menor dimensión en planta, posibilitan el desarrollo vertical de una ciudad, ya que al no tener grandes extensiones de abastecimiento de tuberías en un sentido amplio de la ciudad, posibilitan la dotación eficiente de los mismos, además también existe menos impacto ambiental, porque existe una menor ocupación de área de desplante del edificio.

⁵ Gay Carlos, Conde Cecilia, Magaña Víctor, Sánchez Oscar (2003) "México: una visión hacia el siglo XXI, el cambio climático en México" [en línea]. Programa de cambio y variabilidad climáticos. Centro de ciencias de la atmósfera. <http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/libro.html> [Consulta: 21 de Septiembre de 2007].

⁶ Gay Carlos, Conde Cecilia, Magaña Víctor, Sánchez Oscar (2003) "México: una visión hacia el siglo XXI, el cambio climático en México" [en línea]. Programa de cambio y variabilidad climáticos. Centro de ciencias de la atmósfera. <http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/libro.html>

⁷ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Perspectivas del medio ambiente para América Latina y el Caribe, 2004



Imagen 2: <http://www.nasa.gov>. Reproducción realizada con fines didácticos

⁸ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) "Global Environment Outlook GEO" Perspectivas del medio ambiente para América Latina y el Caribe, 2003.

Aunque es necesario considerar que ante las condiciones probables de cambio climático se tendría un mayor efecto sobre las ciudades que tengan una mayor densidad urbana (ver imagen 2).

*Una primera condición es que la vulnerabilidad es baja cuando las densidades de población son bajas; una alta densidad incrementa la vulnerabilidad al aumentar el número de víctimas por unidad territorial; al aumentar el número de víctimas, se incrementa el costo social de un cambio climático.*⁶

La visión que nos muestra el arquitecto es optimista ya que la densidad de población está en estrecha relación con la llamada "huella ecológica", que consiste en la cantidad de espacio necesario que necesita la población para resolver sus necesidades básicas de transporte, alimentación y servicios.

*Según proyecciones, la población de la República Mexicana crecerá en casi 29 millones de habitantes para el año 2040, cuando sumará 131 millones de personas.*⁷

La zona metropolitana de la ciudad de México ha tomado medidas para mitigar la concentración demográfica. Ante la expansión de la mancha urbana se ha propuesto una densidad de población más alta en el centro de la ciudad, esto con la finalidad de contrarrestar la explosión demográfica de la zona metropolitana del Valle de México.

*Como ciudad, se propone construir casas y comercios en el área central dotada de infraestructura y servicios la llamada (ciudad central) restringiendo en cambio éste tipo de construcciones sobre suelo de conservación ecológica en zonas periféricas y rurales. Ello supone la creación de condiciones para el re poblamiento de las áreas centrales y un mejor aprovechamiento basado en edificios de varios pisos y alta ocupación habitacional... éste concepto permitiría absorber el incremento poblacional del Distrito Federal los próximos **20 años.***⁸

La ciudad de México se identifica como la segunda ciudad más poblada del mundo, teniendo un perfil más urbano, por lo que el fenómeno de islas de calor y aumento de temperaturas serán palpables en poco tiempo.

1.2.3 AUMENTO DE TEMPERATURAS

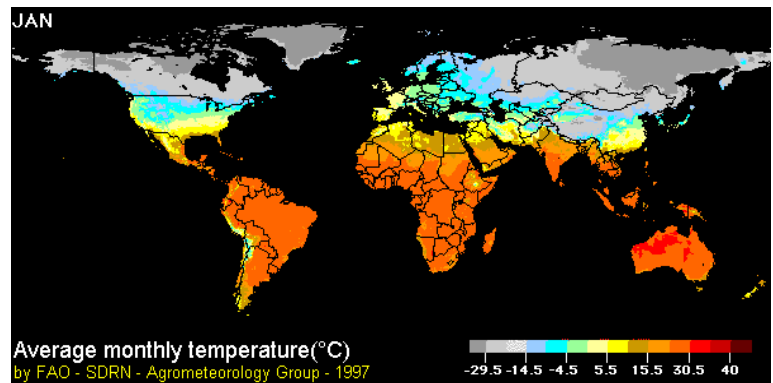
Uno de los efectos del cambio climático más preocupantes es el aumento de temperaturas y en una reducción de la precipitación pluvial y de los escurrimientos, lo que producirá, en un tiempo no muy lejano, en la aceleración de los procesos de desertificación y de redistribución del recurso hídrico.

Una preocupación fundamental, asociada a la urbanización, es su alto potencial de vulnerabilidad a un cambio climático, debido a menores abastecimientos de agua o mayor incidencia de enfermedades, de acuerdo con la localización geográfica de los asentamientos humanos más importantes. El abastecimiento de agua será mucho más caro si se mantienen los mismos niveles de consumo, ya que probablemente disminuya la precipitación y aumente el nivel de evaporación.

*Debido al rápido crecimiento de la población, en el futuro habrá una escasa disponibilidad de agua, que obliga a que el consumo diario por habitante se tenga que reducir, es decir, el consumo diario por habitante en 1990 es mayor al que resulta en el año 2025.*⁹

⁹ Gay Carlos, Conde Cecilia, Magaña Víctor, Sánchez Oscar (2003) "México: una visión hacia el siglo XXI, el cambio climático en México" [en línea]. Programa de cambio y variabilidad climáticos. Centro de ciencias de la atmósfera. <http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/libro.html> [Consulta: 21 de Septiembre de 2007].

Imagen 3:
<http://www.prodiversitas.bioetica.org/images/cambio.GIF>
Reproducción realizada con fines didácticos.



¹⁰ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Perspectivas del medio ambiente para América Latina y el Caribe, 2004

El tercer informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2001) señala que, si no se modifican las tendencias actuales, en el año 2100 tendremos:

*Un incremento de la temperatura superficial promedio de la tierra entre 1.4°C y 5.8°C; con ascenso en el nivel medio del mar entre 9 y 88 cm.*¹⁰ (imagen 3).

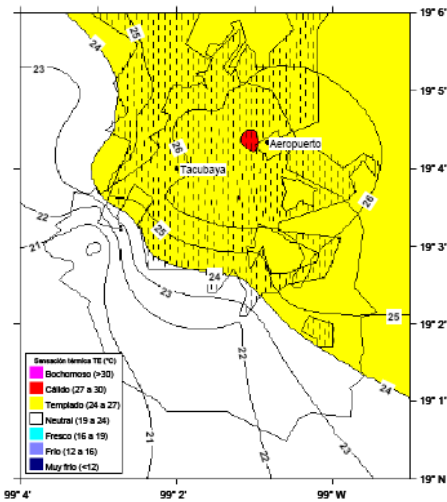


Imagen 4: TE (°C) máxima promedio en abril para el año 2050, estimada con la tendencia de la temperatura. Ernesto Jáuregui, Adalberto Tejeda (2003) "México: una visión hacia el siglo XXI, el cambio climático en México". Programa de cambio y variabilidad climáticos. Centro de ciencias de la atmósfera. U.N.A.M.

<http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/libro.html>

¹¹ Organización Meteorológica Mundial (OMM) "El tiempo, el clima y la salud" Ginebra, Suiza, 1992. Clasificación GF71T54

¹² Ernesto Jáuregui, Adalberto Tejeda (2003) "México: una visión hacia el siglo XXI, el cambio climático en México". Programa de cambio y variabilidad climáticos. Centro de ciencias de la atmósfera. U.N.A.M.

<http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/libro.html>



Imagen 5: Fotografía del Centro Cultural Santo Domingo, Oaxaca de Juárez, Oax.

Imagen tomada por el autor. Reproducción realizada con fines didácticos

1.2.4 ISLA TÉRMICA

Hemos visto los efectos que tendrán en diferentes aspectos y repercusiones que se tendrán sobre el medio ambiente. Pero una cuestión importante es la salud humana, sobre todo en la población vulnerable.

El calor puede ser causa de varios síndromes clínicos. La insolación es la más grave de todos, y se produce cuando la temperatura basal del cuerpo rebasa los 40,6°C; entonces suele ser letal. El agotamiento por calor puede sobrevenir también al cabo de varios días, si la reposición de agua y sales es inadecuada, aunque no suele ser mortal.

Las poblaciones de las ciudades suelen ser más vulnerables que las rurales, ya que experimentan temperaturas más altas: el efecto denominado "isla térmica"¹¹

El incremento de temperaturas traerá consigo un fenómeno llamado "islas de calor", o islas térmicas, principalmente en las zonas urbanas, lo que acarreará que la población requerirá adecuarse arquitectónicamente a este incremento (ver imagen 4).

El fenómeno de isla de calor está determinado por la sustitución de áreas rurales por elementos urbanos, privando la capacidad de regeneración de áreas naturales de una región.

El verano de mediados del presente siglo, 49 millones de mexicanos que ahora no utilizan sistemas de aire acondicionado, los requerirán para estar en condiciones de confort entre media mañana y media tarde.¹²

1.3 CASO DE ESTUDIO: CIUDAD DE OAXACA

La ciudad de Oaxaca de Juárez, se encuentra al sur de la República Mexicana, colinda con los estados de Puebla, Guerrero, Chiapas y Veracruz. La ciudad de Oaxaca de gran riqueza cultural, gastronómica, artesanal, social y arquitectónica que se manifiesta en los edificios construidos en la época prehispánica como Monte Albán, Mitla, Yagul, Dainzú, por nombrar sólo algunos y edificios coloniales / religiosos como lo son: Santo Domingo de Guzmán, el templo de la Soledad, San Francisco, entre otros (imagen 5).

Es por ello surge la inquietud de analizar las condiciones de respuesta térmica de estos edificios ante un posible cambio climático en la entidad.

Datos proporcionados por la Secretaría de Medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT) relativo al cambio climático en México, determina para la ciudad de Oaxaca: *las condiciones de vulnerabilidad están dadas por una alta concentración demográfica, procesos de industrialización, incremento de vehículos automotores e incremento de población con niveles de pobreza altos.*¹³

¹³http://pembu.atmosfcu.unam.mx/~climatico/1/estados/vulne_oaxaca.html

En la gráfica se observa un panorama de lo que pudiera ser un incremento en las temperaturas en la ciudad de Oaxaca teniendo los siguientes parámetros.

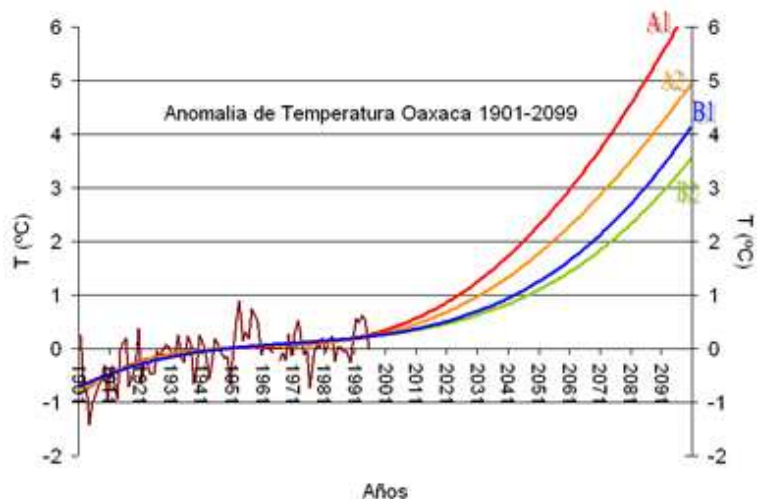
A1: Emisiones Altas. Rápido desarrollo económico mundial y de la población.

A2: Emisiones Media-Alta. Desarrollo económico más regionalizado.

B1: Emisiones bajas. Tendencia a un desarrollo global ambientalmente sustentable.

B2: Emisiones Media-Baja. Tendencia a un desarrollo regionalizado ambientalmente sustentable (gráfica 1).

Gráfica 1:
http://pembu.atmosfcu.unam.mx/~climatico/1/estados/futuro_oaxaca.html



En el documento presentado por la SEMARNAT relativo al cambio climático para la ciudad de Oaxaca, indica que se

14

http://pembu.atmosfcu.unam.mx/~climatico/1/estados/vulne_oaxaca.html

tendrán incrementos de temperatura de acuerdo a diferentes escenarios.

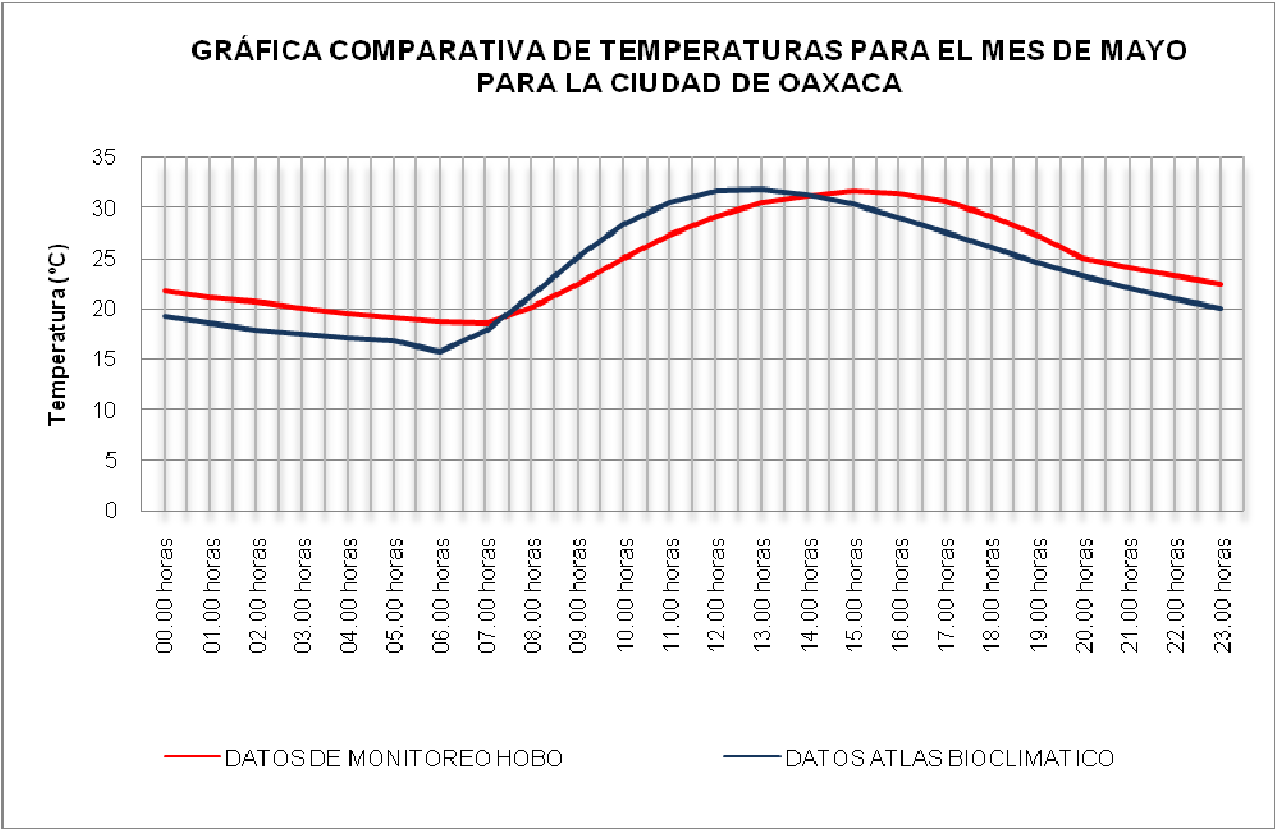
En algunos escenarios propuestos indican que el aumento de temperaturas será en un intervalo de 0.6°C. a 1.2°C. y en otros indican que el aumento de temperaturas será entre 2 y 4°C.

Los cambios climáticos ocurrirán en un contexto de cambios no climáticos propios de regiones con crecimiento de población, mismos que pueden exacerbar el efecto del cambio climático. Las condiciones de vulnerabilidad están dadas entonces por una alta concentración demográfica, procesos de industrialización, incremento de vehículos automotores e incremento de población con niveles de pobreza altos.¹⁴

Como había mencionado anteriormente el crecimiento demográfico incide en los efectos de aumentos de temperaturas y de isla térmica, por lo que, para determinar los efectos en una ciudad de 300,000 habitantes, como es la ciudad de Oaxaca, es necesario realizar una comparativa de temperaturas entre el centro de la ciudad y la periferia.

Para conocer las temperaturas medias de la ciudad de Oaxaca se recurre al atlas del bioclima de México, obteniendo las temperaturas promedio horarias de la ciudad de Oaxaca, así también para poder determinar las temperaturas promedio horarias del centro de la ciudad de Oaxaca se ubicó un dispositivo de monitoreo de temperatura y humedad en una casa habitación ubicada en el centro de la ciudad, para poder comparar las temperaturas promedio horarias, con la finalidad de determinar las variaciones de temperatura entre la periferia de la ciudad y el centro de la misma.

Se definió el mes de Mayo para evaluar las temperaturas ya que como veremos en posteriores capítulos, es junto con el mes de Abril, el mes más cálido del año (gráfica 2).



Gráfica 2:
Comparativa de temperaturas para demostrar el efecto de "islas de calor" para la ciudad de Oaxaca de Juárez en el mes de Mayo.

En la gráfica se observa la diferencia de temperaturas promedio horarias entre los datos obtenidos por un monitoreo y las obtenidas por el Servicio Meteorológico Nacional sección Oaxaca.

Se observa que se tienen coincidencias en cuanto a la oscilación térmica teniendo ambas gráficas una oscilación entre 13 y 14° C.

También se aprecia que existe una temperatura mayor en el centro de la ciudad de Oaxaca con respecto a los datos de la periferia, entre las 0.00 y 7.00 horas, así como entre 15.00 y 23.00 horas, teniendo una diferencia de temperaturas entre **1 y 3 °C**.

1.4 CONCLUSIONES

El cambio climático está afectando nuestra vida diaria y es necesario actuar ante el ya inevitable cambio.

Los efectos del fenómeno serán devastadores si no tomamos las medidas necesarias para disminuir sus efectos, por lo que es primordial actuar y solucionar en lo posible sus consecuencias para frenar sus efectos. Es necesario replantearse objetivos y metas relacionadas con el clima y necesariamente proponer soluciones, alternativas para permanecer en un equilibrio que cada vez se ve más lejano.

Las consecuencias son variables y no podemos definir con precisión el efecto que tendrá para las condiciones climáticas de la República Mexicana, pero debido a la preocupación mundial del fenómeno, diversas instituciones muestran interés por investigar y mitigar el cambio climático.

Ahora bien, como observamos en este capítulo, en un estudio realizado por la SEMARNAT, las repercusiones para la ciudad de Oaxaca serán en un incremento de temperaturas, debido a una mayor concentración urbana, por lo que se generaría un stress térmico para sus habitantes, generado por el fenómeno de isla térmica, en el cual manifiesta que existe un incremento de temperaturas entre las 0.00 y 7.00 horas y también entre las 15.00 y 23.00 horas, que es cuando se manifiesta una mayor sensación de calor.

Es por ello que en el siguiente capítulo analizaré las condiciones de temperaturas, medias mínimas y altas de la ciudad, así como el índice de confort entre sus habitantes, para poder determinar las fechas en las cuales los habitantes de la ciudad de Oaxaca perciben más calor o una sensación de bienestar, para que, posteriormente analice las cartas bioclimáticas adaptadas a las condiciones climáticas de la ciudad de Oaxaca, y con ello identificar la zona de confort.

CAPITULO 2.

ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS DE LA CIUDAD DE OAXACA



Imagen 6: Reloj solar en el exconvento de Santo Domingo de Guzmán, Oaxaca de Juárez, Oax.
Reproducción realizada con fines didácticos

¹⁴ Hernández Chávez Vicente (2002) TESIS DOCTORAL "La habitabilidad energética en edificios de oficinas". Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España
<http://www.tesisenred.net/>

2.1 ASPECTOS GENERALES

El principio de la arquitectura es dar techo y abrigo al ser humano, para protegerse de las condiciones naturales como la lluvia, el sol y el viento, es por ello que se entendió a la vivienda como el lugar donde se protegían de los efectos adversos de la naturaleza.

La arquitectura bioclimática surgió bajo conceptos y premisas relacionadas con el cuidado del medio ambiente, teniendo a Olgyay, Givoni y Szokolay como sus primeros exponentes, analizando e investigando datos meteorológicos y de acuerdo a esto obtener una zona de confort en función de las variables climáticas como la temperatura y la humedad relativa.

Entendiendo a la vivienda bioclimática como: ***vivienda sostenible y responsable que utiliza materiales no dañinos para el medio ambiente, dotada de una configuración arquitectónica capaz de aprovechar los recursos naturales para satisfacer las necesidades climatológicas de las personas que residen en ellas evitando, además, gastos innecesarios.***¹⁴

La arquitectura bioclimática siempre ha existido ya que los constructores de la antigüedad consideraban a la naturaleza como la que proveía de los recursos para vivir, y es cuando se realizaban construcciones basándose en la observación de la misma y los efectos que traía.

Es por ello que vemos construcciones prehispánicas como Monte Albán, Teotihuacán, Chichen Itzá las cuales se emplazaban en sitios específicos para un fin común ya sea, un observatorio, una zona militar o en un centro de adoración a los muertos.

Actualmente la arquitectura bioclimática ha cobrado relevancia, ya que como mencionaba en el capítulo anterior, el cambio climático está repercutiendo en diferentes aspectos además de que el uso continuo de hidrocarburos y de contaminantes en la industria de la construcción trae como consecuencia el efecto invernadero que podrá afectar nuestras condiciones de vida.



Imagen 7: Ciudad de Oaxaca de Juárez en 1875, Casa de la Ciudad, Oaxaca, 2006. Reproducción realizada con fines didácticos

También se realizan investigaciones al respecto basándose en estudios de confort térmico, nuevos materiales, y un análisis más detallado de cada uno de los aspectos que determinan la influencia climática en un edificio. Por lo que actualmente se realizan propuestas para que nuevamente aprovechemos los recursos naturales de una forma óptima, y realizar nuestras actividades de una manera confortable, diseñando los edificios de acuerdo al clima.

2.2 OAXACA DE JUÁREZ

Cuna de la civilización zapoteca, sitio donde se establecieron los españoles para fundar “Huaxyacac”, y más tarde la bautizaron como la “verde Antequera”, lugar de costumbres, tradiciones y leyendas (imagen 7).

Sitio donde se establecieron las distintas ordenes religiosas como los agustinos, mercedarios, franciscanos, dominicos, filipenses que se manifestaron a través de la construcción de templos, como el de Santo Domingo de Guzmán, la Soledad, San Felipe Neri, Templo de la Merced por mencionar sólo algunos.

Oaxaca de Juárez está ubicada en la región de los valles centrales, y fué trazada con la forma de un tablero de ajedrez, por el alarife Alonso García Bravo en 1529 desde el cerro de las azucenas, hoy llamado Cerro del Fortín.

La ciudad se dividió entonces en 4 cuarteles y consecuentemente se dividieron en 8, esto para facilitar la recolección de la basura, pago de impuestos, dotación de servicios entre otros aspectos.

Como es bien sabido la ciudad de Oaxaca ha padecido los efectos naturales de sismos que han condicionado la tipología constructiva de sus viviendas y edificios religiosos, realizando las construcciones a través de materiales como la cantera (verde, rosa o amarilla), el adobe, el tabique, la madera, el carrizo, bejuco, tejamanil la teja, los aplanados con baba de nopal, con barro, lodo y con cal, entre otros.

¹⁵ GARCÍA de Miranda Enriqueta, "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen", 5ª edición, Ed. offset Iarios, biblioteca central, UNAM, México, 1980.

2.3 CLIMATOLOGÍA

La ciudad de Oaxaca de Juárez se encuentra situada a 550 Km. al sureste de la ciudad de México, siendo su posición geográfica de 17° 03' 43" de latitud norte y 96° 43' 18" de longitud oeste con una altitud de 1558 metros SNM, teniendo un clima semicálido del tipo BS1h' (h) w" (w) (i) g. ¹⁵

Por su grado de humedad es semiárido o semiseco **BS1**
 Por su temperatura es semicálido **h' (h)**
 Con régimen de lluvias en verano **w" (w)**

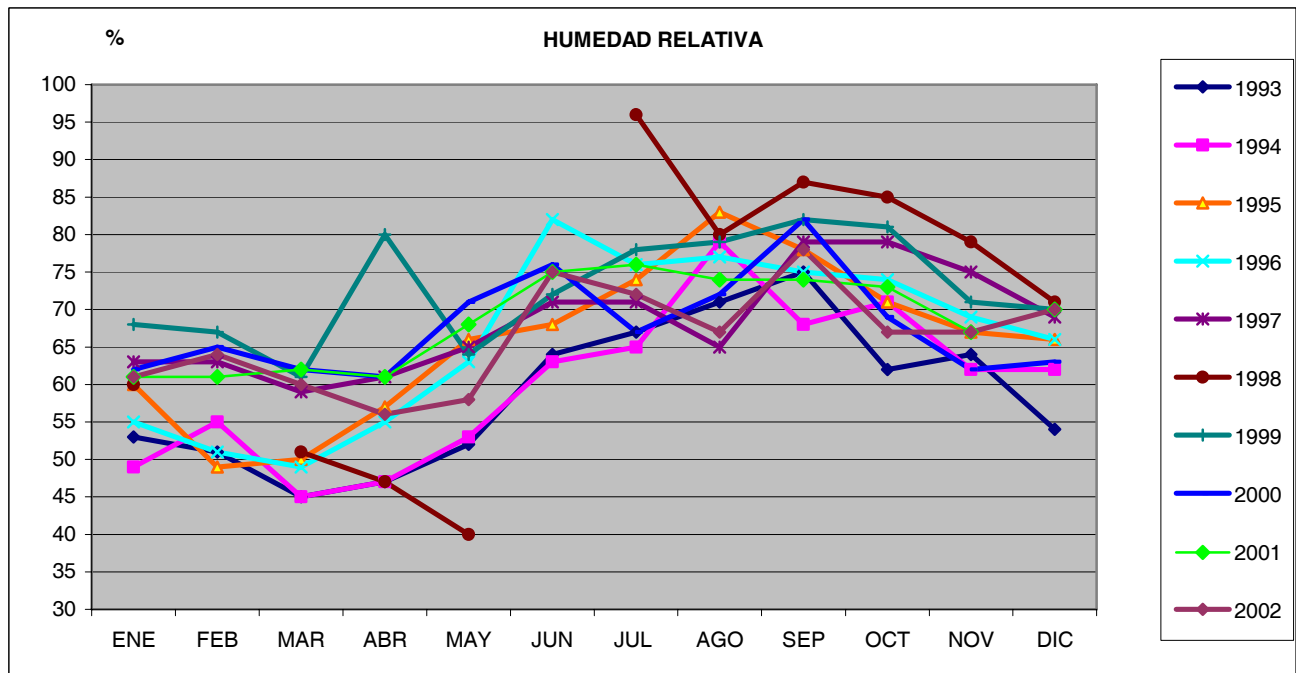
Se investigaron las condiciones climáticas de la ciudad por medio de datos proporcionados por el observatorio meteorológico sección Oaxaca de la gerencia regional Pacífico Sur dependiente de la Comisión Nacional del Agua.

2.3.1 HUMEDAD RELATIVA

De acuerdo a los datos proporcionados por el Observatorio Meteorológico de la ciudad de Oaxaca se observa el promedio de humedad relativa.

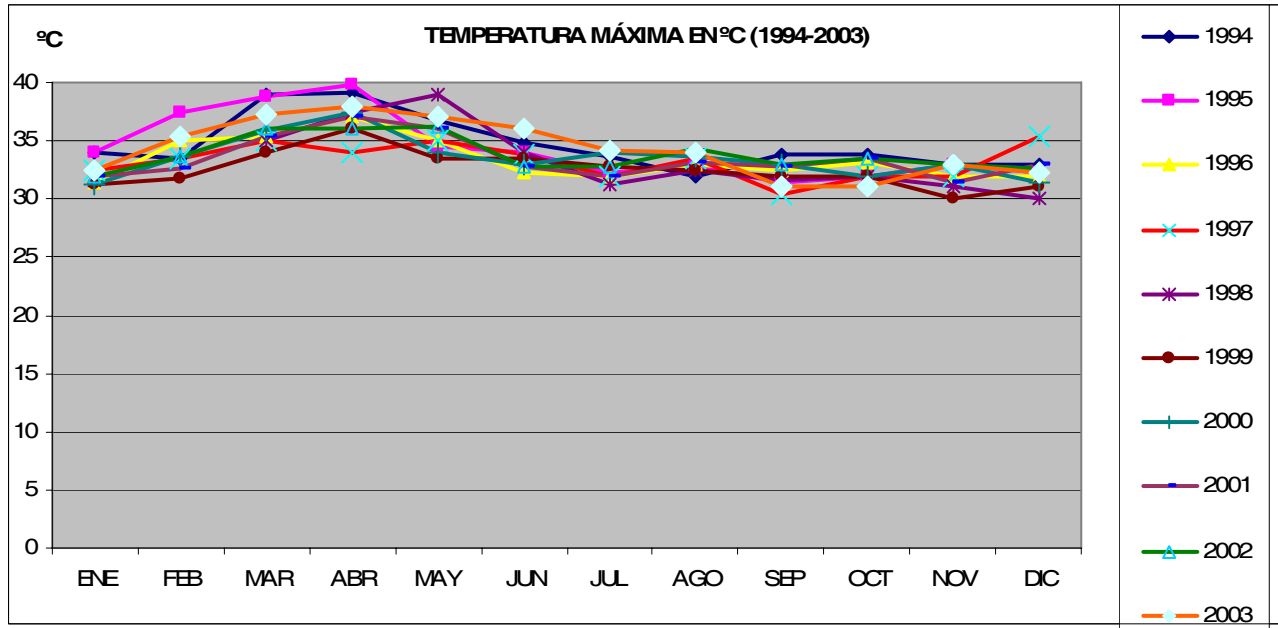
Se observa que el porcentaje mínimo de humedad ha sido del 40% y llegando a un máximo de 96% en el período comprendido del año de 1993 al 2002 (gráfica 3).

Gráfica 3: Promedio de humedad relativa comprendido del año de 1993 al año 2002. Observatorio meteorológico sección Oaxaca de la gerencia regional Pacífico Sur de la Comisión Nacional del Agua.



2.3.2 TEMPERATURA MÁXIMA, MEDIA Y MÍNIMA

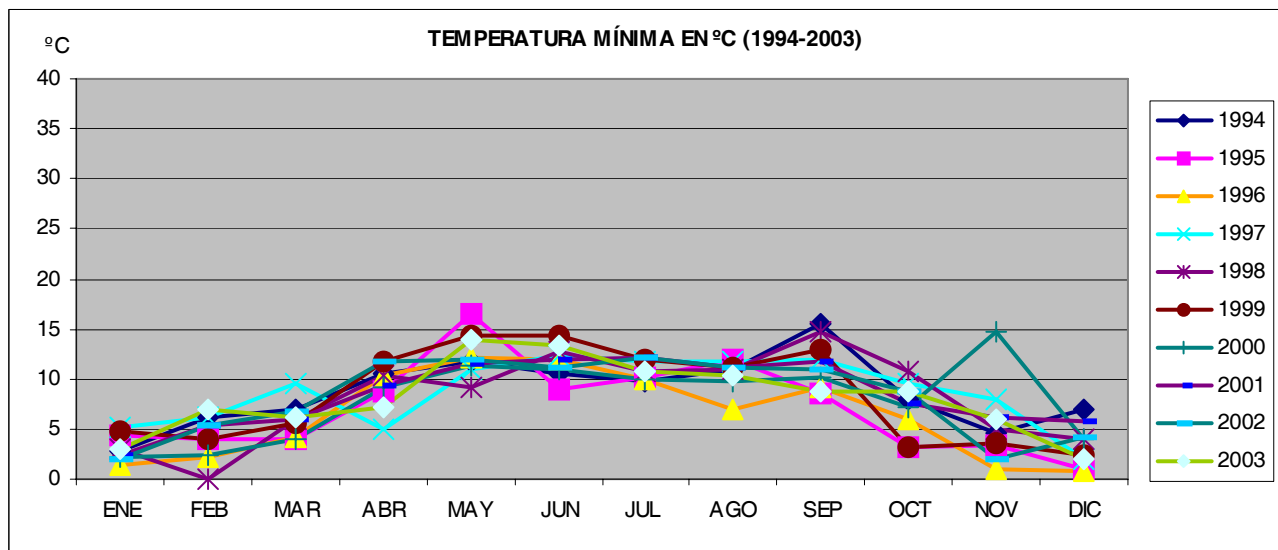
Se determina que los meses que se percibe una temperatura alta son los meses de Marzo, Abril y Mayo en un período obtenido de 1994 a 2003, lo cual se observa en la gráfica 4:



Gráfica 4: Promedio de temperatura máxima y mínima en °C. comprendido del año de 1994 al año 2003. Observatorio metereológico sección Oaxaca de la gerencia regional Pacífico Sur de la Comisión Nacional del Agua.

Así también se observa que las temperaturas en las que se percibe una menor temperatura son los meses de Diciembre, Enero y Febrero, lo cual se observa en la gráfica 5 correspondiente a temperaturas mínimas comprendidas del año de 1994 al año 2003.

Gráfica 5. Temperaturas mínimas

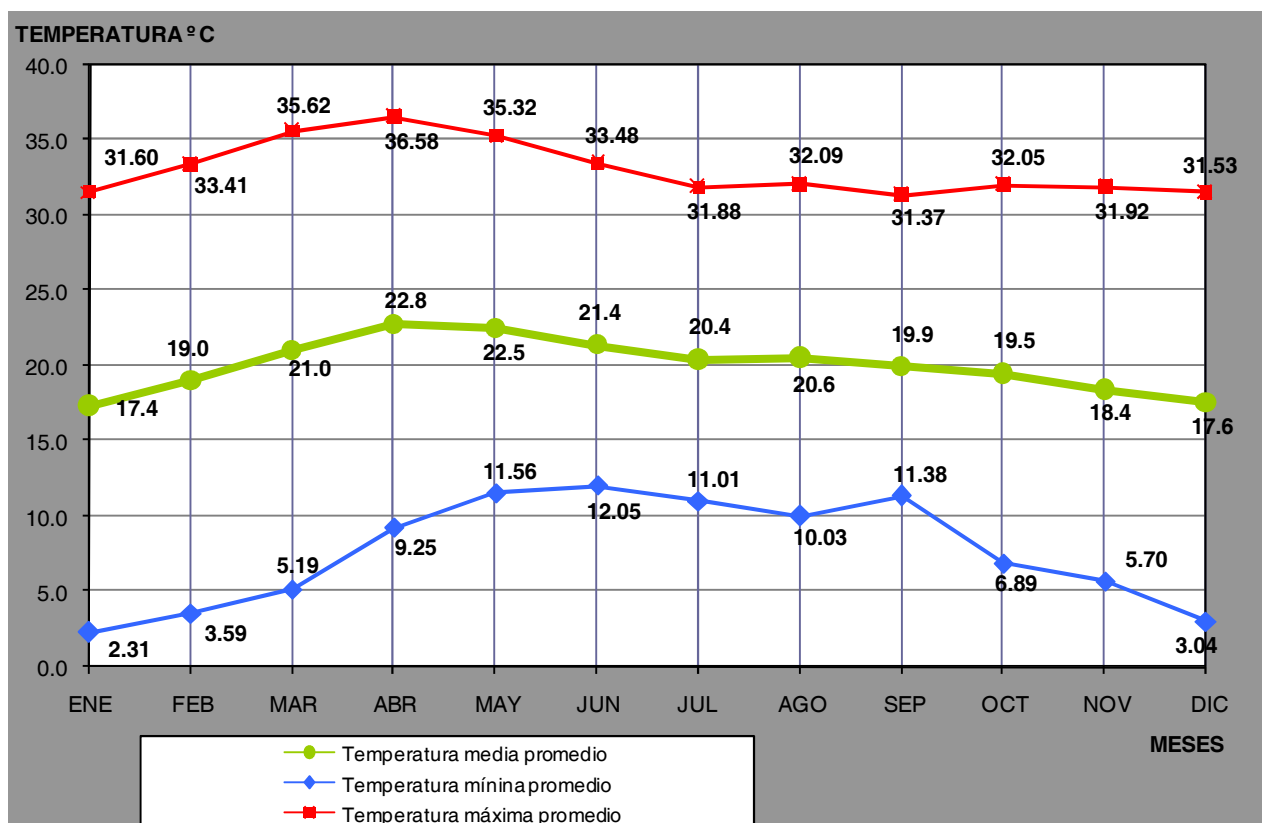


2.3.3 TEMPERATURA PROMEDIO

Se define que los meses de Abril y Mayo son los más cálidos del año, en tanto Diciembre y Enero son los meses más fríos, tomando como referencia los promedios de temperaturas mínimas, medias y máximas del año de 1994 al 2003.

El comportamiento de temperaturas promedio mínimas, medias y máximas se observa de una forma homogénea, teniendo una oscilación térmica de 30 a 35°C durante el transcurso del año.

En la gráfica 6 se observa que la máxima temperatura promedio registrada fue de 36.68°C registrada en el mes de **Abril** y la mínima registrada promedio fue de 2.31 °C registrada en el mes de **Enero**.



Gráfica 6: Promedio de temperatura media mensual comprendido del año de 1981 al 2002. Observatorio meteorológico sección Oaxaca de la gerencia regional Pacífico Sur de la Comisión Nacional del Agua.

¹⁶ Rodríguez Viqueira Manuel, Figueroa Castrejón Aníbal, Fuentes Freixanet Víctor "INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA" Limusa Noriega Editores, 2001

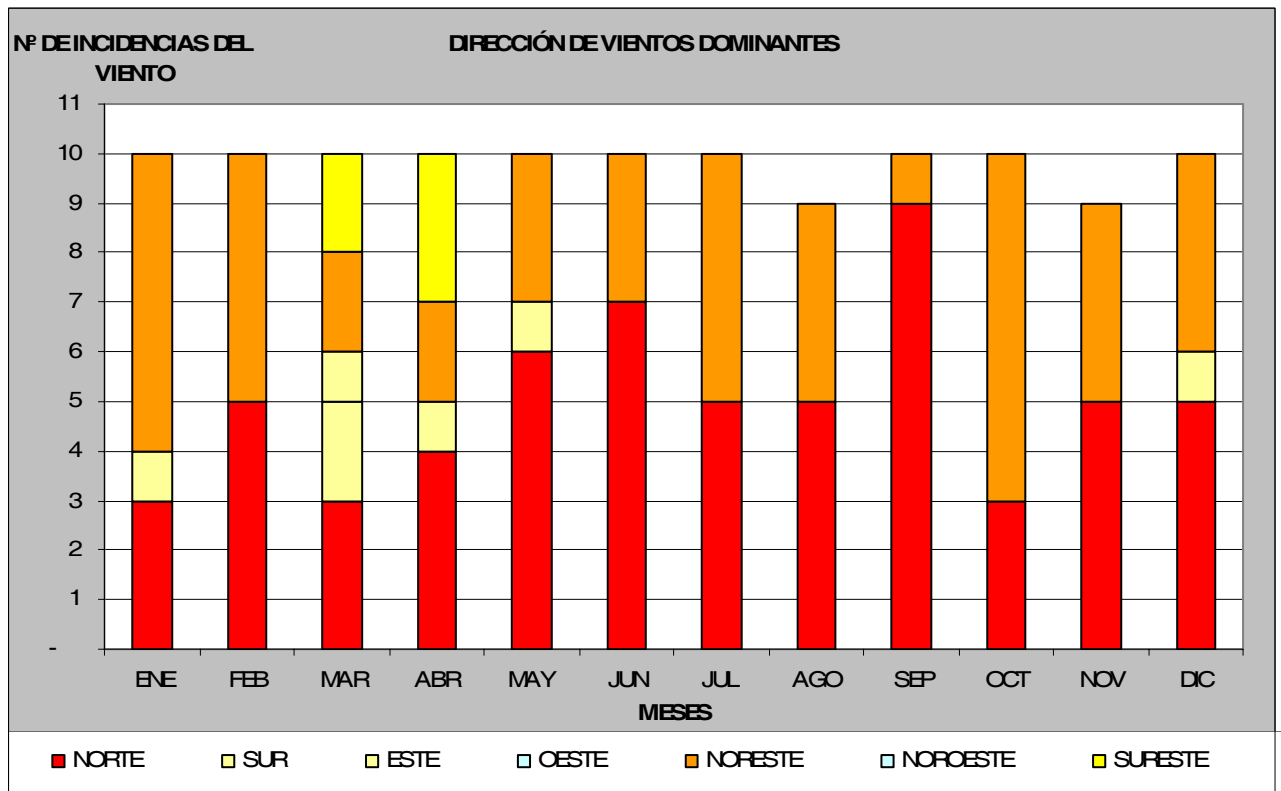
El viento es un elemento natural fundamental para proporcionar y renovar aire fresco al interior de un edificio, es por ello importante definir su dirección y velocidad para poder así aprovecharlo.

*Si bien es cierto que la renovación de aire es de vital importancia para la salud, en términos de confort, los simples cambios de aire no ayudan en casi nada. El confort se logra cuando el flujo de aire incide sobre el cuerpo (piel) de los usuarios. El análisis y manejo apropiado de las formas espaciales y aberturas de un edificio pueden controlar en su favor los flujos externos de aire así como la ventilación interior inducida (sobre la zona habitable).*¹⁶

Gráfica 7: Dirección del viento comprendido del año de 1993 al 2002 por mes. Observatorio meteorológico sección Oaxaca de la gerencia regional Pacífico Sur de la Comisión Nacional del Agua

La gráfica 7 indica la dirección del viento en el período comprendido del año de 1993 al 2002 en la Cd. de Oaxaca, determina que el viento proveniente del norte es el que mayor número de incidencias tiene durante la mayor parte del año, seguido de la dirección noreste, sureste y este respectivamente.

2.3.4. VIENTO



2.4 CONFORT TÉRMICO

La idea de confort es la sensación de bienestar del ser humano, y se relaciona con el equilibrio térmico que debe existir entre las ganancias de calor, debido al metabolismo del cuerpo, y las pérdidas de calor cedidas del mismo al medio ambiente por efecto de las actividades del individuo.

Se han realizado numerosos estudios relacionados con el confort térmico, uno de los primeros en identificar el confort térmico fue Olgay a través de la carta bioclimática teniendo como referencias la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa.

El uso de la carta es aplicable solamente a los habitantes de la zona templada de Estados Unidos usando la ropa acostumbrada, realizando un trabajo sedentario o ligero, a no más de 1000 pies sobre el nivel del mar. Si aplicamos la carta a otras regiones de próximamente 40° de latitud, el perímetro más bajo de la zona de confort debe ser elevado $\frac{3}{4}$ de °F por cada 5° de latitud más baja. El perímetro superior debe ser elevado proporcionalmente, pero no sobre 29.5°C.¹⁷

La zona de confort se establece calculando la temperatura de neutralidad (Tn) de Auiliciems, expresada de la siguiente forma: $Tn = 17.6 + 0.31 (T_{amb})$ en °C donde T_{amb} es la temperatura media mensual ambiente.

Para determinar la zona de confort se realizaron 2 gráficas correspondientes al mes más frío (Enero) y cálido (Abril) respectivamente por lo que fue necesario recurrir a los datos climatológicos de temperatura y humedad relativa para obtener esta zona de confort.

Una vez analizados los datos se procede a analizar un día tipo de los meses más cálidos y fríos respectivamente, para obtener la temperatura y humedad horaria, para determinar la hora en que no se requiere climatización electromecánica, es decir, cuando la persona se encuentra en confort.

A partir de los estudios presentados por Olgay surgieron numerosos estudios entre los cuales podemos mencionar a Arens, Szokolay, Givoni entre otros.

¹⁷ Notas de la materia "Diseño bioclimático" impartida por el Dr. David Morillón Gálvez del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2006

Gráfica 8: Determinación de la zona de confort mediante el diagrama de confort bioclimático de Olgay (modificado por Szokolay) adaptado a las condiciones de la Ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca en el mes de Enero que es uno de los meses más fríos en el año.

Los puntos resaltados indican el comportamiento ante la temperatura y la humedad durante las 24 horas de un día tipo, se establece que las horas en las que una persona se encuentra en confort es entre 10 y 11 a.m. y entre las 18 y 19 horas.

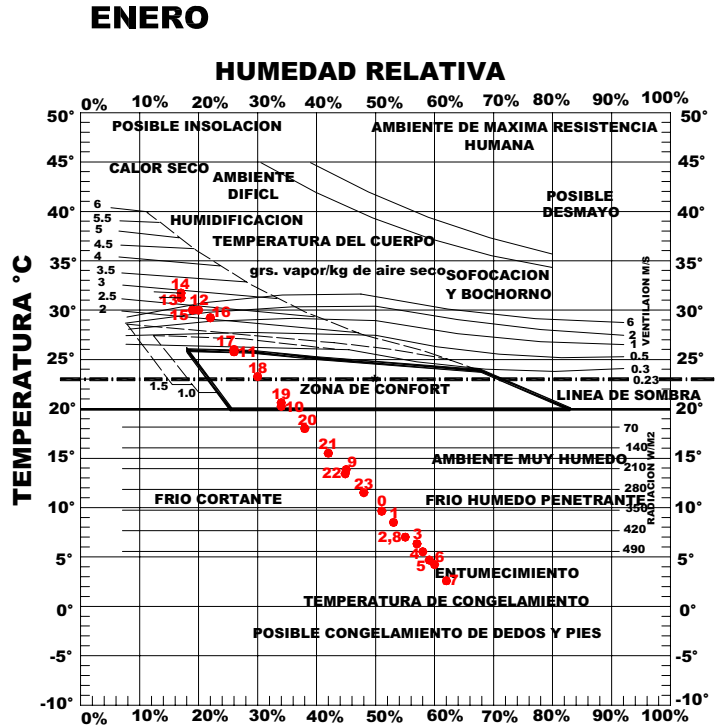


Diagrama de confort bioclimatico en edificaciones (de Olgay, modificado por Szokolay), adaptado para las condiciones climaticas de Oaxaca, Oaxaca

ABRIL

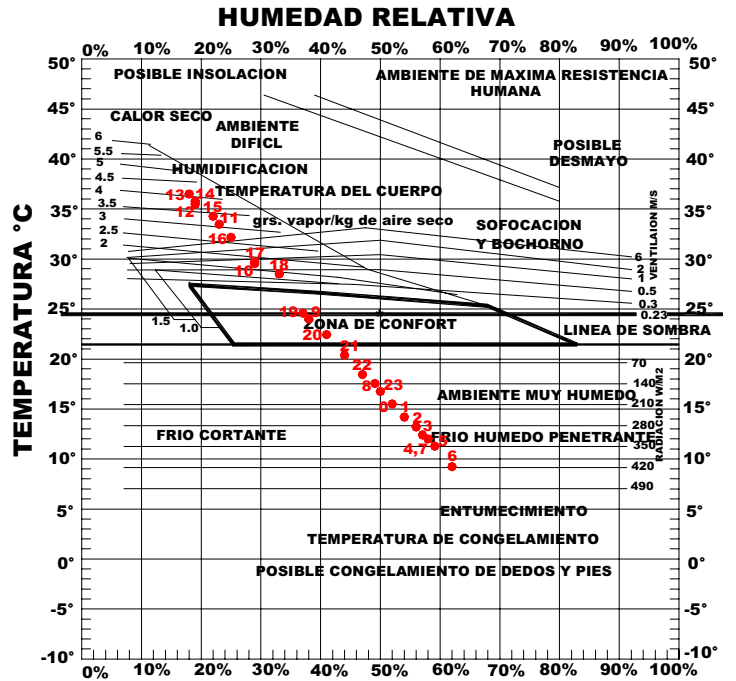


Diagrama de confort bioclimatico en edificaciones (de Olgay, modificado por Szokolay), adaptado para las condiciones climaticas de Oaxaca, Oaxaca

Gráfica 9: Determinación de la zona de confort mediante el diagrama de confort bioclimático de Olgay (modificado por Szokolay) adaptado a las condiciones de la Ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca en el mes de Abril que es uno de los meses más cálidos en el año.

Los puntos resaltados indican el comportamiento ante la temperatura y la humedad durante las 24 horas de un día tipo, se establece que las horas en las que una persona se encuentra en confort es a las 9:00 a.m. y entre las 19 y 20 horas.

Gráfica 10: Determinación de la zona de confort mediante el diagrama de confort bioclimático de B. Givoni adaptado a las condiciones de la Ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca en el mes de Enero.

Los puntos resaltados indican el comportamiento ante la temperatura y la humedad durante las 24 horas de un día tipo, se establece que las horas en las que una persona se encuentra en confort es entre 10 y 11 a.m. y entre las 17 y 19 horas.

Givoni también establece una carta que, permite definir las estrategias de climatización para realizar un proyecto arquitectónico. Se muestra la gráfica N° 10 para el mes de Enero y Abril que son, respectivamente, el mes más frío y más cálido.

ENERO

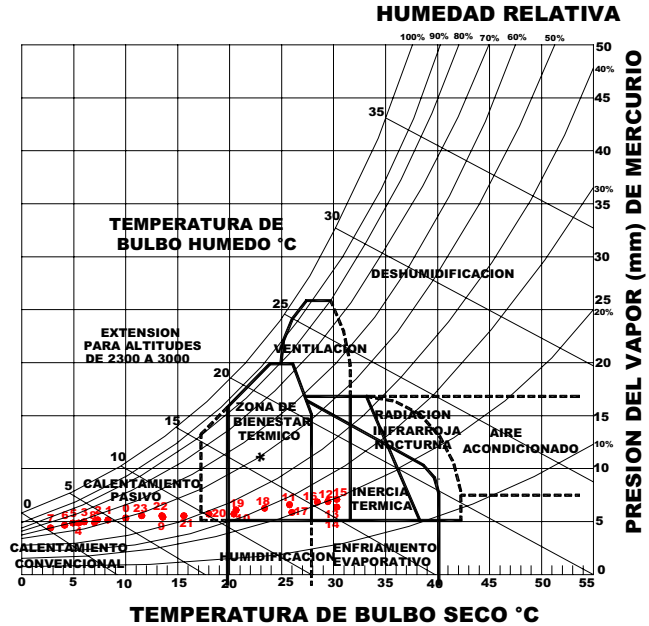


Diagrama de confort bioclimatico en edificaciones (de B. Givoni), adaptado para las condiciones climaticas de Oaxaca, Oaxaca

Gráfica 11: Determinación de la zona de confort mediante el diagrama de confort bioclimático de B. Givoni adaptado a las condiciones de la Ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca en el mes de Abril.

Los puntos resaltados indican el comportamiento ante la temperatura y la humedad, durante las 24 horas de un día tipo, se establece que las horas en las que una persona se encuentra en confort es a las 9.00 a.m. y entre las 18 y 20 horas.

ABRIL

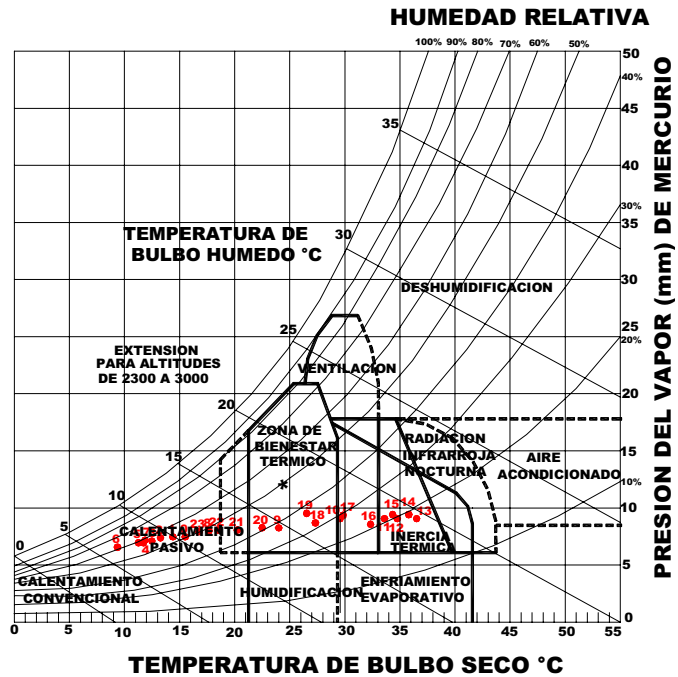
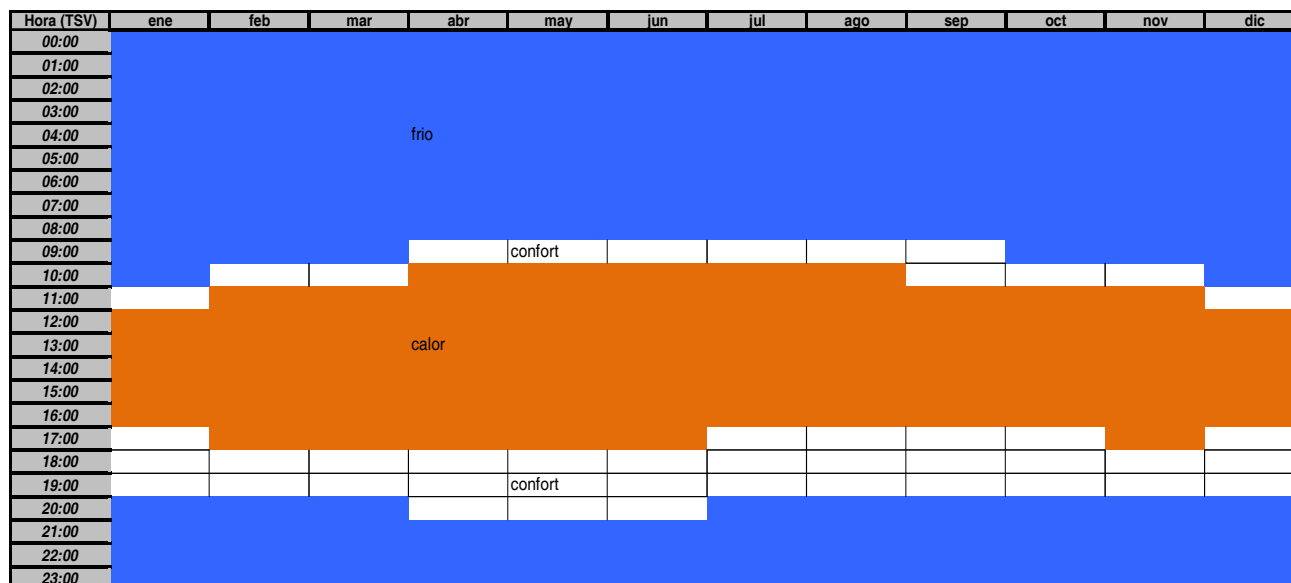


Diagrama de confort bioclimatico en edificaciones (de B. Givoni), adaptado para las condiciones climaticas de Oaxaca, Oaxaca

Gráfica 12 Tabla de isorequerimientos para la ciudad de Oaxaca de Juárez, Oax.

La gráfica 12 de isorequerimientos se determina la sensación de frío, calor o de confort en un rango de los meses del año relacionado con la hora local.



Esta gráfica nos indica que en el mes de Enero se tiene una sensación de calor entre las 12.00 y las 16.00 horas teniendo una sensación de bienestar o confort a las 11.00 a.m. y entre las 17.00 y las 19.00 horas.

Se observa también que en el mes de Mayo los habitantes de la ciudad de Oaxaca perciben calor entre las 10.00 y las 17.00 horas.

2.5 CONCLUSIONES

En este capítulo se define que los meses de Abril y Mayo son los más cálidos del año y Diciembre y Enero son los meses más fríos tomando como referencia los promedios de temperaturas mínimas, medias y máximas del año de 1994 al 2003.

Así también se determina que los habitantes de la ciudad de Oaxaca tienen una sensación de confort térmico entre las 10 y 11 de la mañana para el mes de Enero y en el mes de Mayo tiene una sensación de bienestar entre las 9 y 10 a.m. y entre las 18 y 20 horas. En dado caso de que las condiciones de clima cambien generaría una sensación de calor más amplia en la mayor parte del día en los meses cálidos por lo que es necesario conocer si los edificios que se construyen son térmicamente confortables.

CAPITULO 3

CONDUCTIVIDAD

TÉRMICA DE LOS

MATERIALES POROSOS

3.1 GENERALIDADES

En relación al confort térmico podemos determinar que es necesario realizar un análisis cuidadoso del diseño arquitectónico y los materiales constructivos, a fin de nivelar las cargas térmicas al interior de un edificio, para que los usuarios del área habitable perciban bienestar o confort, esto con el fin de disminuir la utilización de equipos de aire acondicionado que consumen energía, además de que son equipos que necesitan un mantenimiento continuo.

Es necesario conocer cómo se comporta un edificio desde el punto de vista térmico, analizando cada una de las cargas térmicas que inciden en el mismo, así como las ganancias térmicas que se generan por el mismo uso del edificio, ya que no es lo mismo diseñar una casa habitación en la que se realizan actividades que no generan tanto calor como un gimnasio, en el que, se genera calor por los mismos usuarios.

A su vez, cuando diseñamos un proyecto arquitectónico, consideramos a los materiales que intervienen en el diseño desde diferentes puntos de vista, costo-beneficio, disponibilidad, tiempos de entrega, propiedades físicas, estructurales, etc. Pero pocas veces consideramos sus propiedades térmicas para determinar si es un buen aislante o no. En algunos casos, como en el diseño de cámaras de refrigeración, consideramos en el diseño arquitectónico, materiales con muy bajo coeficiente de conductividad térmica, pero generalmente no analizamos otras propiedades físicas del material, que generará en que los equipos de refrigeración no consuman energía en sus procesos.

Es por ello que en este capítulo explico lo referente a las cargas térmicas, propiedades térmicas de los materiales, entre otros aspectos.

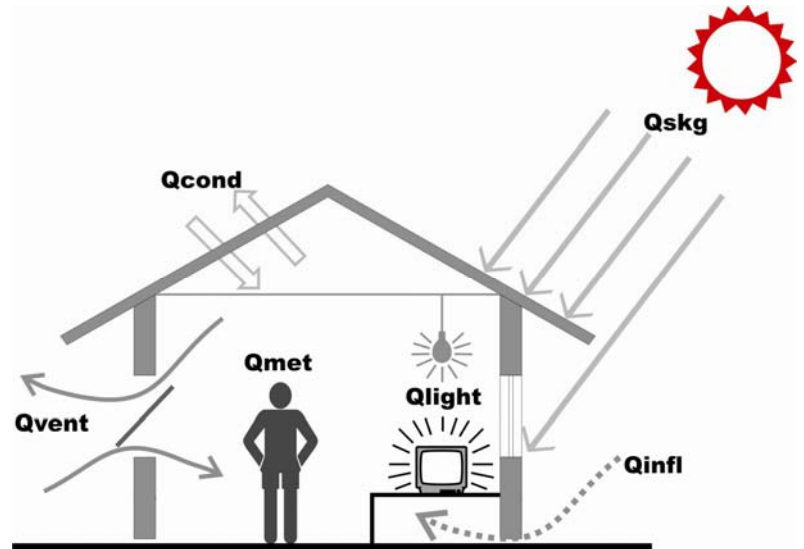
3.2 BALANCE TÉRMICO EN LA CONSTRUCCIÓN

El balance térmico de los edificios, es un análisis de las cargas térmicas que influyen de manera directa e indirecta en un determinado edificio influido por las características climáticas de una región, estableciendo un intercambio de energías incorporadas en un edificio y la del medio ambiente de forma

natural, con la finalidad de lograr confort térmico a los ocupantes del mismo, a esto también se le conoce como sistemas pasivos de climatización. Los sistemas pasivos están generalmente integrados al diseño arquitectónico por lo que está determinado por los materiales y las características espaciales del área habitable.

En la imagen podemos observar el intercambio de cargas térmicas que inciden en un edificio.

Imagen 8: Cargas térmicas de la envolvente arquitectónica que determinan el grado de confort al interior de los espacios arquitectónicos



Cargas térmicas:

Por conducción **Qcond**

Por radiación solar directa **Qskg**

Por ventilación **Qvent**

Por personas **Qmet**

Por aparatos eléctricos **Qlight**

Por infiltración **Qinfl**

Como podemos observar la envolvente arquitectónica determina los flujos de calor al interior del mismo, es por ello, la importancia de conocer las propiedades físicas de los materiales con la finalidad de realizar un proyecto arquitectónico adecuado al sitio, en relación al confort térmico de sus habitantes.

3.3 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MATERIALES

Los materiales usados en la industria de la construcción están determinados por sus características físicas para un uso específico. Como había mencionado al inicio de este capítulo, estas propiedades son estructurales, como su peso y resistencia; económicas, de disponibilidad, características estéticas, de dimensionamiento, facilidad de colocación, mano de obra calificada en su instalación, entre otros aspectos.

En el análisis térmico de los edificios es imprescindible conocer el coeficiente de conductividad térmica, pero también otras consideraciones como su calor específico, densidad, espesor.

Las primeras propiedades que deben analizarse en un cálculo térmico son las propiedades ópticas, porque uno de los primeros procesos de transferencia de energía se da por la radiación solar que incide sobre los materiales y dependiendo de las características del material, esta radiación puede ser absorbida, reflejada o transmitida.

*La transmitancia (τ), la reflectancia (ρ) y la absorptancia (α) se definen como el porcentaje de radiación solar que transmite, refleja o absorbe un material respectivamente.*¹⁸

Es necesario considerar que todos los elementos constructivos de una envolvente arquitectónica generan calor al interior del espacio en mayor o menor medida, como el piso, el techo, las paredes, los acristalamientos, entre otros. Es por ello que todos los materiales tienen la propiedad de absorber o retener calor.

La envolvente arquitectónica recibe la radiación solar en el transcurso del día, transmite una porción de esta radiación al interior del mismo por conducción y dependiendo de las características del material como su espesor, porosidad, reflectancia, conductividad térmica generará sensaciones de confort o calor en el espacio arquitectónico. Es decir, la envolvente arquitectónica se convertirá en un elemento que guardará energía calorífica para retenerlo y posteriormente liberarlo cuando ya no hay radiación solar, es decir, por las noches. A esto se le conoce como retraso térmico.

¹⁸ Rojas José Alberto "OBTENCIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS, TÉRMICAS Y FÍSICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN", Instituto de Investigación de Materiales, Laboratorio de Energía Solar UNAM

¹⁹ González Cruz Eduardo M., Rojas Kovach Axa V., Bravo Morales Gaudy C., "DESEMPEÑO TÉRMICO DE LA VBP-1: TEMPERATURAS CARACTERÍSTICAS, FACTOR DECREMENTAL Y RETRASO TÉRMICO. Universidad de Zulia, Venezuela, 30 Semana de Energía Solar, México D.F., 2006.

²⁰ Rojas José Alberto "OBTENCIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS, TÉRMICAS Y FÍSICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN", Instituto de Investigación de Materiales, Laboratorio de Energía Solar UNAM

*El retraso térmico (ϕ) representa el intervalo de tiempo entre los momentos en que se alcanzan las temperaturas máximas y mínimas exteriores y las máximas y mínimas interiores.*¹⁹ Que inciden en un espacio arquitectónico.

Este retraso térmico está determinado por la densidad y calor específico de los materiales, que ocasiona la propiedad de absorber y almacenar el calor.

*La densidad se define como la propiedad que relaciona el volumen y la masa de los cuerpos y se mide frecuentemente para conocer las propiedades y composiciones de los materiales. Por otro lado se llama calor específico a la cantidad de calor requerido para elevar un grado la temperatura de una masa de cualquier material, en relación con la cantidad de calor requerido para elevar un grado la temperatura de una masa igual de agua.*²⁰

Para determinar la capacidad del material de almacenar calor, es decir, su capacitancia térmica es necesario multiplicar el área del material, por su espesor, densidad y calor específico. A mayor capacitancia térmica, mayor retraso térmico.

Otra propiedad de los materiales es el coeficiente de conductividad térmica.

3.4 COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD

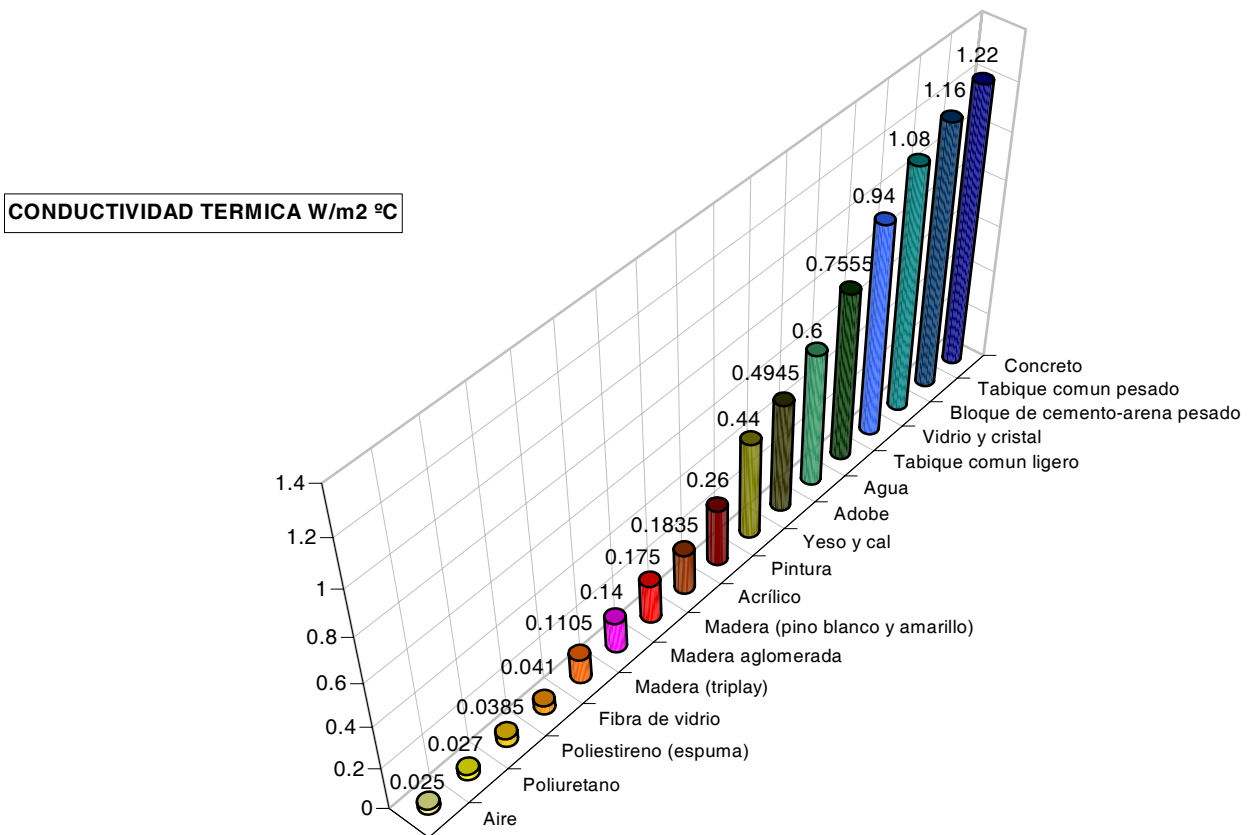
Es la capacidad del material de conducir el flujo calórico, independientemente del espesor y de la situación constructiva del mismo. Su unidad es: "W/m² °C", y cuanto menor es el valor numérico, mucho mejor es el efecto aislante.

Esta conductividad térmica está influenciada por la velocidad en que transmite el calor, lo cual define si es un buen o mal conductor de calor.

Se define también que los materiales que tienen una densidad alta, tienen una conductividad térmica alta, pero los materiales ligeros son porosos, por lo que tienen huecos en su interior que permiten el paso del aire, que es el elemento que tiene menor coeficiente de conductividad térmica

La hipótesis planteada define si los materiales porosos secos son buenos aislantes térmicos por lo que es necesario verificar las propiedades térmicas incluyendo su coeficiente de conductividad térmica.

En la gráfica obtenida de la tesis de *Obtención de Propiedades Ópticas, térmicas y físicas de algunos materiales de construcción*,²⁰ observamos diferentes materiales y su conductividad térmica en unidades de watts/metro cuadrado x °C.



Gráfica 13 Tabla comparativa de conductividad térmica de algunos materiales utilizados en la industria de la construcción.

Como se observa en la gráfica, el material o elemento que tiene un menor coeficiente de conductividad térmica es el aire, seguido de materiales como el poliuretano y el poliestireno. Es necesario considerar que no hay materiales aislantes mejores o peores sino es en su utilización y aplicación donde podemos tener un beneficio en el sentido de confort térmico. Es por ello que al diseñar un espacio arquitectónico es necesario determinar el material adecuado térmicamente, para un óptimo desempeño de transferencias térmicas al interior del mismo. Por lo que en el siguiente capítulo analizaré un edificio característico del siglo XVIII con la finalidad de determinar si los ocupantes del mismo tienen una sensación de confort al interior del espacio arquitectónico.

CAPITULO 4.

CASO DE ESTUDIO: CASA DE LA CIUDAD, OAXACA DE JUÁREZ, OAX.

²¹ ACEVES Martínez Dora Cecilia, Frase tomada de la plática ofrecida a alumnos de la licenciatura en arquitectura, Facultad de arquitectura 5 de mayo, UABJO, 8 de septiembre 2004, Oaxaca

4.1 CASA DE LA CIUDAD

Ubicada en la calle Porfirio Díaz N° 115 esquina con la Avenida Morelos, es una construcción de dos pisos cuyos usos han sido diversos.

Edificio que era parte de los anexos de la iglesia de San Felipe Neri y era la casa de la congregación de la orden de los filipenses.

Entre 1660 y 1680 nace el oratorio de Antequera de Oaxaca, en 1733 en terrenos donados por el obispo Ángel Maldonado se fabrica la iglesia y la obra de la casa de ejercicios y anexos, debido a que fueron paralizados varios años, es hasta 1842 aproximadamente, cuando se termina la construcción de los anexos al templo como esta casa de la congregación.²¹

A partir de entonces el edificio ha sido hotel, fábrica de velas, albergó al Instituto de Ciencias y Artes del Estado, la escuela normal para profesores, papelería, escuela primaria y secundaria, librería, entre otros usos.



Imagen 9: Casa de la ciudad, Oaxaca de Juárez, Oax.
Reproducción realizada con fines didácticos

Hoy en día después de haber sido restaurada y rehabilitada por el municipio de la ciudad, el edificio alberga “la casa de la ciudad”, lugar donde se encuentra instalada la biblioteca de 40 mil volúmenes aproximadamente que donó el maestro Andrés Henestrosa, así como un espacio de consulta con el acervo bibliográfico del investigador de arte popular Francisco Javier Hernández.



Imagen 10: Casa de la ciudad, Oaxaca de Juárez, Oax. Reproducción realizada con fines didácticos

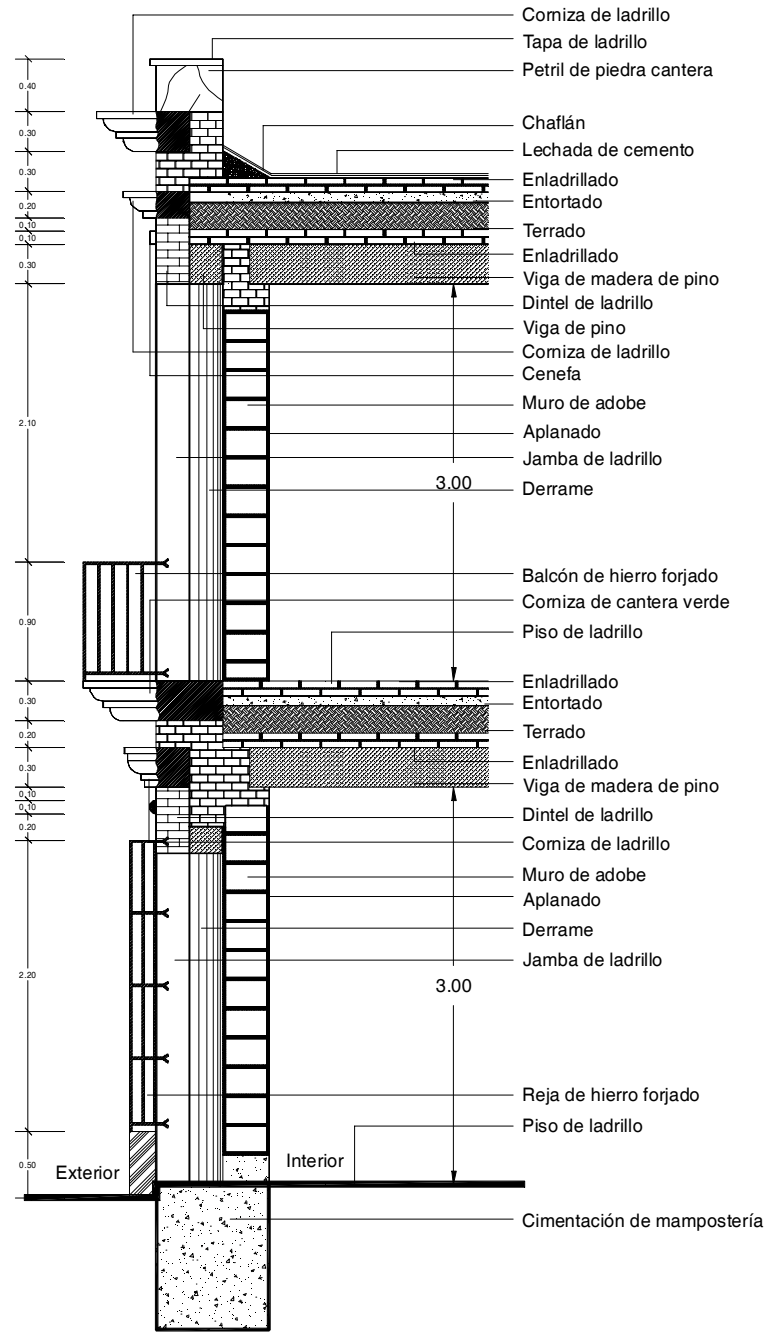


Imagen 11: Casa de la ciudad, Oaxaca de Juárez, Oax. Reproducción realizada con fines didácticos

La belleza del edificio radica en su patio interior que es un espacio contenido en 4 pasillos característicos del siglo XVIII, rodeado de columnas de cantera verde, éste espacio brindaba confort a los habitantes porque les proporcionaba sombra durante las épocas más cálidas del año.

4.2 DETALLES CONSTRUCTIVOS

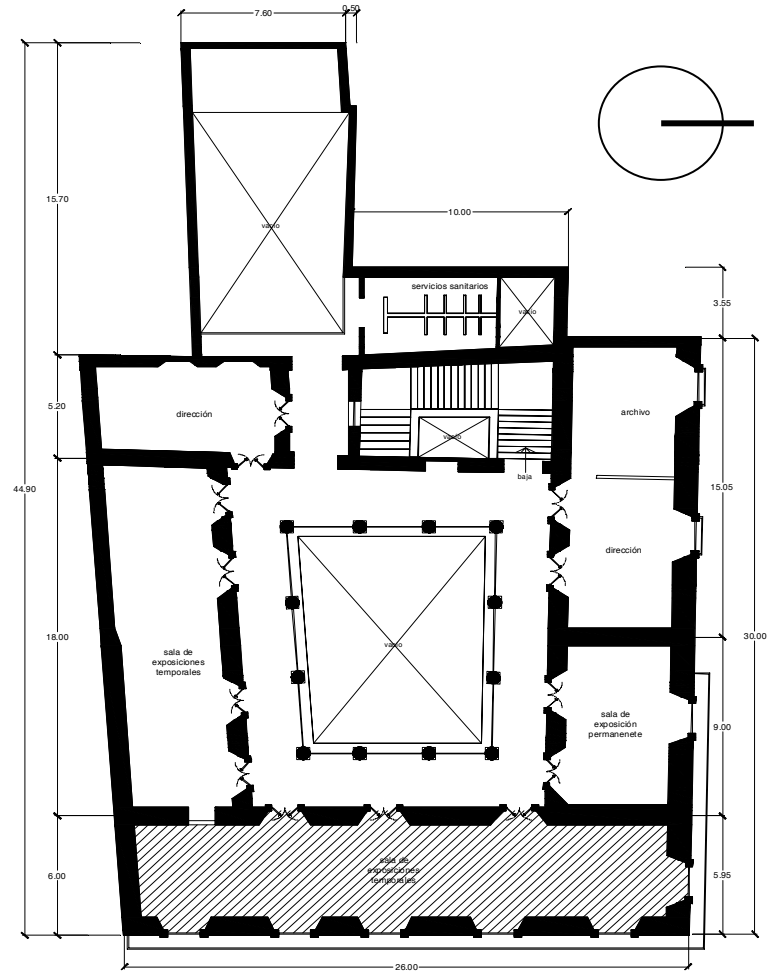
El sistema constructivo que utiliza la casa consiste en **muros de adobe** de 0.90 m de espesor. El entrepiso y la azotea consisten, como podemos ver en la ilustración, en capas de elementos que daban soporte a la estructura, principalmente de materiales porosos tales como 2 capas de ladrillo, el terrado de tepetate de 50 cm. de espesor, vigas de madera, que le conferían un aspecto característico y propio de la región.



Corte por fachada del edificio



Imagen 12: Vista interior de la Casa de la ciudad,
 Oaxaca de Juárez, Oax. Reproducción realizada con
 fines didácticos



2º Nivel del edificio

El edificio consta de 2 niveles, teniendo colindancias con otros edificios en el lado sur y poniente, por lo tanto se determinó que el espacio destinado para realizar el análisis térmico es el que se encuentra resaltado en la ilustración, el cual está ubicado en la planta alta del edificio ya que al estar emplazado al oriente recibe la mayor parte de incidencia solar, ya sea por la misma fachada oriente o por la azotea, principalmente en las mañanas y a media tarde entre las 7:00 a.m. y 3:00 p.m., por lo que se procedió a colocar equipos de monitoreo con la finalidad de conocer el comportamiento térmico del edificio en los meses más fríos del año en la ciudad de Oaxaca, que son Diciembre y Enero y en los meses más cálidos de Abril y Mayo.



Imagen 13: HOBO® Interior U12 HOBO® Exterior Pro v2. Reproducción realizada con fines didácticos



Imagen 14: HOBO® Exterior colocado en la fachada norte. Reproducción realizada con fines didácticos



Imagen 15: En el círculo se observa el HOBO Interior colocado en el edificio. Reproducción realizada con fines didácticos

4.3 MONITOREO DEL EDIFICIO

4.3.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

Se utilizaron 2 equipos para el monitoreo de temperatura y humedad, uno con características de monitoreo interior y otro exterior de la marca HOBO ® (imagen 13).

HOBO U12 Temp/RH/Light

Es un equipo de monitoreo interior de temperatura, humedad relativa e intensidad lumínica con las siguientes características.

Rango de medición de temperaturas: **-20°C a 70°C**

Precisión **± 0.35°C de 0°C a 50°C**

Rango de medición de humedad relativa **5% a 95% RH**

Precisión **± 2.5% de HR de 10 al 90%**

Rango de medición **1 a 3000 piecandelas (lumens/pie2)**

de intensidad lumínica

HOBO Pro V2 Temp/RH Data Logger

Es un equipo de monitoreo exterior de temperatura y humedad relativa, resistente al agua con las siguientes características.

Rango de medición de temperaturas: **-40°C a 70°C**

Precisión **± 0.18°C de 0°C a 25°C**

Rango de medición de humedad relativa **0% a 100% RH**

Precisión **± 2.5% de HR de 10 al 90%**

4.3.2 PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN DE EQUIPOS

El HOBO ® interior se colocó a una altura de 3.00 m fijado con tornillos a uno de los muros de adobe, monitoreando temperatura, humedad relativa e intensidad lumínica (imagen 15). El propósito de colocar el equipo a esta altura fue con la finalidad de que permitiera evaluar el comportamiento térmico en un punto equidistante entre el piso y la cubierta.

El intervalo programado para el registro de temperatura y humedad a cada 10 minutos responde a la necesidad de establecer si existen diferencias significativas en este lapso de tiempo, además de que al graficar a intervalos distantes de tiempo facilita el trabajo al promediar los datos.

El HOBO ® exterior se ubicó de tal forma que no recibiera radiación solar directa, por especificaciones del fabricante, por lo que se colocó en la fachada norte que no recibe incidencia solar directa en la mayor parte del año como podemos observar (imagen 14).

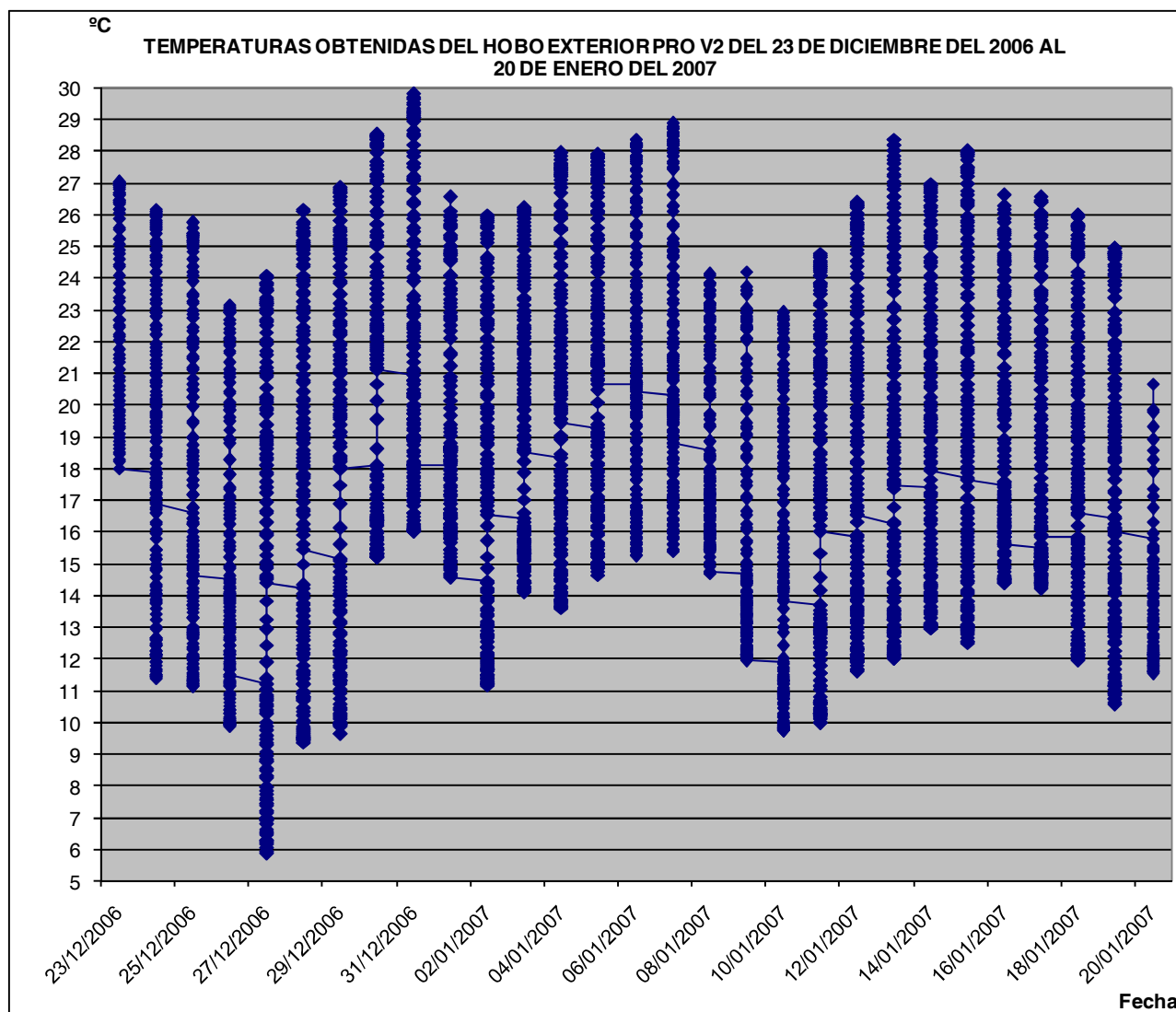
4.4 RESULTADOS INTERVALO DICIEMBRE-ENERO

El objetivo del monitoreo es con la finalidad de determinar las condiciones climáticas exteriores y compararlas con el comportamiento térmico interior, para analizar si los ocupantes del espacio arquitectónico perciben la necesidad de confort al interior del mismo.

El monitoreo comenzó el 23 de Diciembre del 2006 a las 11:12 a.m. terminando el día 20 de Enero del 2007 a las 12:02 p.m.

La medición se realizó a intervalos de 10 minutos, obteniendo datos que nos permiten observar el comportamiento de la temperatura al exterior del edificio en la siguiente gráfica.

Gráfica 14
Monitoreo de temperaturas del 23 de Diciembre del 2006 al 20 de Enero del 2007.

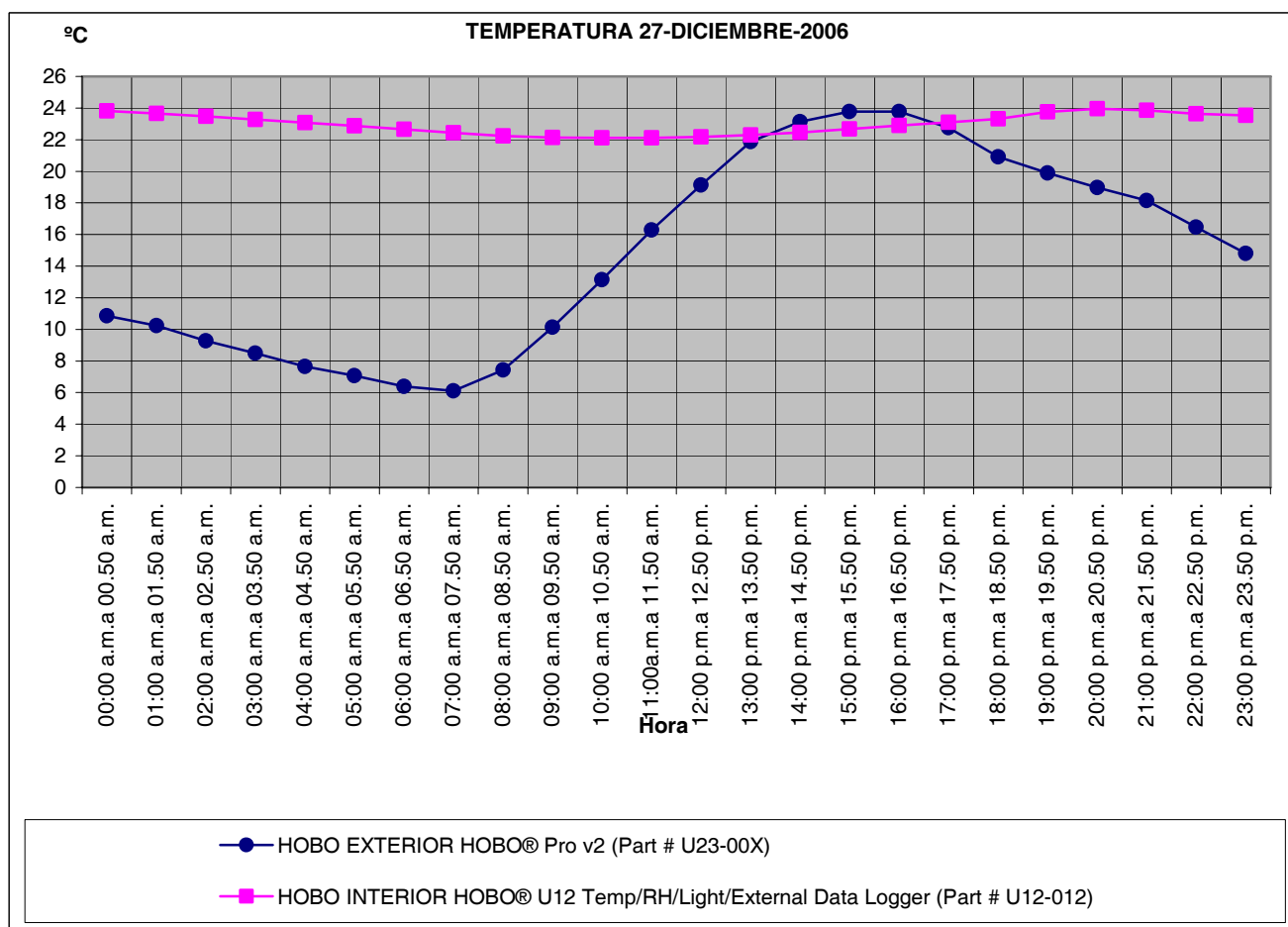


En la gráfica 14 se observa que el día con la temperatura más baja registrada fue el día 27 de diciembre del 2006 a las 7:00 horas, con una temperatura mínima registrada de **5.8 °C**.

En el lapso monitoreado se obtuvo también una temperatura máxima de **29.8 °C**., el día 31 de diciembre del 2006 a las 16:20 horas. Es decir que un lapso de 4 días tenemos una oscilación térmica de **24°C**.

Por lo que se procedió a realizar un análisis térmico del edificio en la fecha 27 de diciembre, analizando los datos arrojados por el HOBO® Interior U12 Temp/RH/Light/External, con la finalidad de observar el comportamiento térmico del edificio ante esta condición específica de temperatura obteniéndose la siguiente gráfica:

Gráfica 15: Comparativa de temperaturas realizadas el día 27 de Diciembre, que es día que se registró menor temperatura en el intervalo del 23 de Diciembre al 20 de Enero.

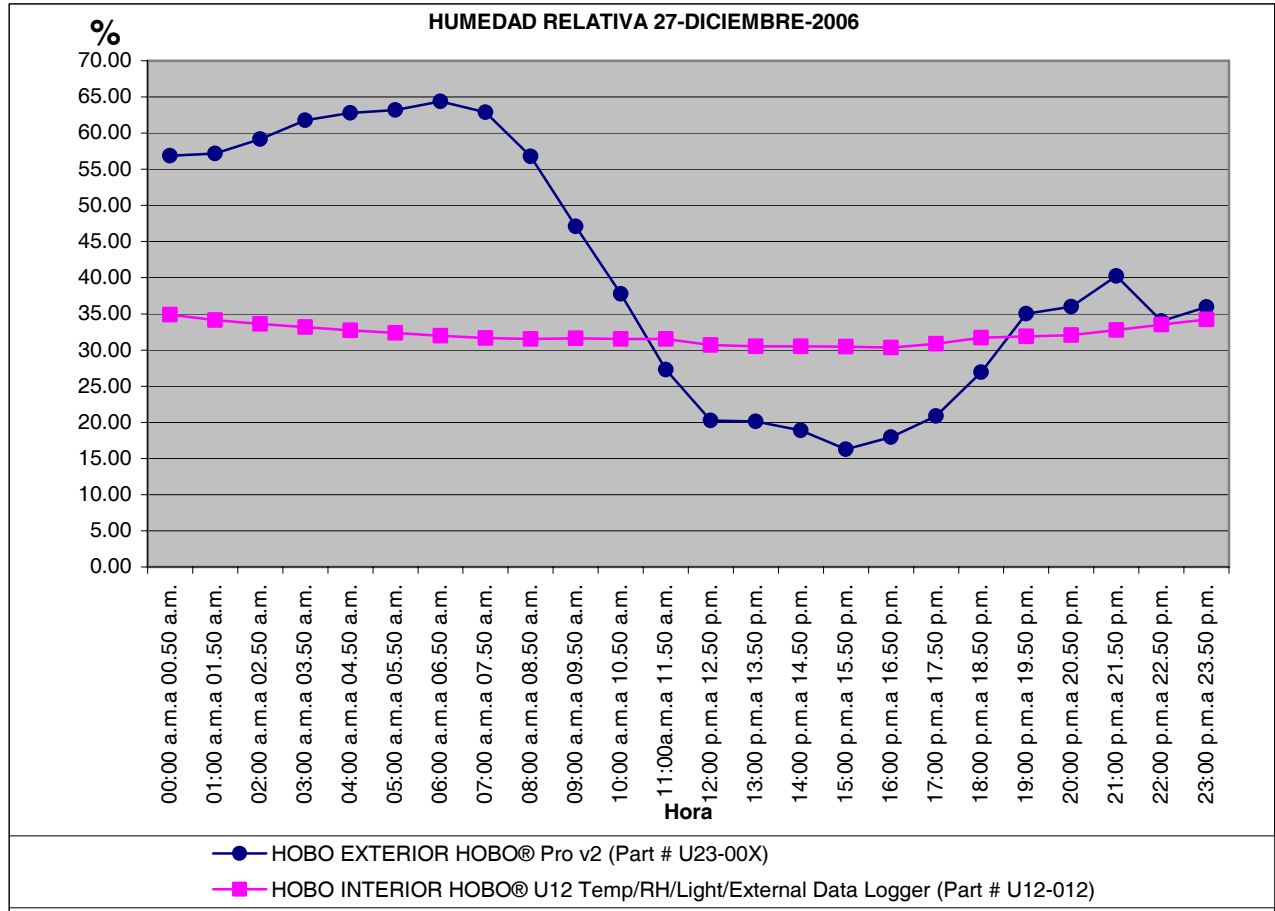


En la gráfica 15 se observa la oscilación térmica del exterior el día 27 de diciembre, en la cual se observan temperaturas desde los 6°C hasta los 24°C, es decir 18°C. , de oscilación térmica.

Gráfica 16: Comparativa de humedad relativa del día 27 de Diciembre, que es el día que se registró menor temperatura en el intervalo del 23 de Diciembre al 20 de Enero.

Pero el monitoreo interno revela que la oscilación térmica al interior del edificio es de 22°C. a 24°C solamente, es decir de solamente de 2°C.

También se observa el comportamiento de la humedad relativa en la siguiente gráfica:



Las condiciones externas oscilan entre el 15 y el 60% de humedad relativa, en tanto que al interior se mantiene homogénea variando de 30 al 35%.

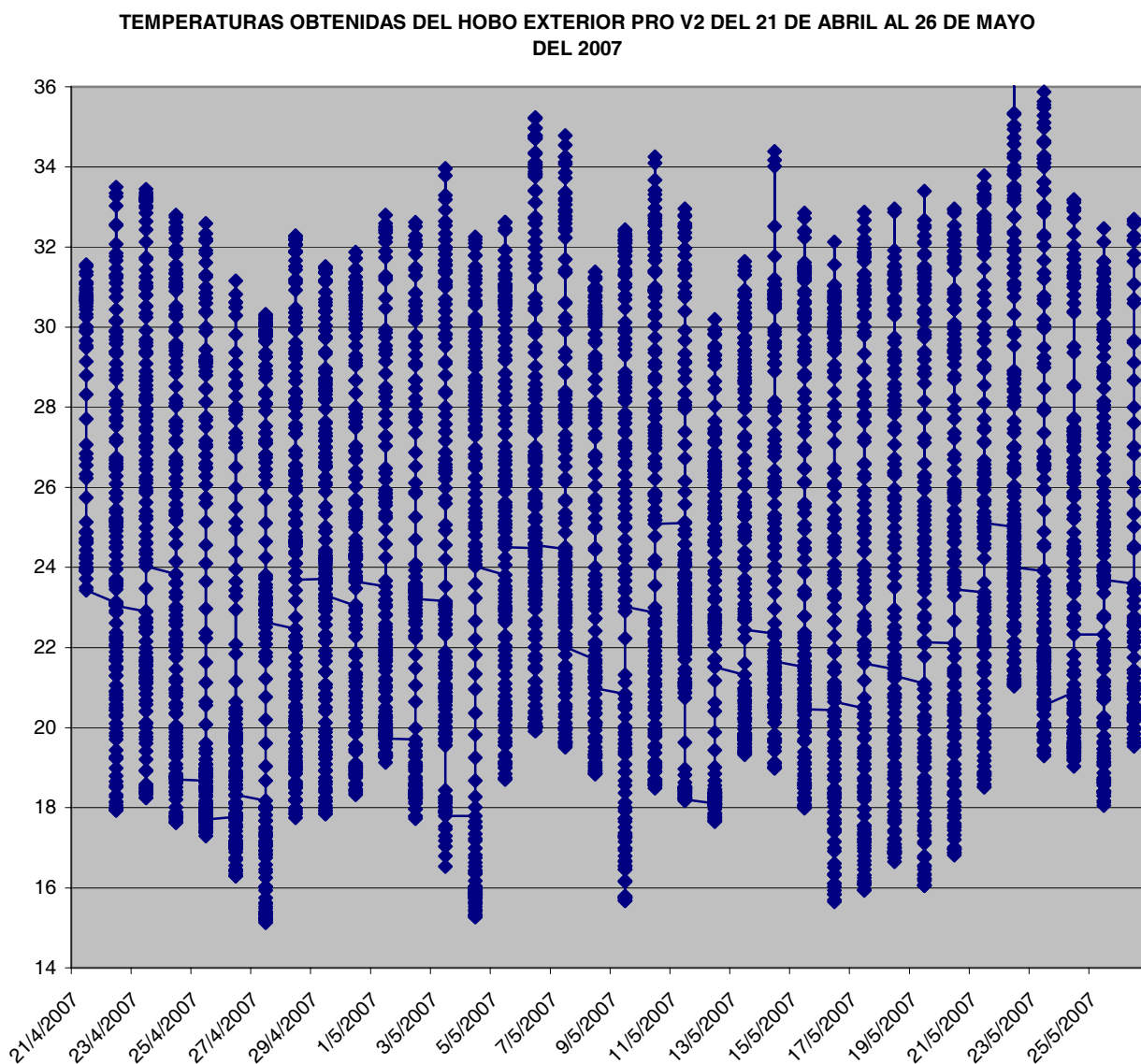
El resultado obtenido está definido por las condiciones internas del espacio arquitectónico, es decir, los flujos de calor obtenidos en el intervalo de tiempo monitoreado y la envolvente arquitectónica, por lo que es necesario realizar un monitoreo en los meses más cálidos de la ciudad para analizar el comportamiento térmico del edificio y la respuesta de los materiales ante estas condicionantes.

4.5 RESULTADOS INTERVALO ABRIL-MAYO

El monitoreo comenzó el 21 de Abril del 2007 a las 1:00 p.m. terminando el día 26 de Mayo del 2007 a las 2:10 p.m.

La medición se realizo a intervalos de 10 minutos obteniendo datos que nos permiten observar el comportamiento de la temperatura al exterior del edificio en la siguiente gráfica.

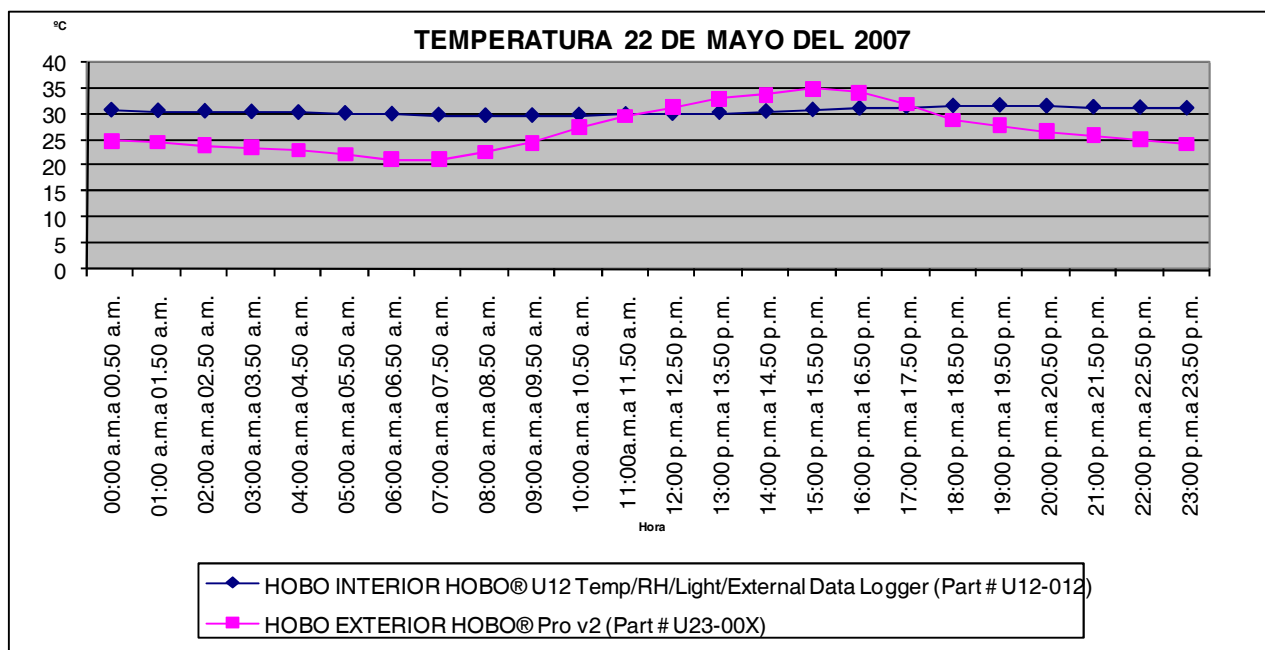
Gráfica 17: Monitoreo de temperaturas del 21 de Abril al 25 de Mayo del 2007.



En la gráfica 17 se observa que el día con la temperatura más baja registrada fue el día 27 de Abril del 2007 a las 7:20 horas con una temperatura mínima registrada de **15.17 °C**.

En el lapso monitoreado se observa una temperatura máxima de **36.01 °C** . el día 22 de Mayo del 2007 a las 15:40 horas.

Por lo que se procedió a realizar un análisis térmico del edificio en la fecha 22 de Mayo porque fue día que se registró la mayor temperatura en el lapso monitoreado, analizando los datos arrojados por el HOBO® Interior U12 Temp/RH/Light/External, con la finalidad de observar el comportamiento térmico del edificio ante esta condición específica de temperatura obteniéndose la siguiente gráfica:



Gráfica 18: Comparativa de temperaturas realizadas el día 22 de Mayo, que es día que se registró mayor temperatura en el intervalo del 21 de Abril al 25 de Mayo.

En la gráfica se observa la oscilación térmica del exterior el día 22 de Mayo, en la cual se observan temperaturas desde los 22°C hasta los 35°C, es decir 17°C. de oscilación térmica.

Pero el monitoreo interno revela que la oscilación térmica al interior del edificio es de 29.85°C. a 31.82°C solamente, es decir de solamente de 2°C.

Esta temperatura indica que estamos fuera del área de confort y es por ello necesario determinar cual es el factor que determina esta temperatura, ya sea el material, o sus propiedades ópticas, por lo que en el siguiente capítulo realizará una simulación térmica con algunos materiales porosos secos, para determinar el factor que incide en el confort de los habitantes de un espacio arquitectónico

4.6 CONCLUSIONES

La finalidad de monitorear las temperaturas interiores es con el objetivo de mostrar el comportamiento térmico del edificio ante las condiciones climáticas exteriores.

Como se observa en el documento el comportamiento térmico del sistema constructivo en general responde con una oscilación térmica muy pequeña de 2°C.

Es importante mencionar que el uso principal de la zona es de un museo y que en el intervalo en el que se realizó el monitoreo en el mes de Enero no tenían exposición museográfica alguna, por lo que no hubo cargas térmicas producidas por personas, equipos y luminarias.

El comportamiento térmico del edificio refleja que las condiciones internas del edificio son homogéneas en relación al exterior. Es decir, que mientras al exterior se manifestaba una oscilación térmica de 18 °C en el intervalo diciembre-enero al interior del espacio arquitectónico había una oscilación de 2°C.

En cambio en el mes de Mayo que es uno de los meses más cálidos se tiene una oscilación térmica de 25 a 35°C al exterior y en el interior del mismo se manifiesta una temperatura de 30 a 31°C. que, aunque es una oscilación térmica menor, se considera que ésta temperatura esta fuera del área de confort y se puede considerar demasiada calurosa.

Esto puede deberse a diversos motivos, uno de los cuales podría ser que se celebraron exposiciones diversas al interior del museo, por lo que hubo una carga térmica producida por las luminarias.

Como había mencionado anteriormente la finalidad del monitoreo al interior del edificio es con el objetivo de poder realizar simulaciones térmicas con otros materiales para determinar cuál es el factor que determina el aislamiento térmico del edificio, ya sea la densidad, la masa del material o la porosidad del mismo.

CAPITULO 5.

EFFECTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES POROSOS SECOS



Imagen 16 : Instrumento medidor de conductividad térmica marca Dynatech R/D modelo Rapid K. Reproducción realizada con fines didácticos

5.1 PROCESO DE EVALUACIÓN DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Se realizaron experimentos en el Instituto de Investigación de Materiales de la UNAM, para determinar el coeficiente de conductividad térmica de diferentes materiales utilizados en la industria de la construcción, entre ellos el adobe, el tablero de partículas de madera OSB y un tablero de tablamiento.

La medición de la conductividad térmica se hizo por el método conocido como “placa de calor”, que permite medir la conductividad térmica de los materiales en el régimen permanente. El método consiste en colocar una muestra de material en contacto con dos placas, una de ellas a una temperatura más alta que la otra, y por diferencia de temperaturas, se produce un flujo calórico a través del material de la parte más caliente a la más fría.

El flujo se mide por medio de termopares colocados en las placas que están en contacto con las caras del material.

En este caso se obtuvo el coeficiente de conductividad térmica (K) de algunos materiales utilizando un equipo medidor de conductividad térmica marca Dynatech R/D modelo Rapid K, del Instituto de Investigación en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México, considerando que los materiales que se introduzcan al equipo deben estar lo más secos posibles para no afectar las variaciones de temperatura.

Los materiales introducidos dan un valor que esta dado en BTU in/h ft² °F. El cual se multiplica por el espesor del material y se divide entre el flujo de calor entre 2 placas de calor.

$k = \text{flujo de calor} \times \text{espesor del material} / t_2 - t_1$, donde:

k = coeficiente de conductividad térmica

Flujo de calor= establecido en BTU in/h ft² °F

Espesor del material= cm

t_2 =temperatura de placa 1 (40°C)

t_1 = temperatura de placa 2 (12°C)

La finalidad es realizar una comparativa entre materiales porosos como el panel de tablero aglomerado de partículas de madera, tablero de cemento, así como con materiales de manufactura vernácula como el adobe.



Imagen 17: Detalle del adobe.

Reproducción realizada con fines didácticos

5.2 ADOBE

5.2.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Definido como un material humilde propio de arquitecturas vernáculas, utilizado para la construcción de los espacios habitables en la mayor parte del mundo por su disposición, nobleza y facilidad de manufactura.

El adobe es un material compuesto de materiales orgánicos como la paja, el estiércol, arcilla, y agua, también nombrado el material de los 4 elementos ya que en su elaboración intervienen la tierra, el agua, el aire y el fuego. La mezcla de adobe puede servir para fabricarlo en moldes que se secan al sol; pero también puede ser usada aún fresca para construir la estructura deseada, que puede solidificarse con resistencia comparable a la de la piedra.

Al ser un material no industrializado, sus dimensiones son variables y antiguamente se fabricaban piezas de 40 o 60 cm. de ancho, por lo que se utilizaba para la construcción de casas habitación, templos, edificios públicos, entre otros.

En el caso de la ciudad de Oaxaca su uso fué generalizado aunque se asocia con las clases sociales bajas, ya que era un material económico y fácil de conseguir, aunque sísmicamente débil ante los embates de los constantes terremotos característicos de la ciudad, pero a pesar de ello un gran número de edificios conservan sus muros originales de adobe, aunque por falta de mantenimiento, muchos de ellos están casi en ruinas.

Los espacios arquitectónicos que incluyen al adobe en sus elementos constructivos, se les asocia con ser agradables y confortables en la mayor parte del año, aunado a que es un material hecho con tierra, es por ello necesario evaluarlo térmicamente y compararlo con otros materiales porosos secos, para definir si el aislamiento térmico del adobe se debe a su coeficiente de conductividad térmica, a su porosidad o al espesor del material.

5.2.2 EVALUACIÓN TÉRMICA

El adobe se introdujo al equipo medidor de conductividad térmica para determinar su coeficiente de conductividad analizando el flujo calórico a través del material.

Las características del material es que debe estar en condiciones secas para determinar con efectividad este flujo de calor, en el caso del adobe el valor que establece el equipo fue de 1.221 BTU in/h ft² °F y al efectuar la ecuación se determina lo siguiente:

$$K= 1.221 \times 9.72 / 28 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

El cual determinó que el coeficiente de conductividad térmica del adobe es de: **0.424 W /m² °C**

Para realizar una simulación térmica del material es necesario considerar las propiedades ópticas y térmicas de los materiales utilizados, teniendo lo siguiente:

Espesor: 9.72 cm

Densidad: 1600 kg/m³.²³

Calor específico: 1.20 KJ/ Kg °C²³

5.2.3 SIMULACIÓN TÉRMICA

Se establecieron las condicionantes de temperatura y humedad para los días 27 y 28 de Diciembre, que como había mencionado anteriormente es de los meses más fríos en la ciudad de Oaxaca para evaluar térmicamente al material, determinándose lo siguiente:

Temperatura Mínima: **6.12 °C** a las 7:00 horas

Temperatura Máxima: **23.79 °C** a las 16:00 horas

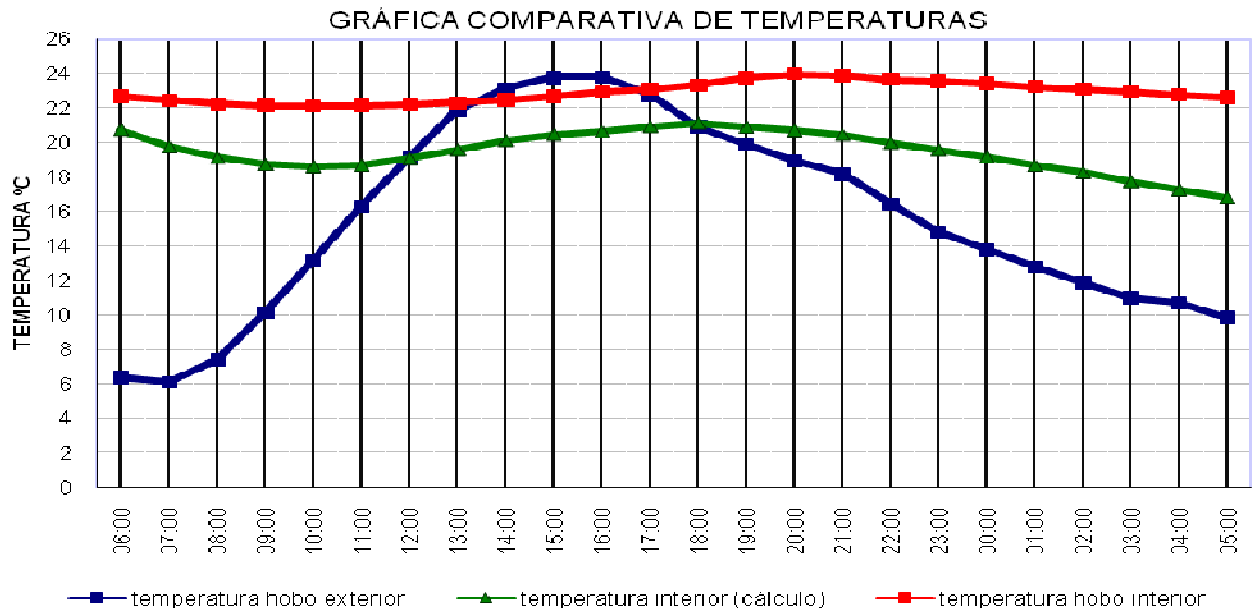
Se realizó el análisis térmico del material tomando en cuenta los factores de cargas térmicas al interior del espacio arquitectónico los cuales como lo había mencionado anteriormente son los siguientes:

Por conducción **Qcond**, por radiación solar directa **Qskg**, por ventilación **Qvent**, por personas **Qmet**, por aparatos eléctricos **Qlight**, por infiltración **Qinfl**.

²³ Rojas José Alberto "OBTENCIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS, TÉRMICAS Y FÍSICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN", Instituto de Investigación de Materiales, Laboratorio de Energía Solar UNAM

Gráfica 19: Comparativa de la manifestación de temperaturas al interior y exterior del edificio, así como del cálculo térmico basado en el adobe y sus propiedades ópticas.

Estos flujos de calor inciden directamente en el comportamiento térmico del edificio, y se obtuvo la siguiente gráfica:



En la gráfica 19 se observa el comportamiento térmico al exterior e interior del edificio analizado, cabe resaltar que se agrega el comportamiento térmico realizado por medio de cálculo de cargas térmicas para establecer las diferencias entre el monitoreo y el propio cálculo.

Las diferencias entre el cálculo de cargas térmicas y el monitoreo realizado en el sitio es de 3°C., en promedio por lo que se considera que se asemeja al monitoreo realizado.

En esta gráfica pretendo demostrar que el cálculo basado en las cargas térmicas indica que se puede tomar como referencia para determinar el comportamiento térmico de otros materiales porosos, para que con ello se determine cual es el factor que incide en el comportamiento térmico de un espacio habitable. Cabe resaltar, que es necesario realizar un análisis exhaustivo de los flujos de calor al interior del edificio porque las condiciones varían ya sea por la fecha que se haga el análisis o por los flujos de calor que se manifiesten al interior del edificio.

5.3 TABLERO OSB

5.3.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Los tableros de tiras orientadas (OSB, por sus siglas en inglés) son tableros estructurales adecuados para una gran variedad de trabajos de construcción y usos industriales. Son tableros formados como bandas, hechos de tiras cortadas longitudinalmente, provenientes de leños de árboles de poco diámetro y de crecimiento rápido, aglutinadas bajo calor y presión con un adhesivo externo.

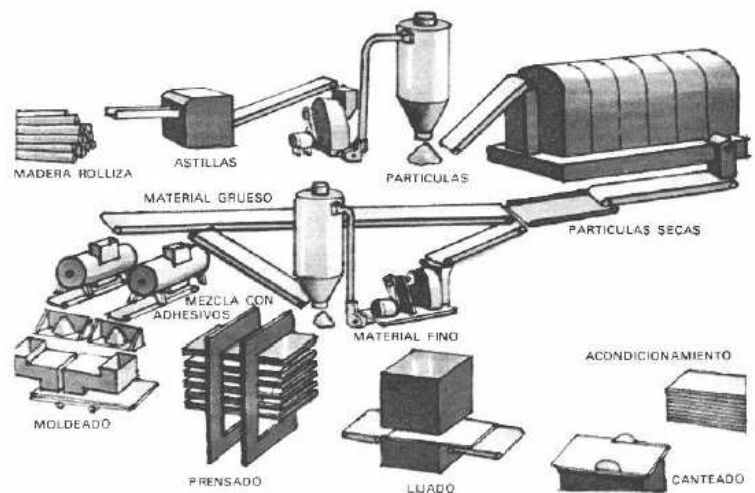


Imagen 18: Esquema general del proceso de fabricación de los tableros de partículas (tomado de PADTREFORT, 1980) <http://www.uady.mx.sitios.ingenier.revista.volumen8.tableros.pdf>

Los tableros de OSB, se comercializan en hojas de 1220 x 2440 mm. o cortados al tamaño deseado. Existen tableros hasta de 2440 x 7320 mm. para usos industriales, disponibles por pedido. Algunos aserraderos nuevos fabrican tableros maestros hasta de 3660 x 7320 mm.

Los tableros de tiras orientadas generalmente se fabrican con álamo temblón en las regiones del norte de Norteamérica, y con pino amarillo del sur en las regiones sureñas de E.U. Sin embargo, también se puede usar otras especies de maderas duras o suaves.



Imagen 19: Panel aglomerado de partículas de madera OSB colocado en el instrumento medidor de conductividad térmica marca Dynatech R/D modelo Rapid K.

Reproducción realizada con fines didácticos

5.3.2 EVALUACIÓN TÉRMICA

El tablero de tiras de madera orientadas OSB se introdujo al equipo medidor de conductividad térmica para determinar el coeficiente de conductividad para determinar el flujo calórico a través del material.

Las características del material es que debe estar en condiciones secas para determinar con efectividad este flujo de calor, en el caso del tablero OSB el valor que establece el equipo fue de 2.447 BTU in/h ft² °F y al efectuar la ecuación se determina lo siguiente:

$$K = 2.447 \times 1.571 / 28 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

El cual determinó que el coeficiente de conductividad térmica del tablero de partículas de madera orientadas OSB es de:

$$\mathbf{0.137 \text{ W /m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Para poder realizar una simulación del comportamiento térmico del tablero de tiras de madera orientadas OSB se recurre a la literatura para conocer las propiedades ópticas y térmicas del

²⁴<http://www.osb-info.org/cms>.

²⁵ Rojas José Alberto "OBTENCIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS, TÉRMICAS Y FÍSICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN", Instituto de Investigación de Materiales, Laboratorio de Energía Solar UNAM

material para poder realizar un análisis del comportamiento térmico, de lo que se obtuvo lo siguiente:

Densidad: 650 kg/m³.²⁴

Calor específico: 1.21 KJ/ Kg °C²⁵

5.3.3 SIMULACIÓN TÉRMICA

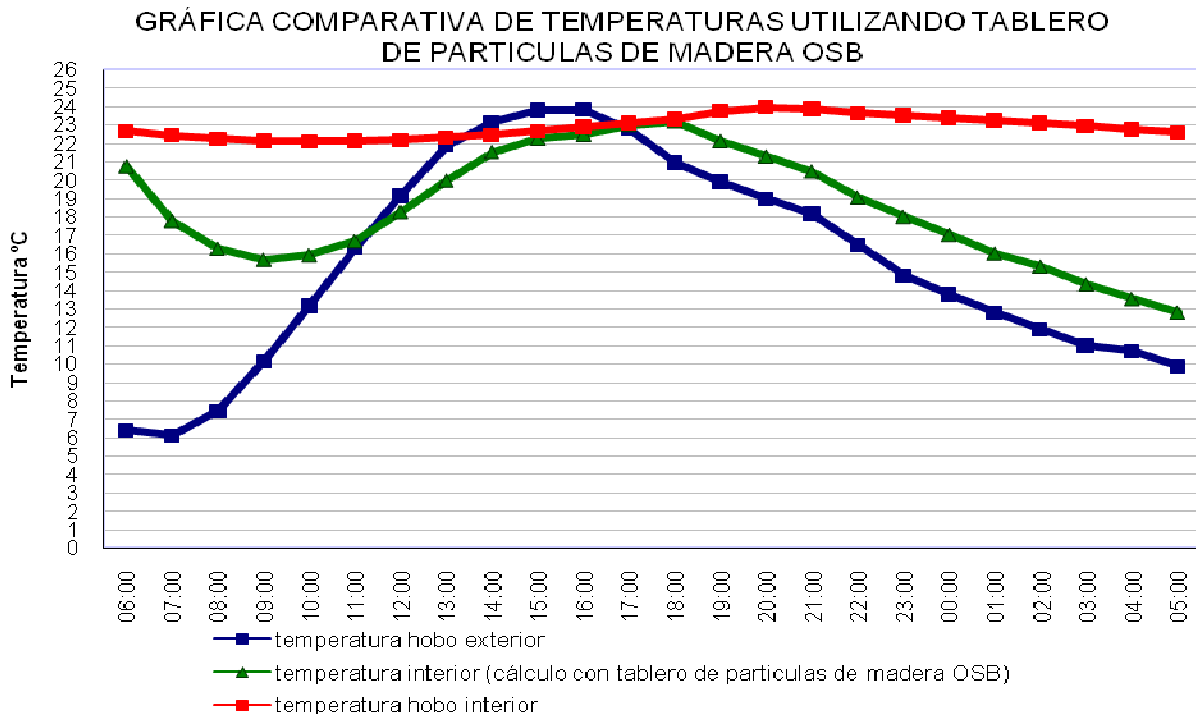
Se establecieron las condicionantes de temperatura y humedad para los días 27 y 28 de Diciembre, que como había mencionado anteriormente es de los meses más fríos en la ciudad de Oaxaca para evaluar térmicamente al material, determinándose lo siguiente:

Temperatura Mínima: **6.12 °C** a las 7:00 horas

Temperatura Máxima: **23.79 °C** a las 16:00 horas

Gráfica 20: Comparativa de la manifestación de temperaturas al interior y exterior del edificio, así como del cálculo térmico basado en el tablero de partículas OSB y sus propiedades ópticas.

Se realizó el análisis térmico del material tomando en cuenta los factores de cargas térmicas al interior del espacio arquitectónico y se obtuvo la siguiente gráfica:



En esta gráfica se observa un comportamiento similar con la temperatura exterior a partir de las 17:00 horas, por lo que es necesario corroborar estos datos a través de la simulación de otros materiales para comparar resultados.



Imagen 20: Instrumento medidor de conductividad térmica marca Dynatech R/D modelo Rapid K. Reproducción realizada con fines didácticos

5.4 TABLERO DE TABLACEMENTO

5.4.1 DEFINICIÓN

El tablacemento es una placa rectangular de cemento portland con malla de fibra de vidrio en ambas caras, con bordes redondeados y lisos, que presenta una cara anterior rugosa y una posterior lisa. El tablacemento está formado mediante un proceso continuo de aglomerado portland en suspensión, con una malla de fibra de vidrio recubierto con polímeros que cubre totalmente los bordes y las caras anterior y posterior (imagen 20).

5.4.2 EVALUACIÓN TÉRMICA

El tablacemento se introdujo al equipo medidor de conductividad térmica para determinar el coeficiente de conductividad el cual determina el flujo calórico a través del material.

Las características del material es que debe estar en condiciones secas para determinar con efectividad este flujo de calor, en el caso del tablacemento el valor que establece el equipo fue de 3.065 BTU in/h ft² °F y al efectuar la ecuación se determina lo siguiente:

$$K = 3.065 \times 1.249 / 28 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

El cual determinó que el coeficiente de conductividad térmica del tablero de tablacemento es de: **0.136 W /m² °C**

Para poder realizar una simulación del comportamiento térmico del tablacemento se recurre a la literatura para conocer las propiedades ópticas y térmicas del material para poder realizar un análisis del comportamiento térmico, de lo que se obtuvo lo siguiente:

Densidad: 220 kg/m³.²⁶

Calor específico: 0.84 KJ/ Kg °C²⁶

5.4.3 SIMULACIÓN TÉRMICA

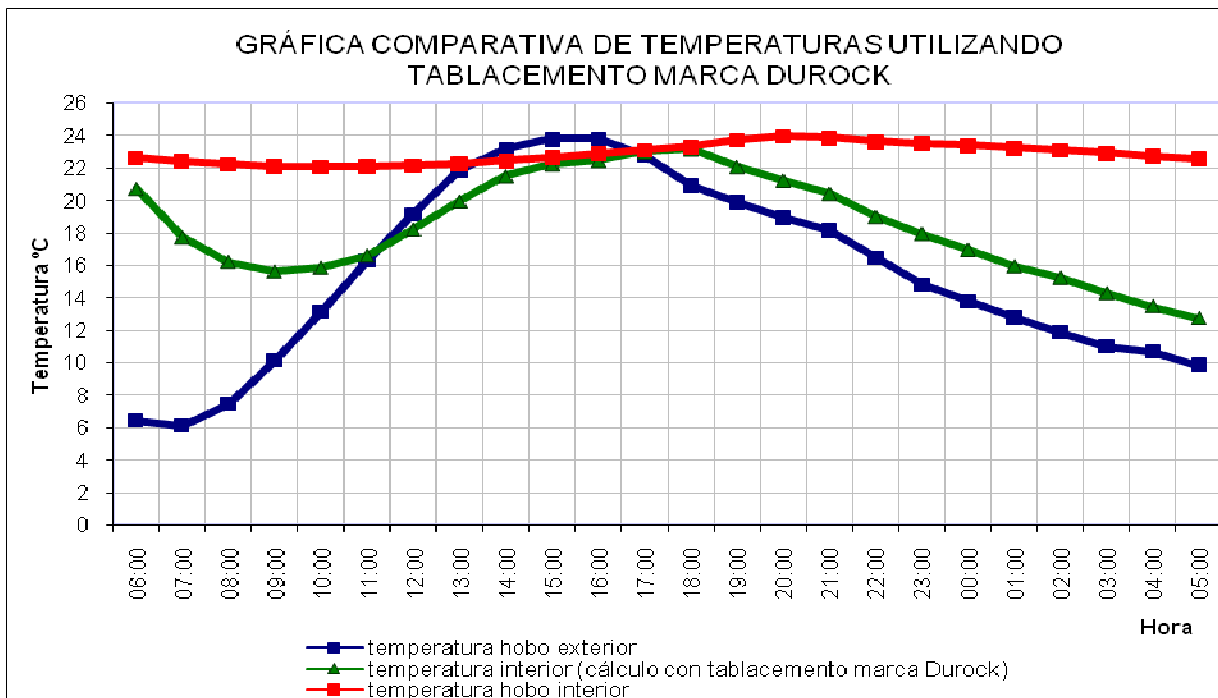
Se establecieron las condicionantes de temperatura y humedad para los días 27 y 28 de Diciembre, que como había mencionado anteriormente es de los meses más fríos en la ciudad de Oaxaca para evaluar térmicamente al material, determinándose lo siguiente:

Temperatura Mínima: **6.12 °C** a las 7:00 horas

Temperatura Máxima: **23.79 °C** a las 16:00 horas

Gráfica 21: Comparativa de la manifestación de temperaturas al interior y exterior del edificio, así como del cálculo térmico basado en el tablero de tablacemento y sus propiedades ópticas.

Se realizó el análisis térmico del material tomando en cuenta los factores de cargas térmicas al interior del espacio arquitectónico y se obtuvo la siguiente gráfica:



5.5 CONCLUSIONES

Al introducir otra variable en el cálculo se define que la masa del material influye en gran parte en el aislamiento térmico del edificio, ya que otros materiales como es el caso del tablero de tablacemento y el tablero de madera tienen el mismo coeficiente de conductividad térmica, por lo que lo que influye determinadamente en el aislamiento es la masa del material que repercute en una mayor capacitancia del material.

CONCLUSIONES FINALES

El objetivo de desarrollar este trabajo parte de la preocupación de un fenómeno cada vez más palpable como es el calentamiento global y sus diferentes manifestaciones, enfocando el tema a una cuestión arquitectónica, es por ello que el orden de la tesis establece primero un panorama global del fenómeno, y los efectos que acarrea, entre ellos, el fenómeno de la isla térmica.

El fenómeno de “isla térmica” es un campo abierto a muchas posibilidades, ya que el estudio que realicé depende de variables para definir y establecer cuáles son las condicionantes que inciden directamente en este fenómeno. Las variables que deben considerarse para establecer las repercusiones en determinada región son el número de habitantes, la extensión de la ciudad, las temperaturas máximas, medias y mínimas así como las condiciones de humedad relativa.

El cambio climático es un fenómeno complejo y considero que es una tarea multidisciplinaria, que debe involucrar organismos, instituciones, y personas en general para abatir y disminuir en lo posible sus efectos. Como observamos, en la ciudad de Oaxaca, se indica que es probable un aumento en las temperaturas provocado por un incremento y concentración demográfica, aunado a un aumento de vehículos automotores. Por lo que las posibilidades de mitigar el cambio climático dependen de cada uno de nosotros, y es en el campo de la arquitectura donde podemos encontrar respuestas a una problemática que cada vez es más palpable y real.

Los materiales utilizados en la industria de la construcción deben considerarse desde un punto de vista térmico en el diseño de los espacios arquitectónicos considerando su factor de conductividad térmica para establecer mecanismos de ahorro energético en el sentido de no utilizar el aire acondicionado, ya que es a través de los materiales donde podemos minimizar los impactos del cambio climático y el fenómeno de la isla de calor.

La presente tesis tiene la finalidad de realizar una simulación térmica de materiales porosos secos utilizados en la industria de la construcción basándose en datos

reales de un monitoreo realizado en un edificio con técnicas constructivas del siglo XVIII ubicado en la ciudad de Oaxaca con la finalidad de establecer el factor de aislamiento térmico en un espacio habitable.

Estableciendo los factores que en un determinado momento inciden en el confort térmico de los habitantes de un espacio arquitectónico, podremos establecer mecanismos de diseño que determinen las temperaturas al interior del espacio arquitectónico, es por ello que se realizó el estudio aplicado a una casa del siglo XVIII con características típicas de la región. Las gráficas que muestro son representativas e indican que los materiales porosos son buenos aislantes térmicos.

En gráfica se indican los coeficientes de conductividad térmica de los materiales analizados.

Gráfica 22: Comparativa de la conductividad térmica de los materiales utilizados en el experimento

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	
/m² °C	
CONCEPTO	W
ADOBE	0.40
TABLERO DE TABLACEMENTO	0.136
TABLERO DE MADERA OSB	0.137

Es necesario considerar que las propiedades térmicas inciden de manera directa en su comportamiento, pero es importante mencionar que la cantidad de aire al interior provoca que la temperatura se comporte homogéneamente.

El adobe nos indica una buena respuesta térmica antes condiciones adversas del clima, aunque de acuerdo a la investigación realizada esta definida por su volumen más que su factor de aislante térmico, en la tabla muestro que el adobe tiene un coeficiente de conductividad térmica mayor a los tableros de partículas de madera y al tablero de tablacimiento.

Al simular térmicamente al adobe, se observa que tiene una respuesta homogénea y concuerda con el monitoreo por lo que, partiendo de ello se procedió a realizar una simulación térmica de diferentes materiales porosos secos utilizados en la industria de la construcción, con la finalidad de determinar si el

²⁷ Castorena Espinosa Gloria María y Figueroa Castrejón Aníbal “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO DE LOS EDIFICIOS DEL SIGLO XVI Y XVII EN EL EXCONVENTO DE SANTO DOMINGO EN OAXACA” 30 Semana de Energía Solar, México D.F., 2006.

coeficiente de conductividad térmica es el factor primordial para satisfacer las condiciones de confort al interior del mismo.

El tablero de tablamiento y el tablero de partículas de madera OSB, tuvieron similar coeficiente de conductividad térmica, pero no necesariamente indica que sean buenos aislantes térmicos, ya que como comenté en el capítulo 3 relativo a las propiedades físicas de los materiales, existen características físicas y ópticas que definen el comportamiento térmico de los materiales, como el retraso térmico, capacitancia, densidad, calor específico, los cuales inciden en el rendimiento térmico de los materiales.

*El amortiguamiento o retraso térmico es de gran utilidad durante el día y la noche. En un clima con amplia oscilación térmica es recomendable aplicar la conducción como mecanismo de transferencia de energía, en donde la masa en la envoltura del edificio permite generar un amortiguamiento térmico en el interior del espacio habitable.*²⁷

En la siguiente tabla realizo una comparativa entre los materiales analizados con la finalidad de establecer la característica que defina el factor de aislamiento térmico.

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TERMICO (CAPACITANCIA)							
CONCEPTO	ESPESOR (metros)	AREA (m2)	VOLUMEN (m3)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	MASA (kg)	CALOR ESPECIFICO (Kj/kg°C)	CAPACITANCIA (Kj/°C)
ADOBE	0.90	195.8	176.22	1,600.00	281,952.00	1.20	338,342.40
TABLERO DE TABLA-CEMENTO	0.10	195.8	19.58	220.00	4,307.60	0.84	3,618.38
TABLERO DE MADERA OSB	0.10	195.8	19.58	650.00	12,727.00	1.21	15,399.67

Gráfica 23: Comparativa de las propiedades térmicas de los materiales utilizados en el experimento.

En la tabla se observan las características físicas de los materiales y su respuesta térmica, para obtener el volumen del material se multiplica el espesor del mismo por los metros cuadrados de la superficie que recibe la radiación solar directa, la masa se obtiene multiplicando el volumen por el peso volumétrico (densidad), esta masa se multiplica por el calor específico, obteniendo así la capacitancia.

Podemos observar en la gráfica N° 23 que el adobe tuvo una mayor capacitancia, en relación al tablero de tablageo y el tablero OSB de partículas orientadas. Se observa también que a mayor densidad y masa del material, el comportamiento térmico al interior de un espacio arquitectónico es homogéneo a lo largo del día, ya que no existe un intervalo significativo de temperaturas.

Como mencioné anteriormente el adobe tuvo un mejor comportamiento fue en los meses más fríos (diciembre-enero) teniendo un comportamiento térmico muy aceptable teniendo condiciones de confort al interior del mismo de una manera homogénea.

En cambio en los meses más cálidos (Abril-Mayo) se obtuvo una respuesta no muy favorable, en parte por las funciones del propio museo por lo que esta investigación está abierta a una revisión y un estudio posterior de todas las variables que inciden en un espacio arquitectónico.

El estudio de los materiales utilizados en la industria de la construcción, analizando sus propiedades térmicas y ópticas, ante un fenómeno global como el cambio climático, permitirá crear nuevas disciplinas y especialidades en el diseño de los espacios arquitectónicos.

En el desarrollo de nuevas áreas de conocimiento permitirá fomentar la creación de nuevas formas de diseño basadas en el ahorro energético,

La presente tesis, ha tenido la finalidad de realizar un análisis de algunos materiales, con el propósito de experimentar su comportamiento térmico ante un clima cálido seco en condiciones actuales, pero ante un inevitable cambio climático generará proponer alternativas y técnicas constructivas novedosas para disminuir sus efectos.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS IMPRESAS:

- Castorena Espinosa Gloria María y Figueroa Castrejón Aníbal “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO DE LOS EDIFICIOS DEL SIGLO XVI Y XVII EN EL EXCONVENTO DE SANTO DOMINGO EN OAXACA” ,30 Semana de Energía Solar ANES, México D.F., 2006.
- Conde Álvarez Ana Cecilia “CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS. DOS ESTUDIOS DE CASO EN MÉXICO”. Tesis para obtener el grado de doctora en ciencias (física de la atmósfera), Posgrado en ciencias de la tierra, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM Ana Cecilia, México, D.F. 2003.
- Echenique-Manrique Ramón, Francisco Robles Fernández-Villegas ESTRUCTURAS DE MADERA, editorial Limusa, México D.F., Biblioteca de la facultad de Biología, UNAM, 1983
- GARCÍA de Miranda Enriqueta, “MODIFICACIONES AL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN”, 5ª edición, Ed. offset Larios, UNAM, México, 1980.
- Gay Carlos, Conde Cecilia, Magaña Víctor, Sánchez Oscar "MÉXICO: UNA VISIÓN HACIA EL SIGLO XXI, EL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO". Programa de cambio y variabilidad climáticos, UNAM, México, 2003.
- González Cruz Eduardo M., Rojas Kovach Axa V., Bravo Morales Gaudy C., “DESEMPEÑO TÉRMICO DE LA VBP-1: TEMPERATURAS CARACTERÍSTICAS, FACTOR DECREMENTAL Y RETRASO TÉRMICO. Universidad de Zulia, 30 Semana de Energía Solar ANES, México D.F., 2006.
- López Contreras Francisco Javier “ANÁLISIS TÉRMICO DE EDIFICIO DEL SIGLO XVIII CASO DE ESTUDIO: CASA DE LA CIUDAD, OAXACA, OAX.” 30 Semana de Energía Solar ANES, México D.F., 2006.
- Morillón Gálvez David “ATLAS DEL BIOCLIMA DE MÉXICO” Instituto de Ingeniería UNAM, Serie

Investigación y desarrollo, Universidad Nacional Autónoma de México, Octubre 2004.

- Rodríguez Viqueira Manuel, Figueroa Castrejón Aníbal, Fuentes Freixanet Víctor “INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA” Limusa Noriega Editores, 2001
- Rojas José Alberto “OBTENCIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS, TÉRMICAS Y FÍSICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN”, Instituto de Investigación de Materiales, Laboratorio de Energía Solar UNAM
- Yeang Ken “EL RASCACIELOS ECOLÓGICO” Editorial Gustavo Gili, 2004.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS:

- Centro de ciencias de la atmósfera. U.N.A.M.
<http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/libro.html>
[Consulta: 21 de Septiembre de 2007].
- Vedoya Daniel Edgardo, José Jacobo Guillermo “MATERIALES AISLANTES EN LA EDIFICACIÓN ARQUITECTÓNICA Y SUS BENEFICIOS AL MEDIO AMBIENTE” Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) “GLOBAL ENVIRONMENT OUTLOOK GEO” Perspectivas del medio ambiente para América Latina y el Caribe, 2003.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) PERSPECTIVAS DEL MEDIO AMBIENTE PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 2004.
- Hernández Chávez Vicente (2002) TESIS DOCTORAL "La habitabilidad energética en edificios de oficinas" .Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, <http://www.tesisenred.net/>
- <http://www.osb-info.org/cms>.