

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

CLIMATIZACIÓN NATURAL DE HABITACIONES DE HOTEL

El diseño bioclimático como factor para lograr la comodidad de los usuarios con el mínimo de consumo de energía.

Caso de estudio, Cancún Quintana Roo, México

Que presenta:

Francisco Martínez Valdez

México, D.F.

MAYO MMX



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 AUTONOMA DE MEXICO



PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

CLIMATIZACIÓN NATURAL DE HABITACIONES DE HOTEL

El diseño bioclimático como factor para lograr la comodidad de los usuarios con el mínimo de consumo de energía.

Caso de estudio, Cancún Quintana Roo, México

Tesis que para obtener el grado de Maestro en Arquitectura presenta

Francisco Martínez Valdez



Mayo 2010

Director de Tesis

Dr. José Diego Morales Ramírez

Sinodales

Mtro. en Arq. Francisco Reyna Gómez

Mtro. en Arq. Antonio Bautista Kuri

Mtro. en Arq. Jeanine Da Costa Bischoff

Dr. Enrique Cesar Valdez

Dedicatorias

“A mi Director de tesis,

...por su confianza y guía en esta tesis.

“A mi Familia,

...por su apoyo para lograr este objetivo.

“A los compañeros,

...por contribuir a lograr este objetivo.

“A quien corresponda,

... quienes indirectamente, o apropósito, me hicieron redoblar esfuerzos para lograr este objetivo personal por una inquietud de la práctica profesional

Índice

INTRODUCCIÓN	1
1.- ANTECEDENTES	4
1.1.- Arquitectura Bioclimática	4
1.2.- Arquitectura Bioclimática en hoteles de playa	5
1.3.- Conclusiones	6
2.- CONCEPTOS GENERALES SOBRE ENERGÍA	7
2.1.- Origen y tipo de la energía utilizada	7
2.2.- Consumo final de energéticos por sectores	7
2.3.- Consumo de energía del sector residencial, comercial y público	8
2.4.- Consumo en el sector comercial	8
2.4.1.- Consumo energético en el sector hotelero	8
2.4.2.- Variables que influyen en el consumo de energía eléctrica	9
2.5.- Normas oficiales mexicanas de eficiencia energética.	10
3.- TURISMO EN CANCUN	11
3.1.- El turismo	11
3.2.- Infraestructura y desarrollo turístico	11
3.3.- Comportamiento del sector hotelero	12
3.4.- Hoteles en Cancún	12
3.5.- Indicadores turísticos	13
3.6.- Conclusiones	13
4.- METODOLOGIA	14
5.- ANALISIS	17
5.1.- Hotel	17
5.1.1.- Normas para hoteles de 5 estrellas	17
5.1.2.- Requerimientos mínimos de la Secretaria de Turismo	18
5.1.3.- Especificaciones de construcción para clima cálido	18
5.1.4.- Reglamento de construcciones	19
5.1.5.- ASRHARE	19
5.1.6.- Equipo y uso de la habitación	20
5.1.7.- Habitación caso de estudio	22
5.2.- El sitio	24
5.2.1.- Clima	24
5.2.2.- Elementos del clima	25
5.2.3.- Sistema de agrupaciones de ciudades para el diseño bioclimático	30
5.2.4.- Geometría solar	32
5.3.- El usuario	36
5.3.1.- Confort térmico	36
5.3.2.- Zona de confort higrotermico	39
5.3.3.- Grafica Bioclimática de Olgay	41
5.3.4.- Diagrama psicométrico de Givoni.	45
5.4.- Diagrama de isorequerimientos	49
5.5.- Matriz de Climatización	50
6.- ESTRATEGIAS DE DISEÑO	51
6.1.- Ventilación	51
6.1.1.- Efectos de la ventilación natural	51
6.1.2.- Fuerzas motoras de la ventilación natural	52

6.1.3.- Corrientes dinámicas de ventilación	52
6.1.4.- Corrientes convectivas de ventilación	54
6.2.- Control solar	55
6.2.1.- Elementos de control solar	55
7.- EVALUACION DE ESTRATEGIAS	57
7.1.- Diseño de control solar	57
7.2.- Análisis y cálculo de ventilación	65
7.3.- Balance térmico	68
7.4.- Punto de rocío	73
7.5.- Simulación térmica	76
8.- RECOMENDACIONES DE DISEÑO	79
8.1.- Fachada Norte	79
8.2.- Fachada Noreste	80
8.3.- Fachada Este	81
8.4.- Fachada Sureste	82
8.5.- Fachada Sur	83
8.6.- Fachada Suroeste	84
8.7.- Fachada Oeste	85
8.8.- Fachada Noroeste	86
CONCLUSIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXO 1	92



CLIMATIZACIÓN NATURAL DE HABITACIONES DE HOTEL

El diseño bioclimático como factor para lograr la comodidad de los usuarios con el mínimo de consumo de energía. Caso de estudio, Cancún Quintana Roo, México

INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología a través de sus métodos y filosofía buscan la mejor satisfacción a las necesidades del usuario. Los investigadores actuales, con métodos y sistemas modernos para generar conocimientos científicos, son como organismos dinámicos: mientras estén vivos cambian de manera permanente. Lo anterior permite reflexionar sobre la importancia de corregir algunos errores y el valor que representa evitarlos. Ante las expectativas de la sociedad actual por satisfacer sus necesidades dentro de esquemas de desarrollo sustentable, es importante el conocimiento de la arquitectura bioclimática como una de sus vías alternativas. La arquitectura contemporánea busca cada vez con mayor ahínco responder a la moda estética, sin considerar los conceptos más lógicos y simples que permiten lograr un espacio virtual. En la construcción de nuestras casas y edificios se ha olvidado tomar en cuenta la ubicación del sol, cómo iluminarlos, cómo ventilarlos adecuadamente, cómo calentarlos cuando hace frío o refrescarlos en tiempo de calor.

La luz eléctrica y el aire acondicionado han servido de remedio para muchas edificaciones pobremente diseñadas, sin reparar en el costo de operación, tanto monetario como ambiental, que esto representa, ni en los constantes e interminables gastos de mantenimiento que generan los sistemas electromecánicos.

Es necesario aprender a ver la arquitectura no solo como los muros, las fachadas o la cubierta, sino también como el espacio vital que fluye a través de ellos y a su alrededor, para habitarla no basta que sea sólida y económica, debe ser saludable y agradable, responder al clima y sintetizar la experiencia constructiva de las generaciones que nos precedieron.

Usar materiales mucho más cercanos al medio ambiente, menos procesados por una industria tan desarrollada es el paso ideal para acercarnos al lugar sin tiempo, de esos en que se respira la eternidad de lo inmutable. Muros de madera que dan la sensación de haber sido cortados antes de nuestra llegada o armadas en el momento, sin tantos elementos.

La metodología del diseño bioclimático y la aplicación de sistemas para la generación de ambientes o microclimas está integrada a la función y a la forma de los espacios arquitectónicos, así como las propiedades de los materiales propuestos en muros exteriores, interiores, cubiertas y sistemas de aislamiento.

Sentarse a la sombra de un árbol en un día caluroso y soleado, lo asociamos rápidamente a un sensación de placer. El viento es un elemento de climatización pasiva que ha sido utilizado de manera muy importante en la arquitectura de todos los tiempos y en todo lugar. La ventilación es la principal estrategia a tomar en cuenta en los climas cálidos, tanto secos como húmedos.

Por otro lado el desarrollo turístico es una importante prioridad en el país, en las playas y costas del país se han construido y se construyen numerosos alojamientos con fines turísticos, lo que ocasiona impactos ambientales. Estas instalaciones se convierten en colosos consumidores de energía debido a inadecuadas soluciones de diseño arquitectónico.

Un hotel de turismo de vacaciones, se caracteriza por tener un uso permanente, orientado a un cliente que desea disfrutar del sol y la playa.

El hotel orientado a la climatización natural permite ofrecer al huésped una comodidad equivalente al caso de utilizar sistemas activos de climatización, con un menor costo de operación y mantenimiento, que permitirá amortizar rápidamente el posible incremento de la inversión inicial.

Las habitaciones constituyen los espacios donde el turista permanece por más tiempo y el elemento que más se repite para conformar el subsistema de alojamiento y por tanto sus soluciones de diseño, que influyen en la carga térmica transmitida al espacio interior y repercuten en forma directa en el consumo de energía por climatización artificial de la instalación hotelera.

En la habitación podemos plantear diferentes y casi infinitas escenas, como leer con vista al mar, dormir, comer, nadar fuera de la habitación.

Hoy en día son tan complejas las actividades para las cuales existe un hotel que puede ir desde un hotel para surfistas hasta el paraje para pintores.

Es como si alguien nos hubiera leído el pensamiento que podríamos haber tenido al conocer dicho lugar y previera las necesidades que podríamos llegar a tener, no solo nosotros, sino los futuros visitantes.

Entonces partiendo de que en las edificaciones se debe hacer un uso eficiente de la energía se plantea como **hipótesis** para esta investigación:

“Por medio de sistemas de climatización natural en hoteles, se pueden lograr condiciones de confort para los usuarios, disminuyendo su consumo de energía eléctrica y por consiguiente un ahorro económico.”

El objetivo general de esta investigación, es dar alternativas que permitan diseñar hoteles de máxima eficiencia energética sin sacrificar el confort de los usuarios.

Los **objetivos particulares** son:

*Alcanzar propuestas que permitan diseñar habitaciones que tengan condiciones de confort para los usuarios con un mínimo uso de climatización artificial

*Disminuir el uso de energía eléctrica de maquinas de acondicionamiento de aire con el máximo aprovechamiento de las características climáticas.

*Que la alternativa de climatización natural sea un factor importante en el uso eficiente de la energía eléctrica.

*Demostrar la factibilidad de las alternativas propuestas.

*Que con esta investigación se reflexione y se logre un cambio de hábitos y actitudes que conduzcan a una mayor eficiencia en el uso de la energía.

En los edificios, el potencial de ahorro de energía, se define a partir del consumo que representan los diversos usos finales energéticos o cargas. La iluminación, que en el caso de edificios no residenciales ubicados en el centro del país, generalmente representa el mayor porcentaje de consumo total. No así en el norte y costas del país, en donde el mayor consumo lo representa el aire acondicionado. Por tal motivo, para efectos de este trabajo sólo se investigará la climatización natural de una habitación tipo en ocho orientaciones diferentes para hoteles de playa en Cancún, Quintana Roo, México.

Algunas veces podría ser pretencioso que la arquitectura puede transformar al ser humano, pero en realidad es que amplía la perspectiva de sus posibilidades del ser, le ayuda a explorarse y llegar a conocer sus diferentes estados emocionales y perceptivos.

Este trabajo permitirá evaluar cómo influyen las variables de diseño en el consumo de energía eléctrica en las habitaciones de un hotel, con vistas a proponer recomendaciones de diseño para el ahorro energético.

El desarrollo de esta investigación está dividido en 8 capítulos.

En el primer capítulo se exponen antecedentes de arquitectura bioclimática en general hasta los trabajos realizados a nivel internacional aplicados a hoteles de playa.

En el segundo capítulo se habla de conceptos de energía y el consumo de esta en el sector comercial hasta llegar al consumo en hoteles.

En el tercer capítulo se habla del turismo, así como también del comportamiento hotelero en Cancún.

En el cuarto capítulo se explica la metodología a emplear en la investigación desde el objetivo hasta las recomendaciones de diseño.

En el quinto capítulo se hace el análisis del hotel, del usuario y del sitio hasta llegar a requerimientos de climatización.

En el sexto capítulo se explican las estrategias de diseño a emplear

En el séptimo capítulo se evalúan las estrategias de diseño y se hacen las correcciones pertinentes hasta llegar a una simulación térmica

En el octavo capítulo se dan a conocer las recomendaciones de diseño para cada una de las diferentes orientaciones que pudiera tener la habitación de hotel.

Finalmente se explican las conclusiones de este trabajo de investigación.



1.- ANTECEDENTES

1.1.- Arquitectura Bioclimática

En los años sesentas los hermanos Olgyay proponen el término Diseño Bioclimático tratando de enfatizar los vínculos y múltiples interrelaciones entre la vida y el clima en relación con el diseño, también exponen un método a través del cual el diseño arquitectónico se desarrolla respondiendo a los requerimientos climáticos específicos. Más adelante surgieron otras definiciones como diseño ambiental, ecodiseño, biodiseño, etc. en realidad todos tratan de establecer la importancia del diseño basado en la relación Hombre-Naturaleza-Arquitectura.

Es en este contexto que trabaja la arquitectura bioclimática, cuyo principal objetivo es el de armonizar los espacios y crear óptimas condiciones de confort y bienestar para sus ocupantes. Crear espacios habitables que cumplan con una finalidad funcional, expresiva, que sean física y psicológicamente adecuados; que propicien el desarrollo integral del hombre y de sus actividades. Esto puede lograrse a través de un diseño lógico, de sentido común, a través de conceptos arquitectónicos claros que consideren las variables climáticas y ambientales en relación al hombre. La envolvente debe ser diseñada como un agente dinámico que interactúe favorablemente entre el exterior e interior y viceversa, es decir que debe actuar como un filtro selectivo térmico, acústico y lumínico, capaz de modificar favorablemente la acción de los elementos naturales, admitiéndolos, rechazándolos y/o transformándolos cuando así se requiera.

En la actualidad la arquitectura bioclimática en el mundo se está dando de manera amplia tanto en edificios habitacionales y viviendas, como en edificios públicos. Dos aspectos son abordados de manera importante: La climatización natural y la iluminación.

Se cuenta con las experiencias que en su mayoría están dirigidas al tema de la vivienda y los edificios públicos, pero que son aplicables a las habitaciones de hotel.

Se han hecho múltiples publicaciones con diferentes temas como arquitectura bioclimática, sistemas pasivos de climatización, ahorro de energía, arquitectura solar, entre otros, lo que nos permite tener una base para continuar con investigaciones que den solución a problemas sobre este tema.

En la revisión bibliográfica efectuada se encontraron referencias sobre ahorro energético, métodos de diseño, selección de materiales de construcción, la base para elaborar esta revisión fueron las memorias de las reuniones nacionales de energía solar (ANES), tesis de maestría elaboradas en la UNAM, e Internet en el caso de los artículos de otros países. A continuación se describen algunos de los trabajos encontrados relacionados con el tema.

En la tesis de maestría de Anabel Negrete Mares “Estrategias de Acondicionamiento Natural para el Ahorro de Energía en el Sector Residencial” en el 2001, se habla de formas de edificación, efectos del viento, dispositivos de control solar, características de los materiales y

sistemas de climatización complementaria con el objetivo de contribuir a la eficiencia energética a través del acondicionamiento natural.

En la tesis de maestría de Karla Marroquín Hernández “Selección de materiales de construcción en función del ahorro energético” en el 2004, se habla de la importancia de saber seleccionar los materiales a utilizar en una construcción a partir de sus propiedades termofísicas y de esta manera hacer un uso racional de la energía.

El instituto de ingeniería de la UNAM a través de la serie investigación y desarrollo publico en el 2004 el libro llamado “Modelo para diseño y evaluación de control solar en edificios” en el cual se estudian dos de los elementos de protección solar, el alero y el partesol, con los cuales se puede disminuir la ganancia del calor en el interior en verano y permitir el paso de la radiación solar en invierno. Se parte de un análisis que determina las características del bioclima y los requerimientos de climatización indicando las horas en que se requiere la radiación solar y en las que se requiere protección solar.

El instituto de ingeniería de la UNAM a través de la serie investigación y desarrollo publico en el 2004 el libro llamado “Atlas de bioclima de México” en el cual se presentan los mapas de bioclima de la republica mexicana como resultado del análisis de la información climática del país y las condiciones de confort higrotermico. En dichos mapas se identifican las condiciones de confort, frío o calor.

1.2.- Arquitectura Bioclimática en hoteles de playa

También se tienen experiencias internacionales en países como España y Cuba, que se mencionan a continuación.

El Dr. en Arq. Manuel Martín Monroy del departamento de construcción arquitectónica de la universidad de Las Palmas de la Gran canaria presento un trabajo llamado “Optimización del Diseño Solar Pasivo de Hoteles”, es un estudio que propone una metodología para la toma de decisiones en cada fase del diseño bioclimático, apoyado en ejemplos de simulación por computadora. Los programas utilizados son el SOLEA-2 que permite evaluar la radiación incidente sobre las ventanas, para calcular la energía solar introducida mediante los coeficientes reductores de la transmitancia del vidrio y el programa ANTESOL-6 que calcula el proceso para un ciclo diario, considerando las condiciones ambientales de temperatura, viento y radiación, ambos programas desarrollados por el autor.

El Dr. en Arq. Luis Alberto Rueda Guzmán del departamento de diseño de la Facultad de Arquitectura del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría de la Habana Cuba, hace un estudio y evaluación de las variables que más influyen en el consumo energético de las habitaciones de hoteles de playa, con la intención de proponer vías de solución al diseño arquitectónico más apropiado. Se compara resultados obtenidos con mediciones reales, verificando la utilidad del software y posteriormente se hacen las recomendaciones de diseño, se toma en cuenta la tipología del cuarto, la orientación, la dimensión, ubicación y material de la ventana, elementos de protección solar, elementos constructivos de pared y cubierta, el color de las superficies exteriores.

La Asociación de hoteles de la Riviera Maya en el Caribe Mexicano opero en el 2007 con un programa piloto llamado “Caminando Hacia la Sustentabilidad Hotelera” donde participaron 15 hoteles, lo que represento 2,500 habitaciones. Los hoteles participantes implementaron diferentes buenas prácticas ambientales enfocadas en reducir los consumos de agua y energía

eléctrica. Concluyendo que un manejo eficiente en cuanto a la energía eléctrica podría resultar en una disminución del consumo de 25%.

En el sector gubernamental, desde 1993, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía inició el desarrollo de normas de eficiencia energética para edificios, con el fin de dictar recomendaciones para el diseño térmico de la envolvente, actualmente en vigor como norma oficial mexicana, la correspondiente a los edificios no residenciales. Por su parte, el Fideicomiso de Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) apoya en la capacitación sobre ahorro de energía en edificios, cuya estrategia principal es el diseño bioclimático, así como a los talleres de aplicación de las normas de eficiencia energética para edificios.

1.3.- Conclusiones.

Analizando las referencias anteriores podemos constatar que ha aumentado el interés del adecuado diseño térmico de hoteles, siendo Cuba el país con más investigación del tema, por lo que estos estudios serán referencia de esta investigación y también nuestro punto de partida, el cual consiste en definir una habitación de estudio y considerar todas las variables que pudieran influir en la carga térmica, estas variables son las orientaciones, los materiales de construcción, el área de ventana, las protecciones solares, el clima y el usuario.

2.- CONCEPTOS GENERALES SOBRE ENERGÍA

La energía es la capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc. La energía proporciona una serie de beneficios en la vivienda, tales como calor para cocinar los alimentos y calentar el agua, iluminación, refrigeración, aire acondicionado o calefacción y entretenimiento, entre otros.(1) Para dotar de energía a los automóviles, aviones, fábricas y viviendas, debe producirse energía eléctrica y combustible, cuya producción tiene su origen en fuentes renovables y no renovables. Las no renovables, además de agotarse, generan contaminación y emisiones de gases (efecto invernadero), que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático. No obstante, en México, más del 75% (2) de la energía que se consume proviene de la quema de hidrocarburos, correspondientes a energéticos no renovables La energía es, al mismo tiempo, una solución y un problema para el desarrollo sustentable: indudablemente es útil, pero también es una de las principales fuentes de contaminación del aire y además provoca otros daños a la salud del hombre y al medio ambiente.

2.1.- Origen y tipo de la energía utilizada

La energía que se utiliza está sujeta a distintos procesos de generación, transformación, transmisión y distribución. El tipo de generación, dependiendo de la fuente, se clasifica en renovable y no renovable.

La no renovable es la de origen fósil (petróleo, gas y carbón, entre otros) y la renovable se basa en el uso de los ciclos naturales (biomasa, geotermia, eólica, hidroeléctrica, solar, etcétera)

En México, de acuerdo con el origen de la energía, se utilizan más las energías llamadas no renovables, tales como el gas natural, el combustóleo, el carbón, el petróleo, etcétera.

2.2.- Consumo final de energéticos por sectores en México

En el 2006 el consumo total de energía fue de 4,237.14 petajoules. (3) El sector transporte tuvo, en 2006, una participación del 47.0% en el consumo final energético, mientras que el sector industrial representó el 30.1%. Por su parte, el agregado formado por los subsectores residencial, **comercial** y público registró una participación del 19.9% y el sector agropecuario contribuyó con el 3.0% (4)

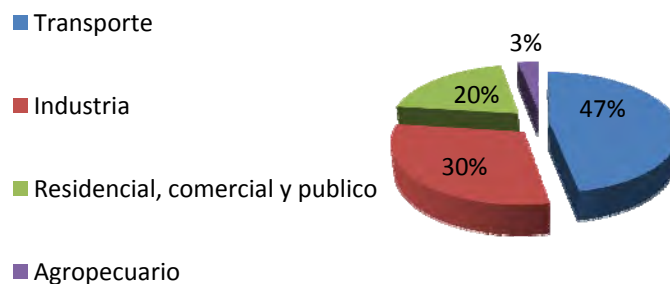


Imagen 1. Consumo final energético por sectores en México

1 Guía conafovi, Uso eficiente de la energía en la vivienda

2 SENER 2006, Balance nacional de energía, pag. 46

3 Joule: Cantidad de energía que se utiliza para mover un kilogramo masa a lo largo de una distancia de un metro, aplicando una aceleración de un metro por segundo al cuadrado, peta = 10^{15}

4 SENER 2006, Balance nacional de energía, pag. 47

2.3.- Consumo de energía del sector residencial, comercial y público

El sector residencial, comercial y público requirió 844.2 PJ en el 2006, del total de este sector, 83.5% corresponde al residencial, **13.7% al comercial** y 2.8% a los servicios públicos (alumbrado público y bombeo de agua)(5)

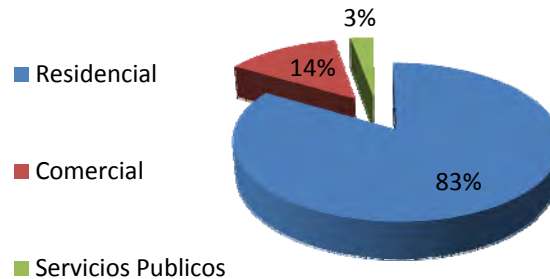


Imagen 2. Consumo energético por sector residencial, comercial y público.

2.4.- Consumo en el sector comercial

El consumo final energético del subsector comercial fue de 115.3 PJ y representó el 13.7% del total del sector. Los principales energéticos utilizados fueron el gas licuado con 48.2%, la electricidad con 41.3%, el gas seco con 7.1% y el diesel con 3.4%. (6)

2.4.1.- Consumo energético en el sector hotelero

La actividad turística, por su propia definición, supone que un visitante ocupe un espacio geográfico distinto de aquél en el que tiene su residencia habitual durante un período de tiempo limitado. Para posibilitar y potenciar el uso con fines turísticos de los recursos naturales de un territorio, el hombre debe desarrollar una infraestructura que permita acoger a los visitantes, de modo que se adecue el territorio para su uso como destino turístico; es decir, se construya un espacio turístico.

Costos energéticos

El costo de la producción o prestación de servicios de un hotel puede definirse como la expresión monetaria de los recursos de todo tipo empleados en el proceso de atención a los huéspedes y usuarios.

5 SENER 2006, Balance nacional de energía, pag. 47

6 SENER 2006, Balance nacional de energía, pag. 50

Las condiciones de competitividad demandan una mayor eficiencia en la operación de la instalación turística de los hoteles, siendo el parámetro costo / Ingreso de la instalación el más importante.

En el sector hotelero para poder analizar y llegar a conclusiones sobre los resultados de la gestión energética, es necesario realizar una evaluación y análisis e indicadores energéticos tales como:

Gastos de operación / Ingresos.

Consumo energético / habitación ocupada.

Gastos de operación / Ingresos

Se considera que una instalación hotelera para que funcione eficientemente, desde el punto de vista energético, necesita menos del 5% de sus costos con respecto a los ingresos para cubrirlo. (7) Las distribuciones de gasto de energéticos contra ingresos oscilan en función de los tipos de hoteles y la categoría que ellos posean, así como del tipo de servicio a prestar.

Consumo energético /habitación ocupada.

De acuerdo a los datos que maneja FIDE en sus hojas de caso, los hoteles consumen entre 10 y 42 KWh/cuarto-año. Por ejemplo el hotel Beach Palace de Cancún tiene 229 habitaciones y consume 16.87 KWh/hab-año, el hotel Camino Real de Cancún tiene 381 habitaciones y consume 28.41 KWh/hab-año y el hotel El Cozumeleño de Cozumel que tiene 100 habitaciones consume 42.00 KWh/hab-año. (8)

Los sistemas que consumen más energía eléctrica son: Climatización (42%) y alumbrado (36%), mientras que los motores, elevadores y servicios de lavandería cada uno consume entre un 5-7% de energía. En cambio para hoteles del Caribe el consumo de climatización es un tanto mayor, en el orden de (55%- 65), debido fundamentalmente a las altas temperaturas ambientales. (9)

2.4.2.- Variables que influyen en el consumo de Energía eléctrica de los Hoteles

Es importante conocer las variables que influyen en el consumo de energía eléctrica de los hoteles para de esa forma tratar de abatir el impacto de ellas sobre el consumo total. En la zona de playa donde las temperaturas exteriores son elevadas y los niveles de confort son los mismos para todas las personas las variables de mayor incidencia en el consumo son:

El clima: Esta variable es la más importante en el consumo de energía eléctrica y en los países del trópico en ocasiones se puede consumir en una misma habitación hasta 10 veces más energía en verano, comparándolo con el consumo de invierno. (10)

Categoría del Hotel: En función de la categoría de la instalación turística son diferentes los estándares de calidad y oferta que debe recibir el cliente. El nivel de equipamiento tecnológico no es el mismo, por ejemplo, en hoteles hasta 3 estrellas es utilizado equipos climatizadores de ventana de menor eficiencia que los equipos centralizados utilizados en hoteles 4 y 5 estrellas y

7 Osmel Cabrera Gorrin, Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano

8 Odón de Buen, La importancia del consumo de energía en inmuebles no residenciales en México y su evidente subestimación en las estadísticas nacionales.

9 Osmel Cabrera Gorrin, Idem.

10 Osmel Cabrera Gorrin, Idem.

si conocemos que la carga fundamental en los hoteles es la climatización ello implicará una diferencia sustancial al analizar los indicadores de los diferentes hoteles.

Para construcciones pequeñas, los costos de energía de las habitaciones tienden a ser mayores, porque ellos generalmente no prestan servicios de salones de conferencias o áreas comunes. Los hoteles grandes tienden a prestar estos servicios además de salones de baile, restaurante, entre otros los cuales consumen energía también.

Tipo de Turismo: El máximo consumo de energía de una habitación lo representa la climatización seguido por la iluminación y en ambos casos el consumo o no de la energía eléctrica depende del régimen de explotación a que es sometida, la cantidad de turistas y el tiempo de estancia en ella, costumbres y hábitos de consumo de cada turista.

Conociendo estas cuestiones en muchos hoteles se ha implementado la estrategia de trasladar la animación al horario de mayor demanda donde el precio de la energía casi se duplica, con el objetivo de tratar de alejar a los clientes de los lugares de mayor consumo (Habitación) y desplazar el consumo de forma general.

2.5.- Normas oficiales mexicanas de eficiencia energética

En el mundo es evidente que existe un incremento constante en la demanda de energía. En nuestro país poco más del 75% de los energéticos provienen de recursos naturales no renovables, principalmente hidrocarburos y carbón.

Lo anterior nos obliga a una búsqueda de alternativas que permitan contribuir en la preservación de dichos recursos naturales. Una de estas alternativas, con resultados positivos, ha sido la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas de eficiencia energética, que regulen los consumos de energía de aquellos aparatos que, por su demanda de energía y número de unidades requeridas en el país, ofrezcan un potencial de ahorro cuyo costo-beneficio sea satisfactorio para el país y los sectores de la producción y el consumo.

Estas NOM son especificaciones técnicas, elaboradas con la colaboración y el consenso de los involucrados; de aplicación obligatoria para todos los productos e instalaciones en la República Mexicana comprendidos en su campo de aplicación.

NOM-008-ENER-2001

Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.

NOM-020-ENER

Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional.

3.- TURISMO EN CANCÚN

3.1.- El Turismo

El turismo representa la cuarta fuente de ingresos en México (11) y es una de las industrias más grandes y de mayor crecimiento en el mundo. Con 10,000 kilómetros de costa, ciudades coloniales y notables sitios arqueológicos, aunados a un buen clima y a la cercanía al más extenso mercado de turistas, México es uno de los países con mayor potencia turística. Paradójicamente, los centros turísticos creados ex profeso se han convertido en ciudades alternativas con un papel crucial para la economía nacional, mientras que las ciudades tradicionales han sido incapaces de transformarse en destinos exitosos.

El turismo de consumo masivo se ha pasado al consumo temático y a la mezcla entre comunicación, consumo, confort y entretenimiento.

Por un lado, han aparecido los hoteles-boutiques en lugares paradisíacos. Por otro lado, los hoteles de negocios y los centros de convenciones son ya efímeras y sofisticadas oficinas.

3.2.- Infraestructura y desarrollo turístico

Cancún, el destino turístico más importante de nuestro país, fue el primer Centro Integralmente Planeado de fonatur (12). Inició sus operaciones en 1974 y en tan solo 35 años se convirtió en una moderna ciudad planificada y en el desarrollo turístico mexicano de mayor proyección a nivel mundial.

Es uno de los destinos más completos del Caribe, con una infraestructura de servicios variada y de alta calidad para deportes acuáticos, buceo en escenarios naturales, pesca de altura o descenso en submarino. Posee el segundo arrecife de coral más grande del mundo. Para quienes practican el golf, Cancún dispone de varios campos profesionales de 18 hoyos, con vistas panorámicas al Mar Caribe, la laguna Nichupté y a ruinas mayas. Cuenta con el atractivo de algunos de los centros arqueológicos más importantes del país: Tulum, Chichén Itzá y Uxmal.

Se construyó en un polígono de 12,700 hectáreas distribuido en 4 zonas: la turística, la urbana, la de conservación ecológica y otros usos. El plan distribuyó y ordena sus áreas en zonas hoteleras, comerciales, residenciales, un centro de convenciones, aeropuerto internacional, carreteras, plantas de tratamiento de aguas residuales, electricidad, telefonía y agua potable, entre otras. (13)



Imagen 3. Vista panorámica zona hotelera, Cancún Quintana Roo (14)

11 Fuente: www.universopyme.com.mx

12 Fondo nacional de fomento al turismo

13 Fuente: www.fonatur.gob.mx/es/Des_cancun/des-cancun.asp

14 Imagen obtenida de www.cancun.caribemexicano.com/hoteles/index.htm

Para la complementación del equipamiento turístico existente, se desarrolla el proyecto de Ampliación San Buenaventura, superficie de 24.67 ha localizada al sur de Proyecto Cancún, en la rívera de la Laguna Nichupté, en la cual se pretende integrar un complejo de servicios náuticos tales como una Marina, un Club Náutico, una terminal de transferencia multimodal de transporte por agua, así como una de transporte acuático; una zona comercial y de servicios, complementada con oferta residencial.

Se efectúan acciones con organismos públicos y privados en diversos programas: restauración ambiental de las playas; mejoramiento integral de la imagen urbana del destino; mejoramiento de la zona turística y comercial "Punta Cancún" y el mantenimiento de la principal vía de acceso el Boulevard Kukulcán.(15)

3.3.- Comportamiento del sector hotelero

La industria hotelera es, sin duda, una de las más importantes del sector turístico desde el punto de vista de su contribución a la producción bruta y a la creación de empleo.

De acuerdo con los datos de Turismo de México en su versión 1999-2004, la industria de alojamiento tuvo una participación promedio dentro del total del Valor Agregado Bruto Turístico de 14.7 por ciento.(16)

De los 13,060 establecimientos registrados en 2005, el 59.5 por ciento se ubican en la clasificación de categoría turística de una a cinco estrellas, correspondiéndole a los establecimientos sin categoría el 40.5 por ciento de participación. En lo que se refiere a los 515,904 cuartos registrados, el 79.3 por ciento son de calidad de una a cinco estrellas y el resto sin categoría; destacando la participación de los cuartos de categoría cinco estrellas con un 23.7 por ciento.(17)

El número de cuartos por hotel aumenta para las categorías de hotel más altas, mientras que para las categorías bajas aumenta el número de establecimientos. En este sentido, los de cinco estrellas que incluyen la categoría de lujo tienen en promedio casi ocho veces más cuartos que los de una estrella.

Realizando en mismo ejercicio por entidad federativa pero solamente para aquellas que agrupan los destinos considerados para esta análisis se observa que para hoteles de cinco estrellas, tanto en establecimientos como en cuartos Quintana Roo se ubica en los primeros lugares de la lista ya que cuenta con una infraestructura para dicho segmento de 117 establecimientos con 39 mil 020 cuartos; para cuatro estrellas la ubicación de Quintana Roo permanece en primer lugar pero solamente en lo referente a cuartos, ya que en establecimientos, Jalisco ocupa la primera posición con 111 establecimientos.(18)

3.4.- Hoteles en Cancún

Los hoteles de Cancún están situados sobre todo en la Zona Hotelera, franja de 28 kilómetros de playa con las aguas del Mar Caribe por un lado y las aguas de la Laguna Nichupte por el otro. Donde quiera que se hospede en la Zona Hotelera de Cancún siempre tendrá vista al mar o a la laguna.

15 Fuente: www.fonatur.gob.mx/es/Des_cancun/des-cancun.asp

16 Secretaria de turismo, Revpar 2005, Indicador de competitividad, <http://datatur.sectur.gob.mx>

17 Idem

18 Idem

Hay más de 26,000 habitaciones de hotel en Cancún que brindan atención a todo tipo de viajero.

El primer hotel de Cancún fue el Playa Blanca, el cual abrió sus puertas en 1974. Durante la década de 1980 Cancún era aún un destino relativamente pequeño y desconocido con sólo cerca de una docena de hoteles. Un aumento vertiginoso en la construcción en los años 1980 y 1990 catapultó a los hoteles de Cancún al escenario del turismo global. Hoy Cancún es el resort del nuevo milenio.(19)

Casi tres cuartas partes de los hoteles de Cancún son de cinco estrellas, que es la clasificación más alta que puede alcanzarse en América Latina. La Distinción AAA de Cinco Diamantes –el símbolo de excelencia más codiciado en el mundo– se le ha concedido a cuatro hoteles de Cancún, lo cual refleja el máximo lujo y sofisticación. Éstos incluyen el Ritz Carlton Cancún y el JW Marriott Cancún Spa and Resort, entre otros hoteles de lujo de Cancún.(20)

3.5.- Indicadores turísticos

La afluencia de turistas al estado de Quintana Roo en el 2007 fue de 7,005,387, de los cuales 3,004,802 fueron a Cancún (21)

Tabla 1. Ocupación Hotelera Cancún (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2006	71.35	77.77	82.60	76.44	77.83	82.80	84.64	84.64	55.60	55.30	72.30	73.00	77.77
2007	76.90	84.10	81.10	79.47	71.26	77.90	86.20	86.20	48.40	50.70	64.80	67.80	77.90

En el reporte anual del 2006 se tienen registrados 26826 cuartos de hoteles Cancún, de los cuales 18768 son de 5 estrellas (70%), 4820 son de 4 estrellas (18%), 2346 son de 3 estrellas (8.5%), 483 son de 2 estrellas (2%) y 409 son de 1 estrella (1.5). (22)

En el 2006 Quintana Roo captó el 27.26% del total de divisas que ingresaron al país por concepto de turismo, (23)

3.6.- Conclusiones

Después de conocer los conceptos de energía y el consumo que se tiene en el sector comercial, los grandes consumos que representa el uso del aire acondicionado en el sector hotelero, así como la importancia en cuanto a ingresos de dinero al país por concepto de turismo a Cancún y tomando en cuenta que el 70% de las habitaciones de hotel en Cancún son categoría 5 estrellas, para esta investigación se tomara una habitación 5 estrellas para el análisis de climatización natural.

19 Fuente: <http://cancun.travel/es/hoteles/>

20 Idem

21 Secretaria de Turismo, Quintana Roo, Indicadores turísticos 2007, www.sedetur.qroo.gob.mx

22 Secretaria de Turismo, Quintana Roo, Infraestructura Hotelera

23 Secretaria de Turismo, Quintana Roo, Ocupación Hotelera

4.- METODOLOGÍA

El mundo de la arquitectura planificada, exige menos genialidad y mayor planificación, es justamente en el área de toma de decisiones que la metodología incide de manera decisiva. En la arquitectura bioclimática se requiere manejar un sin número de variables, esto nos habla sobre la complejidad del problema.

A continuación se describen los puntos a desarrollar para este trabajo de investigación.

Objetivos

El primer paso es la definición clara del problema planteado, que para este trabajo es dar alternativas de diseño para lograr confort térmico.

El sitio

Tiene por objeto conocer, analizar y evaluar las variables ambientales para lograr una adecuada integración de la obra arquitectónica, así como aprovechar los beneficios que provee el entorno y controlar los elementos desfavorables. Los parámetros del clima son: temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, así como radiación solar.

Se realizaran tablas y graficas climáticas, estimación de datos horarios, análisis de geometría solar, matrices de climatización.

El usuario

Conocer las condiciones particulares del confort humano y propiciarlo a través de acciones y estrategias de diseño. El confort se refiere a las características ambientales en que el humano puede desarrollar actividades de manera adecuada sin afectar su salud física ni mental.

Analizar y evaluar los requerimientos de confort en relación con los requerimientos funcionales y espaciales del proyecto, se realizaran tablas relacionadas de índice de confort, horarios de uso del espacio, así como tablas de confort relacionadas con los datos climáticos horarios.

El edificio

La edificación en sí misma es un factor que determina las necesidades de calentamiento o enfriamiento, su forma y construcción influyen en que tanto las cargas internas y el clima se traducen en requerimientos de climatización.

Horario de uso

Forma y envolvente

Normatividad referente

Definición de estrategias de diseño

De calentamiento o enfriamiento

De captación o protección solar

De ventilación

Anteproyecto

Una vez definidas las estrategias de diseño se procede a realizar el anteproyecto arquitectónico.

Con esta información, es posible seleccionar cualitativamente los dispositivos o componentes arquitectónicos, considerando su forma y materiales, así como emplear del clima lo que convenga o no tomar lo que no necesitamos.

Evaluación anteproyecto

Procede entonces la evaluación térmica del anteproyecto, que da la guía o la pauta para realizar ajustes al primer planteamiento.

Esto asegura que el edificio ha sido cuidado de manera cuantitativa para que tome ventaja del clima.

Análisis y cálculos termo-físicos

En este análisis se muestra cuales son los materiales más adecuados para el proyecto , ya que cada material capta y almacena el calor de diferente manera y en diferentes lapsos, por lo que se debe utilizar según se requiera para lograr calentar o enfriar la habitación.

Análisis de balance térmico

En este análisis se muestra los flujos de energía en la estructura, y con ello se pueden controlar las condiciones térmicas del espacio interior, el balance térmico es cuando la suma de todos los flujos de calor es igual a cero.

Estudio de protecciones solares

Los dispositivos de control solar se refieren a los partesoles, celosías y a todo aquel elemento que nos permita tener cierto control sobre la radiación solar que recibe la habitación.

Después de realizar un estudio numérico sobre cuanta es la radiación que deseamos bloquear o dejar pasar, se sabrá donde se colocaran estos dispositivos de control solar, la dimensión y características de cada uno de ellos.

Análisis y cálculos de ventilación

Se calcula el flujo de aire producido por ventanas, por corrientes dinámicas y corrientes térmicas.

Análisis de riesgo de condensación

Uno de los elementos que presentan mayores riesgos en la construcción es el vapor de agua, que en condiciones particulares de temperatura interna y externa puede producir condensación superficial en los muros o techos.

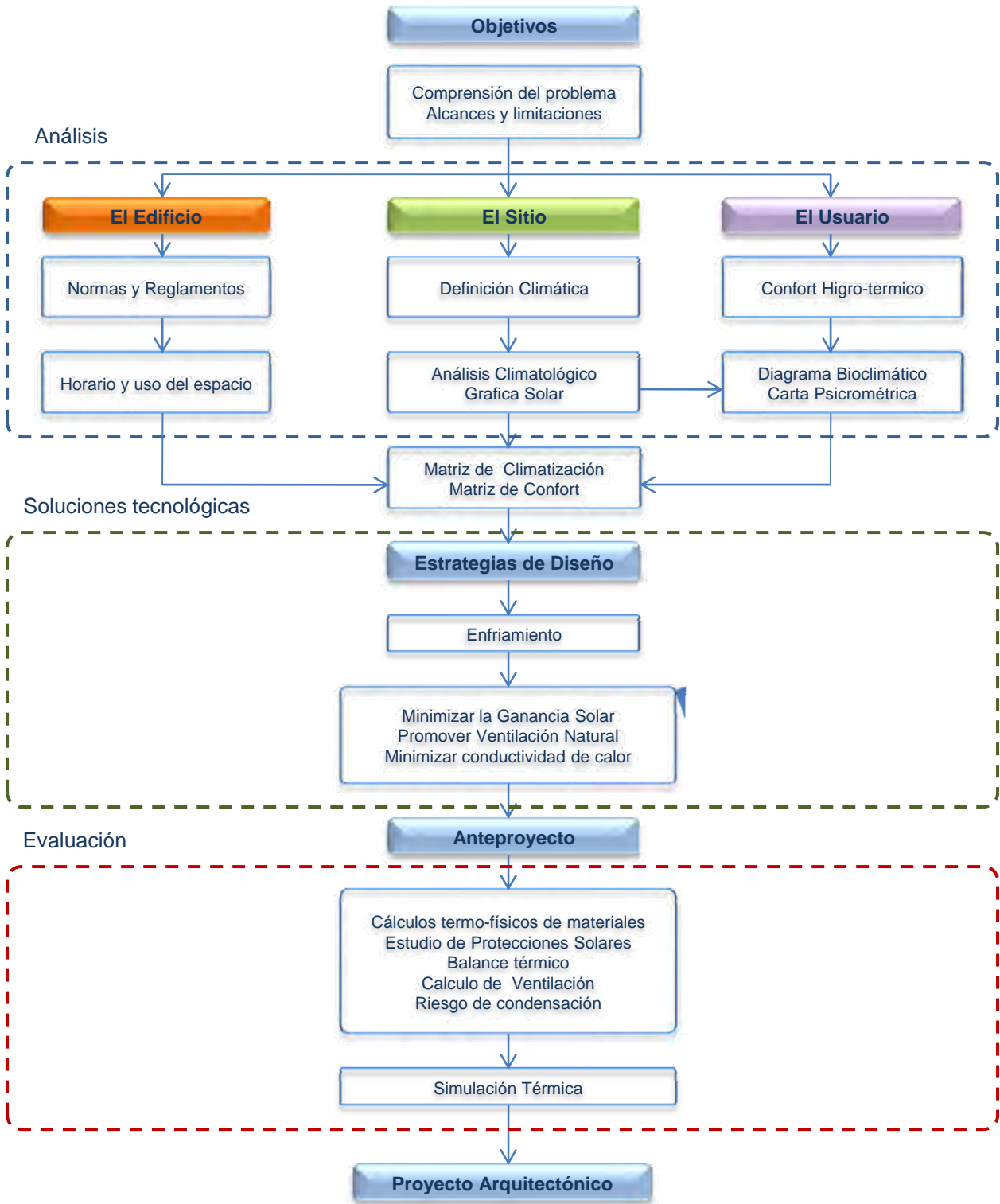
Simulación del comportamiento térmico del edificio

Por medio de cálculos se analizan las habitaciones en sus diferentes orientaciones para saber cuál es el comportamiento térmico en cada época del año y saber si estará confortable.

Para la simulación térmica del edificio es conveniente seleccionar días de diseño representativos del clima del lugar. Así, la simulación se reducirá de 365 días a sólo unos cuantos, y la información de la operación térmica de la habitación será completa.

Proyecto arquitectónico

En el proyecto arquitectónico definitivo se hacen los ajustes pertinentes arrojados por las evaluaciones realizadas.





5.- ANÁLISIS

Empezaremos por analizar la habitación, como ya se definió será una habitación 5 estrellas, para ello definiremos el área de habitación, de ventana, de iluminación, el horario de uso, así como el mobiliario de esta, después continuaremos con el análisis del clima, la trayectoria solar para Cancún y terminaremos con el análisis del usuario, una vez terminado el análisis sabremos los requerimientos de climatización natural para estar en zona de confort dentro la habitación

5.1- HOTEL

Establecimiento público donde se proporciona alojamiento y diversos servicios para la comodidad de los pasajeros que lo utilizan. Establecimiento comercial que ofrece hospedaje, alimentación y otros servicios al público, da esparcimiento y recreación día por día.

La arquitectura hotelera va relacionada con otros géneros de edificio como restaurantes, cocinas, bares, discotecas, que se estudian por separado.

En la actualidad, el concepto de hotel se relaciona con una imagen corporativa, según la cadena hotelera. La arquitectura se apoya en especialidades, como la decoración de interiores, la iluminación, en los medios de comunicación y sistemas de instalaciones automatizadas.

Hoteles Cinco estrellas. Cuenta con bar, locales comerciales, atención al huésped las 24 horas del día, salón de banquetes y convenciones, sala de proyecciones y sus instalaciones son de excelente calidad.

5.1.1.- Normas para hoteles de cinco estrellas (24)

Condiciones generales

Que la calidad de su construcción, los materiales utilizados y los servicios que presenta, constituyan un establecimiento de lujo.

Que tanto las instalaciones generales, como las particulares (de las habitaciones) sean de óptima calidad.

Que todas sus áreas construidas conserven una temperatura de confort

Que disponga de habitaciones sencillas, dobles, triples, suites y habitaciones con salón privado.

Área de habitaciones

Habitaciones. La altura mínima será de 2.30m y la superficie, sin incluir pasillo de acceso será de 23m² como mínimo, para habitación doble. Dispondrá de aislamientos acústicos en los muros y techos. El clima deberá tener una temperatura interior de confort, ya sea por medios naturales o mecánicos.

24 Armando Deffis Caso, Ecoturismo, categoría 5 estrellas.

Baños. La superficie de cada uno no será menor de 6m². Tendrán acabados interiores de óptima calidad y estarán dotados de tina, regadera, uno o dos lavamanos, inodoro. Dispondrá de agua fría y caliente.

Habitaciones suite. Serán integradas con el conjunto de dos o más habitaciones, con sus respectivos baños y un salón.

5.1.2.- Requerimientos mínimos de la secretaria de turismo. (25)

Superficie de habitación

Cuarto doble c/closet	23m ²
Baños / ducto	5m ²
Total	28m ²

Mobiliario en habitación

Escritorio, cómoda, tocador integrado
Silla o taburete
Sillón
Buró

Mobiliario y servicios en habitación

Aire acondicionado central con control individual de mando.

Iluminación

En cabecera o buró
En mesa
En tocador
En baño
Luz de cortesía o de entrada

Equipo audiovisual

TV color
Música ambiental o radio

5.1.3.- Especificaciones de construcción para clima cálido

Local	Estructura	Muros		Plafones		Pisos		Cancelería	Puertas
		B	A	B	A	B	A		
Cuarto tipo									
habitación	1 . 2	5	6	-	6	9	10 . 11	12	14
baño	1 . 2	5	7	-	5	9	11	-	14
vestidor	1 . 2	5	6	-	6	9	10 . 11	-	14
ducto	2	4	-	-	-	1	-	-	14
terracea	1	-	8	-	6	9	10	12	12

- 1.- Concreto
- 2.- Muros de carga
- 3.- Metálica

25 Fonatur, Criterios básicos de diseño.

- 4.- Aparente
- 5.- Prefabricados
- 6.- Aplanado y pintura
- 7.- Acabado vidriado
- 8.- Rustico
- 9.- Firme de concreto
- 10.- Alfombra
- 11.- Antiderrapante
- 12.- Aluminio
- 13.- Herrería
- 14.- Maderas
- 15.- Metálicas

A = Acabado

B = Base

5.1.4.- Reglamento de Construcciones para el Municipio de Benito Juárez

Por otro lado también tenemos que considerar que necesitamos de ventilación natural que para locales habitacionales en edificios de alojamiento el art 96 (26) nos dice que el área de aberturas de ventilación no será inferior al 5% del área del local.

También la iluminación es un punto importante y el art 97 nos dice que el área de las ventanas no será inferior a los siguientes porcentajes, correspondientes a la superficie del local, para cada una de las orientaciones:

Norte: 15.0%,
Sur: 20.0%,
Este y Oeste: 17.5%.

Los locales cuyas ventanas están ubicadas bajo marquesinas, techumbres, pórticos o volados, se considerarán iluminadas y ventiladas naturalmente cuando dichas ventanas se encuentren remetidas como máximo la equivalente a la altura de piso a techo de la pieza o local;

Otro punto importante es la iluminación artificial que para el caso de hoteles la norma técnica complementaria nos dice que como mínimo serán 75 luxes el nivel de iluminación

5.1.5.- ASHRAE

Otra normatividad importante es ASHRAE que tiene que ver con el confort del huésped, que en el Estandar 62-1989 establece los rangos de suministro del aire exterior requerido para la calidad del aire interior aceptable. Para habitaciones de hoteles nos indica 30cfm (51 m³h) independientemente del tamaño de la habitación.(27)

También ASHRAE nos marca como criterio de diseño el rango de confort para habitaciones de hotel que para verano es una temperatura de 23 a 26 °C con una humedad de 50 a 60% y para invierno una temperatura de 23 a 24°C y una humedad de 30 a 35% (28)

26 Reglamento de construcciones para el municipio de Benito Juárez, Capítulo III

27 ASHRAE, Educación continua, Fundamentos de Sistemas HVAC, capítulo 5, Salud ambiental y calidad de aire en interiores.

28 ASHRAE, 1999 Applications Handbook, Hotels, Motels and dormitories

5.1.6.- Equipo y uso de la habitación

Conocer cómo y cuando el edificio es habitado, es fundamental para determinar los requerimientos de calentamiento y enfriamiento del mismo.

Los espacios que tiene bajo nivel de uso y ocupación, generan poco calor interno y sus necesidades de calentamiento y enfriamiento dependen de las características del clima, si el clima es frío, los edificios necesitan calentamiento, si es cálido, necesitan enfriamiento.

En la mayoría de las construcciones, el índice y el tiempo de generación interna de calor está íntimamente relacionado con la ocupación. La gente libera calor, el cual es importante, pero aun mas cuando al entrar a la habitación, prende luces y equipo, los cuales son fuente de calor en el espacio.

Los requerimientos de enfriamiento para un edificio son acentuados frecuentemente cuando el tiempo de ganancia interna de calor coincide con las ganancias caloríficas del clima.

Las estrategias de diseño que pueden reducir la cantidad de enfriamiento durante este periodo pico, no solo reduce las necesidades energéticas del edificio, sino que también ayuda a reducir las necesidades de generación de una mayor capacidad eléctrica.

El análisis de esta sección se dividen en tres grupos: ocupación, iluminación eléctrica y equipos.

Ocupación

La energía metabólica de la gente puede contribuir sustancialmente a la cantidad de calor generado en el edificio. Este calor puede incrementar los requerimientos de enfriamiento en clima cálido.

La cantidad de calor y humedad generados por la gente, está en función del sexo, la edad, actividad y otros factores. La mayoría de los sistemas de enfriamiento pasivo no pueden eliminar el vapor de agua del aire, por eso solamente las ganancias de calor sensible se consideran para determinar aportaciones internas de calor de la gente. (29)

La ocupación del edificio se puede determinar por carga máxima o a través de las condiciones promedio.

La ocupación promedio indica la capacidad de los sistemas bajo condiciones normales.

Típicamente, la habitación no está ocupada todo el tiempo, la concentración de luz es baja, la actividad es generalmente sedentaria, la ocupación es temporal con gran uso de noche.

Los cuartos generalmente tienen exposición al exterior, los baños y vestidores no. El ducto de aire es usualmente incorporado al área de baño.

Dentro de las habitaciones se requiere del diseño de un sistema flexible para brindar confort las 24 horas del día. (30)

Iluminación eléctrica

La iluminación eléctrica aporta calor a los espacios ocupados inevitablemente, como parte de su función de iluminar. Toda la energía eléctrica que alimenta la iluminación, finalmente genera calor en los espacios ocupados.

La cantidad de calor generado por iluminación está en función del nivel de iluminación.

29 G. Z. Brown, Sol, Luz y Viento, Estrategias para el diseño Arquitectónico, pág. 46
30 ASHRAE, 1999 Applications, Chapter 5, Hotels, Motels and Dormitories.

Para conocer la cantidad de watts térmicos que existen en la habitación asignaremos un valor en watts/m², tomando los valores que nos marca la norma técnica complementaria para el proyecto arquitectónico que es de 75 luxes, la cual incrementaremos ya que el valor que se marca es el mínimo.

Realizamos un cálculo de iluminación con la siguiente ecuación.

$$NI \times A / CU \times FM = \text{Lúmenes necesarios}$$

Donde:

NI = Nivel de iluminación

Lm = Lúmenes

A = Área en m²

CU = Coeficiente de utilización

FM = Factor de mantenimiento

Habitación 3.85 X 6.00 m = 23m²

Nivel de iluminación 100 luxes

Coeficiente de utilización x factor de mantenimiento = 0.375

NI = 100 L x 23m² / 0.375 = 6133 lm

Para un flujo luminoso de 6133 lm considerando las características lumínicas de lámparas fluorescentes de necesitamos una potencia nominal de 120 watts.(31)

120 watts mas 25% de balastras = 150 Watts.

Equipos

El equipo eléctrico que funcionan en la habitación, aportan calor como consecuencia de su operación. La cantidad de calor generado está en función del tipo de equipo usado, la cantidad de equipo y con qué frecuencia se utilice.

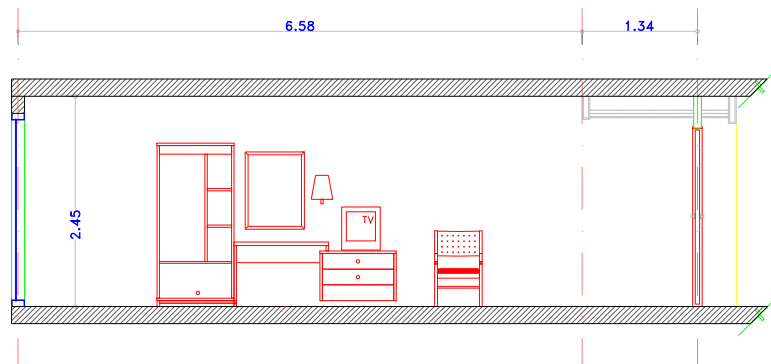
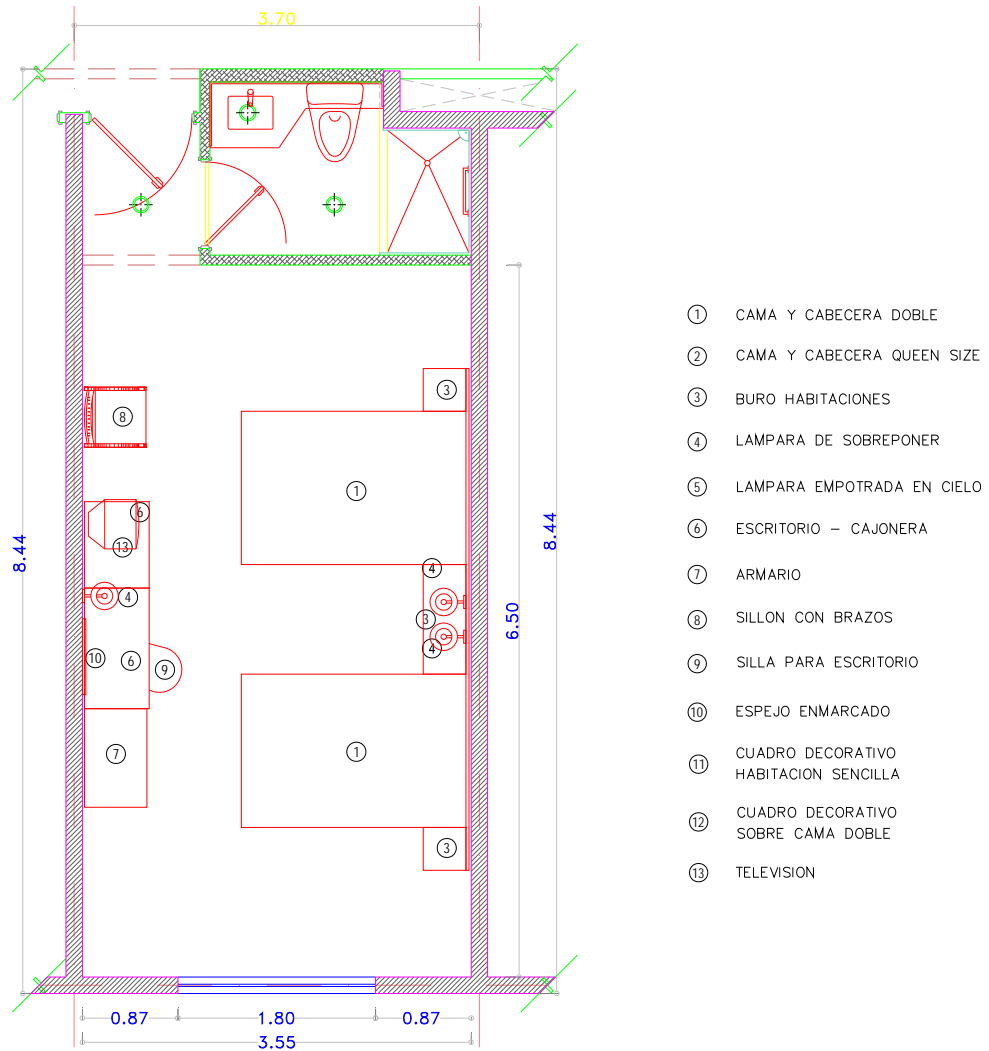
Tabla 2. Consumo de aparatos eléctricos (32)	
Aparato	Potencia (W)
TV color 21"	70
Reproductor DVD	25
Radio	40
Equipo de computo	75
Frigobar	250
	460

Tabla 3. Datos generales para habitación								
Espacio	Área	Volumen	Ocupantes	Horario	Actividad	Ganancia personas	Ganancias iluminación	Ganancias Equipos
Arquitectónico	m ²	m ³		de uso	metabólica	(w)	(w)	(w)
Habitación	23	57	2	24 horas	Descanso	206	150	460

31 Enríquez Harper, Manual práctico de alumbrado, Capitulo 1, Fundamentos de alumbrado.

32 Datos obtenidos de Comisión federal de electricidad, <http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente>

5.1.7.- Habitación caso de estudio



5.1.8.- Ejemplos de habitaciones 5 estrellas en Cancún.

Cancún Caribe Park Royal Grand (33)



Imagen 5. Habitación Deluxe, vista al mar



Imagen 6. Habitación Premiere, vista al mar

Intercontinental Presidente Cancún Resort (34)



Imagen 7. Habitación de lujo



Imagen 8. Club Floor

33 Imágenes obtenidas de <http://www.cancunfirstclass.com/principal.htm>

34 Imágenes obtenidas de <https://www.e-travelsolution.com/Partners/Reservations/Hotels/Gallery>

5.2.- EL SITIO

5.2.1.- El clima

Cancún se ubica en la península de Yucatán, dentro del municipio de Benito Juárez que está localizado por debajo del Trópico de Cáncer, 21°09' de Latitud Norte y 86°49' longitud oeste, en la zona térmica denominada Zona Tropical Norte.



Imagen 9. Ubicación, Cancún, Quintana Roo, México (35)

En cuanto a la Altitud, el municipio se encuentra al nivel del mar. Está situado en la costa oriental del continente, por lo que recibe la influencia de corrientes marinas calientes, principalmente la Corriente del Golfo de México, que propicia un clima cálido y lluvioso. El municipio se sitúa dentro de la franja de circulación de los vientos alisios del Norte, los cuales atraviesan el mar y por ello están cargados de humedad. Este tipo de viento tiene su origen en el aire que llega a la superficie terrestre traído por las corrientes descendentes subtropicales que emigran de las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión ecuatorial. La circulación del aire no encuentra barreras físicas a causa del relieve plano que presenta la Península de Yucatán.

El clima predominante del Municipio Benito Juárez se incluye dentro del Grupo A, del tipo Aw, que es cálido subhúmedo, con lluvias todo el año, aunque más abundantes en verano. Una característica que sirve como referencia para la clasificación en este grupo climático es que la temperatura media del mes más frío es mayor de 18 °C. Por otra parte, las isoyetas se encuentran cercanas a los 1,500 mm, estando los valores medios de humedad relativa en un rango del 80 al 90 % como consecuencia del régimen de lluvias prevaeciente.

De acuerdo con los datos de la CNA (36), la temperatura anual media del período es de 27.0 °C. Las temperaturas medias extremas son de 19.0 °C la mínima y 35.2 °C la máxima. De acuerdo con las temperaturas medias mensuales registradas en este período el mes más frío es enero con 24.1 °C y julio el más caluroso con 29.3 °C, con una oscilación térmica de 5.2 °C. En cuanto a la precipitación pluvial, el promedio anual es de 1,334.6 mm. De acuerdo con los datos, la mayor precipitación mensual ocurre generalmente en el mes de septiembre, el cual tiene un promedio de 231.0 mm de lluvia mensual; mientras que abril es el mes que presenta la menor precipitación mensual promedio, con un registro de 39.2 mm.

35 Mapa obtenido de www.fonatur.gob.mx/es/Des_cancun

36 Comisión Nacional del Agua

5.2.2. Elementos del clima

Los elementos del clima son las propiedades físicas de la atmósfera. Estas propiedades están en continuo cambio debido a que se inscriben en ciclos dinámicos, donde la modificación de una variable afecta a las demás.

Los más importantes para el análisis en el proceso de diseño arquitectónico son: temperatura, humedad, radiación, viento, precipitación y presión atmosférica.

Temperatura

La temperatura es un parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa por medio de una escala.

Temperatura (°C)												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	21	21	22	22	23	23	23	23	23	23	23	22
1	21	21	22	22	22	23	23	23	23	23	23	22
2	21	21	21	22	22	22	23	22	23	23	23	21
3	20	21	21	21	22	22	22	22	23	22	22	21
4	20	20	21	21	22	22	22	22	22	22	22	21
5	20	20	21	21	21	22	22	22	22	22	22	20
6	20	20	20	21	21	22	22	21	22	21	22	21
7	21	20	20	21	21	21	21	22	22	21	23	22
8	23	21	22	23	21	22	22	24	24	23	25	24
9	25	23	24	26	23	24	24	26	27	25	27	26
10	27	26	26	28	26	26	27	29	29	27	29	28
11	29	28	29	30	29	29	29	31	31	29	30	29
12	30	29	30	31	30	32	31	32	32	31	31	30
13	30	30	31	32	31	32	32	32	32	32	31	30
14	29	30	31	31	32	32	32	32	32	32	31	30
15	29	30	31	30	31	32	32	31	31	31	30	29
16	28	29	30	29	30	31	31	30	30	31	29	28
17	27	28	29	28	29	30	30	29	29	30	28	27
18	26	27	28	27	28	29	29	28	28	29	27	26
19	25	26	27	26	27	27	28	27	27	28	27	25
20	24	25	26	25	26	26	27	26	26	27	26	25
21	23	24	25	24	25	25	26	25	25	26	25	24
22	22	23	24	23	24	25	25	24	24	25	24	23
23	22	22	23	23	24	24	24	24	24	24	24	23

Tabla 4. Temperatura Horaria (°C) Cancún, Quintana Roo (37)

La principal característica es la relativa constancia de la temperatura. Si bien las variaciones a lo largo de un día pueden ser significativas, los promedios mensuales varían apenas. La temperatura media anual es de 27°C y las diferencias entre los valores medios de los diferentes meses se encuentran entre 1 y 3°C. Por otro lado, la amplitud diaria es de 10°C. La menor temperatura se presenta entre 6:00 y 7:00 am y la mayor se presenta entre 1:00 y 3:00 pm.

37 David Morillón, Atlas del bioclima de México, Instituto de Ingeniería UNAM

Humedad

La humedad es el contenido de agua en el aire, pudiéndose expresar como humedad relativa o humedad absoluta.

La humedad relativa se expresa en forma de tanto por ciento (%) de agua en el aire. La humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire y se expresa en gramos por centímetro cúbico (gr/cm^3).

La saturación es el punto a partir del cual una cantidad de vapor de agua no puede seguir creciendo y mantenerse en estado gaseoso, sino que se convierte en líquido.

Humedad Relativa (%)												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	85	82	80	84	82	82	82	84	85	82	86	85
1	86	84	82	85	84	84	84	86	87	84	87	87
2	87	86	84	86	85	85	85	87	88	85	88	88
3	88	87	85	87	87	86	86	88	88	86	89	89
4	89	88	86	88	87	87	87	88	89	87	90	90
5	92	89	87	88	88	88	88	89	90	88	92	92
6	91	91	89	90	89	88	88	90	91	91	92	91
7	86	90	88	88	90	90	90	89	89	90	87	86
8	78	85	83	81	88	88	88	81	82	82	79	78
9	69	77	75	71	81	81	81	72	73	77	71	70
10	61	68	66	65	71	71	71	63	64	67	64	62
11	56	61	58	55	62	62	62	56	57	60	59	57
12	53	55	52	51	55	55	55	52	54	55	56	54
13	52	52	49	50	52	51	51	52	53	52	55	54
14	54	52	48	52	51	50	50	53	54	51	57	55
15	57	53	50	55	52	52	52	56	57	53	59	58
16	60	56	53	59	55	55	54	60	61	55	63	61
17	64	59	56	63	59	59	58	64	65	59	66	65
18	68	63	60	67	63	63	62	68	69	63	70	69
19	72	67	64	71	67	67	67	71	73	67	74	72
20	75	71	68	74	71	71	71	75	76	71	77	76
21	78	75	72	77	75	74	74	78	79	74	80	79
22	81	78	75	80	78	77	77	81	81	77	82	81
23	83	80	78	82	80	80	80	83	84	80	84	83

Tabla 5. Humedad Horaria (%), Cancún, Quintana Roo (38)

La principal característica al igual que la temperatura es la relativa constancia de la humedad. Si bien las variaciones a lo largo de un día pueden ser significativas, los promedios mensuales varían apenas. Las diferencias entre los valores medios de los diferentes meses se encuentran entre 5 y 7%. Por otro lado, la amplitud diaria es de 40%. Presentándose la mayor humedad entre 6:00 y 7:00 am y la menor humedad entre 1:00 y 2:00 pm.

38 David Morillón, Atlas del bioclima de México, Instituto de Ingeniería UNAM

Radiación

La radiación global es la cantidad total de energía solar que alcanza una fracción de superficie en un plano horizontal. La radiación global se forma por dos componentes, uno es la radiación directa (I) y la otra es la radiación celeste (D). (39)

La cantidad de radiación solar depende de la constante solar, de la latitud de la localidad, del periodo estacional, de las partículas en suspensión en la atmósfera, del albedo de la superficie terrestre y del clima.

La radiación solar ($R=I+D$) es expresada en kwh/m^2 .

Radiación (W/m ²)												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6	0	0	0	2	13	18	5	0	0	0	0	0
7	0	9	43	138	141	164	144	119	64	53	12	3
8	137	193	226	358	423	378	361	374	304	108	128	81
9	294	441	433	616	629	616	592	420	538	516	312	286
10	491	629	704	812	834	763	781	750	625	609	301	469
11	655	741	891	924	959	908	924	886	845	655	668	388
12	778	825	969	968	1017	974	986	987	933	751	671	536
13	804	835	985	916	991	989	976	986	835	642	651	556
14	713	806	878	832	840	832	900	920	725	527	555	422
15	572	670	735	737	663	659	775	767	528	217	458	260
16	375	484	382	528	426	532	614	514	332	113	244	192
17	182	275	190	299	366	380	390	288	100	39	74	63
18	16	51	57	103	135	80	159	94	34	1	0	0
19	0	0	0	0	4	10	9	0	0	0	0	0

Tabla 6. Radiación Horaria (w/m^2), Cancún, Quintana Roo (40)

La mayor radiación se presenta a las 12:00 pm llegando a valores de 1000 w/m^2 , como se puede observar los meses con mayor radiación son mayo, junio y julio, los meses con menor radiación son diciembre y enero.

Viento

El viento tiene diversos atributos que lo caracterizan, como son direcciones, frecuencia y velocidad.

La dirección es la orientación de la que proviene el viento.

La frecuencia es el porcentaje en el que se presentó el viento de cada una de las orientaciones.

La velocidad del viento es la distancia recorrida por el flujo del viento en una unidad de tiempo.

Como podemos observar en la tabla el viento tiene un patrón constante de dirección este, noreste y sureste, manteniéndose constante durante todo el año con un promedio de velocidad de 5 m/s con máximos de 10 m/s y mínimos de 3 m/s .

39 Rodríguez Viqueira, Introducción a la arquitectura Bioclimática

40 Datos obtenidos de la Estación Meteorológica Automática Cancún, Quintana Roo, SMN, CNA

Viento, Velocidad (m/s) Dirección												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	3.86	4.61	4.43	7.61	4.89	5.40	4.74	3.31	5.79	4.35	5.13	7.71
	E	E	E	E	E	E	E	E	O	NE	E	E
1	4.39	5.13	3.82	7.10	4.60	5.53	4.06	3.29	6.47	4.01	4.38	8.51
	NO	E	SE	E	E	SE	E	E	O	NE	NO	E
2	4.72	4.93	4.33	6.72	3.93	5.19	2.93	4.00	7.25	4.13	4.19	7.18
	SE	E	E	E	E	E	E	E	O	NE	NO	NE
3	4.83	5.11	4.57	6.81	3.64	5.64	2.25	2.90	5.63	4.75	4.74	9.01
	SE	E	E	E	E	E	E	E	O	NE	NO	NE
4	4.81	5.31	3.82	6.38	3.74	5.72	2.26	2.36	5.13	4.75	4.50	9.11
	NO	E	E	E	E	E	E	E	O	NE	NO	NE
5	4.58	5.54	4.03	6.25	3.13	6.04	2.21	2.33	6.32	4.64	4.18	10.28
	NO	SE	E	E	E	E	E	E	SO	NE	NO	E
6	2.58	5.58	4.22	7.76	2.92	4.90	2.60	2.57	6.79	4.63	4.92	10.04
	NO	SE	E	E	E	E	E	E	SO	NE	NO	E
7	2.31	5.04	3.71	7.99	2.99	4.75	1.61	4.03	6.93	5.03	4.24	10.57
	NO	SE	SE	E	E	E	E	NE	SO	NE	NO	E
8	4.46	5.25	3.65	7.63	5.01	4.56	1.21	5.13	6.00	5.10	6.33	10.49
	NO	SE	SE	E	E	SE	E	E	SO	NE	SE	E
9	4.75	5.86	3.03	6.60	4.46	4.11	2.49	4.60	5.53	5.19	5.89	9.69
	SE	SE	SE	E	E	SE	E	E	O	E	SE	E
10	4.56	5.88	5.10	7.10	4.65	3.94	3.42	3.43	5.44	5.74	6.31	9.65
	E	SE	E	E	E	E	E	E	O	E	E	E
11	5.01	5.94	4.92	7.82	3.81	4.13	3.75	4.18	8.18	5.42	6.46	9.38
	SE	SE	E	E	E	E	E	E	SE	E	E	E
12	4.19	6.06	4.89	6.22	4.07	4.58	3.65	4.72	7.17	5.22	5.11	9.46
	SE	SE	SE	E	E	E	E	E	SE	E	E	E
13	3.69	5.56	3.74	3.43	4.33	5.76	2.67	5.04	5.25	6.29	4.63	9.61
	E	SE	SE	E	E	E	E	E	SE	E	E	NE
14	3.67	6.07	4.04	3.74	4.85	6.39	1.61	4.82	5.33	6.42	4.92	8.68
	E	SE	E	E	E	E	E	E	SO	E	E	E
15	3.53	5.24	3.69	4.26	4.68	5.14	2.72	6.07	6.31	6.11	5.42	8.79
	E	SE	E	E	E	E	E	NE	O	E	E	NE
16	4.00	4.86	3.92	4.17	4.82	5.93	4.65	4.90	6.99	6.08	4.82	9.00
	E	SE	E	E	E	E	E	NE	SE	E	E	E
17	4.94	5.68	4.88	4.51	5.04	3.89	2.57	4.57	6.76	6.42	4.68	8.29
	E	SE	E	E	E	E	E	E	SO	E	E	E
18	6.24	5.19	5.14	6.75	4.79	4.47	4.25	5.49	7.21	7.56	4.28	8.26
	E	SE	E	E	E	E	E	E	SO	E	E	E
19	4.40	4.96	5.90	7.32	6.57	7.28	3.86	3.74	6.92	7.15	4.54	5.72
	SE	SE	E	E	E	E	E	E	SE	E	E	NE
20	4.17	5.01	5.14	6.68	6.33	7.39	2.65	3.11	5.21	6.93	5.78	4.68
	E	E	E	E	E	E	E	E	SE	NE	E	E
21	4.38	4.64	6.31	7.10	5.60	7.54	4.63	3.69	5.58	7.01	5.32	5.38
	E	E	E	E	E	E	E	E	SE	NE	E	E
22	3.28	4.43	5.57	8.24	5.36	7.06	5.21	3.67	4.69	5.75	4.36	6.64
	E	E	E	E	E	E	E	E	O	NE	NO	E
23	3.28	4.92	5.11	7.01	4.21	4.92	5.04	4.17	5.58	4.76	5.04	5.47
	E	E	E	E	E	E	E	E	O	NE	NO	E

Tabla 7. Viento Horario, velocidad (m/s) y dirección, Cancún, Quintana Roo (41)

41 Datos obtenidos de la Estación Meteorológica Automática Cancún, Quintana Roo, SMN, CNA

Presión Barométrica

La presión atmosférica es el peso de la masa de aire por unidad de superficie. Por este motivo, la presión suele ser mayor a nivel del mar que en las cumbres de las montañas, aunque no depende únicamente de la altitud.

Las grandes diferencias de presión se pueden percibir con cierta facilidad. Con una presión alta nos sentimos más cansados, por ejemplo, en un bochornoso día de verano. Con una presión demasiado baja nos sentimos más ligeros, pero también respiramos con mayor dificultad.

La presión "normal" a nivel del mar es de 1013 milibares y disminuye progresivamente a medida que se asciende.

Presión Barométrica (mbar)												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1014	1010	1012	1008	1008	1010	1009	1010	1004	1008	1010	1013
1	1013	1010	1011	1008	1007	1009	1009	1009	1003	1007	1009	1013
2	1013	1009	1010	1008	1007	1008	1008	1009	1003	1007	1009	1012
3	1013	1008	1010	1007	1006	1008	1008	1008	1002	1007	1009	1012
4	1013	1009	1009	1007	1006	1008	1008	1008	1001	1007	1009	1012
5	1013	1009	1009	1007	1006	1008	1008	1008	1001	1007	1009	1012
6	1014	1009	1010	1008	1007	1008	1008	1009	1001	1008	1009	1012
7	1014	1009	1011	1008	1007	1009	1009	1009	1001	1008	1010	1012
8	1014	1010	1012	1009	1008	1009	1009	1010	1002	1009	1010	1013
9	1014	1010	1012	1009	1008	1009	1010	1010	1002	1009	1011	1013
10	1015	1011	1012	1009	1009	1009	1010	1011	1002	1009	1011	1014
11	1015	1011	1012	1009	1009	1009	1010	1011	1002	1010	1010	1014
12	1014	1010	1012	1009	1008	1009	1010	1010	1002	1009	1010	1013
13	1013	1010	1011	1008	1008	1008	1010	1010	1001	1008	1009	1012
14	1012	1009	1010	1008	1007	1008	1009	1009	1001	1007	1008	1012
15	1012	1008	1010	1007	1007	1008	1009	1008	1000	1007	1008	1011
16	1011	1008	1009	1007	1006	1007	1009	1008	1000	1007	1008	1011
17	1011	1008	1009	1007	1006	1007	1008	1008	1000	1007	1008	1011
18	1012	1008	1009	1007	1006	1007	1008	1008	1000	1007	1009	1011
19	1013	1009	1011	1008	1006	1008	1009	1008	1004	1007	1009	1012
20	1014	1010	1011	1008	1007	1009	1009	1009	1005	1008	1009	1013
21	1014	1010	1012	1009	1007	1009	1009	1010	1005	1008	1010	1013
22	1014	1010	1012	1009	1008	1010	1009	1010	1005	1008	1010	1014
23	1014	1010	1012	1009	1008	1010	1010	1010	1005	1008	1010	1014

Tabla 8. Presión Barométrica Horaria, (mbar), Cancún, Quintana Roo (42)

Como Cancún se encuentra a nivel del mar, la presión barométrica se mantiene en 1013 mbar.

42 Datos obtenidos de la Estación Meteorológica Automática Cancún, Quintana Roo, SMN, CNA

Precipitaciones

Es agua procedente de la atmósfera que, en forma sólida o líquida, se deposita sobre la superficie de la tierra. La precipitación puede ser sensible o insensible, ya sea que tenga forma de lluvia, granizo, llovizna, nieve o rocío, bruma o niebla.

La forma más común de precipitación es la pluvial, es decir, aquella que llega a la superficie en gota. Se mide en milímetros de precipitación pluvial en un periodo determinado, donde un milímetro es un litro por metro cuadrado.

Se establecen mediante los totales recogidos en los pluviómetros, las cantidades se suman y determinan el régimen pluviométrico del lugar o zona, estimándose como lugar seco o húmedo o estación húmeda o de humedad constante.

El servicio meteorológico nacional en sus normales climatológicas nos dice que hay 115 días con lluvia, octubre como el mes más lluvioso con 16 días y abril como el menos lluvioso con solo 4 días (43)

5.2.3.- Sistema de agrupación de ciudades para el diseño bioclimático.

El objetivo fundamental de esta agrupación climatológica de localidades es asociarla de acuerdo con sus requerimientos de diseño.

Se busca un sistema para la agrupación de ciudades que permitiera identificar con facilidad sus requerimientos bioclimáticos generales, ya que la clasificación de Enriqueta García no es práctica para fines arquitectónicos porque interrelaciona en una forma compleja al menos cuatro datos climatológicos. Por ello es difícil que la puedan entender personas con pocos conocimientos de climatología. Por otra parte, las agrupaciones derivadas de esta clasificación no corresponden, en algunos casos, a los parámetros de confort, ni a las estrategias de diseño arquitectónico.

Figueroa y Fuentes, del grupo de arquitectura bioclimática de la UAM, sobre la base de las características del clima relacionados al confort y a su clasificación oficial, efectuaron diversos reordenamientos comparándolos en sus parámetros básicos de confort humano. Estos parámetros son la temperatura y la humedad relativa, como han sido establecidos por diversos autores como Olgyay, Givoni y Szokolay.

Para esta clasificación se utiliza como parámetros base la temperatura promedio del mes más cálido y la precipitación pluvial anual. Ambos datos se pueden obtener con facilidad para cualquier estación meteorológica, ofreciendo un sistema consistente con el oficial y que a la vez se adapta a los rangos de confort higrotérmico.

Se considera la temperatura promedio del mes más cálido para determinar los requerimientos de enfriamiento, confort o calefacción para el verano en tres rangos:

- Menores de 21 °C para requerimientos de calefacción
- Entre 21 y 26 °C para la zona de confort térmico
- Mayores de 26°C para requerimientos de enfriamiento.

La precipitación pluvial anual se usa para determinar los grados de aridez o humedad, en tres rangos.

43 Datos obtenidos de las normales climatológicas, estación Cancún, Quintana Roo, SMN, CNA

Menos de 350 mm para climas secos
 Entre 650 y 1000 mm para confort higrométrico
 Mayores a 1000 mm para climas húmedos.

Con estos seis grupos se obtiene las zonas de los siguientes climas.

		21°C		26°C	
Menores de 650	Frío seco		Templado seco		Cálido seco
650 mm					
	Frío		Templado	Cálido	
1000 mm	Frío húmedo		Templado húmedo	Cálido húmedo	

Conclusiones

Nuestro caso de estudio se encuentra en un clima cálido húmedo el cual presentan requerimientos de enfriamiento durante todo el año y tienen regímenes muy elevados de precipitación pluvial, por lo que son muy húmedos, y su estrategia básica es la ventilación. Se clasifican como climas Af, Am, Aw y son ejemplificados por Campeche, Tampico, Cozumel, Villahermosa. (44)

5.2.4.- Geometría solar

Le energía proveniente del sol es la fuente primaria de calor y luz en la tierra. La localización, orientación y forma de un edificio deben analizarse cuidadosamente para obtener el máximo provecho de estos beneficios. El control de la radiación solar es el más importante.

La grafica solar es una herramienta que permite conocer las características geométricas del soleamiento en cualquier sitio sobre la tierra y en cualquier momento del año. Estas características son básicamente dos:

Altura solar. Angulo formado por el rayo solar y la proyección de este sobre el plano horizontal del sitio, el valor de la altura solar se encuentra mediante la siguiente expresión:

$$\text{Sen } h = (\text{sen } \delta * \text{sen } \varphi) + (\text{cos } \delta * \text{cos } \varphi * \text{cos } \omega)$$

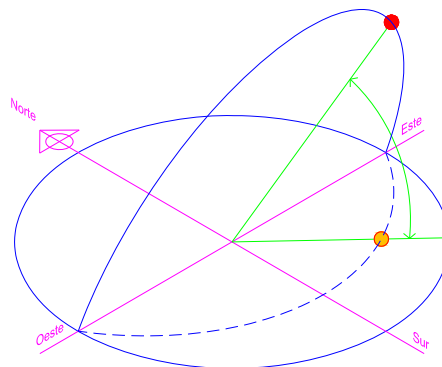


Imagen 10. Altura solar

Azimut solar. Angulo formado por la proyección del rayo solar en el plano horizontal del sitio y la intersección de este con la línea Norte-Sur, medido a partir de esta última, tanto desde el sur como desde el norte, de acuerdo al cuadrante en que se encuentre, el valor del azimut solar se encuentra mediante la siguiente expresión:

$$\text{Sen } a = (\text{cos } \delta * \text{sen } \omega) / \text{cos } h$$

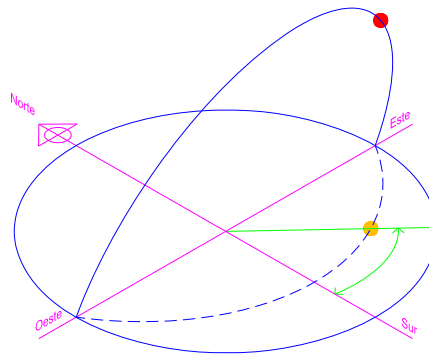


Imagen 11. Azimut solar

Donde

φ = Latitud del sitio, en grados

δ = Declinación solar para el día en cuestión, en grados

ω = Angulo horario

Los datos que se requieren para trazar cualquier grafica solar, son los siguientes:

Latitud del sitio. Expresado en grados y con la indicación si se refiere al hemisferio norte o al sur.

Declinación solar. La máxima oscilación de este concepto queda expresada por el valor de oblicuidad entre el plano del ecuador y el de la eclíptica, es decir -23.45 y 23.45. Las fechas en las que ocurre tal declinación corresponden a los solsticios, de invierno (21 de diciembre) y verano (21 de junio). Durante los equinoccios el valor de la declinación es 0. Para el resto de los días, el valor de la declinación se encuentra mediante la siguiente expresión:

$$d = 23.45 * \text{sen} (360 * (284+n) / 365)$$

Donde

n = el numero ordinario del día, es decir para el primero de enero es 1 y para el 31 de diciembre es 365.

Longitud del sitio. Como las lecturas que se hacen sobre la grafica solar se expresan en términos de hora solar, habrá que hacer correcciones, por longitud, ya que la hora civil no corresponde a la real. Esta se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$dT = (LS - LA) * 4$$

Donde

dT = Es la diferencia en minutos en que se desvía la hora civil de la solar.

LS = Es la longitud del sitio.

LA = Es la longitud del meridiano de referencia horaria oficial.

4 = Es el numero de minutos que tarda en girar la tierra un grado de longitud.

El valor encontrado se suma algebraicamente a la hora solar para encontrar la hora civil en la que ocurren los datos de la grafica solar.

Ecuación del tiempo. Hay que considerar las diferencias de velocidad en el movimiento terrestre, por lo que algunos días son más cortos que otros. Para cada día del año habrá un valor en minutos que habrá que sumar o restar, para llegar a un ahora solar más exacta. Los valores de la ecuación del tiempo se obtienen mediante la siguiente expresión.

$$F = 360 (n - 81) / 364 (\text{en grados})$$

Donde

n = Numero ordinal del día

$$ET = 9.87 \text{sen} (2f) - 7.53 \text{cos} (f) - 1.5 \text{sen} (f)$$

El valor de la ecuación del tiempo se suma algebraicamente a la hora civil corregida con relación a la diferencia de longitud.

Tiempo solar verdadero. Se calcula en términos de la hora oficial (hora del reloj), según el uso horario que le corresponda al punto geográfico de que se trate, como sigue:

$$T_{sv} = H_o + (LS - LA) * 4 + ET$$

Donde

Tsv = Tiempo solar verdadero

Ho = hora civil (hora del reloj)

LS = Es la longitud del sitio.

LA = Es la longitud del meridiano de referencia horaria oficial.

4 = Es el numero de minutos que tarda en girar la tierra un grado de longitud.

ET = Ecuación del tiempo

Tabla 9. UBICACIÓN GEOGRÁFICA					
				Latitud	21.17
				Longitud	-86.83
				Longitud ref	-90
FECHA					
Marzo		21	Día Juliano		80
DECLINACIÓN					
				d=	-0.404
UBICACIÓN SOLAR					
Hora	Dt (min)	Et (min)	Hora sv	altura solar	azimut
06:00	0:12:41	0:07:51	6:04:50	0.98	-89.19
07:00	0:12:41	0:07:51	7:04:50	14.94	-83.62
08:00	0:12:41	0:07:51	8:04:50	28.73	-77.24
09:00	0:12:41	0:07:51	9:04:50	42.11	-68.88
10:00	0:12:41	0:07:51	10:04:50	54.56	-56.15
11:00	0:12:41	0:07:51	11:04:50	64.56	-33.71
12:00	0:12:41	0:07:51	12:04:50	68.39	-3.29
13:00	0:12:41	0:07:51	13:04:50	63.24	38.31
14:00	0:12:41	0:07:51	14:04:50	52.66	58.67
15:00	0:12:41	0:07:51	15:04:50	40.00	70.44
16:00	0:12:41	0:07:51	16:04:50	26.52	78.36
17:00	0:12:41	0:07:51	17:04:50	12.69	84.55
DIA SOLAR					
				ds=	11:58 Hrs

Datos de ubicación del sol para el 21 de marzo, Cancún, Quintana Roo.

Donde

Dt = Corrección por longitud

Et = Corrección por ecuación del tiempo

Hora sv = Tiempo solar verdadero

La grafica solar muestra, la posición del sol sobre la bóveda celeste, tanto en altura como en azimut, según el mes y la hora del día. Los círculos concéntricos espaciados a cada 10°, representan la altura solar. El círculo externo corresponde a 0° y representa el horizonte, mientras que el punto central corresponde a 90° y representa en cenit. Las líneas que parten del centro hacia la periferia, espaciadas a cada 10°, representan el azimut solar medido a partir del sur, que es negativo al este y positivo al oeste. Los puntos representan la posición del sol a cada hora del día y en cada uno de los meses del año. Esta información representa las trayectorias solares.

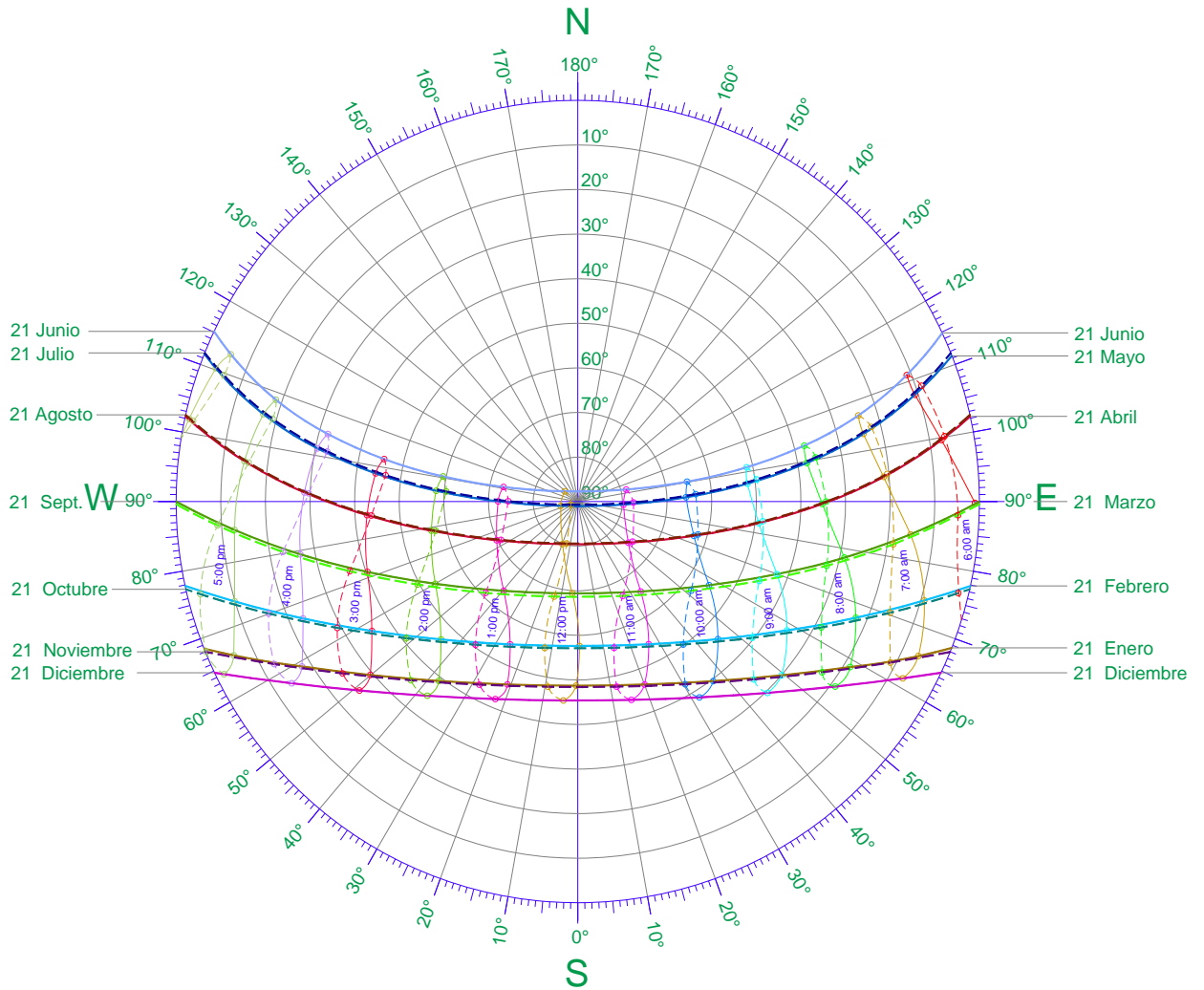


Imagen 12. Grafica Solar Equidistante para Cancún, Quintana Roo

Conclusiones

Debido a la latitud, la posición del sol presenta importantes diferencias según la orientación. Así, la radiación que incide en las fachadas este y oeste es muy distinta de aquella que incide en las fachadas norte y sur. Las paredes y ventanas que se encuentran al este y oeste reciben a lo largo del año considerablemente más radiación que aquellas que se encuentran en la fachada norte y sur.

5.3.- EL USUARIO

5.3.1.- Confort térmico

Para comprender los requerimientos para el confort humano, es necesario conocer cuál es el equilibrio de calor del cuerpo. Existen flujos de calor internos del cuerpo y rangos de generación que involucran los mecanismos que usa el cuerpo para controlar su temperatura y el efecto que la actividad provoca en esa generación. La transferencia de calor entre el cuerpo y su entorno, involucra el estudio de convección, conducción, radiación y evaporación, así como el estudio del efecto de aislamiento que produce la vestimenta.

El cuerpo humano es, entre otras cosas, una bomba de calor, el cual necesita perder constantemente y a una rapidez determinada, y fijada por el metabolismo de la persona. La descarga de calor a cierta rapidez que permite mantener la temperatura corporal entre 36.5 y 37.5 °C con el mínimo esfuerzo, permite el desarrollo del trabajo fisiológico en óptimas condiciones; esto es lo que se reconocerá como condiciones de comodidad.

Consideraciones fisiológicas para el confort humano

Dependiendo del nivel de actividad, el cuerpo humano genera calor en rangos que van desde 90 a 900 W/h. El calor se genera como parte del proceso metabólico que mantiene al cuerpo funcionando y le permite realizar tareas. La temperatura del cuerpo, por otro lado, debe mantenerse entre límites mínimos para evitar incomodidad.

Para mantener la temperatura del cuerpo, debe haber un equilibrio entre el rango de generación de calor y el rango de disipación de calor hacia el entorno, a través de la piel y el sistema respiratorio, a una temperatura que sea compatible con los requerimientos del cuerpo.

El cuerpo regula automáticamente la temperatura interna al aumentar o disminuir el flujo de sangre a la piel. Si el flujo de sangre no es suficiente para que el cuerpo se mantenga, entonces se presentará la actividad involuntaria (como tiritar) o actividad muscular voluntaria para generar más calor.

Tabla 10. Respuestas fisiológicas usadas en la regulación de la temperatura del cuerpo (45)

Zona Neutral	
Sin regulación de temperatura requerida por el cuerpo	
Sin arropar	Temperatura ambiente de 28° a 31°C
Ligeramente arropados	Temperatura ambiente de 22° a 27°C
Demasiado frio	
Disminuye el flujo de sangre a la piel	
Aumenta la generación de calor	
Demasiado Calor	
Aumenta el flujo de sangre a la piel	
Se presenta el sudor	
Se acelera la respiración	

45 ASHRAE, Educación continua, Fundamentos de Sistemas HVAC, capítulo 4, Conceptos de confort.

Producción de energía metabólica

La energía metabólica total producida dentro del cuerpo es una combinación de la energía para desarrollar un nivel de actividad y energía para controlar la temperatura del cuerpo. Una porción de la energía metabólica se gasta en el trabajo realizado por los músculos. Si la energía metabólica total es M y el trabajo es W , entonces la energía neta ($M - W$) debe ser, o almacenada (ocasionando esto que la temperatura del cuerpo se eleve) o disipada al ambiente a través de la piel y el tracto respiratorio. El valor de W rara vez supera el 10% de M , por lo cual nos interesa particularmente la energía metabólica M .

La unidad de generación de calor metabólica se conoce como "met". El rango metabólico promedio de generación de calor de una persona sentada tranquilamente es de 18.43 Btu/h por pie cuadrado de área de superficie corporal y como resultado, existe una equivalencia donde $1 \text{ met} = 18.43 \text{ Btu hft}^2$ (104 w). Debido a que el met se define en términos de una unidad de área de superficie corporal, tanto las personas más pequeñas, como las más grandes, producirán la misma cantidad de mets para un determinado nivel de actividad, pero la persona más grande impondrá en realidad una carga total más alta para un sistema de climatización.

Tabla 11. Producción de energía metabólica para diversas actividades (46)			
Actividad		met	Watts
Reposo			
Durmiendo		0.7	74
Reclinado		0.8	85
Sentado y quieto		1	105
Parado relajado		1.2	125
Caminando			
0.90 m/s	3.24 km/h	2.0	210
1.35 m/s	4.86 km/h	2.6	273
1.77 m/s	6.37 km/h	3.8	397
Actividades recreativas			
Baile		2.4 a 4.4	250 a 460
Ejercicio		3.0 a 4.0	312 a 420

46 ASHRAE, Educación continua, Fundamentos de Sistemas HVAC, capítulo 4, Conceptos de confort.

Consideraciones de transferencia de calor para el confort humano

El cuerpo disipa calor y humedad de la piel, mediante convección, conducción, radiación y evaporación. El proceso de evaporación implica tanto la transferencia de calor (debido al calor de vaporización) como a la transferencia de la masa, debida a la humedad que despiden el cuerpo. Incluso, la "piel seca" se enfría por evaporación, debido a la difusión de humedad a través de la piel. También ocurre una pérdida significativa de calor la respiración.

Tanto el calor sensible, como el latente salen del cuerpo con cada respiración exhalada. El calor sensible es aquel calor asociado con el cambio de temperatura entre el aire frío inhalado y el aire tibio exhalado. El calor latente tiene que ver con el calor de la vaporización del agua del cuerpo, que es exhalada como vapor en el aire. Debemos enfocarnos a la transferencia de calor, ya que ésta afecta las cargas de enfriamiento, pero también a la transferencia de humedad, ya que ésta afecta el control de la humedad.

Los mecanismos de transferencia de calor son importantes, ya que en última instancia, el equilibrio entre el rango metabólico interno de generación de calor y el rango de disipación de calor por la transferencia de la piel y los pulmones, es lo que determina la respuesta fisiológica del cuerpo que ya se comentó: se vio que el factor principal que afecta al rango metabólico de generación es sin duda el nivel de actividad.

La ropa tiene un impacto más importante en nuestro sentido de confort, ya que actúa como barrera para que la piel transfiera calor. La unidad de aislamiento llamada clo ha sido creada para expresar la resistencia térmica de la ropa. Un traje pesado de dos piezas con accesorios normales (camiseta, corbata, camisa, trusa, calcetines y zapatos) constituye lo que sería una resistencia térmica de 1 clo.

$$1 \text{ clo} = 0.88 \text{ ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}/\text{Btu. (} 0.155\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{k}/\text{w)}$$

Tabla 12. Valores de unidades CLO 47	
Tipo de vestido	Unidades CLO
Desnudo	0.0
Pantalones cortos	0.1
Ropa tropical ordinaria	0.3
Ropa ligera de verano	0.5
Traje típico de negocios	1.0
Traje grueso con chaleco y ropa interior de lana	1.5

47 ASHRAE, Educación continua, Fundamentos de Sistemas HVAC, capítulo 4, Conceptos de confort.

5.3.2.- Zona de confort higrotermico

Para determinar la zona de confort, primero es necesario encontrar el termopreferéndum o temperatura de confort.

El termopreferéndum acepta un umbral de confort de 2.5°C por arriba de T_n , para encontrar el límite superior de la zona de confort, y de 2.5°C por debajo de T_n , para encontrar el límite inferior de la zona de confort, es decir, el intervalo de la zona de confort es de 5°C. Las temperaturas ambiente por arriba de ese umbral indican periodos sobrecalentados y las temperaturas por debajo indican periodos fríos.

Para determinar las sensaciones térmicas, se siguió un método que involucra varias herramientas, y cuyos pasos se enumeran a continuación:

- 1) Obtener los datos climáticos siguientes: temperaturas promedio máximas y mínima mensuales, y temperatura media.
- 2) Calcular la posición del centro de la zona de confort (T_n), mediante la expresión propuesta por Auliciems.

$$T_n = 17.6 + 0.31 (T_o), \text{ en } ^\circ\text{C}$$

Donde

T_n temperatura de confort

T_o temperatura media por mes

La t_n nos permite ubicar el centro de la zona de confort térmico para cada mes de la localidad de estudio.

Mes	Zona de Confort			
	T_o	$T_{p-2.5}$	T_p	$T_{p+2.5}$
enero	24.30	22.63	25.13	27.63
febrero	24.70	22.76	25.26	27.76
marzo	25.70	23.07	25.57	28.07
abril	27.40	23.59	26.09	28.59
mayo	28.60	23.97	26.47	28.97
junio	29.10	24.12	26.62	29.12
julio	29.30	24.18	26.68	29.18
agosto	29.20	24.15	26.65	29.15
septiembre	28.70	24.00	26.50	29.00
octubre	27.40	23.59	26.09	28.59
noviembre	26.20	23.22	25.72	28.22
diciembre	24.70	22.76	25.26	27.76

Tabla 13. Termopreferendum o centro de la zona de confort para cada mes en Cancún, Quintana Roo

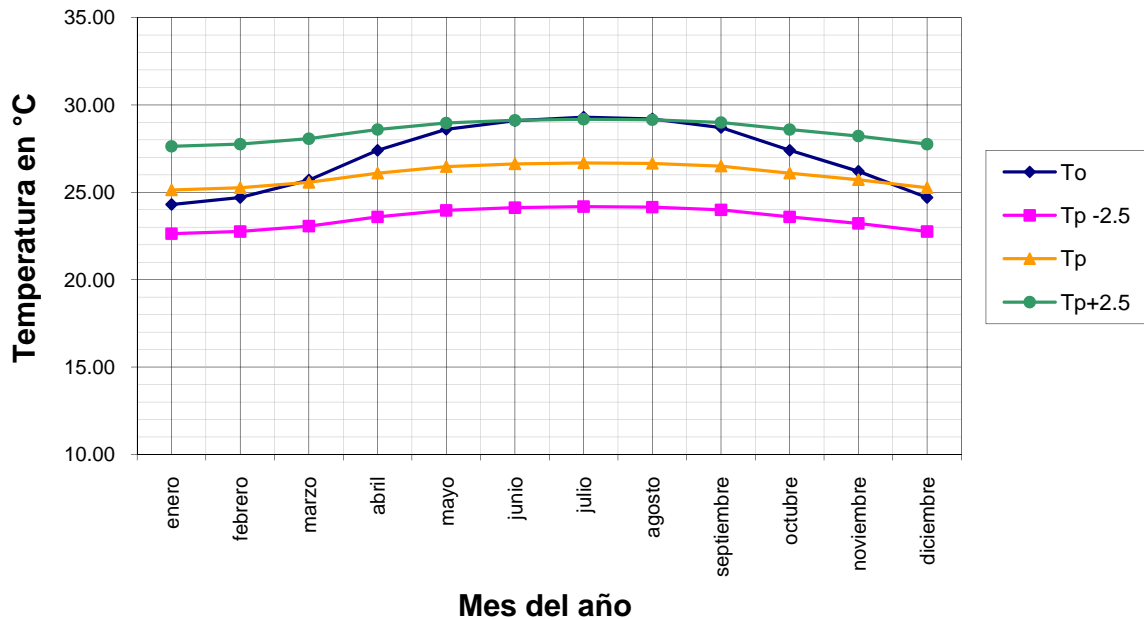


Imagen 13. Zonas de confort a lo largo del año

- 3) Para definir las sensaciones higrotermicas, se utiliza la carta bioclimática de Olgay, adaptadas para cada mes con la T_n y 50% de humedad relativa. Posteriormente se procesan los datos de temperatura y humedad relativa horaria de cada mes, y se identifican las necesidades de calentar, enfriar o simplemente apreciar las condiciones de confort.
- 4) Se construye el diagrama de isorrequerimientos de climatización, con base en los resultados obtenidos en la carta bioclimática de cada mes.

5.3.3.- Grafica Bioclimatica de Olgay

La evaluación bioclimática es el punto de partida para cualquier proyecto arquitectónico que aspire a proporcionar un entorno climático equilibrado. Las condiciones climáticas predominantes de un lugar pueden graficarse fácilmente en la tabla, y esta mostrara cuales son las disposiciones correctivas necesarias para alcanzar el estado de confort.

Muchas de esas medidas pueden conseguirse por medios naturales, es decir, adaptando el diseño arquitectónico a los elementos climáticos existentes. Otros problemas, cuya resolución se encuentra fuera de las posibilidades naturales, deberán ser remediados mecánicamente, por ejemplo, con aire acondicionado.

Los efectos de los elementos climáticos pueden, a partir de estudios separados, agruparse y expresarse en una grafica única. Dicha grafica muestra la zona de confort en el centro. Los elementos climáticos alrededor están representados por curvas, lo cual indica la naturaleza de las medidas correctivas necesarias para recuperar la sensación de confort en cualquier punto situado fuera de la zona.

La carta bioclimática se construye colocando la temperatura seca en el eje de ordenadas y la humedad relativa en el de abcisas. En medio podemos observar la zona de confort. Cualquier condición climática determinada por su temperatura seca y su humedad relativa puede dibujarse en esta grafica (*ver punto 1 de la grafica*). Si el punto trasladado a la tabla cae dentro de la zona de confort nos sentiremos bien a la sombra. Si el punto cae fuera de dicha zona necesitaremos aplicar medidas correctivas.

Si el punto se encuentra por encima del perímetro superior de la franja de confort significa que se necesita viento (*ver punto 2 de la grafica*). La forma en que el efecto del viento sirve para recuperar la sensación de confort desplazando las altas temperaturas, se expresa en la grafica con líneas paralelas próximas que siguen el límite superior del perímetro de la zona de confort. Los números indican las velocidades de viento necesarias en calores de metros por segundo.

Si la temperatura es alta y la humedad relativa baja nos sentimos demasiado secos y calientes, en este caso los vientos no ayudan demasiado. El frío por evaporación es el elemento adecuado para combatir las altas temperaturas (*ver punto 3 de la gráfica*). Las líneas a puntos indican los cm^3 de humedad por cada kilogramo de aire necesario para reducir las temperaturas al nivel situado en el perímetro superior de confort.

En el perímetro inferior de la franja de confort se encuentra una línea divisoria, los puntos situados por encima de la misma necesitan sombra, por el contrario, los que se encuentran en la parte de abajo lo que necesitan es radiación para contrarrestar las temperaturas secas tan bajas (*ver punto 4 de la grafica*). Los índices de kcal necesarias para restituir la sensación de confort están expresados para el exterior solamente.

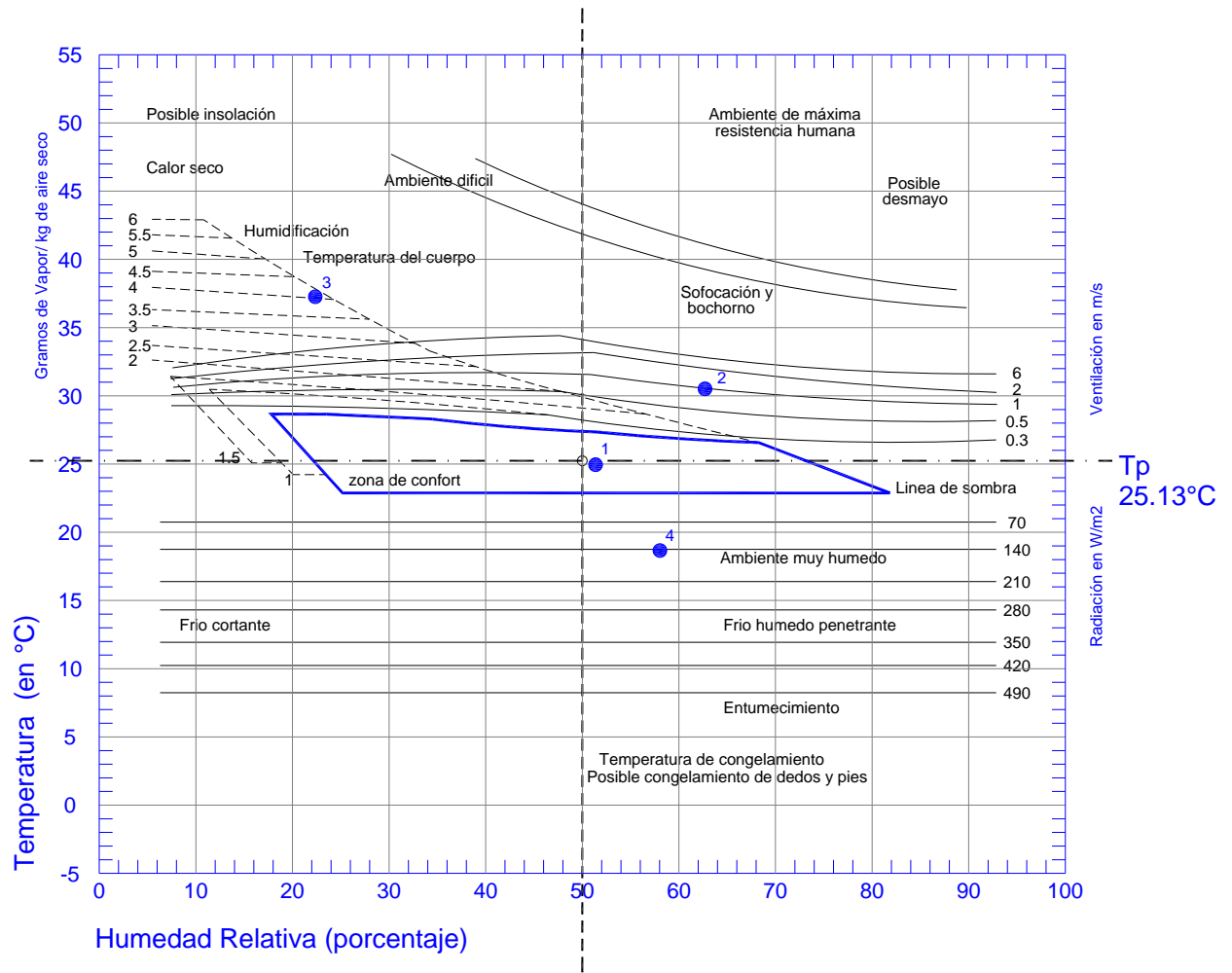


Imagen 14. Diagrama Bioclimático de Olgay

A la izquierda de la grafica aparecen señalados los valores de temperatura de radiación, ya sea radiación de calor o impulsión de frío, necesarios para recuperar la sensación de confort.

No es necesario aplicar ninguna medida correctora en aquellos puntos cuya temperatura seca y humedad relativa conocidas se encuentren dentro de los límites de la franja de confort. Las medidas correctoras para cualquier punto situado fuera de la misma pueden tomarse directamente de la grafica.

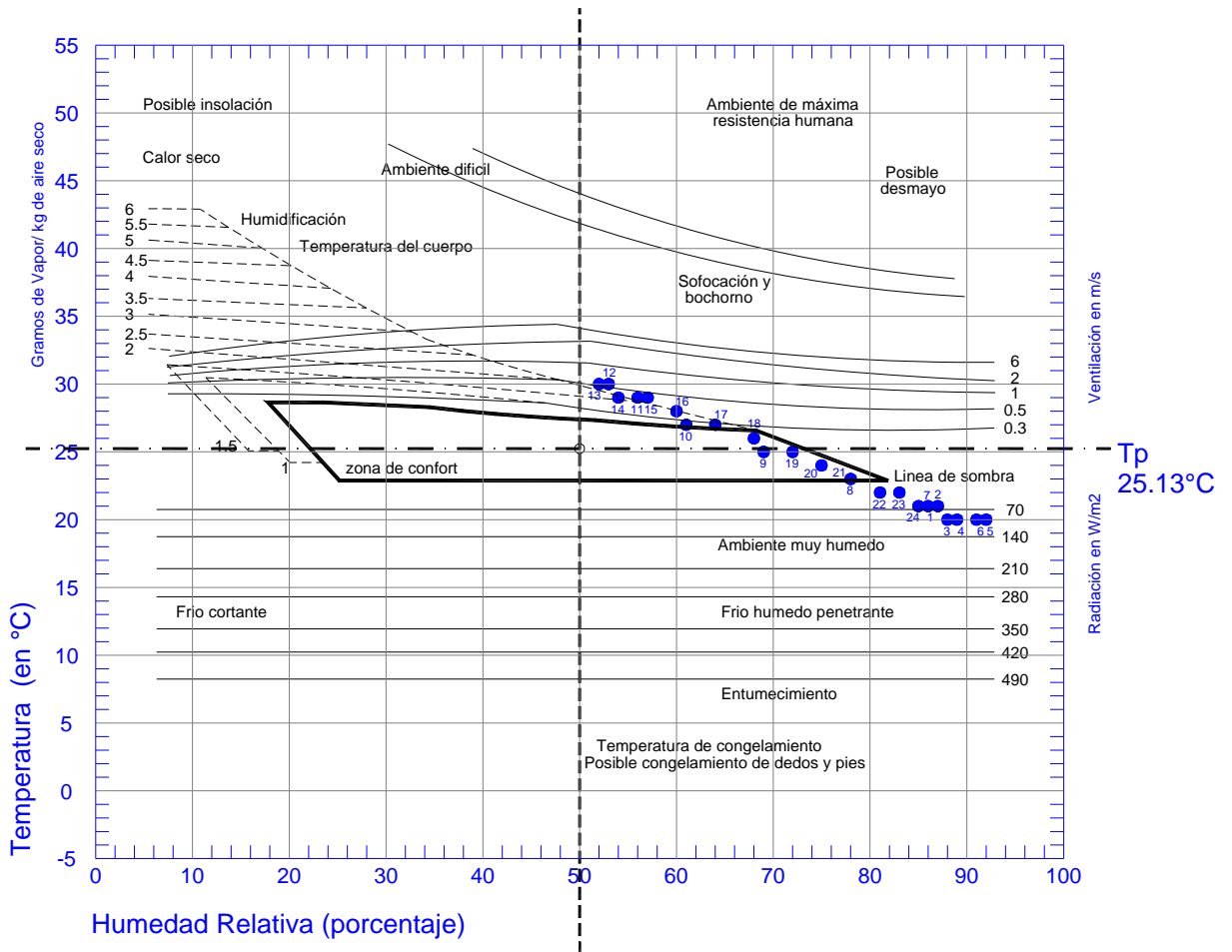


Imagen 15. Diagrama Bioclimático de Olgay para Cancún, Quintana Roo, en enero.

Hora	Tem (°C)	HR (%)	Medida Correctiva
0	21	85	70 W/m2 de radiación
1	21	86	70 W/m2 de radiación
2	21	87	70 W/m2 de radiación
3	20	88	90 W/m2 de radiación
4	20	89	90 W/m2 de radiación
5	20	92	90 W/m2 de radiación
6	20	91	90 W/m2 de radiación
7	21	86	70 W/m2 de radiación
8	23	78	Confort
9	25	69	Confort
10	27	61	Confort
11	29	56	0.5 m/s de ventilación
12	30	53	0.5 m/s de ventilación
13	30	52	0.5 m/s de ventilación
14	29	54	0.5 m/s de ventilación
15	29	57	0.5 m/s de ventilación
16	28	60	0.4 m/s de ventilación
17	27	64	Confort
18	26	68	Confort
19	25	72	Confort
20	24	75	Confort
21	23	78	Confort
22	22	81	30 W/m2 de radiación
23	22	83	30 W/m2 de radiación

Tabla 14. Medidas correctivas para regresar a zona de confort, enero

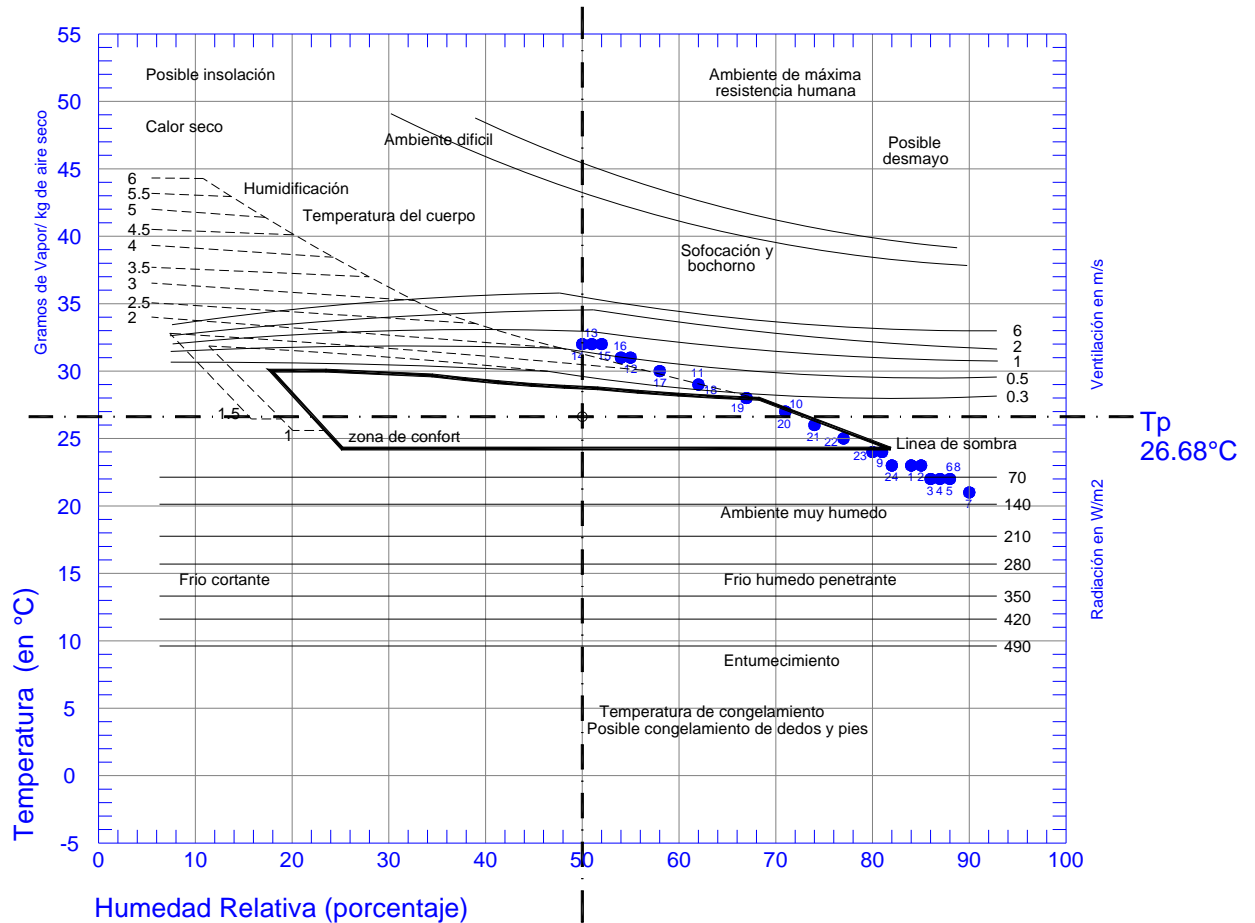


Imagen 16. Diagrama Bioclimático de Olgay para Cancún, Quintana Roo, en julio.

Hora	Tem (°C)	HR (%)	Medida Correctiva
0	23	82	50 W/m2 de radiación
1	23	84	50 W/m2 de radiación
2	23	85	50 W/m2 de radiación
3	22	86	70 W/m2 de radiación
4	22	87	70 W/m2 de radiación
5	22	88	70 W/m2 de radiación
6	22	88	70 W/m2 de radiación
7	21	90	110 W/m2 de radiación
8	22	88	70 W/m2 de radiación
9	24	81	Confort
10	27	71	Confort
11	29	62	0.3 m/s de ventilación
12	31	55	0.5 m/s de ventilación
13	32	51	0.7 m/s de ventilación
14	32	50	0.7 m/s de ventilación
15	32	52	0.7 m/s de ventilación
16	31	54	0.5 m/s de ventilación
17	30	58	0.4 m/s de ventilación
18	29	62	0.3 m/s de ventilación
19	28	67	Confort
20	27	71	Confort
21	26	74	Confort
22	25	77	Confort
23	24	80	Confort

Tabla 15. Medidas correctivas para regresar a zona de confort, julio

5.3.4.- Diagrama Psicrometrico de Givoni.

El método Givoni propone, una serie de estrategias que deberán considerarse si las condiciones del clima exterior lo establecen. Estas recomendaciones permiten ajustar el clima interior de la edificación, con una solución arquitectónica que facilita el restablecimiento de las condiciones de confort y equilibrio termohigrometrico para el hombre.

Este método se basa, al igual que el diagrama bioclimático de olgyay, en establecer una zona de confort referida a los valores de temperatura y humedad del aire, que se trazan sobre un diagrama psicrométrico. En este diagrama, los límites se determinan con la temperatura medida con termómetro de bulbo seco y la tensión de vapor de agua, medida en milímetros de mercurio.

La zona de confort se establece para personas aclimatadas con una actividad sedentaria (un Met) y vestidas con ropa ligera de verano (un Clo). Esta zona se delimita entre los 21 y los 26°C y entre los 5 y 17mm de Hg, con límites soportables de 20 a 28°C y hasta 20mm de Hg.

Las condiciones del clima donde se pueden aprovechar las corrientes de viento son mas cálidas y húmedas según se aprecia en el diagrama. La ventilación en los espacios interiores anula casi por completo el efecto provocado por la inercia térmica, al arrastrar el aire caliente y la humedad acumulada, cabe hacer notar que lo pretendido es lograr un ambiente adecuado para el hombre, y no enfriar las estructuras cuando se habla de enfriamiento por ventilación.

Calefacción.

En esta zona de calefacción depende de las propiedades térmicas de los materiales, que formen la envolvente y estructura del edificio; permitiendo reconocer cuando las condiciones exteriores no satisfacen los requerimientos de calor necesario, lo cual indica la necesidad de utilizar mecanismos activos o convencionales de calefacción. La recomendación es aprovechar el efecto del rayo de sol e impedir las pérdidas de calor que se puedan generar en el interior de la edificación.

Calentamiento solar

En esta zona se recomienda aprovechar el rayo de sol para elevar la temperatura en el interior de los edificios, procurando no llegar al sobrecalentamiento y protegiendo el interior por la noche, para evitar las perdidas por radiación y ventilación nocturna.

Inercia térmica

La recomendación es evitar la penetración solar y la ventilación durante el día para reducir las ganancias de calor en los interiores, de manera que ceda el calor acumulado en el periodo nocturno, los beneficios que se pretenden con la masa térmica se logran con una adecuada selección de materiales para la construcción y por el diseño arquitectónico, que permiten amortiguar y retrasar los efectos provocados por la radiación solar.

Masa térmica con ventilación nocturna

En esta zona se recomienda emplear superficies reflejantes en el exterior de la construcción, de modo que se propicie el enfriamiento de la envolvente y estructura del edificio durante el periodo nocturno, para disminuir las ganancias de calor en el interior de las construcciones.

Ventilación

Los beneficios por ventilación se pueden lograr en ciertas combinaciones de temperatura y humedad al mover y desalojar tanto el aire caliente acumulado como la humedad desprendida por los ocupantes del espacio.

Enfriamiento evaporativo

Este enfriamiento consiste en proporcionar agua al ambiente, con el propósito de disminuir la temperatura del aire seco, lo cual se logra por la gran capacidad que tiene el agua de absorber y retener el calor.

Acondicionamiento de aire

Cuando se han agotado los recursos de diseño arquitectónico que proporcionan índices de bienestar, al acondicionamiento de aire será necesario y tendrá una carga energética mínima. El diagrama bioclimático propuesto por Givoni es un instrumento diseñado para determinar soluciones a nivel cualitativo, y es útil en la concepción inicial de una arquitectura adaptada al clima.

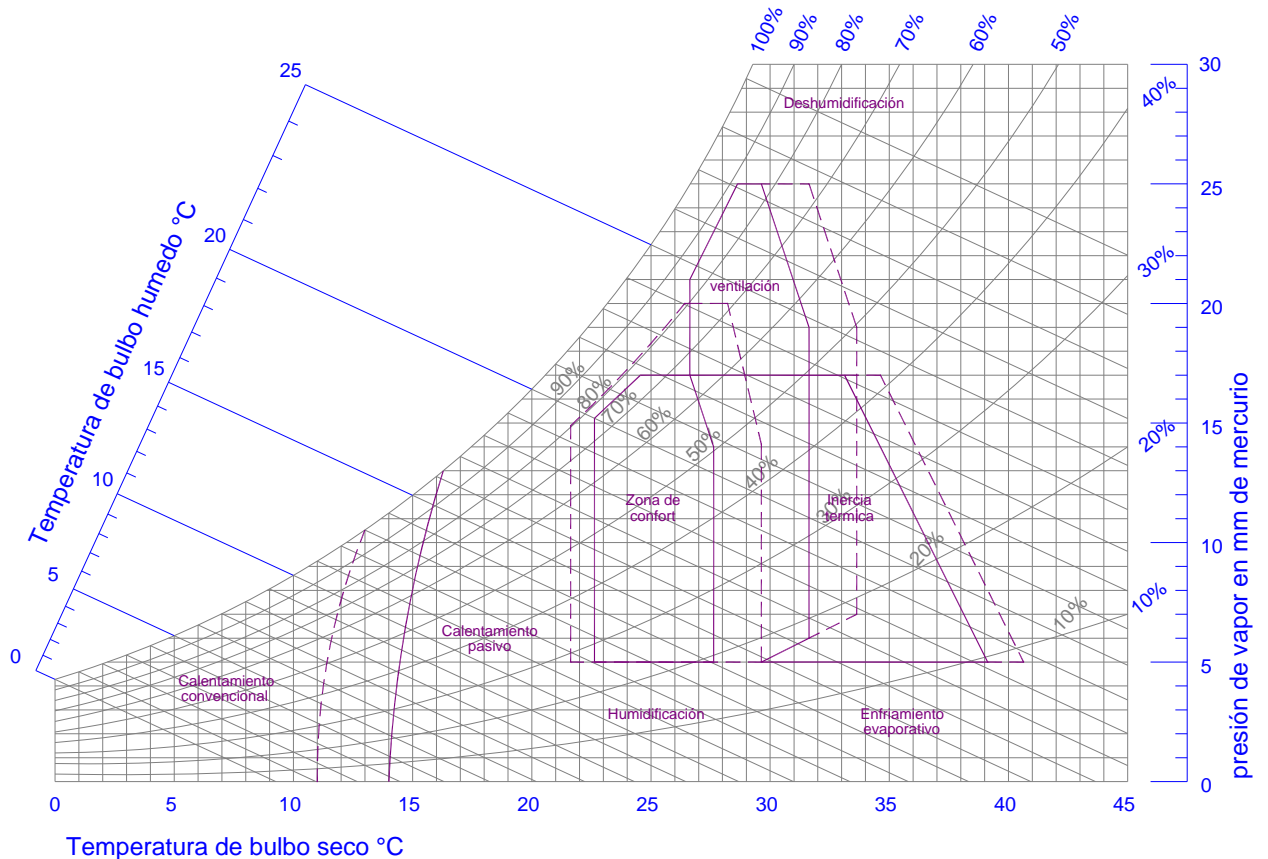


Imagen 17. Diagrama psicrométrico de Givoni

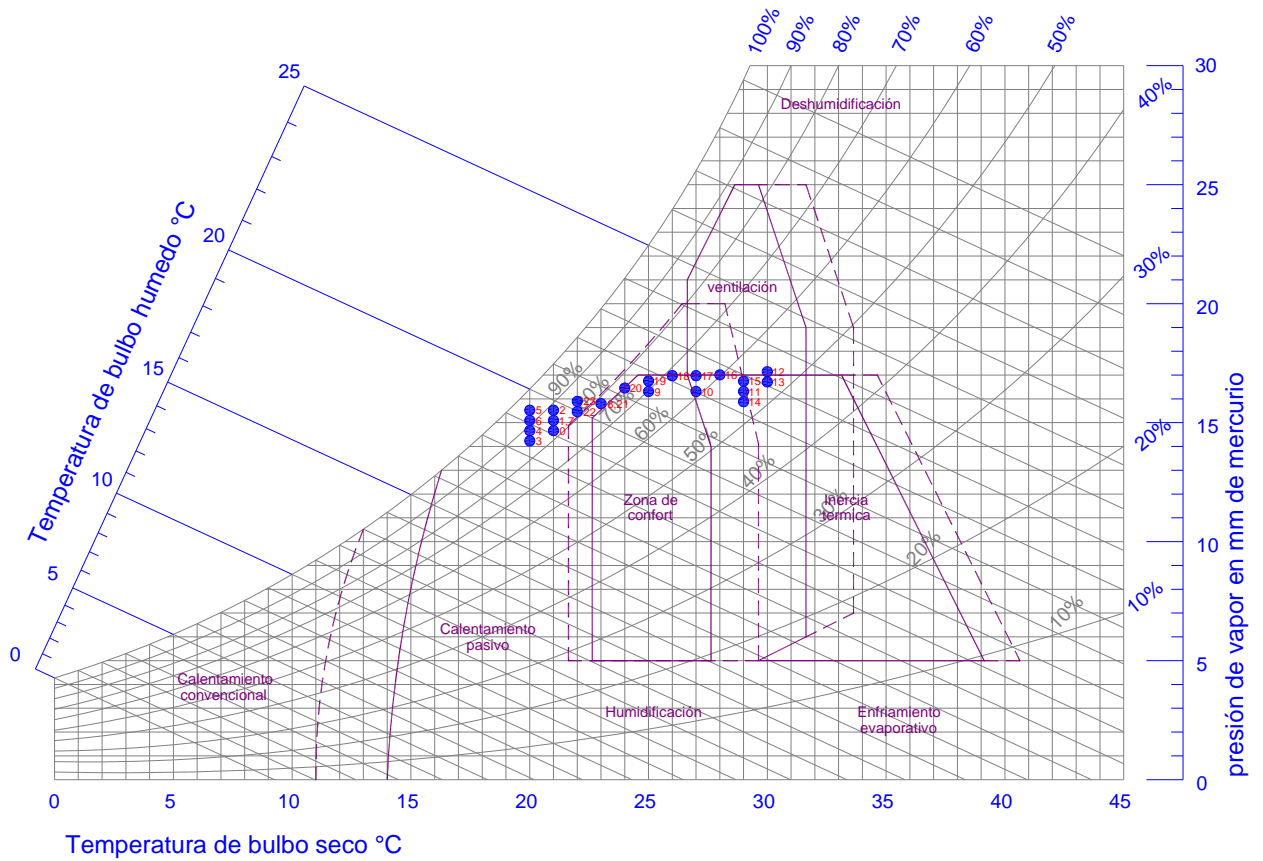


Imagen 18. Diagrama psicrométrico de Givoni para Cancún, Quintana Roo, en enero

Hora	Tem (°C)	HR (%)	Medida Correctiva
0	21	85	Calentamiento pasivo
1	21	86	Calentamiento pasivo
2	21	87	Calentamiento pasivo
3	20	88	Calentamiento pasivo
4	20	89	Calentamiento pasivo
5	20	92	Calentamiento Pasivo
6	20	91	Calentamiento Pasivo
7	21	86	Calentamiento pasivo
8	23	78	Confort
9	25	69	Confort
10	27	61	Confort
11	29	56	Ventilación
12	30	53	Ventilación
13	30	52	Ventilación
14	29	54	Ventilación
15	29	57	Ventilación
16	28	60	Ventilación
17	27	64	Confort
18	26	68	Confort
19	25	72	Confort
20	24	75	Confort
21	23	78	Confort
22	22	81	Calentamiento pasivo
23	22	83	Calentamiento pasivo

Tabla 16. Medidas correctivas para regresar a zona de confort, en enero

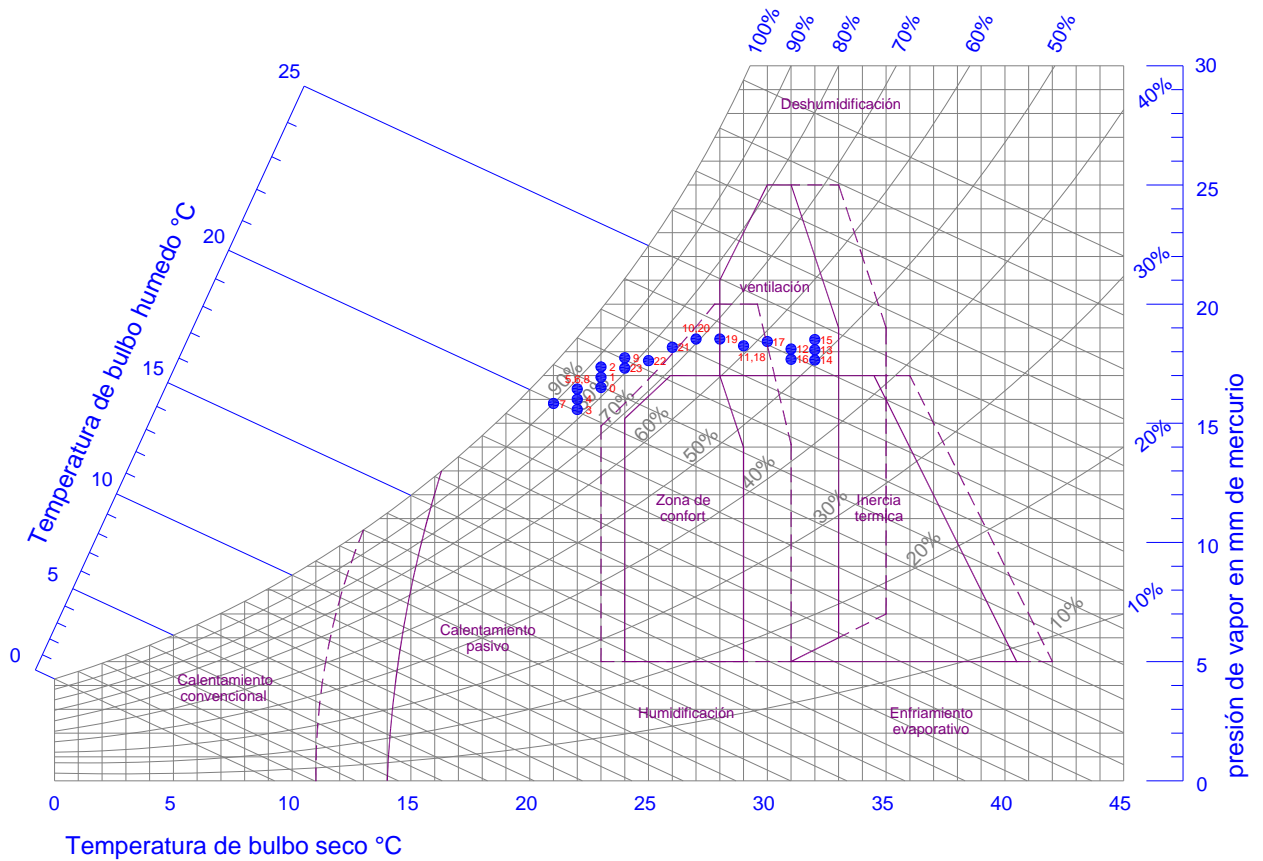


Imagen 19. Diagrama psicrométrico de Givoni para Cancún, Quintana Roo, en Julio

Hora	Tem (°C)	HR (%)	Medida Correctiva
0	23	82	Calentamiento pasivo
1	23	84	Calentamiento pasivo
2	23	85	Calentamiento pasivo
3	22	86	Calentamiento pasivo
4	22	87	Calentamiento pasivo
5	22	88	Calentamiento pasivo
6	22	88	Calentamiento pasivo
7	21	90	Calentamiento pasivo
8	22	88	Calentamiento pasivo
9	24	81	Calentamiento pasivo
10	27	71	Confort
11	29	62	Ventilación
12	31	55	Ventilación
13	32	51	Ventilación
14	32	50	Ventilación
15	32	52	Ventilación
16	31	54	Ventilación
17	30	58	Ventilación
18	29	62	Ventilación
19	28	67	Ventilación
20	27	71	Confort
21	26	74	Confort
22	25	77	Confort
23	24	80	Calentamiento pasivo

Tabla 17. Medidas correctivas para regresar a zona de confort, julio

5.4.- Diagrama de Isorrequerimientos.

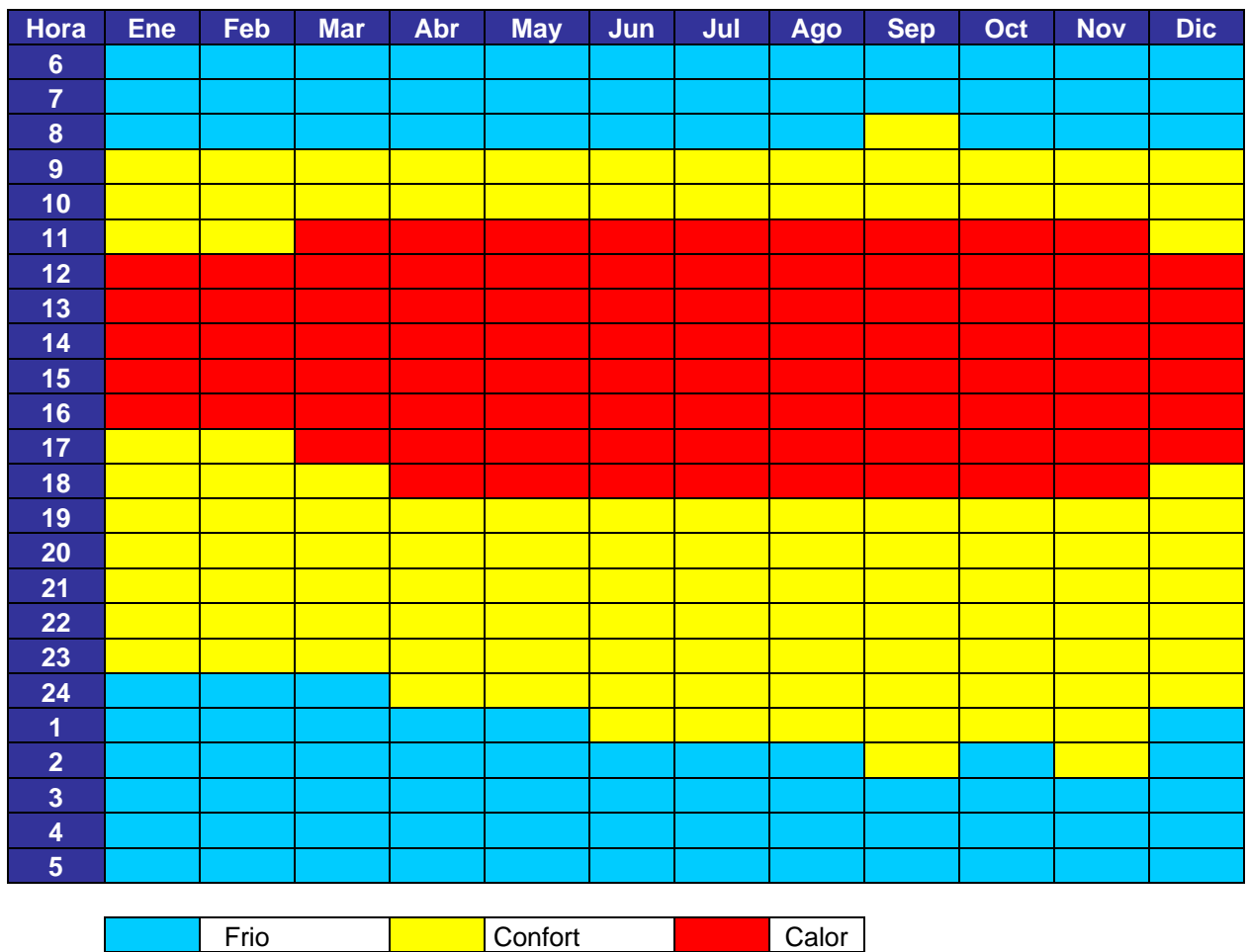


Imagen 20. Diagrama de requerimientos para Cancún, Quintana Roo (48)

A partir del diagrama de requerimientos se puede determinar lo siguiente:

En todos los meses de manera general existe confort desde las 9:00 am hasta las 11:00 am del día y de 6:00 pm hasta las 11:00 pm, solo en invierno el confort es de 4:00 a 11:00 pm.

De acuerdo con el análisis de los factores climáticos y los requerimientos de climatización obtenidos, se concluye que la necesidad del control solar se presenta durante todo el año, que va desde las 9:00 am, debe permitirse la captación solar en las horas de la mañana .

48 David Morillón, Atlas del bioclima de México, Instituto de Ingeniería, UNAM

5.5.- Matriz de Climatización.

ESTRATEGIAS		OPCIONES DE DISEÑO ARQUITECTONICO												ELEMENTOS REGULADORES	
		Invierno			Primavera			Verano			Otoño				
Calentamiento Enfriamiento	Directo Indirecto		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
		C	D	Promover ganancia solar directa											
Promover ganancias internas															Personas, lámparas, equipos, chimeneas, etc.
I	Promover ganancia solar indirecta														Inercia térmica, radiación reflejada.
	minimizar el flujo conductivo de calor														Materiales aislantes, contraventanas, etc.
	Minimizar el flujo de aire externo														Protección del viento
	Minimizar la infiltración														Exclusas, hermeticidad
E	D	Minimizar ganancia solar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Dispositivos de control solar, volados, aleros, parteluces, etc.
		Promover ventilación natural	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Ventilación cruzada
		Minimizar el flujo conductivo de calor	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Materiales aislantes o inercia térmica
	I	Promover ventilación forzada	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Extractores de aire, torres eólicas, colectores de aire, etc.
		Promover enfriamiento terrestre													Materiales y sumideros de calor
		Promover enfriamiento radiante													Materiales radiantes, techo estanque, etc.
		Promover enfriamiento evaporativo													Fuentes, cortinas de agua, aspersores, etc.
D	D	Promover el calentamiento directo												Radiación directa por acristalamientos	
		Promover el calentamiento indirecto												Muro trombe, invernadero seco, chimeneas.	
	I	promover la ventilación natural o inducida												Captadores eólicos, colectores de aire, invernadero, muro trombe.	
H	D	Sistemas evaporativos												Espejos de agua, fuentes, cortinas albercas.	
	I	Promover la ventilación inducida												Captadores eólicos, colectores de aire, invernadero, muro trombe.	

Imagen 21. Matriz de Climatización (49)

Conjuntamente con la ventilación tanto natural como forzada, los dispositivos de control solar en la edificación son aspectos importante a los fines de proveer confort en la habitación.

6.- ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Como se definió en el capítulo anterior los requerimientos de climatización para este caso son la ventilación y la protección solar, en este capítulo se explicara en qué consisten estas estrategias de diseño.

Los sistemas pasivos de climatización se caracterizan por la nula dependencia de energéticos convencionales, como los de origen fósil, contribuyendo de manera contundente al ahorro y uso eficiente de los recursos no renovables, se caracterizan por formar parte de la estructura misma de la edificación, aunque acoplados de tal manera a las características del medio ambiente, que pueden captar, bloquear, transferir, almacenar o descargar energía en forma natural y casi siempre autorregulable, según el proceso de climatización implicado. (50)

Los requerimientos de climatización los obtenemos del resultado del análisis del sitio, del edificio y del usuario que para este caso son:

- Ventilación
- Protección solar

6.1.- Ventilación

Un recurso en clima cálido, es la ventilación. En este caso, el movimiento del aire no se usa para enfriar la estructura solamente, sino que la función principal es la de aumentar la descarga de calor del cuerpo humano. Por lo que el diseño de las aperturas (ventanas) para proveer de viento el interior del edificio debe hacerse fijando la atención en que las corrientes de aire incidan sobre los ocupantes y no solamente sobre las estructuras.

Para un óptimo enfriamiento por ventilación, se requiere un área efectiva suficiente, tanto para la entrada como para la salida del aire, con la entrada localizada en una zona de presión positiva y la salida en una zona de presión negativa.

Se deberá procurar siempre una ventilación cruzada para incrementar la convección sobre los ocupantes y proveer una mayor comodidad de los mismos.

Los tamaños de las ventanas no son determinados por la ventilación solamente, sino que también se tienen que tomar en cuenta otros factores arquitectónicos como iluminación, privacidad, seguridad y control a la radiación solar. Aunque es posible separar aperturas que solo sirvan para iluminación (ventanas) y aperturas que solo sirvan para ventilación (ventilas).

6.1.1.- Efectos de la ventilación natural

Renovar el aire caliente interior por aire más fresco de afuera abriendo ventanas es un procedimiento usual en edificaciones. Obviamente, el refrescar el espacio será tanto más efectivo cuanto más fresco este el aire que ingresa respecto al aire que sale. Si la diferencia de temperaturas entre ambos es pequeña, la utilidad de ventilar será limitada. Pero ventilar implica a su vez crear corrientes de aire, las cuales, de hallarse a temperaturas inferiores a la de la piel, generarían una sensación de enfriamiento. Así mismo, si dichas corrientes estuvieran más frías que las superficies internas de la envolvente, el aire, al pasar por ellas, las enfriaría.

50 David Morillón, Introducción a los sistemas pasivos de enfriamiento

De lo anterior se desprende que la ventilación natural en climas cálidos persigue lo siguiente:

- 1.- Expulsar el aire caliente de los ambientes y sustituirlo por aire más fresco de afuera. Su eficiencia depende de la diferencia de temperaturas entre el aire que entra, el aire que sale y del caudal de ventilación.
- 2.- Refrescar a las personas expuestas a las corrientes de aire. Este refrescamiento obedece al vínculo directo entre el confort y la velocidad del aire, el cual se da a través de los intercambios convectivos del calor sensible entre el aire y la piel y los intercambios de calor latente asociados con la evaporación del sudor.
- 3.- Enfriar las superficies de los cerramientos expuestos a las corrientes de aire. Dicho enfriamiento se produce en razón de los intercambios convectivos de calor sensible entre el aire y los cerramientos.

Por otro lado la ventilación natural pudiera ser contraproducente en las siguientes circunstancias:

- 1.- Cuando el aire exterior este más caliente que el aire interior.
- 2.- Cuando el aire que fluye alrededor de las personas este más caliente que la piel.
- 3.- cuando el aire que roza a las superficies internas de la envolvente este más caliente que ellas.

6.1.2.- Fuerzas motoras de la ventilación natural.

Para que el aire fluya alrededor y dentro de las edificaciones se requiere de alguna fuerza motora. Esta puede ser originarse por causas naturales o de equipos fabricados por el hombre. El aire solo se moverá al ser empujado, succionado, calentado o enfriado.

En cada caso el movimiento será causado por una diferencia de presión que hace que el aire fluya desde la zona de mayor presión hasta la zona de menor presión, buscando con ello restituir el equilibrio. Estas diferencias pueden ser de dos tipos.

- 1.- Diferencia de presión dinámica: es la que produce un empuje o una succión del aire, en este caso se habla de una **corriente dinámica**.
- 2.- Diferencia de presión estática: es la que se genera al calentar o enfriar el aire. En este caso se habla de una **corriente convectiva**.

En climatización natural, empujar o succionar el aire se logra explotando la relación entre el viento y la forma de la edificación, con el objeto de aumentar la diferencia de presión dinámica, mientras que calentarlo se logra por medio de la radiación solar, lo que tiene por objeto modificar las diferencias de presión estática.

6.1.3.- Corrientes dinámicas de ventilación.

El aire es empujado o succionado cuando alrededor o dentro de las edificaciones se presentan diferencias de presión dinámica que lo obligan a fluir desde las zonas de altas presiones hasta las zonas de bajas presiones a fin de restituir el equilibrio. Cualquier obstáculo que desvíe o cambie la trayectoria del aire así impulsado entorpecerá su flujo, produciendo en el pérdidas dinámicas, en especial si obligado a ascender o descender (siempre que tal movimiento vertical no se deba a un aumento o disminución de temperatura).

Cuando el viento choca con una edificación se genera respecto de esta presiones dinámicas positivas en el lado del barlovento y presiones dinámicas negativas en el lado del sotavento.

Estas varían a lo largo y ancho de las fachadas y dependen de la forma de la edificación, sus alrededores, el ángulo de incidencia del viento y su velocidad. Para intentar emparejarlas con la menor pérdida energética el aire busca entrar por cualquier abertura que este del lado del barlovento y salir por cualquier abertura que este del lado del sotavento.

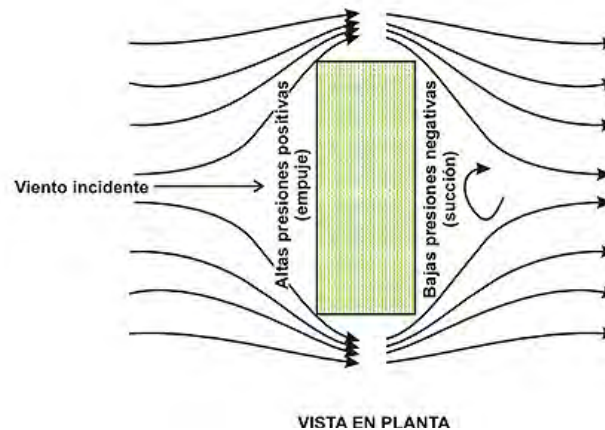


Imagen 22. Corrientes dinámicas de ventilación. (51)

De manera general, si se diseña y orienta la envolvente de la edificación de forma que las diferencias de presión entre las diversas fachadas sean lo más grandes posible y se ubican las aberturas en las zonas en que los coeficientes positivos y negativos sean mayores, el aire entrara y saldrá con mayor fuerza.

La disposición de las aberturas y los espacios debe proyectarse de modo que el aire circule por todas las zonas en que se espera que permanezcan las personas.

La distribución de la presión dinámica alrededor y dentro de una edificación así como las corrientes de ventilación que se generan depende en los hechos de numerosos factores relativos a la geometría de la edificación y su entorno. Entre las principales se pueden mencionar:

- 1.- Características del entorno
- 2.- Geometría exterior de la edificación
- 3.- La geometría interior de la edificación.

Cualquiera que sea el caso, podemos considerar alternada o integralmente, los siguientes conceptos:

- 1.- Generar ventilación cruzada
- 2.- Ubicar las aberturas de acuerdo con la estrategia de ventilación a seguir
- 3.- Captar adecuadamente el viento
- 4.- Aumentar las diferencias de presión alrededor de las edificaciones.

51 Imagen obtenida del tema, Ventilación Natural, Física de las edificaciones (IDEC/FAU/UCV)

6.1.4.- Corrientes convectivas de ventilación.

Cuando el movimiento del aire se produce por diferencias de temperatura el flujo tiende a desplazarse verticalmente siguiendo la ruta que ofrezca la menos resistencia. La diferencia de temperatura genera diferencia de densidad y por lo tanto una diferencia de presión estática, que es la fuerza motora de las corrientes térmicas. Por otro lado, en vista que la presión estática varía también con la altura, las corrientes térmicas serán tanto más fuertes cuanto mayor sea la diferencia de altura entre las masas de aire a temperaturas diferentes que activan el flujo. Cuando el viento es de cierta magnitud, la diferencia de altura o la diferencia de temperatura deben ser grandes para que las corrientes térmicas tengan relevancia. Si en cambio el viento es nulo, estas pasaran a ser la única ventilación disponible, resultando tanto más significativas cuanto mayores sean las diferencias de temperatura y altura.

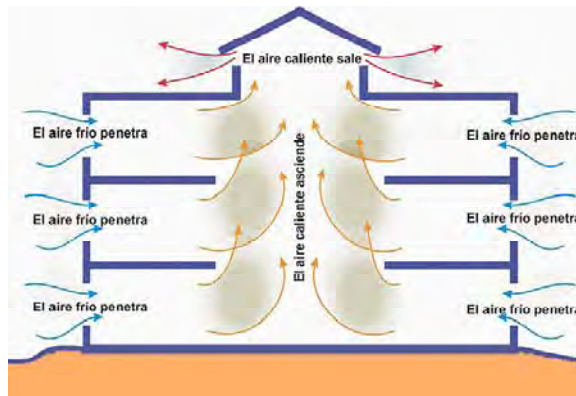


Imagen 23. Corrientes convectivas de ventilación. (52)

Algunas estrategias para las cuales las corrientes térmicas podrían ser de provecho sería el aprovechar la diferencia de altura en edificaciones. Aquí las corrientes térmicas producidas por la diferencia de temperaturas se amplifican por la diferencia de altura entre las aberturas inferiores de entrada y las aberturas superiores de salida del aire. Este flujo es francamente vertical puesto que las corrientes térmicas siempre tienden a subir y el cauce construido para canalizarlas es vertical, por tal razón a los movimientos de aire producidos de esta forma se les conoce también con el nombre de efecto chimenea.

Evidentemente, la fuerza motora del tiro térmico es mayor entre las aberturas de los pisos más bajos y el techo que entre las aberturas de los últimos pisos y el techo. Sin embargo. Al adquirir al aire impulsado inicial se genera una presión dinámica complementaria que succiona el aire proveniente de los últimos pisos, compensándose con ello la menor diferencia de altura. Por otro lado, en ductos de ventilación las corrientes térmicas podrán eventualmente acentuarse utilizando extractores mecánicos.

52 Imagen obtenida del tema, Ventilación Natural, Física de las edificaciones (IDEC/FAU/UCV)

6.2.- Control solar

El uso de dispositivos de control solar como solución al problema arquitectónico, que surge del exceso de radiación en los edificios, es un recurso del diseño bioclimático que impacta en forma relevante en las condiciones de confort en el interior de las edificaciones; también están muy vinculadas con los consumos energéticos para con el acondicionamiento térmico.

Es común pensar que los dispositivos de control solar son elementos que se agregan a las ventanas con el fin de resolver el mencionado problema. Sin embargo, esto es parcialmente cierto, pero conceptualmente erróneo, ya que el control solar debe ser inherente al diseño integral de la edificación.

El primer concepto de control solar es la propia forma, así como la configuración espacial y la orientación del proyecto.

La radiación solar, es el más importante contribuyente natural de la ganancia de calor en las edificaciones.

Para comprender mejor estos fenómenos térmicos, conviene recordar que el ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre la Tierra varía día con día de diferente manera, en cada latitud y época del año. En los solsticios de verano e invierno, los rayos solares son más oblicuos, mientras que en los equinoccios de primavera y otoño los rayos solares son más perpendiculares.

La radiación también varía sobre las superficies, de acuerdo con la orientación que presenten las mismas.

6.2.1.- Elementos del control solar

En términos generales los dispositivos de control solar pueden agruparse en función de su posición respecto a los planos definidores del espacio arquitectónico y, en particular, de la fachada, por lo tanto encontraremos sistemas de control: horizontales, verticales y mixtos.

Son elementos opacos que se diseñan y construyen para interceptar toda la radiación solar directa y una parte considerable de la radiación difusa. Si estos dispositivos se formulan de acuerdo con la cambiante trayectoria solar estacional, se puede lograr el sombreado en la época de verano y el soleamiento durante el invierno. Para lograr esto, es decir, para obtener un equilibrio del confort interno relativamente constante, deberá atenderse cuidadosamente a la localización, latitud y orientación, ya que todos estos factores juegan un papel en la formulación de un dispositivo efectivo y eficiente.

Los elementos de control solar son:

- Horizontales (aleros)
- Verticales (partesoles)
- Combinación de ambos

Alero

El alero es un dispositivo horizontal que sobresale de la parte superior de la ventana y que obstruye la componente vertical de la radiación solar. Los aleros se especifican o caracterizan según su ángulo de protección, formado por el plano horizontal en la base de la ventana y una línea imaginaria que une la parte más sobresaliente del alero con el punto más bajo de la ventana.

De acuerdo con la definición anterior, conviene distinguir los siguientes casos específicos, para comprender mejor el intervalo de protección, o de sombreado, del alero.

Un alero cuyo ángulo de protección sea de 0° corresponderá a un alero de longitud infinita que pretende obstruir toda la radiación solar, todo el tiempo

Un alero con ángulo de protección de 90° equivale a la completa ausencia o inexistencia del alero, por consiguiente toda la radiación solar incidirá sobre la ventana. Entre los dos casos extremos arriba mencionados tenemos los aleros prácticamente útiles, es decir, aquéllos cuyo ángulo de protección es mayor de cero grados y menor de 90° , con los que parte de la radiación es obstruida y otra parte incide sobre la ventana



Imagen 24. Angulo de protección de alero

Partesol

El partesol es cualquier elemento vertical cercano a la ventana que obstruya la componente horizontal de la radiación solar, sobre todo en las horas cercanas a la salida y puesta del sol y, consecuentemente, los partesoles se especifican según su ángulo de protección, definido por el plano vertical de la ventana y por una línea imaginaria que une el punto más sobresaliente del partesol con el extremo opuesto de la ventana.

Para los partesoles, conviene hacer las mismas distinciones que en el caso de los aleros:

Cuando el ángulo del partesol sea de cero grados significa que no existe el partesol y, por tanto, toda la radiación solar incide sobre la ventana



Imagen 25. Angulo de protección de partesol



Imagen 26. Combinación de protección alero y partesol

7.- EVALUACION DE ESTRATEGIAS

7.1.- Control solar

Una vez que los requerimientos de climatización han quedado definidos, se puede proceder a diseñar los elementos del control solar que satisfagan esos requerimientos.

La dimensión de cada uno de ellos se obtiene a partir de la determinación de sus ángulos óptimos de protección y de las dimensiones de las áreas transparentes.

El método de diseño aplicado es el propuesto por Morillón Gálvez (53)

Para realizar el diseño de los elementos de control solar, se requieren lo siguiente:

Diagrama de isorequerimientos de climatización

Gráficas solares, una para cada semestre.

Mascarillas de sombreado.

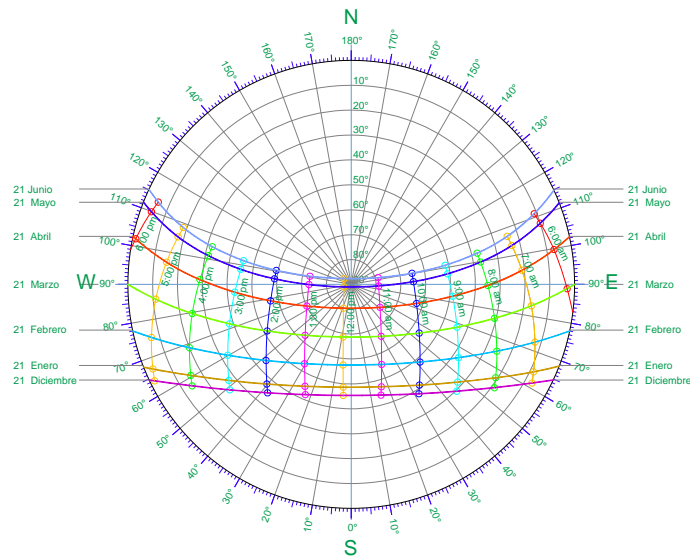


Imagen 27. Grafica solar

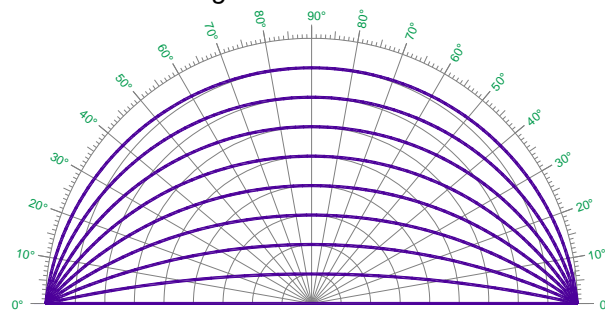


Imagen 28. Mascarilla de sombreado

Estas mascarillas representan la obstrucción de la radiación solar producida por los aleros desde el horizonte hasta el cenit (perfil de sombra segmentado) y por los partesoles desde el sur hasta el norte (perfil de sombra radial), a cada 10° .

53 David Morillón, David mejía, Modelo para diseño y evaluación del control solar en edificios, Instituto de Ingeniería, UNAM

De acuerdo con el diagrama de isorequerimientos, se contabiliza el número de horas totales por semestre que presentan frío, así como las que presentan confort y calor, durante el intervalo en que el sol se encuentra en la bóveda celeste, es decir, entre las 6 y las 18 horas, para cada uno de los meses. Cabe aclarar que el diseño es para hora solar, por lo que no se incluye el horario civil de verano.

Para obtener el número de horas con frío por mes, se multiplica el número de horas de frío en el día por el número de días del mes. De la misma forma se obtienen las horas en las que hace calor y confort. Esto se hace para cada mes.

Una vez obtenidas las horas por mes que requieren soleamiento (T1) y las que requieren protección solar (T2), se suman las horas totales de T1 y T2 para cada semestre.

Semestre enero-junio

Tabla 18. Número de horas que requieren ganancia de calor (T1) o protección (T2)

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	total
Días	31	28	31	30	31	30	181
Horas	3	3	3	3	3	3	24
T1	93	84	93	90	93	90	729
Horas	9	9	9	9	9	9	48
T2	279	252	279	270	279	270	1443
	372	336	372	360	372	360	2172

La información semestral de T1 y T2 se transfiere a la gráfica solar, sombreando las horas en que se requiere protección solar según el diagrama de isorequerimientos.

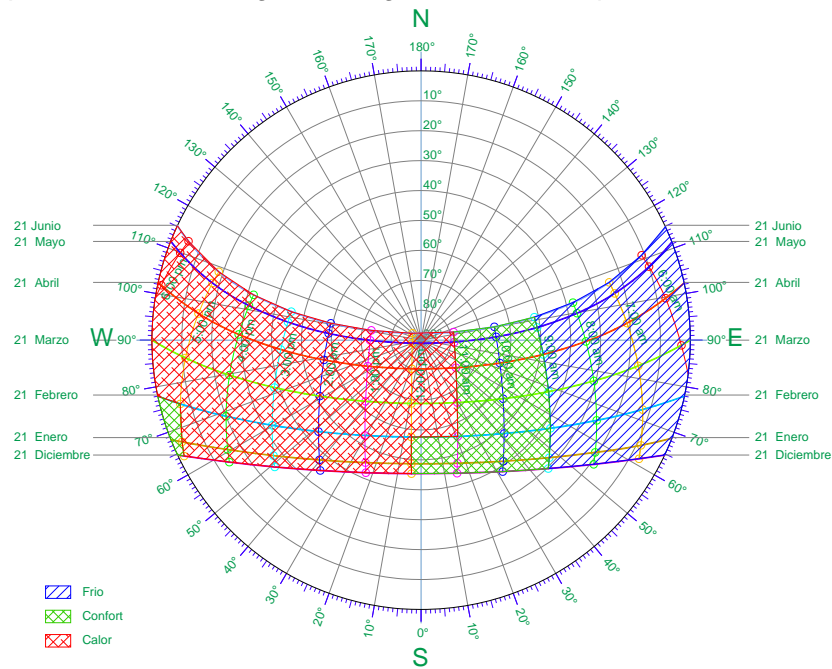


Imagen 29. Grafica solar

Una vez que se vacía la información a las gráficas solares, se empieza por analizar la eficiencia de los elementos de control solar, empleando la mascarilla de sombreo.

Se sobrepone la mascarilla que representa un alero con protección desde los 0°, sobre la gráfica solar, para alguna orientación, a cada 10.

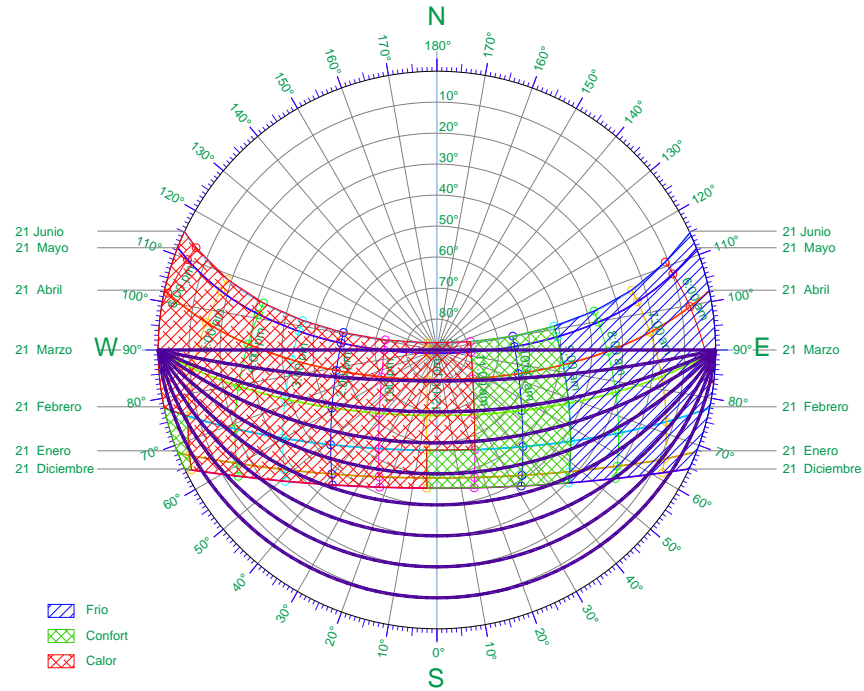


Imagen 30. Grafica solar

Esta mascarilla ocultará parte de las rutas solares, por lo que se podrá cuantificar cuántas horas de las que requieren sombra (T2) quedan, sin embargo, fuera de la protección del alero (K) y cuántas de las que requieren soleamiento (T1) si quedan fuera de la protección del alero (L) .

		Enero-Junio Fachada Sur						
		enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	total
T1		93	84	93	65	10	0	345
T2		279	252	279	240	150	0	1200
0°	T1	0	0	0	0	0	0	0
	T2	0	0	0	0	0	0	0
10°	T1	15	15	10	0	0	0	40
	T2	15	15	10	0	0	0	40
20°	T1	30	20	15	0	0	0	65
	T2	30	20	15	0	0	0	65
30°	T1	55	40	15	0	0	0	110
	T2	55	40	15	0	0	0	110
40°	T1	80	50	20	0	0	0	150
	T2	80	50	20	0	0	0	150
50°	T1	93	84	30	0	0	0	207
	T2	279	170	60	0	0	0	509
60°	T1	93	84	84	0	0	0	261
	T2	279	252	150	0	0	0	681
70°	T1	93	84	93	0	0	0	270
	T2	279	252	279	0	0	0	810
80°	T1	93	84	93	40	0	0	310
	T2	279	252	279	200	0	0	1010
90°	T1	93	84	93	65	10	0	345
	T2	279	252	279	240	150	0	1200

Tabla 19. Horas que requieren sombra y soleamiento, enero junio

A continuación se calcula la eficiencia del alero para el periodo de calor, con la siguiente fórmula: $EPC = 1 - (K/T2)$ y la eficiencia para el periodo de frío con: $EPF = L/T1$. Lo mismo se hace con las mascarillas de 10°, 20°, 30°, 40°, etc, hasta obtener toda la información acerca de la eficiencia de los aleros con diferentes ángulos de protección, para la orientación analizada.

Por otra parte, la eficiencia global de los elementos de control durante todo el año (ED), es decir, la eficiencia ponderada, se define como:

$$ED = (T1/(T1 + T2))*EPF + (T1/(T1+T2))*EPC$$

Horas que se requiere asoleamiento	Horas que se requiere sombra	Angulo de alero (°)	Horas en que se requiere sombra y no hay proteccion	Eficiencia periodo de calor (%)	Horas en que se requiere sol y no hay protección	Eficiencia a periodo de frio (%)	Eficiencia ponderada (%)
T1	T2		K	$EPC=1-(K/T2)$	L	$EPF=L/T1$	$EPC=EPF=E$ D
345	1200	0	0	100	0	0	22
		10	40	97	40	12	24
		20	65	95	65	19	25
		30	110	91	110	32	27
		40	150	88	150	43	29
		50	509	58	207	60	26
		60	681	43	261	76	27
		70	810	33	270	78	25
		80	1010	16	310	90	24
		90	1200	0	345	100	22

Tabla 20. Calculo de la eficiencia de los aleros en la fachada sur, semestre enero - junio

El ángulo óptimo de protección solar para cada orientación es el correspondiente al valor máximo de la eficiencia ponderada del alero (ED). Dicho ángulo corresponde al punto en que se cruzan las eficiencias para los periodos de calor (EPC) y de frío (EPF).

Una vez obtenidos los datos de la eficiencia, se grafican para cada semestre los ángulos del alero y los valores de la eficiencia ponderada. Esta es una gráfica que contiene los ángulos del alero y los porcentajes de eficiencia, de manera que una línea indique la eficiencia en el periodo frío (que requiere soleamiento) y la otra, la eficiencia en el periodo de calor (que requiere sombreado).

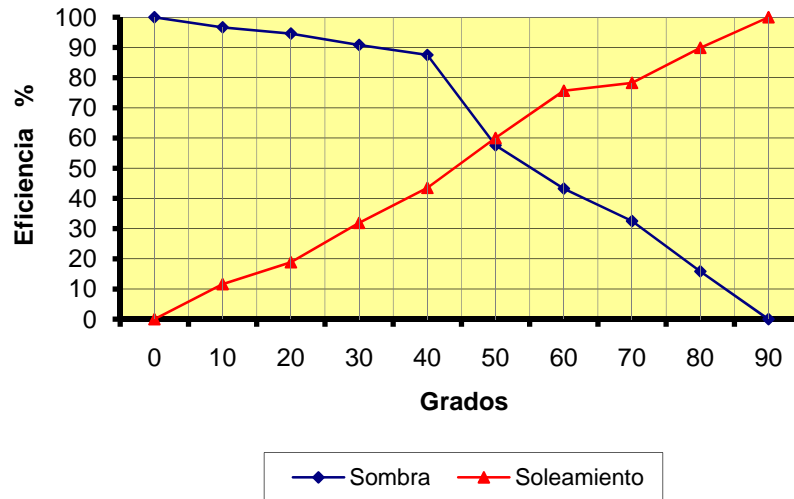


Imagen 31. Eficiencia de los ángulos del alero en la fachada sur, semestre enero - junio

Una vez obtenido el ángulo óptimo para una orientación dada, se procede a obtener el ángulo óptimo para cada una de las restantes orientaciones, siguiendo el mismo procedimiento descrito.

Una vez obtenidos los ángulos óptimos de protección solar para los aleros en cada una de las orientaciones, se procede a graficar en alzado los resultados.

Diseño de partesoles

De la misma forma como se hizo para los aleros, se hace el cálculo para obtener los ángulos óptimos de los partesoles, sólo que ahora la mascarilla de sombreado para el cálculo a cada 10° será de forma radial.

	Fachada															
Angulo de Alero	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO								
70°		68°	45°	46°	50°	0	0	0								
Eficiencia	68%	85%	95%	85%	60%	0	0	0								
Angulo de Partesol	O	E	NO	SE	N	S	NE	SO	O	E	SE	NE	S	N	SO	NE
25°	7°	0°	33°	0°	60°	55°	55°	27°	27°	0	0	0	0	0°	0°	
Eficiencia	100%	25%	0	50%	0	25%	50%	50%	75%	75%	0	0	0	0	0	

Tabla 21. Ángulos óptimos de protección solar

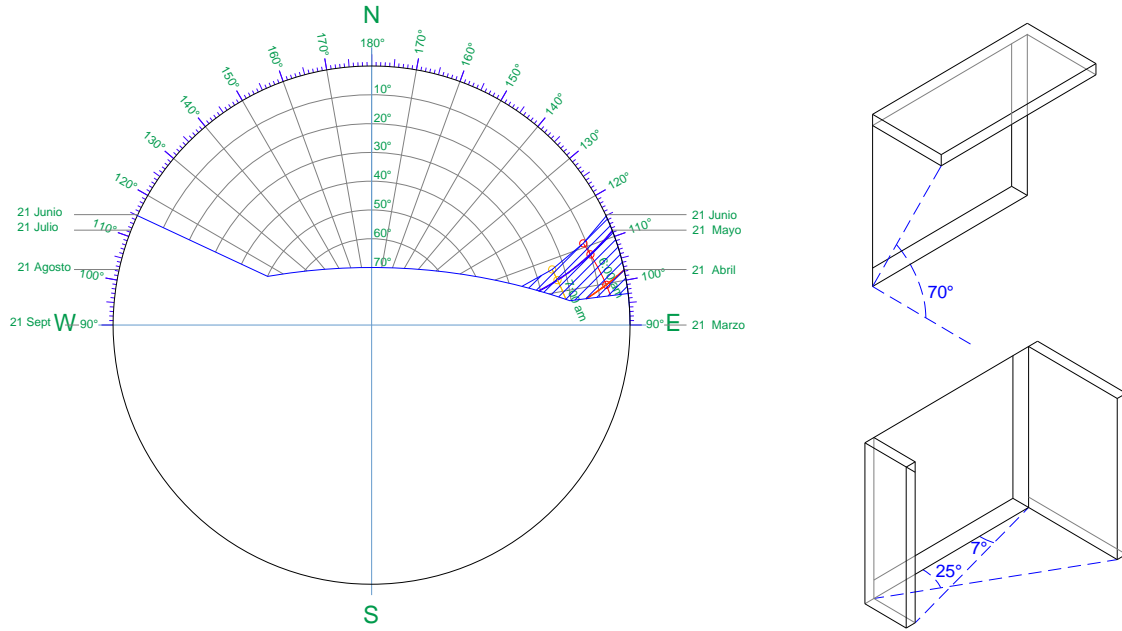


Imagen 32. Protección solar, alero y partesol en Fachada norte

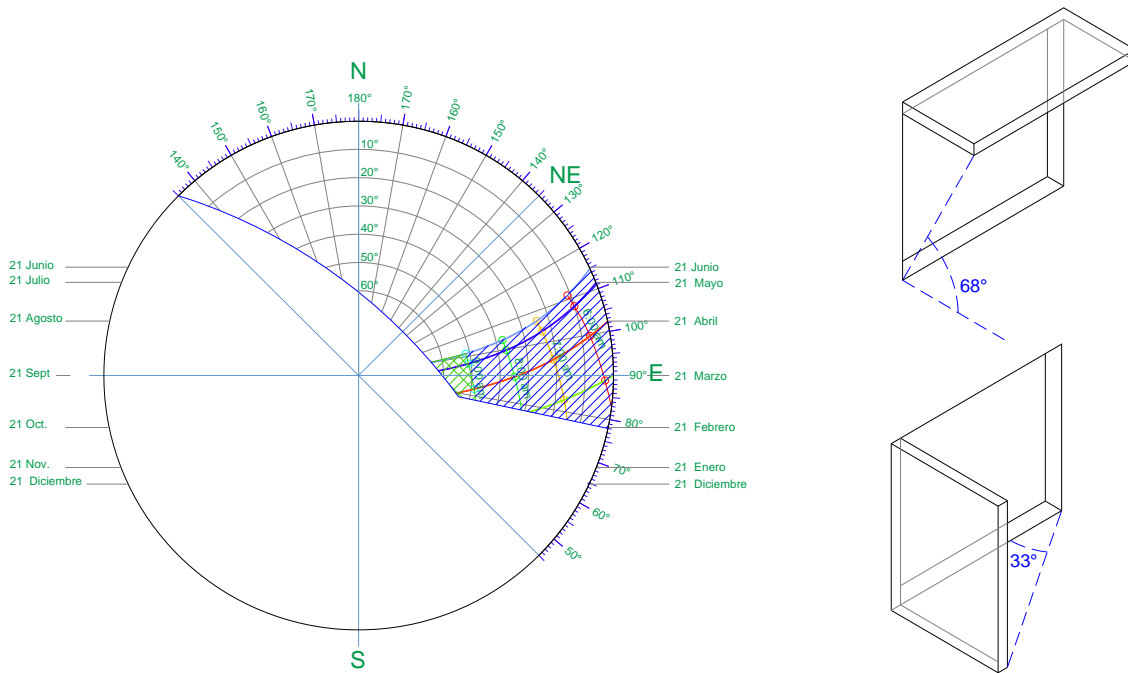


Imagen 33. Protección solar, alero y partesol en Fachada noreste

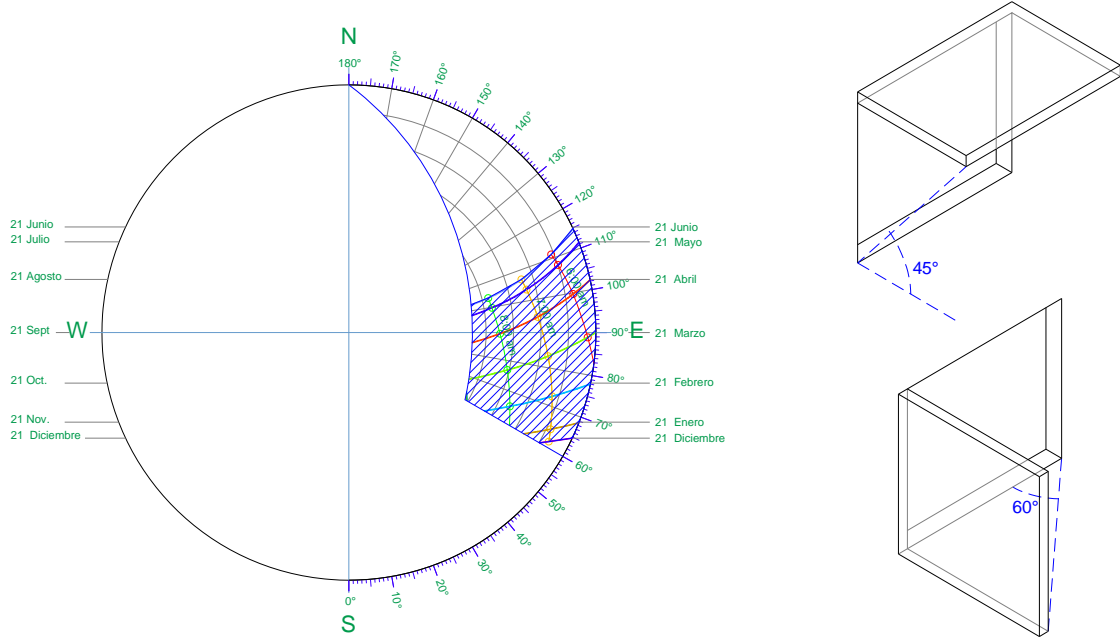


Imagen 34. Protección solar, alero y parteso en Fachada este

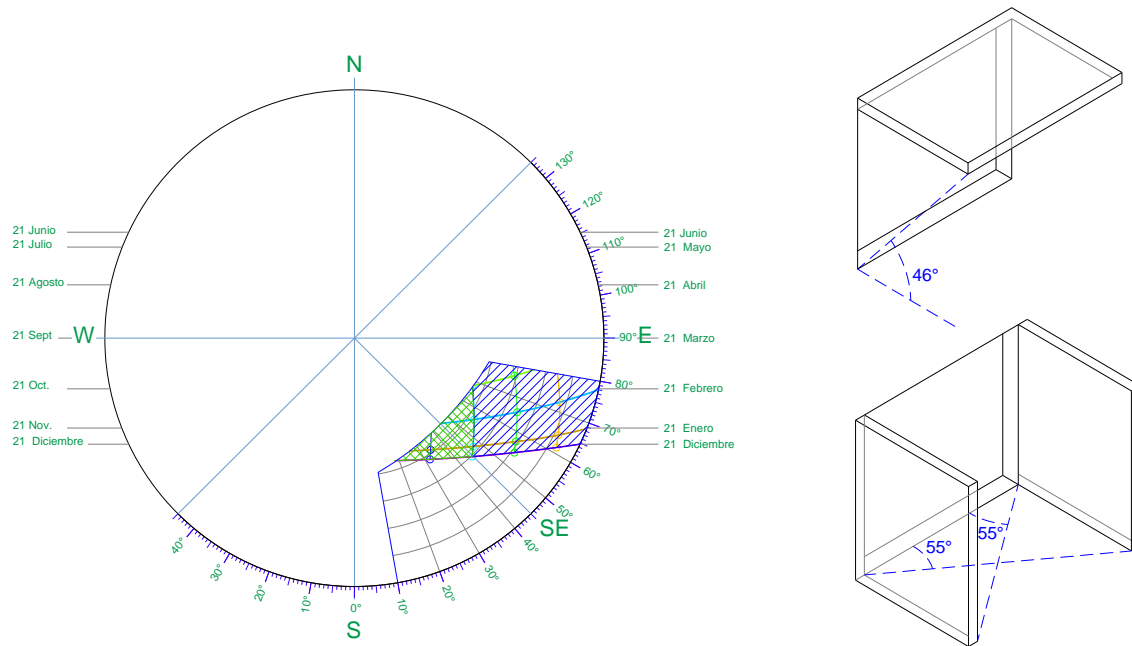


Imagen 35. Protección solar, alero y parteso en Fachada sureste

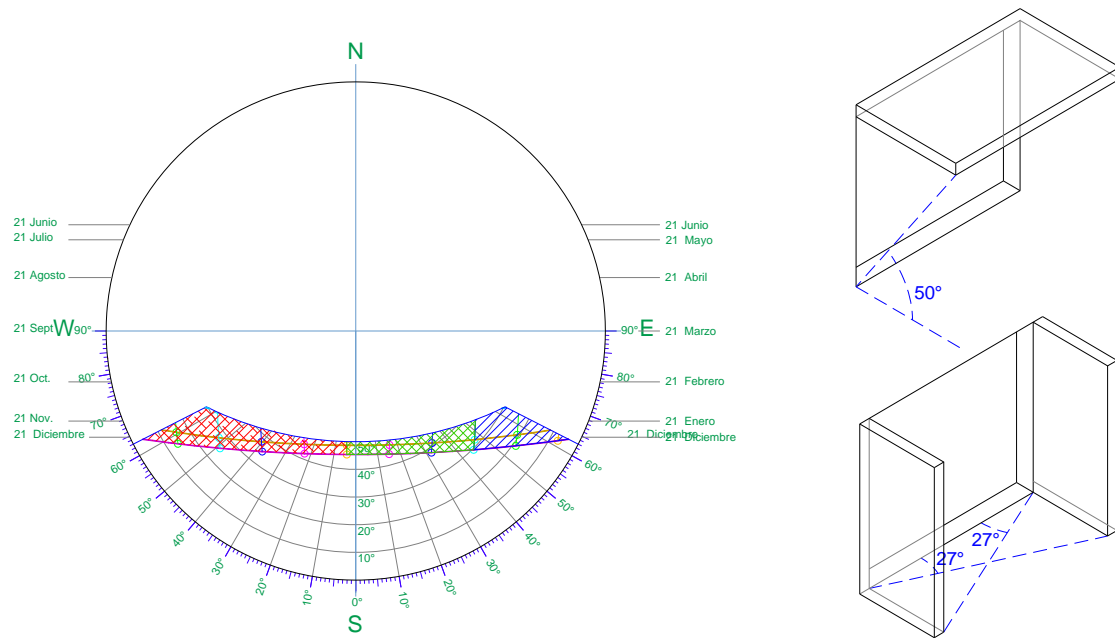


Imagen 36. Protección solar, alero y partesol en Fachada sur

7.2.- Análisis y cálculo de viento

En el diseño de la ventilación es necesario considerar dos parámetros fundamentales: la calidad del aire y la cantidad requerida, ambas son igualmente importantes.

Una habitación sin ventilación produce rápidamente una sensación desagradable de incomodidad, ya que se alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas del aire, benignas y necesarias; asimismo, se producen cambios higrotermicos y deterioro progresivo del aire debido, principalmente, al aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂)

Partículas suspendidas

Entre todas las fuentes contaminantes interiores, el humo de tabaco deteriora rápidamente la pureza del aire, ya que produce enormes cantidades de formaldehídos, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono.

El aire puro contiene aproximadamente una proporción de 0.03% de CO₂; en zonas urbanas, esta concentración se eleva frecuentemente de 0.07 a 0.1%. Los efectos nocivos se presentan cuando se rebasa esta última cifra.

En una situación de régimen estacionario de producción de un gas contaminante y una tasa fija de ventilación, se puede usar la siguiente ecuación para calcular en forma bastante aproximada la intensidad de ventilación que se requiere:

$$V = g / (C_i - C_e)$$

Donde:

V= Tasa de ventilación (m³/h)

g = Tasa de emisión de gas contaminante

C_i-C_e= Concentraciones de gas (en porcentaje)

Cantidad de aire requerido

La cantidad de aire que se requiere para respirar está en función de la pureza o calidad del aire; pero, en términos generales, puede decirse que este se garantiza con unas pequeñas aberturas e, incluso con las rendijas naturales del edificio. Esto quiere decir que el diseño de la ventilación debe enfocarse principalmente hacia el logro del confort higrotermico de los usuarios; la cantidad del aire queda inherente.

Se establecen, respectivamente, dos funciones higrotérmicas:

Crear perdidas de calor en el interior del espacio, al remplazar el aire caliente y viciado con aire fresco y puro del exterior.

Reducir la temperatura efectiva sobre el cuerpo, al incrementar el enfriamiento convectivo y evaporativo.

La temperatura interior de una habitación puede elevarse debido a:

Ganancias causadas por el metabolismo basal y muscular de las personas.

Sistemas de iluminación y equipos electromecánicos.

Ganancias solares que se dan a través de la estructura y aberturas.

$$W_v = 0.33 N V_o (t_i - t_e)$$

Donde:

W_v = Capacidad calorífica del aire (watts)

N = Numero de cambios de aire / hora

V_o = Volumen del local (m³)

t_i = Temperatura interior (de salida en °C)

t_e = Temperatura exterior (de entrada en °C)

Por tanto, el número de cambios de aire / hora necesarios para disipar una cierta cantidad de calor excesivo es:

$$V = Wv / (0.33 V_o (t_i - t_e))$$

Y la cantidad de aire que debe pasar por cada segundo para garantizar este número de cambios es igual a:

$$Q = V_o \times N / 3600 \text{ en m}^3/\text{s}$$

Cantidad de aire que va a pasar a través de una ventana

Una vez que se conoce la cantidad de aire que se requiere para la disipación de calor, se produce a la dimensión de las aberturas.

En una habitación con **ventilación cruzada**, la cantidad de aire que pasa por una abertura depende directamente de:

El área de la abertura

La velocidad del viento

La dirección del viento con respecto al plano de la ventana.

La relación que existe entre el área de la abertura de entrada y el área de la abertura de salida. De tal forma:

$$Q = r V A (\sin \Theta)$$

Donde:

Q = Cantidad de aire (m³/s)

V = Velocidad del viento (m / s)

A = Área de la abertura de entrada (m²)

Θ = Angulo que forman la dirección del viento y el plano de la ventana.

r = Relación entre la abertura de entrada y salida

r = 0.5971108 x fr (factor de relación)

Circulación convectiva

El movimiento del aire a través de los edificios se debe a la de diferencias de presión, la cual tiene dos orígenes: diferencias de temperatura y dirección externa del flujo de aire.

Las diferencias de temperatura pueden crear movimientos de aire dentro de los edificios por el mismo principio que causa el movimiento del aire en la atmósfera. El aire caliente ascendente crea una zona de baja presión debajo de la cual fluye el aire frío circundante (**efecto stack**).

La cantidad de flujo de aire que se obtiene por el efecto stack puede estimarse por la siguiente ecuación.

$$Q = r A \sqrt{H (t_e - t_s)}$$

Donde:

Q = Cantidad de aire (m³/s)

R = Relación de tamaño entre la abertura de entrada y salida.

A = Area de la abertura de entrada

h = Altura de entrada y la salida (m)

t_e = temperatura de entrada (°C)

t_s = temperatura de salida (°C)

Donde r = 0.111 X fr (factor de relación entre el área de entrada y la de la salida)

CALCULO DE VENTILACIÓN

BASES DE DISEÑO		
Datos de la habitación		
Largo	6.5	m
Ancho	3.55	m
Alto	2.50	m
Área	23.08	m ²
Volumen	57.69	m ³

Datos de clima		
Temperatura Interior	28	°C
Temperatura Exterior	26	°C
Humedad	80	%
Velocidad del viento	3	m / s
Dirección	E	
Ang. de incidencia	90	Grados

Total de ganancias caloríficas		
Estructura	1500	W
Personas	506	W
Iluminación	500	W
Total	2506	W

CALIDAD DE AIRE		
Ocupantes		
No de Ocupantes	2	personas

Calidad del Aire		
Medianamente puro	0.05	% de CO ₂

Tasa de producción de CO ₂		
En descanso	0.015	m ³ / h

Tasa de ventilación		
V =	30.00	m ³ /h/persona
V =	60.00	m ³ /h
Renovación de aire	1.04	/ hora

Cantidad de aire m ³ / s		
Q =	0.02	m ³ / s

Dimensión de la ventana		
A =	0.01	m ²
L =	0.10	mts
	0.42	%

CANTIDAD DE AIRE		
Factor de Relación		
A salida / A entrada	As / Ae	Fr
1.25 / 1	1.25	1.104

Cambios de aire/hora		
N =	65.82	c a / h

Cantidad de aire m ³ / s		
Q =	1.05	m ³ / s

Calor por ventilación		
Wv =	2531	W

Dimensión de la ventana		
A =	0.53	m ²
Área de entrada	0.53	m ²
L =	0.73	m
1	2.31	%
Área de salida	0.67	m ²
L =	0.82	m
1.25	2.89	%

Efecto Stack		
Diferencia de tem.	2	°C
Diferencia de altura	1.80	m
Área de ventana	0.53	m ²

Velocidad del aire		
V =	0.12	m / s

Cantidad de aire m ³ / s		
Q =	0.04	m ³ / s
Q =	140.37	m ³ / h
Renovaciones	2.43	r / h

Efecto Venturi		
Velocidad ext	3.00	m / s
Velocidad int	3.00	m / s
Área ext	0.53	m ²
Cantidad de aire	1.05	m ³ / s

Área int	0.53	m ²
L =	0.73	m ²

Tabla 22. Hoja de cálculo para ventilación

Calidad del aire

Para dos personas en descanso con aire medianamente puro necesitamos 60 m³/h

Cantidad de aire

La disipación de calor se hará por ventilación y si no se permite que la temperatura interior sea mayor de 28 °C, entonces, necesitamos 1.05 m³/s y un área de ventilación de 0.53 m²

Efecto Stack

Con una diferencia de 2°C y una altura de área de salida de 1.80 con respecto a la entrada, tendríamos un flujo de 0.04 m³/s.

7.3.- Balance térmico

Es muy importante analizar los flujos de energía en una estructura, porque con ello se pueden controlar las condiciones térmicas de los espacios interiores y, por tanto, obtener condiciones de confort térmico, en las que el cuerpo ejerza un mínimo esfuerzo para mantener su equilibrio interno. De esta forma se propiciara el bienestar físico de los habitantes y les permitirá ser más eficientes y tener un óptimo desarrollo de sus actividades.

Lo más conveniente es lograr un control térmico natural, de manera que se evite emplear sistemas artificiales electromecánicos para el acondicionamiento del aire.

Existe balance térmico cuando la suma de todos los flujos de calor es igual a cero.

$$Q_s + Q_i \pm Q_c \pm Q_v \pm Q_m - Q_e = 0$$

Q_s = Ganancia solar

Q_i = Ganancias internas

Q_c = Ganancias o pérdidas por conducción

Q_v = Ganancias o pérdidas por ventilación

Q_m = Ganancias o pérdidas por sistemas mecánicos

Q_e = Perdidas por enfriamiento evaporativo

Ganancia solar

Este flujo de energía solo puede ser positivo y se refiere a la aportación de calor por radiación solar. La ganancia de calor absorbido por la superficie de un material es

$$Q_s = G A \alpha$$

Sin embargo, esta cantidad de calor será afectada por la relación de la transmitancia del elemento entre la resistencia superficial externa; así, la energía calorífica por radiación que pasa a través del material al espacio interior es

$$Q_s = G A \alpha (u / fe)$$

Para muros $Q_s = G \times \cos \theta \times C \times U/fe \times A$

Para techo $Q_s = G \times \sin h \times C \times U/fe \times A$

Para ventana $Q_s = G \times \cos \theta \times C_s \times A \times \% \text{ sol}$

Donde:

A = Area en m² de la superficie a estudiar

C = Absortancia del color

C_s = Factor de ganancia solar a través del cristal

% sol = Área soleada

Determinación del ángulo de incidencia

El ángulo de incidencia formado por el rayo solar y la normal de una superficie vertical, se puede obtener mediante la fórmula siguiente:

$$\cos \theta = \cos h \cos C$$

Donde:

θ = Angulo de incidencia

h = Altura solar

C = Angulo formado entre el acimut del rayo solar y la proyección horizontal de la normal de la superficie (orientación de la fachada)

S = Inclinación de la superficie con respecto al plano horizontal.

Ganancias o pérdidas por conducción

A través de los elementos envolventes, debido a la diferencia de temperatura entre interior y exterior

$$Q_c = AU \Delta t$$

A = Área en m²

U = Transmitancia en w/m² °C

Δt = Diferencia de temperaturas

Ganancias internas

Este flujo de energía solo puede ser positivo y se refiere al calor que aportan las personas debido a su grado de actividad metabólica, a los sistemas de iluminación artificial y a los aparatos eléctricos

Ganancias o pérdidas por ventilación

Se asume la posibilidad de generar ventilación como estrategia para disipar el calor interno, por lo que solo consideraremos los requerimientos de ventilación por ocupante.

CALCULO DE GANANCIAS TÉRMICAS												
Edificio		hotel			Posición Geográfica							
Zona		habitación			Latitud	21.16	Longitud ref	90.00				
					Longitud	86.82	Declinación	20.44				
Día de Calculo					Hora de calculo							
202		Julio		21	9:00		11:00	15:00	17:00			
Velocidad del viento		5		m / s	Radiación w / m2							
Requerimientos de Ventilación por Ocupante		Habitaciones			24	m3 / h	592			924	775	390
Personas		Actividad		Exterior	24.00	29.00	32.00	30.00				
2		Reposo		Interior	25.04	26.59	27.52	26.9				
Coeficiente de Convección		Superficie al aire exterior			Altura Solar	51.01	78.93	45.13	17.76			
5.00 m/s o menos		29.1	Norte	83.28	90.00	88.40	98.16	105.62				
Ganancia solar vidrio		natural			0.94	Sur	90.00	88.40	90.00	90.00	90.00	
Absortancia		Azotea	Muro		Este	6.72	1.60	90.00		90.00		
0.9	0.5	Colores oscuros	Colores claros		Oeste	90.00	90.00	8.16	15.62			
					Angulo de incidencia							
					Norte	85.78	90.00	84.25	75.14			
					Sur	90.00	89.69	90.00	90.00			
					Este	51.33	78.93	90.00	90.00			
					Oeste	90.00	90.00	45.71	23.49			
Ganancia Solar					w	w	w	w				
Muros		A (m2)	U (w/m2 °C)		0.00	0.00	0.00	0.00				
Norte		0.00	3.69		0.00	0.00	0.00	0.00				
Sur		0.00	3.69		110.19	52.83	0.00	0.00				
Este		4.70	3.69		0.00	0.00	0.00	0.00				
Oeste		0.00	3.69		0.00	0.00	0.00	0.00				
Ventanas		área soleada %			100	0.00	0.00	0.00	0.00			
Norte		0.00	100		0.00	0.00	0.00	0.00				
Sur		0.00	100		1390.76	666.84	0.00	0.00				
Este		4.00	100		0.00	0.00	0.00	0.00				
Oeste		0.00	100		382.84	597.55	501.19	251.89				
Techo		23.00	0.91									
Ganancias o Pérdidas por Conducción												
Muros		A (m2)	U (w/m2 °C)		0.00	0.00	0.00	0.00				
Norte		0.00	3.69		0.00	0.00	0.00	0.00				
Sur		0.00	3.69		-18.03	41.78	77.67	53.75				
Este		4.70	3.69		0.00	0.00	0.00	0.00				
Oeste		0.00	3.69		0.00	0.00	0.00	0.00				
Ventanas					0.00	0.00	0.00	0.00				
Norte		0.00	6.91		0.00	0.00	0.00	0.00				
Sur		0.00	6.91		0.00	0.00	0.00	0.00				
Este		4.00	6.91		-28.76	66.64	123.87	85.72				
Oeste		0.00	6.91		0.00	0.00	0.00	0.00				
Techo		23.00	0.91		-21.75	50.39	93.68	64.82				
Ganancias por Iluminación y Equipos												
Incandescente		0			0.00	0.00	0.00	0.00				
Fluorescente		111			138.75	138.75	138.75	138.75				
Equipos		360			360.00	360.00	360.00	360.00				
Ganancias por Personas												
		2	103		206.00	206.00	206.00	206.00				
Ganancias o Pérdidas por Ventilación												
		48	0.013		-16.64	38.56	71.68	49.6				
Total					w	w	w	w				
					2503	2219	1573	1211				

Losa de concreto, muros de concreto, vidrio sencillo 6mm

Tabla 23. Coeficiente global de transferencia de calor

Muros Exteriores	Espesor	Conductancia
Concreto armado	0.15	1.74
Aplanado de yeso	0.02	0.37
Aplanado de mortero	0.02	0.87
Ventanas		
Vidrio Claro	0.006	1.16
Losa		
Impermeabilizante	0.005	0.23
Entortado (concreto pobre)	0.05	0.63
Relleno de tezontle	0.15	0.19
Loza concreto armado	0.10	1.74
Aplanado de yeso	0.02	0.37
U losa	0.86	w/h m²°k
U muros	3.34	w/h m²°k
U ventanas	6.91	w/h m²°k

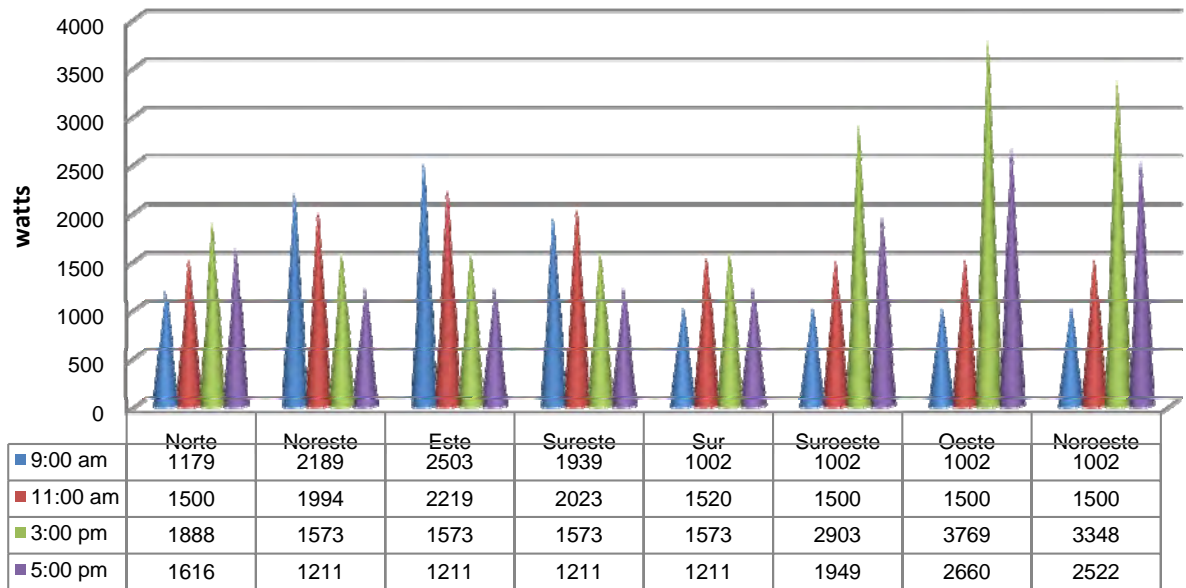


Imagen 37. Ganancias térmicas

Al calcular las ganancias de calor para las diferentes orientaciones, nos damos cuenta que la mayor ganancia térmica se presenta en la fachada oeste a las 3:00 pm con 3769 w. La que menor carga nos presenta son las fachadas sur y norte, la sur con 1573w a las 3:00 pm y la norte con 1888 w a las 3:00 pm, esto porque el recorrido del sol durante el día para el 21 de julio es prácticamente no incide en las fachadas y por consiguiente la ganancia térmica por radiación es poca.

Losas de concreto, muro de concreto, aleros y partesoles

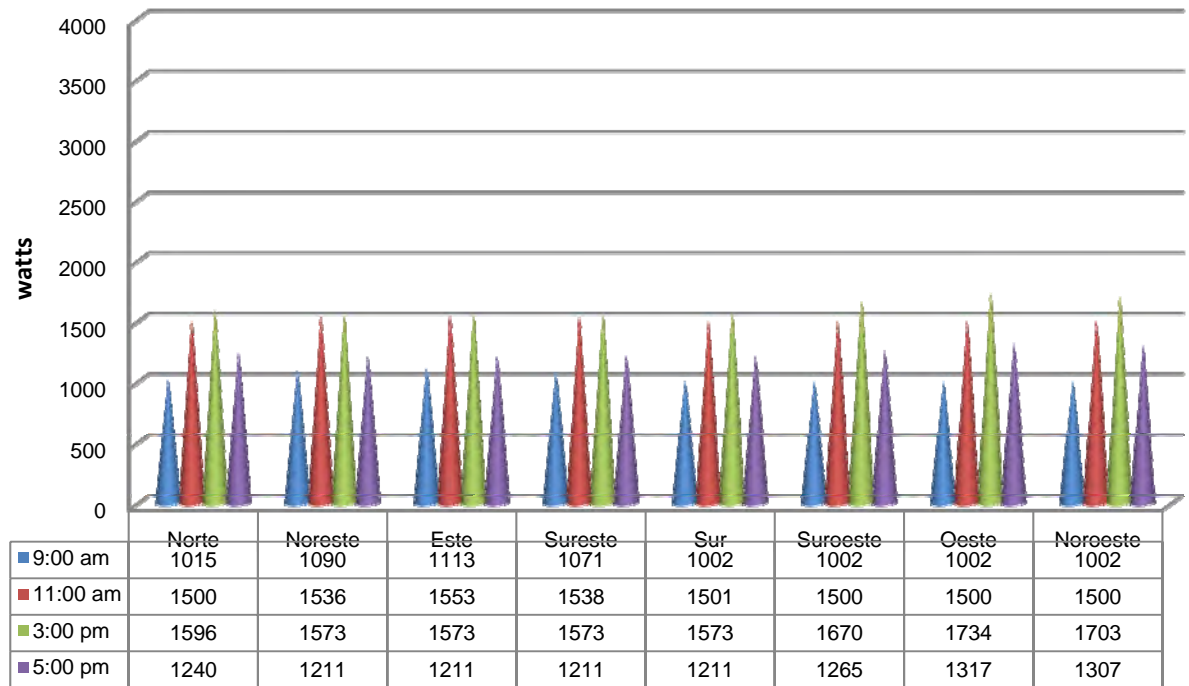


Imagen 38. Ganancias térmicas con protección solar

Al calcular las ganancias de calor para las 8 orientaciones pero con protección solar en ventanas, la ganancia que presenta la fachada oeste a las 3:00 pm es de 1734 w, casi 2000 w menos que sin protección solar. Esto nos demuestra la eficiencia de los aleros y partesoles

7.4.- PUNTO DE ROCIO

Se denomina punto de rocío del aire, la temperatura a la cual empieza a producirse la condensación del vapor de agua.

La temperatura de punto de rocío, es a la cual el aire se satura si se enfría a presión constante, por lo tanto es la temperatura a la cual la presión de vapor es igual a la presión de saturación del aire y es siempre menor que o igual a la temperatura ambiente⁵⁴.

Aunque el punto de rocío sea expresado como una temperatura, esta correlacionado con la cantidad de vapor de agua en el aire, y por lo tanto no es dependiente en la temperatura ambiente.

El punto de rocío puede calcularse a partir de las condiciones del aire, pero es más cómodo y rápido obtenerlo gráficamente, con ayuda de una carta psicrometrica puede ser calculada de la humedad relativa y la temperatura de bulbo seco

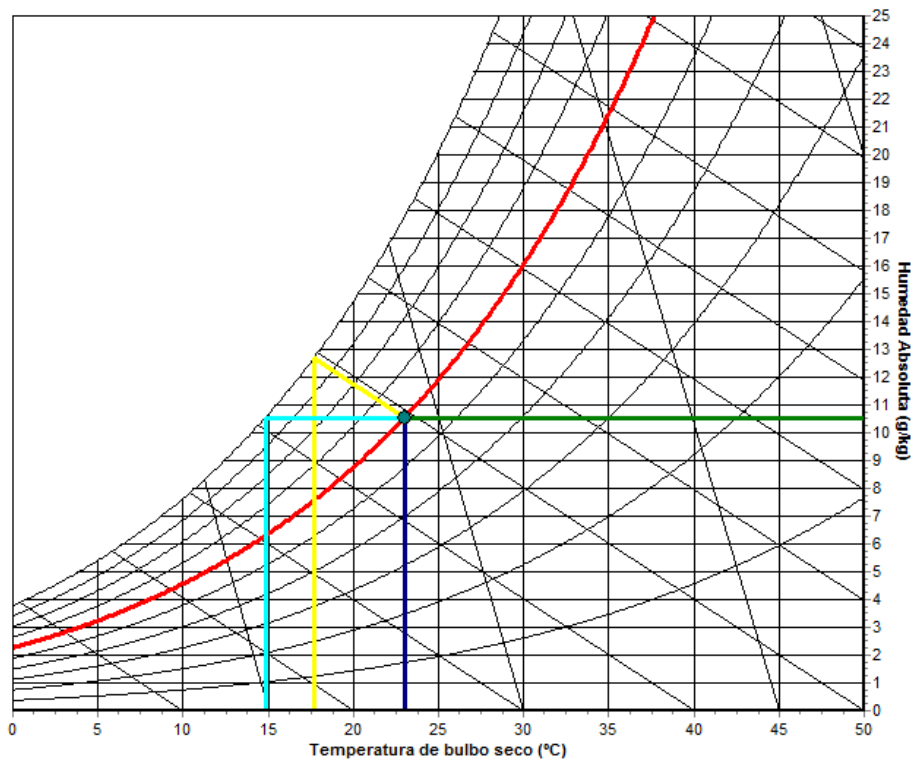


Imagen 39. Gráfica psicrométrica obtenida del software grapsidraw (55)

Un ejemplo lo podemos observar en el clima. Si las condiciones ambientales de nuestra ciudad son 23 °C y 60 %HR; para esas condiciones el punto de rocío es de 14,8 °C.

Lo cual significa que si tenemos un vaso con hielo y este descende su temperatura hasta 14,8°C (temperatura de punto de rocío), comenzaran a formarse pequeñas gotas de agua (rocío) sobre toda la superficie del vaso.

⁵⁴ Ángel Miranda, Técnicas de Climatización, Capítulo 1

⁵⁵ Daniela de Carvalho, Evandro de Castro, Gráfico psicrométrico digital, Universidad Federal de Vicosa, Brasil.

Para conocer si existe condensación en alguna hora del día en la habitación tenemos que conocer la temperatura de la superficie de la pared interior y exterior tanto de muro como de ventana.

Para conocer dichas temperaturas usaremos las siguientes ecuaciones.

Temperatura superficie exterior

$$T_{se} = Q/A * 1/h_e + T_{ext}$$

Temperatura superficie interior

$$T_{si} = Q/A * e/k + T_{se}$$

Para obtener Q

$$Q = \frac{1}{1/h_e + e/n/k + 1/h_i} * A (T_i - t_e)$$

Donde:

h_i = Coeficiente convección del aire interior

(9.36 W/hm²°C para techos y muros, 9.08 W/hm²°C para ventanas)

h_e = Coeficiente convección del aire exterior (34.06 W/hm²°C)

e = Espesor del material (por cada capa)

k = Coeficiente de conductividad térmica (W/hm²°C)

A = Área del muro

T_i = Temperatura interior

T_e = Temperatura exterior

Hora	EXTERIOR				INTERIOR			
	T ext (°C)	T rocío (°C)	Tse (°C)		T int (°C)	T rocío (°C)	Tsi (°C)	
			muro	ventana			muro	ventana
6:00 am	22.0	19.9	22.03	22.17	22.8	20.7	22.17	22.20
7:00 am	21.0	19.3	21.06	21.41	23.0	21.3	21.41	21.48
8:00 am	22.0	19.9	22.04	22.24	23.2	21.1	22.24	22.28
9:00 am	24.0	20.6	23.98	23.88	23.4	20.0	23.88	23.86
10:00 am	27.0	21.3	26.90	26.36	23.9	18.3	26.36	26.25
11:00 am	29.0	21.0	28.87	28.15	24.8	17.1	28.15	28.00
12:00 pm	31.0	20.9	30.83	29.89	25.5	15.8	29.89	29.69
1:00 pm	32.0	20.6	31.82	30.85	26.4	15.5	30.85	30.65
2:00 pm	32.0	20.3	31.83	30.89	26.5	15.3	30.89	30.69
3:00 pm	32.0	20.9	31.83	30.92	26.7	16.1	30.92	30.73
4:00 pm	31.0	20.6	30.87	30.16	26.9	16.8	30.16	30.01
5:00 pm	30.0	20.9	29.90	29.40	27.0	18.1	29.40	29.29
6:00 pm	29.0	21.0	28.94	28.63	27.2	19.3	28.63	28.56
7:00 pm	28.0	21.3	27.98	27.85	27.3	20.7	27.85	27.83
8:00 pm	27.0	21.3	27.01	27.08	27.4	21.7	27.08	27.09
9:00 pm	26.0	21.0	26.04	26.25	27.2	22.2	26.25	26.29
10:00 pm	25.0	20.7	25.05	25.30	26.5	22.2	25.30	25.35
11:00 pm	24.0	20.4	24.05	24.31	25.5	21.8	24.31	24.37
12:00 am	23.0	19.8	23.05	23.32	24.6	21.4	23.32	23.37
1:00 am	23.0	20.2	23.02	23.12	23.6	20.8	23.12	23.15
2:00 am	23.0	20.4	23.01	23.06	23.3	20.7	23.06	23.07
3:00 am	22.0	19.6	22.04	22.24	23.2	20.8	22.24	22.29
4:00 am	22.0	19.8	22.02	22.13	22.7	20.5	22.13	22.16
5:00 am	22.0	19.9	22.02	22.15	22.8	20.7	22.15	22.18

Tabla No.24. Temperaturas de superficies del muro y ventana

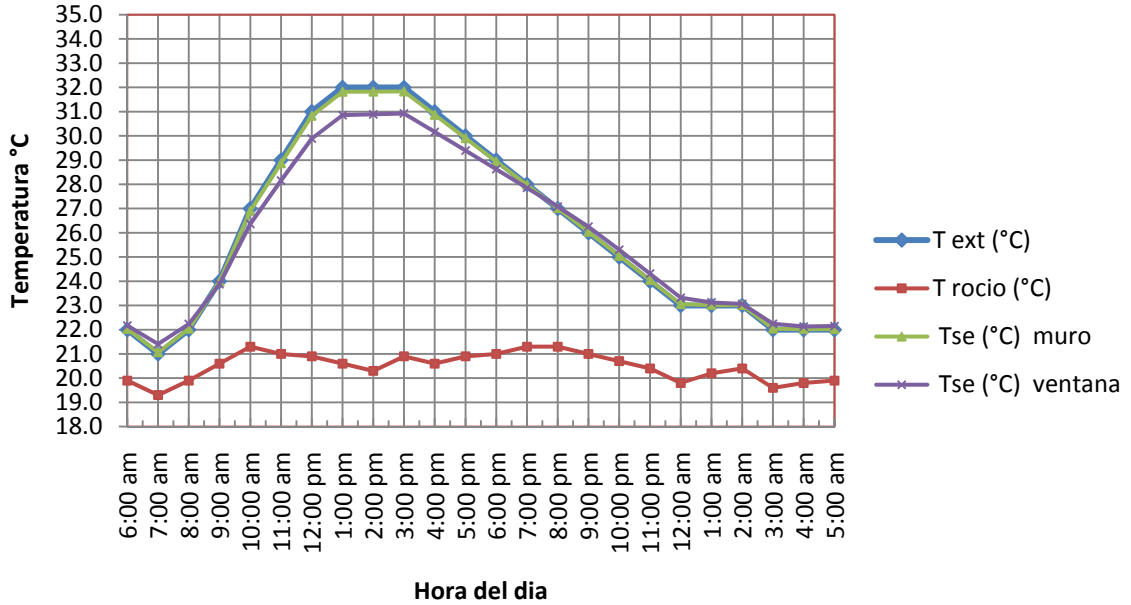


Imagen 40. Grafica de riesgo de condensación de superficies exteriores

Como podemos ver en la grafica, la temperatura de las superficies nunca es menor que la temperatura de rocío, por lo tanto no existe riesgo de condensación.

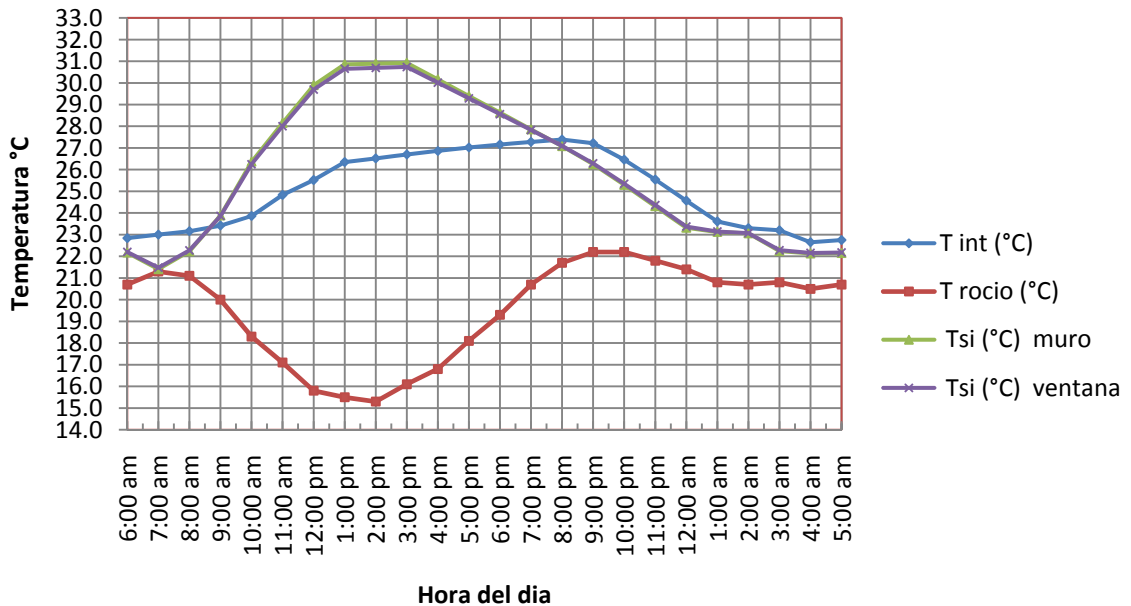


Imagen 41. Grafica de riesgo de condensación de superficies interiores

Como podemos ver en la grafica, la temperatura de las superficies nunca es menor que la temperatura de rocío, la temperatura de punto de superficie interior a las 7:00 am está muy cerca del punto de rocío, pero sin llegar a ser menor, por lo tanto no existe riesgo de condensación

7.5.- SIMULACIÓN TÉRMICA

El uso de la modelación térmica para la evaluación de un edificio, no solo representa la posibilidad de confort térmico del usuario, sino que determina el nivel de ahorro energético por climatización artificial.

La simulación térmica tiene como objetivo principal caracterizar el comportamiento del edificio tomando como base la identificación de los flujos de energía en el edificio. Para diseñar un espacio, el conocer el flujo de la energía es un punto básico, ya que desde la forma arquitectónica hasta el material a utilizar en la envolvente pueden ser evaluados.

Días de diseño

Estos son los representativos del clima que se presenta en el lugar a lo largo del año, de acuerdo a las normales climatológicas de Cancún, el mes más cálido es Julio, por lo tanto para esta simulación tomaremos los datos del 21 de julio.

De esta manera, la simulación se reducirá de 365 a un día y la información de la operación térmica será completa. (Ver ecuaciones de cálculo en anexo 1)

Simulación fachada este, anteproyecto

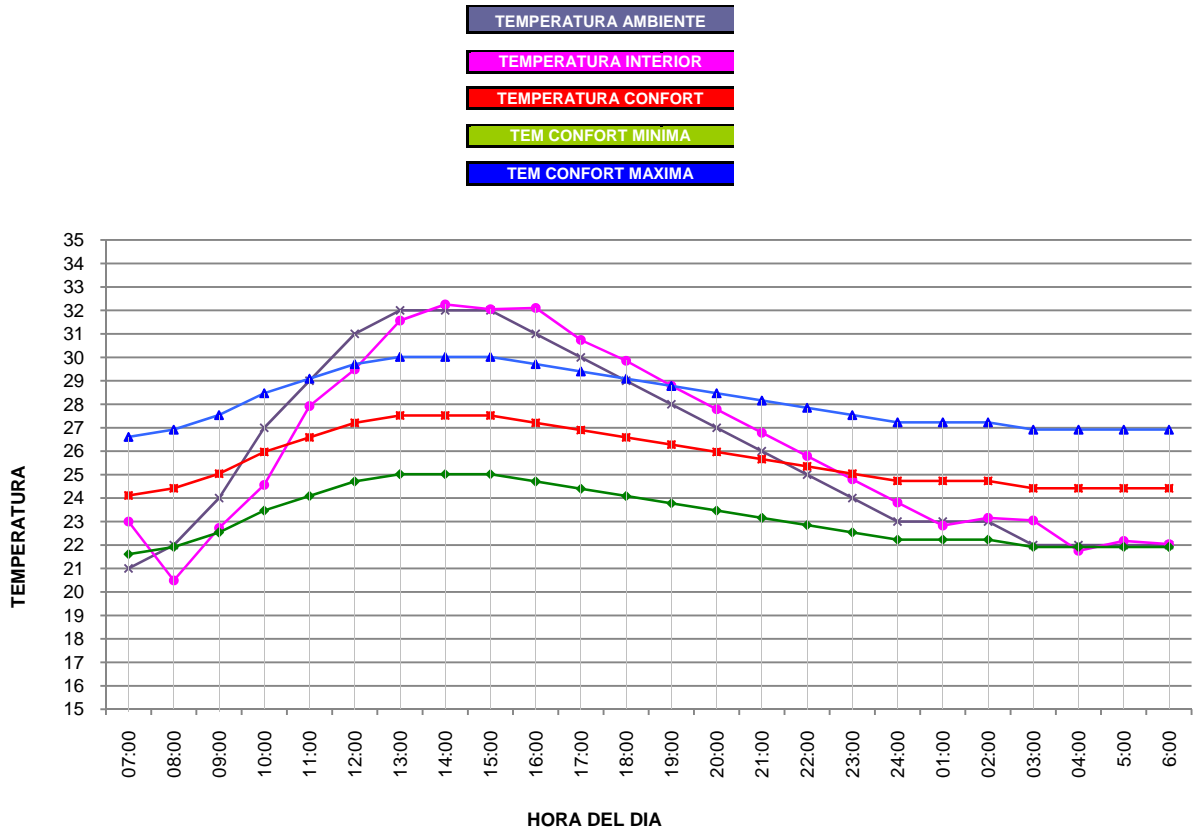


Imagen 42. Simulación térmica

Simulación térmica para fachada oeste con viento perpendicular a la fachada y con área de ventilación del 5% (reglamento de construcciones) con respecto a su área.

En esta orientación el viento entra perpendicular a la fachada y con esa área de ventilación hace que el calor y frío que aporta el viento al interior sea demasiado, por ese gran flujo de aire la temperatura interior es casi la misma que la exterior.

Simulación fachada este, proyecto

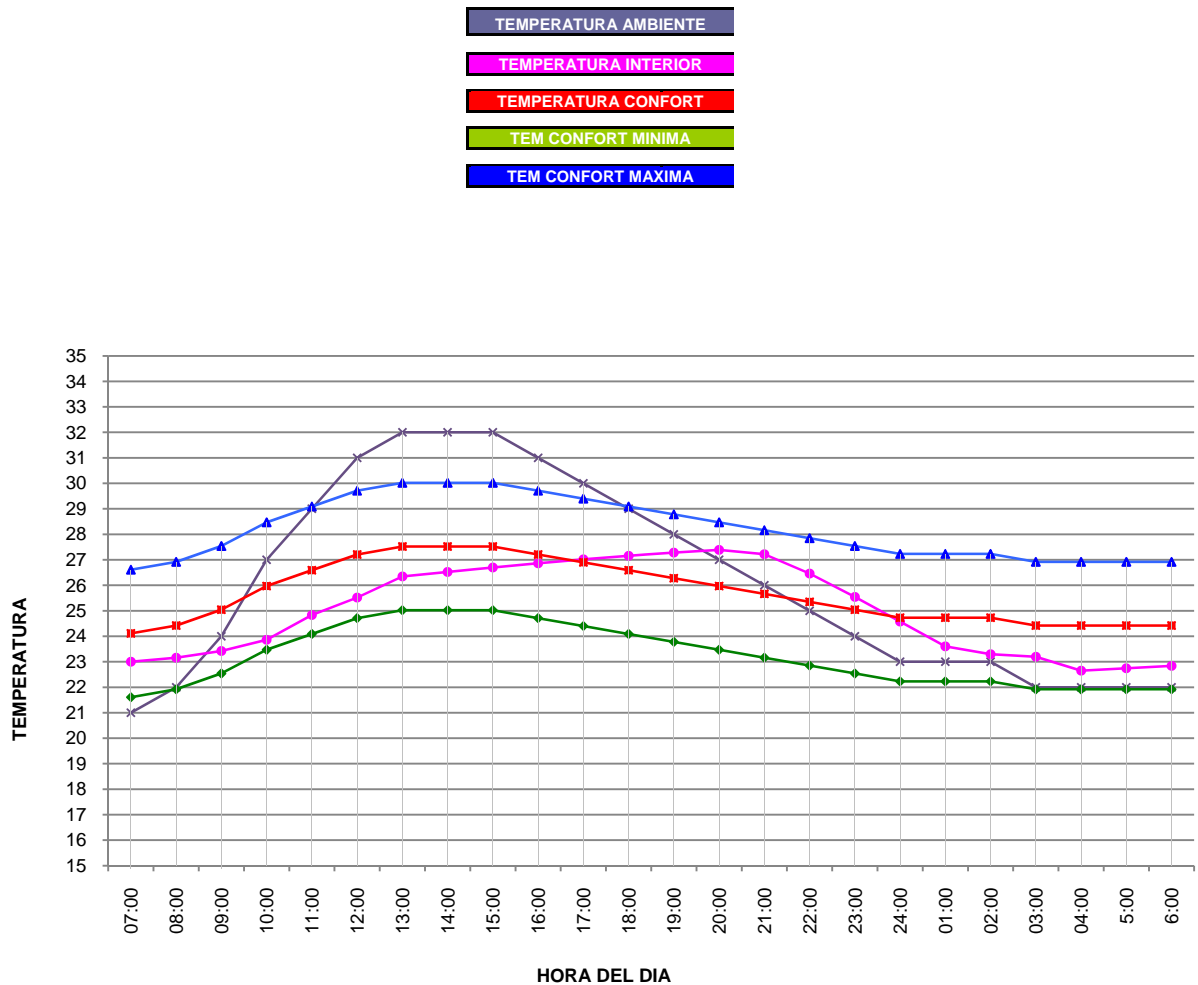


Imagen 43. Simulación térmica

Si tomamos en cuenta la velocidad del viento y la orientación de la fachada, necesitamos reducir el área de ventilación a 2% y solo permitir la entrada de aire de 9:00 a 11:00 y de las 20:00 a las 3:00, con esto mantenemos temperatura de confort en el interior.

Hora de calculo		15:00	Fachada Este		A=
			muro	ventana	23.08
			área		
			norte	sur	
			0	0	
			0	0	muros
			0	0	ventanas
TEMPERATURA AMBIENTE					
0.04754	32.00	°C			
1008.80	305.15	°K			
TEMPERATURA INTERIOR					
0.04431	30.77	°C			
	303.92	°K			
RADIACION GLOBAL					
	775.00	w/m2			
HUMEDAD RELATIVA					
	52	%			
HUMEDAD ESPECIFICA					
Ambiente	0.0156	gw/ga			
Interior	0.0145	gw/ga			
VIENTO					
	9.8	km/h			
	2.72	m/s			
DIFERENCIA DE RADIACION					
t sky	294.25				
t surr	315.15				
t amb	305.15				
DR	-66.59				
TEMPERATURA PARED EXTERIOR					
muro	ventana	techo			
-29.18	-34.36	-39.12			
31.95	31.75	31.95			
337.10	336.90	337.10			
CONVECCION RADIACION					
hw	hir	ho			
19.443	8.600	28.04			
19.443	8.151	27.59			
19.443	8.600	28.04			
UBICACIÓN SOLAR					
altura	45.14	546.63			
azimut	90.00	0.00			
TEMPERATURA SOL-AIRE					
techo	329.61				
muro	305.15				
ventana	305.15				
AIRE					
Cambios		0.5			
% Área de ventilación					
Cv	V	A			
0.25	2.72	0.69			
					m3/hr
					1696
CALOR POR CONDUCCION					
Muros	este	29.18	w		
	norte	0.00	w		
	sur	0.00	w		
	oeste	0.00	w		
Ventanas	este	34.36	w		
	norte	0.00	w		
	sur	0.00	w		
	oeste	0.00	w		
Techo		815.81	w		
CALOR POR RADIACION SOLAR					
Ventana	% Sombra	Qshg			
0.8	0	0.00	w		
CALOR POR INFILTRACION					
Q sensible		11.50	w		
Q latente		24.84	w		
CALOR POR VENTILACION					
Q sensible		689.89	w		
Q latente		1490.21	w		
CALOR POR USUARIOS					
Q sensible		130.00	w		
Q latente		110.00	w		
CALOR POR EQUIPO ELECTRICO					
Q light		1155.00	w		
TOTAL					4490.79
CAPACITANCIA					6733.58
TEMPERATURA INTERIOR					16:00
					31.43 °C

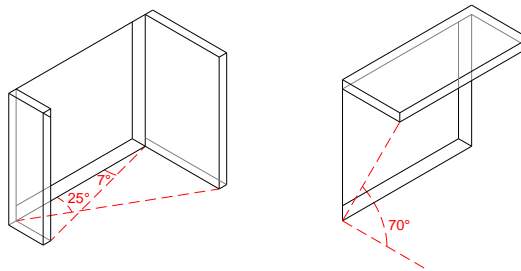
Tabla 25. Hoja de cálculo para simulación térmica

8.- RECOMENDACIONES DE DISEÑO

8.1.- Fachada Norte

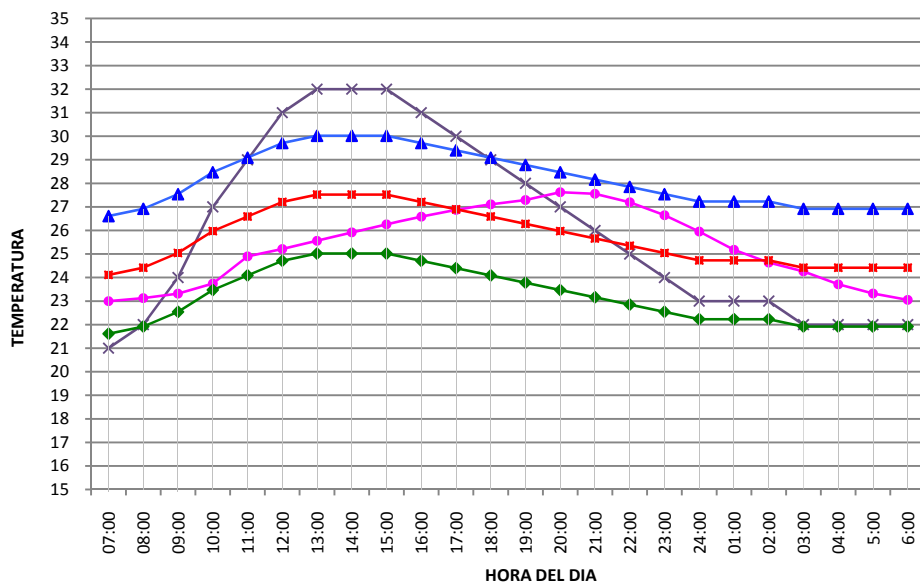
Ventana		
Área de ventana	3.45 m ²	15.00%
Área de ventilación por reglamento	1.15 m ²	5%
Área de ventilación necesaria	0.70 m ²	3%
Horario de ventilación	9:00 am a 10:00 am 19:00 pm a 5:00 am	

Protección solar	
Angulo de Alero	70 °
Angulo de partesol al oeste	25°
Angulo de partesol al este	7°



Ventilación por efecto stack	
Área de entrada de aire	0.70 m ²
Área de salida de aire	0.90 m ²
Diferencia de altura	2.20 m

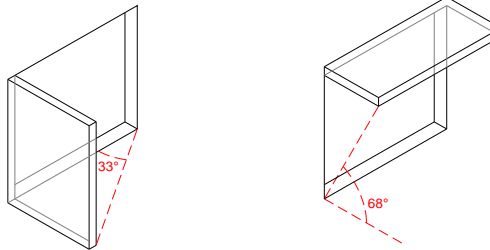
Simulación térmica



8.2.- Fachada Noreste

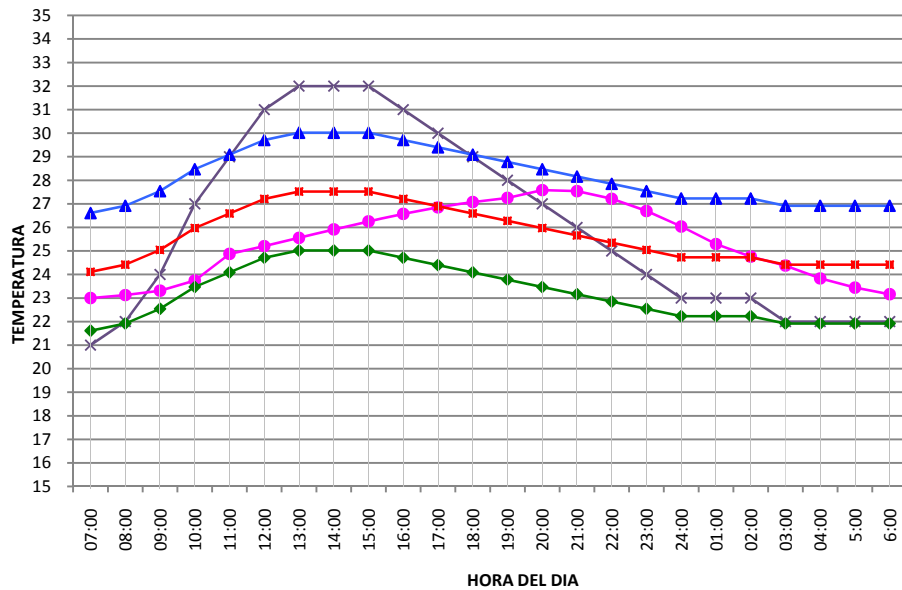
Ventana		
Área de ventana	4.00 m ²	17.50%
Área de ventilación por reglamento	1.15 m ²	5%
Área de ventilación necesaria	0.50 m ²	2%
Horario de ventilación	9:00 am a 10:00 am 19:00 pm a 5:00 am	

Protección solar	
Angulo de Alero	68 °
Angulo de partesol al noroeste	0°
Angulo de partesol al sureste	33°



Ventilación por efecto stack	
Área de entrada de aire	0.50 m ²
Área de salida de aire	0.65 m ²
Diferencia de altura	2.20 m

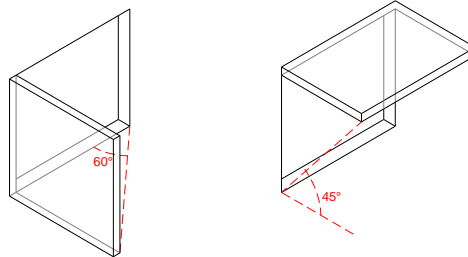
Simulación térmica



8.3.- Fachada Este

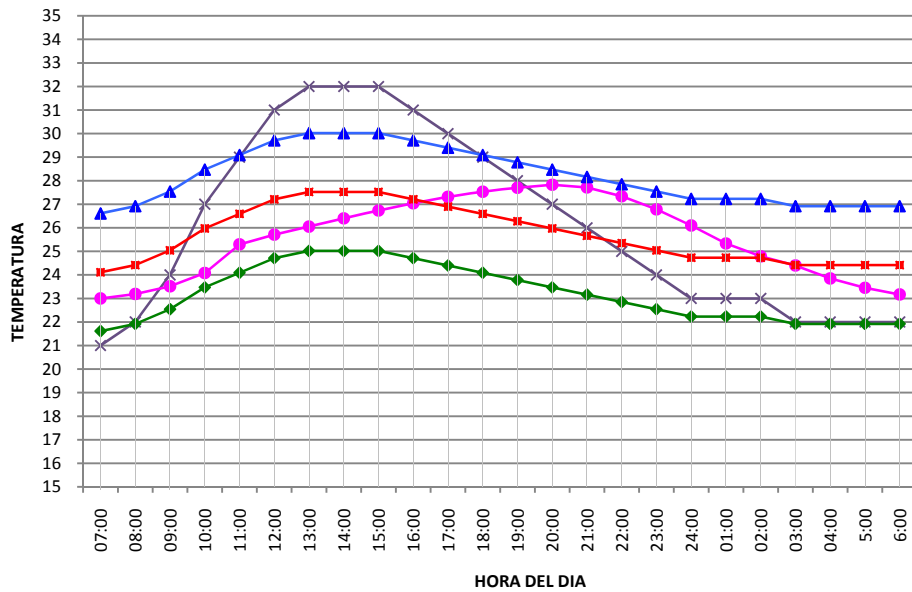
Ventana		
Área de ventana	4.00 m ²	17.50%
Área de ventilación por reglamento	1.15 m ²	5%
Área de ventilación necesaria	0.50 m ²	2%
Horario de ventilación	9:00am a 10:00 am 20:00 pm a 5:00 am	

Protección solar	
Angulo de Alero	45 °
Angulo de partesol al norte	0°
Angulo de partesol al sur	60°



Ventilación por efecto stack	
Área de entrada de aire	0.50 m ²
Área de salida de aire	0.65 m ²
Diferencia de altura	2.20 m

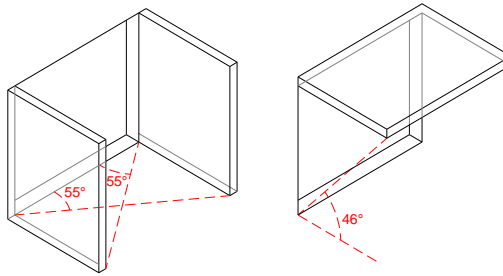
Simulación térmica



8.4.- Fachada Sureste

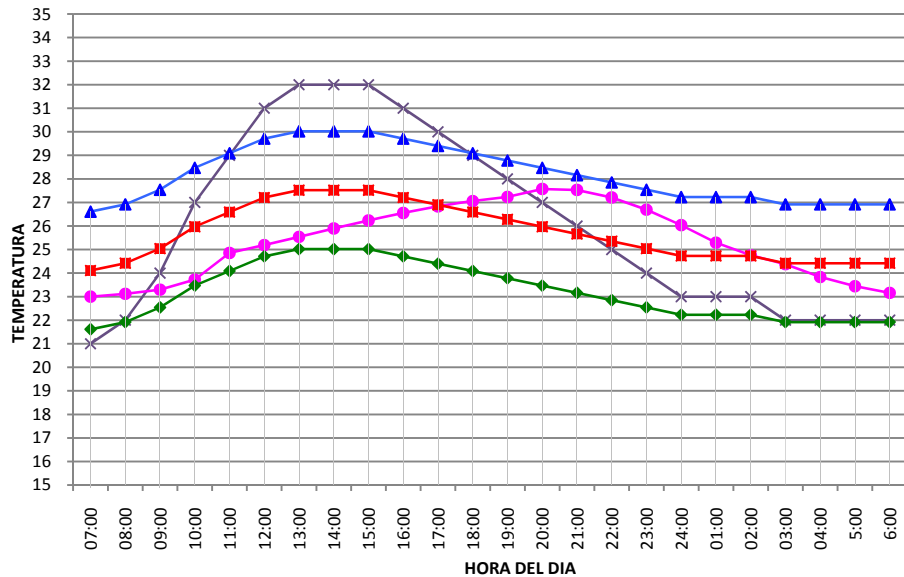
Ventana		
Área de ventana	4.00 m ²	17.50%
Área de ventilación por reglamento	1.15 m ²	5%
Área de ventilación necesaria	0.50 m ²	2%
Horario de ventilación	9:00 am a 10:00 am 20:00 pm a 5:00 am	

Protección solar	
Angulo de Alero	46 °
Angulo de partesol al noreste	55°
Angulo de partesol al suroeste	55°



Ventilación por efecto stack	
Área de entrada de aire	0.50 m ²
Área de salida de aire	0.65 m ²
Diferencia de altura	2.20 m

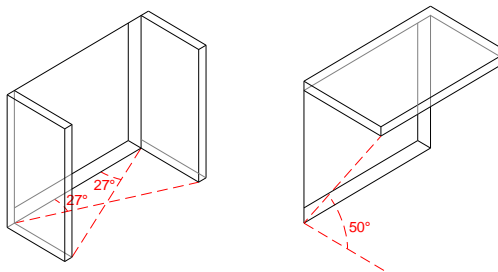
Simulación térmica



8.5.- Fachada Sur

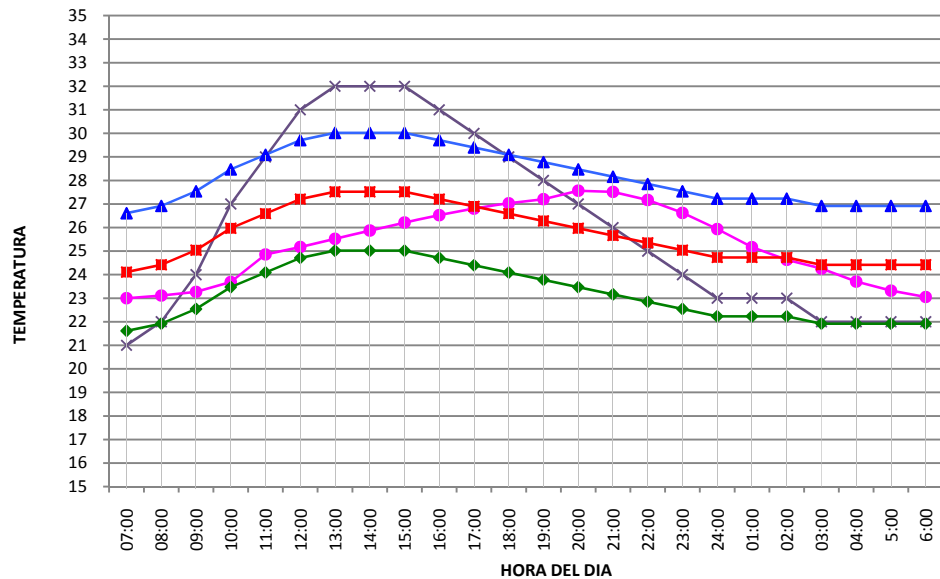
Ventana		
Área de ventana	3.45 m ²	15.00%
Área de ventilación por reglamento	1.15 m ²	5%
Área de ventilación necesaria	0.70 m ²	3%
Horario de ventilación	9:00 am a 10:00 am 19:00 pm a 5:00 am	

Protección solar	
Angulo de Alero	50 °
Angulo de partesol al oeste	27°
Angulo de partesol al este	27°



Ventilación por efecto stack	
Área de entrada de aire	0.70 m ²
Área de salida de aire	0.90 m ²
Diferencia de altura	2.20 m

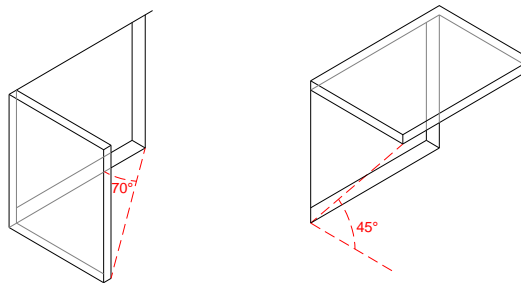
Simulación térmica



8.6.- Fachada Suroeste

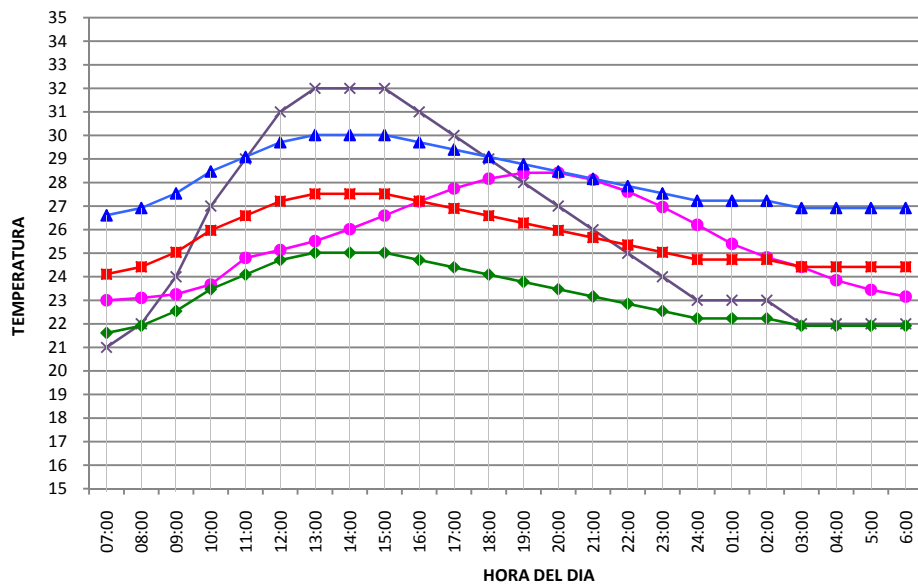
Ventana		
Área de ventana	4.00 m ²	17.50%
Área de ventilación por reglamento	1.15 m ²	5%
Área de ventilación necesaria	0.70 m ²	3%
Horario de ventilación	9:00 am a 10:00 am 20:00 pm a 5:00 am	

Protección solar	
Angulo de Alero	45 °
Angulo de partisol al noroeste	70°
Angulo de partisol al sureste	0°



Ventilación por efecto stack	
Área de entrada de aire	0.70 m ²
Área de salida de aire	0.90 m ²
Diferencia de altura	2.20 m

Simulación térmica

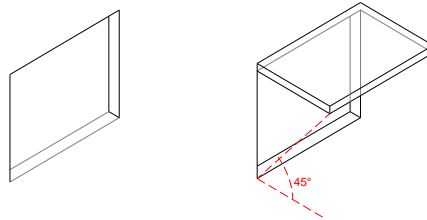


Nota: Para esta orientación la protección solar es eficiente hasta las 3:00 pm, lo cual hace necesario el uso de climatización artificial de 6:00 pm a 11:00 pm aproximadamente

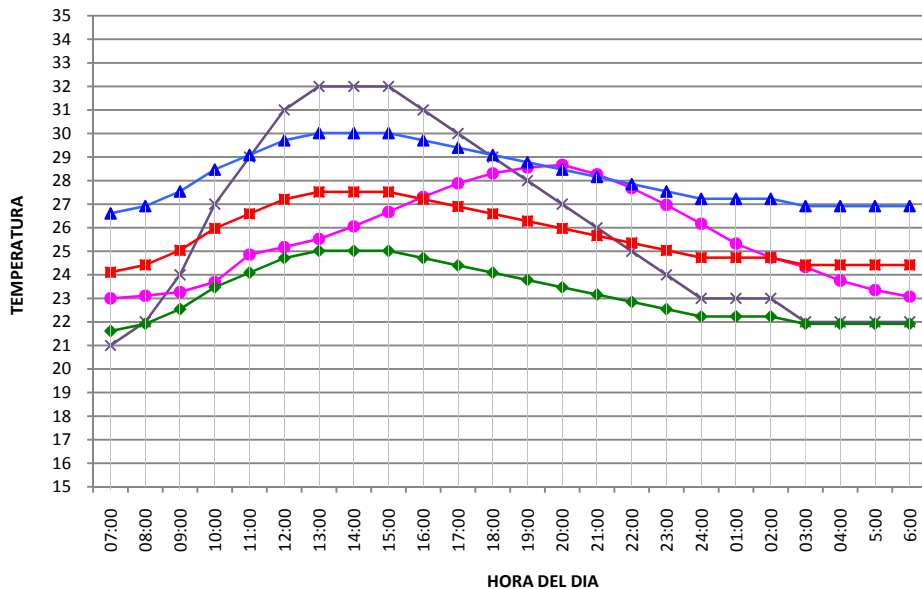
8.7.- Fachada Oeste

Ventana		
Área de ventana	4.00 m ²	17.50%
Área de ventilación por reglamento	1.15 m ²	5%
Área de ventilación necesaria	0.70 m ²	3%
Horario de ventilación	9:00 am a 10:00 am 19:00 pm a 5:00 am	

Protección solar	
Angulo de Alero	45 °
Angulo de partesol al Norte	0°
Angulo de partesol al Sur	0°



Ventilación por efecto stack	
Área de entrada de aire	0.70 m ²
Área de salida de aire	0.90 m ²
Diferencia de altura	2.20 m

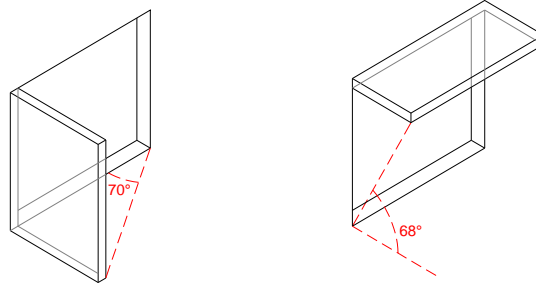


Nota: Para esta orientación la protección solar es eficiente hasta las 3:00 pm, lo cual hace necesario el uso de climatización artificial de 6:00 pm a 11:00 pm aproximadamente

8.8.- Fachada Noroeste

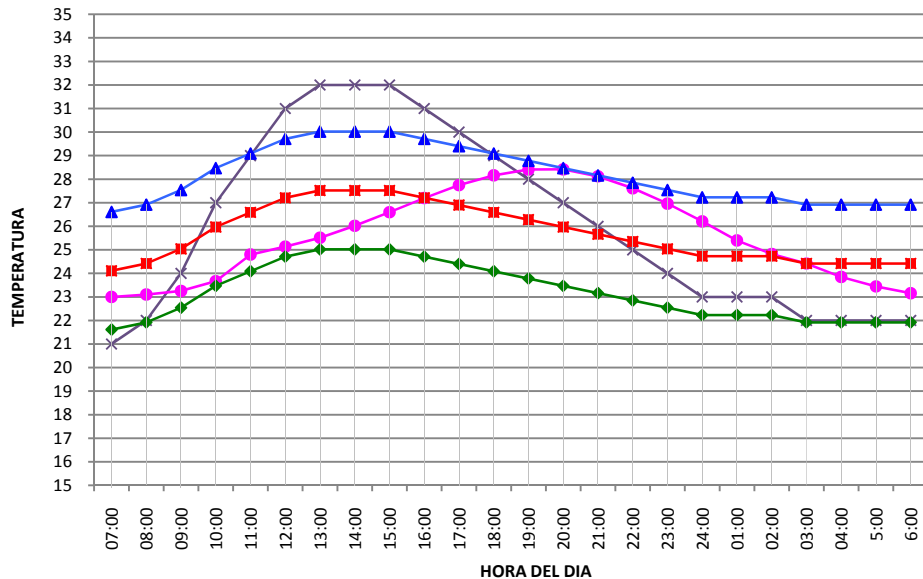
Ventana		
Área de ventana	4.00 m ²	17.50%
Área de ventilación por reglamento	1.15 m ²	5%
Área de ventilación necesaria	0.70 m ²	3%
Horario de ventilación	9:00 am a 10:00 am 19:00 pm a 5:00 am	

Protección solar	
Angulo de Alero	45 °
Angulo de partesol al Noreste	0°
Angulo de partesol al Suroeste	70°



Ventilación por efecto stack	
Área de entrada de aire	0.70 m ²
Área de salida de aire	0.90 m ²
Diferencia de altura	2.20 m

Simulación térmica



Nota: Para esta orientación la protección solar es eficiente hasta las 3:00 pm, lo cual hace necesario el uso de climatización artificial de 6:00 pm a 11:00 pm aproximadamente

CONCLUSIONES

Las habitaciones tipo son prototipos que se construyen en cualquier parte y en cualquier orientación sin importar el entorno, de acuerdo al análisis realizado en este trabajo se observó que la ventilación y la protección solar son la parte más importante para mantener el espacio en zona de confort para los usuarios.

En este trabajo de investigación se fueron haciendo conclusiones capítulo por capítulo, la primera fue definir el tipo de habitación a estudiar, que en nuestro caso fue una habitación 5 estrellas, debido a que en Cancun el 70% de las habitaciones son de este tipo (pag. 13), y la el mayor consumo eléctrico es por concepto de climatización (pag. 9)

De acuerdo al análisis del sitio, del edificio y del usuario se plantearon estrategias de climatización natural para el uso eficiente de energía, con dispositivos de control solar, características de los materiales y efectos de la ventilación, obteniendo que es factible y que de acuerdo a lo estudiado se puede estar en zona de confort durante las 24 horas del día, estableciendo horarios de ventilación, por lo tanto se tendrían beneficios en el consumo energético ya que como se mencionó el consumo con climatización artificial es de aproximadamente el 60% del consumo total del hotel (pag. 9)

Una vez definidas las estrategias de diseño se hizo el estudio de protección solar de acuerdo al diagrama de isorequerimientos que en este caso la protección es necesaria todo el año a partir de las 9:00 am, se logra proteger las fachadas norte, noreste, este, sureste y sur, pero no así las fachadas suroeste, oeste y noroeste, esto debido a la incidencia del sol en estas.

Se hizo un primer balance (pag. 70) térmico para el día 21 de julio a las 3:00 pm que es el mes más caluroso y la hora de mayor temperatura, considerando para la habitación muros y azotea de concreto, un área de ventana de acuerdo a lo que marca el reglamento de construcciones, y esto nos dio como resultado que la mayor carga térmica era para la fachada oeste con una carga de 3769 watts y la de menor carga térmica era la fachada este con este con 1573 watts esto debido a que a esa hora incide en la fachada oeste y no en la este.

Tomando en cuenta el primer balance térmico y las estrategia de protección solar, se hizo un segundo balance térmico (pag. 71) en el cual las ventanas eran protegidas por aleros y partesoles, esto nos dio como resultado que la mayor carga térmica era para la fachada oeste con una carga térmica de 1734, y las 7 fachadas restantes presentaban valores de 1573 a 1703watts, esto nos comprobó la eficiencia de los aleros y partesoles ya que se logra reducir el 50% la ganancia térmica en el caso más crítico en las habitaciones, con esta protección todas las orientaciones presentan una carga similar a la misma hora.

Se hicieron otros balances térmicos en los que se cambiaba el material de la fachada a tabique rojo y otros con aislante de fibra de vidrio de 1", pero estas propuestas no representaban cambio significativo en la carga térmica, debido a que el área expuesta al exterior es solo de 4.5m².

Otro factor que influía de manera importante en la carga térmica es la ventilación, si manteníamos abierta la ventana todo el tiempo, en horas donde la temperatura exterior era mayor que la interior, aumentaba considerablemente la temperatura del interior, esto nos indicaba que deberíamos plantear horarios de ventilación los cuales dependen de la orientación pero que en su mayoría son de las 9:00 am a las 11:00 am y de las 6:00 pm a las 5:00 am

En área que nos marca el reglamento para ventilación es del 5%, pero este porcentaje no es necesario, se hicieron cálculos con 5% del área, para confort térmico es suficiente con un área de 2% para las fachadas que reciben el viento perpendicular y hasta un ángulo de 45° que los las fachadas noreste, este y sureste, para las restantes fachadas es necesario el 3%.

Cabe hacer notar que estos calculo son considerando una área de entrada del aire y una área de salida, es decir una ventilación cruzada.

Como en las habitaciones de hotel no tenemos una área de salida del aire, se hicieron cálculos para ventilación convectiva, es decir aprovechando la diferencia de presión estática, esto es por la diferentes temperaturas del flujo de aire, encontrando que para el paso de aire necesitamos una diferencia de 2°C y una altura de salida del aire con respecto a la entrada de 1.80m, con esto garantizaríamos casi tres cambios de aire por hora (144m³/h) de la habitación, suficientes para renovar el aire viciado del mismo, siendo que ASHRAE nos marca para este concepto 50m³/h.

Se reviso también el riesgo de condensación en muros, se hizo el cálculo de punto de rocío, pero se encontró que en ninguna hora del día había riesgo de condensación, siendo el punto más crítico las 7:00am donde la temperatura interior de la ventana es de 21.41°C y la temperatura de rocío es de 21.3°C.

Por último se hizo la simulación térmica de la habitación en las diferentes orientaciones, encontrando que con protección solar y horarios de ventilación se puede lograr confort térmico durante las 24 hrs del día en la fachada norte, noreste, este, sureste y sur y las fachadas suroeste, oeste y noroeste necesitan climatización artificial de las 6:00pm a las 11:pm. Que son las fachadas donde no existe una eficiente protección solar.

La hipótesis planteada al inicio de esta investigación *“Por medio de sistemas de climatización natural en hoteles, se pueden lograr condiciones de confort para los usuarios y una eficiente utilización de energía, disminuyendo su consumo y por consiguiente un ahorro económico.”* se cumple, ya que con el uso de estrategias de climatización natural se demuestra que se puede estar en confort, aun cuando las temperaturas alcanzan su valor más alto.

Considerando que el objetivo general de esta investigación es dar alternativas de diseño para el ahorro energético en habitaciones de hotel en clima cálido húmedo, como se muestra en los resultados de simulación térmica este objetivo se cumple.

A partir de esta investigación se puede desprender otras, que den continuidad a esta como por ejemplo, el estudio de iluminación natural para las diferentes orientaciones de las habitaciones.

Ahorrar energía es el camino para reducir las emisiones contaminantes a la atmosfera, cada acción para ahorrar energía, nos lleva a una reducción en el consumo de recursos y, por consiguiente una disminución en el pago de servicios.

El problema del ahorro de energía no se resuelve con conocerlo, es necesario un esfuerzo conjunto entre autoridades, organismos, arquitectos, constructores para poder dar un uso eficiente del recurso energético.

BIBLIOGRAFÍA

ASHRAE HANDBOOK 1999 HVAC APPLICATIONS
Chapter 5 HOTELS, MOTELS, AND DORMITORIES

ASHRAE, Educación Continua, **Fundamentos de sistemas HVAC**
1995 – 2000, **Learning Institute**

BROWN, G. Z. Sol, Luz y Viento, Estrategias para el diseño arquitectónico.
Editorial Trillas, México 1994

CARRIER, Manual de aire acondicionado
Editorial Marcombo, 2009

CONAFOVI, Uso eficiente de la energía en la vivienda
Comisión nacional de fomento a la vivienda, primera edición 2006

DEFFIS Caso, Armando, **Ecoturismo, Categoría 5 estrellas**,
Árbol Editorial, Colombia, 2000.

ENRIQUEZ HARPER, Gilberto, Manual Práctico de Alumbrado
Limusa, Noriega Editores, 2005

GARCÍA Chávez, José Roberto, **Viento y Arquitectura**
Editorial trillas, 3ª edición, México, 2005

LACOMBA Ruth (compiladora), **Manual de Arquitectura solar**,
Editorial Trillas, México, 1991.

MIRANDA, Ángel Luis, Técnicas de Climatización.
Editorial Alfaomega, México 2007.

MORILLON Gálvez, David, **Atlas de Bioclima de México.**
Octubre 2004, UNAM, Instituto de Ingeniería, Serie Investigación y Desarrollo

MORILLON Gálvez, David, **Introducción a los Sistemas Pasivos de Enfriamiento**
Universidad Nacional Autónoma de México, México 2002.

MORILLON Gálvez, David, **Modelo para diseño y evaluación del control solar en edificios**
Diciembre 2004, UNAM, Instituto de Ingeniería, Serie Investigación y Desarrollo

OLGYAY, Víctor. Arquitectura y clima, Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas.
Editorial Gustavo Gili, Barcelona 2004

RODRÍGUEZ Viqueira, Manuel. **Introducción a la Arquitectura Bioclimática.**
Editorial Limusa, México 2005

SENER, Balance Nacional de Energía 2006
Subsecretaría de planeación energética y desarrollo tecnológico
Secretaría de energía, primera edición 2007

Artículos

Reflexiones Sobre el Consumo Energético en el Sector Hotelero Cubano

Cabrera Gorrin , Osmel,

Profesor Asistente, Master en Ciencias Técnicas, Director del Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales, Centro Universitario.

www.monografias.com

Área, eficiencia Energética.

Hacia una metodología en el diseño bioclimático

Fuentes Freixanet, Víctor, **Rodríguez** Viqueira, Manuel

Universidad Autónoma Metropolitana

ANES (Asociación nacional de Energía Solar), 1997

Metodología para el diseño optimizado de las herramientas de control solar

Mesa Néstor, **Morillon** David

Instituto ciencias humanas sociales y ambientales

Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente

ASADES (Asociación Argentina de Energías Renovables y ambiente), 2005

www.asades.org.ar

Impacto del cambio ambiental global en el sector residencial

Morillón Gálvez , David

Instituto de Ingeniería, UNAM.

Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental

www.bvsde.paho.org

La importancia del consumo de energía en inmuebles no residenciales en Mexico y su evidente subestimación en las Estadísticas Nacionales

Del Buen, Odon

Energía, Tecnología y Educación, S.C.

www.funtener.org

Recomendaciones de diseño para disminuir el consumo de energía en hoteles de playa en Cuba

Dr. Arq. Luis Alberto Rueda Guzmán

Departamento de Diseño, Facultad de Arquitectura,

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), La Habana, Cuba.

<http://www.cubasolar.cu>

Ventilación Natural

Prof. Luis Rosales

Especialización en Desarrollo Tecnológico de la Construcción

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela

<http://www.fau.ucv.ve>

Páginas Web consultadas

BVSDE (Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental)

www.bvsde.paho.org

CANCUN (sitio web de información oficial)

<http://cancun.travel/es/>

CANCUN (La magia del Caribe Mexicano)

<http://www.cancun.caribemexicano.com/>

CONAFOVI (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda)

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

Evandro de Castro Melo

<http://www.evandro.eng.br>

Software **Grapsi_draw**, Universidad Federal de Vicosa, Brasil

FONATUR (Fondo Nacional de Fomento al Turismo)

www.fonatur.gob.mx

Instituto de Arquitectura Tropical

<http://www.arquitecturatropical.org>

IDEC / FAU / UCV (Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción / Facultad de Arquitectura y Urbanismo / Universidad Central de Venezuela)

<http://www.fau.ucv.ve>

Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo

<http://www.cancun.gob.mx/cancun/index.php>

SECTUR (Secretaría de turismo)

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

SENER (Secretaría de energía)

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

SMN.CNA (Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua)

<http://smn.cna.gob.mx>

Sociedad Cubana Para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y Respeto al Ambiente

<http://www.cubasolar.cu>

ANEXO 1

Balance de calor en los edificios

Flujo de calor por **Conducción** (Qcond)

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

Donde:

U = Coeficiente global de transferencia de calor.

A = Área del muro, techo y ventana del mismo tipo.

T s/a = Temperatura sol aire. De noche se usa la Temperatura ambiente.

T int = Temperatura interior del cuarto.

Cálculo de **Coeficiente global de transferencia de calor**.

$$U = \frac{1}{1/h_e + e/n/k_n + 1/h_c + e/n/k_n + 1/h_i}$$

Donde:

h_i = Coeficiente convección del aire interior

h_e = Coeficiente convección del aire exterior (34.06 W/hm²°C)

e = Espesor del material (por cada capa)

k = Coeficiente de conductividad térmica (W/hm²°C)

h_c = Coeficiente convección del aire interior entre dos muros

h_e = 17.03 W/hm²°C para superficies horizontales

h_i = 9.36 W/hm²°C para techos y muros, 9.08 W/hm²°C para ventanas

Cálculo de **Temperatura sol - aire**

$$T_{s/a} = T_{amb} + \frac{HT * \alpha}{h_o} + \frac{DR * \varepsilon}{h_o}$$

Donde:

T_{amb} = Temperatura ambiente exterior

HT = Radiación solar global (W/m²)

α = Absortancia de las superficies (%)

ε = Emitancia de las superficies (%)

DR = Para superficies verticales y ventanas DR = 0

H_o = Coeficiente de transferencia de calor por convección y radiación.

Calculo de **Diferencia de radiación de onda corta y larga (DR)**

$$DR = \frac{\partial (1+\cos SLP)}{2} (t_{sky}^4 - t_{amb}^4) + \frac{(1+\cos SLP)}{2} (t_{surr}^4 - t_{amb}^4)$$

Donde:

σ = Constante Stefan Boltzman ($5,669 \cdot 10^{-8} \text{ W/hr.m}^2\text{°k}^4$)

SLP = Inclinación de la superficie. Techos horizontales SLP = 0

tsky = Temperatura del cielo, $tsky = tamb^{1.5} \cdot 0,0552 \text{ (k)}$

tamb = Temperatura ambiente.

tsurr = Temperatura alrededores. $Tsurr = tamb + 10\text{k}$. si hay superficies naturales $tsurr = 0$

Cálculo de **Coeficiente de convección + Coeficiente de radiación**

$$ho = hw + hir$$

$$hw = 32.7 \cdot 13.7 \cdot W$$

$$hir = 4 \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^3$$

Donde:

σ = Constante Stefan Boltzman ($5,669 \cdot 10^{-8} \text{ W/hr.m}^2\text{°k}^4$)

ho = Coeficiente de convección mas coeficiente de radiación

hw = Coeficiente de convección

hir = Coeficiente de radiación

T = $tamb + temp \text{ pared exterior}$

Flujo de calor por **Radiación solar directa (Qshg)**

$$Qshg = Av \cdot Fc \cdot HT$$

Donde:

Av = Área de la ventana

Fc = Fracción de radiación solar que pasa por la ventana (0.25 para ventana sombreada)

HT = Radiación solar global (W/m^2)

Flujo de calor por **Ventilación (Qvent)**

$$Qvent_s = 0,278 \cdot \rho \cdot Cpa \cdot G \cdot (tamb - tint)$$

$$Qvent_L = 0,278 \cdot \rho \cdot Hvap \cdot G \cdot (Wamb - Wint)$$

Donde:

0.278 = Factor de conversión de KJ a W

ρ = densidad del aire (1.18 kg/m^3)

Cpa = Calor especifico del aire ($1,0065 \text{ KJ/Kg°C}$)

Hvap = Calor latente de vaporización ($2,468 \text{ KJ/kg°C}$)

G = Flujo de aire (m^3/h)

Wamb = Humedad especifica ambiente (gr. de agua / gr. aire seco)

Wint = Humedad especifica interior (gr. de agua / gr. aire seco)

Flujo de calor por **Infiltracion (Qinf)**

$$Qinf_s = 0,278 \cdot camb \cdot vol \cdot \rho \cdot Cpa \cdot (tamb - tint)$$

$$Qinf_L = 0,278 \cdot camb \cdot vol \cdot \rho \cdot Hvap \cdot (Wamb - Wint)$$

Donde:

0.278 = Factor de conversión de KJ a W

ρ = densidad del aire (1.18 kg/m³)

Cpa = Calor específico del aire (1,0065 KJ/Kg°C)

Hvap = Calor latente de vaporización (2,468 KJ/kg°C)

camb = Cambios de aire por hora

vol = Volumen de la habitación (m³)

Flujo de calor por **Personas** (Qmet)

$$Q_{met_s} = q_{sens} / personas * No. personas$$

$$Q_{met_l} = q_{lat} / personas * No. personas$$

Flujo de calor por **Equipos** (Qlight)

$$Q_{light} = pot * No. aparatos$$

Donde:

pot = Potencia de cada aparato eléctrico (W/h)

Flujo de calor **TOTAL** (Qload)

$$Q_{load} = Q_{cond} + Q_{shg} + Q_{vent} + Q_{inf} + Q_{met} + Q_{light}$$

Cálculo temperatura interior del edificio

$$T_{cuarto_1} = t_{cuarto_{i-1}} + \frac{Q_{load}}{Capacitancia}$$