



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

“ANÁLISIS DE LA CARGA TÉRMICA AL EDIFICIO
ADMINISTRATIVO DEL CIMA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
(ÁREA MECÁNICA)

P R E S E N T A:

ZARANDA PACHECO SERGIO ULISES

ASESOR: M. EN I. DAVID FRANCO MARTÍNEZ



FES Aragón

MÉXICO 2011.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de adquirir los conocimientos y herramientas necesarias para desempeñarme en mi vida profesional.

A la Facultad de Estudios Superiores Aragón por estimular mi aprendizaje en sus instalaciones durante mi licenciatura.

A mis padres por ser parte fundamental en mi desarrollo y brindarme los recursos para realizar una carrera.

A mis tíos por apoyarme incondicionalmente y brindarme su hogar.

A mis hermanos por su apoyo.

A mi esposa por ser mi fuerza de motivación en los momentos difíciles.

Al maestro David Franco Martínez por apoyarme en la realización de este trabajo y brindarme sus conocimientos.

A todos mis compañeros por compartir conmigo esta etapa de mi vida.

A todos ustedes muchas gracias por estar conmigo.

Zaranda Pacheco Sergio Ulises.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	6
OBJETIVO.....	7
1. CAPITULO N°1 AHORRO DE ENERGIA EN EDIFICIOS.....	8
1.1. QUÉ ES LA ENERGÍA.....	9
1.1.1. Definiciones de energía:.....	9
1.2. PRINCIPALES TIPOS DE ENERGIA.....	10
1.2.1. La energía solar.....	10
1.2.2. La energía eólica.....	10
1.2.3. La energía hidráulica.....	10
1.2.4. La energía nuclear.....	10
1.2.5. La energía electromagnética.....	10
1.2.6. La energía térmica.....	10
1.2.7. La energía química.....	10
1.2.8. La energía mecánica.....	10
1.3. CONSUMO DE ENERGÍA.....	11
1.4. AHORRO DE ENERGIA EN EDIFICIOS.....	12
1.5. CRITERIOS DE ORIENTACIÓN DE UN EDIFICIO.....	13
1.5.1. La forma de la edificación.....	13
1.5.2. La orientación de la edificación.....	13
1.6. ELEMENTOS SOMBREADORES PARA CONSTRUCCIÓN.....	15
1.6.1. Elementos arquitectónicos de Control Solar.....	16
1.6.1.1. Horizontales.....	16
1.6.1.2. Verticales.....	18
1.6.1.3. Combinación.....	18
1.6.1.4. Otros elementos no arquitectónicos.....	19
1.6.1.5. Cambio de orientación de ventanas.....	19
1.7. EQUIPOS QUE CONSUMEN ENERGIA EN LOS EDIFICIOS.....	20
1.7.1. Sistemas de iluminación.....	20
1.7.1.1. Niveles de iluminación.....	22
1.7.2. Motores eléctricos.....	22
1.7.2.1. Los elementos que componen a los motores.....	22
1.7.2.2. Clasificación de los motores eléctricos.....	22
1.7.2.2.1. Motor de corriente alterna.....	23
1.7.2.2.2. Motor de corriente continúa.....	24
1.7.3. Sistemas de bombeo.....	25
1.7.3.1. Tipos de bombas.....	25

1.7.3.1.1.	Según el principio de funcionamiento.....	25
1.7.3.1.2.	Según el tipo de accionamiento.....	27
1.7.4.	Sistemas de Calderas.....	28
1.7.4.1.	La clasificación de las calderas.....	28
1.7.4.2.	Accesorios de una caldera.....	28
1.7.5.	Sistemas de climatización.....	30
1.7.5.1.	Expansión Directa.....	30
1.7.5.2.	Expansión Indirecta.....	31
1.7.5.2.1.	El Fan-Coil.....	32
1.8.	AIRE ACONDICIONADO.....	33
1.8.1.	Limpieza del Aire.....	33
1.8.2.	Circulación del Aire.....	33
1.8.3.	Enfriamiento y Des humidificación del Aire.....	33
1.8.4.	Calentamiento del Aire.....	34
1.8.5.	Humectación del Aire.....	34
1.9.	NECESIDAD DEL AIRE ACONDICIONADO.....	35
2	CAPITULO N°2 BALANCE TERMICO EN EDIFICIOS.....	36
2.1	CONDICIONES DE CONFORT TÉRMICO.....	37
2.1.1	Criterios de confort.....	37
2.1.2	Balance térmico global.....	39
2.1.3	Condiciones atmosféricas que afectan al confort humano..	39
2.1.4	Confort térmico y humedad del aire ambiente.....	39
2.2	BALANCE DE ENERGIA.....	41
2.3	TRANSFERENCIA DE CALOR.....	42
2.3.1	Modos de transferencia de calor.....	43
2.3.2	Ganancia solar.....	44
2.3.3	Comportamiento de la Radiación Solar sobre Superficies Opacas y Transparentes.....	44
2.4	RESISTENCIA TERMICA.....	47
2.4.1	Materiales de construcción.....	47
2.4.2	Aislamiento térmico.....	55
2.4.2.1	Tipos de aislamiento térmico.....	55
3	CAPITULO N°3 CÁLCULO TÉRMICO DEL EDIFICIO.....	61
3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DEL CIMA.....	62
3.2	CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA DEL EDIFICIO.....	65
3.2.1	Cálculo de Térmica en Invierno.....	66
3.2.2	Cálculo de Térmica en Primavera.....	82

4	CAPITULO N°4 ANÁLISIS Y PROPUESTAS.....	84
	4.1 Propuestas para el ahorro de energía CIMA.....	85
	4.1.1 Propuesta para ventanas.....	87
	4.1.2 Propuesta para Techo.....	88
	4.2 Cálculos con propuestas.....	87
	4.2.1 Cotización.....	90
	4.3 Análisis del sistema Real.....	92
	4.3.1 Emisiones de CO ₂	93
	4.4 Análisis para el sistema ideal.....	94
	4.4.1 Emisiones de CO ₂	95
	CONCLUSIÓN.....	94
	ANEXOS.....	95
	BIBLIOGRAFÍA.....	100

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ahorro de energía forma parte de una cultura de seguridad energética, de protección ecológica y economía en el uso de los recursos productivos. Para ello la eficiencia energética es actualmente un componente inseparable de la productividad económica, del avance tecnológico y de la competitividad de Naciones.

Por tal motivo el siguiente trabajo nos describirá de manera más general en cada uno de sus capítulos como analizar la carga térmica de un edificio, en este caso fue el Edificio Administrativo del CIMA, para poder proponer características que disminuyan el consumo de energía y generen condiciones de confort para el ser humano.

En el primer capítulo se describe a detalle la energía, su definición, el tipo de generación, el ahorro de energía de los edificios, las condiciones más recomendadas para el diseño, así como los principales consumidores de energía en un edificio, nos muestra la importancia del acondicionamiento del aire de las áreas de trabajo.

Para el segundo capítulo se da a conocer el balance térmico de los edificios, cuales son las condiciones de confort para el ser humano, como se da un balance de energía, los tipos de transferencia de calor y se muestra la resistencia térmica de los materiales de construcción, por último se dan a conocer diversos tipos de aislamientos térmico los cuales por sus características pueden utilizar en diferentes condiciones.

El tercer capítulo muestra la delimitación del Edificio Administrativo del CIMA, las condiciones que se tomaron en cuenta para el cálculo de la carga térmica así como las tablas de Excel que muestran los valores que influyeron para cada análisis.

Por último en el capítulo cuarto se basa principalmente en un análisis comparativo, utilizando los resultados obtenidos de la carga térmica en el capítulo anterior, con estos datos se analizaron dos escenarios indicados el real y el ideal ambos con propuestas de aislante, considerando una manera más consciente del uso de la energía y demostrando el ahorro que se llegaría a tener en el consumo de electricidad de los equipos de aire acondicionado, repercutiendo también con el ahorro de emisiones de CO₂ que es trascendente para el planeta.

JUSTIFICACIÓN

El ahorro y el uso eficiente de la energía constituyen en sí mismos una fuente alternativa de energía. Ahorrar energía quiere decir utilizarla en la forma más racional posible dejando de consumir aquellas cantidades que no sean imprescindibles para satisfacer las necesidades requeridas.

La experiencia de las últimas décadas demuestra que hasta cierto punto de equilibrio, es más barato hacer un uso racional de la energía que producirla.

Por eso es necesario analizar la carga térmica del Edificio Administrativo del CIMA para poder determinar sus ganancias y pérdidas de calor, las cuales influyen de manera drástica para el comportamiento del edificio, estas nos mostrarán por medio de cálculos las condiciones más adecuadas de cómo podemos beneficiar el consumo de energía, se pretende definir acciones prácticas y comportamientos que ejercidos en forma continua resulten en la producción, la conducción y uso final de flujo mínimo indispensable para el servicio requerido así como un comportamiento sustentable de la edificación, contribuyendo de una manera eficaz para la utilización de la electricidad.

OBJETIVO

Analizar la carga térmica del Edificio Administrativo del CIMA de la FES Aragón en las condiciones climatológicas más extremas del año, para proponer diversas acciones que ayuden a disminuir el consumo de energía eléctrica de los sistemas de climatización.

CAPITULO I
AHORRO
DE
ENERGIA
EN EDIFICIOS.

1.1 QUÉ ES LA ENERGÍA

La energía es la fuerza vital de nuestra sociedad. De ella dependen la iluminación de interiores y exteriores, el calentamiento y refrigeración de nuestras casas, el transporte de personas y mercancías, la obtención de alimento y su preparación, el funcionamiento de las fábricas, etc.

Hace poco más de un siglo las principales fuentes de energía eran la fuerza de los animales y la de los hombres y el calor obtenido al quemar la madera.

El ingenio humano también había desarrollado algunas máquinas con las que aprovechaba la fuerza hidráulica para moler los cereales o preparar el hierro en las herrerías, o la fuerza del viento en los barcos de vela o los molinos de viento. Pero la gran revolución vino con la máquina de vapor, y desde entonces, el gran desarrollo de la industria y la tecnología han cambiado drásticamente, las fuentes de energía que mueven la moderna sociedad. Ahora, el desarrollo de un país está ligado a un creciente consumo de energía de combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural.

Todos sabemos que la Energía es necesaria para el funcionamiento de máquinas e incluso de seres vivos como nosotros. También es conocido que la Energía ni se crea ni se destruye, si no se transforma. Sin embargo, posiblemente sea difícil encontrar personas que expliquen claramente algo tan extendido y eterno.

Hay energías que son "limpias" y por lo tanto, se obtienen sin hacer ningún daño al medio ambiente; pero hay energías que provienen de fuentes que se están extinguiendo y que dañan al medio que nos rodea.

1.1.1. Definiciones de energía:

- Capacidad que tiene un sistema para producir trabajo.
- Cualquier causa capaz de transformarse en trabajo mecánico.
- Magnitud física que tradicionalmente se define como la capacidad de cuerpos y sistemas para realizar un trabajo.
- Capacidad para producir un efecto.
- Capacidad que tiene la materia para producir movimiento, calor, luz, etc.
- La energía es todo aquello, material o no, que produce un cambio sobre lo que actúa.

1.2. PRINCIPALES TIPOS DE ENERGIA

1.2.1. La energía solar.

Es la radiación energética que procede del Sol, consecuencia de las reacciones de fusión nuclear, que en él se producen. Esta radiación puede aprovecharse, mediante distintos dispositivos tecnológicos, como fuente de energía.

1.2.2. La energía eólica.

Es un conjunto de procesos de la Tierra generados por el viento que determinan y cambian mucho la medida del relieve de la superficie terrestre. La energía que desarrolla el viento en la superficie terrestre, viene a concretarse en unos determinados esfuerzos o impulsos de elevación, cizalla e impacto.

1.2.3. La energía hidráulica.

Es la energía que se extrae del agua, se que puede transformar en trabajo mecánico y después, en energía eléctrica mediante la transformación de la energía cinética o potencial de los ríos. Puede aprovecharse tanto la conversión de la energía potencial en cinética, cuando hay un salto de agua desde un embalse o bien sea desde la energía cinética de la corriente *de* río.

1.2.4. La energía nuclear.

Es el resultado de los procesos de fisión de un núcleo atómico pesado y fusión de dos núcleos ligeros en uno mayor. Los dos procesos, tienen como solución final la emisión de partículas y radiación, cuya energía es aprovechada en los llamados reactores nucleares.

1.2.5. La energía electromagnética.

Es la que se da por las corrientes eléctricas en determinadas condiciones, y que es la suma de las energías electrostática y magnética.

1.2.6. La energía térmica.

Es la parte de la física que trata de la producción, transmisión y la utilización del calor. Es un sistema en condiciones de transformar energía calorífica en energía mecánica.

1.2.7. La energía química.

Es la fundamental, dado que los cuerpos que constituyen el universo son verdaderos depósitos de energía por el solo hecho de existir, y la cantidad de ella que contienen depende de su estado físico, volumen, temperatura y naturaleza.

1.2.8. La energía mecánica.

Es la parte de la física que suele tratar del equilibrio y del movimiento de los cuerpos sometidos a cualquier tipo de fuerza: a pesar de la aparición de la teoría contada, la mecánica de Newton aún sigue valiendo para dar cuenta de numerosos fenómenos.

1.3. CONSUMO DE ENERGÍA

En la actualidad, la energía nuclear, la energía de procedencia de combustibles fósiles, la energía procedente de la biomasa (principalmente combustión directa de madera) y la energía hidráulica, satisfacen la demanda energética mundial en un porcentaje superior al 98%, siendo el petróleo y el carbón las de mayor utilización.

La utilización de estos recursos naturales implica, además de su cercano y progresivo agotamiento, un constante deterioro para el medio ambiente, que se manifiesta en emisiones de CO₂, NO, y SO, con el agravamiento del efecto invernadero, contaminación radioactiva y su riesgo potencial incalculable, un aumento progresivo de la desertización y la erosión y una modificación de los mayores ecosistemas mundiales.

El futuro amenazador para nuestro entorno, aún se complica más si se tiene en cuenta que sólo un 25% de la población mundial consume el 75% de la producción energética. Este dato además de poner de manifiesto la injusticia y desequilibrio social existente en el mundo, indica el riesgo que se está adquiriendo al exportar un modelo agotado y fracasado de países desarrollados a países en desarrollo.

Es imprescindible reducir la dependencia de nuestra economía del petróleo y los combustibles fósiles. La amenaza del cambio climático global y otros problemas ambientales son muy serios, a medio plazo, no podemos seguir basando nuestra forma de vida en una fuente de energía no renovable que se va agotando.

Para lograr esto son muy importantes dos cosas:

- Por una parte aprender a obtener energía, de forma económica y respetuosa con el ambiente.
- Aprender a usar eficientemente la energía. Usar eficientemente la energía significa no emplearla en actividades innecesarias y conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible. Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía es lo más importante para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda llamar sostenible.

1.4. AHORRO DE ENERGIA EN EDIFICIOS

El consumo de energía en los edificios es cada vez mayor, debido a varios factores datos tales son el incremento del empleo de aparatos que consumen energía y la complejidad así como la cantidad de las mismas.

Los consumos energéticos en los edificios se concentran de manera directa en la energía eléctrica y el gas, siendo los sistemas de climatización y refrigeración uno de los principales consumidores en los climas cálidos, como ocurre en buena parte de nuestro país.

El diseño y la planificación de un espacio influyen de manera determinante en su desempeño energético, principalmente los aspectos de selección de sitio, orientación más adecuada al servicio que va a prestar, el tipo y material de envolvente a utilizar, los apoyos de plantas y dispositivos ornamentales (tipo de árboles, barreras de plantas, fuentes, etc.).

El concepto de tener un uso racional de la energía en un edificio nuevo implica que pueda ser construido, operado y mantenido con un mínimo de uso de la energía sin restringir las funciones del edificio ni el confort y la productividad de sus ocupantes. Los sistemas consumidores de energía dentro de un edificio no residencial son en forma natural entre otros, la iluminación, el acondicionamiento ambiental, la potencia eléctrica de suministro a aparatos y equipos de trabajo, el bombeo de agua, los elevadores y sistemas específicos de acuerdo al uso que tenga el edificio como puede ser agua caliente, cocina, refrigeración, lavandería, etc.

Los aspectos más importantes de climatización en un diseño arquitectónico son el tamaño, forma y orientación de las superficies formadas de cristales; la disposición y uso de los espacios interiores, la ubicación y forma de las superficies utilizadas para ventilación, La selección de los materiales y procedimientos constructivos para los muros y las cubiertas, el empleo de elementos arquitectónicos de climatización como son: pórticos, aleros, volados, parteluces, pérgolas, invernaderos, sótanos, áticos, etc. Con frecuencia menospreciamos la importancia que tiene la selección de materiales constructivos y acabados en el desempeño final de una edificación, tomando en cuenta solamente los costos de inversión sin considerar los costos operativos del mismo. La selección de cada uno de los materiales que intervienen en la construcción es fundamental para su desempeño total.

Es importante destacar que aplicando un criterio racional al diseño de la envolvente de un edificio se pueden reducir los consumos de una manera muy significativa especialmente en los sistemas de climatización.

1.5. CRITERIOS DE ORIENTACIÓN DE UN EDIFICIO.

1.5.1. La forma de la edificación

Influye sobre:

- La superficie de contacto entre la vivienda y el exterior, lo cual influye en las pérdidas o ganancias caloríficas. Normalmente se desea un buen aislamiento, para lo cual, además de utilizar los materiales adecuados, la superficie de contacto tiene que ser lo más pequeña posible. Para un determinado volumen interior, una forma compacta (como el cubo), sin entrantes ni salientes, es la que determina la superficie de contacto más pequeña. La existencia de patios, alas, etc. incrementan esta superficie.
- La resistencia frente al viento. La altura, por ejemplo, es determinante: una casa alta siempre ofrece mayor resistencia que una casa baja. Esto es bueno en verano, puesto que incrementa la ventilación, pero malo en invierno, puesto que incrementa las infiltraciones.
- La forma del tejado y la existencia de salientes diversos, también influye en conseguir una edificación más o menos "aerodinámica". Teniendo en cuenta las direcciones de los vientos predominantes, tanto en invierno como en verano es posible llegar a una situación de compromiso que disminuya las infiltraciones en invierno e incremente la ventilación en verano.

1.5.2. La orientación de la edificación

Influye sobre:

- La captación solar. Normalmente interesa captar cuanta más energía mejor porque es nuestra fuente de climatización en invierno (en verano utilizaremos sombreamientos y otras técnicas para evitar la radiación). En las latitudes en que nos encontramos, conviene orientar siempre nuestra superficie de captación (acristalado) hacia el sur. La forma ideal es una casa compacta y alargada, es decir, de planta rectangular, cuyo lado mayor va de este a oeste, y en el cual se encontrarán la mayor parte de los dispositivos de captación (fachada sur), y cuyo lado menor va de norte a sur. Hay que reducir la existencia de ventanas en las fachadas norte, este y oeste, puesto que no son muy útiles para la captación solar en invierno (aunque pueden serlo para ventilación e iluminación) y, sin embargo, se producen muchas pérdidas de calor a través de estas.

La incidencia de radiación solar en superficies verticales orientadas y los efectos de los vientos, determinarán la mejor orientación y forma de un edificio.

En general se considera la orientación y forma óptimas cuando la combinación de estos elementos brinda la menor ganancia de energía en verano y la mayor en invierno (en latitudes del hemisferio norte).

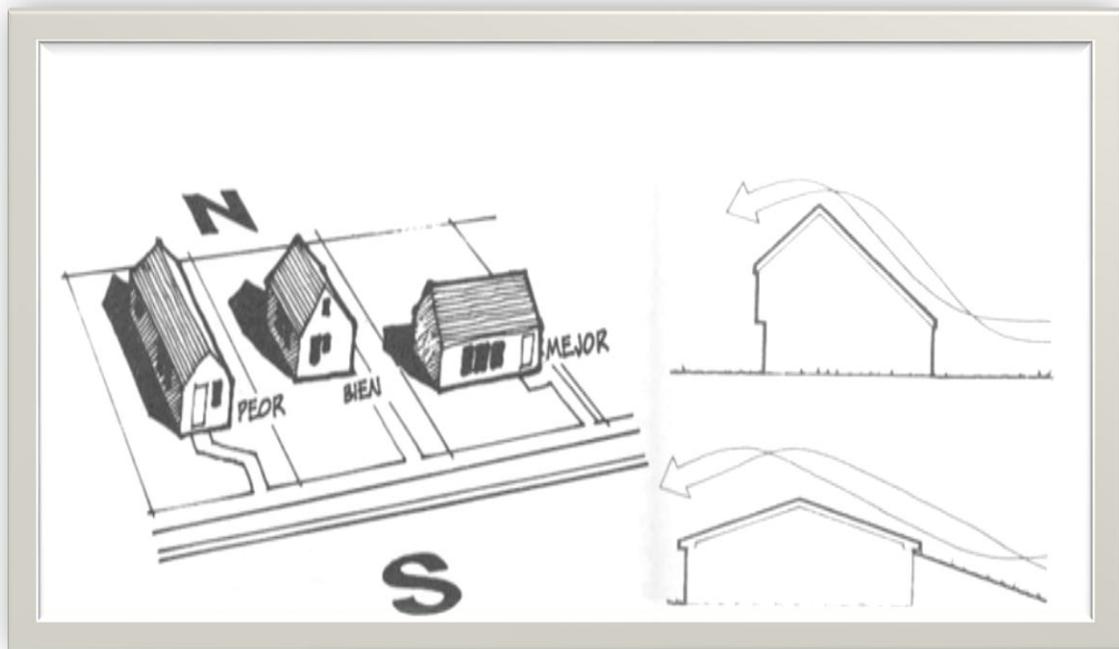


Fig. N° 1 Influencia de la forma y orientación.

1.6. ELEMENTOS SOMBREADORES PARA CONSTRUCCIÓN.

Cuando la envolvente del edificio tiene elementos propios como aleros, parte soles, nichos, pantallas, etc., estos generan patrones de sol y sombra que modifican la respuesta térmica de la construcción. Los dispositivos de control solar son elementos que se agregan a las ventanas con el fin de resolver el mencionado problema. Sin embargo estos deben ser inherentes al diseño integral de la edificación. Los rayos solares contienen dos componentes: la térmica y la lumínica, de tal forma que el diseño de los dispositivos debe considerar ambos factores.

El primer concepto de control solar es la propia forma, así como la configuración espacial y la orientación del proyecto. Dependiendo de la ubicación geográfica, y las condiciones climáticas y ambientales, se definirán diferentes estrategias de diseño. Por ejemplo, en un clima frío es lógico elegir una configuración compacta con el fin de ofrecer menor área expuesta a las inclemencias del medio ambiente. Del mismo modo sucede en un clima cálido extremo, en donde el concepto es compacto y cerrado hacia el interior, y en donde se tratará de crear un microclima a través de un patio interior. Por el contrario en un clima cálido húmedo, la estrategia de diseño es abrirse y extender el esquema de diseño para permitir un máximo intercambio ambiental a través de la ventilación.

El control solar será muy diferente si se trata de una edificación compacta y cerrada, con atrio o patio central, o extendida y dispersa; de uno o varios niveles con alturas simples o dobles, etc. Además de la importancia obvia de la orientación general del proyecto, igualmente hay que considerar la ubicación de cada uno de los espacios dependiendo su uso. Es importante también qué tipo de sistemas de carácter pasivo se utilizarán para la climatización, ya sea pasivos, directos o indirectos, así como los materiales, su ubicación y proporción entre vanos y macizos.

Se dice que la principal estrategia de enfriamiento en climas cálidos es definitivamente el control solar, ya que de esta forma no tendrá que enfriarse aquello que no se ha calentado. Después de la definición de conceptos generales de diseño. Se pueden empezar a definir conceptos particulares de diseño, sin embargo todos están integrados al concepto global. De esta forma los dispositivos de control solar no surgen como algo agregado, sino como parte misma del proyecto. También hay que considerar que cuando se habla de dispositivos de control solar normalmente viene a la mente aquellos que obstruyen el paso del asoleamiento, sin embargo estos dispositivos más que obstruir, deben controlar la penetración solar; es decir que deben detenerla en los periodos calurosos pero permitirla en los periodos fríos. Del mismo modo dentro de estos elementos se encuentran los

dispositivos de iluminación natural, que de hecho también controlan el paso de los rayos solares. Aquí debemos recordar las dos componentes de los rayos solares: la térmica y la lumínica, de tal manera que el diseño de los dispositivos considere ambos aspectos. Es decir cuando se diseña una ventana, se puede hacer pequeña para evitar la penetración solar, pero estaremos restringiendo el paso de la luz, o hacerla más grande para tener mucha iluminación, pero también tendremos muchas ganancias o pérdidas de calor. Del mismo modo, un dispositivo de control de asoleamiento puede obstruir el paso de la luz, o de modo inverso, un dispositivo de iluminación natural puede favorecer ganancias térmicas. Por lo tanto en el diseño de las ventanas y diseño de dispositivos de control solar se debe lograr el equilibrio entre los aspectos lumínicos y térmicos.

1.6.1. Elementos arquitectónicos de Control Solar:

Debido a sus características simples, están referidos al modelo volado para el caso de los elementos arquitectónicos horizontales, al modelo pártesol para los verticales y al modelo remetimiento para los mixtos.

1.6.1.1. Horizontales

- Alero, Volado o Voladizo: El volado o voladizo se refiere a cualquier elemento que sobresale del paramento vertical o de la fachada, mientras que el alero normalmente se forma por la extensión de la techumbre (alero continuo) que rebasa los muros. Los aleros se construyen con fines de protección, tanto de la fachada como de los andadores y banquetas, ya sea para proteger del sol o de la lluvia. El alero también puede ser un elemento independiente a manera de cornisa (alero de mesilla) o en la parte superior de las ventanas. Este elemento generalmente es macizo u opaco, sin embargo, en la actualidad se utiliza tipo pérgola, rejilla, elemento perforado o translucido.
- Pórtico: Se llama pórtico al espacio o galería cubierta, sostenida por arcadas o columnas, ubicado a lo largo de una fachada. El pórtico forma un espacio de transición entre los espacios abiertos y cerrados y puede ser un espacio de circulación o utilitario.
- Repisa: Se refiere a los elementos volados a manera de ménsula. Como dispositivo de control solar son elementos horizontales ubicados dentro del claro de la ventana. Generalmente estas repisas se utilizan como dispositivo de iluminación natural, ya que reflejan los rayos solares hacia el plafón.

- **Persiana (horizontal):** Dispositivo formado por tablillas o elementos horizontales que permite el paso de la luz y el aire pero no del sol. Las persianas pueden ser exteriores o interiores y fijas o giratorias en su eje horizontal.
- **Faldón.** En realidad se llama faldón a la vertiente triangular de ciertos tejados, limitada por dos limas y el alero. En la actualidad definimos como faldón a cualquier elemento vertical que pende del extremo de un alero o volado.
- **Pantalla:** Elemento o superficie que sirve para obstruir los rayos solares. Generalmente es un elemento vertical colocado frente a la ventana, pero a diferencia del faldón no está unida al alero.
- **Pérgola:** Viguería o enrejado abierto a manera de techumbre, generalmente asociada con vegetación de enredaderas o trepadoras.
- **Toldo:** Cubierta fija o plegable fabricada con lona u otro tipo de tela.
- **Techo escudo:** Doble techumbre con el espacio interior o cámara de aire ventilada.

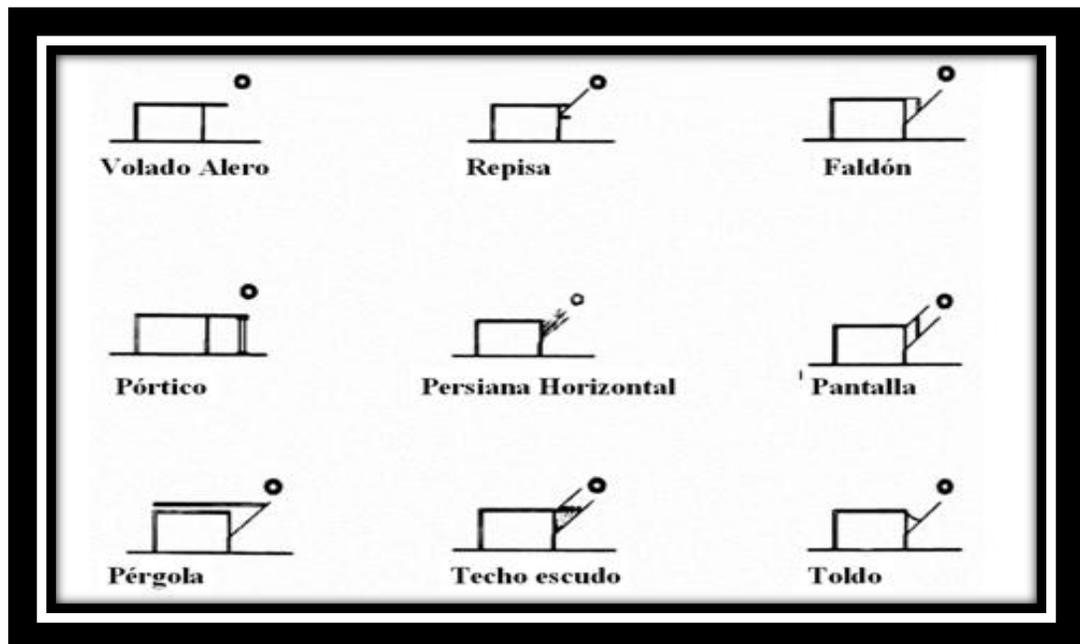


Fig. N°. 2 Elementos sombreadores horizontales

1.6.1.2. Verticales

- Parte sol: Elemento vertical saledizo de la fachada que bloquea los rayos solares. Puede estar colocado perpendicular u oblicuo con respecto a la fachada, y también puede ser parte de ella o un elemento separado.
- Persiana (vertical): Dispositivo formado por tablillas verticales que permite el paso de la luz y el aire pero no del sol. Las persianas pueden ser exteriores o interiores y fijas o giratorias en su eje vertical.
- Muro doble: Doble muro con el espacio interior o cámara de aire ventilada. Tiene por objeto sombrear la totalidad del muro y así evitar la ganancia térmica por radiación solar.

1.6.1.3. Combinación

- Remetimiento de ventanas: Remetimiento que se hace del acristalamiento para que quede protegido del sol (como dispositivo de iluminación suele tener paramentos abocinados).
- Marco. Dispositivo de control solar formado por la combinación de alero, repisó y parte soles, de tal manera que el perímetro en vano está rodeado por voladizos y saledizos.
- Celosía. Combinación de persianas horizontales y verticales, o cualquier otro entramado usado como protección solar (y visual).

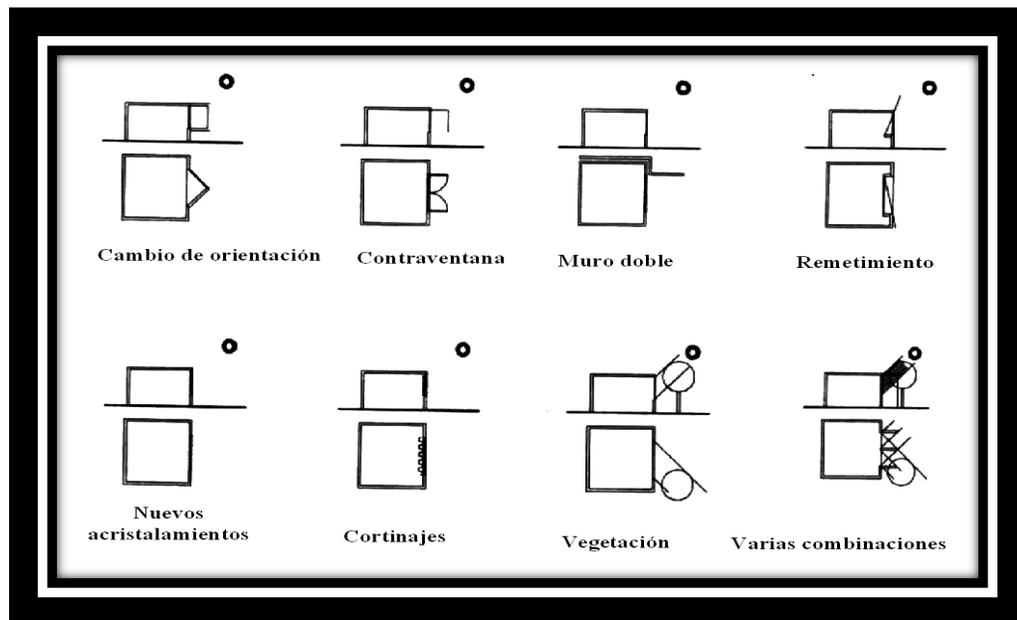


Fig. N° 3 Elementos sombreadores verticales

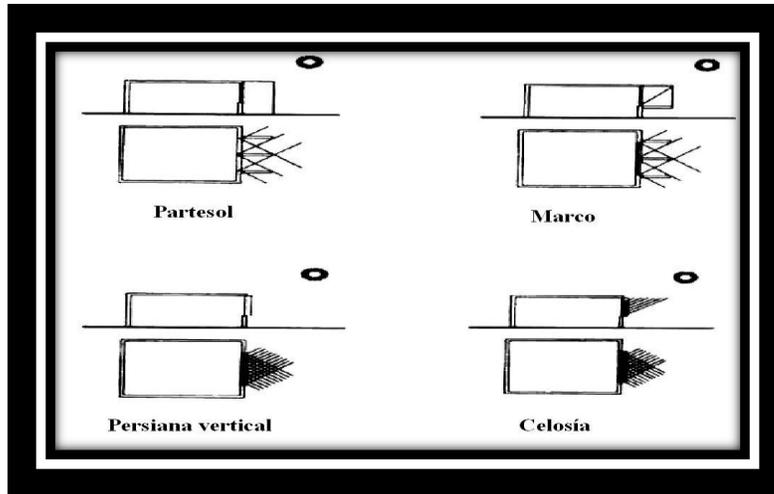


Fig.Nº4 Elementos sombreadores combinados

1.6.1.4. Otros elementos no arquitectónicos

- Cortinas y persianas. Las cortinas y persianas interiores tienen como función de control visual, lumínico y del asoleamiento, sin embargo no hacen buen control térmico, puesto que la radiación solar atraviesa el acristalamiento sin obstrucción impactando térmicamente el espacio.
- Vegetación. La vegetación es un excelente dispositivo de control térmico, ya que es un elemento vivo, dinámico que puede permitir distintos grados de control en distintas épocas del año.
- Varias combinaciones. Casi siempre los dispositivos de control solar se diseñan de manera combinada, así cada uno ofrecerá distintos rangos de protección y el dispositivo integral será más eficiente.

1.6.1.5. Cambio de orientación de ventanas.

En ocasiones, cuando la orientación de la fachada es inadecuada es conveniente cambiar la orientación de las ventanas. Contraventanas ciegas, tipo persiana o celosía: las cuales pueden ser de hoja completa o seccionada; y también pueden ser exteriores o interiores.

Nuevos acristalamientos de control solar y térmico. En la actualidad se cuenta con nuevos tipos de acristalamiento para el control solar y de alta eficiencia térmica que pueden ser utilizados como capa aislante.

1.7. EQUIPOS QUE CONSUMEN ENERGIA EN LOS EDIFICIOS

1.7.1. Sistemas de iluminación.

Las lámparas empleadas en iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.). Las lámparas escogidas, por lo tanto serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) mejor se adapte a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación). La elección de las luminarias está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno de trabajo de esta.

Hay muchos tipos de luminarias y sería difícil hacer una clasificación exhaustiva. La forma y tipo de las luminarias oscilará entre las más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente como pasa en el alumbrado industrial a las más formales donde lo que es primordial es la función decorativa como ocurre en el alumbrado doméstico.

Lámparas incandescentes: tienen su ámbito de aplicación básico en la iluminación doméstica. Por lo tanto predomina la estética sobre la eficiencia luminosa. Sólo en aplicaciones comerciales o en luminarias para iluminación suplementaria se buscará un compromiso entre ambas funciones. Son aparatos que necesitan apantallamiento pues el filamento de estas lámparas tiene una luminancia muy elevada y pueden producir deslumbramientos.

Lámparas fluorescentes: Se utilizan mucho en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, industrias con techos bajos, etc. por su economía y eficiencia luminosa. Así pues, nos encontramos con una gran variedad de modelos que van de los más simples a los más sofisticados con sistemas de orientación de la luz y apantallamiento (modelos con rejillas cuadradas o transversales y modelos con difusores).

Por último tenemos las luminarias para *lámparas de descarga a alta presión:* Estas se utilizan principalmente para colgar a gran altura (industrias y grandes naves con techos altos) o en iluminación de pabellones deportivos, aunque también hay modelos para pequeñas alturas.

Tabla N° 1 Utilización de las lámparas.

AMBITO DE USO	TIPOS DE LAMPARAS MAS UTILIZADOS
Doméstico	Incandescente
	Fluorescente
	Halógenas de baja potencia
	Fluorescentes compactas
Oficinas	Alumbrado general: fluorescentes
	Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio).	Incandescentes
	Halógenas
	Fluorescentes
	Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos.
Industrial	Todos los tipos
	Luminarias situadas a baja altura (6m): fluorescentes.
	Luminarias situadas a gran altura (>6 m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores.
	Alumbrado localizado: incandescentes.
Deportivo	Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes.
	Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión

1.7.1.1. Niveles de iluminación

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes. En el primer caso estarían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria, etc.) con iluminancias entre 50 y 200 lx. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lx. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local¹.

1.7.2. Motores eléctricos

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

1.7.2.1. Los elementos que componen a los motores.

- La carcasa o caja que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.
- El inductor, llamado estator cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado estatístico, que es una parte fija y unida a la carcasa.
- El inducido, llamado rotor cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.

1.7.2.2. Clasificación de los motores eléctricos

- Motores de corriente alterna, se usan mucho en la industria, sobretodo, el motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla.
- Motores de corriente continua, suelen utilizarse cuando se necesita precisión en la velocidad, montacargas, locomoción, etc.

¹ Ver Anexo tabla N°2 iluminación requerida en servicios.

- Motores universales. Son los que pueden funcionar con corriente alterna o continua, se usan mucho en electrodomésticos. Son los motores con colector.
1.7.2.2.1. Motor de corriente alterna.

Podemos clasificarlos de varias maneras, por su velocidad de giro, por el tipo de rotor y por el número de fases de alimentación.

Por su velocidad de giro.

- Asíncronos. Un motor se considera asíncrono cuando la velocidad del campo magnético generado por el estator supera a la velocidad de giro del rotor.
- Síncronos. Un motor se considera síncrono cuando la velocidad del campo magnético del estator es igual a la velocidad de giro del rotor. Recordar que el rotor es la parte móvil del motor.

Dentro de los motores síncronos, nos encontramos con una subclasificación:

- Motores síncronos trifásicos: Los motores síncronos son llamados así, porque la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales. Los motores síncronos se usan en máquinas grandes que tienen una carga variable y necesitan una velocidad constante.
- Motores asíncronos sincronizados: Los motores asíncronos generan un campo magnético giratorio y se les llaman asíncronos porque la parte giratoria es el rotor, y el campo magnético provocado por la parte fija, el estator, tienen velocidad desigual. A esta desigualdad de velocidad se denomina deslizamiento.
- Motores con un rotor de imán permanente: son extensivamente usadas en servomotores, accionamiento eléctrico para posicionamiento, robótico, máquinas herramienta, ascensores, etc. Se han llegado a construir máquinas de una potencia por encima de 1 MW por ejemplo para el accionamiento de submarinos. También es posible su aplicación en generación y bombeo a partir de energía solar o energía eólica.

Por el tipo de rotor.

- Motores de anillos rozantes:
- Motores con colector.
- Motores de jaula de ardilla.

Por su número de fases de alimentación.

- Motores monofásicos.
- Motores bifásicos.
- Motores trifásicos.
- Motores con arranque auxiliar bobinado.
- Motores con arranque auxiliar bobinado y con condensador.

1.7.2.2.2. Motor de corriente continúa.

La clasificación de este tipo de motores se realiza en función de los bobinados del inductor y del inducido:

- Motores de excitación en serie.
- Motores de excitación en paralelo.
- Motores de excitación compuesta.



Fig.Nº5 Diferentes tipos de Motores.

1.7.3. Sistemas de bombeo

Una bomba es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli.

1.7.3.1. Tipos de bombas

1.7.3.1.1. Según el principio de funcionamiento.

La principal clasificación de las bombas según el funcionamiento en que se base:

Bombas de desplazamiento positivo o volumétrico, en las que el principio de funcionamiento está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan bombas volumétricas. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo.

A su vez este tipo de bombas pueden subdividirse en:

- *Bombas de émbolo alternativo*, en las que existe uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En estas máquinas, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. Algunos ejemplos de este tipo de bombas son la bomba alternativa de pistón, la bomba rotativa de pistones o la bomba pistones de accionamiento axial.
- *Bombas volumétricas rotativas o roto estáticas*, en las que una masa fluida es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. Algunos ejemplos de este tipo de máquinas son la bomba de paletas, la bomba de lóbulos, la bomba de engranajes, la bomba de tornillo o la bomba peristáltica.
- *Bombas rotodinámicas*, en las que el principio de funcionamiento está basado en el intercambio de cantidad de movimiento entre la máquina y el fluido, aplicando la hidrodinámica. En este tipo de bombas hay uno o varios rodetes

con álabes que giran generando un campo de presiones en el fluido. En este tipo de máquinas el flujo del fluido es continuo. Estas turbo máquinas hidráulicas generadoras pueden subdividirse en:

- *Radiales o centrífugas*: cuando el movimiento del fluido sigue una trayectoria perpendicular al eje del rodete impulsor.
- *Axiales*: cuando el fluido pasa por los canales de los álabes siguiendo una trayectoria contenida en un cilindro.
- *Diagonales o helicocentrífugas*: cuando la trayectoria del fluido se realiza en otra dirección entre las anteriores, es decir, en un cono coaxial con el eje del rodete.

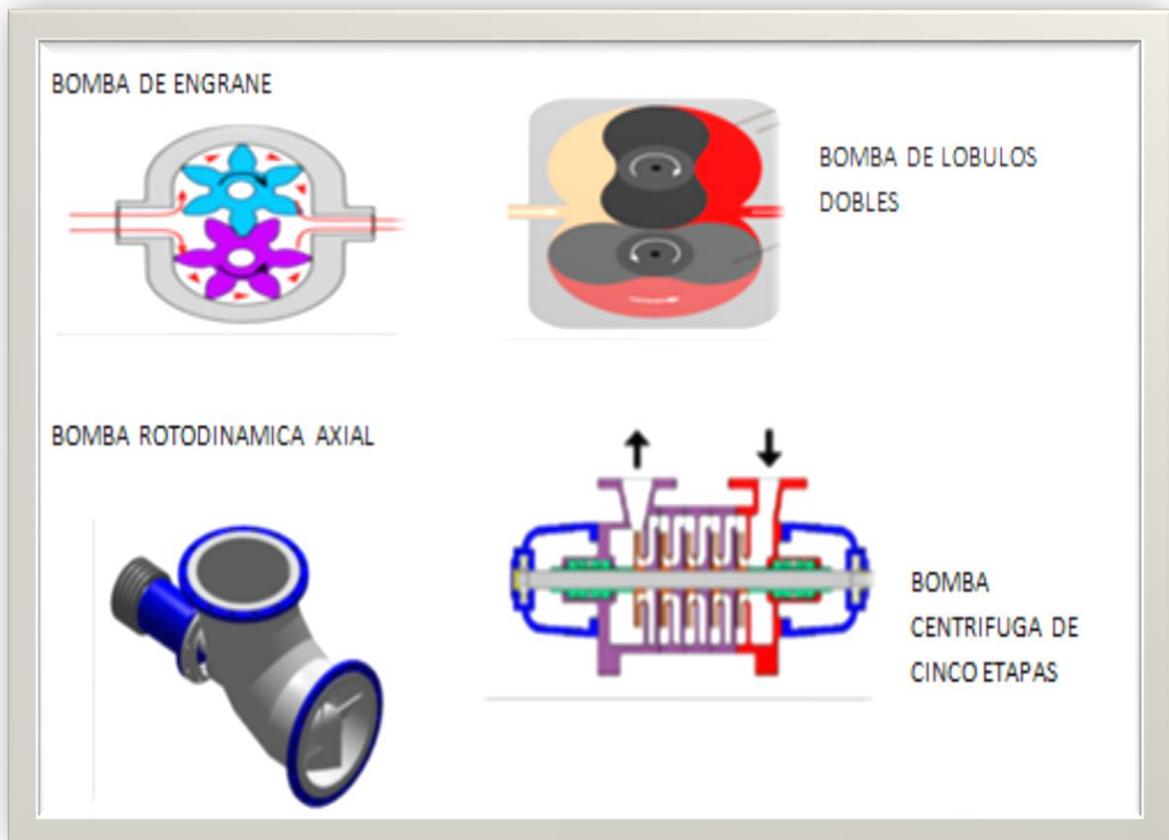


Fig.N°6 Diferentes tipos de bombas.

1.7.3.1.2. Según el tipo de accionamiento.

- *Electrobombas*; Genéricamente, son aquellas accionadas por un motor eléctrico, para distinguirlas de las motobombas, habitualmente accionadas por motores de combustión interna.
- *Bombas neumáticas*; que son bombas de desplazamiento positivo en las que la energía de entrada es neumática, normalmente a partir de aire comprimido.
- *Bombas de accionamiento hidráulico*; como la bomba de ariete o la noria.
- *Bombas manuales*; Un tipo de bomba manual es la bomba de balancín.



Fig. N° 7 Tipos de bombas por accionamiento.

1.7.4. Sistemas de Calderas

Una caldera consta de un hogar donde se produce la combustión y un intercambiador de calor donde el agua se calienta. Además debe tener un sistema para evacuar los gases procedentes de la combustión. El agua puede calentarse a diferentes temperaturas. En las calderas normales no se suelen sobrepasar los 90 °C, por debajo del punto de ebullición del agua a presión atmosférica. En calderas más grandes, para dar servicio a barriadas, se llega hasta los 140 °C, manteniendo la presión alta en las conducciones para que no llegue a evaporarse (agua sobrecalentada). Existen también calderas en que el agua se calienta a temperaturas inferiores a 70 °C y que consiguen elevados rendimientos (caldera de condensación). Los combustibles empleados pueden ser sólidos (leña, carbón), líquidos (fuelóleo, gasóleo) o gaseosos (gases licuados de petróleo ó GLP, gas natural), lo que determina la forma de las calderas.

1.7.4.1. Las calderas pueden clasificarse:

Según el combustible: para combustibles sólidos y para combustibles fluidos. Unas de las más actuales, por ejemplo, las calderas de biomasa.

Según el modo de combustión: De combustión continua (las de combustibles sólidos, se encienden al comienzo de la jornada y se regula la potencia mediante la regulación de la entrada de aire) y de combustión intermitente (las de combustibles fluidos; se encienden a ratos, más o menos largos según la potencia demandada).

Según el funcionamiento del hogar: De hogar en sobrepresión (con quemador con soplante, para combustibles fluidos, generalmente de combustión intermitente) y de hogar en depresión, en el que el aire de combustión lo aporta el tiro de la chimenea (combustión de sólidos en general y calderas atmosféricas de gas).

1.7.4.2. Accesorios de una caldera

- Quemadores
- Vaso de expansión
- Manómetros
- Termómetros (sondas de temperatura)
- Líneas de seguridad
- Válvula de seguridad
- Llaves de paso y regulación

Los accesorios más comunes son los que siguen:

Accesorios de Observación destinados a observar la operación de la caldera:

- Tubos de nivel
- Grifos de prueba
- Manómetros
- Termómetros
- Analizadores de gases

Accesorios de Seguridad, destinados a evitar una excesiva presión de generación del vapor en la caldera:

- De palanca y contrapeso
- De peso directo
- De resorte
- Tapón fusible
- Sistemas de alarma
- Accesorios de alimentación de agua:
- Bomba de alimentación de agua
- Inyector de agua
- Accesorios de alimentación de combustible:
- Quemadores para combustibles líquidos y gaseosos
- Quemadores mecánicos para combustibles sólidos
- Elementos manuales
- Accesorios de limpieza:
- Registros o tapas de limpieza
- Válvulas de purga
- Estaque de retención de purgas
- Deshollinadores

1.7.5. Sistemas de climatización

Los Sistemas de Aire Acondicionado permiten crear un clima artificial en el interior de un edificio. De acuerdo a las necesidades, en ciertos momentos se deberá producir calor y en otros frío, para generar un ámbito de temperatura agradable.

Dentro del espacio donde el hombre reside y desarrolla actividades, ya sea oficinas, talleres, viviendas u otros lugares de reunión como escuelas, teatros, etc., el aire confinado en esos recintos, debe cumplir con una serie de condiciones de confort y habitabilidad considerando temperatura, humedad y control por las presencia de otros gases en el aire.

Los equipos de climatización se utilizan para enfriar y deshumidificar el aire que se requiere tratar o para enfriar el agua que se envía a unidades de tratamiento de aire que circula por la instalación, por ello, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

1.7.5.1. Expansión Directa:

Se caracterizan por que dentro del serpentín de los equipos, se expande el refrigerante enfriando el aire que circula en contacto directo con él. Se pueden emplear equipos compactos auto contenidos que son aquellos que reúnen en un solo mueble o carcasa todas las funciones requeridas para el funcionamiento del aire acondicionado, como los individuales de ventana o, en caso de mayores capacidades, los del tipo roof-top que permiten la distribución del aire mediante conductos.

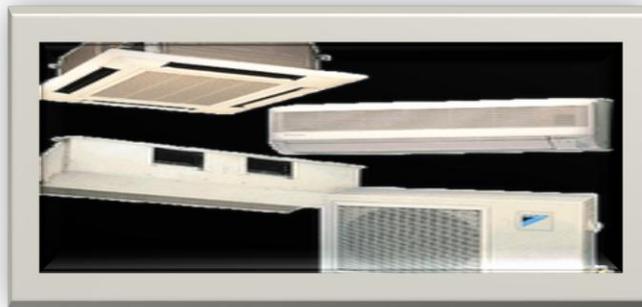


Fig. 8 Sistemas de Expansión directa.

Los sistemas llamado separado o Split system se diferencian del auto contenido porque están repartidos o divididos en dos muebles uno exterior y otro interior, con la idea de separar en el circuito de refrigeración: la zona de evaporación en el interior con la zona de condensación en el exterior. Ambas unidades van unidas por medio de tuberías de cobre para la conducción del gas refrigerante.

Los sistemas multi Split consisten en una unidad condensadora exterior, que se puede vincular con dos o más unidades interiores. Se han desarrollado equipamientos que

permiten colocar gran cantidad de secciones evaporadoras con solo una unidad condensadora exterior mediante la regulación del flujo refrigerante, denominado VRV.

Todas estas unidades son enfriadas por aire mediante un condensador y aire exterior circulando mediante un ventilador. También existen sistemas enfriados por agua que se diferencian de aquéllos, en que la condensación del refrigerante es producida por medio de agua circulada mediante tuberías y una bomba, empleando una torre de enfriamiento.

1.7.5.2. Expansión Indirecta:

Utilizan una unidad enfriadora de agua, la cual es distribuida a equipos de tratamiento de aire donde el serpentín trabaja con agua fría, denominados fan-coil; (ventilador-serpentín), que puede ser del tipo central constituido por un gabinete que distribuye el aire ambiente por medio de conductos o individuales verticales que se ubican sobre pared o bajo ventana u horizontales para colgar bajo el cielorraso.



Fig.9 Sistema de climatización Expansión directa.

1.7.5.2.1. El Fan-Coil

Es un sistema de acondicionamiento y climatización de tipo mixto; resulta ventajoso en edificios donde es preciso economizar el máximo de espacio. Suple a los sistemas centralizados que requieren de grandes superficies para instalar sus equipos.

El Fan-Coil consta de:

- *Unidad Evaporadora, con Central Térmica:* donde se calienta o enfría el agua; por lo general se sitúa en la cubierta del edificio. El agua enfriada o calentada corre por las tuberías hasta las unidades individuales.
- *Unidades Individuales denominadas Fan Coil:* situadas en cada ambiente a acondicionar, a los cuales llega el agua. Allí el aire es tratado e impulsado con un ventilador al local a través de un filtro. De este modo, cuando el aire se enfría es enviado al ambiente transmitiendo el calor al agua que retorna siguiendo el circuito.

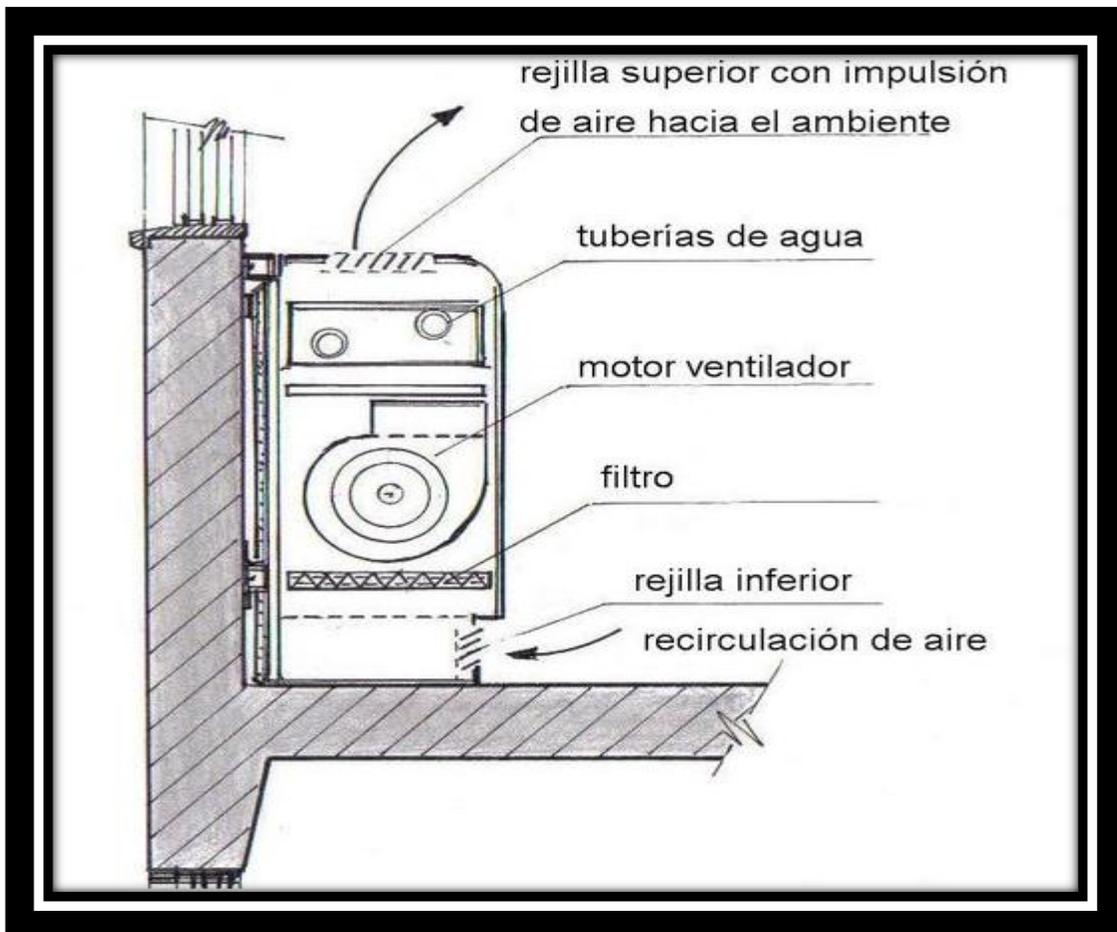


Fig. 10 Descripción del Sistema Fan Coil.

1.8. AIRE ACONDICIONADO

En muchas ocasiones el término aire acondicionado puede llegar a entenderse de manera incorrecta o incompleta al asociarlo exclusivamente con el enfriamiento de un espacio. Sin embargo el término desde un punto de vista técnico es más amplio ya que incluye el tratamiento de todas las características del aire: circulación, enfriamiento, calentamiento, humidificación, deshumidificación, y limpieza del aire, por lo que para la definición de los sistemas de aire acondicionado es necesario conocer todos los procesos mencionados.

1.8.1. Limpieza del Aire

La función de filtrado se cumple en la pared de filtros. Consiste en tratar el aire mediante filtros adecuados a fin de quitarle polvo, impurezas y partículas en suspensión. El grado de filtrado necesario dependerá del tipo de instalación de acondicionamientos a efectuar. Para la limpieza del aire se emplea filtros que normalmente son del tipo mecánico, compuestos por sustancias porosas que obligan al aire al pasar por ellas, a dejar las partículas de polvo que lleva en suspensión. En las instalaciones comunes de confort se usan filtros de poliuretano, lana de vidrio, microfibras sintética o de metálicos de alambre con tejido de distinta malla de acero o aluminio embebidos en aceite. En las instalaciones industriales o en casos particulares se suelen emplear filtros especiales que son muchos más eficientes.

El filtro es el primer elemento a instalar en la circulación del aire porque no solo protege a los locales acondicionados sino también al mismo equipo de acondicionamiento.

1.8.2. Circulación del Aire

La función de circulación la realiza el ventilador dado que es necesario un cierto movimiento de aire en la zona de permanencia con el fin de evitar su estancamiento, sin que se produzca corrientes enérgicas que son perjudiciales. Se emplean ventiladores del tipo centrífugo, capaces de hacer circular los caudales de aires necesarios, venciendo las resistencias de frotamiento ocasionadas en el sistema con bajo nivel de ruidos.

1.8.3. Enfriamiento y Deshumidificación del Aire

La función de refrigeración y deshumectación, se realiza en verano en forma simultánea en la red de refrigeración, dado que si no se realiza, el porcentaje de humedad relativa aumenta en forma considerable, provocando una sensación de molestia y pesadez. La humedad contenida en el aire que circula se elimina por condensación, porque se hace trabajar la batería a una temperatura inferior a la del punto de rocío.

En instalaciones industriales se requiere gran precisión del control de la temperatura y la humedad, para ello puede aplicarse un sistema separado, empleando para la deshumectación agentes absorbentes como la silica- en gel.

1.8.4. Calentamiento del Aire

El calentamiento del aire se efectúa en invierno en la red de calefacción, por medio de un serpentín de agua caliente o vapor vinculadas con cañerías a una planta de calderas o intercambiadores a gas o eléctricos.

Para aplicaciones de confort en instalaciones de agua fría se suele emplear la misma red que se usa para refrigerar así como para calefacciones haciendo circular agua caliente por la misma, en la época de invierno.

1.8.5. Humectación del Aire

La función de humectación, que se ejecuta en invierno en el humectador, debe colocarse después de la red de calefacción dado que el aire más caliente tiene la propiedad de absorber más humedad.

Existen aparatos que evaporan el agua contenida en una bandeja, por medio de una resistencia eléctrica del tipo blindado, la cual es controlada por medio de un humidostato de ambiente o de conducto. En los casos de grandes instalaciones, se recurre a baterías humidificadoras que incorporan al aire agua finamente pulverizada y, como cumplen además una función, suelen llamarse también lavadores de aire.

Para instalaciones de confort, salvo casos de climas exteriores muy secos, la experiencia demuestra que no es necesario cumplir la función de humectación, teniendo en cuenta que las personas aportan una cierta cantidad de humedad en el ambiente. De hecho, los equipos estándar de confort, no vienen provistos de dispositivos de humectación incorporados.

1.9. NECESIDAD DEL AIRE ACONDICIONADO

De repente se ha vuelto necesario contar con sofisticados sistemas de aire acondicionado para proporcionar características confortables en espacios ocupados, particularmente aquellos donde hay cantidades importantes de gente que incluyen espacios cerrados como cines y teatros, oficinas de todo tipo de servicios y hoteles, entre otros. Es evidente que las características locales en cuanto a clima justifican la necesidad planteada, pero es sorprendente que localidades donde se cuenta con climas estables requieran de tales sistemas aun cuando no sean estrictamente necesarios en virtud de las tendencias arquitectónicas modernas. Esto queda más que evidenciado cuando se contrastan edificaciones antiguas construidas en zonas cálidas que son relativamente frescas o en algunos casos con condiciones muy agradables donde se tomaron en cuenta aspectos básicos como la circulación de viento y orientación, entre otros, contra construcciones modernas donde resulta insoportable permanecer si no se cuenta con algún sistema de aire acondicionado. Esto se confirma en ciudades como la Ciudad de México, donde su temperatura promedio es tal que no se requeriría en lo general con tales sistemas como lo comprobamos directamente los que ahí habitamos, sin embargo se vuelve una necesidad al cambiar el concepto de un edificio, como ha ocurrido desde hace ya bastantes años.

El problema evidente o directo es el asociado al consumo de energía de un sistema de aire acondicionado que implica para el usuario un costo importante de la demanda y consumo de la energía eléctrica y para el país la necesidad de contar con la capacidad instalada que satisfaga esta demanda. Una manera de evitar, controlar y racionalizar los consumos de energía asociados al uso del aire acondicionado es la de expedir normas que controlen estos consumos. El restringir el consumo de energía en sistemas de aire acondicionado, conducirá a pensar si realmente en todos los casos es realmente necesario contar con tales sistemas, y en el caso de que así sea, buscar esquemas que reduzcan la energía consumida por los mismos.

CAPITULO II

BALANCE

TERMICO

EN

EDIFICIOS

2.1. CONDICIONES DE CONFORT TÉRMICO

Podemos definir el confort como un estado de completo bienestar físico, mental y social. Pretendemos que las personas se encuentren bien. El confort, depende de multitud de factores personales y parámetros físicos. De entre todos los factores, el confort térmico representa el sentirse bien desde el punto de vista del ambiente higrotérmico exterior a la persona. Los límites extremos, desde el punto de vista térmico, pueden resultar dañinos, e incluso mortales, para el ser humano.

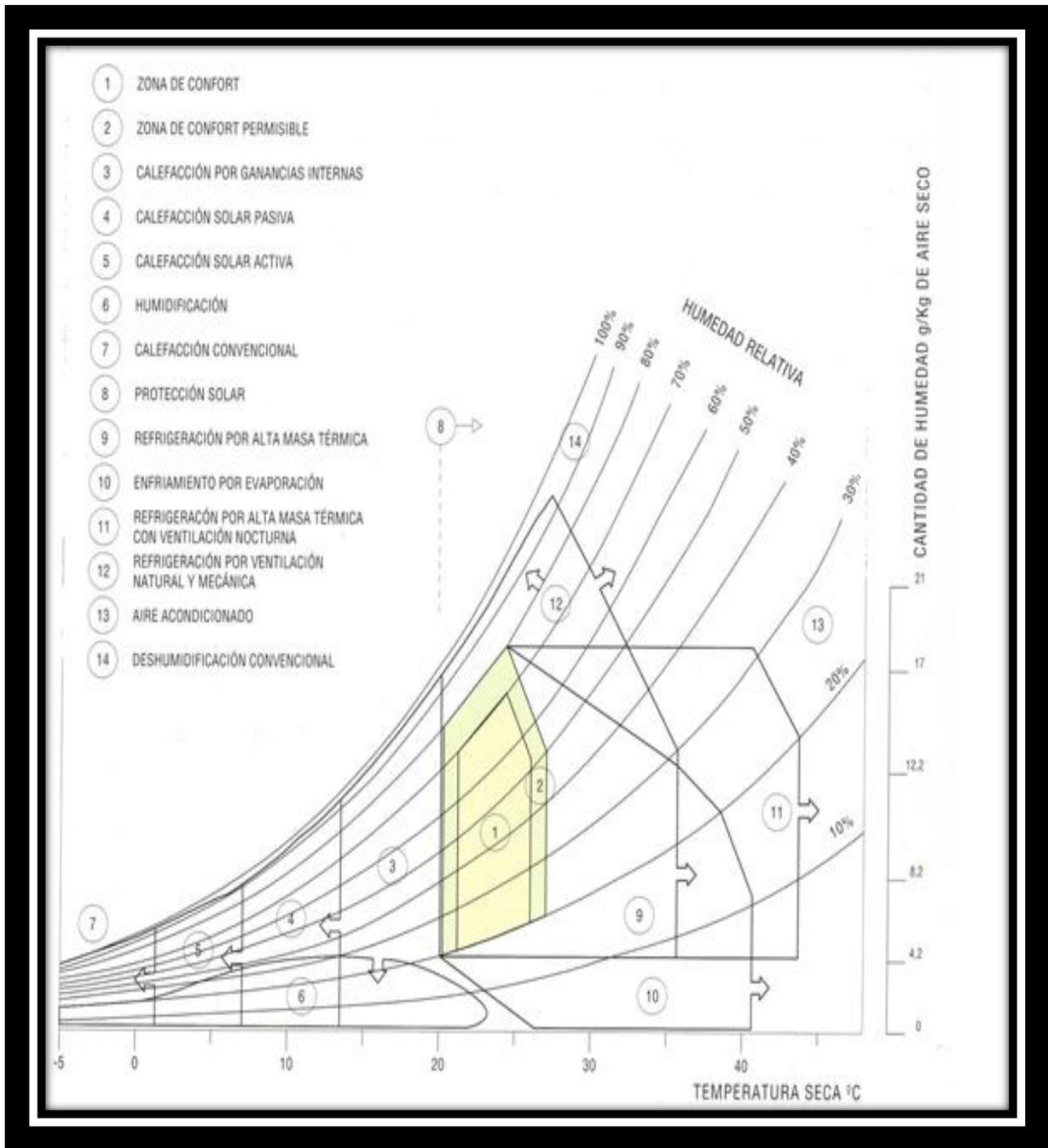
El cuerpo humano se puede considerar como una máquina térmica que intercambia energía con su entorno, en forma de calor y humedad. Se alcanza el confort térmico, sólo si hay equilibrio entre el calor producido por el metabolismo y las diferentes formas de disipación. Estas son:

- *Transferencias conductivas*: por contacto entre el cuerpo y otros sólidos. por ejemplo, los pies con el suelo, o la mano con una mesa. Esas transferencias son de poca importancia, en general.
- *Transferencias convectivas*: piel, ropa, o circulación de aire en los pulmones.
- *Transferencias por radiación*: desde la piel o la ropa, hacia el entorno.
- *Transferencias latentes*: debido a los procesos de respiración, o evaporación y transpiración.

2.1.1. Criterios de confort

Se considera que existe confort térmico, cuando se dan simultáneamente las dos siguientes condiciones:

- *Equilibrio térmico global*: La producción de calor del cuerpo humano es igual a la emisión de calor hacia el entorno. Con potencias frigoríficas normales y una regulación de temperatura adecuada, la obtención del equilibrio térmico global no presenta dificultad. Este mismo criterio, en la práctica, se usa tanto para la previsión del consumo de energía, como para la verificación formal de las condiciones de confort.
- *Confort térmico local*: El individuo no siente en ninguna parte de su cuerpo, ni calor ni frío desagradable. Las causas de incomodidad (corrientes de aire, efectos de pared, etc.) son múltiples.



Grafica N°1 Condiciones de confort en la carta psicométrica.

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_RRSp0iXCeQM/TJOU5XMQdcl/AAAAAAAAAHo/-Loz6FYnDks/s1600/%C3%81baco+psicrom%C3%A9trico.JPG

2.1.2. Balance térmico global

El balance térmico global depende:

- La producción de calor, del metabolismo del ocupante y de la humedad del aire (evaporación más o menos importante en los pulmones).
- La emisión de calor, de la vestimenta, de la temperatura operativa y de la velocidad del aire.

Cuanto menor sea el equilibrio, mayor será el porcentaje previsible de insatisfacción.

2.1.2.1. Condiciones atmosféricas que afectan al confort humano

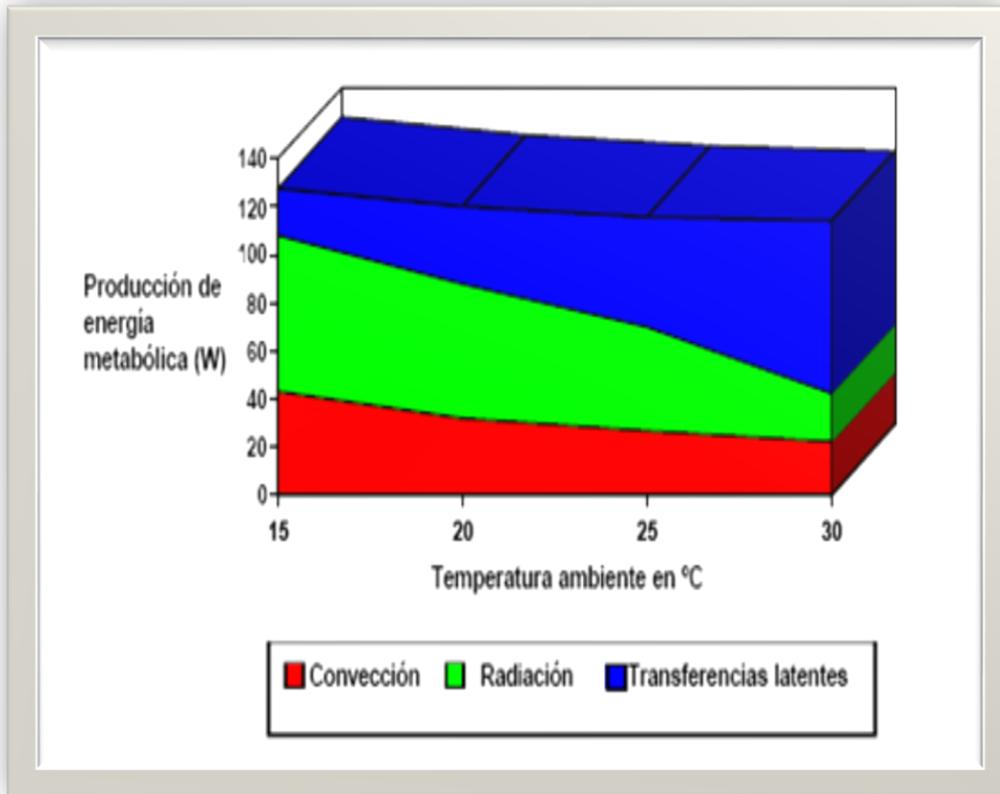
Temperatura: El adecuado control de la temperatura del medio ambiente que circunda en el cuerpo humano elimina el esfuerzo fisiológico de acomodación, obteniéndose con ellos un mayor confort y la consiguiente mejora del bienestar físico y de las condiciones de salubridad.

Humedad: Una gran parte del calor que posee el cuerpo humano se disipa por evaporación a través de la piel. Como quiera que la evaporación se favorezca con la humedad relativa del aire baja y se retarda si ésta es alta, se deduce que la regulación de la humedad tenga una importancia tan vital como la de la temperatura. Un exceso de humedad no sólo da como resultado reacciones fisiológicas perjudiciales, sino que también afecta por lo común en forma perjudicial a las cualidades de muchas de las sustancias contenidas en el lugar de que se trate, y muy particularmente sobre los vestidos y muebles.

2.1.2.2. Confort térmico y humedad del aire ambiente

Las transferencias sensibles, radiación, convección, y casualmente conducción son menores según se eleva la temperatura. Entonces, la disipación del calor metabólico, sólo se efectúa por medio de transferencias latentes, más difíciles de controlar cuando más alta sea la humedad del ambiente. Por encima de un cierto nivel de humedad, se produce un fenómeno de incomodidad fisiológica, que puede llegar a manifestarse en forma de sudor. Por lo tanto, en condiciones de verano, el ambiente será más confortable, cuanto más seco sea el aire.

Se puede observar la disipación de calor del cuerpo humano en función de la temperatura en el grafico situado a continuación:



Grafica N°2 Disipación de Calor del Cuerpo Humano

Fuente: <http://confort-termico.html>

2.2. BALANCE DE ENERGIA

En términos generales, las condiciones térmicas de un edificio dependen de la magnitud de las pérdidas y ganancias de calor que este teniendo en un momento dado. El edificio tenderá a calentarse cuando las ganancias de calor sean mayores que las pérdidas, y a enfriarse en la situación contraria.

En cualquiera de los dos casos se puede llegar fácilmente a condiciones interiores de discomfort, las cuales, en situaciones extremas, exigirán sistemas de climatización artificial (refrigeración y/o calefacción) para ser contrarrestadas.

Conforme al primer principio de la Termodinámica, la energía se puede transformar pero nunca destruir ni crear, por lo que la energía que entra a un sistema en cualquier forma debe de ser igual a la energía que sale más la que se acumula en el sistema, en cualquiera de sus formas, se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q_1 = W + Q_2 + \Delta U$$

En donde Q_1 es calor transferido del exterior al sistema, W trabajo que realiza el sistema, Q_2 calor que cede el sistema al exterior y ΔU el incremento de energía interna que sufre el sistema. Al tener una variación de energía interna se verá reflejado en un cambio de temperatura del sistema.

2.3. TRANSFERENCIA DE CALOR

El cuerpo humano es sensible a la temperatura y sus variaciones, una gran cantidad de las actividades humanas están asociadas con los factores que afectan el confort térmico. Dichos factores incluyen el recinto, la ropa, el aire acondicionado, la calefacción. Por esta razón es importante mantener las condiciones ambientales adecuadas en los lugares en donde se realizan las actividades humanas.

Esto hace importante el tener al menos un entendimiento conceptual de lo que es energía, calor y temperatura.

La energía aunque es un concepto difícil de definir se ha aceptado como válida, que es la capacidad de la materia de efectuar una acción. Para la física es debido a la acción de una fuerza que puede ocurrir en forma almacenada o transferirse entre otros cuerpos.

Las formas de energía almacenada son:

Energía Potencial: Que es la que posee un cuerpo debido a su posición relativa con respecto a un plano de referencia.

Energía interna: Que es la que posee un cuerpo debido a todas las reacciones internas de la materia y es reflejada por su estado termodinámico.

Las formas de transferir la energía son:

Trabajo: Que es la energía transferida debido a un desequilibrio mecánico, eléctrico o magnético.

Calor: Que es la Energía transferida debido a una diferencia de temperatura en los cuerpos (desequilibrio térmico).

2.3.1. Modos de transferencia de calor

La energía en transferencia debido a una diferencia de temperaturas y de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, siempre será del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura. El flujo estable de energía a través de cualquier medio de transmisión es directamente proporcional a la fuerza que lo origina e inversamente proporcional a la resistencia a la fuerza.

$$\text{Flujo de Energía} = \frac{\text{fuerza}}{\text{Resistencia}}$$

Para el caso del flujo de calor la diferencia de temperaturas es la fuerza que lo origina por lo que queda:

$$\text{Flujo de calor} = \frac{\text{Diferencia de Temperatura}}{\text{Resistencia al Flujo de Calor}}$$

Existen tres formas básicas a través de las cuales se puede llevar a cabo la transferencia de calor que son:

Conducción:

Es el proceso mediante el cual se transfiere calor entre moléculas adyacentes dentro de un cuerpo, transfiriendo las moléculas más excitadas parte de su energía a las moléculas continuas con menor grado de excitación.

La transferencia se realiza de la región de alta temperatura a la región a la menor temperatura por contacto tangible.

Convección:

Es la transferencia de calor entre un fluido (gas o líquido) en movimiento y una superficie, o bien de un punto a otro del fluido, por movimientos dentro del mismo, que mezclan diferentes porciones de éste. Si el movimiento es usado por diferencia de densidad originada por cambio de temperatura se le denomina libre o natural; si es ocasionada por otros métodos como los mecánicos a través de un ventilador o bomba, se le denomina forzada.

Para los efectos de transferencia de calor en las envolventes de los edificios se considera básicamente la convección libre.

La convección natural, en este caso, es el movimiento del aire causado por variación de su densidad debido a los cambios de temperatura que sufre. Cuando el aire se calienta su densidad disminuye y por lo tanto tiende a subir. Y el reemplazado por aire frío en una forma continua.

Radiación:

Es el proceso mediante el cual los cuerpos calientes transfieren energía en forma de radiación de ondas electromagnéticas proporcionalmente a la cuarta potencia de la temperatura a la que se encuentra la superficie.

$$Q = T^4$$

La cantidad de calor transmitida depende de las características de la superficie.

El calor transferido por radiación se le considera al asociado con la porción del espectro de ondas electromagnéticas que cubre la región visible, de $0.3 \mu m$ a $0.74 \mu m$ y la región del infrarrojo. Para que exista una transferencia de calor por radiación entre dos cuerpos es necesario que exista una diferencia de temperaturas y el flujo de calor neto dependerá también de la forma como se observen los dos cuerpos.

2.3.2. Ganancia solar (radiación)

Cuando un techo, cielo, pared, o ventana se expone directamente a los rayos del sol, la superficie se calienta rápidamente, dando el efecto de un diferencial mayor entre el exterior y las superficies internas. Los factores que afectan la cantidad de calor que se gana por efecto del sol son:

- la hora del día
- la latitud
- la dirección en la cual ocurre la exposición
- el color de la superficie expuesta
- el tipo de superficie (lisa, rugosa)
- las propiedades ópticas de la superficie

2.3.3. Comportamiento de la Radiación Solar sobre Superficies Opacas y Transparentes.

La naturaleza espectral y direccional de la radiación que recibe un cuerpo, así como, el movimiento aparente de la fuente radiante, el sol, da como resultado que la ganancia solar de una superficie dependa por un lado de la latitud de la localidad, del movimiento aparente del sol a lo largo del año y de la hora, y por otro de las características ópticas de la superficie.

Existen dos casos particulares que son superficie opaca aquella que no deja pasar la luz visible mientras que la transparente es aquella que si la deja pasar.

En las superficies opacas:

La radiación solar sobre paredes o techos produce un calentamiento adicional en ella que se refleja en una diferencia de temperaturas más elevada entre el exterior y el interior, la consecuencia es una mayor ganancia de calor. Es claro que la ganancia dependerá en primer lugar de la intensidad de la energía radiante, que es función de la latitud, de la época del año y de la hora del día; todos los factores anteriores se pueden englobar en lo que sería el movimiento aparente del sol con respecto a una superficie, por lo que la energía recibida por ésta dependerá también de su posición (vertical u horizontal) y de su orientación geográfica. Sin embargo, es importante hacer notar que el calentamiento adicional producido por la radiación sobre una superficie opaca en el espacio acondicionado está desfasado en el tiempo como resultado de las propiedades físicas de la pared o techo, causado por el efecto transitorio de acumulación de energía por el material, entre más ligero, el tiempo será menor y entre más grueso, mayor.

Las superficies oscuras sobre paredes y techos absorben considerablemente más calor que las de colores claros. Por esta razón los techos se pueden cubrir con una pintura de alta reflectancia como por ejemplo pintura de aluminio que reduce la cantidad de calor transferido a causa de la radiación solar. El efecto del sol puede casi eliminarse cuando hay un espacio ventilado como un ático o un cuarto arriba del espacio que será acondicionado, o cuando el techo es cubierto o sombreado por otra construcción o por árboles, con excepción del cenit. Si está parcialmente sombreado solo se debe considerar la parte a la que le da el sol. Si se esparce agua en el techo para enfriarlo, se puede omitir la carga solar.

En construcciones de una planta, la carga solar pico coincide con la hora cuando el efecto del sol sobre el techo es máxima. Sin embargo cuando se han tomado medidas para disminuir la carga solar como el pintado con pintura de aluminio ya no se cumple necesariamente con lo anterior. En edificios de más pisos, donde hay un cuarto arriba o donde se tomaron acciones para disminuir el efecto solar, la carga solar máxima puede ocurrir antes del mediodía o en la tarde. Es común que las áreas de paredes y ventanas al este y oeste y en gran medida las paredes y ventanas del sur son los factores relevantes.

En las superficies transparentes:

No existe retraso a través de ventanas porque la luz solar pasa a través del vidrio y cede calor cuando lo absorben las superficies y objetos del cuarto. La ganancia solar a través de vidrios es máxima cuando los rayos del sol pasan a través de ellos a su mayor intensidad. Cuando se va a acondicionar un edificio es una práctica común sombrear la ventana con algún tipo de protección solar lo que reduce el efecto del sol. El efecto del sol sobre los tragaluces y ventanas puede omitirse si la superficie es cubierta de los rayos solares mediante paredes adyacentes o por medio de arboles. Si se cubren parcialmente solo se debe considerar la parte expuesta.

En el caso de las superficies transparentes el efecto de la radiación solar se maneja de manera diferente: en primer término un valor de ganancia dependiente de la localidad, época del año, hora y orientación. En este caso se definen valores específicos de ganancia de calor. Como en el caso anterior, existe un efecto directo en el material transparente pero es significativamente menor que en el caso de paredes opacas, éste se aplica en el cálculo de la ganancia por conducción a través del vidrio mediante la diferencia de temperaturas, temperatura equivalente e interna.

La radiación solar provoca en las superficies un incremento en su temperatura y este efecto se cuantifica en el cálculo de la ganancia térmica por conducción/convección mediante una temperatura equivalente, y en un efecto directo sobre las superficies transparentes. En este último caso, la ganancia de calor a través de las superficies transparentes dependerá de las características ópticas de las mismas así como de los efectos de sombreado natural o provocado sobre ellas.

2.4. RESISTENCIA TERMICA

La resistencia térmica de un muro es la característica que nos indica qué tanto se opone éste al paso del calor a través del mismo.

La resistencia térmica a la conducción de un cuerpo homogéneo de sección uniforme varía en proporción directa al espesor e inversa con la conductividad térmica.

$$R = \frac{\ell}{\lambda}$$

Flujo de calor a través de dos o más materiales planos cuando se tienen paredes compuestas de diferentes materiales con diferentes espesores, todas las resistencias al paso del calor son aditivas.

2.4.1. Materiales de construcción

Atendiendo a la materia prima utilizada para su fabricación, los materiales de construcción se pueden clasificar en diversos grupos:

Arena:

Se emplea arena como parte de morteros y hormigones. El principal componente de la arena es la sílice o dióxido de silicio (SiO₂). De este compuesto químico se obtiene:

- Vidrio: Material transparente obtenido del fundido de sílice.
- Fibra de vidrio: Utilizada como aislante térmico o como componente estructural (GRC, GRP)
- Vidrio celular: Un vidrio con burbujas utilizado como aislante.

Arcilla:

Es químicamente similar a la arena, contiene además de dióxido de silicio, óxidos de aluminio y agua. Su granulometría es mucho más fina, y cuando está húmeda es de consistencia plástica. La arcilla mezclada con polvo y otros elementos del propio suelo forma el barro, material que se utiliza de diversas formas:

- Barro: Compactado "in situ" produce tapial.
- Cob: Mezcla de barro, arena y paja que se aplica a mano para construir muros.
- Adobe: Ladrillos de barro, o barro y paja, secados al sol.

Cuando la arcilla se calienta a elevadas temperaturas (900°C o más), ésta se endurece, creando los materiales cerámicos:

- Ladrillo: ortoedro que conforma la mayoría de paredes y muros.

- Teja: Pieza cerámica destinada a canalizar el agua de lluvia hacia el exterior de los edificios.
- Gres: De gran dureza, empleado en pavimentos y revestimientos de paredes. En formato pequeño se denomina gresite.
- Azulejo: Cerámica esmaltada, de múltiples aplicaciones como revestimiento.

De un tipo de arcilla muy fina llamada bentonita se obtiene:

- Lodo bentonítico: Sustancia muy fluida empleada para contener tierras y zanjas durante las tareas de cimentación

Piedra:

Se puede utilizar directamente sin tratar, o como materia prima para crear otros materiales. Entre los tipos de piedra más empleados en construcción destacan:

- Granito: Actualmente usado en suelos (en forma de losas), aplacados y encimeras. De esta piedra suele fabricarse él:
 - Adoquín: Ladrillo de piedra con el que se pavimentan algunas calzadas.
 - Mármol: Piedra muy apreciada por su estética, se emplea en revestimientos. En forma de losa o baldosa.
 - Pizarra: Alternativa a la teja en la edificación tradicional. También usada en suelos.

La piedra en forma de guijarros redondeados se utiliza como acabado protector en algunas cubiertas planas, y como pavimento en exteriores. También es parte constitutiva del hormigón

- Grava: Normalmente canto rodado.

Mediante la pulverización y tratamiento de distintos tipos de piedra se obtiene la materia prima para fabricar la práctica totalidad de los conglomerantes utilizados en construcción:

- Cal: Óxido de calcio (CaO), utilizado como conglomerante en morteros, o como acabado protector.
- Yeso: Sulfato de calcio semihidratado, forma los guarnecidos y enlucidos.
- Escayola: Yeso de gran pureza utilizado en falsos techos y molduras.
- Cemento: Producto de la calcinación de piedra caliza y otros óxidos.

El cemento se usa como conglomerante en diversos tipos de materiales:

- Terrazo: Normalmente en forma de baldosas, utiliza piedras de mármol como árido.

- Piedra Artificial: Piezas prefabricadas con cemento y diversos tipos de piedra.
- Fibrocemento: Lámina formada por cemento y fibras prensadas. Antiguamente de amianto, actualmente de fibra de vidrio.

El cemento mezclado con arena forma el mortero: Una pasta empleada para fijar todo tipo de materiales (ladrillos, baldosas, etc.), y también como material de revestimiento (enfoscado) cuando yeso y cal no son adecuados, como por ejemplo en exteriores, o cuando se precisa una elevada resistencia o dureza.

Mortero monocapa: Un mortero prefabricado, coloreado en masa mediante aditivos.

El cemento mezclado con arena y grava forma:

- Hormigón: Que puede utilizarse solo o armado.
- Hormigón: Empleado sólo como relleno.
- Hormigón armado: El sistema más utilizado para erigir estructuras.
- GRC: Un hormigón de árido fino armado con fibra de vidrio.
- Bloque de hormigón: Similar a un ladrillo grande, pero fabricado con hormigón.

El yeso también se combina con el cartón para formar un material de construcción de gran popularidad.

- Cartón yeso: Denominado popularmente Pladur por asimilación con su principal empresa distribuidora.

Otro material de origen pétreo se consigue al fundir y estirar basalto, generando:

- Lana de roca: Usado en mantas o planchas rígidas como aislante térmico.

Metálicos:

Los más utilizados son el hierro y el aluminio.

El primero se alea con carbono para formar:

- Acero: Empleado para estructuras, ya sea por sí solo o con hormigón, formando entonces el hormigón armado.
 - Perfiles metálicos
 - Redondos
 - Acero inoxidable
 - Acero corten
- Aluminio: Utilizado para ventanas, puertas y paneles.

- Zinc: En cubiertas.
- Titanio: Revestimiento inoxidable de reciente aparición.
- Cobre: Esencialmente en instalaciones de electricidad y fontanería.
- Plomo: En instalaciones de fontanería antiguas. La ley obliga a su retirada, por ser perjudicial para la salud.

Orgánicos:

Fundamentalmente la madera y sus derivados, aunque también se utilizan o se han utilizado otros elementos orgánicos vegetales, como paja, bambú, corcho, lino, elementos textiles o incluso pieles animales.

- Madera
- Contrachapado
- OSB
- Tablero aglomerado
- Madera cemento
- Linóleo suelo laminar creado con aceite de lino y harinas de madera o corcho sobre una base de tela.

Sintéticos:

Fundamentalmente plásticos derivados del petróleo, aunque frecuentemente también se pueden sintetizar. Son muy empleados en la construcción debido a su inalterabilidad, lo que al mismo tiempo los convierte en materiales muy poco ecológicos por la dificultad a la hora de reciclarlos.

También se utilizan alquitranes y otros polímeros y productos sintéticos de diversa naturaleza. Los materiales obtenidos se usan en casi todas las formas imaginables: aglomerantes, sellantes, impermeabilizantes, aislantes, o también en forma de pinturas, esmaltes, barnices y lasures.

- PVC o policloruro de vinilo: Con el que se fabrican carpinterías y redes de saneamiento, entre otros.
- Suelos vinílicos: Normalmente comercializados en forma de láminas continuas.
- Polietileno: Muy usado como barrera de vapor, tiene también otros usos
- Poliestireno: Empleado como aislante térmico
- Poliestireno expandido material de relleno de buen aislamiento térmico.
- Poliestireno extrusionado: Aislante térmico impermeable.

- Polipropileno: Como sellante en canalizaciones diversas, y en geotextiles.
- Poliuretano: En forma de espuma se emplea como aislante térmico.

Otras formulaciones tienen diversos usos:

- Poliéster: Con él se fabrican algunos geotextiles.
- ETFE: Como alternativa al vidrio en cerramientos.
- EPDM: Como lámina impermeabilizante y en juntas estancas.
- Neopreno: Como junta estanca y como "alma" de algunos paneles.
- Resina epoxi: En pinturas, y como aglomerante en terrazos y productos de madera.
- Acrílicos: Derivados del propileno de diversa composición y usos:
 - Metacrilato: Plástico que en forma transparente puede sustituir al vidrio.
 - Pintura acrílica: De diversas composiciones.
 - Silicona: Polímero del silicio, usado principalmente como sellante e impermeabilizante.

Tabla N°3 Conductividad de diversos Materiales.

MATERIAL	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	AISLAMIENTO
MADERA HUMEDAD 12%			
Pino	663	0.16	-
Cedro	505	0.13	-
Roble	753	0.18	-
Fresno	674	0.16	-
MEMBRANAS IMPERMEABILIZANTES			
Membranas asfálticas	1,127	0.17	-
Asfalto bituminoso	1,050	0.17	-
Filtro de papel permeable	-	-	0.01

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-018-ENER.

Tabla N°4 Conductividad de Diversos Materiales.

MATERIAL	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	AISLAMIENTO
Tabique rojo Recocido común			
Al exterior	2,000	0.87	-
con recubrimiento impermeable por fuerza	-	0.77	-
al interior	-	0.7	-
Tabique de barro extruido			
Solido vidriado por acabado exterior	2,050	1.28	-
bloque hueco vertical(60 a 67% solido)	2,050	1	-
bloque hueco vertical, relleno con vermiculita	2,050	0.58	-
Tabique ligero con recubrimiento impermeabilizado por fuera			
	1,600	0.698	-
	1,400	0.582	-
	1,200	0.523	-
	1,000	0.407	-
tabique ligero al exterior	1,600	0.814	-
Bloque de concreto celular curado C/ autoclave			
	450	0.12	-
	600	0.21	-
	500	0.19	-
	600	0.21	-
Bloque de concreto			
20 cm de espesor , 2o 3 huecos	1,700	-	0.18
el mismo con perlita	1,700	-	0.36
el mismo con vermiculita	1,700	-	0.3
Concreto			
armado	2,300	1.74	-
simple al exterior	2,200	1.28	-
ligero al exterior	1,250	0.698	-
ligero al interior	1,250	0.582	-
Mortero			
cemento arena	2,000	0.63	-
con vermiculita	500	0.18	-
con arcilla expandida	750	0.25	-
asbesto cemento placa	1,800	0.582	-

asbesto cemento placa	1,360	0.25	-
Bloque			
de tepetate o arenisca calcárea al exterior	-	1.047	-
de tepetate o arenisca calcárea al interior	-	0.93	-
de adobe al exterior	-	0.93	-
de adobe al interior	-	0.582	-
Piedra			
Caliza	2,180	1.4	-
Granito, basalto	2,600	2.5	-
Mármol	2,500	2	-
Pizarra	2,700	2	-
Arenisca	2,000	1.3	-
Madera			
Viruta aglutinada (pamacon)	700	0.163	-
Blanda	610	0.13	-
Dura	700	0.15	-
Vidrio			
sencillo	2,200	0.93	-
sencillo	2,700	1.16	-
Metales			
Aluminio	2,700	204	-
Cobre	8,900	372.2	-
Acero y hierro	7,800	52.3	-

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-018-ENER

Tabla N°5 Conductividad de Diversos Materiales.

MATERIAL	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	AISLAMIENTO
TABLERO DE ASBESTO CEMENTO	1,932	0.557	-
espesor 0,32 cm	1,932	-	0.005
espesor 0,84 cm	1,932	-	0.110
TABLERO DE TRIPLAY	-	0.115	-
espesor 0,64 cm	-	-	0.550
espesor 0,96 cm	-	-	0.083
espesor 1,27 cm	-	-	0.110
espesor 1,60 cm	-	-	0.137
espesor 1,90 cm	-	-	0.165
TABLERO DE YESO			
espesor 0,96 cm	-	-	0.057
espesor 1,27 cm	-	-	0.083
espesor 1,69 cm	-	-	0.110
APLANADOS			
Yeso	800	0.732	-
Mortero de cal al exterior	-	0.872	-
Mortero de cal al interior	-	0.698	-
RELLENOS			
Tierra, arena o grava expuesta a la lluvia	-	2.326	-
Terrados secos en azoteas	-	0.582	-
Tezontle	-	0.186	-
Arena seca, limpia	1,700	0.407	-
PLACAS			
Fibracel	1,000	0.128	-
Azulejos y mosaicos	-	1.047	-
Ladrillo exterior	-	0.872	-
Ladrillo exterior con recubrimiento impermeabilizado por fuera	-	0.768	-

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-018-ENER

2.4.2. Aislamiento térmico

Un aislante térmico es un material usado en la construcción y la industria y caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que entre o salga calor del sistema que nos interesa (como una vivienda o una nevera).

Uno de los mejores aislantes térmicos es el vacío, en el que el calor sólo se trasmite por radiación, pero debido a la gran dificultad para obtener y mantener condiciones de vacío se emplea en muy pocas ocasiones. En la práctica se utiliza mayoritariamente aire con baja humedad, que impide el paso del calor por conducción, gracias a su baja conductividad térmica, y por radiación, gracias a un bajo coeficiente de absorción.

El aire sí transmite calor por convección, lo que reduce su capacidad de aislamiento. Por esta razón se utilizan como aislamiento térmico materiales porosos o fibrosos, capaces de inmovilizar el aire seco y confinarlo en el interior de celdillas estancadas. Aunque en la mayoría de los casos el gas encerrado es aire común, en aislantes de poro cerrado (formados por burbujas no comunicadas entre sí, como en el caso del poliuretano proyectado), el gas utilizado como agente espumante es el que queda finalmente encerrado. También es posible utilizar otras combinaciones de gases distintas, pero su empleo está muy poco extendido.

2.4.2.1. Tipos de aislamiento térmico

Corcho:

Es el material empleado desde más antiguamente para aislar. Normalmente se usa en forma de aglomerados, formando paneles. Debe de estar tratado contra el ataque por hongos, pues es un material orgánico. Su mayor ventaja es la inercia térmica que presenta.

Densidad: 110 kg/m³

Coeficiente de conductividad térmica: 0,039 W/ (m·K)



Fig.N°11 Rollo de corcho Utilizado para aislamiento.

Celulosa:

Se trata de papel de periódico reciclado molido, al que se le han añadido unas sales de bórax, para darle propiedades ignífugas, insecticidas y anti fúngicas. Se insufla en las cámaras o se proyecta en húmedo. Es un potente aislante estival e invernal, y tiene también propiedades de aislamiento acústico. Su mayor ventaja es que se comporta como la madera, equilibrando puntas de temperaturas a la vez que tiene una gran capacidad térmica de almacenamiento, se comporta de forma anti cíclica durante 12 horas, manteniendo así el frescor matutino en verano durante las tardes. En invierno protege contra el frío de forma similar como lo hace la madera.

Densidad: 30-60 kg/m³

Coeficiente de conductividad térmica: 0,039 W/ (m·K)

Lana de roca:

Es un material aislante térmico, incombustible e imputrescible. Este material se diferencia de otros aislantes en que es un material resistente al fuego, con un punto de fusión superior a los 1.200 °C.

Las principales aplicaciones son el aislamiento de cubierta, tanto inclinada como plana (cubierta europea convencional, con lámina impermeabilizante autoprottegida), fachadas ventiladas, fachadas monocapa, fachadas por el interior, particiones interiores, suelos acústicos y aislamiento de forjados. Cuando se tiene un techo de teja con machihembrado, se utiliza un fieltro sin revestimiento o bien otro con un papel kraft en una cara, lo que favorece la colocación. Además, se utiliza para la protección pasiva tanto de estructuras, como de instalaciones y penetraciones.

La lana de roca se comercializa en paneles rígidos o semirígidos, fieltros, mantas armadas y coquillas. También es un excelente material para aislamiento acústico en construcción liviana, para suelos, techos y paredes interiores.

Densidades: 100-160 kg/m³

Coeficiente de conductividad térmica: 0,030 a 0,041 W/ (m·K)

- *Manta:* Se trata de fibras de lana de roca entrelazadas. Es adecuada para aislar elementos constructivos horizontales, siempre que se coloque en la parte superior. En vertical necesita de sugestión o grapas para evitar que acabe apelmazándose en la parte inferior del elemento y en la parte inferior de un elemento horizontal descolgado. Suelen venir protegidas por papel Kraft, papel embreado, o malla metálica ligera.

- *Paneles rígidos:* Se trata de paneles aglomerados con alguna resina epoxíca, que da una cierta rigidez al aislante. Sirve para elementos constructivos verticales y horizontales por la parte inferior, a cambio de tener un coeficiente de conductividad ligeramente inferior al de la manta.
- *Coquillas:* Son tubos premoldeados con distintos diámetros y espesores. Como todo buen aislante térmico, la sección debe de elegirse de modo que quede perfectamente ajustada a la superficie exterior de la conducción que se trata de aislar. Como toda lana mineral, es incombustible. La lana de roca resiste temperaturas hasta 1.000 [°C].

Lana de vidrio:

Cuando se tiene un techo de tejas con un machihembrado y se lo desea aislar con lana de vidrio se debe usar un producto para tal fin, que es una lana de vidrio en paneles con mayor densidad, hidrófugo e higroscópico. Cuando se tiene un techo de chapa, la línea de producto que se debe utilizar es el trasdosado con una hoja de aluminio reforzado en una cara para que actúe de resistencia mecánica, como barrera de vapor y como material reflectivo. Se vende en forma de manta, de paneles aglomerados y coquillas de aislamiento de tuberías. La lana de vidrio eventualmente podría provocar ciertas reacciones alérgicas en la epidermis de personas no acostumbradas a su contacto ya sea este directo o no.

Coeficiente de conductividad térmica: 0'044 lana vidrio tipo I W/ (m·°K)



Fig.N°12 Lana de Vidrio en Rollo.

Lana natural de oveja:

Es la versión natural y ecológica de los aislamientos lanosos. A diferencia de la lana de roca o la lana de vidrio, la lana de oveja se obtiene de forma natural y no necesita de un horneado de altas temperaturas. Es muy resistente y un potente regulador de humedad, hecho que contribuye enormemente en el confort interior de los edificios. Apenas se utiliza en construcción en comparación con las lanas de vidrio o roca. Como en los casos anteriores se vende en forma de manta, de paneles aglomerados y a copos.

Vidrio expandido:

Además de aislante es una barrera de vapor muy efectiva, lo que no suele ser normal en los aislantes térmicos y le hace muy adecuado para aislar puentes térmicos en la construcción, como pilares en muros de fachada. Está formado por vidrio, generalmente reciclado y sin problemas de tratar el color, puesto que no importa el color del producto, que se hace una espuma en caliente, dejando celdillas con gas encerrado, que actúan como aislante. Su rigidez le hace más adecuado que otros aislantes para poder recubrirlo de yeso. Es poco utilizado en la construcción.



Fig.N°13 fibra de Vidrio en Rollo.

Poliestireno expandido (EPS):

Fragmento de poliestireno expandido. El material de espuma de poliestireno es un aislante derivado del petróleo y del gas natural, de los que se obtiene el polímero plástico estireno en forma de gránulos. Para construir un bloque se incorpora en un recipiente metálico una cierta cantidad del material que tiene relación con la densidad final del mismo y se inyecta vapor de agua que expande los gránulos hasta formar el bloque. Este se corta en placas del espesor deseado para su comercialización mediante un alambre metálico

caliente. Debido a su combustibilidad se le incorporan retardantes de llama, y se le denomina difícilmente inflamable.

Posee un buen comportamiento térmico en densidades que van de 12 kg/m³ a 30 kg/m³

Tiene un coeficiente de conductividad de 0,045 a 0,034 W/ (m·K, que depende de la densidad (por regla general, a mayor densidad menos aislamiento)

Es fácilmente atacable por la radiación ultravioleta por lo cual se lo debe proteger de la luz del sol. Posee una alta resistencia a la absorción de agua.



Fig.N°14 Poliestireno Expandido

Espuma celulósica:

El material de espuma de celulosa, posee un aceptable poder aislante térmico y es un buen absorbente acústico. Es ideal para aplicar por la parte inferior de galpones por ser un material completamente ignífugo de color blanco y por su rapidez al ser colocado. Se funde a temperaturas superiores a 45 °C. Se utiliza poco en construcción.

Coeficiente de conductividad térmica: 0,065 a 0,056 W/ (m·K)

Espuma de polietileno:

Estructura química del polietileno, a veces representada sólo como (CH₂-CH₂). La espuma de polietileno se caracteriza por ser económica, hidrófuga y fácil de colocar. Con respecto a su rendimiento térmico se puede decir que es de carácter medio. Su terminación es de color blanco o aluminio.

Coeficiente de conductividad térmica: 0,036 y 0,046 W/ (m·K)

Film alveolar de polietileno:

De la misma manera, que la espuma de polietileno, como aislante térmico se utiliza simplemente el plástico de burbujas recubierto con el papel de aluminio. Las ventajas que tiene frente los otros aislantes son: espesor muy reducido (3-5mm), instalación sencilla, su costo es muy reducido; además es no inflamable y reciclable. Éste film se utiliza poco en construcción, y más habitualmente en equipos de aire acondicionado.

Espuma de poliuretano:

La espuma de poliuretano es conocida por ser un material aislante de muy buen rendimiento. Su aplicación se puede realizar desde la parte inferior o bien desde la parte superior. Genera a partir del punto de humeo ácido cianhídrico, extraordinariamente tóxico para las personas.

Conductividad térmica: 0,023 W/ (m·K)



Fig. N° 15 Aplicación de Espuma de Poliuretano

Espuma elastomérica:

Es un aislante con un excelente rendimiento en baja y media temperatura y de fácil instalación, reduciendo al máximo los costos de mano de obra. Posee en su estructura una barrera de vapor y un comportamiento totalmente ignífugo.

Coeficiente de conductividad: 0,030 Kcal/ h·m·°C

Temperatura de trabajo óptima: -40 a 115 °C

Es fácilmente atacable por la radiación ultravioleta por lo cual se lo debe proteger de la luz del sol.

CAPITULO
III
CÁLCULO
TÉRMICO
DEL
EDIFICIO.

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DEL CIMA

Para poder determinar la ubicación del edificio Administrativo del CIMA de la FES Aragón, es necesario conocer bien la ubicación geográfica a nivel nacional, con ello obtendremos diferentes datos que serán necesarios en los cálculos de la carga térmica del edificio.

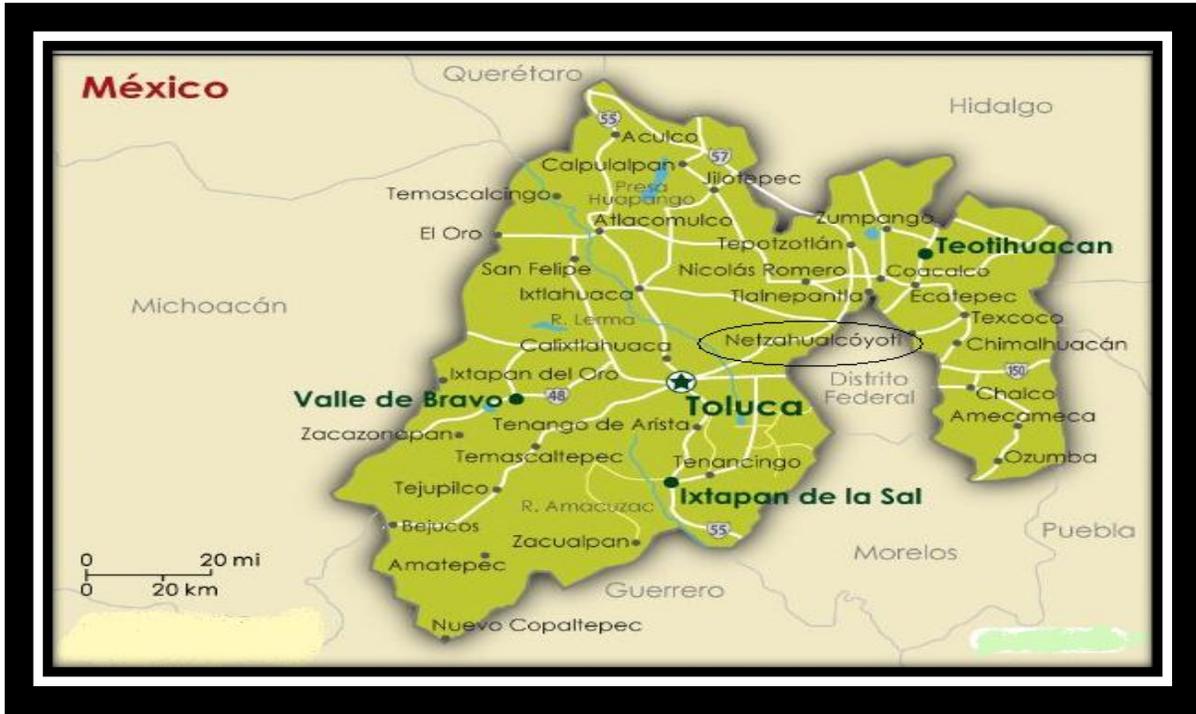
Delimitaremos la ubicación por medio de mapas los cuales presentaran de manera más grafica nuestra área de trabajo. En el mapa N°1 observamos al territorio que comprende a México.



Mapa N°1. Republica Mexicana.

Fuente: <http://maps.google.es/mexico>

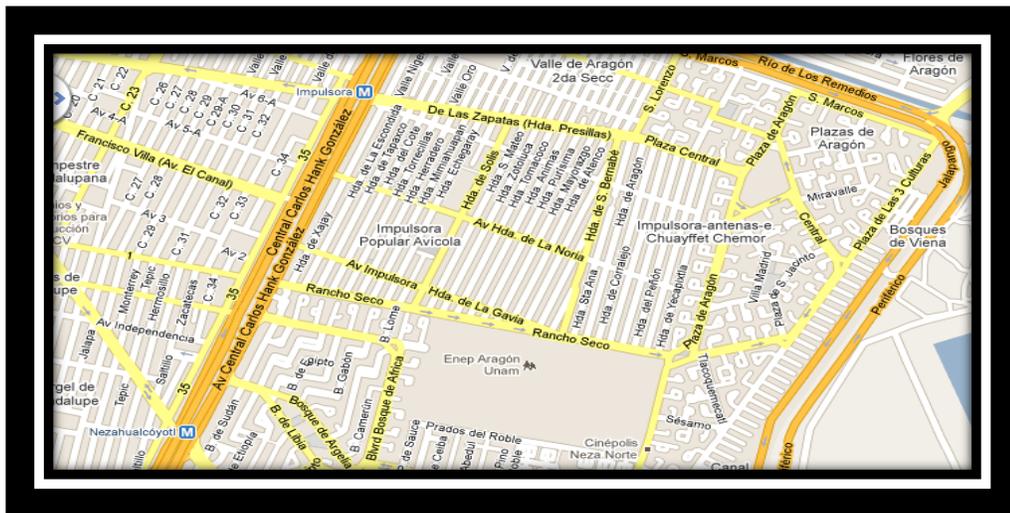
Ubicamos al municipio de Netzahualcóyotl en el Estado de México, para hacer esto más visual nos apoyamos con el mapa N°2, dentro de este municipio se encuentra la FES Aragón.



Mapa N°2 Estado de México.

Fuente: http://www.explorandomexico.com.mx/photos/maps/full-mexico_1.gif

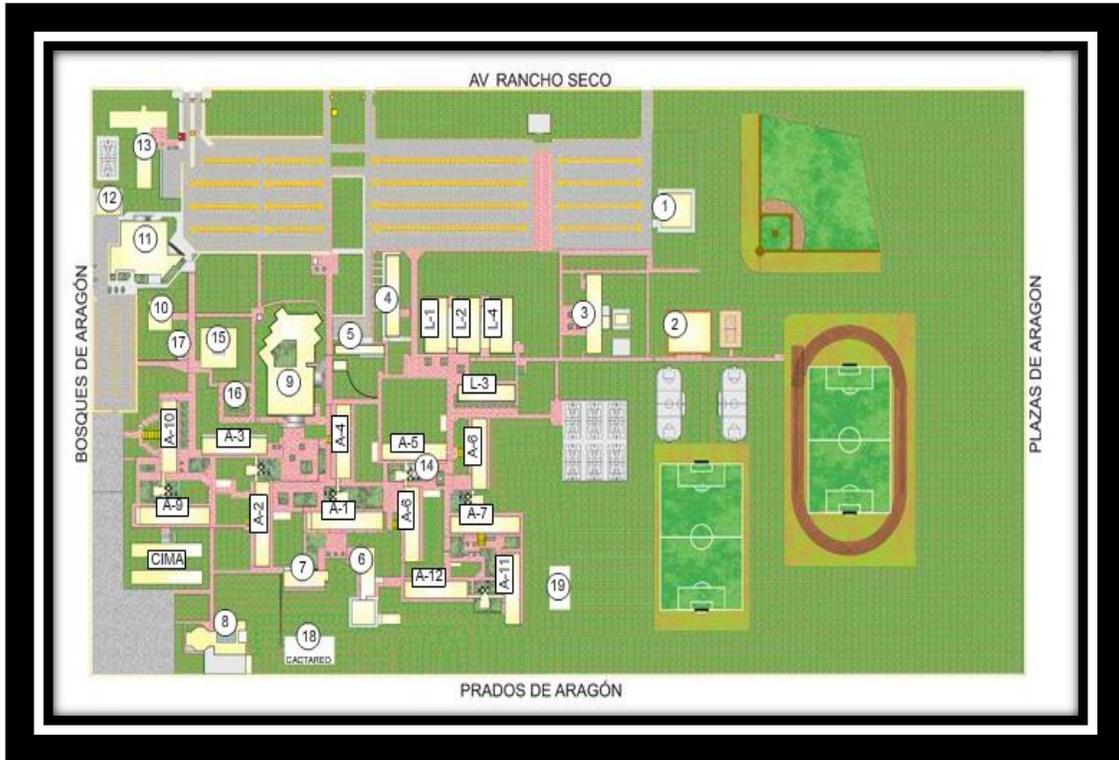
Para identificar a la FES Aragón podemos usar como referencia la línea del metro B que corre de Buenavista a CD. Azteca. Esta se encuentra entre las estaciones del metro Netzahualcóyotl e Impulsora para ejemplificarlo observamos el mapa N°3.



Mapa N°3 Ubicación de la FES Aragón

Fuente: <http://maps.google.es/>

Identificada la ubicación de la FES Aragón podemos observar que el Edificio CIMA (Centro de Investigaciones Multidisciplinaria Aragón) se encuentra dentro de las instalaciones, teniendo en cuenta que tiene una Latitud $19^{\circ}28'42''$ N y Longitud $99^{\circ}2'7''$ W, con una altitud de 586mmHg^2 .



Mapa N°4 Mapa de la FES Aragón

Fuente: http://www.aragon.unam.mx/nuestra_facultad/mapa_fes/mapa.html

² Ver Anexo tabla N°6 Datos de la estación meteorológica.

3.2. CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA DEL EDIFICIO

Para poder determinar la carga térmica del edificio usamos la metodología que se aplica el libro de Aire acondicionado y Refrigeración (Burgess Hill Jennings³).

La cual se basa en la siguiente ecuación

$$QT = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 + Q6 + Q7 \quad (1)$$

Donde:

QT =Calor total generado.

$Q1$ =Calor perdido o ganado a través de paredes.

$Q2$ =Calor perdido o ganado a través de piso y techo.

$Q3$ =Calor perdido o ganado a través de puertas y ventanas.

$Q4$ =Calor perdido por infiltración del aire del exterior.

$Q5$ =Calor cedido por personas.

$Q6$ =Calor generado por lámparas luminarias.

$Q7$ =Calor generado por equipo.

Para el cálculo de la carga térmica fue necesario analizar las épocas del año más extremas considerando los factores de frío y calor, así con apoyo de los datos estadísticos de la estación meteorológica ubicada en el centro tecnológico⁴ pudimos obtener los datos más exactos y dar uso de la información proporcionada.

³ Capítulo 17 Carga de Enfriamiento y Cálculos para aire acondicionado pag.657.

⁴ Nota: observar tabla N°6 Datos de la estación meteorológica.

3.2.1. Cálculo de carga Térmica en Invierno

El primer análisis se realizó en la época del año de invierno de acuerdo con la base de datos de la estación meteorológica la temperatura más baja promedio fue de 4.5°C en el mes de diciembre.

Para determinar la carga térmica del Edificio Administrativo del CIMA en invierno fue necesario saber que cuenta con una T_{exterior} de 4.5°C y T_{interior} de 21°C (datos estadísticos promedio, extraídos de la estación meteorológica del Centro Tecnológico).

Primero determinamos la orientación del edificio y describimos el número de paredes que se analizaron por radiación solar, para ello se apoyó en la figura N°16.

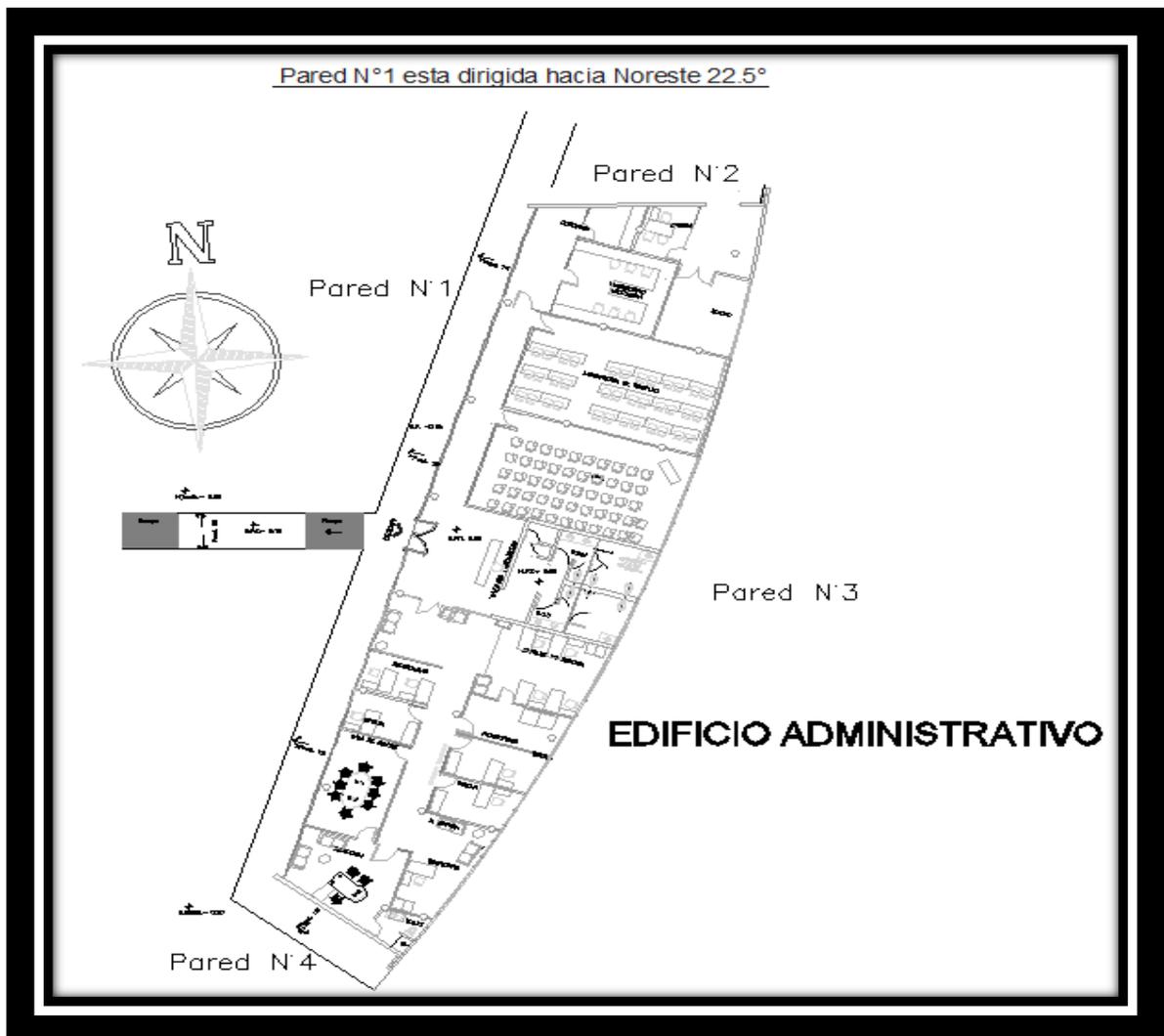


Fig. N°16 Orientación y Numeración de paredes.

Fuente: Elaboración Propia

Durante el levantamiento se observó que la pared N°1 no tiene ganancia por radiación solar, debido a que existe un elemento sombreador arquitectónico (Volado), además de contar con dos edificios que le proporcionan sombra; por lo que se refiere a la pared N°2, de igual manera esta sombreada gracias a que existe un edificio que resguarda la proyección de los rayos del sol.

Para el análisis de ganancia de calor por radiación del sol, de las paredes N°3y N°4 a partir de la ecuación (1), se resuelve lo necesario para obtener a Q_1 , la cual se desglosa de la siguiente manera.

$$Q_1 = (\text{area de la pared Ft}^2)(U \text{ de la pared } \frac{Btu}{\text{°F}(Ft^2)hr})(\Delta T \text{ °F}) \quad (2)$$

Donde:

U= Coeficiente de transmisión del material utilizado

ΔT = Diferencia de temperatura.

Así que para facilitar la tarea de cálculo de ganancia de energía, se realizo el levantamiento físico del área de paredes y se creó la tabla N°7.

Tabla N° 7 Áreas de las paredes

	Pared N°1	Pared N°2	Pared N°3	Pared N°4
Longitud	45.6	12.4	52.3	8.5
Altura	2.5	4.1	4.1	2.5
Área m ²	115.9	50.7	214.6	21.3
Área Ft ²	1247.5	545.9	2309.9	228.7

Fuente: Elaboración Propia.

Ventanas B		
Longitud	1.6	1.6
Altura	0.6	0.6
Área m ²	1.0	1.0
Ft ²	10.3	10.3
suma ft ²	20.7	

Ventanas C		
Longitud	4.4	4.4
Altura	0.6	0.6
Área m ²	2.6	2.6
Ft ²	28.4	28.4
suma ft ²	56.8	

Tabla N° 9-10-11 Áreas de las ventanas de la pared N°3 Fuente: Elaboración Propia

Entonces para poder determinar el área expuesta de cada pared fue necesario deslindar el área de las ventanas para ello podemos hacer uso de la tabla N°12, con la cual nos expresa de manera directa las áreas de cada pared.

Tabla N° 12 Áreas de la Pared N°3

Pared N°3	A	B	C
Área m ²	91.8	28.4	96.4
Ft ²	988.1	305.7	1037.6
Ventanas	A	B	C
Área m ²	9.60	1.92	5.28
Ft ²	103.3	20.7	56.8
Total de áreas para pared N°3			
	A	B	C
Área m ²	82.2	26.5	91.1
Ft ²	884.8	285.0	980.8

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de ΔT es necesario desglosar la formula:

$$\Delta T = \Delta T_N + \text{Corrección por radiación solar}$$

$$\Delta T_N = T_{d \text{ interior}} - T_{d \text{ exterior}}$$

Para la temperatura promedio se tomo en cuenta los datos proporcionados por el programa de la estación meteorológica que se encuentra ubicada en el centro tecnológico.⁶

Para el cálculo de la corrección utilizaremos la tabla N°13 la cual nos proporciona el °F que deben de aumentarse de acuerdo a su orientación.

Tabla N°13 Corrección de temperatura por efectos del sol.

Tipo de superficie	Pared Este Oeste	Pared Norte Sur	Techo Plano
Superficie de color claro tales como: Piedra blanca, Cemento blanco, Pintura Blanca	4	2	9
Superficie de color Medio: Madera sin pintar, Ladrillo, Losa roja, Cemento obscuro, Pintura gris roja y verde.	6	4	15
Superficie de color Oscuro: Arcilla negra, Techo de Chapopote, Pintura Negra	8	5	20

Fuente: tomado del manual de Refrigeración Gilvert Copeland.

Para el análisis de la carga térmica se basara en las dos temporadas del año más extremas, hablando así de que los datos de la temperatura se tomaron en el mes de abril (mes más caluroso) y diciembre (mes más frio) como lo muestra los datos obtenidos.

Tabla N°14 Temperaturas Promedio de Invierno.

Temperatura	Temperatura Exterior promedio	Temperatura Interior promedio
	Diciembre	Diciembre
°C	4.1	21
°F	39.38	69.8

Fuente: Elaboración Propia

$$\Delta T_N = T_{d \text{ interior}} - T_{d \text{ exterior}}$$

$$\Delta T_N = 30.42^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 34.42^\circ\text{F}$$

⁶ Groweather "programa de captura de datos de la estación meteorológica". Ver en Anexos tabla N°6.

Teniendo todos los datos que necesitamos sustituimos para obtener:

$$Q_1 = (\text{area de la pared Ft}^2)(U \text{ de la pared } \frac{\text{Btu}}{^\circ\text{F}(\text{Ft}^2)\text{hr}})(\Delta T \text{ } ^\circ\text{F}) \quad (2)$$

$$Q_1 = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} \quad (2.1)$$

$$Q_{p1} + Q_{p2} = 0$$

$$Q_{p3} = Q_{p3A} + Q_{p3B} + Q_{p3C} \quad (2.1.1)$$

Tabla N°15 Cálculo de calor ganado de la pared N°3 (Qp₃.)

Qp ₃ =(area(ft ²))(U ⁷ material(Btu/°F(ft ²)hr)(ΔT(°F))			
	Qp ₃ A Btu/Hr	Qp ₃ B Btu/Hr	Qp ₃ C Btu/Hr
	10964.2	6180.1	12153.9
Btu/hr	29298.1		

Fuente: Elaboración Propia

Para el análisis de la pared N°4 es necesario el cálculo de acuerdo al área, a su coeficiente de transmisión y a la temperatura modificada por exposición a los rayos del sol.

$$Q_{p4} = (\text{area de la pared Ft}^2)(U \text{ de la pared } \frac{\text{Btu}}{^\circ\text{F}(\text{Ft}^2)\text{hr}})(\Delta T \text{ } ^\circ\text{F})$$

Tabla N°16 Cálculo de calor de pared N°4 (Qp₄.)

Qp ₄ =(area(ft ²))(U ⁸ material(Btu/°F(ft ²)hr)(ΔT(°F))	
Btu/hr	5510.3

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto tenemos que para cálculo del calor ganado a través de las paredes se suman todos los calores absorbidos obteniendo así la cantidad en Btu/hr que se obtiene por ganancia solar a través de las paredes.

Tabla N°17 Cálculo de calor ganado por paredes (Q₁).

Q ₁ =(area(ft ²))(U material(Btu/°F(ft ²)hr)(ΔT(°F))	
Q ₁ =Qp ₁ +Qp ₂ +Qp ₃ +Qp ₄	
Btu/Hr	34808.4
KW	10.20

Fuente: Elaboración Propia

⁷ Tomado del libro de Aire acondicionado y Refrigeración, Burgess Hill Jennings, tabla 4-6, pág.139.

⁸ Ídem.

Para el análisis del techo y el piso fue necesario desglosar de la ecuación (1) a Q_2 teniendo en cuenta que esta depende de una área de trabajo de 466.2 m² (5018.29ft²) y los coeficientes de transmisión que se utilizaron son para piso liso y loza de 6" de espesor, contando también que la temperatura medida del piso es de 17°C y la del techo en la parte superior es de 45°C debido al calentamiento por radiación solar en esta época del año.

$$Q_2 = Q_{\text{piso}} + Q_{\text{techo}} \quad (3)$$

$$Q_{\text{piso}} = (\text{area del piso Ft}^2)(U \text{ del piso } \frac{\text{Btu}}{^{\circ}\text{F}(\text{Ft}^2)\text{hr}})(\Delta T \text{ } ^{\circ}\text{F}) \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{techo}} = (\text{area de la techo Ft}^2)(U \text{ del techo } \frac{\text{Btu}}{^{\circ}\text{F}(\text{Ft}^2)\text{hr}})(\Delta T \text{ } ^{\circ}\text{F}) \quad (3.2)$$

Tabla N°18 Cálculo de Q_2 .

$Q_2 = (\text{area}(\text{ft}^2))(U^{\circ}\text{material}(\text{Btu}/^{\circ}\text{F}(\text{ft}^2)\text{hr})(\Delta T(^{\circ}\text{F}))$	
Q piso	219259.1
Q techo	366545.9
Btu/hr	147286.8
KW	43.16

Fuente: Elaboración Propia

⁹Los coeficientes se tomaron del libro de Aire acondicionado y Refrigeración, Burgess Hill Jennings, Tabla 4-11, pag.144.

Para determinar el calor perdido a través de las puertas y las ventanas fue necesario desglosar de la ecuación (1) a Q3:

$$Q_3 = Q_{puertas} + Q_{ventanas} \quad (4)$$

$$Q_{puertas} = (\text{area de puertas Ft}^2)(U \text{ de puertas } \frac{\text{Btu}}{^\circ\text{F}(\text{Ft}^2)\text{hr}})(\Delta T ^\circ\text{F}) \quad (4.1)$$

$$Q_{ventanas} = (\text{area de ventanas Ft}^2)(U \text{ de ventanas } \frac{\text{Btu}}{^\circ\text{F}(\text{Ft}^2)\text{hr}})(\Delta T ^\circ\text{F}) \quad (4.2)$$

Para el cálculo de Q3 fue necesario saber que tomamos en cuenta que la pared N°1 está diseñada como una ventana, ya que en esta existe una estructura principalmente de aluminio y vidrio la cual le da forma a la pared. Además en la pared N°2 cuenta con una puerta de servicios para el área de equipo, la cual tiene como características principales dimensiones de 2.6m*1.85m (51.77ft²), es de acero en toda su estructura pero cuenta con rendijas que aproximadamente son ¼ de área total, para la pared N°3 se menciona que el área de las ventanas ya se obtuvo en los cálculos anteriores los datos fueron tomados de manera similar, en lo que se refiere a puertas y ventanas son las existentes, con lo anterior se elaboro la tabla N°19 que nos muestra las cantidades de absorción por tipo de material así determinamos la cantidad de calor que se involucra en el sistema.

Tabla N°19 Cálculo de calor ganado a través de ventanas y puertas (Q₃).

Q ₃ =(area(ft2))(U ¹⁰ material(Btu/°F(ft2)hr)(ΔT(°F))	
Qp ₁ aluminio	15899.14
Qp ₁ vidrio	40718.40
Qp _{2p} acero	79788.96
Qp ₃ aluminio	2304.26
Qp ₃ vidrio	6213.73
Btu/Hr	51060.22
kW	14.96

Fuente: Elaboración Propia

¹⁰ Tomado del libro de Aire acondicionado y Refrigeración, Burgess Hill Jennings, tabla5-3, pag.184.

El calor perdido por infiltración se deduce de la ecuación (1), la podemos encontrar como Q_4 .

$$Q_4 = (C_p \text{ del aire})(d)(q)(\Delta T_N) \quad (5)$$

Donde:

$(C_p \text{ del aire})$ =El calor calorífico del aire $0.244 \frac{\text{Btu}}{^\circ\text{f lb}}$

(d) =Peso específico del aire $0.075 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$

(q) =Volumen de aire infiltrado

$$(1/2 \text{ perimetro de la puerta})(\text{volumen de aire infiltrado})^{11} \quad (5.1)$$

(ΔT_N) =Variación de temperatura normal

Para poder calcular el volumen de aire infiltrado fue necesario elaborar la tabla N°20.

Tabla N°20 Cálculo de volumen infiltrado (q).

$Q_4 = (C_p \text{ aire})(d)(q)(\Delta T_N)$	
$q = (1/2 \text{ perimetro de la ventana(ft)}) (\text{volumen de aire infiltrado}(\text{pie}^3/\text{hr ft}))$	
$q_{\text{ventanas}} \text{ pie}^3/\text{hr}$	3559.67
$q = (1/2 \text{ perimetro de la puerta(ft)}) (\text{volumen de aire infiltrado}(\text{pie}^3/\text{hr ft}))$	
$q_{\text{puertas}} \text{ pie}^3/\text{hr}$	393.93

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo a (q) se sustituye en la ecuación (5) para obtener la cantidad de aire absorbido por el sistema (Q_4) para ello se elaboro la tabla N°21.

Tabla N°21 Cálculo de Q_4 .

$Q_4 = (C_p \text{ aire})(d)(q)(\Delta t_N)$	
$(\text{Btu/lb } ^\circ\text{F})(\text{lb/pie}^3)(\text{pie}^3/\text{Hr})(^\circ\text{F})$	
Btu/hr	2901.28
KW	.85

Fuente: Elaboración Propia

¹¹ Tomado del libro de Aire acondicionado y Refrigeración, Burgess Hill Jennings, tabla 5-3, pag.184.

El calor cedido por personas (Q_5) se desglosa de la ecuación (1) de la siguiente manera:

$$Q_5 = (N^\circ \text{ de personas})(\text{calor generado por tipo de actividad}) \quad (6)$$

Tabla N°22 Ganancia de Calor por personas.

Tipo de actividad	Tipo de aplicación	Calor total disipado hombres adultos (Btu/Hr)	Calor total disipado modificado (Btu/Hr)	Calor sensible (Btu/Hr)	Calor latente (Btu/Hr)
sentados en reposo	teatro por la tarde por la noche	390	330 - 350	180 - 195	150 - 155
sentados trabajo muy ligero	Oficinas , Hoteles apartamentos, restaurantes	450	400	195	205
Trabajo moderadamente activo	Oficinas , Hoteles apartamentos	475	450	200	250
Parados; trabajo ligero; caminando muy despacio	tienda de departamentos menudeo	550	450	200	250
Caminando; sentado; de pie; caminando lentamente	botica banco	550	500	200	300
Trabajo sedentario	restaurante	490	550	220	330
Trabajo de banco ligero	Fabrica	800	750	220	530
Trabajo moderado bailando moderadamente	ensamble piezas chicas sala de baile	900	850	245	605
Caminando, 3 mph; trabajando moderadamente fuerte	Fabrica	1000	1000	300	700
Juego de bolos trabajo pesado	bolos fabrica	1500	1450	465	985

Fuente: Elaboración Propia¹²

¹² libro de Aire acondicionado y Refrigeración, Burgess Hill Jennings, tabla 10-3, pag. 393.

Teniendo en cuenta que la actividad que se realiza en el edificio Administrativo CIMA es de uso de oficinas y centros de cómputo, se tomara en cuenta que el desprendimiento de calor será de 390 Btu/hrs para las personas sentadas y 450 Btu/hrs para las que se encuentran en movimiento, esto se basa principalmente en las condiciones del diseño original para ello se elaboro la tabla N°23 la cual describe el área y su personal.

Tabla N°23 Áreas y personal.

Áreas de trabajo	N° Personas	Sentados	Parados
sala de Dirección	10	10	
sala de juntas	14	14	
oficina	2	2	
oficina	2	2	
oficina	2	2	
Fotocopiado	2		2
secretarias	1	1	
Jefatura de sección	8	6	2
recepción	4	2	2
vestíbulo	3		3
Baños	4	2	2
Sala de proyección	70	70	
Laboratorio de computo	40	39	1
laboratorio Multimedia	20	19	1
servidor	1	1	
Oficina de Mantenimiento	2	1	1
área de equipo de transformador	2		2
Total	187	171	16

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°24 se presenta la cantidad de disipación por personas en el área del edificio administrativo del CIMA.

Tabla N°24 Cálculo de disipación de calor por personas (Q_s).

Q _s =(N° de personas)(Calor generado de acuerdo a la actividad)	
Sentadas	66690
Paradas	9000
Btu/Hr	75690
KW	22.18

Fuente: Elaboración Propia

En relación con la iluminación fue necesario desglosar de la ecuación (1) a Q_6 para esto se basaran los cálculos con tabla N°25 del levantamiento físico de luminarias del edificio administrativo del CIMA la cual nos proporciona la cantidad de lámparas utilizadas, su capacidad en watts y el área de ubicación.

$$Q_6 = (\text{N}^\circ \text{ de lámparas}) (\text{watts}) \quad (7)$$

Tabla N°25 Descripción de luminarias y calculo de disipación de Calor (Q_6).

Áreas	Luminarias	Watts	Total de Watts área
Acceso cuarto de equipo	2	32	64
Oficina de técnicos	2	32	64
Área de Equipo	2	32	64
C. servidor	2	28	56
Laboratorio Multimedia	4	32	128
Pasillo Multimedia	2	26	52
Laboratorio de Computo	11	32	352
Pasillo computo	2	26	52
Aula	10	32	320
Pasillo aula	2	26	52
Recepción general	6	28	168
Pasillo Baños	4	13	52
Baños	8	28	224
Sala de espera General	6	32	192
Jefatura de sección	4	32	128
Secretaria 1	2	32	64
Fotocopiado	2	28	56
Oficina 1	2	28	56
Oficina 2	2	28	56
Oficina 3	2	28	56
Sala de juntas	6	32	192
Sala de espera dirección	4	28	112
Secretaria 2	4	28	112
Baños dirección	2	28	56
Dirección	8	32	256
	3	15	45
	1	28	28
Total de watts de luminarias del CIMA			3057
Btu/Hr			10429.89
KW			10.42

Fuente: Elaboración Propia a partir de los datos de diseño del edificio y verificación visual.

Por medio de la descripción general de uso de las lámparas se tomara en cuenta la cantidad de Watts generados que son 3057 Watts, esta cantidad la convertiremos a Btu/hr. Con la siguiente relación $\frac{Btu}{hr}=.2931Watts$.

En relación con los equipos de computo será necesario desglosar de la ecuación (1) a $Q7$ para ello se analizaron los equipos en cuestión de uso diario, para poder determinar la cantidad de disipación que estos desprenden, fue necesario realizar la tabla N°26 para el apoyo del levantamiento.

$$Q7 = \text{Calor generado por equipo.} \quad (8)$$

Tabla N° 26 Cálculo de calor generado por equipo (Q_7).

Áreas	Equipo consumidor de energía	watts
Oficina de técnicos	1 Computadora	75
C. servidor	Servidor	600
Laboratorio Multimedia	10 computadoras	750
Laboratorio de Computo	40 computadoras	3000
	1 pantalla 24"	135
Aula	2 Pantallas 24"	270
	1 Proyector	30
Jefatura de sección	1 Computadora	75
Secretaria 1	1 Computadora	75
Fotocopiado	1 fotocopiadora	1300
Oficina 1	1 Computadora	75
Oficina 2	1 Computadora	75
Oficina 3	1 Computadora	75
Sala de juntas	1 Computadora	75
Secretaria 2	1 Computadora	75
Dirección	3 laptops	35
		35
		35
Total de Watts consumidos		6790
Btu/Hr		23166.15
KW		6.78

Fuente: Elaboración Propia

En esta tabla se observa la cantidad de equipo que existe hasta el momento por área, tomando en cuenta su disipación de calor por los watts de consumo y transformándolo para obtener a $Q7$.

Obtenidas las cantidades que involucran a la carga térmica (QT), se presenta la siguiente tabla N°27, la cual engloba los calores que se involucran en el sistema, en este caso la carga será de calefacción para el edificio ya que es invierno, es necesario sumar los calores que se presentan en contra del sistema y restar la suma de que se presentan a su favor.

$$QT = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) - (Q_5 + Q_6 + Q_7) \quad (1)$$

Cabe resaltar que las pérdidas de calor lo representan q_5 , q_6 y q_7

Tabla N° 27 Carga térmica total (QT) en Invierno.

Calculo de QT en Invierno			
Q_1 Btu/hr	34808.40		
Q_2 Btu/hr	147286.80		
Q_3 Btu/hr	51060.22		
Q_4 Btu/hr	2901.28		
Q_5 Btu/hr	75690.00		
Q_6 Btu/hr	10429.89		
Q_7 Btu/hr	23166.15		
	Btu/hr	Watts	Kw
QT	126770.66	37156.48	37.16

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°27 se obtiene la cantidad que será necesaria para que el edificio esté en condiciones de confort, para esto, el cálculo se da por medio de la ecuación (1), para que el edificio este acondicionado requiere de una carga de 37.16 Kw de calefacción.

3.2.2. Cálculo de la carga Térmica en Primavera

El siguiente análisis se realizó para la estación del año más calurosa que de acuerdo con los datos tomados de la estación meteorológica, fue en primavera ya que en el mes de abril se alcanzó una temperatura máxima promedio de 31.6°C.

Para poder determinar la carga térmica del Edificio Administrativo del CIMA en primavera fue necesario saber que cuenta con una T_{exterior} de 31.6°C y T_{interior} de 25°C promedio. Se apoyo en la figura N°16 y se baso en la misma ecuación (1) que se utilizo para el cálculo en invierno.

El análisis de ganancia de calor por radiación del sol se describe de la siguiente manera. Para las paredes N°1 y N°2 no se tomara en cuenta la ganancia por radiación ya que cuentan con elementos arquitectónicos sombreadores y edificios al frente que proporcionan sombra durante el periodo en que el sol se expone a estas, de las paredes N°3 y N°4 se tomo en cuenta de la ecuación (1) a Q_1 , la cual describe los mismos procedimientos de calculo, así que para su descripción fue necesario retomar la ecuación (2). Para el uso de las áreas se tomo en cuenta la tabla N°8. El cálculo de ganancia de la pared N°3, se describe de la misma manera que para el cálculo en invierno, lo que diferencia de esta es la temperatura promedio tanto interior como exterior así que lo único que se necesita es determinar a ΔT , para esto usamos la tabla N°13.

Tabla N° 28 Temperaturas promedio en Abril.

Temperatura	Temperatura Exterior promedio	Temperatura Interior promedio
	Abril	Abril
°C	31.6	25
°F	88.88	77

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 29 Cálculo de calor ganado por pared N°3 (Q_{p3}).

$Q_3 = (\text{area}(\text{ft}^2))(U \text{ material}(\text{Btu}/^\circ\text{F}(\text{ft}^2)\text{hr})(\Delta T(^\circ\text{F}))$			
	Q_{p3A} Btu/Hr	Q_{p3B} Btu/Hr	Q_{p3C} Btu/Hr
	5058.4	2851.2	5607.3
Btu/hr	13517.0		
KW	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

Lo mismo se realizo para el cálculo de calor de la pared N°4 y se ejemplifica en la tabla N°30.

Tabla N° 30 Cálculo de Qp4

$Q_{p_4} = (\text{area}(\text{ft}^2))(U \text{ material}(\text{Btu}/^\circ\text{F}(\text{ft}^2)\text{hr})(\Delta T(^\circ\text{F}))$	
Btu/hr	2542.2
KW	.745

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos necesarios para determinar a Q_1 se realizo la tabla N°31, la cual nos indica la cantidad total de calor ganado a través de las paredes.

Tabla N° 31 Cálculo de calor ganado a través de paredes (Q_1).

$Q_1 = (\text{area}(\text{ft}^2))(U \text{ material}(\text{Btu}/^\circ\text{F}(\text{ft}^2)\text{hr})(\Delta T(^\circ\text{F}))$	
$Q_1 = Q_{p_1} + Q_{p_2} + Q_{p_3} + Q_{p_4}$	
Btu/Hr	16059.2
KW	4.70

Fuente: Elaboración Propia

Para el análisis de Q_2 se toma en cuenta que depende de la misma área de trabajo que la de Q_2 de invierno así que se tomara la ecuación (3) y los coeficientes de transmisión son los mismos lo único que cambia es la temperatura a la que se encuentra. Para el piso se tomo una lectura de temperatura de 19°C y para el techo la máxima alcanzada fue de 51°C.

Teniendo esto en consideración los cálculos realizados se describen en la tabla N°32, esta nos indica el calor ganado a través de techo y piso.

Tabla N° 32 Cálculo de calor ganado a través de techo y piso en primavera (Q_2).

$Q_2 = (\text{area}(\text{ft}^2))(U \text{ material}(\text{Btu}/^\circ\text{F}(\text{ft}^2)\text{hr})(\Delta T(^\circ\text{F}))$	
Q piso	231182.6
Q techo	387863.6
Btu/hr	156681.1
KW	45.92

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de infiltración a través de puertas y ventanas Q_3 es necesario saber que tomaremos en cuenta las mismas observaciones que para el cálculo en invierno así que la ecuación que se utilizó es la (4) la metodología es la misma solo se cambió de la tabla N°33 la temperatura que se obtuvo en la lectura en primavera, esto ayudó a facilitar el cálculo.

Tabla N° 33 Cálculo de infiltración a través de ventanas y puertas (Q_3).

$Q_3 = (\text{área}(\text{ft}^2))(U \text{ material}(\text{Btu}/^\circ\text{F}(\text{ft}^2)\text{hr})(\Delta T(^\circ\text{F}))$	
Q_{p1} aluminio	16698.54
Q_{p1} vidrio	41796.24
Q_{p2p} acero	81901.02
Q_{p3} aluminio	2478.04
Q_{p3} vidrio	6369.95
Btu/Hr	52911.42
KW	15.50

Fuente: Elaboración Propia

Para encontrar Q_4 fue necesario tomar en cuenta a q de la tabla N°20. Calculando en base a las temperaturas para esta temporada de primavera se obtuvo la tabla N°34 la cual nos indica la cantidad de aire infiltrado a través de puertas y ventanas.

Tabla N°34 Cálculo de infiltración por puertas y ventanas (Q_4).

$Q_4 = (C_p \text{ aire})(d)(q)(\Delta T_N)$	
$(\text{Btu}/\text{lb } ^\circ\text{F})(\text{lb}/\text{pie}^3)(\text{pie}^3/\text{hr})(^\circ\text{F})$	
Btu/hr	6430.56
KW	1.88

Fuente: Elaboración Propia

Para poder determinar el calor cedido a través de personas de esta temporada Q_5 fue necesario tomar en cuenta la tabla N°22 de disipación de calor y la tabla N°23 que se basa en el lugar de trabajo y el número de personas, el cálculo realizado fue el mismo que en la ecuación (6) solo se utilizó un 10% del número total de personas para tener un promedio de disipación de calor, todo esto en base al diseño original de la construcción.

Se obtuvo un promedio de 175 personas sentadas y 25 personas en actividad ligera de trabajo con esto se realizó el cálculo y se obtuvo la tabla N°35 que describe la cantidad de calor disipado por personas.

Tabla N°35 Cálculo de calor generado por personas (Q₅).

Q ₅ =(N° de personas)(Calor generado de acuerdo a la actividad)	
Sentadas	68250
Paradas	11250
Btu/Hr	79500
KW	23.30

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular el calor generado por luminarias Q₆ se tomo en cuenta el mismo valor generado de la tabla N°25, al igual que para la disipación por equipo Q₇ se tomo el valor generado en la tabla de equipo N°26. Teniendo todos los valores involucrados para calcular la carga térmica QT es necesario expresar la ecuación (1);

$$QT = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 + Q6 + Q7$$

De esta manera la carga térmica es el resultado de la suma de todos los valores ya que estos influyen de manera directa para el comportamiento del edificio en esta temporada, se realizo la tabla N°36 para poder observar las cantidades que se ven involucradas en este cálculo.

Tabla N°36 Cálculo de la carga térmica Total para primavera (QT).

Calculo de QT en Primavera		
Q ₁ Btu/hr	16059.20	
Q ₂ Btu/hr	156681.10	
Q ₃ Btu/hr	52911.42	
Q ₄ Btu/hr	6430.56	
Q ₅ Btu/hr	79500.00	
Q ₆ Btu/hr	10429.89	
Q ₇ Btu/hr	23166.15	
	Btu/hr	Tonelada de Refrigeración
QT	345178.32	28.76
	KW	101.17

Fuente: Elaboración Propia

La cantidad necesaria de refrigeración que se necesita el edificio para poder estar en condiciones óptimas de confort es de 28.76 Toneladas de refrigeración de acuerdo a los cálculos realizados sobre el diseño original. Pero es necesario aproximar a la cantidad superior inmediata ya que los equipos son estandarizados, así que el resultado es de 30 Toneladas de refrigeración para el edificio Administrativo del CIMA de la FES Aragón.

CAPITULO
IV
ANÁLISIS
Y
PROPUESTAS

4.1. PROPUESTAS PARA EL AHORRO DE ENERGIA DEL CIMA.

A partir de los resultados del capítulo anterior se analizó la información y cálculos generados para proponer soluciones a las dos condiciones de primavera y verano.

Se elaboró la tabla N° 37, en donde podemos observar las cantidades de calefacción y refrigeración necesarias para el edificio administrativo del CIMA.

Tabla N°37 Cargas de refrigeración y calefacción (QT).

Invierno			
	Btu/hr	Watts	Kw
QT	126770.66	37156.48	37.16
Primavera			
	Btu/hr	Tonelada de refrigeración	
QT	345178.32	28.76	

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla N°37 y de acuerdo a las condiciones originales del edificio analizado podemos proponer lo siguiente:

4.1.1 Propuesta para las ventanas.

Para el caso de las paredes N°1 y N°3 las cuales cuenta con ventanas de una gran longitud sería de gran ayuda una lámina protectora Solar Gard TrueVUE¹³. La cual nos presenta características que nos convienen, como son:

- Claridad interior hacia exterior de día y de noche.
- Protección contra los perjudiciales rayos ultravioleta del sol.
- Rechaza hasta un 82% de la energía solar total para aumentar su comodidad.
- Controla los puntos calientes y zonas de temperatura irregular.
- Reduce los reflejos hasta en un 94%.

Además de utilizar elementos combinados como podrían ser el caso de persianas y arboles que se proyecten de frente a la pared para proporcionar sombra.

¹³ Véase en Anexo la tabla N°38 de características del producto.

4.1.2 Propuestas para el Techo.

Como podemos observar en los cálculos obtenidos en el capítulo anterior, el techo por sus características de color y dimensión nos aporta gran cantidad de calor, por eso las propuestas que se le hacen son las siguientes:

- El cambio de color al techo por su parte exterior es necesario ya que cuenta con un color gris que acepta mucha ganancia de calor la cual influye demasiado en la carga térmica, poner un color más claro para poder reducir al máximo el calor ganado por radiación solar es de gran trascendencia en el consumo de energía en los equipos de aire acondicionado del edificio.
- Además de agregarle una capa de aislante, uno de los materiales recomendados es el poliestireno extruido que cumple con los más altos estándares de calidad para techumbres. La estructura de célula cerrada de Styrofoam¹⁴

Entre las características más sobresalientes de este material podemos observar lo siguiente:

- Excelente conductividad térmica (R), Buena rigidez mecánica.
- Célula cerrada: absorción de agua despreciable y alta resistencia a la difusión del vapor (factor μ).
- Resistentes al envejecimiento.
- Fáciles de trabajar e instalar.
- Acabado superficial sin piel lo que facilita la adherencia con cemento-cola y el revestimiento con yeso.

Por sus excelentes propiedades térmicas, se requiere menos espesor de aislante para conseguir la misma resistencia térmica. Como además, se evita trasdosar con tabique, el resultado es un cerramiento de menor espesor total y una mayor superficie útil para la misma superficie construida.

Dada su alta resistencia a la absorción de agua y nula capilaridad, no sufrirá merma en sus propiedades térmicas por causas de infiltración de agua de lluvia (efecto lluvia-viento).

Con estas propuestas se analizó de nuevo la carga térmica del edificio para observar de manera más clara el comportamiento del sistema aislado.

¹⁴ Véase tabla N°39 en las características del producto.

4.2. CÁLCULOS CON PROPUESTAS.

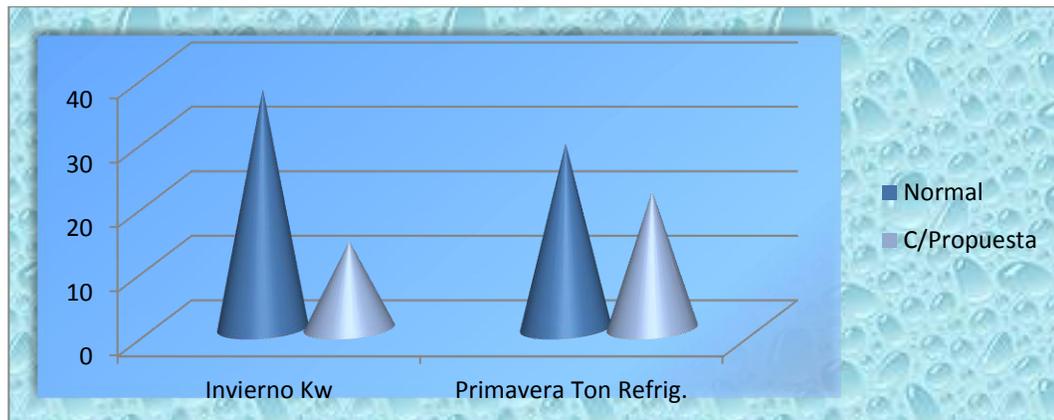
La determinación de los siguientes cálculos es de acuerdo a la misma metodología tomada en el capítulo anterior, solo se anexo las dimensiones y características del material de aislamiento propuesto así como el rechazo de los rayos del sol por ventanas. Para este análisis fue necesario elaborar una tabla N°40 donde se concentren las cantidades de calor agregado al sistema.

Tabla N°40 Carga térmica (QT) con propuestas.

	Invierno	Primavera
Q ₁	34800.4	16059.2
Q ₂	84267.1	84899.4
Q ₃	33851.8	35250.5
Q ₄	2901.3	6430.6
Q ₅	75690.0	79500.0
Q ₆	10429.9	10429.9
Q ₇	23166.2	23166.2
QT Btu/Hr	46534.5	255735.7
Kwatts	13.6	
Ton Refrigeración		21.3

Fuente: Elaboración Propia

Observamos la demanda de energía que necesita el edificio Administrativo del CIMA con las propuestas, estas disminuyen en comparación con las condiciones originales de diseño. Para hacer esto más visual se elaboro la grafica N°3 la cual nos indica la proporción de ahorro de energía.



Gráfica N°3 Comparación de las Cargas Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 Cotización

El Spyrofoam es un poliestireno extruido que cumple con los más altos estándares de calidad para techumbres. El Poliestireno extruido tiene más de 50 años de un desempeño probado en los ambientes muy húmedos. La estructura de célula cerrada de Styrofoam resiste grandes humedades permitiendo conservar altos valores de factores R (Resistencia transferencia calor) durante un mayor tiempo que cualquier otro tipo de material.

Tabla N°41 Cotización de lamina para Techo.

STYROFOAM			
Cantidad	Descripción	Espesor	Precio
1	Lamina STYROFOAM SQUARE EDGE - PLACA de 1.22 x 2.44 mts. (4' x 8').	1"	\$137.53
1	Lamina STYROFOAM SQUARE EDGE - PLACA de 1.22 x 2.44 mts. (4' x 8').	1 1/2"	\$206.29

Fuente: Elaboración Propia

Para nuestros propósitos es necesario cubrir toda el área del techo lo cual cuenta con una superficie de 466.2 m² (5018.29ft²), así que será necesario 160 laminas.

Tabla N° 42 Total de costo de lamina de poliestireno.

STYROFOAM				
Cantidad	Descripción	Espesor	Precio	Pza.
1	Lamina STYROFOAM SQUARE EDGE - PLACA de 1.22 x 2.44 mts. (4' x 8').	1"	\$137.53	160
Total				\$22004.8

Fuente: Elaboración Propia

La instalación de las placas tiene un costo adicional del 40% del consumo del producto así que nos da un costo total siguiente¹⁵:

Tabla N°43 Costo Total con mano de obra de la lamina de poliestireno.

STYROFOAM				
Cantidad	Descripción	Espesor	Precio	pzs
1	Lamina STYROFOAM SQUARE EDGE - PLACA de 1.22 x 2.44 mts. (4' x 8').	1"	137.53	160
Total del producto				\$ 22004.8
Instalación del producto			40%	\$ 8801.92
Total				\$ 30 806.72

Fuente: Elaboración Propia

¹⁵ Nota: los precios pueden variar sin previo aviso.

La lámina protectora Solar Gard True VUE, como su nombre lo indica es una protección para ventanas, la cual por sus características nos reduce las cantidades de infiltración por radiación solar, las dimensiones que se necesitan cubrir para nuestro análisis son las siguientes:

Tabla N°44 Área por cubrir con lamina de protección solar..

Área para cubrir con laminas solar solar Gard true vue					
ParedN°1	Ventanas	Área m ²			116
pared N°3	A	Área m ²	6.3	1.3	2
	B	Área m ²	1	1	
	C	Área m ²	2.6	2.6	
Total m²					132.8

Fuente: Elaboración Propia

Para la cotización de este material se consulto con el proveedor, el cual nos dio un costo por m² instalado de \$180-220, el cual puede variar por la distancia de la ubicación y la altura de la edificación.

Tabla N°45 Costo por Instalación de lamina de protección solar para ventanas.

Cantidad	Descripción	Pza.	Precio
1	Lamina Solar Gard True vue Instalada en Planta Baja	mts	\$ 180
133	Lamina Solar Gard True vue Instalada en Planta Baja	mts	
Total del costo			\$ 23 940

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Análisis del sistema Real

El edificio Administrativo del CIMA en su diseño actual, cuenta con una infraestructura para su acondicionamiento del aire de dos manejadoras y un minisplit, esto es principalmente para las áreas de cómputo y el servidor.

Con esto se elaboro la tabla N°46 la cual nos muestra las unidades en existencia.

Tabla N°46 Tonelada de refrigeración.

Unidad	Área	Capacidad T.R	Potencia Watts
Minisplit Trane	Servidor	0.75	760
central impack Trane	Laboratorio multimedia	5	6198
Trane	Laboratorio de Computo	10	9540
Total		15.75	16498

Fuente: Elaboración Propia

Considerando que el kilowatt/hora, para la universidad tiene un costo de \$ 1.0923 tarifa HM¹⁶ y las unidades en promedio llegan a tener una actividad de 7 horas tendremos entonces un costo real que se obtiene en la tabla N°47

Tabla N°47 Consumo de Energía por año.

Consumo en Kw	Por Día Kwh	Por Mes Kwh	Por año Kwh	Consumo \$ al año
16.50	115.49	2309.72	23097.20	25229.07

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando las propuestas, la ganancia que se obtendría es un porcentaje de 33.33%, esto se vería reflejado principalmente en la utilización de la energía eléctrica y los equipos disminuirían el tiempo de consumo de la misma, así que se realizo la tabla N°49 la cual nos indica la cantidad de ahorro de energía y dinero.

Tabla N°49 Ahorro de Energía por año.

Consumo en Kw	Por Día Kwh	Por Mes Kwh	Por año Kwh	Consumo \$ al año
16.50	65.99	1319.84	13198.40	14416.61

Fuente: Elaboración Propia

¹⁶ Ver anexo tabla N°48 Tarifas de CFE

Para saber si la inversión es rentable se realizó la tabla N°50 la cual nos indica el tamaño de la inversión y del ahorro además del tiempo de recuperación.

Tabla N°50 Tiempo de Recuperación.

Ahorro al año	Inversión inicial solo para el área de laboratorios y servidor	Tiempo de recuperación (años)
\$ 10812.5	\$ 12442.4	1.2

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1. Emisiones de CO₂

De acuerdo a la cantidad de Kwh que se utiliza al año para el aire acondicionado podemos realizar un análisis de las emisiones ahorradas de CO₂ ya que esto es de gran trascendencia para las condiciones del planeta.

Si observamos el consumo de Kwh por año sin propuestas esta nos produce una cantidad de emisiones de CO₂ demasiado significativa para las condiciones del medio ambiente, aplicándole las propuestas mencionadas al interior del área de trabajo, estas nos disminuyen de una manera drástica, presenta entonces un beneficio que también obtenemos de manera directa. Para ver la cantidad calculada se elaboro la tabla N°52, la cual se basa en los Factores de emisión de electricidad promedio [ton CO₂eq/ MWh]¹⁷ de la GEI de México.

Tabla N°52 Emisiones ahorradas por año.

Sin/propuestas	Con/propuestas	Ahorro de Kwh	Ahorro de emisiones de CO ₂ TonCO ₂ eq
Consumo de Kwh Por año 23097.2	Consumo de Kwh Por año 13198.4	9898.8	4.65

Fuente: Elaboración Propia

Podemos ver que las propuesta no solo repercuten en la economía de la universidad, sino que es trascendental para poder contribuir con el cambio climático del planeta.

¹⁷ Ver anexo tabla N°51. Factores de emisión de electricidad promedio [ton CO₂eq/MWh].

4.4 Análisis para el sistema ideal

Para que nuestro sistema pueda funcionar de manera ideal, es necesario tomar en cuenta que requerimos manejadoras de aire con capacidad de 25 toneladas de refrigeración. Con esto las manejadoras existente de 10 T.R para el área de laboratorio de computo, 5 T.R para el laboratorio de multimedia, y un minisplit de .75 T.R para el servidor. Pueden ser parte del análisis solo sería necesario una manejadora de 10 T.R que alimentara a las demás áreas.

Teniendo esto en consideración se analizo el consumo energético de los equipos, se elaboro la tabla N°53 para poder obtener la cantidad de Watts que se requieren para el acondicionamiento del edificio.

Tabla N°53 Toneladas de refrigeración y Watts de consumo.

Unidad	Área	Capacidad T.R	Watts
Minisplit trane	servidor	0.75	760
central impac Trane	Laboratorio de multimedia	5	6198
Trane	Laboratorio de computo	10	9540
Multisplit trane	áreas de oficinas y salas de juntas	10	9540
Total T.R		25.75	26038

Fuente: Elaboración Propia

Esto es necesario si el edificio se acondiciona de manera general y el gasto en electricidad se ve reflejado en la tabla N°54.

Tabla N°54 Consumo de Energía por año.

Consumo en Kw	Por Día Kwh	Por Mes Kwh	Por año Kwh	Consumo \$ al año
26.04	182.3	3645.3	36453.2	39817.8

Fuente: Elaboración Propia

Para poder obtener mejores condiciones de uso del equipo es necesario aplicar las propuestas de aislamiento y protección solar, con esto se calculo el gasto en electricidad y se elaboro la tabla N°55.

Tabla N°55 Ahorro de Energía por año.

Consumo en Kw	Por Día Kwh	Por Mes Kwh	Por año Kwh	Consumo \$ al año
26.04	104.2	2083.0	20830.4	22753.0

Fuente: Elaboración Propia

El análisis ideal para el edificio mostro que la opción de aislar al techo y las ventanas presentan una inversión fuerte, pero que es recuperable en un lapso de tiempo de 3 años y dos meses, además de conservar a los equipos en condiciones optimas ya que se regula el uso por unidad de tiempo para observar esto se realizo la tabla N°56.

Tabla N°56 Tiempo de recuperación.

Ahorro al año	Inversión inicial	Tiempo de recuperación (años)
\$ 17064.8	\$ 54746.7	3.2

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1. Emisiones de CO₂

De acuerdo a las condiciones generales en las que se encuentra el edificio, la producción de emisiones de CO₂ por la cantidad de Kwh consumidas al año, es de gran consideración para las condiciones ambientales. Por eso la aplicación de las propuestas de asilamiento no solo beneficia de manera económica, también es trascendental en el medio ambiente ya que con esto hacemos un uso de la energía de una manera más consiente para poder apoyar a la ecología y al planeta.

Para poder observar este consumo se elaboro la tabla N°57 donde se expresa la cantidad de emisiones de CO₂.

Tabla N°57 Emisiones ahorradas por año.

Sin propuestas	Con propuestas	Ahorro de Kwh	Ahorro de emisiones de CO ₂
Consumo de Kwh Por año	Consumo de Kwh Por año		TonCO ₂ eq
36453.20	20830.40	15622.80	7.34

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera podemos tener una idea más amplia de lo que en realidad el análisis significa, lo que contribuye de manera ecológica y económica para nosotros. El poder aplicar las propuestas que se mencionan en este trabajo.

CONCLUSIÓN

El objetivo principal del trabajo se vio cumplido en su totalidad, ya que se logró el cálculo de la carga térmica del edificio administrativo del CIMA el cual nos brinda resultados significativos que influirán de manera directa en las condiciones de confort para el personal que labore en la edificación, así como en los equipos que se utilizan, estos resultados arrojan características de la construcción que mediante el trabajo expuesto sería conveniente modificar para que el edificio funcione de una manera más eficiente y sustentable.

Las propuestas que se analizaron en el presente trabajo son las que tienen mayor trascendencia para el ahorro de energía de los equipos de aire acondicionado, ya que con las modificaciones necesarias y los materiales aptos se reduce la cantidad de energía que el sistema absorbe por radiación solar, esto repercute de manera directa ya que se ve reflejado en los consumos de electricidad que se utilizan para alimentar a los equipos de aire acondicionado, también es benéfico para las condiciones del planeta ya que al reducir el consumo de electricidad se reduce las emisiones de CO₂ para su generación.

En el trabajo se manejaron dos escenarios, el primero muestra las condiciones reales en las que se encuentra el edificio y su infraestructura actual para acondicionar el aire, esto nos da características que por su distribución solo aplica para las áreas más críticas del edificio, que son las salas de computo y el servidor para ello se realizo el análisis con las propuestas solo para estas áreas en lo que se pretende tener un ahorro de un 33.3% lo cual influye a que se tiene que invertir para su aislamiento una cantidad de \$ 12442.4 la cual sería rentable en un lapso de tiempo de 1 año y 2 meses.

El segundo análisis pretende considerar que todo el edificio tenga aire acondicionado y por consecuencia el mismo se encuentre aislado, para ello sería necesario tener una inversión total de \$ 54746.7, tal cantidad sería recuperada por ahorro de energía eléctrica en un lapso de tiempo de 3 años y 2 meses.

Por lo tanto cabe mencionar que para cualquier escenario es posible y necesario realizar los ajustes y modificaciones para elevar el desempeño del edificio, disminuir los costos de la electricidad y tener características que ayuden a reducir las emisiones generadas de CO₂ para disminuir los efectos del cambio climático y así poder contribuir en la preservación medio ambiente del planeta para futuras generaciones.

ANEXOS

Tabla N° 2 iluminación requerida en servicios.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY

NAME: Centro Tecnológico CITY: Neza STATE: Mexico
 ELEV: LAT: 19° 28' 42" N LONG: 99° 2' 7" W

YR	MO	TEMPERATURE (°C)				DEP. FROM NORM		TEMPERATURE (°C)				MAX		MIN	
		MEAN MAX	MEAN MIN	MEAN	DEP. FROM NORM	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	HI	DATE	LOW	DATE	>=32	<=0	<=0	<=-18
9	1	24.9	7.6	16.0	0.0	16	0	27.8	9	5.6	2	0	0	0	0
9	2	27.2	27.2	27.2	0.0	0	27	27.2	11	27.2	11	0	0	0	0
9	3	27.1	11.1	19.0	0.0	11	26	29.7	30	6.7	5	0	0	0	0
9	4	28.7	14.1	21.2	0.0	1	93	31.6	5	10.7	7	0	0	0	0
9	5	27.6	14.9	20.9	0.0	2	62	30.5	6	11.9	1	0	0	0	0
9	6	26.7	14.5	19.5	0.0	0	25	30.0	28	13.2	22	0	0	0	0
9	7	26.4	14.1	19.7	0.0	0	53	28.2	24	11.8	6	0	0	0	0
9	8														
9	9														
9	10	25.7	14.1	19.1	0.0	8	50	30.4	6	10.8	16	0	0	0	0
9	11	23.9	9.7	16.1	0.0	46	2	27.3	20	7.5	27	0	0	0	0
9	12	23.5	9.8	16.2	0.0	51	6	28.7	8	4.1	22	0	0	0	0
		26.1	12.6	18.9	0.0	134	345	31.6	APR	4.1	DEC	0	0	0	0

Fuente: datos obtenidos de la estación meteorológica.

Tabla N°6 de lectura de datos de la estación meteorológica

Tabla N° 38 Características para Laminas solares.

Color	Calibre (mm)	Medida	Años de Garantía	Coefficiente de sombreado	Coefficiente ganancia de calor	Eficacia Luminosa	Energía Rechazada	% Trasm.	% Absorción	% Reflec.	% Trasm.	% Refleja. Exterior	% Refleja. Interior	% luz ultravioleta bloqueada
Grafiti 6	6	60 x 100	3	0.91	0.79	0.96	21	74	18	8	87	9	10	> 99
Grafiti 7	7	60 x 100	3	0.91	0.79	0.96	21	73	19	8	87	9	9	> 99
TRUE VUE	3	60 x 100		0.21	0.18	0.24	82	6	43	51	5	45	8	> 99
TRUE VUE	3	60 x 100		0.24	0.2	0.5	80	9	40	51	12	45	23	> 99
TRUE VUE	3	60 x 100		0.45	0.39	0.69	61	27	41	32	31	22	13	> 99
TRUE VUE	3	60 x 100		0.57	0.49	0.68	51	38	40	22	39			

Tabla N° 39 Características para Lamina Styrofoam.

Propiedades STYROFOAM IB, Normativa	Valores	Código de designación UNE EN 13164 (•)
I, Conductividad térmica	0.030 kcal/h.m.°C	-
UNE EN 12667 (1)	(0.035 W/ m.°K)	
Densidad típica UNE EN 1602	30 Kg/m ³	-
Resistencia a la compresión mínima	200 kPa (2,0 kp/cm ²)	CS (10\Y)i
UNE EN 826 (2)		
Capilaridad	Nula	-
Absorción de agua por inmersión a largo plazo	< 1.5% volumen	WL (T) i
UNE EN 12087		
Factor μ de resistencia a la difusión del vapor de agua (4)	80	-
UNE EN 12086		
Reacción al fuego	E	Euroclase
(UNE-EN 13501-1)		
Temperatura máxima de servicio	75°C	-
Coefficiente lineal de dilatación térmica	0,07 mm./m°C	-

Tabla N° 48 Tarifas de CFE del mes de Marzo

Región	Cargo por kilowatt de demanda facturable	Cargo por kilowatt - hora de energía de punta	Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia	Cargo por kilowatt - hora de energía de base
Baja California	\$ 239.38	\$ 1.9573	\$ 0.9863	\$ 0.7750
Baja California Sur	\$ 230.07	\$ 1.5703	\$ 1.3688	\$ 0.9685
Central	\$ 165.88	\$ 1.8760	\$ 1.0923	\$ 0.9131
Noreste	\$ 152.52	\$ 1.7328	\$ 1.0140	\$ 0.8306
Noroeste	\$ 155.77	\$ 1.7429	\$ 1.0062	\$ 0.8430
Norte	\$ 153.26	\$ 1.7451	\$ 1.0238	\$ 0.8329
Peninsular	\$ 171.41	\$ 1.8351	\$ 1.0262	\$ 0.8452
Sur	\$ 165.88	\$ 1.8372	\$ 1.0437	\$ 0.8685

Fuente <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas.asp?Tarifa=HM&Anio=2011&mes=3>

Tabla N° 51 Factor de emisión de electricidad promedio

Año	Factor de emisión de electricidad promedio (ton CO2 eq /Mwh)
2000	0.6043
2001	0.6188
2002	0.6046
2003	0.608
2004	0.5484
2005	0.5557
2006	0.5283
2007	0.5208
2008	0.4698

Fuente: GEI México.

BIBLIOGRAFÍA

Hernández Goribar, E., (1973) Fundamentos de Aire acondicionado y refrigeración, Limusa México.

Burghadt, M. David., (1984) Ingeniería termodinámica (2ª edición) Harla, México.

Carrier Corporation. Carrier Air Condition Company (1987) Manual de aire acondicionado Mc GrawHill, Barcelona.

Faires, V.M (1982), Termodinámica, (2ª Edición) Limusa, México.

Fitzgerald, A.E (1994) Maquinas eléctricas (2ª Edición), Mc GrawHill, U.S.A.

Jennings Burgess H., (1970) Aire acondicionado y refrigeración Continental, México.

Páginas Web.

http://www.texsa.com/es/productos_general.asp?id=styrofoam_ib

<http://www.diexsa.com/PeliculasArquitectonicas/AhorrodeEnergiaControlSolar/Especificaciones.aspx>

<http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas.asp?Tarifa=HM&Anio=2011&mes=3>

<http://www.ceroco2.org/calcular/calculadora1/default.aspx>

<http://www.geimexico.org/inventario.html>