

“Ganancias térmicas aplicadas a un sistema de ventilación industrial”

AUTORES

Juan Carlos Puga Vásquez¹,
Francisco Andrade²

¹Ingeniero Mecánico en Termofluidos 2000.

²Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Profesor Escuela Superior Politécnica del Litoral, Msc. Rensselaer Polytechnic Institute USA.

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla una alternativa para el diseño y construcción de un sistema de climatización, a partir de un estudio de las ganancias térmicas para edificios industriales a nuestras latitudes logrando de esta manera el mejoramiento de las condiciones térmicas para ventilación de lugares o recintos con sustancias nocivas en el ambiente de trabajo, dirigido para los talleres de motores de la Armada Nacional.

INTRODUCCION

Al realizar una investigación de los libros guías que servían como base para la determinación de las ganancias térmicas presentes en un local y específicamente las producidas por la influencia solar sobre paredes de diferentes materiales, se pudo constatar que los datos servían únicamente para climas templados y con cuatro estaciones durante todo el año, lo cual no es aplicable en nuestro medio tropical y con solamente dos estaciones, generando resultados de ganancia térmica no reales y por lo tanto llevando a la selección errónea de equipos para climatización, produciendo gastos innecesarios, por lo que el presente trabajo en primer lugar realiza una explicación de los fundamentos teóricos y los datos ambientales predominantes en nuestro medio los que posteriormente servirán como base para la determinación de los tipos de ganancia térmica que influyen en diferentes tipos de edificios industriales.

Posteriormente, se determinarán los diferentes equipos de climatización que se deberán usar en una aplicación, así como los medios de control automático que regularán el uso y disminuirán el consumo de energía eléctrica permitiendo el ahorro tanto en el costo del equipo como en el gasto diario por el uso de los mismos.

CONTENIDO

1.1. - Concepto de Calor

La intensidad del calor en un cuerpo esta creado por ser dependiente sobre la violencia de esta perturbación molecular.

1.1.1. - Medida de Calor

En la medida de calor hay dos cantidades por ser consideradas, la intensidad de calor y la suma de calor.

1.2. - Concepto de Temperatura

La temperatura es una propiedad de la materia, cuya medición es una manifestación de la Energía Cinética molecular que tienen los cuerpos.

La temperatura ocasiona una variedad de efectos sobre los cuerpos los cuales están relacionados con las propiedades termodinámicas y son:

- Cambio en el estado físico.
- Cambio en el estado químico.
- Cambio en las dimensiones físicas.
- Cambio en las propiedades eléctricas.
- Cambio en las propiedades radiativas.

1.2.1. Medida de temperatura

La medida de temperatura está basada sobre una escala arbitraria que se estandarizó mediante comparación con algunos bien establecidos puntos de vista físicos.

1.3. Requisitos de Ventilación

La ventilación se define como: “ El proceso de suministrar y remover aire por medios naturales o mecánicos hacia o desde cualquier lugar, tal aire puede o no estar acondicionado”.

El requisito esencial en ventilación es reemplazar el aire contaminado y caliente, por aire fresco del exterior y evitar así el malestar debido a la humedad y a la alta temperatura. Para determinar la cantidad de la ventilación y el movimiento de aire requerido se tiene que tomar en cuenta los siguientes factores:

1. - Dimensiones del local o edificio;
2. - Número y tipo de los ocupantes y sus actividades;
3. - Aportación de calor de los equipos y por radiación solar;
4. - Humedad relativa;
5. - Temperatura del aire exterior y variación de la temperatura.

1.3.1. Velocidades de ventilación recomendadas

Una base para estimar la velocidad de renovación del aire es el número de veces, por hora, que el aire contenido en el edificio debe reemplazarse por aire fresco.

El procedimiento consiste en calcular el volumen interior total en m^3 y multiplicar éste por el número de renovaciones deseadas por hora.

Además se debe tomar en cuenta que cualquier forma de fuerza mecánica genera calor y también debe ser considerada, es por ello que es necesario tener en cuenta los incrementos de calor provenientes de las siguientes fuentes:

1. - El calor del cuerpo producido por los ocupantes
2. - Aparatos eléctricos, otras maquinas y procesos exotérmicos.
3. - Rayos solares transmitidos a través de paredes y techo.

1.3.3. Tipos de Ventilación

Los edificios industriales poseen diferentes tipos de sistemas de ventilación, el principal de ellos se produce cuando el aire entra a través de las ventanas abiertas y sale a través de claraboyas, ventiladores de techo, o de otras ventanas abiertas.

1.4 Ventiladores

Un ventilador se define como una maquina propulsora de aire en forma continua por acción aerodinámica. Un ventilador puede elevar la presión hasta 2 psi, mas allá de ésta hasta 10 psi se denominan sopladores y a mayores presiones, compresor.

Los ventiladores poseen curvas características de “Presión vs Caudal”, que definen su trabajo y las cuales al superponerse con la curva del sistema que se requiere, nos indicará eficiencia, potencia y caudal necesario para movilizar un ventilador en el mismo.

1.4.1 Tipos de ventiladores

Los ventiladores según el tipo se clasifican en:

1. - Centrífugos: Se denominan así los ventiladores en los cuales la corriente de aire se establece radialmente y se los utiliza en aplicaciones que requieran de alta resistencia y elevada presión, pero en contraste manejan bajos caudales de aire.
2. - Axiales: Se denominan así los ventiladores en los cuales la corriente de aire se establece axialmente y se los utiliza en aplicaciones de baja resistencia y poca presión, aunque pueden manejar grandes caudales.

1.4.2 Selección de un Ventilador

Los principales parámetros que se deben tomar en cuenta para la selección del ventilador mas adecuado, son la cantidad de flujo y la presión requerida en la aplicación, además se debe tomar muy en cuenta otros factores y consideraciones los cuales se indican a continuación:

1. - Sobre-dimensionamiento
2. - Velocidad de punta

- 3. - Operación silenciosa
- 4. - Eficiencia
- 5. - Características de construcción
- 6. - Costo

1.4.3 Rendimiento de un ventilador

Los ventiladores son diseñados para dar un cierto volumen de aire en contra de una resistencia, y su funcionamiento óptimo dependerá de su dimensión y velocidad.

Ciertas Leyes rigen el funcionamiento de los ventiladores que trabajan en un mismo punto.

Para un mismo diámetro de las aspas

- 1. - El flujo varía directamente con la velocidad de rotación del ventilador
- 2. - La presión desarrollada varía con el cuadrado de la velocidad de rotación del ventilador
- 3. - La potencia absorbida varía con el cubo de la velocidad de rotación del ventilador.

Para una misma velocidad de rotación

- 4. - El flujo varía con el cubo del diámetro de las aspas
- 5. - La presión desarrollada varía con el cuadrado del diámetro de las aspas.
- 6. - La potencia absorbida varía con el diámetro de los alabes a la quinta.

Sí varía la velocidad de rotación y el diámetro de las aspas

- 7. - El flujo desarrollado varía con la velocidad de rotación multiplicado con el cuadrado del diámetro de las aspas.
- 8. - La presión desarrollada varía con el cuadrado de la velocidad de rotación multiplicada por el cubo del diámetro de las aspas.
- 9. - La potencia absorbida varía con el cubo de la velocidad de rotación multiplicada por el diámetro de las aspas a la quinta.

1.5 Ductos

1.5.1 Flujo de aire en ductos

Cuando el aire se mueve en ductos, se requiere de cierta presión para dar comienzo y mantener el flujo, esta presión total se descompone en una presión estática y una presión dinámica. La presión estática es la requerida para superar la resistencia friccional del aire contra las superficies del ducto. La presión dinámica es la requerida para producir la velocidad del flujo.

1.6 Sistemas de Ventilación

La mayoría de edificios industriales requiere de aireación y esto se lo realiza por medio de ventiladores, los cuales en la mayoría de casos permitirá mantener el acondicionamiento de aire a un estándar satisfactorio y para ello podemos emplear tres procesos diferentes:

- * Extracción del aire
- * Suministro del aire
- * Una combinación de extracción e inyección.

Sistema de extracción.- es el más empleado por su simplicidad y economía. El aire interior es renovado, mediante la extracción del espacio ocupado produciendo la entrada de aire desde el exterior.

Sistema de suministro de aire por inyección.- El sistema de inyección es directamente opuesto al método de extracción.

Sistema combinado de extracción e inyección.- en este sistema se obtiene un completo control de ventilación y pueden tomar diversas formas, los ventiladores de entrada deberán ser seleccionados para dar un 20% mas de volumen que los de expulsión.

2. - ANALISIS DE GANANCIAS Y DIFERENCIAS DE TEMPERATURA

El primer análisis que se debe efectuar al realizar un cálculo de carga para un determinado proyecto comienza primero verificando las condiciones tanto de ubicación geográfica (latitud), del instante considerado (hora, mes) y finalmente, de su orientación, así como:

- Condiciones exteriores del proyecto
- Condiciones interiores del proyecto
- Correcciones de temperatura de acuerdo a la hora considerada.
- Correcciones de temperatura de acuerdo al mes considerado.
- Cálculo de las aportaciones solares a través de vidrio sencillo para nuestras Latitudes.
- Verificación de las aportaciones solares máximas a través de vidrio sencillo para Latitudes de 40° Norte, para muros (444 kcal/h.m²) y para techos (642 kcal/h.m²) tomadas como base de acuerdo a cálculos en los libros de Carrier
- Cálculo de la diferencia de temperatura para muros color oscuro a, 95°F(35°C) de temperatura exterior, 80.6°F(27°C) de temperatura interior y 18°F(10°C) de variación exterior en 24h mes de Enero y 0° de Latitud.
- Cálculo de la variación de temperatura exterior a las horas consideradas.

La aportación solar proporcionada a cualquier local viene dada por dos componentes de la ganancia solar, la radiación directa y la difusa. Un ejemplo de la aportación solar para el mes de Junio a nuestras latitudes se encuentra tabulados en la siguiente tabla:

Hipótesis que se consideraron para su construcción:

- * Una superficie cubierta por vidrio al 85%.
- * Atmósfera limpia
- * Altitud de 0 metros
- * Punto de rocío de 19.5°C al nivel del mar (35°C termómetro seco y 24°C termómetro húmedo)

TABLA 2
APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO
(KCAL/H X M2) 0° LATITUD SUR

EPOCA	ORIENTACION	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	N	0	122	176	200	211	217	222	217	211	200	176	122	0
	NE	0	322	423	417	360	267	143	54	38	35	29	16	0
	E	0	314	398	366	252	116	38	38	38	35	29	16	0
	SE	0	100	113	73	40	38	38	38	38	35	29	16	0
21-Jun	S	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	40	73	113	100	0
	O	0	16	29	35	38	38	38	116	252	366	398	314	0
	NO	0	16	29	35	38	54	143	267	360	417	483	322	0
	horizontal	0	75	235	398	518	588	612	588	518	398	235	75	0

FUENTE: Tomado del Manual de Aire Acondicionado de *CARRIER*

Si las condiciones del proyecto no cumplen con algunas de las hipótesis descritas anteriormente la tabla descrita deberá ser corregida por coeficientes de corrección. La radiación solar y la diferencia de temperatura exterior e interior son esencialmente variables en el transcurso del día, por lo que la intensidad de flujo a través de la estructura exterior es inestable.

Es por ello que se debe recurrir al término diferencia de temperatura la que se define como el "resultado del flujo calorífico total a través de la estructura originada por la radiación solar variable y la temperatura exterior"

La siguiente tabla de diferencia equivalente de temperatura se la ha calculado mediante el método de Schmidt y basado en las siguientes condiciones:

- Intensidad de la radiación solar en Julio y a 40° de latitud Norte.
- Intervalo de variación de 11°C de la temperatura seca exterior en 24 horas.
- Temperatura máxima exterior de 35°C y temperatura interior de proyecto 27°C; es decir, 8°C de diferencia.
- Un coeficiente de absorción de paredes y techos de 0.9. Este coeficiente de absorción es de 0.5 para las paredes de color claro y de 0.7 para las paredes de color medio.
- Las horas indicadas son horas Solares.

Como sabemos el método de Schmidt es un método gráfico que se utiliza para resolver los problemas de conducción de calor inestable y determina la distribución de temperatura y la rapidez de flujo de calor en el interior de la pared como una función del tiempo; su exactitud depende del número de aproximaciones usadas en la solución numérica.

Además se tomará en cuenta que las consideraciones variaran con respecto de las tablas base por lo cual se deberá utilizar la siguiente ecuación para la construcción de la tabla: donde:

$$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + b(R_s / R_m)(\Delta t_{em} - \Delta t_{es})$$

- Δt_e = diferencia equivalente de temperatura
- a = corrección de temperatura cuando la variación externa es distinta de 11°C al igual que la diferencia entre la interior y exterior es distinta a 8°C.
- Δt_{es} = diferencia de temperatura exterior a la sombra.
- b = coeficiente de color del muro
- R_s = aportación solar máxima del local
- R_m = aportación solar máxima a 40° de Latitud Norte
- Δt_{em} = diferencia de temperatura en el muro

TABLA 3
DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)

Valedero para muros de color oscuro, 35°C de temp. exterior, 27°C de temp interior, 10°C variación en 24h mes de Enero y 0° de Latitud sur

ORIENTACION	PESO DEL MURO kg/m2	HORA SOLAR										
		MAÑANA					TARDE					
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	100	11.53	12.12	12.59	10.22	7.72	7.31	6.92	7.47	8.10	8.06	8.03
	300	-0.87	2.79	12.59	11.64	10.65	8.16	5.65	6.28	6.92	7.43	8.03
	500	2.35	2.35	2.35	5.43	8.60	8.07	7.65	6.66	5.58	6.18	6.74
	700	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	5.43	7.57	8.63	7.65	6.66	5.58
E	100	15.73	17.26	18.84	18.43	17.05	10.95	6.92	7.47	8.10	8.06	8.03
	300	0.15	11.10	15.76	16.31	16.34	10.30	7.79	7.31	6.92	7.43	8.03
	500	3.38	4.41	7.57	10.65	12.71	13.30	12.78	10.77	9.77	8.79	7.76
	700	5.43	4.96	4.41	4.96	5.43	8.04	9.63	10.22	9.70	9.18	8.75
SE	100	6.87	10.07	13.62	14.32	15.00	14.03	13.07	10.64	9.13	8.53	8.03
	300	0.15	6.90	10.54	12.67	14.85	13.84	13.49	11.51	9.99	8.45	8.03
	500	3.38	3.38	3.38	5.99	8.60	9.10	9.70	10.30	9.77	9.26	7.76
	700	4.41	4.41	4.41	3.94	3.38	5.99	7.57	8.07	8.67	9.74	8.75
S	100	-1.90	0.65	2.24	7.61	11.83	14.59	16.24	15.30	14.26	11.14	9.05
	300	-1.90	-1.40	-0.84	3.91	6.55	10.77	12.93	13.56	14.10	12.65	11.11
	500	1.33	1.33	1.33	1.88	2.35	4.44	6.62	8.16	8.75	9.82	9.82
	700	3.38	2.91	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	3.97	5.51	7.13	7.72
SO	100	-1.90	-0.84	0.18	2.38	3.53	10.48	14.10	18.38	21.53	22.05	22.48
	300	0.15	0.18	0.18	0.73	1.33	4.52	6.77	13.00	17.27	18.81	19.41
	500	3.38	2.91	2.35	2.91	3.38	3.97	4.48	6.66	7.72	10.37	11.87
	700	4.41	4.41	4.41	3.94	3.38	3.38	3.38	3.97	4.48	5.08	5.58
O	100	-1.90	-0.84	0.18	1.92	3.53	7.87	11.02	17.35	21.53	24.10	25.66
	300	0.15	0.18	0.18	1.29	2.35	4.05	5.65	10.48	14.10	18.34	21.46
	500	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.97	4.48	5.54	6.69	9.26	10.84
	700	5.43	4.96	4.41	4.41	4.41	4.96	5.43	5.46	5.51	6.11	6.69
NO	100	-1.90	-0.84	0.18	1.92	3.53	5.73	6.92	10.64	13.23	17.85	21.46
	300	-1.90	-1.40	-0.84	0.27	1.33	3.49	4.63	5.73	6.92	11.62	16.33
	500	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.38	2.43	3.03	3.53	5.15	6.74
	700	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.41	3.45	4.55
N(En la sombra)	100	-1.90	-1.40	-1.40	0.80	2.50	4.70	5.80	7.00	8.10	7.50	7.00
	300	-1.90	-1.40	-1.40	-0.20	0.30	2.00	3.60	4.70	5.80	6.40	7.00
	500	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.80	1.40	2.00	2.50	3.10	3.10
	700	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.80	1.40	2.00	2.50

Luego se obtiene la diferencia de temperatura en las condiciones de Guayaquil de 27°C de temperatura exterior a la sombra y 27°C de temperatura interior y con una variación media de 10°C, en la época de mayor calor, para posteriormente calcular la ganancia térmica como podemos observar en el siguiente ejemplo

TABLA 4
EJEMPLO DE CALCULO DE GANANCIA TERMICA
(EN SISTEMA MÈTRICO)
12 horas Enero a 2°Sur, muro bloque macizo Oeste

	PARÁMETROS	DATOS	DIMENSIONES	REFERENCIA
	Temp exterior verano	27	°C	35-(27)=8 0°C
	Temp exterior invierno	35	°C	35-0=35
	Variación media	10	°C	
	Temp de confort	24	°C	35-24=11 3,25°C
	Peso de la pared	600	kg/m2	
a.	corrección	3.25	°C	
Ts	Dif. De Temp. en sombra	0.3	°C	
Tm	Dif. de Temp. en muro	3.9	°C	
Rs	aport. máx. en sitio	414	kcal/m2.h	
Rm	aport. máx a 40°lat. Norte	444	kcal/m2.h	
B	coef color muro	1	(oscuro =1, medio =0,78,claro =0,55)	
Te	$a+ts+b(Rs/Rm)(tm-ts)$	6.91		
U	Coef. de transmisión	0.87		Bloque Macizo
Q	Ganancia térmica por superf. (te x U)	6.04	kcal/m2.h	

En la siguiente tabla se desarrollarán la ganancia térmica para muros con bloques macizos.

TABLA 5
GANANCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE PARA PAREDES
CON BLOQUE MACIZO (KCAL/HR.M2)
Valedero para muros de color oscuro, 95°F(35°C)de temp. exterior, 80,6°F(27°C)de temp interior, 18°F(10°C) variación en 24h mes de Enero y 0° de Latitud sur

ORIENTACION	PESO DEL MURO		HORA SOLAR										
	ESPESOR	kg/m2	MAÑANA					TARDE					
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	200	425	4.69	5.87	14.44	18.11	21.85	18.91	16.10	15.20	14.18	15.50	16.85
	300	600	4.88	4.88	4.88	7.51	10.22	11.52	12.99	13.05	11.29	12.26	10.51
	400	846	5.43	5.43	5.43	2.47	0.57	4.60	9.89	13.25	12.05	9.22	6.22
E	200	425	5.06	16.14	24.84	29.80	32.83	28.40	25.46	22.10	20.30	19.31	18.34
	300	600	7.51	7.99	15.48	13.32	15.48	18.21	19.12	17.91	16.62	15.29	14.09
	400	846	9.11	7.06	2.76	1.06	0.15	5.52	9.64	12.92	12.69	12.40	12.46
SE	200	425	5.06	10.97	14.14	19.82	25.54	25.38	25.95	25.09	22.99	20.89	18.34
	300	600	6.64	6.64	6.64	8.47	10.22	12.88	14.65	15.68	15.74	16.21	14.09
	400	846	6.78	6.78	6.78	3.21	0.57	4.89	7.92	8.48	10.35	12.35	12.46
S	200	425	-0.27	-0.71	1.21	6.16	9.15	9.23	9.19	23.76	25.09	25.38	24.03
	300	600	4.01	3.61	3.14	3.61	4.01	5.79	7.65	3.57	12.17	14.46	14.97
	400	846	6.41	5.35	4.07	3.54	3.09	1.08	1.01	1.21	4.12	6.79	8.15
SO	200	425	5.06	4.41	3.59	4.89	6.09	9.75	12.46	21.09	26.38	34.04	34.28
	300	600	6.64	6.24	5.77	5.84	5.77	6.27	6.70	9.08	10.41	13.18	14.89
	400	846	6.78	7.23	7.77	6.17	4.44	3.87	3.38	2.64	2.77	1.59	1.29
O	200	425	1.36	5.08	5.08	6.04	6.99	9.33	11.47	17.25	22.10	29.54	34.58
	300	600	7.51	7.09	6.64	6.64	6.64	7.62	8.45	9.39	10.41	13.11	14.97
	400	846	9.11	7.32	6.78	6.78	6.78	7.48	8.06	7.11	6.10	5.01	4.82
NO	200	425	1.76	2.20	2.70	2.41	4.59	6.53	7.58	9.42	11.20	17.68	24.11
	300	600	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.91	4.95	5.49	5.96	7.85	9.64
	400	846	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43	5.40	5.36	4.85	4.47	4.27	3.88
N(En la sombra)	200	425	-1.22	-0.70	-0.70	0.27	0.70	2.92	5.18	7.01	8.72	10.12	10.64
	300	600	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.94	1.45	2.39	3.33	4.35	4.78
	400	846	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.09	0.67	0.10	0.78	1.57	2.71

3.- DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS SENSIBLES

3.1.- Control Automático

Los sistemas de control consisten de uno o más elementos primarios los cuales son sensibles a la temperatura, presión o humedad y ellos debido a elementos secundarios.

Los sistemas eléctricos ofrecen grandes posibilidades para ciertas aplicaciones al igual que el uso de controles eléctricos.

3.1.1 Elementos de control primario.- son los más importantes elementos de control de temperatura, los cuales tienen algunas formas

La lámina bimetálica consiste de dos láminas de metal, usualmente acero y latón, los cuales tienen diferentes coeficientes de expansión para que a pequeños cambios en la temperatura cause que la lámina cambie su forma.

3.1.2 Elemento de control secundario.- es un elemento que en el sistema eléctrico se determina por un motor eléctrico con herramientas constituidas para dar un alto torque y generando un pequeño movimiento.

3.2 Características de los controles

Un sistema de control puede funcionar de una manera de encendido – apagado o en una forma gradual.

La acción del control de encendido – apagado permite un control seguro para unas pocas aplicaciones.

Existen diversos métodos para los sistemas de control como son: El termostato Central, Cuarto individual de termostato, Control Central y Zonal.

3.3 Medidores de Temperatura

Los instrumentos de medida se fabrican de acuerdo a los cambios que se desea percibir para poder realizar las mediciones, entre las cuales se tiene:

3.3.1 Termómetros de vidrio.- posee un capilar que permite verificar que el cambio en las dimensiones se produzca en una sola dimensión,

3.3.2 Termómetros Bimetálicos.- son sensores que están compuestos de dos metales diferentes, con distintos coeficientes de dilatación lineal.

3.3.3 Termómetros de presión.- son instrumentos formados por un bulbo sensor, un capilar y un bourdon siendo muy utilizados en el ámbito industrial.

3.3.4 Medidores RTD.- Son sensores pasivos que cambian su resistencia cuando varía la temperatura, está producido por metales y se relacionan el cambio de resistencia y el cambio de temperatura en forma lineal.

3.3.5 Termistores.- son sensores pasivos que cambian su resistencia cuando cambia la temperatura pero su relación es del tipo exponencial.

3.3.6 Termopares.- son sensores activos porque sensan la generación de una fuerza electromotriz.

4.- DESCRIPCIÓN FÍSICA Y SITUACIÓN DE UBICACIÓN

La aplicación se la realizará en tres edificios industriales pertenecientes al Departamento de Maestría de Motores en la Base Naval Sur.

Edificio N°1

Taller de Maestría

Se compone de 9 secciones, la pared más larga se encuentra hacia el Noreste y sudeste, mientras que las más cortas hacia el sudeste.

Edificio N°2

Taller de Maestría N2

Se compone de 7 secciones, su pared más larga orientada hacia el Noreste y Sudoeste, mientras que la pared más corta hacia el Noroeste y Sudeste

Edificio N°3

Banco de Pruebas

Tiene su pared más larga hacia el Noroeste y Sudeste, mientras que las más cortas hacia el Noreste y Sudoeste y se compone de 3 secciones.

5. CALCULO DE CARGA TERMICA

5.1. Calor producido por los ocupantes

Los ocupantes generan calor y estas son diferentes en los distintos grados de ejercicio físico

5.2 Calor producido por los aparatos eléctricos

Los motores eléctricos y otros aparatos generan energía la se convierte directamente en calor y es parecida a la equivalente calorífica de la potencia absorbida por el motor a plena carga. El calor producido por lamparas y luminarias se indican en la siguiente tabla así como la de los aparatos eléctricos.

**TABLA 8
GANANCIA DEBIDAS AL ALUMBRADO**

TIPO	GANANCIAS SENSIBLES (kcal/h)
Fluorescente	Potencia útil vatios x 1.25 x 0.86
Incandescente	Potencia útil vatios x 0.86

FUENTE: Tomado del Manual de Aire Acondicionado de *CARRIER*

**TABLA 9
CALOR QUE DESPIDEN LOS MOTORES ELÉCTRICOS APROXIMADAMENTE**

POTENCIA DEL MOTOR	Kcal/h a PLENA CARGA		Kcal/h POR KILOVATIO	
	Emisión total	Pérdidas	Emisión total	Pérdidas
0.25 kW	335	135	1420	535
0.5 kW	670	200	1300	415
1 kW	1150	300	1150	300
5 kW	5230	1000	1050	200
25 kW	24500	3000	980	120
100 kW	94500	9400	945	95

FUENTE: Tomado del Manual de Aire Acondicionado de *CARRIER*

5.3. Radiación Solar

Las temperaturas interiores se elevan considerablemente por la acción solar transmitidas a través de las ventanas, paredes y tejados. Parte de ese calor volverá a la atmósfera pero parte penetrará en el interior de las paredes.

5.4. Cálculo de la ventilación basada sobre los incrementos de calor

Se debe realizar los cálculos en la pared que recibe más calor solar en los momentos más calurosas del día; es decir, cuando la diferencia de temperatura interior y exterior es mínima.

La ventilación necesaria para eliminar el calor, puede calcularse a partir del incremento total del calor en kcal/hora mediante la formula siguiente:

$$\frac{\text{Número de Kcal/hora}}{0.288 \times \text{elevación de temperatura en } ^\circ\text{C}}, = \text{Número de m}^3/\text{hora.}$$

5.5. Datos de Areas a climatizar

Edificio 1
Taller de Maestranza N1

Sección	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Area (m ²)	Volumen (m ³)	Renovación	Velocidad ventilación (m ³ /h)
1	51	13	10	663	6630	7	46410
2	12	8	4	96	384	4	1536
3	12	8	4	96	384	10	3840
4	14	8	4	112	448	6	2688
5	11	8	4	88	352	6	2112
6	12	12	5	144	720	7	5040
7	12	12	7	144	1008	10	10080
8	14	12	7	168	1176	9	10584
9	8	12	4	96	384	4	1536

Edificio 2
Taller de Montaje N2

Sección	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Area (m ²)	Volumen (m ³)	Renovación	Velocidad ventilación (m ³ /h)
1	24	13	10	312	3120	7	21840
2	6	9	4	54	216	5	1080
3	10	4.8	4	48	192	5	960
4	6	4.8	4	28.8	115.2	1	115.2
5	6	4.8	4	28.8	115.2	10	1152
6	7	4.8	4	33.6	134.4	2	268.8
7	11	4.8	4	52.8	211.2	2	422.4

Edificio 3
Banco de Pruebas

Sección	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Area (m ²)	Volumen (m ³)	Renovación	Velocidad ventilación (m ³ /h)
1	10.5	6.5	7.5	68.25	511.875	20	10237.5
2	6.2	2.5	2.5	15.5	38.75	6	232.5
3	4.3	2.5	2.5	10.75	26.875	7	188.125

Datos de coeficientes convectivos:

- h paredes de hormigón para espesor de 100 mm = 4.4 kcal/h.m²°C
- h techos de fibrocemento = 23.26 kcal/h.m²°C
- h paredes de hormigón para espesor de 300 mm = 2.6 kcal/h.m²°C
- h paredes compuestas (hormigón, aire, hormigón) = 2.35 kcal/h.m²°C

5.6. Cálculo de carga

Edificio N1

SISTEMA MÉTRICO							
Sección	Ganancia Solar Marzo 15h00	Maquinaria kcal/h	Alumbrado			Personal	Carga Total kcal/h
			Lámpara de Hg	Fluorescente	Incandescente		
1	188887	64140	10840	129	86	2828	266910
2	26851	1165		1032		2400	31448
3	26275			774		113	27162
4	30654	15490		860		504	47508
5	24371	34540		860		1260	61031
6	42923	15000	1935		172	1008	61038
7	42815			1032		1890	45737
8	49951	780		258		1890	52879
9	26702			516		226	27444

Edificio N2

SISTEMA MÉTRICO							
Sección	Ganancia Solar	Maquinaria kcal/h	Alumbrado			Personal	Carga Total kcal/h
			Lámpara de Hg	Fluorescente	Incandescente		
1	90739	52161	9288			7560	159748
2	15285	885		344		565	17079
3	15412			344		2260	18016
4	8855			258		588	9701
5	8855			344		784	9983
6	10330			344		1176	11850
7	16404			688		1960	19052

Edificio N3

SISTEMA MÉTRICO							
Sección	Ganancia Solar	Maquinaria kcal/h	Alumbrado			Personal	Carga Total kcal/h
			Lámpara de Hg	Fluorescente	Incandescente		

1	21747	20330	1290			1890	45257
2	4474	4500		129		678	9781
3	3506	7823		86		113	11528

6. DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

En el mercado nacional podemos encontrar diferentes modelos de ventiladores, luego de un minucioso análisis de los importadores de ventiladores se pudo observar que existen en el mercado ventiladores colombianos, ingleses, americanos y nacionales.

Selección de Ventiladores para los Edificios del Proyecto

Para la elección de un ventilador se requiere conocer aire que se debe remover el cual suele darse en renovaciones de aire por unidad de tiempo. Además se debe considerar la presión contra la que debe trabajar el ventilador diferenciando la presión estática y total, debe conocerse además las dimensiones y el tipo de conexiones existentes en el local, lo que facilitará la toma de decisiones.

EDIFICIO 1

Sección 1: La sección requiere mover 230610 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., podemos requerir de 08 extractores, tipo 2CC2 714-5YB6, los cuales se colocarán en la pared Noreste a una altura de 8 m., siendo sus dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	A	B	C	D	E	d
8	2CC1 714-5YB6	765	740	714	728	360	11.5

Tipo	R.p.m.	Diám mm	Caudal M ³ /s.	Potencia KW	Intensidad A	Peso Kg	Costo
2CC1 714-5YB6 trifásico	1800	710	8.37	3.58	7.0	46.0	\$620 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, siendo éste el elemento primario y como elemento secundario un motor eléctrico el cual encenderá los ventiladores dependiendo de la temperatura.

Sección 2: Se encuentra climatizada por 2 aires acondicionados de 18000 BTU.

Sección 3: Se requiere mover 23468 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	R.p. m.	Potencia	A	B	C	D	Costo
2	E-600-10H	1200	3/4	640	690	280	140	\$315 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 4: Se requiere mover 41047 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	R.p. m.	Potencia	A	B	C	D	Costo
3	E-670-7H	1200	1.5	710	760	290	150	\$350 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo, al igual que el anterior.

Sección 5: Se requiere mover 52731 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	R.p. m.	Potencia	A	B	C	D	Costo
2	E-775-10H	1200	4 HP	815	865	310	160	\$470 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 6: Se encuentra climatizada por dos plantas de aire acondicionado de 30000 BTU

Sección 7: Se requiere mover 39517 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	R.p. m.	Potencia	A	B	C	D	Costo
4	E-600-10H	1075	½ HP	640	690	280	140	\$315 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 8: Se requiere mover 45687 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	R.p. m.	Potencia	A	B	C	D	Costo
6	E-500-8H	1200	½ HP	540	590	250	120	\$242 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato de cuarto bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 9: Se requiere mover 23712 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	R.p. m.	Potencia	A	B	C	D	Costo
2	E-600-10H	1200	3/4 HP	640	690	280	140	\$315 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

EDIFICIO 2

Sección 1: Se requiere mover 138022 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	A	B	C	D	E	d
6	2CC2 654-5YB6	705	680	654	668	360	11.5

Tipo	R.p.m.	Diám mm	Caudal M ³ /s.	Potencia KW	Intensidad A	Peso Kg	Costo
2CC2 654-5YB6 trifásico	1800	650	6.40	1.8	6.0	35.5	\$520 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 2: Se encuentra climatizado con un aire acondicionado de 21000 BTU.

Sección 3: Se requiere mover 15566 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	A	B	C	D	E	F	d
3	2CC2 404-5YB6	515	490	402	412	145	205	10.5

Tipo	R.p.m.	Diám mm	Caudal M ³ /s.	Potencia KW	Intensidad A	Peso Kg	Costo
2CC2 404-5YB6 trifásico	1800	400	1.45	0.2	0.57	7.0	\$148 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 4: Se requiere mover 8382 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	A	B	C	D	E	F	d
2	2CC2 404-5YA3	515	490	402	412	145	234	10.5

Tipo	R.p.m.	Diám Mm	Caudal M ³ /s.	Potencia KW	Intensidad A	Peso Kg	Costo
2CC2 404-5YA3 monofásico	1800	400	1.45	0.22	3.2	8.0	\$159 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 5: Se requiere mover 8625 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	A	B	C	D	E	F	d
2	2CC2 404-5YA3	515	490	402	412	145	234	10.5

Tipo	R.p.m.	Diám mm	Caudal M ³ /s.	Potencia KW	Intensidad A	Peso Kg	Costo
2CC2 404-5YA3 monofásico	1800	400	1.45	0.22	3.2	8.0	\$159 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 6: Se requiere mover 10238 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	A	B	C	D	E	F	d
2	2CC2 404-5YA3	515	490	402	412	145	234	10.5

Tipo	R.p.m.	Diám mm	Caudal M ³ /s.	Potencia KW	Intensidad A	Peso Kg	Costo
2CC2 404-5YA3 monofásico	1800	400	1.45	0.22	3.2	8.0	\$159 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 7: Se requiere mover 16461 m³/h de aire y tiene una presión estática de 0 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	A	B	C	D	E	F	d
4	2CC2 404-5YA3	515	490	402	412	145	234	10.5

Tipo	R.p.m.	Diám mm	Caudal M ³ /s.	Potencia KW	Intensidad A	Peso Kg	Costo
2CC2 404-5YA3 monofásico	1800	400	1.45	0.22	3.2	8.0	\$159 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetalico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

EDIFICIO 3

Sección 1: Se requiere mover 39102 m³/h de aire y tiene una presión estática de 2 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	A	B	C	D	E	d
2	2CC2 654-5YB6	705	680	654	668	360	11.5

Tipo	R.p.m.	Diám mm	Caudal M ³ /s.	Potencia KW	Intensidad A	Peso Kg	Costo
2CC2 654-5YB6 trifásico	1800	650	6.4	1.8	6.0	35.5	\$520 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetálico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

Sección 2: Se encuentra climatizada por 2 aires acondicionados de 18000 BTU

Sección 3: Se requiere mover 9960 m³/h de aire y tiene una presión estática de 5 mm de C.A., siendo sus características y dimensiones las siguientes:

Cantidad	Tipo	A	B	C	D	E	d
1	2CC2 504-5YA3	554	528	503	517	300	9.5

Tipo	R.p.m.	Diám mm	Caudal M ³ /s.	Potencia KW	Intensidad A	Peso Kg	Costo
2CC2 504-5YA3 monofásico	1800	500	2.93	0.7	8.3	23.5	\$306 c/u.

Para el control automático se utilizará un termostato bimetálico, tipo eléctrico, al igual que el anterior.

CONCLUSIONES

- Los valores de ganancia térmica que se tabulan en los textos de ventilación y que han sido utilizados para el cálculo de un sistema de ventilación en nuestro país según se pudo comprobar y calcular son demasiado elevados en relación con los valores máximos calculados los cuales se analizaron a toda hora y ubicación solar a la latitud 0°.
- Las variaciones de ganancia térmica para techos de fibrocemento se mantienen iguales durante todos los meses del año, tomando valores positivos a partir de las 10h00, alcanzando un máximo a las 15h00.
- El valor negativo en las gráficas representa que se cede calor hacia el exterior, debido a que él fue almacenado durante el día anterior.
- En la pared Norte la máxima ganancia térmica se produce a las 16h00 habiendo comenzado a ingresar calor a partir de las 13h00, en paredes con mayores espesores se demorará un poco más.
- En la pared Noroeste las variaciones de ganancia térmica comienzan a diferenciarse a partir de las 13h00 para los distintos meses del año, produciendo su valor máximo a las 17h00 en el mes de Junio.
- En la pared Oeste las variaciones de ganancia térmica se estabilizan en todos los meses del año presentando el ingreso de calor hacia el interior a partir de las 13h00, produciendo un máximo a las 16h00 del mes de Marzo.
- En la pared Suroeste se presenta una mayor variación de la ganancia térmica a partir de las 12h00 en los diferentes meses del año, produciendo un valor máximo a las 16h00 del mes de Diciembre.
- En la pared Sur las variaciones de ganancia térmica se presentan desde las 08h00 en todos los meses, siendo su valor máximo a las 14h00 en el mes de Diciembre, y verificando que en la mayoría de las horas cede calor.
- En la pared Sureste las variaciones se presentan durante las horas de la mañana hasta las 13h00, luego de las cuales se estabiliza en todos los meses, obteniendo su valor máximo a las 10h00 del mes de Diciembre.
- En la pared Este se verifica una ligera variación en las horas de la mañana desde las 08h00 hasta las 11h00 en todos los meses del año, obteniendo su valor máximo a las 08h00 en el mes de Marzo, para luego verificar una ligera estabilidad durante las horas de la tarde.
- En la pared Noroeste se puede verificar una gran variación en los meses del año durante las horas de la mañana hasta las 13h00, para luego estabilizarse en el transcurso de la tarde, produciendo un valor máximo a las 09h00 del mes de Junio.

12. - Al realizar el análisis de ganancias térmicas en el Banco de Pruebas de motores donde sus paredes son compuestas se puede comprobar que la única diferencia que existe con los anteriores es que a mayor espesor, menor es el ingreso de aporte calorífico hacia el interior, siendo por el contrario un gran aislante térmico y sonoro de lo que se genera en su interior.
13. - La capacidad de trabajo del hombre y su salud pueden ser disminuidas debido a una ventilación defectuosa.
14. - La ventilación y la temperatura van íntimamente ligadas.
15. - A temperaturas altas la ventilación debe aliviar el calor, siendo imposible su eliminación.
16. - La disminución de temperatura hasta igualar a la temperatura a la sombra en el exterior es suficiente para reducir el calor del interior en una habitación.
17. - Al realizar un análisis entre diferentes textos de ventilación como por ejemplo, el manual de WOODS, los datos de ganancia térmica del Sol son proporcionados para una transmisión máxima en tiempo claro, con una temperatura interior igual a la exterior a la sombra, y a una Latitud de 20° Norte o Sur, mientras que en el manual de CARRIER los datos de ganancia térmica deben ser calculados ya que únicamente tienen tablas para transmisión máxima a 40° de Latitud Norte o Sur en el mes de Julio.
18. - Para techos de fibrocemento y para paredes de hormigón de 10 cm sin protección, la ganancia está en kcal/m².h, para la siguiente demostración:

	Manual WOODS	Manual CARRIER	Cálculos Realizados
Techo	375	490.8	273.7
Pared ESTE	122	31.7	7.7
Pared OESTE	122	78.3	52.5
Pared SURESTE	71	46.6	8.9
Pared SUROESTE	71	83.2	40.5
Pared NORESTE	71	31.7	7.7
Pared NOROESTE	71	46.6	18
Pared NORTE	14.4	29.5	7.5
Pared SUR	14.4	68.6	10.7

19. - En los Cálculos desarrollados se verificaron todas las condiciones máximas que existen en un día en particular y de acuerdo a su ubicación y hora, además de indicar el espesor de los techos y paredes, verificando que se produce una menor ganancia disminuyendo el equipo para ventilación.
20. - El cálculo de la influencia solar depende de muchos factores tales como:
 - La claridad de la atmósfera
 - La sombra de los árboles
 - El calor de las superficies externas
 - La velocidad del viento.
21. - Los ventiladores pequeños que giran a gran velocidad son más baratos que los grandes, para la misma función, pero también son más ruidosos.
22. - La ventilación natural no es satisfactoria a menos que las condiciones externas sean ideales.
23. - Para edificios de una sola planta el empleo de unidades de extracción en el techo es la solución más simple así como la que necesita menos capital para su instalación y funcionamiento, además con ello se evita toda interferencia con grúas puente o equipos similares.
24. - Los controles automáticos permitirán reducir los costos debido a que regulan el funcionamiento de los sistemas de ventilación obteniendo la máxima eficiencia.

REFERENCIAS

1. - PUGA J., "Ganancias Térmicas aplicadas a un Sistema de Ventilación Industrial" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000)
2. - WOODS, Guía Práctica de la Ventilación, Editorial Blume, Barcelona, 1970, 29-50.
3. - CARRIER, Manual del Aire Acondicionado, Marcombo S.A., Barcelona, 1987, 1-108.
4. - MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, Editorial Mc Graw-Hill, 1995, 14.55-14.58.
5. - SOMMTANG Y VAN WYLEN, Termodinámica Clásica y Estadística, Editorial Limusa, 1993, 103-106.
6. - INCROPERA, Introducción a la Transferencia de Calor, Mc Graw-Hill, 1968, 5.1-5.20.
7. - JORGENSEN R, Fan Engineering, Buffalo Forge Company, 6th edition, 1961, 85.
8. - ASHRAE, Guide and Data Book, Fundamentals and Equipment, 1965 – 1966, 359-412.

9. - PERRY, Chemical Engineering Handbook, Mc Graw Hill, 1972, 12.23 – 12.29; 22.34 – 22.37.
10. - ELONKA/ROBINSON, Operación de plantas industriales, Volumen II, Segunda Edición, , 172.
11. - ALLEN, WALKER AND JAMES, Heating and Air Conditioning, Limusa, 1975, 274 – 279, 384 – 401.
12. - CLIFFORD G., Heating, Ventilating and Air Conditioning, Limusa, 1975, 194.
13. - AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 12th edition, Lansing, Mich., 1971, 77 – 90.
14. - ENCARTA, Encyclopedia “Heating, Ventilating and Air Conditioning”, Microsoft Corporation, 1996, 58, 60.
15. - RAVEN, Automatic Control Engineering, Mc Graw-Hill, 28-35.
16. - LANGILL, Automatic Control System Engineering, Prentice-Hall, 40-42.
17. - DELTA DELFINI & CIA LTDA., Folleto sobre Características Técnicas, 1999.
18. - ACERO COMERCIAL ECUATORIANO, Folleto especificaciones Técnicas GP Fans, 1999.
19. - ANZOLA, Folleto de Extractores Axiales “DA”, Anzola S.A., 1999.
20. - SIEMENS, Folleto Ventiladores Axiales con elevado caudal de aire, Siemens, 1999.