



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE EN CUARTO DE
EMBOTELLADO DE BEBIDAS PREPARADAS, S. A.**

César Alesther Catún Puac

Asesorado por el Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga

Guatemala, septiembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE EN CUARTO DE
EMBOTELLADO DE BEBIDAS PREPARADAS, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CÉSAR ALESTHER CATÚN PUAC

ASESORADO POR EL ING. LUIS ALFREDO ASTURIAS ZÚÑIGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

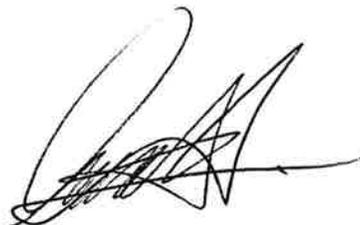
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE EN CUARTO DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS PREPARADAS, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 10 de marzo de 2010.



César Alesther Catún Puac

Guatemala, noviembre de 2011

Ingeniero

Julio César Campos Paiz

Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica

Facultad de ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Julio Campos:

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en sus actividades, hago de su conocimiento que el trabajo de graduación titulado **"REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE EN CUARTO DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS PREPARADAS, S.A."**, realizado por el señor César Alesther Catún Puac, identificado con el número de carnet 2002-12232, ha sido revisado y aprobado por mi persona.

Sin otro particular, se suscribe de usted.

Atentamente,


Ingeniero Luis Alfredo Asturias Zúñiga

Colegiado No. 2787

Ing. Luis A. Asturias Zúñiga
INGENIERO MECANICO
COL. 2787

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Coordinador del Área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE EN CUARTO DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS PREPARADAS, S. A., del estudiante César Alesther Catún Puac, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

**Ing. Alvaro Antonio Avila Pinzón
Coordinador de Área**



Guatemala, enero de 2011.

/behdei

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Diseño al Trabajo de Graduación titulado REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE EN CUARTO DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS PREPARADAS, S.A. del estudiante **César Alesther Catún Puac**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



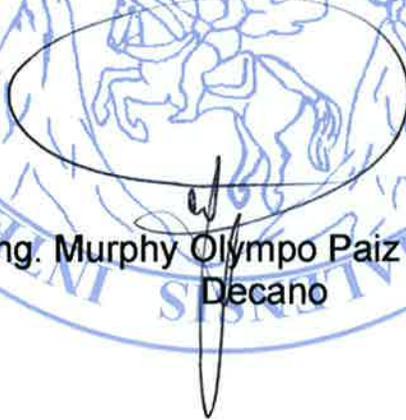
Guatemala, septiembre de 2012

JCCP/beldei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE EN CUARTO DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS PREPARADAS, S.A.**, presentado por el estudiante universitario César Alesther Catún Puac, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 27 de Septiembre de 2012



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por sus infinitas bendiciones que han iluminado mi vida y el camino que he decidido emprender.

Mis padres

César Catún y Elvia Puac, por brindarme la vida, ser guía en mi niñez y juventud, mi apoyo en todo momento, demostrándome su cariño y afán de progreso.

Mis hermanos, tíos y primos

Por ser parte de mi vida y llevo en el corazón.

Mis mejores amigos

Por compartir conmigo muchas facetas de la vida, estar en los momentos felices y difíciles, porque son personas invaluable y con orgullo puedo decir que son mis amigos.

Mis sobrinos y ahijados

Por ser personas especiales que llevo en el pensamiento y corazón, cuando llegaron a mi vida son la razón para dar lo mejor de mí.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres

César Catún y Elvia Puac, por la oportunidad, confianza y el apoyo brindado para terminar mis estudios universitarios. Les reconozco su esfuerzo con cariño.

Bebidas Preparadas S. A.

Por haberme dado la oportunidad de realizar mi práctica profesional y la confianza depositada que me ha servido de base para mi trabajo de graduación.

Mi asesor

Ing. Luis Asturias, por el apoyo brindado.

Escuela de Ingeniería Mecánica

Por haberme compartido sus conocimientos y formado para valerme como todo un profesional.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser la casa de estudios que agrega valor a mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Definición de proyecto	1
1.2. Identificación de la necesidad del proyecto	1
1.3. Antecedentes del sistema en funcionamiento actual	2
2. CONCEPTOS BÁSICOS	5
2.1. Propiedades y composición del aire	5
2.1.1. Expansión del aire	6
2.1.2. Contracción del aire	6
2.1.3. Fluidez del aire	7
2.1.4. Presión atmosférica	8
2.1.5. Volumen	9
2.1.6. Densidad	10
2.1.7. Viscosidad	11
2.1.8. Psicrometría	13
2.1.8.1. Psicrómetro	16
2.1.9. Escala de Beaufort	17
2.2. Presión	20
2.2.1. Presión estática	21

2.2.2.	Presión dinámica	21
2.2.3.	Presión total	21
2.2.4.	Presión absoluta	21
2.2.5.	Presión atmosférica	22
2.2.6.	Presión manométrica	22
2.2.7.	Columna de agua	22
2.3.	Sistemas de inyección de aire	23
2.3.1.	Sistema de inyección de aire filtrado	24
2.3.2.	Sistema de inyección de aire por enfriamiento y deshumectación	24
2.3.3.	Sistema de inyección de aire con calentamiento	25
2.3.4.	Sistema de circulación de aire	25
2.4.	Tipos de motores con impulsores de aire	26
2.4.1.	Principios básicos de mecánica de fluidos	26
2.4.1.1.	Teorema de Bernoulli	27
2.4.1.2.	Caudal	27
2.4.1.3.	Curva característica	27
2.4.2.	Clasificación de ventiladores por su función	28
2.4.2.1.	Ventiladores axiales	28
2.4.2.2.	Ventiladores centrífugos	30
2.5.	Sistemas para tratamiento y purificación de aire	32
2.5.1.	Desinfección por radiación	33
2.5.2.	Desinfección por captación de partículas	33
2.5.2.1.	Los plenum	34
2.5.2.2.	Filtración de aire con flujo laminar	34
2.5.2.3.	Clases de pureza de aire	35
2.6.	Filtros para etapas primarias	36
2.7.	Filtros purificadores	36

2.7.1.	Filtración HEPA	36
2.7.2.	Filtración con carbón activo	38
2.7.3.	Filtración HVAC	38
2.7.4.	Filtración e irradiación	39
2.8.	Tipos de ductos y difusores	39
2.9.	Propiedades de los materiales para ductos	40
2.10.	Ductos rectos	42
2.11.	Ductos redondos	42
2.12.	Renovación de aire	42
2.13.	Instrumentos de medición	44
3.	MÉTODOS DE CÁLCULO Y DISEÑO PARA SISTEMAS DE INYECCIÓN DE AIRE	45
3.1.	Métodos numéricos	50
3.1.1.	Método de pérdida de carga constante	51
3.1.2.	Método de recuperación estática	53
3.1.3.	Método indirecto de caudal de aire exterior por persona	53
3.1.4.	Método considerando los tipos de intercambios de aire	55
3.1.4.1.	La ventilación forzada	56
3.1.4.2.	La ventilación natural	56
3.1.4.3.	Infiltración	57
3.1.5.	Método considerando ventilación y cargas térmicas	57
3.1.6.	Método de ventilación por calidad de aire	59
3.2.	Métodos computarizados y simuladores	61
3.2.1.	Programa Predise	61
3.2.2.	Calculair de Saunier Duval	78

3.3.	Criterios para diseño de sistemas de inyección de aire	79
3.3.1.	Elección del sistema idóneo	79
3.3.2.	Determinación de la masa de aire determinada	79
3.3.3.	Determinar la posibilidad de la descarga libre	79
3.3.4.	Consulta de catálogo de ventiladores	80
3.3.5.	Selección de ventilador	80
4.	MEMORIA DE CÁLCULO Y REDISEÑO DEL SISTEMA	83
4.1.	Planteamiento y datos	83
4.2.	Cálculo y determinación de valores	84
4.3.	Análisis de materiales e infraestructura	95
5.	ESTUDIO DE INVERSIÓN ECONÓMICA	97
5.1.	Análisis de costos por inversión	97
5.2.	Proyección de utilidad	97
5.2.1.	Relación costo beneficio	98
5.2.2.	Decisión de inversión	98
5.2.3.	Tasa de descuento	98
5.3.	Gráficas	99
5.3.1.	Inyector de aire	99
5.3.2.	Elementos para tratamiento de aire	102
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	107
	BIBLIOGRAFÍA	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Deformación de un sólido por aplicación de una fuerza tangencial	11
2.	Composición de aires reales	14
3.	Diagrama Psicrométrico	15
4.	Estructura del diagrama Psicrométrico	16
5.	Psicrómetro	17
6.	Curva característica presión-caudal	28
7.	Tipos de ventiladores axiales	29
8.	Tipos de ventiladores centrífugos	31
9.	Tipos de filtros y diámetros de partículas	37
10.	Pantalla principal con menús emergentes del Predise V1.0	64
11.	Edición de datos geográficos (izquierda) y meteorológicos (derecha)	65
12.	Edición de datos del edificio	66
13.	Edición de ganancias internas	67
14.	Temperatura media interior, salto térmico, fracción solar	68
15.	Pantalla desplegada de proceso de optimización del diseño	70
16.	Gráfica de la temperatura media interior versus espesor de paredes	71
17.	Pantalla de selección del espesor y aislación térmica	72
18.	Gráfica de la temperatura media interior versus número de renovaciones por hora	73
19.	Gráfica de la temperatura media interior versus área de colección de radiación solar	75
20.	Submenú de reporte (arriba) y vista de editor de texto (abajo)	76
21.	Barra de herramientas de Predise V1.0	77

22.	Recinto para rediseño del sistema de ventilación Bepresa	84
23.	Rediseño propuesto para sistema de ventilación Bepresa	91
24.	Esterilizador por luz ultravioleta para aire	92
25.	Ventilador modelo DA 10/10	100
26.	Curva característica de ventilador VA 10/10	101
27.	Curva y características de pre filtro de aire	102
28.	Curva y características de filtro de bolsa	103

TABLAS

I.	Composición del aire	6
II.	Tabla Beaufort	19
III.	Tabla de conversión entre distintas unidades de presión	23
IV.	Longitudes de onda en luz ultravioleta	33
V.	Resumen de categorías por captación de partículas	35
VI.	Velocidad aconsejable en ductos de aire por nivel de ruido	52
VII.	Densidades de ocupación por persona	54
VIII.	Relación de velocidades respecto al diferencial de presión	80
IX.	Presiones dinámicas	81
X.	Determinación de renovación de aire en locales habitadas	88

GLOSARIO

Aire de renovación	Término empleado en ventilación para indicar el volumen de aire exterior que, de forma controlada es introducido en un recinto para sustituir el aire extraído.
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.
Calor latente	Cantidad de calor necesaria para cambiar el estado de un cuerpo sin alterar su temperatura.
Calor sensible	Es el calor que cede o absorbe un cuerpo sin cambiar de estado. Éste puede ser medible.
Carta psicrométrica	Gráfica que representa las propiedades del aire atmosférico.
Dámper	Mecanismo para regular flujo de aire en un ducto o un recinto.
Filtro de aire	Depurador destinado a separar del aire atmosférico pequeñas partículas antes de ser introducido al recinto.

HEPA	High Efficiency Particulate Air. Filtro de aire de alta eficiencia que satisface un estándar.
Humedad absoluta	Peso de vapor de agua por unidad de volumen, gramos por centímetro cuadrado.
Humedad relativa	Cociente entre la presión parcial del vapor de agua en un espacio y la presión de saturación del agua pura, a la misma temperatura.
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning.
InH₂O	Unidad de presión igual a la presión ejercida por una columna de agua de una pulgada de altura a temperatura estándar. Equivalente a 0,3612 psi.
Inocuidad	Término utilizado en alimentos por ser incapaz de hacer daño.
MERV	Mínimum Efficiency Reporting Value.
Milímetro de columna de agua	Unidad de presión igual a la presión ejercida en el sistema internacional. Un mm.c.a. Equivale a 1Kg/m ² .

Presión dinámica	Presión cinética en la dirección del flujo, que es necesaria para hacer que un fluido en reposo fluya a una determinada velocidad. Se expresa en InH ₂ O.
Presión estática	Presión potencial ejercida en todas direcciones, por un fluido en reposo. Para un fluido en movimiento se mide en dirección perpendicular a la del flujo. Normalmente, se expresa cuando se trata de aire en InH ₂ O.
Pérdida de carga	Caída de presión en un fluido desde un punto de una tubería o ducto a otro, debido a las pérdidas por rozamiento.
Punto de rocío	Temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua en el aire y produce rocío.
Presión total	Suma algebraica de las presiones estática y dinámica con especial atención al signo.
Recinto	Espacio comprendido dentro de ciertos límites y para el cual se hará el cálculo de ventilación.
Temperatura de bulbo húmedo	Valor indicado por un termómetro cuyo bulbo se halla envuelto por un trozo de tela empapado y ventilado.

**Temperatura de bulbo
seco**

Valor encontrado en el ambiente al medir con un termómetro convencional de mercurio.

RESUMEN

En un mundo donde la demanda, por parte de los clientes de entregas oportunas de productos de alta calidad, ha obligado a mejorar cada vez y cumplir los estándares de calidad solicitados en las plantas de producción para la satisfacción del consumidor de un determinado producto. Esta búsqueda de mejora continua ha dado lugar a investigaciones e inversiones para lograr cumplir los objetivos trazados al momento de producir razón por la cual se hace mención del término inocuidad en una planta de alimentos. Un alimento es inocuo cuando se encuentra bajo condiciones seguras garantizándole al consumidor que no le hace, ni le hará daño.

En el tema de inocuidad existen dos sistemas de aseguramiento de calidad, donde una de ellas es el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura que ayuda a la obtención de productos seguros para el consumo humano por medio de la higiene y la forma de manipulación. El otro sistema es el cuidado en las materias primas y el almacenamiento en lugares donde las condiciones sean apropiadas que aseguren contra contaminantes.

Al considerar posibles contaminantes ambientales en el aire, surge la propuesta para un sistema de tratamiento. Éste utiliza aire del ambiente del cual se encuentra rodeado, es filtrado por una serie de elementos retenedores de partículas suspendidas no deseadas y luego el aire tratado es sometido a radiación ultravioleta para esterilizar posibles organismos microscópicos suspendidos en el aire.

Dicho sistema es considerado amigable con el ambiente, ya que utiliza los recursos encontrados sin utilización de químicos o gases refrigerantes para generar un cambio en la temperatura en un área confinada. Es por ello que se hace énfasis en los materiales de utilización, ya que son parte importante en el logro del objetivo.

Al pasar el tiempo la implementación de sistemas o mejoramiento de los ya existentes buscan mejorar un proceso respecto su eficacia o eficiencia, pero también, se está incluyendo el concepto que sea amigable con el ambiente.

OBJETIVOS

General

Rediseñar un sistema de inyección de aire de un cuarto de embotellado que sea funcional y de alta eficiencia, el cual asegurará que el aire en dicho recinto sea inocuo al momento de ingresar al recinto.

Específicos

1. Adquirir experiencia mediante el uso de tecnologías modernas e implementación de conceptos innovadores para solución de problemas en la industria.
2. Aplicar conocimientos de ingeniería requeridos para ofrecer una solución que cubra la necesidad de la empresa en cuanto a la eficiencia de inyección de aire respecta.
3. Implementar un sistema seguro, de fácil mantenimiento y eficaz y amigable con el ambiente.
4. Realizar una guía para rediseño que facilite la implementación de criterios para sistemas de inyección de aire.
5. Proporcionar la información bibliográfica necesaria a consultores e investigadores que tengan interés en el tema.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio propone un rediseño del sistema de inyección de aire de un área confinada para formar una barrera física y disipar de mejor forma los gases que se generan controlando la humedad. Existe un sistema trabajando actualmente, pero no satisface las necesidades como estándar de calidad, por el cual se plantea esta propuesta.

Este trabajo es elaborado bajo el consentimiento de la empresa: Bebidas Preparadas, S.A, quien por medio de un rediseño del sistema ofrece un adecuado funcionamiento, volviéndolo eficiente, brindando confort, y asegura un área por medio de una barrera física contra partículas contaminantes, que son un peligro para el producto que es envasado dentro de esa área confinada.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Definición de proyecto

Bebidas Preparadas es una empresa que produce y distribuye agua purificada desde 1994. Esta empresa tiene un alto compromiso por ofrecer productos de calidad para la satisfacción garantizada del cliente.

Es por ello que en su proceso de purificación, que comienza desde la extracción de agua del pozo, cloración para desinfección microbiológica, filtración para retención de partículas, paso por osmosis inversa para purificar el agua, eliminación de olores y sabores por carbón activo, exposición del agua por luz ultravioleta y utilización de ozono que es un tratamiento complejo para desinfección y aseguramiento de inocuidad del producto.

El ambiente es un factor importante que suma a las garantías de la calidad y la inocuidad del envasado del producto. Es por ello que se debe tener un área específica con superficies limpias, libres de grasa, polvo, olores nocivos y contaminantes que son transportados por el aire del ambiente y del área en donde se encuentre la planta de producción.

1.2. Identificación de la necesidad del proyecto

En la preparación y envasado de productos alimenticios se requiere una serie de cuidados en todos los procesos, debiéndose mantener un riguroso control de calidad desde las materias primas, recurso humano hasta el

mobiliario y equipo para lograr productos que cumplan con los requisitos sanitarios y mantener una estándar de producción.

En materias primas es muy importante saber y conocer la procedencia del producto a tratar así como de capacitar y controlar todos los aspectos con el recurso humano debido a que son ellos los que interactúan con el producto directamente. Un descuido podría incurrir en una producción defectuosa o contaminada por mala manipulación, poniendo en riesgo la salud del consumidor si no fuera detectado el error previo a la salida de dicho producto.

En el mobiliario y equipo se debe tomar en cuenta superficies fáciles de limpiar y establecer una programación regular de limpieza, con el objetivo de disminuir la probabilidad de contaminación de un producto por suciedad acumulada en los ambientes. Es importante contar con un sistema de ventilación que brinde aire limpio libre de polvo, smog, partículas dañinas que son transportadas aeróbicamente, y que ponen en riesgo cualquier alimento que pueda estar expuesto directa o indirectamente.

1.3. Antecedentes del sistema en funcionamiento actual

El sistema de inyección de aire filtrado que trabaja actualmente, abastece un área de cincuenta y tres metros cuadrados, con aire que sirve para disipar el gas ozono que emana del llenado de producto hacia los envases por medio del proceso de evaporación. Este sistema busca esparcir y disminuir la concentración de dicho gas, que en altas concentraciones, es dañino para la salud y se mantiene dentro del cuarto.

Las distintas partes que componen este sistema cuenta con una cubierta externa de material pre filtrante cuya función es retener partículas de polvo, polen, hollín que son transportadas por el viento y tienen un tamaño máximo de 50 micrones quedando atrapado en la estructura del material, luego está el mecanismo que añade energía al aire a través de un motor que impulsa el aire por medio de un rodete tipo jaula de ardilla haciéndolo pasar por un filtro que está cargado electrostáticamente para retener partículas inferiores a 10 micrones, y a la vez asegura un aire libre de gran parte de impurezas que es conducido por ductos desde el exterior hasta el interior del cuarto de embotellado y es distribuido por dos rejillas difusoras.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1. Propiedades y composición del aire

Se denomina aire a la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre, es esencial para la vida en el planeta, es particularmente delicado y está compuesto en proporciones ligeramente variables por sustancias tales como: el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (variable entre 0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y algunos gases nobles como el criptón o el argón, es decir, 1% de otras sustancias, entre las propiedades o características se mencionan algunas que ayudarán a encontrar mejores oportunidades en su uso y adecuación. El aire limpio y puro forma una capa de aproximadamente 500 000 millones de toneladas que rodea la Tierra, su composición se describe en la tabla I.

Se hará mención de algunas propiedades del aire que son necesarias para aprovechar ciertos principios como lo son: la expansión, contracción, fluidez, presión atmosférica, viscosidad, volumen, densidad. Se hará mención de la psicrometría debido a que el aire posee propiedades termodinámicas, respecto a la humedad que posee.

También será mencionado como referencia la escala de Beaufort como criterio empírico debido al ambiente en que se encuentra.

Tabla I. **Composición del aire**

Componente		Concentración aproximada
1.	Nitrógeno (N)	78.03% en volumen
•	Oxígeno (O)	20.99% en volumen
•	Dióxido de Carbono (CO ₂)	0.03% en volumen
•	Argón (Ar)	0.94% en volumen
•	Neón (Ne)	0.00123% en volumen
•	Helio (He)	0.0004% en volumen
•	Criptón (Kr)	0.00005% en volumen
•	Xenón (Xe)	0.000006% en volumen
•	Hidrógeno (H)	0.01% en volumen
•	Metano (CH ₄)	0.0002% en volumen
•	Óxido nítrico (N ₂ O)	0.00005% en volumen
•	Vapor de Agua (H ₂ O)	Variable
•	Ozono (O ₃)	Variable
•	Partículas	Variable

Fuente: WALES, Jimmy. <http://www.monografias.com/trabajos/aire/aire.shtml>.

Consulta: 13 de marzo de 2010.

2.1.1. **Expansión del aire**

Es el diferencial positivo del volumen de una masa específica, donde la temperatura o la presión tuvieron un aumento significativo, en cualquiera de los dos casos la otra variable, también sufre un incremento, va relacionada directamente con el aumento de calor.

2.1.2. **Contracción del aire**

Es el diferencial negativo del volumen de una masa específica, donde la temperatura o la presión tuvieron una disminución significativa, en cualquiera de

los dos casos la otra variable también sufre una disminución, va relacionada directamente con el descenso de calor, la contracción es el inverso de una expansión.

2.1.3. Fluidez del aire

El movimiento de los gases y los líquidos puede estudiarse en forma aproximada mediante las ecuaciones de la dinámica de fluidos bajo la hipótesis del medio continuo. Sin embargo, para que dicha hipótesis sea válida, el recorrido libre promedio de las moléculas que constituyen dichos materiales, debe ser mucho menor que una longitud característica del sistema físico en el que se encuentra el gas o el líquido en cuestión. De esta forma, las variables de estado del material, tales como la presión, la densidad y la velocidad podrán ser consideradas como funciones continuas del espacio y del tiempo, conduciendo naturalmente a la descripción del material como un medio continuo.

Al dividir la longitud del recorrido libre promedio de las moléculas por la longitud característica del sistema, se obtiene un número adimensional denominado número de Knudsen. Calculando el número de Knudsen es fácil saber cuándo puede describirse el comportamiento de líquidos y gases mediante las ecuaciones de la dinámica de los fluidos. En efecto, si el número de Knudsen es menor a la unidad, la hipótesis del continuo podrá ser aplicada; si el número de Knudsen es similar a la unidad o mayor, deberá recurrirse a las ecuaciones de la mecánica estadística para describir el comportamiento del sistema.

Cuando el número de Knudsen es similar o mayor a la unidad, el recorrido libre promedio de las moléculas es del mismo tamaño (aproximadamente), que el sistema físico que contiene al material. En estas circunstancias, dada una

región del espacio del tamaño de la longitud característica, sólo ocasionalmente pasará una molécula por dicha región. Es por ello que la región de números de Knudsen cercanos o mayores a la unidad se denomina también región de gases rarificados.

El número de Knudsen (Kn) es un número adimensional definido como la proporción entre la longitud camino libre promedio molecular y una escala de longitud física representativa.

Se define como:

$$\text{Kn} = \frac{k_B T}{1,41 \sigma^2 PL}$$

Donde:

- T = temperatura (K)
- k_B = Constante de Boltzmann
- P = presión total (Pa)
- σ = diámetro (m)
- Kn = número Knudsen
- L = Representante longitud de la escala física

2.1.4. Presión atmosférica

Es la presión ejercida por el aire atmosférico en cualquier punto de la atmósfera, normalmente se refiere a la presión atmosférica terrestre, pero el término es generalizable a la atmósfera de cualquier planeta o satélite.

La presión atmosférica en un punto representa el peso de una columna de aire, de área de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera, como la densidad del aire disminuye cuando se eleva, no se puede calcular ese peso a menos que se tenga la capacidad de expresar la densidad del aire ρ en función de la altitud z o de la presión p , por ello, no resulta fácil hacer un cálculo exacto de la presión atmosférica sobre la superficie terrestre. En un lugar determinado experimenta variaciones asociadas con los cambios meteorológicos, por otra parte, cuando se eleva la presión atmosférica decrece a razón de 1 mmHg o Torr por cada 10 m de elevación en los niveles próximos al del mar, en la práctica se utilizan unos instrumentos, llamados altímetros, que son simples barómetros aneroides calibrados en alturas; estos instrumentos no son muy precisos.

La presión atmosférica estándar, 1 atmósfera, fue definida como la presión atmosférica media al nivel del mar que se adoptó, exactamente como 101 325 Pa o 760 Torr; sin embargo, a partir de 1982, la IUPAC recomendó que para propósitos de especificar las propiedades físicas de las sustancias el estándar de presión debía definirse exactamente como 100 KPa o ($\approx 750,062$ Torr), aparte de ser un número redondo, este cambio tiene una ventaja práctica porque 100 KPa equivalen a una altitud aproximada de 112 metros, que está cercana al promedio de 194 m de la población mundial.

2.1.5. Volumen

El volumen es una magnitud definida como el espacio ocupado por un cuerpo. Es una función derivada, ya que se encuentra multiplicando las tres dimensiones.

En matemáticas, el volumen es una medida que se define como los demás conceptos métricos a partir de una distancia o tensor métrico.

En física, el volumen es una magnitud física extensiva asociada a la propiedad de los cuerpos físicos de ser extensos, que a su vez se debe al principio de exclusión de Pauli.

La unidad de medida de volumen en el Sistema Internacional de Unidades es el metro cúbico, aunque temporalmente, también acepta el litro, que se utiliza comúnmente en la vida práctica.

2.1.6. Densidad

La densidad o densidad absoluta es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m^3), aunque frecuentemente se expresa en g/cm^3 . La densidad es una magnitud intensiva.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

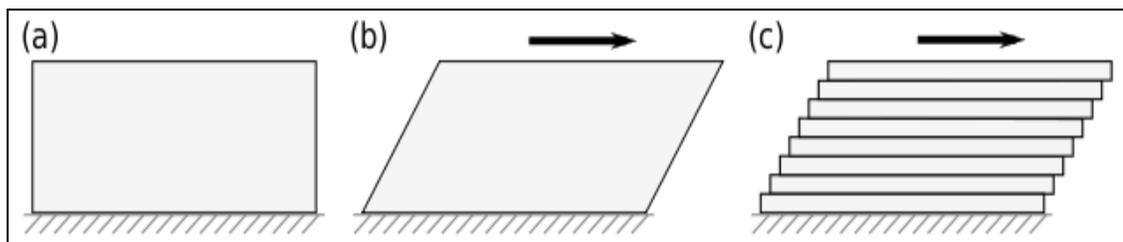
- ρ = densidad
- m = masa
- V = volumen del determinado cuerpo

2.1.7. Viscosidad

Al imaginar un bloque sólido (no fluido) sometido a una fuerza tangencial (por ejemplo: una goma de borrar sobre la que se sitúa la palma de la mano que empuja en dirección paralela a la mesa.) En este caso, el material sólido opone una resistencia a la fuerza aplicada, pero se deforma (b), tanto más cuanto menor sea su rigidez.

Al suponer que la goma de borrar está formada por delgadas capas unas sobre otras, el resultado de la deformación es el desplazamiento relativo de unas capas respecto de las adyacentes, tal como muestra la figura (c).

Figura 1. **Deformación de un sólido por aplicación de una fuerza tangencial**



Fuente: WALES, Jimmy. <http://es.wikipedia.org/wiki/Viscosidad>. Consulta: 13 de marzo de 2010.

En los líquidos, el pequeño rozamiento existente entre capas adyacentes se denomina viscosidad, es su pequeña magnitud la que le confiere al fluido sus peculiares características; así, por ejemplo, si se arrastra la superficie de un líquido con la palma de la mano como se hizo con la goma de borrar, las capas inferiores no se moverán o lo harán mucho más lentamente que la superficie, ya que son arrastradas por efecto de la pequeña resistencia tangencial, mientras que las capas superiores fluyen con facilidad. Igualmente, se revuelve con una

cuchara un recipiente grande con agua en el que se han depositado pequeños trozos de corcho, observaremos que al revolver en el centro, también se mueve la periferia y al revolver en la periferia, también dan vueltas los trocitos de corcho del centro; de nuevo, las capas cilíndricas de agua se mueven por efecto de la viscosidad, disminuyendo su velocidad a medida que se aleja de la cuchara.

Ejemplo de la viscosidad de la leche y el agua: líquidos con altas viscosidades no forman salpicaduras.

Cabe señalar que la viscosidad sólo se manifiesta en fluidos en movimiento, ya que cuando el fluido está en reposo adopta una forma tal, en la que no actúan las fuerzas tangenciales que no puede resistir, es por ello por lo que llenado un recipiente con un líquido, la superficie del mismo permanece plana, es decir, perpendicular a la única fuerza que actúa en ese momento, la gravedad, sin existir por tanto componente tangencial alguna.

Si la viscosidad fuera muy grande, el rozamiento entre capas adyacentes lo sería también, lo que significa que éstas no podrían moverse unas respecto de otras o lo harían muy poco, es decir, se estaría ante un sólido, si por el contrario la viscosidad fuera cero, quedaría ante un superfluido que presenta propiedades notables como escapar de los recipientes, aunque no estén llenos, la viscosidad es característica de todos los fluidos, tanto líquidos como gases, si bien, en este último caso su efecto suele ser despreciable, están más cerca de ser fluidos ideales.

2.1.8. Psicrometría

Psicrometría es una rama de la ciencia que estudia las propiedades termodinámicas del aire húmedo, aire seco, el efecto de la humedad atmosférica en los materiales y sobre el confort humano.

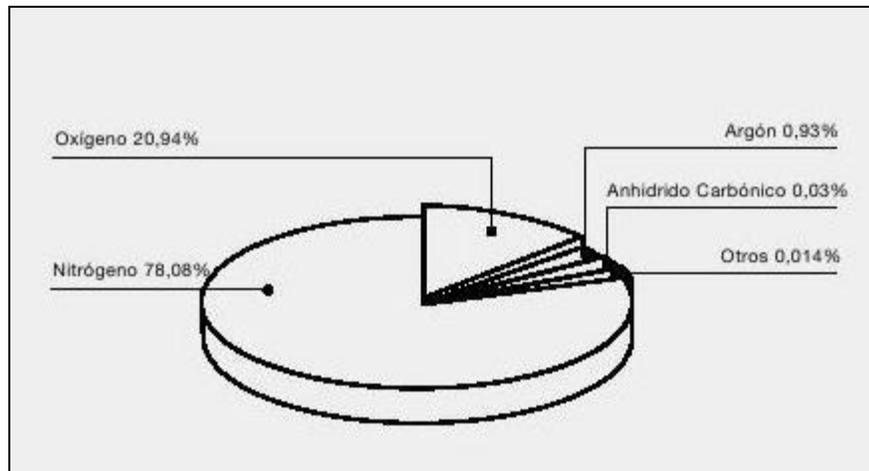
Este aire, conocido como aire húmedo está constituido por una mezcla de aire seco y vapor de agua.

El aire seco es una mezcla de varios gases, siendo la composición general la siguiente:

Donde:

- Nitrógeno: 77%
- Oxígeno: 22%
- Dióxido de carbono y otros gases: 1%

Figura 2. **Composición de aires reales**



Fuente: Manual práctico de ventilación Soler & Palau. p.5.

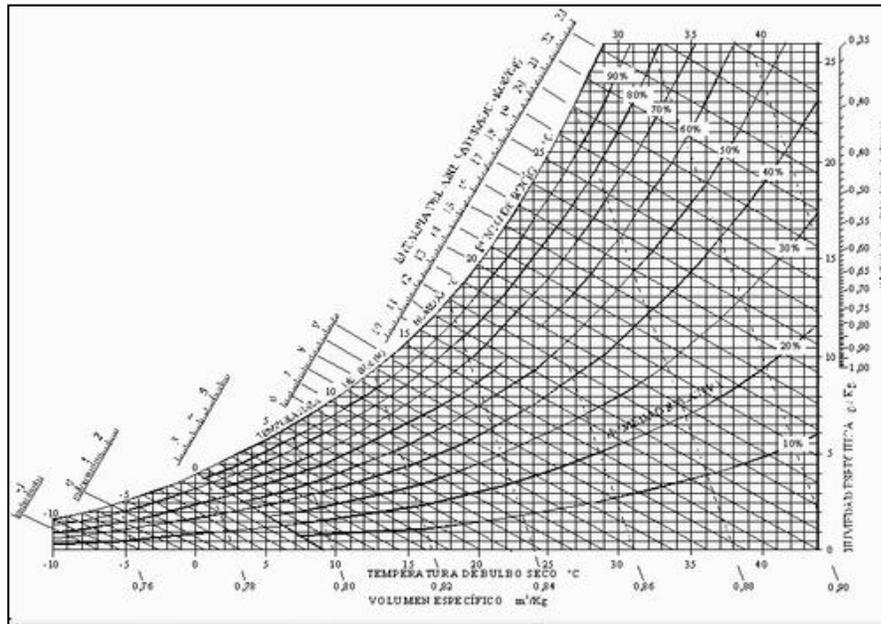
El aire tiene la capacidad de retener una cantidad variable de vapor de agua en relación a la temperatura del aire, a menor temperatura, menor cantidad de vapor y a mayor temperatura, mayor cantidad de vapor de agua si se mantiene este a presión atmosférica constante.

También se considera que es un método para controlar las propiedades térmicas del aire húmedo y se representa mediante el diagrama psicrométrico.

Es un diagrama que relaciona múltiples parámetros relacionados con una mezcla de aire húmedo: temperatura, humedad relativa, humedad absoluta, punto de rocío, entalpía específica o calor total, calor sensible, calor latente y volumen específico del aire.

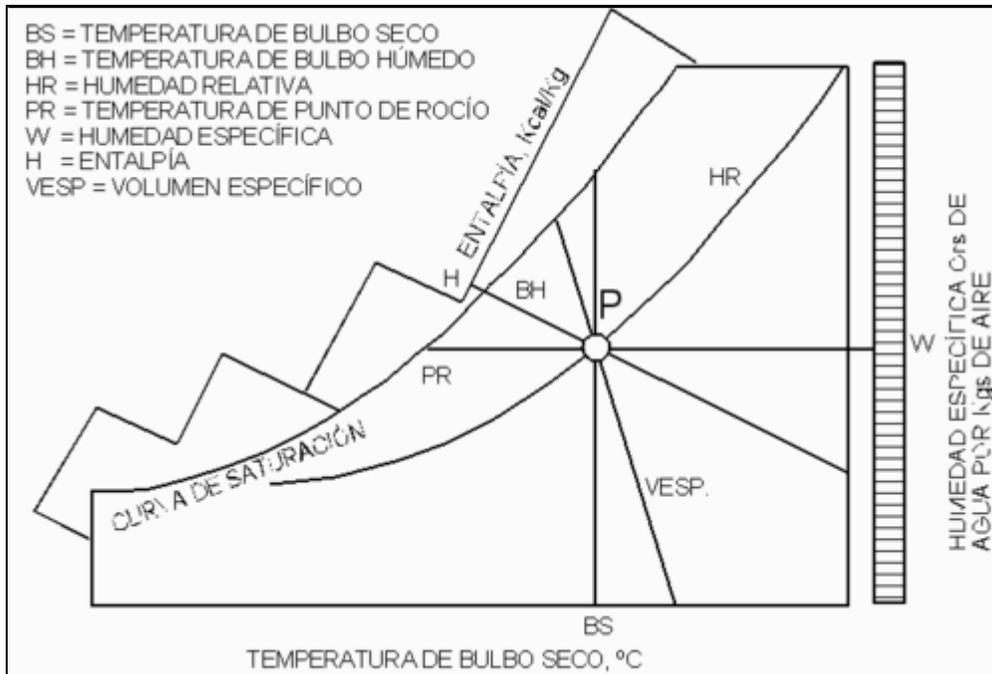
El diagrama no es constante, ya que es variable con la altura sobre el nivel del mar. Es usual en la bibliografía encontrarlo para la altura a nivel del mar.

Figura 3. Diagrama psicrométrico



Fuente: Manual práctico de ventilación Soler & Palau. p. 92.

Figura 4. Estructura del diagrama Psicrométrico



Fuente: Manual práctico de ventilación Soler & Palau. p. 94.

La psicrometría se utiliza en arquitectura e ingeniería en la enseñanza de las instalaciones termomecánicas en edificios para el dimensionamiento de sistemas de calefacción y aire acondicionado.

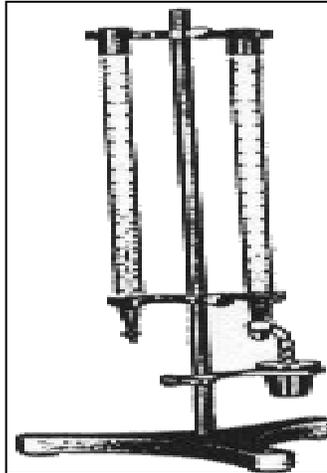
2.1.8.1. Psicrómetro

Es un aparato que mide la humedad del aire, consta de dos termómetros iguales, uno con el depósito seco y el otro envuelto en una muselina empapada de agua.

El termómetro seco marca la temperatura del aire. El húmedo, marca una temperatura inferior. Producida por la evaporación del agua que le rodea. Una tabla anexa al psicrómetro, cuyos valores se han calculado por medio de una

ecuación que relaciona la entalpía de aire y la de punto húmedo, se conoce el grado de humedad relativa del aire.

Figura 5. **Psicrómetro**



Fuente: Laboratorio de metrología Metas. C.V. México. Boletín de laboratorio. p. 1.

2.1.9. Escala de Beaufort

La fuerza del viento viene determinada por la velocidad del mismo. La escala Beaufort ordena los vientos según su fuerza que, traducido en velocidades, aparecen con los valores de la tabla II, medidos a 10 m de altura y campo abierto, la velocidad del viento en la escala de Beaufort puede expresarse por la siguiente fórmula:

$$v = 0,837 B^{3/2} \text{ m/s}$$

Donde:

- v = velocidad
- B = escala de Beaufort

Los procesos de calefacción, refrigeración, humidificación y deshumidificación que tienen lugar en el acondicionamiento del aire, modifican la condición del aire desde la representada por el punto de estado inicial en el ábaco hasta una condición diferente, representada por un segundo punto en el ábaco.

Hay cinco procesos posibles:

- Procesos de calor sensible constante (indicados por una temperatura de bulbo seco constante).
- Procesos de calor latente constante (indicados por un contenido de humedad constante y una temperatura de punto de rocío constante).
- Procesos de entalpía constante o adiabáticos (indicados por una temperatura de bulbo húmedo constante).
- Procesos de humedad relativa constante (todos los demás factores varían).
- Finalmente, una modificación que representa una combinación cualquiera de los anteriores y que no procede a lo largo de ninguna de las líneas de procesos anteriores.

Para esto debe observarse nuevamente:

- Las líneas de bulbo seco son líneas de calor sensible constante.
- Las líneas de punto de rocío son líneas de calor latente constante.
- Las líneas de bulbo húmedo son líneas de calor total constante (entalpía constante).

Tabla II. **Tabla Beaufort**

Fuerza Beaufort	Velocidad del viento (Km/PH)	Velocidad del viento (MPH)	Indicadores	Términos usados en las predicciones del NWS
0	0-2	0-1	Calma; el humo sube verticalmente.	Calma
1	2-5	1-3	La dirección se puede apreciar por la dirección del humo, pero no por medio de veletas.	Ventolina
2	6-12	4-7	El viento se siente en el rostro, las hojas se mueven ligeramente; las veletas ordinarias se mueven con el viento.	Ligero
3	13-20	8-12	Las hojas y las ramas delgadas se mueven constantemente; el viento extiende las banderas ligeras.	Suave
4	21-29	13-18	Levanta polvo y papeles sueltos; las ramas pequeñas se mueven.	Moderado
5	30-39	19-24	Los árboles pequeños empiezan a balancearse; en los lagos pequeños se observan olas con crestas.	Fresco
6	40-50	25-31	Se mueven las ramas grandes; los cables telefónicos silban; es difícil usar sombrillas.	Fuerte
7	51-61	32-38	Los árboles enteros se mueven; es incómodo caminar contra el viento.	Muy fuerte
8	62-74	39-46	Se rompen las ramas de los árboles; generalmente no se puede avanzar.	Ventarrón
9	75-87	47-54	Daños estructurales ligeros.	Ventarrón fuerte

Continuación de la tabla II.

10	88-101	55-63	Pocas veces se siente en tierra firme; los árboles son arrancados de raíz; ocurren daños estructurales considerables.	Temporal
11	102-116	64-72	Casi nunca sucede en tierra firme; acompañado de daños graves generalizados.	Borrasca
12	117 o más	73 o más	Casi nunca sucede; acompañado de devastación.	Huracán

Fuente: WALES, Jimmy. http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Beaufort.

Consulta: 13 de marzo de 2010.

2.2. Presión

La presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie, cuando sobre una superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme y perpendicularmente a la superficie, la presión P viene dada por:

$$P = \frac{F}{A}$$

En un caso general donde la fuerza puede tener cualquier dirección y no estar distribuida uniformemente en cada punto la presión se define como:

$$P = \frac{dF}{Da} \cdot n$$

Donde n es un vector unitario y normal a la superficie en el punto donde se pretende medir la presión.

2.2.1. Presión estática

Presión del aire debida sólo a su grado de compresión. Puede ser positiva o negativa. En el ventilador es la diferencia entre la presión estática de salida y la presión total a la entrada.

2.2.2. Presión dinámica

Presión del aire debida únicamente a su movimiento, puede ser sólo positiva. En el ventilador será la correspondiente al promedio de las velocidades a la salida del ventilador.

2.2.3. Presión total

Presión del aire debida a su compresión y movimiento, es la suma algebraica de las presiones dinámica y estática en un punto determinado, por lo tanto, si el aire está en reposo, la presión total es igual a la presión estática. En el ventilador será la diferencia entre las presiones totales determinadas a la salida y a la entrada del mismo.

2.2.4. Presión absoluta

Es la presión de un fluido medido con la referencia al vacío perfecto, o cero absoluto, la presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas, lo que indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña.

2.2.5. Presión atmosférica

El hecho de estar rodeados por una masa gaseosa (aire), y al tener este aire un peso actuando sobre la tierra, quiere decir que se está sometido a una presión (atmosférica).

2.2.6. Presión manométrica

Define como la diferencia entre la presión real que es desconocida y la presión atmosférica que existe; si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta, la presión manométrica disminuye; esta diferencia, generalmente es pequeña, mientras que en las mediciones de presiones superiores, dicha diferencia es insignificante.

La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

Presión absoluta = presión manométrica + presión atmosférica

$$P_{Abs} = (P_{Man} + P_{Atm})$$

2.2.7. Columna de agua

Es una unidad de medida de la presión que representa el peso de una columna de agua (densidad 1000 Kg/m³). El múltiplo más utilizado es el metro de columna de agua (mca), que sería la presión en el fondo de una piscina de un metro de profundidad.

En la tabla III se establece la correspondencia entre distintas unidades de presión. Es importante observar la diferencia entre la atmósfera y la presión atmosférica.

Tabla III. **Tabla de conversión entre distintas unidades de presión**

CONVERSIÓN ENTRE DISTINTAS UNIDADES DE PRESIÓN							
	kp/m ²	mm c.d.m.	kp/cm ²	Presión atmosférica	bar	milibar	dinas/cm ²
	mm c.d.a.						
1 mm c.d.a.	1	0,07355	10 ⁻⁴	10.337 · 10 ⁻⁴	98 · 10 ⁻⁶	98 · 10 ⁻³	98,1
kp/m ²							
1 mm c.d.m.	13,6	1	13,6 · 10 ⁻⁴	13,15 · 10 ⁻⁴	1,33 · 10 ⁻³	1,334	1.334
1 kp/cm ²	10.000	735,5	1	0,966	0,981	9,81 · 10 ²	9,81 · 10 ⁵
1 presión atm.	10.334	760	1,0334	1	1,013	1.013	1,01334 · 10 ⁶
1 bar	10.200	750	1,02	0,985	1	1.000	10 ⁶
1 milibar	10,2	0,75	1,02 · 10 ⁻³	0,985 · 10 ⁻³	10 ⁻³	1	10 ³

Fuente: Manual práctico de ventilación Soler & Palau. p. 7.

2.3. Sistemas de inyección de aire

Estos consisten en la entrada de aire exterior, para renovar permanentemente el aire de recirculación del sistema en las proporciones necesarias a fin de lograr un adecuado nivel de pureza; dado que como el resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, que debe suministrarse siempre aire nuevo a los locales para evitar que se produzcan vaciamientos y olores. Existen varios métodos por los cuales es distribuido el aire.

2.3.1. Sistema de inyección de aire filtrado

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 emplean filtros que normalmente son del tipo mecánico, compuestos por sustancias porosas que obligan al aire a 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, micro fibras 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 suelen emplear filtros especiales que son muchos más eficientes.

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

2.3.2. Sistema de inyección de aire por enfriamiento y deshumectación

La función de refrigeración y deshumectación, se realiza en verano en forma simultánea en la batería de refrigeración, ya 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.

2.3.3. Sistema de inyección de aire con calentamiento

El calentamiento del aire se efectúa en invierno en la batería de calefacción, por medio de una batería agua caliente o vapor vinculadas con tuberías 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 batería que se usa para refrigerar para calefaccionar haciendo circular agua caliente por la misma, en la época de invierno, el sistema de expansión directa también se puede emplear la misma batería haciendo funcionar el sistema en el ciclo de bomba de calor.

2.3.4. Sistema de circulación de aire

La función de circulación la realiza el ventilador ya 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.

En los ambientes, la inyección de aire se realiza por medio de rejillas sobre paredes o difusores sobre los cielorrasos y el retorno se efectúa por rejillas colocadas en la parte inferior de los locales, con el objetivo de conseguir un adecuado movimiento de aire en la zona de vida del local en cuestión, que se encuentra en un plano ubicado a 1,50 m sobre el nivel del piso.

2.4. Tipos de motores con impulsores de aire

Ventilador es una máquina rotativa que añade energía mecánica al aire o un gas, por medio de un motor. En otras palabras se puede definir como una turbo máquina que trasmite energía para generar una presión necesaria con un flujo continuo de aire.

Un ventilador consta en esencia de un motor de accionamiento, generalmente eléctrico, con los dispositivos de control propios de los mismos: arranque, regulación de velocidad, conmutación de polaridad, entre otros; y un propulsor giratorio en contacto con el aire al que trasmite energía.

Este impulsor adopta la forma de rodete con álabes, en el caso de tipo centrífugo, o de una hélice con palas de silueta y en número reverso, en el caso de los axiales.

2.4.1. Principios básicos de mecánica de fluidos

La mecánica de los fluidos estudia el movimiento de los fluidos (gases y líquidos), así como las fuerzas que los provocan. La característica fundamental que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes (lo que provoca que carezcan de forma definida). También estudia las interacciones entre el fluido y el contorno que lo limita.

2.4.1.1. Teorema de Bernoulli

La expresión del mismo dice: la suma de la presión estática, la dinámica y la debida a la altura es constante para todos los puntos de un filete de fluido.

2.4.1.2. Caudal

Es la cantidad de aire que circula por el conducto. Su expresión es:

$$Q = v S \text{ (m}^3\text{/h)}$$

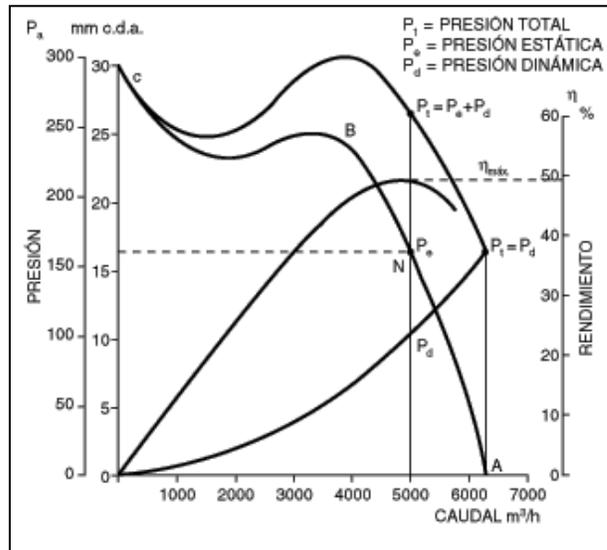
Donde:

- Q= caudal
- v= velocidad del aire (m/s)
- S= sección del conducto (m²)

2.4.1.3. Curva característica

Es la representación gráfica de todos los estados caudal-presión de qué es capaz un ventilador. Su representación en la figura muestra una curva característica típica con expresión de las tres presiones mencionadas. Para Cualquier ordenada en la gráfica se cumple. Ver figura 6.

Figura 6. **Curva característica presión-caudal**



Fuente: PFEIL, Lempe. http://www.solerpalau.es/formacion_01_13.html.

Consulta: 24 de abril de 2010.

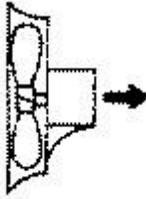
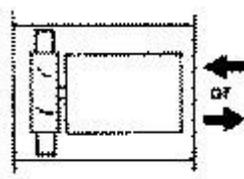
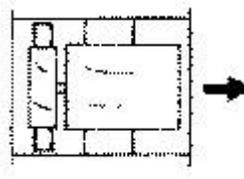
2.4.2. Clasificación de ventiladores por su función

Dentro de la clasificación por su función se hará mención de algunos tipos de ventiladores existentes para aplicaciones donde requiera un trabajo específico.

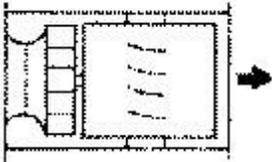
2.4.2.1. Ventiladores axiales

Son aquellos en los cuales el flujo de aire sigue la dirección del eje del mismo, suelen llamarse helicoidales, pues el flujo a la salida tiene una trayectoria con esa forma, en líneas generales son aptos para mover grandes caudales a bajas presiones, con velocidades periféricas medianamente altas; son en general ruidosas, suelen sub-clasificarse, por la forma de su envolvente, como se describen en la figura 7.

Figura 7. Tipos de ventiladores axiales

Ventilador	Descripción	Aplicación
 <p>HELICOIDAL</p>	<p>Ventiladores aptos para mover grandes caudales de aire con bajas presiones. Son de bajo rendimiento. La transferencia de energía se produce mayoritariamente en forma de presión dinámica.</p>	<p>Se aplica en circulación y extracción de aire en naves industriales. Se instalan en pared sin ningún conducto. Utilizados con objetivo de renovación de aire.</p>
 <p>TUBE AXIAL</p>	<p>Tienen rendimiento algo superior al anterior y es capaz de desarrollar una presión estática mayor. Por su construcción es apto para intercalar en conductos.</p>	<p>Se utiliza en instalaciones de ventilación, calefacción y aire acondicionado que requieran altos caudales con presión media a baja. También se utiliza en algunos sistemas industriales como cabinas de pintura y extracciones localizadas de humos.</p>
<p>VANE AXIAL</p> 	<p>Con diseños de palas AIRFOIL, permiten obtener presiones medias y altas con buenos rendimientos. Las palas pueden ser fijas o de ángulo ajustable</p>	<p>Tiene aplicaciones similares a los TUBEAXIAL, pero con la ventaja de tener un flujo más uniforme y la posibilidad de obtener presiones mayores. Para una determinada prestación es relativamente más pequeño que el ventilador centrífugo equiparable.</p>

Continuación de la figura 7.

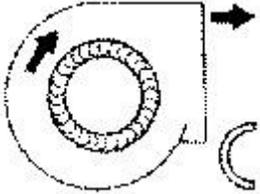
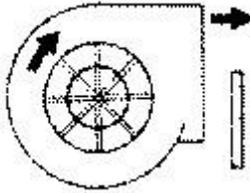
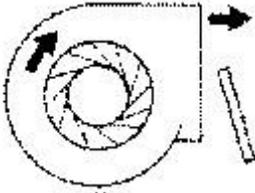
 <p>CENTRIFOIL</p>	<p>Se trata de un ventilador con rotor centrífugo pero de flujo axial. Es decir reúne las ventajas del ventilador centrífugo y la facilidad de montaje de un axial con el consiguiente ahorro de espacio.</p>	<p>Las mismas aplicaciones que el ventilador VANEAXIAL.</p>
---	---	---

Fuente: LAMBERT, Jhon. http://www.chiblosa.com.ar/spanish/herramientas/teoria_de_los_ventiladores.htm. Consulta: 22 de mayo de 2010.

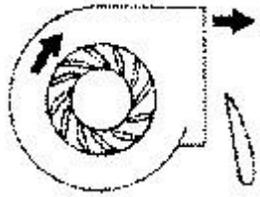
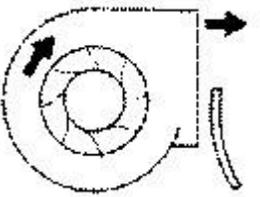
2.4.2.2. Ventiladores centrífugos

Son aquellos en los cuales el flujo de aire cambia su dirección, en un ángulo de 90°, entre la entrada y salida. Se suelen sub-clasificar, según la forma de las palas o álabes del rotor, de la siguiente manera:

Figura 8. **Tipos de ventiladores centrífugos**

Ventilador	Descripción	Aplicación
 <p data-bbox="375 737 615 810">CURVADAS HACIA ADELANTE</p>	<p data-bbox="686 512 1023 905">Rotor con palas curvadas hacia adelante, apto para caudales altos y bajas presiones. No es auto limitante de potencia. Para un mismo caudal y un mismo diámetro de rotor gira a menos vueltas con menor nivel sonoro.</p>	<p data-bbox="1058 625 1395 793">Se utiliza en instalaciones de ventilación, calefacción y aire acondicionado de baja presión.</p>
 <p data-bbox="383 1188 607 1220">PALAS RADIALES</p>	<p data-bbox="686 963 1023 1402">Rotor de palas radiales. Es el diseño más sencillo y de menor rendimiento. Es muy resistente mecánicamente, y el rodete puede ser reparado con facilidad. El diseño le permite ser auto limpiante. La potencia aumenta de forma continua al aumentar el caudal.</p>	<p data-bbox="1058 987 1395 1381">Empleado básicamente para instalaciones industriales de manipulación de materiales. Se le puede aplicar recubrimientos especiales anti-desgaste. También se emplea en aplicaciones industriales de alta presión.</p>
 <p data-bbox="407 1686 586 1759">INCLINADAS HACIA ATRAS</p>	<p data-bbox="686 1507 1023 1759">Rotor de palas planas o curvadas inclinadas hacia atrás. Es de alto rendimiento y auto limitador de potencia. Puede girar a velocidades altas.</p>	<p data-bbox="1058 1459 1395 1812">Se emplea para ventilación, calefacción y aire acondicionado. También puede ser usado en aplicaciones industriales, con ambientes corrosivos y/o bajos contenidos de polvo.</p>

Continuación de la figura 8.

 <p>AIRFOIL</p>	<p>Similar al anterior, pero con palas de perfil aerodinámico. Es el de mayor rendimiento dentro de los ventiladores centrífugos. Es auto limitante de potencia.</p>	<p>Es utilizado generalmente, para aplicaciones en sistemas de HVAC e industriales con aire limpio. Con construcciones especiales puede ser utilizado en aplicaciones con aire sucio.</p>
 <p>RADIAL TIP</p>	<p>Rotores de palas curvadas hacia delante con salida radial. Son una variación de los ventiladores radiales pero con mayor rendimiento. Aptos para trabajar con palas anti desgaste. Son auto limpiante. La potencia aumenta de forma continua al aumento del caudal.</p>	<p>Como los radiales estos ventiladores son aptos para trabajar en aplicaciones industriales con movimiento de materiales abrasivos, pero con un mayor rendimiento.</p>

Fuente: LAMBERT, Jhon. http://www.chiblosa.com.ar/spanish/herramientas/teoria_de_los_ventiladores.htm. Consulta: 22 de mayo de 2010.

2.5. Sistemas para tratamiento y purificación de aire

Entre los sistemas de tratamiento y purificación de aire para cámaras asépticas o cabinas esterilizadas existen varios métodos que se pueden aplicar, pero depende mucho también, el grado de pureza el cual es necesario. Es por ello que se hace mención de los siguientes métodos.

2.5.1. Desinfección por radiación

Se llama radiación ultravioleta o radiación UV a la radiación electromagnética donde el rango germicida se encuentra entre 240 y 280 nm (nanómetros) y se obtiene la máxima eficiencia desinfectante cerca de los 260 nm. Su nombre proviene que su rango de emisión comienza desde longitudes de onda más cortas a la que los humanos identificamos como el color violeta. Se obtiene una desinfección del aire por medio de la destrucción de toda vida microbiana a través de luz ultravioleta.

En la tabla IV se determinan los nombres y longitudes de onda en las que actúa la luz ultravioleta.

Tabla IV. Longitudes de onda en luz ultravioleta

Nombre	Abreviación	Longitud de Onda
Onda Larga	UV – A	400 - 320 nm
Onda Media	UV – B	320 – 280
Onda Corta	UV- C	280 - 200 nm

Fuente: CENGUEL, Yunus. Estudios de onda en las partículas. p.145.

2.5.2. Desinfección por captación de partículas

Muchas aplicaciones críticas en el campo de la ciencia, industria o sanidad requieren entornos tales como salas limpias que se encuentren libres de partículas y/o bacterias. Un adulto ataviado con ropa normal emite alrededor de 9 millones de partículas por minuto en un rango de tamaño comprendido entre las 0,5 y los 100 μ m. Las personas son, por tanto, la mayor fuente de

contaminación en las cámaras asépticas, siendo responsables de aproximadamente el 80% del total de partículas suspendidas.

2.5.2.1. Los plenum

Son presiones ligeramente superiores a la atmosférica, generalmente en el interior de sistemas de aire o gas, como resultado de la acción de un ventilador o soplador. El pleno se mide en pequeñas unidades de presión como pascales (Pa) o milímetros de mercurio (mmHg).

Una aplicación práctica de los plenum es su utilización en el aire acondicionado de los edificios con falso techo en sus plantas. Mediante una inyección de aire exterior en el espacio entre el forjado y el falso techo se consigue una pequeña sobrepresión que evita que el aire caliente que existe en una planta suba hasta dicho espacio y se acumule, provocando con el paso del tiempo una acumulación de aire viciado que da lugar a malos olores, pudiendo incluso generar condensaciones de vapor de agua en algunos lugares cerrados.

Dicha aportación de aire es utilizada por los fancoils situados en el falso techo para proporcionar aire acondicionado a partir del aire existente en ese espacio.

2.5.2.2. Filtración de aire con flujo laminar

Este sistema es utilizado para evitar turbulencias, por lo tanto, el flujo laminar será igual y homogéneo en todas las superficies de trabajo.

Los contaminantes gaseosos pueden ser controlados mediante el uso de campanas de aspiración con sistemas de filtración por carbón activo, utilización de filtros HEPA.

2.5.2.3. Clases de pureza de aire

Las clases de pureza de aire que definen la limpieza del aire, en términos del número de partículas de un tamaño dado por unidad de volumen que se encuentran en él, se han desarrollado y recogido en varias normas internacionales. La US Federal Standard 209 (ya en desuso y obsoleta), fue la primera y después editaron otras como la Australian Standard AS 1386 y la British Standard BS5295, hasta la aparición en 1999 de la más reciente, la EN-ISO-14644-1 que establece las siguientes categorías.

Tabla V. **Resumen de categorías por captación de partículas**

Clasificación ISO	0.1µm	0.2µm	0.3µm	0.5µm	1µm	1µm
Clase ISO 1	10	2	0	0	0	0
Clase ISO 2	100	24	10	4	0	0
Clase ISO 3	1.000	237	102	35	8	0
Clase ISO 4	10.000	2.370	1.020	352	83	0
Clase ISO 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
Clase ISO 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
Clase ISO 7	10.000.000	2.370.000	1.020.000	352.000	83.200	2.930
Clase ISO 8	100.000.000	23.700.000	10.200.000	3.520.000	832.000	29.300
Clase ISO 9	1.000.000.000	237.000.000	102.000.000	35.200.000	8.320.000	293.000

Nota:
Esta tabla representa los valores máximos de concentración de partícula por m³ de igual o mayor tamaño al expresado en el encabezado de la columna. La clase ISO 5 es exactamente la pureza de aire que proporciona el filtro HEPA de clase H-14 (EN-1822).

Fuente: Laboratorios Cruma. Filtración de aire. p. 1.

2.6. Filtros para etapas primarias

La purificación basada en el filtro atrapa partículas aerotransportadas por la exclusión de su tamaño. El aire es forzado a través de un filtro y las partículas son físicamente capturadas por el filtro.

La vida de un filtro está directamente relacionada con la cantidad de contaminantes que entran por un sistema de admisión. Es por ello que se recomienda utilizar un filtro de etapa primaria o pre-filtro para evitar que las partículas más pesadas en el aire entren al sistema. Esto da como resultado prolongar la vida del filtro de aire.

2.7. Filtros purificadores

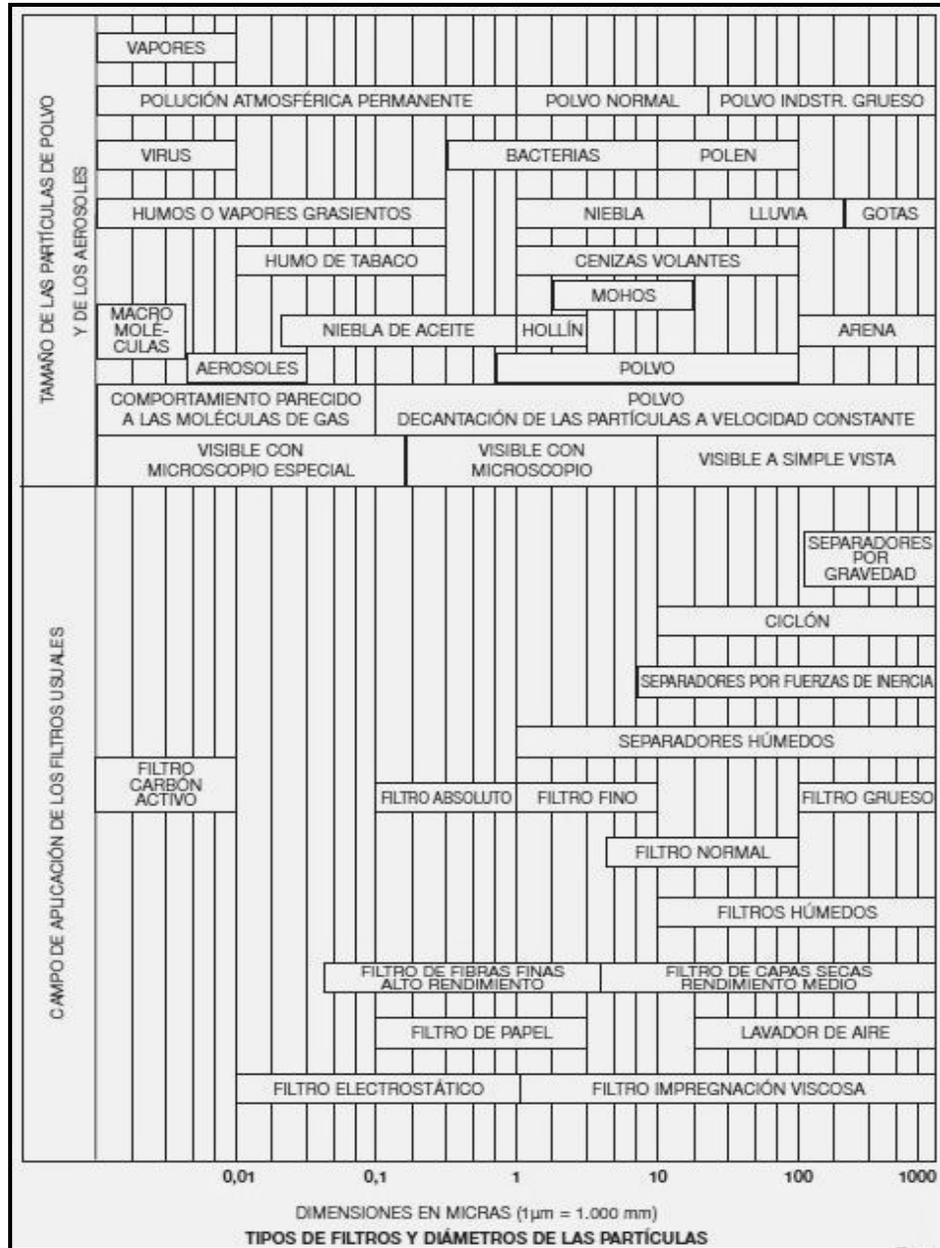
Se entiende por purificación al proceso de eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos en un espacio determinado, siendo resultado de un tratamiento controlado.

2.7.1. Filtración HEPA

Los filtros HEPA quitan al menos un 99.97% de partículas de 0,3 micrómetros y son generalmente, más eficaces para partículas más grandes o ligeramente más pequeñas. Ellos son eficaces al 0,01 micrómetro en muchos casos, pero son ineficaces para partículas más pequeñas que un micrómetro de 0,01. Los purificadores HEP que purifican todo el aire que entra en una sala limpia, deben arreglarse para que ningún aire pase por alto el filtro HEPA. En ambientes polvorientos, un filtro HEPA puede ir detrás de un filtro convencional de fácil limpieza (pre filtro) que quita las impurezas mayores así

que el filtro HEPA necesita limpieza o sustitución con menos frecuencia. Los filtros HEPA no generan ozono o subproductos perjudiciales.

Figura 9. Tipos de filtros y diámetros de las partículas



Fuente: Manual práctico de ventilación Soler & Palau. p. 118.

2.7.2. Filtración con carbón activo

El carbón activado es un material poroso que puede absorber sustancias químicas volátiles sobre una base molecular, pero no elimina partículas más grandes. El proceso de absorción cuando se utiliza carbón activado debe alcanzar equilibrio, por lo tanto, pueden ser difíciles de eliminar completamente los contaminantes. Es simplemente un proceso de cambiar contaminantes de una fase gaseosa a una sólida, cuando pueden generarse contaminantes agravados o alteraciones en el aire en interiores. El carbono activado puede utilizarse a temperatura ambiente y tiene una larga historia de uso comercial. Normalmente se utiliza junto con otra tecnología de filtro, especialmente con HEPA. Otros materiales, también pueden absorber los productos químicos, pero al costo más elevado.

2.7.3. Filtración HVAC

Los filtros HVAC en MERV 14 o más, son los mejores para eliminar partículas aerotransportadas de micrómetros 0,3 o mayores. Un filtro de alta eficiencia MERV 14 tiene una tasa de captura de por lo menos el 75% para partículas entre 0,3 a 1,0 micrómetros. Aunque la tasa de captura de un filtro MERV es inferior de un filtro HEPA, un sistema de aire central puede mover significativamente, más aire en el mismo período de tiempo. Usando un filtro MERV de alta calidad puede ser más eficaz que hacerlo mediante una máquina HEPA de alta potencia a una fracción de los gastos de capital inicial. Lamentablemente, la mayoría de los filtros de horno, son colocados en su lugar un sello hermético, lo que permite que el aire pase alrededor de los filtros. Este problema es peor para los filtros MERV de una mayor eficiencia por el aumento de resistencia del aire. Los filtros MERV de mayor eficiencia son generalmente más densos y aumentan la resistencia del aire en el sistema central, que

requieren una mayor caída de la presión de aire y, en consecuencia, aumentando los costos de energía.

2.7.4. Filtración e irradiación

La Irradiación germicida ultravioleta (IGUV) puede utilizarse para esterilizar el aire que pasa por lámparas UV mediante el aire forzado. Los sistemas IGUV de purificación de aire pueden ser unidades libres con lámparas UV blindadas que usan un ventilador para forzar aire que ya pasó por la luz ultravioleta.

2.8. Tipos de ductos y difusores

Los ductos para aire son paneles rígidos de lana de vidrio, aglomerada con resinas termoenduresibles, están revestidas en una de sus caras con un aluminio con hilos de vidrio, que actúan como barrera de vapor, y le da la rigidez al ducto, en su parte interna está recubierto con un velo de vidrio para permitir grandes velocidades de aires, poseen un elevado aislamiento térmico, mediante un acabado resistente mantenido las características de la barrera de vapor sin alteración a pesar del paso del tiempo, la forma de fabricación se obtiene una barrera de vapor continua y hermética, no permitiendo la condensación, en el conducto el sellado es mediante cintas adhesivas de aluminio de elevadas prestaciones, dando como resultado una superficie lisa y de tono uniforme y la atenuación acústica, producida principalmente, por el funcionamiento del motor del equipo de aire tiene capacidad de absorción acústica, en un rango de frecuencias media y altas, y asegura una conducción del aire absolutamente silenciosas.

Los ductos de aire son los elementos principales de una instalación central de aire, sus propiedades determinan en gran parte, la calidad de la instalación del sistema de aire, es decir, que juegan un papel fundamental del aprovechamiento energético y el comportamiento acústico, para el montaje de todos los tipos de ductos para aire, se realizan redes de conductos a partir de paneles, se realiza directamente en la obra con la ayuda de un reducido número de herramientas entre las que se puede mencionar; cuchillas, cintas adhesivas, abrochadora, entre otras.

2.9. Propiedades de los materiales para ductos

Primero se realiza el trazado del trayecto que estos ductos deben recorrer, luego confeccionar el conducto, recortar las piezas, doblarlas y se abrochar las puntas y sellarlas mediante la cinta adhesiva, el ensamblado de los distintos tramos pueden realizarse mediante el ajuste que proporciona el canteado de los paneles, si se refiere a los tipos de ductos para aire, específicamente son los siguientes:

- Ductos de chapa metálica
- Ductos de lana de vidrio
- Ductos flexibles

Los de chapa metálica conforman un tipo de ducto para aire que son realizados a partir de planchas de chapa metálica, acero galvanizado o inoxidable, las cuales se cortan para dar al conducto la forma necesaria para la distribución del aire.

Ya que el metal es un conductor térmico, los conductos de chapa metálica se tienen que aislar térmicamente, en reglas generales, el material empleado consiste en lana de vidrio para colocar en el lado exterior del conducto; estas mantas incorporan un revestimiento de aluminio que actúa como barrera de vapor, también se pueden colocar en el interior del conducto mantas de lana de vidrio con un tejido que permite la absorción acústica por parte de la lana y mejora la calidad del ducto.

Los ductos para aire acondicionado de lana de vidrio, son los realizados a partir de lana de vidrio de alta densidad, aglomerada con resinas, el conducto se forma a partir de estas planchas, cortándolas y doblándolas, para obtener la sección deseada, éstas se fabrican con un doble revestimiento, la cara que formará parte de la superficie externa del ducto está recubierta por un complejo de aluminio reforzado, que proporciona la barrera de vapor y otorga estanqueidad al ducto.

El ducto para aire y el ducto flexible son conductos precisamente flexibles, formados por dos tubos de aluminio y poliéster entre los cuales se dispone un filtro de lana de vidrio, que actúa como aislante térmico, en este tipo de ductos para aire, se puede decir que, se pueden originar algunos problemas acústicos, debido a su gran pérdida de carga, por eso se utilizan para la conexión entre el conducto principal de aire y las unidades terminales rejillas, y difusores.

Todos esos tipos de ductos para aire, deben estar aceptados y regulados por las normas de seguridad, contar con las garantías propias de varios años, por lo menos diez; las instalaciones de sistemas de aire por ductos tienen como principal finalidad procurar el bienestar de los ocupantes de los edificios, tanto térmica como acústicamente, cumpliendo con todos los requisitos de seguridad y con el uso racional de energía.

2.10. Ductos rectos

Este tipo de tubería se forma a partir de un lingote cilíndrico el cual es calentado en un horno antes de la extrusión, éste pasa por un dado cilíndrico y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador, la tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones, además es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial.

2.11. Ductos redondos

En estos otros se parte de una lámina de chapa la cual se dobla dándole la forma a la tubería, la soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro, por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz, variando la separación entre los rodillos se obtienen variedad de curvas y con ello diferentes diámetros de tubería, esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible. También está con soldadura helicoidal o en espiral, la metodología es la misma que el punto anterior, con la salvedad de que la soldadura no es recta sino que recorre la tubería siguiéndola como si fuese roscada, para distribuir los esfuerzos de las costuras en forma axial.

2.12. Renovación de aire

La renovación de aire en una vivienda o dependencia, es más que necesaria, es por esto que son muchos los que ventilan su casa para poder cambiar, al menos por unos instantes, el aire viciado, los equipos de aire acondicionado se hicieron para facilitar esta tarea, los mismos plantean múltiples renovaciones de aire de forma constante, pero lo importante aquí, es

que estos equipos trabajan siempre con el mismo aire que se encuentra en el lugar, los absorben, lo filtran purificándolo, lo climatizan o refrigeran y luego lo devuelven a la habitación completamente renovado.

Los equipos de aire acondicionado se hicieron famosos en el mercado, no sólo por su capacidad de refrigerar o climatizar un ambiente en cuestión de pocos segundos, sino también, por su capacidad de efectuar renovación de aire de forma constante, no olvidar de que estas consolas poseen más de una función: filtran el aire, deshumidifican, refrigeran, climatizan, entre otras alternativas. Su precio es mucho mayor que el de un equipo de ventilación mecánica, como ventiladores de techo, de pie, o de turbos, la renovación de aire es fundamental para cualquier vivienda, para llevar un estilo de vida saludable además, las mismas son necesarias en aquellos lugares en donde muchos miembros de la familia fuman suelen haber olores desagradables.

Estos artefactos se encargan de librar todos los olores desagradables mediante un simple proceso que realiza diversas acciones a la vez, o también programándolos para que efectúen la tarea que se demandan, pero para que estas funciones, marchen de forma correcta hay que seguir ciertos parámetros, lo primero es hacer, cerrar todos los espacios abiertos para evitar las filtraciones e infiltraciones de aire exterior luego, una vez alcanzada la temperatura deseada, y si lo único que se quiere es renovar el aire, hay que fijar su temperatura en no menos de veinte y cuatro grados centígrados, de esta forma obtener un confort absoluto sin hacer peligrar la salud.

2.13. Instrumentos de medición

En física, química e ingeniería, un instrumento de medición es un aparato que se usa para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición; como unidades de medida se utilizan objetos y sucesos previamente establecidos como estándares o patrones y de la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia.

Los instrumentos de medición son el medio por el que se hace esta conversión, deben de poseer dos características importantes que son: la precisión y la sensibilidad.

3. MÉTODOS DE CÁLCULO Y DISEÑO PARA SISTEMAS DE INYECCIÓN DE AIRE

La caída de presión en un flujo de un fluido por un canal restringido o por un ducto, es normal, la magnitud de esta caída de presión depende de varios factores:

- Diámetro o forma de la sección del ducto y condición de su superficie.
- Viscosidad.
- Masa específica.
- Temperatura.
- Presión del fluido.
- Transferencia de calor a o hacia el líquido y tipo de flujo, viscoso o turbulento.

Se tiene conexión de estas variables mediante relaciones simples: cuando un fluido circula por un tubo o ducto se tiene siempre una película delgada del fluido adherida a un lado del tubo y no se mueve apreciablemente, el flujo viscoso o flujo laminar cada partícula del fluido se mueve paralelamente al movimiento de las otras partículas. No se tienen corrientes cruzadas y la velocidad de las partículas del fluido se aumenta al crecer sus distancias a las paredes del conducto, la velocidad máxima ocurre en el centro del conducto y la velocidad promedio sobre la sección completa es igual a la mitad de la velocidad máxima, en este fluido viscoso la caída de presión después de que se ha logrado equilibrio en el flujo es empleada para equilibrio de las fuerzas de corte o deslizamiento que se tienen entre una capa y la siguiente.

En cualquier sistema de calefacción, enfriamiento o ventilación con circulación mecánica, el ventilador o los ventiladores deben tener la capacidad adecuada en cuanto a cantidad indicada de aire y una presión estática igual o ligeramente mayor que la resistencia total que se tiene en el sistema de ductos, el tamaño de los ductos se escoge para las velocidades máximas de aire que puede utilizarse sin causar ruidos molestos ni pérdidas excesivas de presión, los ductos grandes reducen las pérdidas de fricción, pero la inversión y el mayor espacio deben compensar el ahorro de potencia del ventilador.

Tiene que hacerse un balance económico al hacer el diseño de las instalaciones, en general debe hacerse un trazado de ductos tan directo como sea posible, evitar vueltas muy agudas y no hay que tener ductos muy desproporcionados. Para un ducto rectangular es buena práctica que la relación del lado mayor al menor sea hasta de 6 a 1 y esta relación nunca debe exceder de 10 a 1.

Estos ductos se emplean en los sistemas de conducción del aire generado en sistemas de enfriamiento, calefacción o sistemas de doble temperatura, los cuales entregan el aire necesario con diferentes requerimientos de presión, temperatura y humedad, estos ductos están diseñados para trabajo pesado, en ductos de suministro y retorno y de cámaras, donde normalmente se emplea lámina metálica en diferentes calibres, en forma similar se emplea en instalaciones pequeñas de tipo comercial o liviano.

Los sistemas de conducción OMNI son los más grandes productores de cañería en espiral, capaces de fabricar mediante el método de caracol tuberías en espiral de 3" a 60" de diámetro y de longitud variable.

Ductoglass está formado por lámina rígida de fibra de vidrio compacta y aglutinada, empleada en la fabricación de ductos para el transporte de aire acondicionado y de ventilación, entre sus usos están: el de transportar el aire en silencio (absorbiendo los ruidos de las máquinas) herméticamente (evitando las pérdidas hacia ambientes no requeridos), a temperatura uniforme (evitando las pérdidas o ganancias de calor) en forma eficiente.

Ductos fabricados con lámina metálica, cuando las velocidades del aire superan el valor de 2400 pies/minuto y la presión estática supera las ± 2 pulgadas de columna de agua, se hace necesario el empleo de laminas metálicas de acuerdo a las especificaciones de SMACNA (Air Conditioning Contractors National Association).

Cualquier sistema de ductos en lámina metálica debe ser aislado térmica y acústicamente a fin de evitar la transmisión de sonido de las máquinas y la formación de condensados que terminan por corroer el metal.

- Ductwrap: es un aislamiento térmico con barrera de vapor, empleado como aislamiento térmico externo en sistemas para transporte de aire acondicionado y de ventilación, entre sus usos: el control de la transferencia de calor de aire interior al ducto y el medio ambiente, y la condensación de la humedad relativa del medio, evitando así la corrosión del ducto metálico.
- Aerocor: es un aislamiento térmico utilizado como recubrimiento interno de ductos metálicos en sistemas de aire acondicionado y de ventilación, al colocarse en el interior de los ductos metálicos, se desempeña eficientemente como aislamiento térmico y acústico, por ser un material

reforzado, puede soportar velocidades de viento de hasta 7.000 pies/min, sin que se presente erosión.

- FSK Sealant Tape Fasson: es una cinta diseñada especialmente para sellos sometidos a esfuerzos extremos, compuesta por un foil de fibra de vidrio laminada con papel Kraft, recubierta con un sistema agresivo de adhesión a base de caucho.

Al momento de elegir los aislantes, jamás deberán usarse materiales que no ofrecen seguridad en caso de incendio por ser propagadores de la llama y con un desarrollo de humo muy superior a los valores permitidos por la NFPA (Asociación Norteamericana de Prevención y Control de Incendios), deberán prohibirse.

Igualmente, el usuario de un sistema de ductos fabricado con elementos no desarrollados para este fin, debe ser conocedor de la incidencia en el desarrollo y crecimiento de plagas infestadas como cucarachas, murciélagos y ratones que estos materiales pueden tener.

Cuando un proyecto arquitectónico requiere acondicionar los ambientes interiores, se requiere de un alto consumo de energía para lograr enfriar el aire en épocas de verano o en zonas tropicales, caso similar ocurre en épocas invernales o zonas de temperatura ambiente muy baja (inferior a los 5 °C) donde se requiere calentar los aires exteriores a fin de entregar un ambiente confortable para la correcta realización de las actividades a desarrollarse en el recinto.

El alto costo de la energía (eléctrica o combustibles fósiles) así como la búsqueda de operaciones cada vez más eficientes hacen necesario el empleo de aislamientos térmicos que ayuden al ahorro de energía y protección de los ductos, cuando es necesario que por el ducto circule un aire caliente de temperatura superior a la del ambiente y no colocar un aislamiento adecuado, las pérdidas de calor son considerables y aumentan.

Entre más larga sea la distancia que exista entre los calentadores y los lugares de consumo la colocación de un aislamiento térmico correctamente seleccionado permite reducir las pérdidas de calor, y por lo tanto obtener un considerable ahorro de energía, cuando se trata de transportar aires más fríos que el aire ambiente, se presentan dos fenómenos que se deben controlar, la ganancia de calor desde el exterior por parte del aire frío que se transporta (se puede decir que se tiene una pérdida de frío) reduce la eficiencia del sistema, obligando a un mayor esfuerzo de los condensadores y manejadores, lo cual se traduce en un mayor consumo de energía, si la temperatura superficial a la pared exterior del ducto llega a la temperatura del punto de rocío, se presenta condensación.

Si el ducto es de tipo metálico, este condensado inicia un proceso de corrosión del ducto, con dos consecuencias graves, las pérdidas de aire por las polillas que se presentan y el goteo de condensados sobre el cielo raso y su manchado paulatino, al colocar sobre los ductos de un sistema de ductos metálicos un eficiente aislamiento térmico, se puede evitar las pérdidas de frío del interior del ducto hacia el medio ambiente, y la formación de condensados pues debe garantizarse con el aislamiento que la temperatura superficial de él siempre esté por lo menos dos grados centígrados por encima del punto de rocío.

3.1. Métodos numéricos

Una parte importante en la implementación de métodos numéricos es considerar los sistemas de conductos que transportan el aire desde la unidad de tratamiento de aire (UTA) hasta el recinto y suele comprender los conductos de impulsión y los de retorno. Dentro de los elementos que constituyen el sistema se distinguen los conductos y los elementos terminales.

Estos sistemas se clasifican en función de la velocidad y de la presión en los conductos. En función de la velocidad del aire se tiene:

- Conductos de baja velocidad (<12 m/s, entre 6 y 12 m/s)
- Conductos de alta velocidad (>12 m/s)

En función de la presión del aire en el conducto, se clasifica en baja, media y alta presión. Esta clasificación corresponde a la misma que utilizan los ventiladores:

- Baja presión (clase I): hasta 90 mm.c.a.
- Media presión (clase II): entre 90 y 180 mm.c.a.
- Alta presión (clase III): entre 180 y 300 mm.c.a.

Existen varios métodos que nos permiten diseñar las redes de conductos de aire. Entre ellos, encontramos:

- De reducción de velocidad
- De pérdida de carga constante
- De recuperación estática
- Método T

Los más empleados suelen ser el método de pérdida de carga constante (para conductos de impulsión baja velocidad, retorno y ventilación), y el de recuperación estática (principalmente en conductos de impulsión de baja y alta velocidad). El método de reducción de velocidad no suele utilizarse porque para resolver el problema con una precisión razonable se necesita mucha experiencia y conocer perfectamente el cálculo de conductos. El método T permite una optimización del diseño que no permiten los otros métodos. Sin embargo, no es tan común como los anteriores.

3.1.1. Método de pérdida de carga constante

Este método se utiliza en conductos de impulsión, retorno y extracción de aire. Consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud a lo largo de todo el sistema.

Tabla VI. **Velocidad aconsejable en ductos de aire por nivel de ruido**

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DE RUIDO (conductos principales)	Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	3	5	4	3	3
Apartamentos Dormitorios hotel Dormitorios hospital	5	7,5	6,5	6	5
Oficinas particulares Despachos dirección Bibliotecas	6	10	7,5	8	6
Salas cine/teatro Auditorios	4	6,5	5,5	5	4
Oficinas públicas Restaurantes Comercios Bancos	7,5	10	7,5	8	6
Comercios Cafeterías	9	10	7,5	8	6
Locales industriales	12,5	15	9	11	7,5

Fuente: Universidad Jaime I. Sistema de distribución de aire. Cálculo de conductos. p. 4.

El procedimiento más usual consiste en elegir una velocidad inicial, en función de la restricción por nivel de ruido, tabla III, en el conducto principal que sigue a la impulsión desde la UTA. Una vez elegida esta velocidad, y partiendo del caudal de aire total a suministrar, se determina la pérdida de carga unitaria que debe mantenerse constante en todos los conductos. Para dimensionar los conductos del tramo principal, se determina la pérdida de presión en las distintas singularidades y las recuperaciones estáticas en las derivaciones. Finalmente con la ayuda del gráfico se determinan las secciones de cada tramo y las presiones disponibles en cada derivación a los tramos secundarios.

Una vez dimensionados los tramos principales, se determinarán los conductos secundarios, los que conducen el aire hasta las bocas de impulsión. Estos tramos se pueden calcular igual que los principales, o bien imponer que el aire tenga presión relativa nula después de traspasar el elemento terminal (difusor). En el primer caso, se actuaría como se ha explicado para los tramos principales. El segundo, debe seguir un esquema iterativo de cálculo hasta encontrar la imposición de presión relativa nula a la salida.

3.1.2. Método de recuperación estática

Este método consiste en dimensionar el conducto de forma que el aumento de presión estática en cada rama o boca de impulsión compense las pérdidas por rozamiento en la siguiente sección del conducto. De esta forma, la presión estática en cada boca y al comienzo de cada rama será la misma.

El procedimiento consiste en seleccionar una velocidad inicial para la descarga del ventilador y dimensionar la primera sección como en el método anterior. Posteriormente, las demás secciones se dimensionan con las gráficas de relación L/Q y recuperación estática a baja velocidad.

3.1.3. Método indirecto de caudal de aire exterior por persona

Se emplearán los valores de la tabla IX, cuando las personas tengan una actividad metabólica de 1,2 mt. cuando sea baja la producción de sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano y cuando no está permitido fumar.

Para locales donde esté permitido fumar, los caudales de aire exterior serán como mínimo, el doble de los indicados en la tabla IX. Este método de cálculo implica tener un conocimiento de los posibles ocupantes del recinto, mientras que el resto de métodos de cálculos se basan en elementos, por lo que se aconseja a nivel de cálculo inicial (usando la tabla IX).

Tabla VII. **Densidades de ocupación por persona**

Densidades de ocupación	
Uso del Local	Ocupación (m ² /persona)
Vestibulos generales y zonas generales de uso público	2
Garaje vinculado a actividad sujeta a horarios	15
Garaje (el resto)	40
Plantas o zonas de oficinas	10
Edificios docentes (planta)	10
Edificios docentes (laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo)	5
Aulas (excepto de escuelas infantiles)	1,5
Aulas de escuelas infantiles y bibliotecas	2
Hospitalario (salas de espera)	2
Hospitalario (zonas de hospitalización)	15
Establecimientos comerciales (áreas de venta)	2 - 3
Zonas de público en discotecas	0,5
Zonas de público de pie en bares, cafeterías, etc.	1
Salones de uso múltiple en edificios para congresos, hoteles, etc.	1
Zonas de público sentado en bares, cafeterías, restaurantes, etc.	1,5
Zonas de servicio en bares, restaurantes, cafeterías, etc.	20
Zonas de público en terminales de transporte	10

Fuente: Soler & Palau. Manual práctico de ventilación. p. 75.

3.1.4. Método considerando los tipos de intercambios de aire

Para edificios se tienen tres diferentes modos de intercambio de aire:

- Ventilación forzada
- Ventilación natural
- Infiltración

Estos modos difieren significativamente en cómo ellos afectan la energía, la calidad del aire y el confort térmico. También en la habilidad de mantener una cuota de intercambio deseada. La cuota de intercambio de aire de una edificación en un momento dado, generalmente incluye los 3 modos y todos ellos deben ser considerados, aunque alguno sea el predominante.

La cuota de intercambio de aire asociada con sistemas de ventilación forzada depende en:

- La tasa de flujo de aire en los sistemas de ventilación.
- La resistencia al flujo de aire asociada con los sistemas de distribución.
- La resistencia del flujo de aire entre las zonas del edificio y el hermetismo de la envoltura del edificio.

Si alguno de estos factores no está a nivel de diseño, o no está propiamente calculado, la tasa o cuota de intercambio de aire del edificio puede resultar diferente de sus valores de diseño.

3.1.4.1. La ventilación forzada

Este tipo de ventilación proporciona el mayor potencial para el control de la cuota de intercambio de aire y la distribución de éste, dentro de una edificación a través de un diseño adecuado. Un sistema de ventilación forzada ideal tiene una cuota suficiente de ventilación para controlar los niveles de contaminante en el interior y a la vez evita la sobre ventilación, adicionalmente mantiene un buen confort térmico.

La ventilación forzada, generalmente, es obligatoria en grandes edificaciones, donde una mínima cantidad de aire exterior es requerida para la salud y confort de los ocupantes, y donde los sistemas mecánicos de expulsión aconsejables son necesarios. La ventilación forzada, generalmente no es utilizada en residencias o en otro tipo de estructuras con envolturas. Sin embargo, edificaciones más herméticas requieren mayores sistemas de ventilación, para asegurar una adecuada cantidad de aire exterior y mantener una aceptable calidad de aire interior.

3.1.4.2. La ventilación natural

Ésta es lograda a través de aberturas intencionales es causada por presiones del viento y diferencias de temperaturas interior – exterior.

Flujo de aire a través de ventanas y puertas u otras aberturas de diseño, pueden ser utilizados para proveer una ventilación adecuada, diluir contaminantes, y controlar temperaturas. Aperturas no intencionales en la envoltura de la edificación y la infiltración asociada, pueden interferir con los patrones de distribución de aire de ventilación natural deseada y cargas mayores que la tasa de diseño de flujo de aire. La ventilación natural, algunas veces incluye infiltración.

3.1.4.3. Infiltración

Este es flujo de aire descontrolado a través de aberturas no intencionales producidas por vientos, diferencia de temperaturas y presiones inducidas de aplicación. La Infiltración es menos confiable de proveer ventilación adecuada y distribución, ya que éste depende de condiciones climáticas y la distribución de aberturas no intencionales.

Es la fuente principal de distribución, en edificios de envolturas dominante y también es un factor importante en edificaciones ventiladas mecánicamente.

3.1.5. Método considerando ventilación y cargas térmicas

El aire exterior introducido en una edificación forma parte de la carga de acondicionamiento del espacio, la cual es una razón para limitar la cuota de intercambio de aire en las edificaciones a un mínimo requerido. El intercambio de aire típicamente representa de un 20% a un 40% de la carga térmica de la edificación.

El intercambio de aire incrementa la carga térmica de una edificación de 3 maneras:

- Primera, el aire entrante debe ser calentado o enfriado desde la temperatura del aire exterior a la temperatura del aire interior. La tasa de consumo de energía está dada por:

$$q_s = 60 Q \rho C_p \Delta t$$

Donde:

q_s = carga de calor sensible bth/hr

Q = tasa de flujo de aire, cfm

ρ = densidad de aire, lbm/ft³ (aprox. 0.075)

c_p = calor específico del aire, Btu/lb^of (aprox 0.24)

Δt = diferencia de temperatura interior – exterior, ° F

- Segundo: el intercambio de aire incrementa el contenido de humedad, particularmente en verano y en algunas áreas cuando el aire húmedo del exterior debe ser deshumidificado. El consumo de energía asociada con estas cargas está dado por:

$$q_1 = 60 Q h_{fg} \Delta W$$

Donde:

q_1 = carga de calor latente, Btu/h.

h_{fg} = calor latente de vapor a la temperatura del aire apropiado, Btu/lbm (aprox. 1.000).

ΔW = radio de humedad de aire interior menos el radio de humedad del aire exterior, lbm agua/ lbm aire seco.

- Tercero: el intercambio de aire puede incrementar la carga en una edificación, disminuyendo el rendimiento del sistema de envoltura o aislamiento. El aire fluyendo alrededor y a través del aislamiento puede incrementar la tasa de transferencia sobre las tasas de diseño. El efecto de dicho flujo de aire en el rendimiento del sistema de aislamiento es difícil de cuantificar, pero debe ser considerado. El flujo de aire en el sistema de aislamiento puede disminuir también el rendimiento del sistema debido a la humedad condensada dentro y sobre el aislamiento.

3.1.6. Método de ventilación por calidad de aire

Los requerimientos del aire exterior han sido discutidos por más de un siglo, y diferentes estudiosos han producido estándares de ventilación radicalmente diferentes (Klauss et al 1970, Yaglou 1936, 1937). Las consideraciones han incluido la cantidad de aire requerido para remover aire exhalado y para controlar la humedad interior, dióxido de carbono (CO₂) y olor.

El mantenimiento de los niveles de dióxido de carbono (CO₂) es un criterio común para determinar la cuota de ventilación. Una concentración típica exterior del CO₂ es 0.03%. El estándar 62 de la ASHRAE especifica la tasa de ventilación requerida para mantener una aceptable calidad del aire interior para una variedad de usos de espacios. La forma contiene un requerimiento básico de 15 cfm de aire exterior por persona basado en un límite de concentración de CO₂ de 0,1%.

Mientras una persona de salud normal tolera 0.5% de CO₂ sin síntomas desagradables (Mc. Hattie 1.960). Los submarinos algunas veces, operan con 1% de CO₂ en la atmósfera a nivel de 0.1% el cual provee un factor de

seguridad para actividad continua, carga de ocupación inusual, ventilación reducida y control de olores.

Alternativamente la norma 62 puede ser completada manteniendo la concentración de ciertos contaminantes dentro de los límites prescritos por la norma, por medio de la combinación de control de fuentes, tratamiento del aire y ventilación.

En caso de fuentes contaminantes de alto nivel, prácticamente se requieren altos niveles de ventilación para controlar los de contaminación, ya que otros métodos de control son más efectivos. Una efectiva forma de control es la remoción o reducción de fuentes contaminantes, otra alternativa es especificar materiales de construcción con bajas cuotas de emisión de contaminantes.

Selladores pueden ser utilizados en algunas situaciones para prevenir entrada de gases. Ventilación del lugar como ventanillas del baño, rejillas para controlar una fuente determinada, es también efectiva.

Las partículas pueden ser removidas por medio de filtros de aire. Gases contaminantes con mayor peso molecular pueden ser controlados con carbón activo, con pelotillas de alúmina impregnadas con sustancias como permanganato de potasio. El capítulo 10 del volumen HVAC de 1988 tiene información sobre la limpieza del aire. La norma 62 permite que el aire limpio sea sustituido por aire del exterior.

La cuota de circulación debe incrementarse pero debe haber ahorro de energía al acondicionar aire del exterior. Cada contaminante y un método apropiado de limpieza debe ser considerada.

3.2. Métodos computarizados y simuladores

Durante la búsqueda de métodos computarizados (programas) para cálculo de sistemas de renovación de aire fueron encontrados pocos se describirán algunos y también incluirán algunos programas, para considerar implementación de recintos climatizados (aire acondicionado).

3.2.1. Programa PREDISE

Es aplicable a edificios de un solo local por lo que, si el diseño original es multiambiente, deben ignorarse las divisorias interiores y considerarse solamente las fachadas, conservándose el volumen total del edificio. Ésta simplificación, si bien es conveniente a los efectos de facilitar los cálculos, conduce a discrepancias con los resultados obtenidos con los programas de simulación detallada tipo SIMEDIF, ya que con el prediseño se obtiene una única temperatura media para todo el edificio mientras que los programas detallados multiambientes determinan una temperatura distinta para cada local.

Se observa en estos casos que los ambientes ubicados al norte suelen tener temperaturas medias superiores a la de los ubicados al sur si no disponen éstos de colección de radiación solar, por ejemplo, por ventanas ubicadas en un quiebre de techo.

El primer paso del método consiste en determinar la cantidad de energía que intercambia el edificio con el exterior, por día, a través de paredes, techos, ventanas, fundaciones (pérdidas a través de los cimientos perimetrales) e infiltraciones de aire por cada grado de diferencia de temperatura entre los valores medios diarios interior y exterior. Esta cantidad recibe el nombre de

carga térmica unitaria o CTU y, para calcularla, deben determinarse los distintos aportes diarios mediante:

- Paredes: $Q_p = 24 \times 3,6 \times U_p \times A_p / 1,000$ (MJ / °C·día) (1)
- Techos: $Q_t = 24 \times 3,6 \times U_t \times A_t / 1,000$ (2)
- Ventanas: $Q_v = 24 \times 3,6 \times U_v \times A_v / 1,000$ (3)
- Fundiciones: $Q_{pt} = 24 \times 3,6 \times U_{pt} \times A_{pt} / 1,000$ (4)
- Infiltraciones: $Q_i = 24 \times R_{ah} \times R_o \times V / 1,000$ (5)

Donde U_j es el coeficiente global de transferencia de calor, en W/m², del j-ésimo aporte y A_j su área de transferencia, en m². R_{ah} es la tasa de renovaciones de aire por hora, R_o la densidad del aire a 20 °C y a la presión del lugar, en Kg/m³, y V el volumen del edificio en m³. El valor de R_{ah} depende del tipo de carpintería empleado, oscilando entre 1 y 4 de acuerdo a su calidad. El valor de la CTU se obtiene sumando las ecuaciones (1) a (5):

$$CTU = Q_p + Q_t + Q_v + Q_{pt} + Q_i$$

El próximo paso es determinar la cantidad de energía aportada en un día por los sistemas colectores de radiación solar y las ganancias internas de calor debidas a la permanencia de personas y a los aparatos eléctricos o a gas presentes en el edificio. El aporte solar depende de si la colección de radiación se efectúa mediante ganancia directa por ventanas o a través de muros colectores-acumuladores, con o sin ventanillas para termocirculación. Su evaluación se realiza mediante:

- Ganancia solar por ventanas: $Q_{vsolar} = CT_v \times CT_m \times H \times S_v$ (MJ / día) (7)
- Ganancia solar por muros acumul.: $Q_{msolar} = \eta \times H \times S_m$ (8)

En la ecuación (7), CT_v es un coeficiente que tiene en cuenta la disminución de la radiación solar que ingresa al edificio, debida a la transmitancia propia del vidriado y su valor depende tanto del número de vidrios como de la calidad de los mismos. CT_m contempla la influencia de los marcos de las ventanas (los cuales reducen la superficie vidriada disponible), siendo su valor del orden de 0,8 para los casos más usuales. H es la suma de las irradiaciones solares diarias sobre el plano de cada ventana colectora en MJ / m²-día y S_v el área total de las mismas en m².

En la ecuación (8), η es la eficiencia de colección de radiación solar de los muros colectores acumuladores cuyo valor depende, no sólo de los materiales con que están contruidos, sino también de si poseen o no ventanillas para termocirculación y de las variables climáticas a las que están sometidos. H es equivalente a la de la ecuación (7) y S_m es el área total de muros colectores acumuladores.

Si T_a es la temperatura exterior media diaria y T_o la del edificio, la ecuación de balance de energía exige que:

$$CTU \times (T_o - T_a) = Q_{solar} + Q_{gen} \quad (9)$$

Donde Q_{solar} representa la energía suministrada por todos los sistemas solares y Q_{gen} la ganancia interna de calor total. De esta ecuación se deduce la temperatura T_o . El cálculo del salto térmico diario interior se omite a los efectos de proceder a la descripción del programa PREDISE.

Ejemplo de uso del programa:

El programa PREDISE -V.1.0 corre bajo *Windows* en las versiones 98 y posteriores. Cuando se invoca el programa, aparece una pantalla como la de la figura 9, la cual posee 7 menús emergentes:

- Archivo
- Edición
- Calcular
- Reporte
- Herramientas
- Ayuda
- Acerca de....

Figura 10. **Pantalla principal con menús emergentes del Predise V1.0**



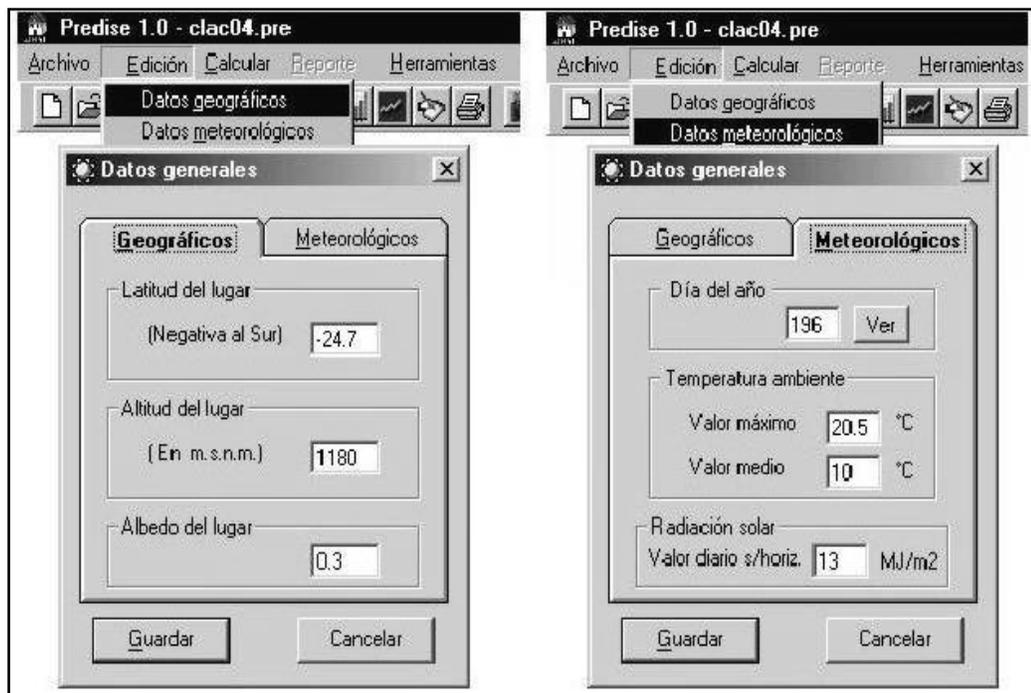
Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

Consulta: 09 de octubre de 2010.

Con el menú archivo se puede generar nuevos archivos de trabajo (que tendrán extensión .pre), abrir archivos existentes, grabarlos en disco, salir momentáneamente al dos y salir de la aplicación. Cuando se inicia PREDISE sólo están activados los submenús: nuevo, abrir, salir al dos y salir. Debe comenzar por crear un nuevo archivo o por cargar uno existente.

Una vez abierto un archivo con extensión: .pre, se activan los menús: edición y calcular y se puede proceder a ingresar o modificar los valores de los distintos parámetros que intervienen en los cálculos.

Figura 11. Edición de datos geográficos (izquierda) y meteorológicos (derecha)



Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

Consulta: 09 de octubre de 2010.

Los dos primeros submenús del menú Edición despliegan las pantallas de ingreso de datos geográficos y meteorológicos, según se observa en la figura 8. Los datos meteorológicos a ingresar son en valores diarios medios mensuales.

Para la obtención de la radiación solar sobre planos de cualquier pendiente y orientación PREDISE hace uso del método de Liu-Jordan (DUFFIE J. & BECKMAN W., 1991). Mediante el botón: ver de la planilla de datos meteorológicos se puede calcular el n-ésimo día del año (necesario para los cálculos) ingresando la fecha correspondiente. Una vez editados los datos geográficos y meteorológicos se procede a ingresar o modificar los datos propios del edificio mediante el submenú: datos del edificio, según se observa en la figura 12: edición de datos del edificio.

Figura 12. Edición de datos del edificio



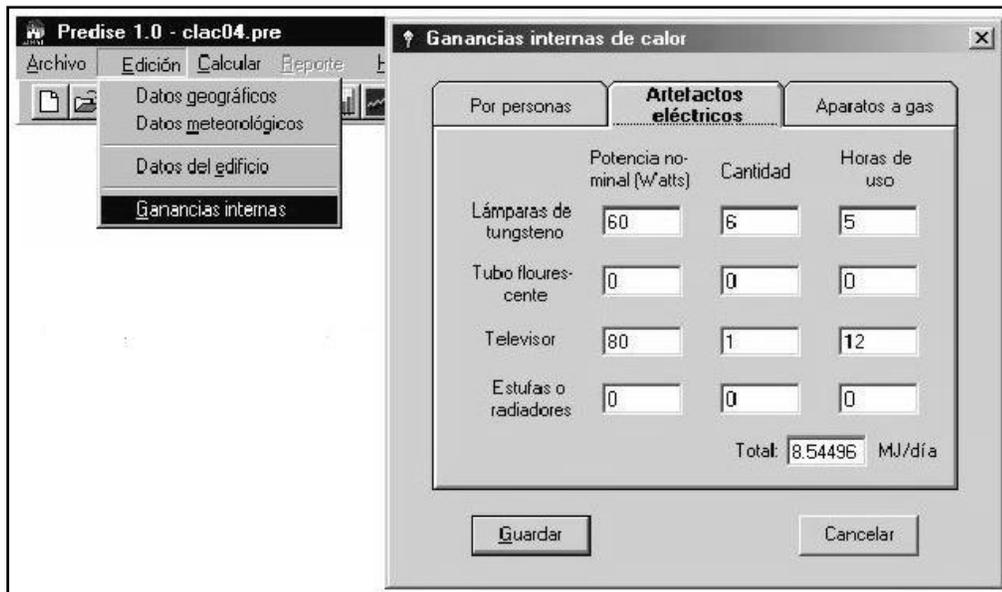
Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

Consulta: 09 de octubre de 2010.

La pantalla de edición de datos del edificio permite ingresar o modificar los parámetros propios: techos, paredes, fundaciones, infiltraciones, puertas, ventanas y muros colectores-acumuladores. En los tres últimos se pueden agregar y/o eliminar elementos.

Las ganancias internas de calor aportadas por las personas, aparatos eléctricos y artefactos a gas se ingresan o modifican en el submenú “Ganancias Internas” del menú: edición mostrada en la figura 13.

Figura 13. Edición de ganancias internas

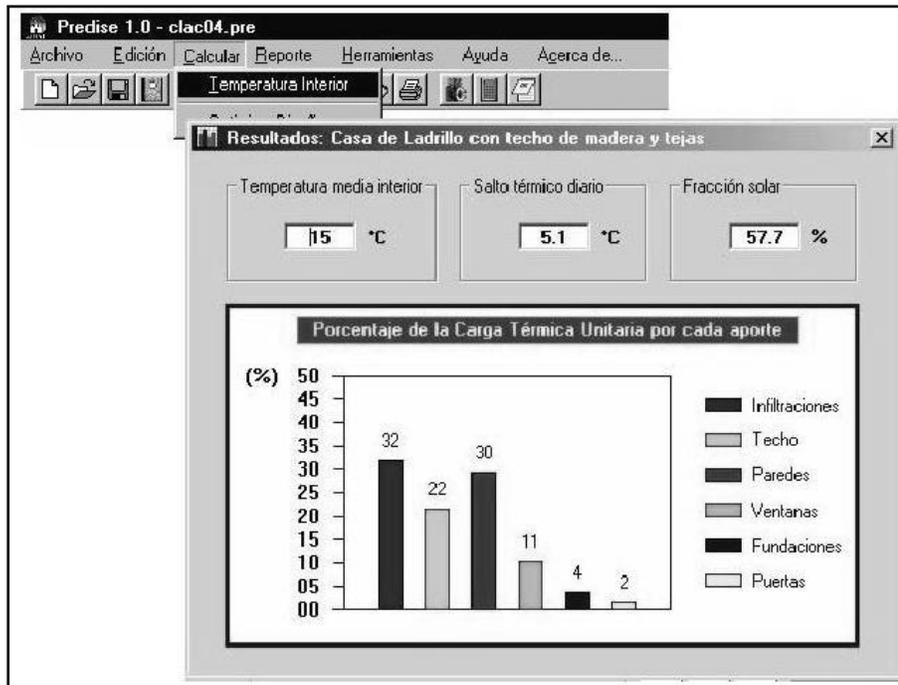


Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.
Consulta: 09 de octubre de 2010.

Para cada aparato eléctrico se debe ingresar la potencia que consume, la cantidad de elementos presentes en el edificio y el número total de horas que permanecen encendidos. Datos similares deben ingresarse para los artefactos que funcionan a gas.

Una vez completadas todas las planillas del menú Edit. Se puede proceder a realizar los cálculos mediante el submenú: temperatura interior del menú: calcular.

Figura 14. **Temperatura media interior, salto térmico diario, fracción solar, porcentaje de pérdidas**



Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.
Consulta: 09 de octubre de 2010.

Según se observa en la figura 14, los resultados que genera PREDISE son la temperatura media interior y el salto térmico diario dentro del edificio, la fracción solar aportada por los sistemas colectores con que cuenta el diseño y la distribución porcentual de las pérdidas de energía por cada aporte (respecto del valor total o CTU). Esto permite orientar el proceso de optimización del diseño indicando sobre qué aportes deben realizarse ajustes. En el título de la pantalla de resultados se observa una breve descripción del edificio: casa de ladrillo con techo de madera y tejas, indicando cuáles fueron los materiales seleccionados para estos elementos constituyentes de la piel del edificio.

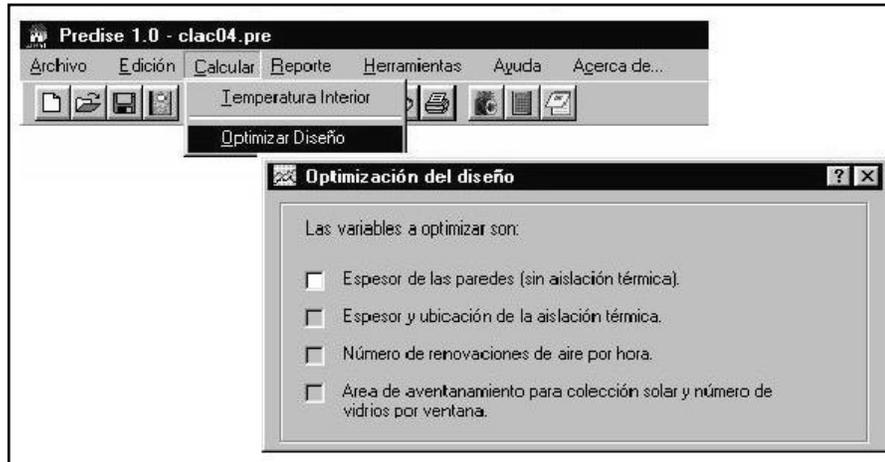
PREDISE permite seleccionar entre 3 tipos de techo y 4 tipos de paredes cuyas propiedades térmicas fueron predefinidas a partir de valores de tablas (INCROPERA F. & DEWITT D., 1990). También cuenta con un procedimiento de optimización del diseño que permite, a través de un conjunto de gráficos, determinar la mejor combinación de parámetros de diseño tendiente a lograr un valor de temperatura media interior óptima desde el punto de vista de la relación costo-beneficio.

Según se observa en la figura 15, las variables a optimizar son:

- Espesor de muros
- Espesor y ubicación de la aislación térmica
- Número de renovaciones de aire por hora
- Áreas de colección de radiación solar y número de vidrios por ventanas

Cada vez que se invoca el procedimiento de optimización del diseño a través del submenú: optimizar diseño, del menú: calcular, PREDISE coloca en 0 el espesor de las aislaciones térmicas y en 1 las tasas de renovaciones de aire por hora y el número de vidrios por ventana.

Figura 15. Pantalla desplegada de proceso de optimización del diseño



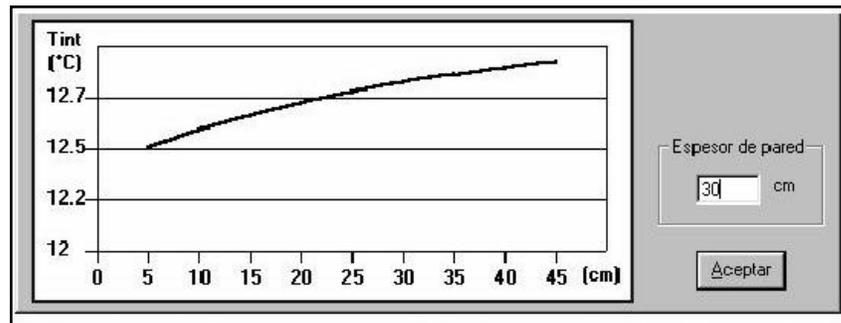
Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

Consulta: 09 de octubre de 2010.

El espesor de los muros de la fachada es uno de los parámetros que influyen en la cantidad de energía que el edificio intercambia con el exterior. El flujo de energía desde y hacia el interior del edificio es inversamente proporcional a dicho espesor. Por lo tanto, cuanto mayor es su valor, menor es la cantidad de energía que atraviesa las paredes del edificio por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

Cuando se desea optimizar el espesor de los muros PREDISE presenta un gráfico de la temperatura media interior versus dicho espesor (en cm), como el que se observa en la figura 16. El gráfico aparece cuando se activa la casilla de verificación correspondiente ubicada a la izquierda del rótulo: espesor de las paredes (sin aislación térmica).

Figura 16. **Gráfico de la temperatura media interior versus espesor de paredes**



Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

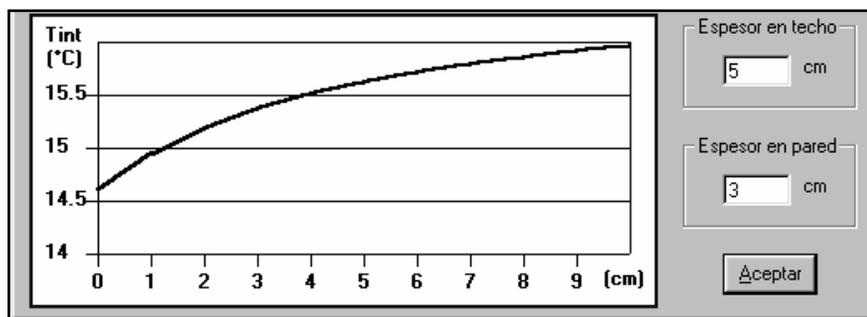
Consulta: 09 de octubre de 2010.

El espesor de las paredes indicado en las abscisas corresponde exclusivamente al del material con que están construidas (no incluye el espesor de aislación térmica si la hubiere). El valor seleccionado debe ingresarse en cm en la ventana blanca ubicada a la derecha de la pantalla e identificada con el rótulo: espesor de pared.

El segundo paso en la optimización del diseño consiste en determinar la ubicación y el espesor de la aislación térmica. PREDISE permite seleccionar si la aislación se incluirá sólo en el techo, sólo en los muros o en ambos conjuntamente. Una vez optimizado el espesor de los muros exteriores se habilita la casilla de verificación junto al rótulo: espesor y ubicación de la aislación térmica de la pantalla de optimización (figura 15). Cuando se activa esta casilla (oprimiendo el botón izquierdo del mouse) la pantalla se despliega presentando un gráfico en blanco, dos casillas de verificación identificadas como: aislación en techo y aislación en paredes y dos ventanas para el ingreso de los respectivos valores de espesor seleccionados (en cm).

Cuando se activa la casilla de verificación correspondiente a la aislación en techo el gráfico muestra la dependencia de la temperatura media interior con el espesor de dicha aislación. Una vez ingresado en la ventana correspondiente el valor seleccionado, se habilita la casilla de verificación junto al rótulo: aislación en paredes y al activarla el gráfico se actualiza mostrando la dependencia de la temperatura interior con el espesor de la aislación en muros. La curva ahora mostrada ha sido calculada incluyendo el espesor de aislación en techo seleccionado en el paso anterior. En la figura 17 se muestra la pantalla con el gráfico correspondiente a esta última situación observándose que, en el caso ejemplificado, se ha seleccionado un espesor de 5 cm para la aislación térmica del techo y de 3 cm para las paredes.

Figura 17. **Pantalla de selección del espesor y aislación térmica**



Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

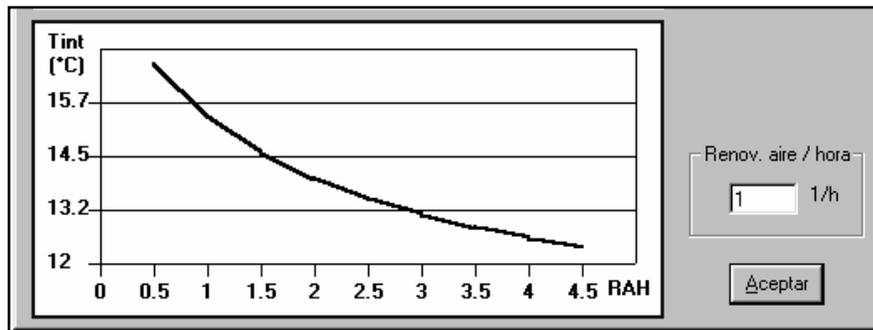
Consulta: 09 de octubre de 2010.

El tercer paso en el proceso de optimización del diseño es la elección del número de renovaciones de aire por hora. Este parámetro influye considerablemente en el intercambio de energía entre el interior y el exterior del edificio debido al movimiento del aire a través de las rendijas existentes en puertas y ventanas. Dicho movimiento es causado por la diferencia entre las

densidades del aire interior y exterior y por el patrón de presiones ejercido por el viento sobre los muros de la fachada. El número de renovaciones de aire por hora depende del tipo de carpintería presente en el edificio, oscilando entre 1 para una buena y 4 para una mala. Su valor puede minimizarse agregando burletes en puertas y ventanas.

Una vez optimizadas la ubicación y el espesor de la aislación térmica se habilita la casilla de verificación junto al rótulo “Número de renovaciones de aire por hora”. Al activarla se expande la pantalla de optimización presentando el gráfico de la dependencia de la temperatura media interior con el número de renovaciones de aire por hora (RAH) y una ventanilla en blanco para el ingreso del valor seleccionado, según se observa en la figura 18.

Figura 18. **Gráfico de la temperatura media interior versus número de renovaciones por hora**



Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

Consulta: 09 de octubre de 2010.

De acuerdo a lo que se observa en la figura 18, la temperatura media interior depende fuertemente del valor de RAH. Durante el invierno, a medida que este número aumenta, disminuye la temperatura media interior debido al

mayor ingreso de aire frío proveniente del exterior. Durante el verano la situación se invierte aumentando la temperatura interior por ingreso de aire caliente desde el exterior.

En ambos casos debe procurarse minimizar el número de renovaciones de aire por hora. El último paso en la optimización del diseño es la selección del número de vidrios por ventanas y del área de colección de radiación solar. A fin de disminuir la pérdida de calor a través de las ventanas se puede agregar en ellas una segunda capa de vidrio separada de la primera por una distancia del orden de 1,5 cm.

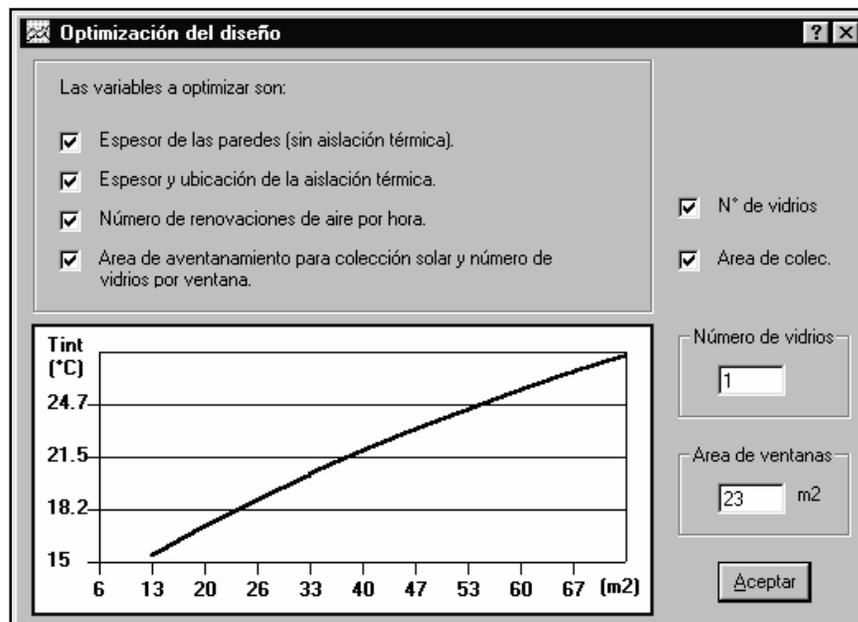
Esto disminuye simultáneamente la cantidad de radiación solar que ingresa al edificio debido a que la transmitancia global de un sistema de dos vidrios es un 10% menor que la de un solo vidrio. Existe entonces un compromiso entre ganancias y pérdidas que deberá ser resuelto en base a la relación costo-beneficio.

En cuanto a la optimización de las áreas de colección, los resultados dependerán de si el diseño incluye sólo ventanas, ventanas y muros colectores o sólo éstos últimos. En los dos primeros casos, PREDISE optimiza el área de las ventanas y en el tercero, el área de los muros colectores bajo la premisa de que las ventanas tienen mayor eficiencia de colección que los muros. Se advierte; sin embargo, que el exceso en las áreas de colección por ventanas conduce a grandes saltos térmicos interiores entre el día y la noche.

En la figura 19 se observa la dependencia de la temperatura media interior con el área de colección de radiación solar. Se observa que para que el diseño logre una temperatura del orden de 18 °C necesita disponer de 23 m² de área de colección. PREDISE incrementa esta área a partir del valor presente al

momento de iniciar la optimización. En el ejemplo graficado, el área de colección del diseño original era de 13 m² con los cuales se lograba alcanzar una temperatura interior del orden de 15 °C.

Figura 19. **Gráfico de la temperatura media interior versus área de colección de radiación solar**



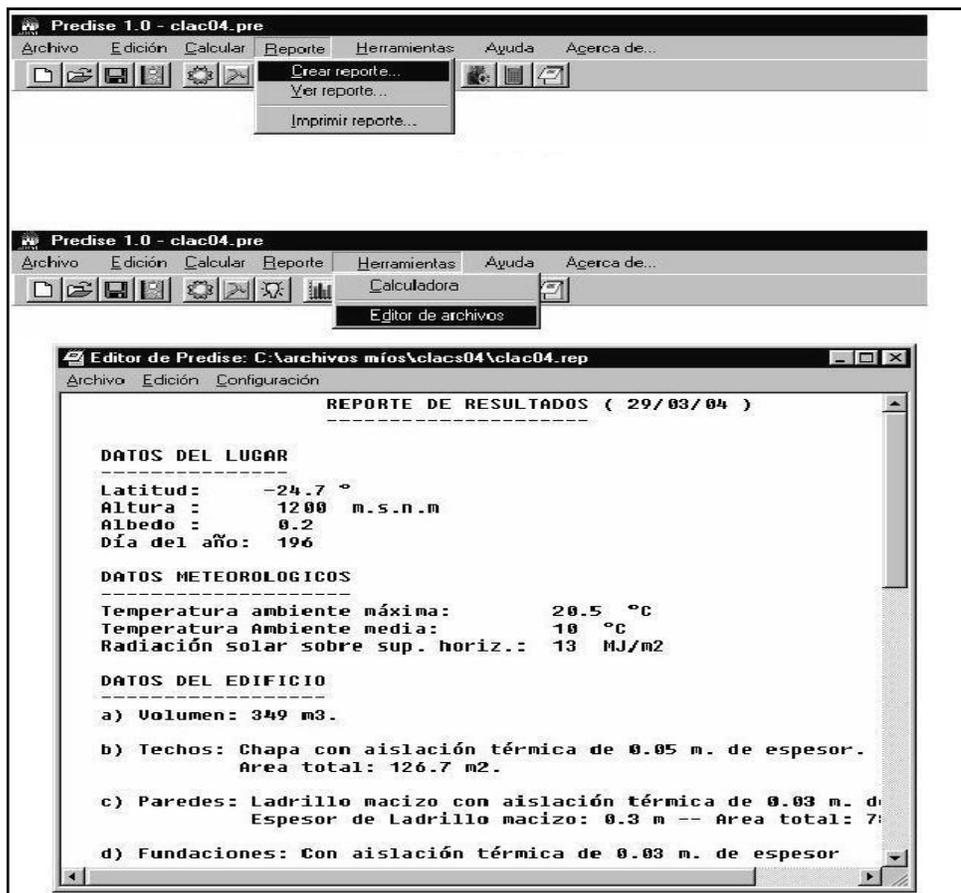
Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

Consulta: 09 de octubre de 2010.

Una vez optimizado el diseño del edificio se puede generar, mediante el menú desplegable: reporte, un archivo de informe que tendrá el mismo nombre que el de trabajo pero con extensión: *.rep. Sus submenús se observan en la figura 20 y permiten crear, ver e imprimir el archivo: *.rep, con los resultados del estudio.

Finalmente, el menú: herramientas cuenta con una calculadora sencilla para realizar cálculos intermedios y un editor de textos elemental (propio de PREDISE) con el cual se puede leer el reporte generado según se observa en la figura 20.

Figura 20. Submenú de reporte (arriba) y vista de editor de texto (abajo)



Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

Consulta: 09 de octubre de 2010.

El archivo de reporte presenta la fecha de su creación a los efectos de poder comparar distintas combinaciones de pautas de diseño evaluadas en momentos diferentes del proceso de optimización del diseño.

Es un archivo escrito en código ASCII que puede ser importado en cualquier procesador de texto potente para mejorar su calidad de impresión (tamaño y color de letras, justificación, etc.) y sirve como informe para ser archivado por el proyectista o bien entregado a la persona que encargó el diseño del edificio. Si sólo se necesita una copia borrador del mismo, se puede imprimir desde el submenú: Imprimir reporte del menú reporte del PREDISE.

El título de la pantalla del editor de texto contiene la dirección de su ubicación exacta, que corresponde a la carpeta en la cual se encuentra el archivo de prediseño con extensión .pre.

El programa genera entonces dos archivos ASCII. Uno con extensión: .pre, que es el que debe cargarse inicialmente y contiene todos los parámetros necesarios para realizar los cálculos y otro con extensión “.rep” con el informe completo del estudio realizado. Además de los menús desplegables descriptos, PREDISE cuenta con una barra de herramientas cuyos botones, identificados con los íconos correspondientes, permiten realizar las tareas más comunes sin necesidad de desplegar dichos menús.

Figura 21. **Barra de herramientas de Predise V 1.0**



Fuente: HERNÁNDEZ, Alejandro. <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/leame.pdf>.

Consulta: 09 de octubre de 2010.

En la figura 18, el primer grupo de cuatro botones permite crear un nuevo archivo de trabajo, abrir uno existente, grabarlo en disco y cerrar un archivo abierto. El segundo grupo con tres botones permite editar los datos geográficos

y meteorológicos, editar los datos del edificio e ingresar las ganancias internas de calor. El siguiente grupo, de cuatro botones, permite calcular la temperatura media interior, invocar al procedimiento de optimización, crear el reporte e imprimirlo. Finalmente, el último grupo de tres botones permite salir momentáneamente al: dos, utilizar la calculadora y abrir el editor de textos interno. PREDISE cuenta con un completo manual interactivo de ayuda que permite realizar una búsqueda por ítems a través del menú Ayuda de la barra de tareas o bien averiguar sobre algún parámetro particular que figure en pantalla oprimiendo el botón izquierdo del mouse sobre él y oprimiendo la tecla F1.

En otro trabajo presentado a este Congreso se dispone de un ejemplo concreto de aplicación del PREDISE en combinación con otro programa de simulación de edificios (SIMEDIF) desarrollado también en el INENCO.

3.2.2. Calculair de Saunier Duval

Herramienta de probada eficacia y que goza de gran aceptación por parte de los profesionales de la climatización. Las mejoras que incorpora el nuevo programa destacan la actualización de los algoritmos de cálculo, incluyendo ahora el cálculo por transferencia, la posibilidad de crear cerramientos mediante capas, la incorporación del cálculo de instalaciones de suelo radiante y radiante/refrescante, así como la posibilidad de emisión de presupuestos para este tipo de instalaciones. Este programa es totalmente gratuito y está disponible (que es un software de carácter gratuito previo registro) para su descarga desde la página *Web de Saunier Duval*. Esta información la podemos encontrar para su respectiva evaluación en:

[www.saunierduval.es]

3.3. Criterios para diseño de sistemas de inyección de aire

Luego de conocer algunos métodos numéricos se propone el siguiente camino para realizar un diseño para implementación de inyección de aire.

3.3.1. Elección del sistema idóneo

Existe la ventilación ambiental, la cual es adecuada para recintos ocupados por seres humanos con la contaminación producida por ellos mismos en sus ocupaciones y también en naves de granjas de animales que ocupan toda la superficie y en aparcamientos subterráneos de vehículos donde la contaminación puede producirse en todos los lugares. O bien ventilación localizada la cual sirve para controlar la contaminación en los lugares donde se genera.

3.3.2. Determinación de la masa de aire determinada

Se debe calcular la masa de aire necesitada en un tiempo determinado ésta se encuentra a través de datos y fórmulas o algún programa que ayude a determinar dicha cantidad de aire, caudal que sea necesario.

3.3.3. Determinar la posibilidad de la descarga libre

Esto es lanzar fuera el aire contaminado a través de un cerramiento, pared o muro. En el caso de tener que descargar en un punto lejano, calcular la pérdida de carga de la canalización necesaria, con todos sus accidentes: captación, tramos rectos, codos, expansiones, reducciones, obstáculos, etc., hasta alcanzar la salida.

3.3.4. Consulta de catálogo de ventiladores

Lo más recomendable para un buen desempeño por diseño es identificar cuáles de ellos contienen en su curva característica el punto de trabajo necesario: Caudal-Presión.

3.3.5. Selección de ventilador

El punto de funcionamiento será la intersección de la característica del circuito ($\Delta P=kQ^2$) y la característica del ventilador (dado por el fabricante). Se puede variar el punto de funcionamiento, bien variando la característica del circuito (compuertas, etc.) o bien el régimen de giro del ventilador.

Los criterios para seleccionar un ventilador son: las dimensiones, el ruido, la facilidad de mantenimiento y coste inicial. El ruido y el rendimiento están ligados entre sí, en el sentido de que el mínimo nivel sonoro se corresponde con el rendimiento máximo.

Tabla VIII. **Relación de velocidades respecto el diferencial de presión**

ΔP (mm.c.a.)	Velocidad (m/s) Centrífugo	Velocidad (m/s) Axial
6	2-2.5	4.5-7.5
12	2.5-7.5	6.5-9.5
18	3.5-8.5	8.5-11.5
25	4-10	9.5-13.5
37	4-12.5	-

Fuente: Universidad Jaume I. Sistema de distribución de aire. Cálculo de conductos. p. 7.

Continúa la tabla de presiones dinámicas donde relaciona la velocidad alcanzada de un ventilador con la presión dinámica necesitada.

Tabla IX. **Presiones dinámicas**

Velocidad (m/s)	Presión dinámica (mm.c.a.)	Velocidad (m/s)	Presión dinámica (mm.c.a.)
2,0	0,25	9,0	5,06
2,5	0,39	9,5	5,64
3,0	0,56	10,0	6,25
3,5	0,77	10,5	6,89
4,0	1,00	11,0	7,56
4,5	1,27	11,5	8,27
5,0	1,56	12,0	9,00
5,5	1,89	12,5	9,77
6,0	2,25	13,0	10,56
6,5	2,64	13,5	11,39
7,0	3,06	14,0	12,25
7,5	3,52	14,5	13,14
8,0	4,00	15,0	14,06
8,5	4,52	15,5	15,02

Tabla – Presiones dinámicas

$$H_v = \left(\frac{V}{4} \right)^2$$

Fuente: Universidad Jaume I. Sistema de distribución de aire. Cálculo de conductos. p.8

Es aconsejable seleccionar el ventilador dentro de la zona indicada en las aplicaciones en el que el ruido presente un inconveniente, como son las instalaciones de climatización.

4. MEMORIA DE CÁLCULO Y REDISEÑO DEL SISTEMA

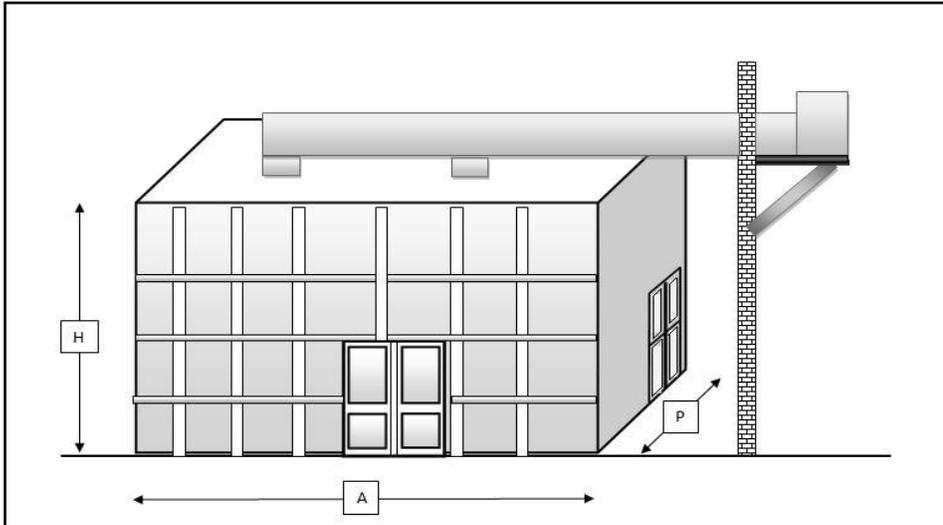
4.1. Planteamiento y datos

En un recinto de 10,35 m de ancho (A) por 3,75 m de alto (H) y 5,23 m de profundidad (P) cuya estructura es metálica, cubierta por ventanas de vidrio translúcido en sus lados y en su techo lámina de aluminio con alma de plástico policarbonato. Dicho lugar cuenta con tres puertas de hojas dobles con vidrio translúcido de 0,85 m de ancho por 2,15 m de alto las cuales tienen una apertura por hora en cada puerta. También existe una abertura de 0,55 m de ancho por 0,80 m de alto en donde sale producto constantemente sin cerrarse.

En este lugar se trabaja en jornadas de 22 horas, donde operan 2 personas en todo momento. Durante el envasado del producto existe una evaporación de gas ozono en el ambiente con una concentración residual de 0,1 mg/mL la cual es disipada por un sistema de inyección de aire filtrado que suministra 500 cfm en dos rejillas difusoras.

El sistema actual cuenta con inyector centrífugo localizado afuera del edificio y el aire filtrado es transportado por una tubería metálica de 10,05 m del muro hacia el cuarto de llenado en donde va la primera rejilla difusora de aire y la segunda rejilla está separada de la primera 4,22 m para así terminar el sistema de conducción de aire.

Figura 21. Recinto para rediseño de sistema de ventilación Bepresa



Fuente: elaboración propia.

4.2. Cálculo y determinación de valores

Para la resolución de este problema utilizaremos los siguientes datos:

- Ancho = 17,55 ft.
- Alto = 32,37 ft.
- Profundidad = 10,30 ft.

Encontrar el volumen de aire en el recinto con la siguiente fórmula:

$$V = H * A * P$$

Donde:

- V= volumen.
- H= altura.
- A= ancho.
- P= profundidad.

$$\text{Volumen del recinto (Ft}^3\text{)} = 5851$$

El recinto está ocupado por equipos diversos los cuales reducen el volumen físico de aire en donde se determina volumen que ocupan:

$$\Sigma V_{eq} = H_n * A_n * P_n$$

Donde:

- ΣV_{eq} = sumatoria de todos los volúmenes que ocupan los equipos
- H_n = altura del equipo dentro del recinto
- A_n = ancho del equipo dentro del recinto
- P_n = profundidad del equipo dentro del recinto

$$\text{Volumen ocupado por equipos (Ft}^3\text{)} = 621$$

Encontrar el valor del volumen útil de aire en el recinto con la siguiente fórmula:

$$V_{ut} = V - \Sigma V_{eq}$$

Donde:

- V_{ut} = volumen útil de aire en el recinto
- V = volumen
- ΣV_{eq} = sumatoria de todos los volúmenes que ocupan los equipos

Volumen útil de aire (Ft³)= 5231

También encontrar el porcentaje equivalente que ocupan los diversos equipos con la siguiente fórmula:

$$\%V_o = (\Sigma V_{eq} / V) * 100$$

Donde:

- $\%V_o$ = porcentaje de volumen
- ΣV_{eq} = sumatoria de todos los volúmenes que ocupan los equipos
- V = volumen

$$\%V_o = 11$$

Luego de conocer estos valores se consideran la cantidad de ocupantes y determinar cuál es el volumen de aire con el que cuenta cada persona en el recinto mediante la siguiente fórmula:

$$V_{opp} = V_{ut} / \text{No. personas}$$

Donde:

- V_{opp} = volumen de aire por persona
- V_{ut} = volumen útil de aire en el recinto
- No. personas = cantidad de personas en el recinto

No. personas = 2

$V_{opp} (Ft^3) = 2615$

Según la tabla VII y el caso de la cámara de llenado donde se evapora gas ozono y se mezcla con el aire del recinto. Se toma el criterio de tomar 15 renovaciones de aire por hora (asumiendo como si fuera una sala de juegos con fumadores).

Este criterio es considerado, ya que no es permitido exponer a los habitantes a concentraciones mayores de 0,1 mg/mL en el ambiente.

Cantidad de renovaciones= 15

Tabla X. **Determinación de renovación de aire en locales habitadas**

Renovación del aire en locales habitados	Renovaciones/hora N
Catedrales	0,5
Iglesias modernas (techos bajos)	1 - 2
Escuelas, aulas	2 - 3
Oficinas de Bancos	3 - 4
Cantinas (de fábricas o militares)	4 - 6
Hospitales	5 - 6
Oficinas generales	5 - 6
Bar del hotel	5 - 8
Restaurantes lujosos (espaciosos)	5 - 6
Laboratorios (con campanas localizadas)	6 - 8
Talleres de mecanizado	5 - 10
Tabernas (con cubas presentes)	10 - 12
Fábricas en general	5 - 10
Salas de juntas	5 - 8
Aparcamientos	6 - 8
Salas de baile clásico	6 - 8
Discotecas	10 - 12
Restaurante medio (un tercio de fumadores)	8 - 10
Gallineros	6 - 10
Clubs privados (con fumadores)	8 - 10
Café	10 - 12
Cocinas domésticas (mejor instalar campana)	10 - 15
Teatros	10 - 12
Lavabos	13 - 15
Sala de juego (con fumadores)	15 - 18
Cines	10 - 15
Cafeterías y Comidas rápidas	15 - 18
Cocinas industriales (indispensable usar campana)	15 - 20
Lavanderías	20 - 30
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20 - 30
Tintorerías	20 - 30
Obradores de panaderías	25 - 35
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 - 60
Talleres de pintura (mejor instalar campana)	40 - 60

Fuente: Soler & Palau. Manual práctico de ventilación. p.18.

Se toma como referencia el diámetro de tubería que está en uso para encontrar el área por donde es conducida la masa de aire utilizando la siguiente fórmula:

$$Ar = \pi * (d^2) / 4$$

Donde:

- Ar = área de una circunferencia.
- π = constante matemática equivalente a 3,14159
- d = diámetro de la tubería

Diámetro de tubería conductora de aire (Plg)= 12

Área de tubería (Ft2)= 0,8

Encontrar el caudal que pasará por la tubería utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = (Vut * N) / 3600$$

Donde:

- Q = caudal
- Vut = volumen útil de aire en el recinto
- N = número de renovaciones 15 (según tabla)

Caudal (Ft3/min) = 1307

Caudal (Ft3/seg) = 22

Encontrar la velocidad del viento el cual se debe transportar para tener una presión positiva en el recinto, será utilizada la siguiente fórmula.

$$\text{Vel} = Q / \text{Ar}$$

Donde:

- Vel = velocidad del viento
- Q = caudal
- Ar = área de una circunferencia

Velocidad de Aire (Ft/seg): 28

Determinar la presión dinámica en pulgadas por columna de agua (Inch/H₂O) con la siguiente fórmula:

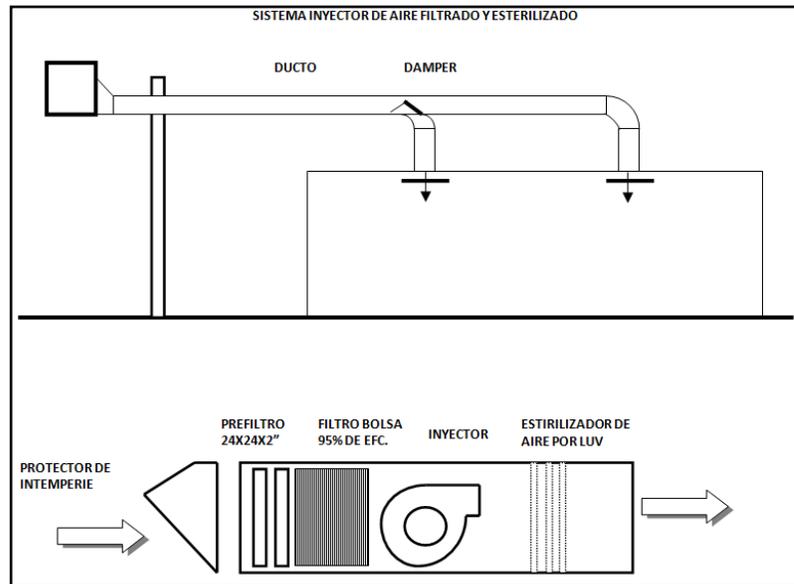
$$\text{Pd} = (\text{Vel} / 4005)^2$$

Donde:

- Pd = presión dinámica del viento en sistema inglés
- Vel = velocidad del viento
- 4005 = valor constante para sistema inglés

Presión dinámica (Inch/H₂O)= 48 e-6

Figura 23. **Rediseño propuesto para sistema de ventilación Bepresa**

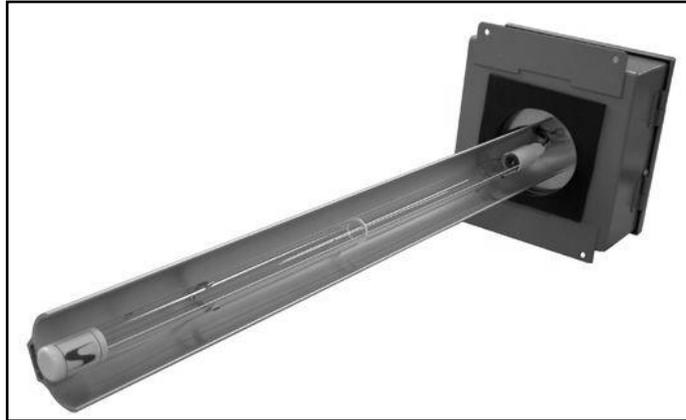


Fuente: elaboración propia.

Para el caso de los esterilizadores del aire existen muchos modelos en el mercado, pero localmente es difícil conseguirlos.

El modelo de seleccionado realiza una esterilización de 300m^3 / Hora de aire con una radiación de 254 nanómetros. Abajo en la figura 24, se ilustra el modelo propuesto para el proyecto.

Figura 24. **Esterilizador por luz ultravioleta para aire**



Fuente: HOBBS, Collen. http://www.filtrationgroup.com/index.php/main.page/Crystal_Coil_HD. Consulta: 16 de abril de 2011.

Ahora, encontrar las pérdidas generadas por los filtros, accesorios, ductos debido a la fricción que proporciona al paso del aire que son el gasto de energía del ventilador y se conocerán como pérdidas de carga.

Los materiales del ducto están pensados para que soporte un flujo de 2400 CFM de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Con este dato se encuentra una caída de presión de 0,3 inch H₂O por cada 100 pies de distancia (para un rango de velocidades de 1,000-1800 CFM).

Longitud equivalente de tubería recta el sistema (ft): 48,81

Caída de presión en ducto recto (inch/H₂O)= 0,15

También se tiene una caída de presión de 0,08 inch/H₂O por cada accesorio instalado conjuntamente en el ducto. En este sistema existen tres codos, dos rejillas, una transición de base cuadrada a circular, dos transiciones de base circular a cuadrada.

Caída de presión en accesorios (inch/H₂O)= 0,64

Se propuso la colocación de un dámper con el objetivo de balancear las presiones en el sistema. El cálculo se realizó obteniendo la diferencia entre la mayor caída de presión en un trayecto con la presión menor. Esto da una caída de presión de 0,019 Inch H₂O /ft.

Caída de presión en dámper (inch/H₂O)= 0,26

En el caso del sistema de pre filtro y filtro de bolsa propuesto, se conoce la caída de presión operativamente bajo la ficha técnica del fabricante.

Caída de presión en filtro electrostático de 24"X24"X2" (inch/H₂O)= 0,46

Caída de presión en filtro de bolsa 24"*24"*22" (inch/H₂O)= 0,44

Se encuentra la pérdida de carga total, sumando todas las caídas de presión ocasionadas en los distintos puntos para así conocer la presión estática.

Presión estática en el sistema (inch/H₂O)= 1,71

Conociendo ya la presión estática y la presión dinámica se conoce la presión total en el sistema por medio de una suma algebraica.

$$\text{Presión total (inch/H}_2\text{O)} = 1,71$$

Encontrar la potencia requerida del motor que hará posible la presión total en el sistema para generar un sistema de presión positiva en el recinto con la siguiente fórmula:

$$PoVent = \rho * Q * H$$

Donde:

- $PoVent$ = potencia del motor para ventilador
- P = constante de fuerza 65.35 Libras fuerza por pie cúbico (Lbf/Ft³)
- Q = caudal
- H = valor en pies columna de agua (Ft/H₂O)

$$\text{Potencia del motor para ventilador (Lbf-Ft/Min)} = 12197$$

Encontrar la potencia del motor necesaria en Hp para lograr la presión en el sistema por medio del siguiente factor de conversión:

- 1 Hp = 33000 Lbf-Ft/ min

$$\text{Potencia de ventilador en Hp} = 0,37$$

4.3. Análisis de materiales e infraestructura

Analizando el entorno como: el área geográfica, posición urbana, infraestructura primaria, estructura del recinto; se puede considerar materiales adecuados que aporten durabilidad y aislamiento contra la carga térmica ambiental que existe por ser únicamente un sistema de ventilación.

Con base a la información recopilada en dicha propuesta y los materiales existentes en el mercado nacional el material recomendado, es Ductoglass 800, ya que posee excelentes propiedades termo acústicas y durabilidad.

En el caso de la implementación del sistema de luz ultravioleta para esterilizar el aire es necesario considerar tres tubos de luz germicida de 25 vatios que nos esterilizarán el flujo de aire estimado, ya que las ondas de radiación emitidas están en el rango de los 254 nm será necesario considerar utilizar una cubierta refractaria de luz en las paredes internas para aprovechar al máximo la radiación emitida por dichos bulbos.

5. ESTUDIO DE INVERSIÓN ECONÓMICA

5.1. Análisis de costos por inversión

En el tema de inversión es muy importante evaluar todos los aspectos necesarios para la toma de decisiones, previos a la aprobación de un proyecto. En la actualidad una empresa jamás hace un gasto injustificado, traza objetivos que sean de beneficio para ella misma porque en caso contrario, pierde utilidades.

La propuesta surge de la necesidad de implementar una mejora en el ambiente donde reside personal, asegurar la inocuidad del lugar, así como denotar el interés por la salud de los colaboradores.

Es el caso de la planta de producción de Bebidas Preparadas, aunque ya existe un sistema de inyección de aire que disminuye la exposición en ese lugar, una mejora es motivo de considerar dicha inversión.

5.2. Proyección de utilidad

El proyecto busca tener una mejor funcionalidad, que cumpla la eficiencia y eficacia respecto al equipo actual, es por ello que se realiza el siguiente análisis con base a los siguientes conceptos:

5.2.1. Relación costo beneficio

La relación beneficio / costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar. Toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto.

5.2.2. Decisión de inversión

En los negocios se debe considerar la tasa de descuento para decidir si dedican parte de sus utilidades a la compra de un nuevo equipo o maquinaria, o si dan un dividendo adicional a sus accionistas. En un mundo ideal, sólo comprarían un equipo si los accionistas pueden conseguir a futuro un beneficio más grande. La cantidad de beneficio adicional que un accionista requiere en el futuro, para preferir que la compañía compre equipo o máquinas en lugar de entregar el beneficio ahora, se estima de acuerdo con la tasa de descuento. Hay una manera ampliamente utilizada de estimarlo, usando datos del precio de las acciones. Se conoce como el modelo de tasación de activos fijos. Las empresas aplican normalmente esta tasa de descuento a sus decisiones sobre la compra de equipos, calculando el valor actual neto de la decisión.

5.2.3. Tasa de descuento

La tasa de descuento o tipo de descuento costo de capital es una medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro. Por ejemplo: si A es el valor nominal esperado de una obligación con vencimiento de un lapso específico y la tasa de descuento es d y su valor actual que puede ser reconocido por una persona o entidad tomadora es B :

$$A = \frac{B}{1 - d}$$

La tasa de descuento se diferencia de la tasa de interés, en que esta se aplica a una cantidad original para obtener el incremento que sumado a ella da la cantidad final, mientras que el descuento se resta de una cantidad esperada para obtener una cantidad en el presente. En el tipo de descuento el divisor en la fórmula del tipo de interés es la inversión original.

5.3. Gráficas

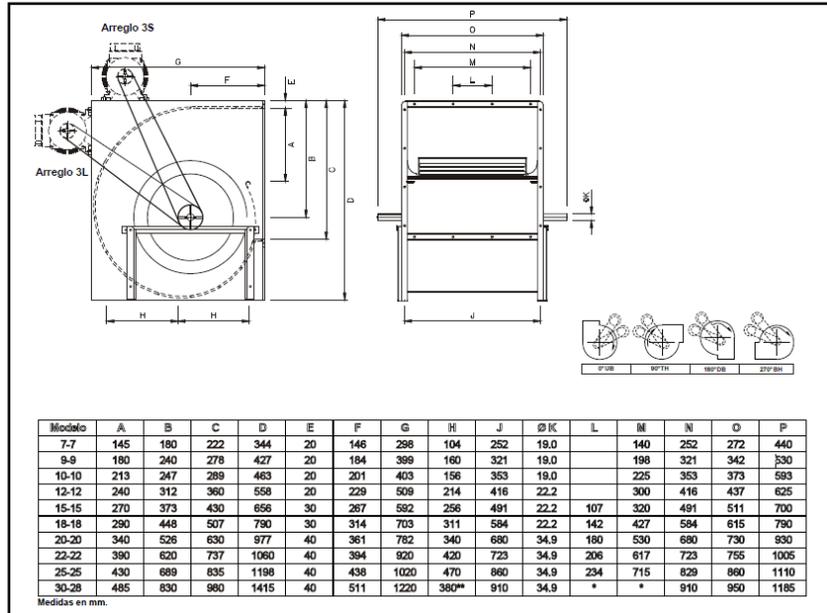
El modelo que se sugiere para la propuesta de rediseño del equipo cumple con los valores encontrados, razón por la cual hace mención e ilustración de los dispositivos y curvas de funcionamiento.

5.3.1. Inyector de aire

El inyector de aire sugerido es un equipo construido y distribuido por Soler & Palau, estos son fabricados en lámina galvanizada resistente a la corrosión, están diseñados para brindar eficiencia y confiabilidad en aplicaciones de suministro, extracción y retorno de aire por conductos, su diseño permite obtener cuatro posiciones de descarga (cada 90°).

La serie DA integra un arreglo especial en la cual la base motor se encuentra sobre la envolvente del equipo.

Figura 25. Ventilador modelo DA 10/10

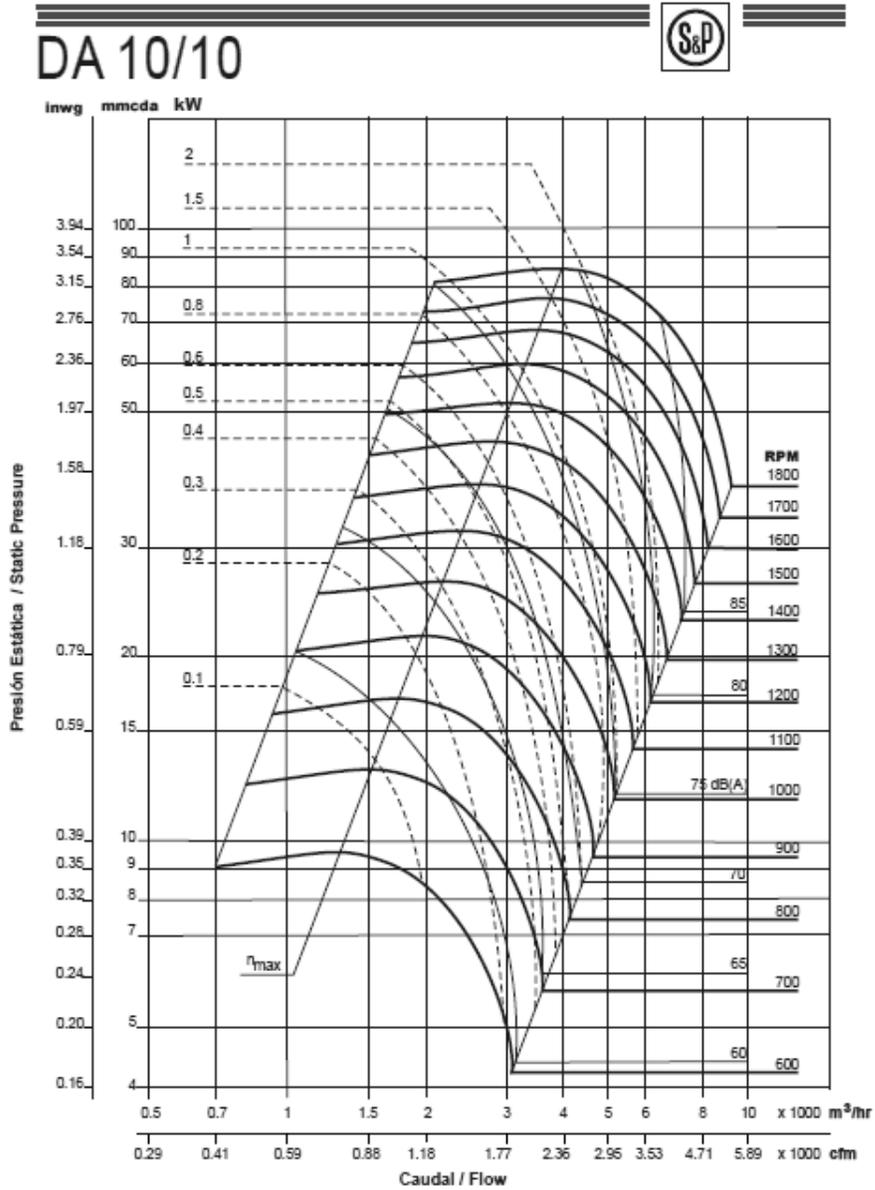


Fuente: ESCODA, Salvador. http://www.solerpalau.es/docs/catalogo_general/es_490_506_cbp_fid5481.pdf. Consulta: 12 de junio de 2011.

La curva de potencia del inyector de aire modelo DA 10/10 sugiere trabajar en la zona de los 80 dB a 1200 r.p.m. para brindar el caudal necesitado.

En la figura 26 ilustra la curva de presión estática versus caudal a cierta cantidad de rpm.

Figura 26. Curva característica de ventilador DA 10/10

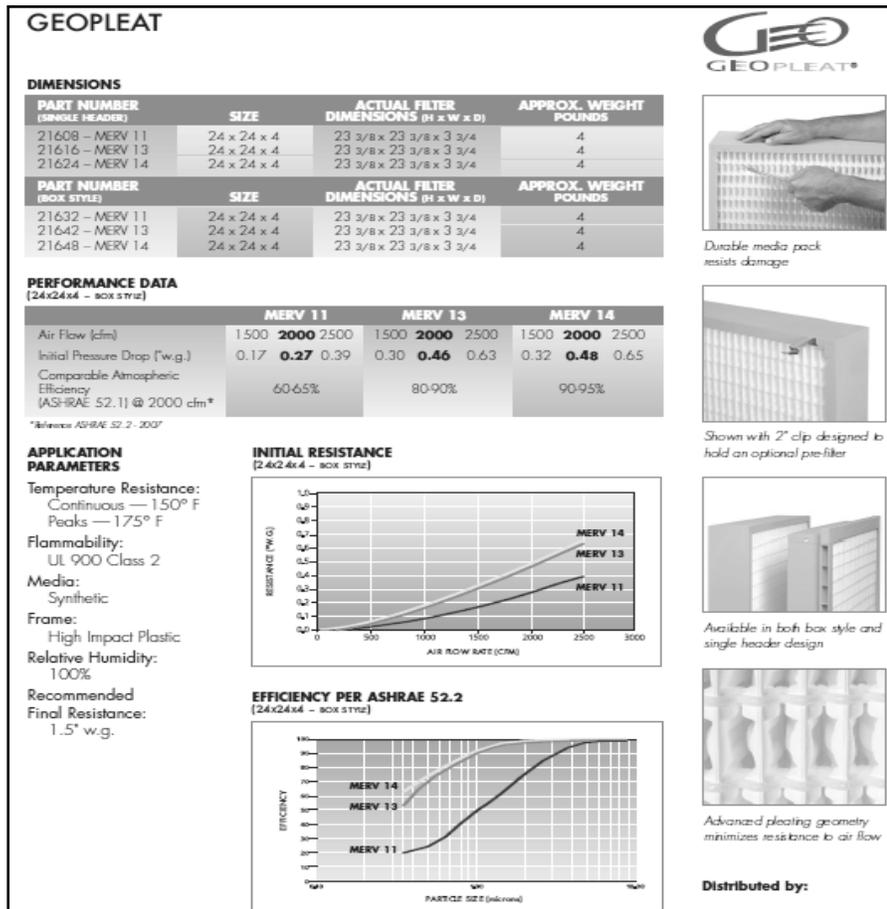


Fuente: ESCODA, Salvador. http://www.solerpalau.es/docs/catalogo_general/es_490_506_cbp_fid5481.pdf. Consulta: 12 de junio de 2011.

5.3.2. Elementos para tratamiento de aire

En el tema de pre filtración y filtración se hace la ilustración de las curvas de comportamiento en dichos insumos debido a la variedad de marcas que podrían conseguirse localmente. Durante la investigación de filtros se encontró un proveedor local de esta marca. Los datos del producto son mencionados en el capítulo de cálculo.

Figura 27. Curva y características de pre filtro de aire

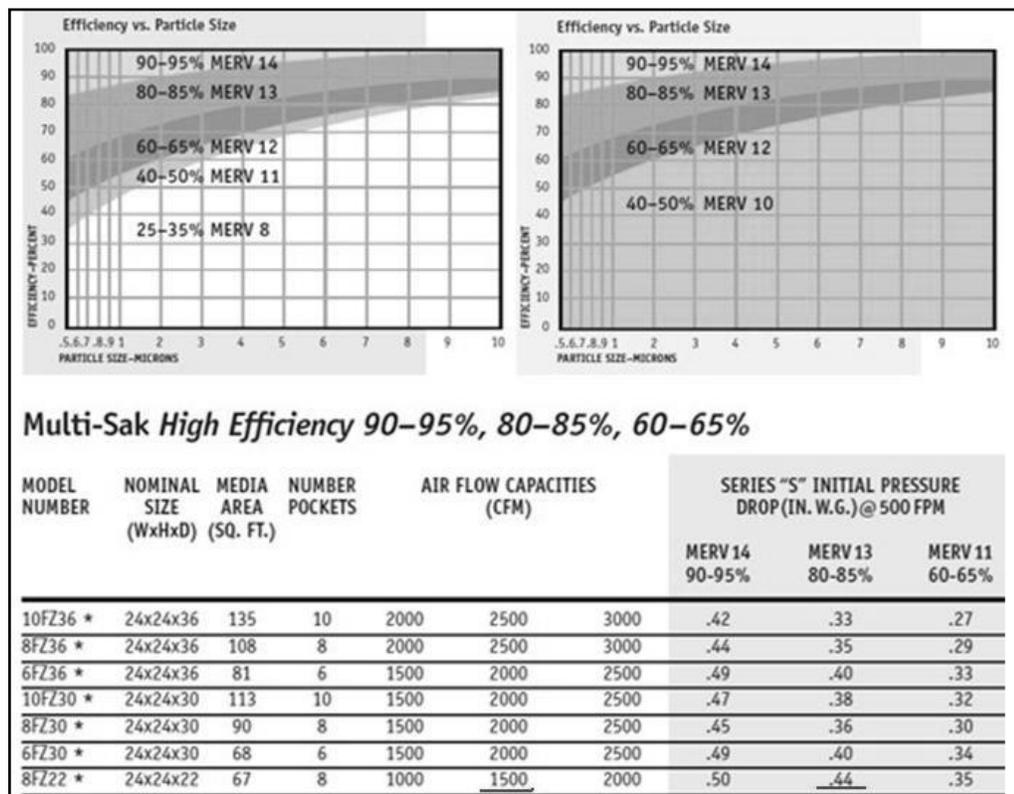


Fuente: HOBBS, Collen. <http://www.filtrationgroup.com/index.php/main.page/GeoPleat>.

Consulta: 16 de abril de 2011.

En el tema de filtros de bolsa también se hace referencia del insumo local por lo que se adjunta la curva característica de dicho producto. El cual se hace considerando las dimensiones y valores en el capítulo anterior.

Figura 28. Curva y características de filtro de bolsa



Fuente: KOCH, Josep. <http://www.kochfilter.com/Multi-Sak>. Consulta: 16 de abril de 2011.

CONCLUSIONES

1. En la búsqueda de una eficacia y eficiencia en la resolución de problemas, se encuentra la implementación de equipos modernos que ayudan a mejorar los procesos en la industria. Por lo que es importante, la implementación de la mejora continua.
2. Existen muchos métodos y formas para tratamiento de aire, de las cuales todas las soluciones pueden solventar una necesidad. Para encontrar un equipo eficiente es necesario considerar todas las variables y no generalizar, ya que todas las soluciones ofrecidas deben ser según la situación.
3. La implementación de equipos más prácticos y pequeños ayudan a simplificar los procesos de mantenimiento, asimismo, las tecnologías modernas, hacen más eficiente y eficaces los equipos.
4. Es importante conocer las condiciones y variables del entorno para implementar una solución.
5. El uso de luz UV, elimina la necesidad de transportar, almacenar químicos peligrosos. Los costos asociados con tales prácticas pueden disminuir 30% el costo de desinfección, comparado a la utilización de otros métodos.

RECOMENDACIONES

1. Una planta industrial debe actualizar el programa de mantenimiento establecido, al momento de implementar nuevos equipos, esto ayudará a prolongar la vida útil del equipo y evitar reparaciones innecesarias.
2. Cuando se implemente un rediseño en el equipo, es necesario medir su efectividad respecto a su funcionalidad y consumo. Esto denotará la eficiencia de un equipo que sustituye a otro.
3. Contar con un inventario de repuestos críticos para evitar las interrupciones y los imprevistos que puedan surgir durante tiempos de producción.
4. Mantener informado y capacitado a todo el personal del área de mantenimiento, así como tener actualizados los planos y especificaciones del equipo para agilizar las reparaciones.
5. En el tema de reducción de costos de mantenimiento e inventario, es necesario estandarizar el equipo por lo que se deben adquirir repuestos e insumos que puedan ser utilizados en más de un equipo.
6. Para el aseguramiento de la integridad física del personal de mantenimiento, es necesario implementar equipo de protección personal, para evitar accidentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARNICER ROYO, E. *Ventilación industrial: cálculos y aplicaciones*. 4a ed. España: Paraninfo, 2001. 83 p.
2. CENGUEL Yunus. *Estudios de onda en las partículas*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2002. 145 p.
3. ESCODA, Salvador. *Manual práctico de ventilación: Catálogo técnico*. 2a ed. España: Soler & Palau, 2004. 136 p.
4. GROOCOCK, N.H. *Disinfection of drinking water by ultraviolet light*. Journal of the Institute of water engineers and Scientists. United States of America: Cepis, 1998. 115 p.
5. HERNÁNDEZ, Alejandro. *Predise V.1.0*. [en línea] www.unsa.edu.ar/~alejo/predise/#link3
[Consulta: 16 de abril de 2011].
6. HOBBS, Collen. *Koch filter corporation*. [en línea] www.geopleat.com
[Consulta: 16 de abril de 2011].
7. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire: principios y sistemas*. 2a ed. México: CECSA, 2002. 548 p.
8. _____. *Acondicionamiento de aire: psicrometría*. 2a ed. México: CECSA, 2002. 546 p.

9. SOLER & PALAU. *Manual práctico de ventilación*. [en línea]
www.solerpalau.es. [Consulta: 24 de abril de 2010].
10. ZSWARCER, Carlos. *Monografías*. [en línea] www.monografías.com.
[Consulta: 13 de marzo de 2010].