



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

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL,
EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN, DE LA PLANTA BIMBO DE CENTRO
AMÉRICA, S. A.**

Gedeón Josué González Martínez

Asesorado por el Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón

Guatemala, julio de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL,
EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN, DE LA PLANTA BIMBO DE CENTRO
AMÉRICA, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GEDEÓN JOSUÉ GONZÁLEZ MARTÍNEZ
ASESORADO POR EL ING. ÁLVARO ANTONIO ÁVILA PINZÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pablo Fernando Hernández
EXAMINADOR	Ing. Javier Mauricio Reyes Paredes
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL, EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN, DE LA PLANTA BIMBO DE CENTRO AMÉRICA, S. A.,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 9 de septiembre de 2005.

Gedeón Josué González Martínez.

Guatemala, 03 de Mayo de 2007

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**
Presente

Estimado Ingeniero Gómez:

Por medio de la presente estoy dando mi aprobación al trabajo de graduación presentado por el estudiante **GEDEÓN JOSUÉ GONZÁLEZ MARTÍNEZ**, titulado **“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL, EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN, DE LA PLANTA BIMBO DE CENTRO AMÉRICA, S. A.”**, previo a sustentar su Examen Publico en la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial.

Al respecto me permito informarle, que el trabajo de graduación desarrollado por el estudiante González Martínez, fue desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, así como sometido por el suscrito, a las revisiones necesarias; por lo que considero que el mismo esta apto para su tramite final en esa unidad académica.

Sin más sobre el particular, me es grato suscribirme atentamente,



Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón
ASESOR

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL, EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN, DE LA PLANTA BIMBO DE CENTRO AMÉRICA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Gedeón Josué González Martínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Rolando Chávez Salazar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, junio de 2007.

/mgp

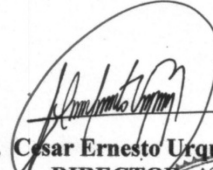
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL, EN EL AREA DE PRODUCCIÓN, DE LA PLANTA BIMBO DE CENTRO AMÉRICA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Gedeón Josué González Martínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR

Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2007.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.226.2007

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 Industrial, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL, EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN, DE LA PLANTA BIMBO DE CENTRO AMÉRICA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Gedeón Josué González Martínez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, julio de 2007.



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala

La Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Mis grandes amigos: **Luis Israel Velásquez e Ing. Carlos Eduardo Sabá Medrano**, por su comprensión, paciencia y consejos durante los años de convivencia en nuestra formación profesional.

La Organización “BIMBO DE CENTRO AMÉRICA, S. A.”, por brindarme la oportunidad de realizar la Práctica Laboral y el Estudio de este Trabajo de Graduación, y así demostrar los conocimientos obtenidos en mi formación académica.

Ing. José Antonio Luna Resendiz,

Ing. Juan José Vásquez,

Ing. Leonel Morales,

Ing. Rafael Molina,

Y en especial al Señor Alejandro Ovalle

Por compartir sus conocimientos y experiencias durante la asesoría del presente trabajo de graduación.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios Padre, a Dios Hijo y a Dios Espíritu Santo; por darme sabiduría, entendimiento, salud y fuerzas en los momentos más difíciles de mi vida.

MIS PADRES Francisco González Díaz y María Balvina Martínez de González. Que siempre me brindaron amor, comprensión y apoyo incondicional, tanto moral como económico, que Dios siempre los bendiga.

MI ESPOSA Karin Jeanette Sac Saucedo, por su amor y comprensión.

MIS HERMANOS María Eulalia, Aura Patricia, Isaías y Rut Nohemí.
Por apoyarme e incentivarme a salir siempre adelante, por sus acertados consejos y brindarme su ayuda, bendiciones.

MIS TÍAS Flora Martínez, María Carmelina Martínez, María Cristóbal Martínez, por el aliento y consejo oportuno que nunca ha faltado en momentos difíciles.

MIS PRIMOS Brenda, Eleazar Neftalí, Sergio Juárez Martínez; Juan Antonio Velásquez Martínez; Omar Velásquez Martínez; por su ayuda, cariño y comprensión en los momentos que más los necesité.

Y a todas las personas que siempre me han demostrado su amistad, y que de alguna manera colaboraron en mi formación profesional y personal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Generalidades de la planta de producción de la organización Bimbo de Centro América, S. A.	1
1.1.1. Historia de la planta de producción de Bimbo de Centro América, S. A.	2
1.1.2. Descripción de los equipos que generan calor en la planta de producción	9
1.1.3. Serie histórica de temperatura y humedad en la planta de producción	15
1.2. Aspectos básicos del control ambiental	19
1.2.1. Fundamentos de ventilación industrial	21
1.2.1.1. Sistemas de ventilación	22
1.2.1.1.1. Ventilación natural	23
1.2.1.1.2. Ventilación forzada o mecánica	25
1.2.1.1.2.1. Tecnología de inyectores ...	27
1.2.1.1.2.2. Tecnología de extractores ..	30
1.3. Renovaciones o cambios de aire	31

1.3.1. Maneras de ventilar	34
1.4. Temperatura y humedad	36
1.4.1. Efectos fisiológicos	36
2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	43
2.1. Evaluación de condiciones interiores	45
2.1.1. Estudio técnico del sistema de ventilación actual	45
2.1.2. Equipo utilizado en el sistema de ventilación actual	51
2.2. Localización, posición geográfica e instalaciones	54
2.3. Análisis de las variables (temperatura y humedad) actualmente	56
2.4. Análisis de costo actual del sistema de ventilación	57
3. SISTEMA PROPUESTO	63
3.1. Elementos básicos para el cálculo de un sistema de ventilación	63
3.1.1. Determinación de la humedad relativa de la zona	64
3.1.2. Determinación del caudal de aire	65
3.1.2.1. Caudal de inyección requerido	66
3.1.2.2. Caudal de extracción requerido	68
3.1.3. Cálculo del número de extractores	70
3.1.4. Cálculo del número de inyectores	71
4. IMPLEMENTACIÓN	73
4.1. Diseño del sistema de implementación	75
4.1.1. Sistema de ventilación de desplazamiento positivo	79
4.1.2. Equipo utilizado en la implementación	80
4.1.2.1. Selección del equipo de inyección	81
4.1.2.2. Selección del equipo de extracción	82
4.1.2.3. Selección de filtro de aire	89
4.2. Planos de construcción y distribución	91

4.3.	Modificación de cumbrera	92
4.4.	Análisis de costos de implementación	93
4.4.1.	Cálculo del costo de equipos a implantar	93
4.4.2.	Cálculo del costo de materiales y suministros	94
4.4.3.	Cálculo del costo de instalación	96
4.4.4.	Cálculo del costo de mantenimiento	100
4.4.5.	Comparativo de costos actuales con costos proyectados	101
5.	SEGUIMIENTO Y CONTROL	105
5.1.	Verificación de operación del sistema	105
5.1.1.	Control antes de operar	105
5.1.2.	Controles en la operación	106
5.2.	Mantenimiento programado	107
5.2.1.	Mantenimiento de extractores	108
5.2.2.	Mantenimiento de inyectores	109
	CONCLUSIONES	113
	RECOMENDACIONES	115
	REFERENCIAS	117
	BIBLIOGRAFÍA	119
	ANEXOS	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Horno Baker Perkins de pan blanco	10
2	Horno Meincke de pastelería	10
3	Hornos de carrete No. 1 y 2 Simet de panquelería	11
4	Horno Werner y Pfeiderer de pan tostado	11
5	Horno Werner Lehara de galletería	12
6	Comal Herrera-Maquindal de tortillas	12
7	Comal Maquindal de tostadas	13
8	Secador Maquindal de tostadas	13
9	Freidor Maquindal de tostadas	14
10	Freidor DCA Equipment de donas	14
11	Zona de trabajo confortable	17
12	Higrómetro	18
13	Presión positiva	26
14	Presión negativa	27
15	Ventiladores axiales o helicoidales	28
16	Ventilador radial o centrífugo	28
17	Sentidos de giro y posiciones de descarga de ventiladores radiales o centrífugos	29
18	Extractores de techo	30
19	Volumen 1 de la planta de producción	45
20	Volumen 2 de la planta de producción	46

21	Volumen de ampliación 1 de la planta de producción	47
22	Volumen de ampliación 2 de la planta de producción	48
23	Posición geográfica de la planta de producción	55
24	Ventilación por sobrepresión o ventilación positiva	63
25	Humedad relativa de la zona	65
26	Grúa subiendo un equipo de inyección tipo ABB, modelo RGML 210	73
27	Instalación de equipo de inyección tipo ABB, modelo RGML 210	74
28	Equipo de inyección tipo ABB, modelo RGML 210 y extractor Soler & Palau, modelo CRV 26 instalados	74
29	Base para inyectores	76
30	Base para extractores	77
31	Distribución de los extractores e inyectores nuevos y existentes en toda la nave de producción	78
32	Sistema de ventilación de desplazamiento positivo	79
33	Unidad inyectora de aire	81
34	Soporte interno de unidad extractora de aire	83
35	Partes de la unidad extractora de aire	84
36	Unidad extractora de aire	85
37	Transmisión, poleas y bandas de la unidad extractora de aire	87
38	Curva característica de unidad extractora de aire	88
39	Filtro de aire	89
40	Difusor de aire	90
41	Cumbrera	92
42	Cambio de cojinetes	110
43	Revisión del torque de tornillos	110
44	Revisión periódica de equipos	111
45	Revisión de cojinetes	112
46	Clasificación de los ventiladores	122
47	Dibujos isométricos de la instalación del sistema de ventilación	126

TABLAS

I	Referencia de equipos que generan calor	9
II	Renovaciones de aire por hora, para cada departamento	31
III	Condiciones climatológicas promedio	44
IV	Dimensiones de la planta de producción, volumen 1	46
V	Dimensiones de la planta de producción, volumen 2	46
VI	Dimensiones de la planta de producción, volumen de ampliación 1	48
VII	Dimensiones de la planta de producción, volumen de ampliación 2	48
VIII	Parámetros a considerar en los cálculos proyectados	49
IX	Resumen del estudio técnico de ventilación	51
X	Tabla de especificaciones de inyectores	52
XI	Especificaciones de extractores	53
XII	Resumen de datos de los equipos utilizados actualmente en el sistema de ventilación	53
XIII	Comparativo de datos requeridos y datos actuales	54
XIV	Características de El Tejar, Chimaltenango	54
XV	Mediciones de temperatura y humedad relativa	56
XVI	Costos de equipos del sistema de ventilación actual	58
XVII	Costos de Instalación del sistema de ventilación actual	58
XVIII	Costo total del sistema de ventilación actual	59
XIX	Costo energético actual de un inyector	60
XX	Costo energético actual de un extractor	60
XXI	Proyección a cinco años del costo energético actual total de inyectores y extractores	61
XXII	Elementos básicos para calcular un sistema de ventilación	64

XXIII	Parámetros a considerar en el cálculo de un sistema de ventilación	64
XXIV	Comparativo de inyección de aire	67
XXV	Comparativo de extracción de aire	69
XXVI	Equipo a utilizar en la instalación del sistema de ventilación	75
XXVII	Especificaciones generales de las unidades inyectoras de aire	82
XXVIII	Especificaciones generales de las unidades extractoras de aire	85
XXIX	Dimensiones de turbina	87
XXX	Costo de equipos a implantar	93
XXXI	Costo de materiales y suministros	94
XXXII	Costo de instalación	97
XXXIII	Costo de mantenimiento	101
XXXIV	Comparativo de costos actuales, con costos proyectados	102
XXXV	Costo energético proyectado de un inyector	103
XXXVI	Costo energético proyectado de un extractor	103
XXXVII	Proyección a cinco años del costo energético proyectado total de inyectores y extractores	104
XXXVIII	Guía de funcionamiento de unidad extractora de aire	108

LISTA DE SÍMBOLOS

°	Grados sexagesimales
#	Numeral
%	Porcentaje
'	Minutos
''	Segundos
A	Amperios, unidad eléctrica
°C	Grados centígrados
Cm	Centímetro, unidad de longitud
Ft ³	Pies cúbicos, unidad de volumen
H	Humedad
Hp	Caballos de fuerza, unidad de potencia
Hrs	Hora, unidad de tiempo
Kg	Kilogramo, unidad de masa
Km ²	Kilometro cuadrado, unidad de área
m	Metro, unidad de longitud
m ³	Metro cúbico, unidad de volumen
min	Minutos, unidad de tiempo
mm	Milímetro, unidad de longitud
mn	Precipitación y evaporación
msnm	Metros sobre el nivel del mar
pcpm	Pies cúbicos por minuto (en inglés CFM Cubic feet minute)
Plg	Pulgada, unidad de longitud
Q	Quetzales
RPM	Revoluciones por minuto

T	Temperatura
PSI	Libras por pulgada cuadrada
SI	Sistema Internacional de medida

GLOSARIO

Acondicionamiento de aire Tratamiento que se le da al aire, con el objeto de controlar en él variables tales como la temperatura y la humedad.

Aire Fluido que forma la atmósfera de la Tierra. Es una mezcla gaseosa, que, descontado el vapor de agua que contiene en diversas proporciones se compone aproximadamente de 21 partes de oxígeno, 78 de nitrógeno y una de argón y otros gases semejantes a éste, al que se añaden algunas centésimas de dióxido de carbono.

Asbestosis Enfermedad pulmonar crónica grave causada por la inhalación de partículas de asbesto durante un período determinado. El asbesto, es un compuesto de silicato fibroso que antes se utilizaba mucho para fortalecer y reforzar materiales de construcción, como aislante, y por su elevada resistencia al calor en las superficies sometidas a fricción.

Carcasa Parte exterior que envuelve al motor. Conjunto de piezas que sostiene los órganos activos de una máquina eléctrica.

Climatología Ciencia que describe los climas, los explica y los clasifica.

Conducción Acción y efecto de llevar o guiar algo. Conjunto de tuberías, cables, etc., para conducir un fluido.

Confort	Comodidad, bienestar.
Convección	Transferencia de calor de un punto a otro dentro de un fluido, mediante la mezcla de una porción de dicho fluido a otro.
Ensamblaje	Unir diversas piezas, de modo que formen un todo.
Extracción	Acción de extraer, expulsar hacia el exterior.
Extractor	Es una máquina que funciona giratoriamente, por medio de aspas impulsadas por un motor, tiene como función extraer gases y polvo. Esto se logra con la renovación de aire.
Flujo axial	Movimiento de aire en dirección a su eje.
Flujo radial	Movimiento de aire en dirección a su radio.
Glándula sudorípara	Que produce o segrega sudor.
Higrómetro	Instrumento que sirve para medir la humedad relativa.
Humedad	Generalmente, vapor de agua mezclado con aire seco.
Humedad relativa	Al evaporarse, el agua se mezcla con aire al estado de vapor. Aunque no se ven litros y litros de agua flotando en el aire todo el tiempo.

Impulsor o Inyector Elemento rotativo de un compresor, de una bomba centrífuga o de un soplador, que le proporciona energía cinética al fluido (agua, aire).

Índice de acaloramiento Es el resultado de sumar las temperaturas de una planta, y la humedad relativa de la misma.

Insolación Malestar o enfermedad producidos por una exposición excesiva a los rayos solares. Cantidad de energía solar recibida por una superficie.

Nave Industrial Cada uno de los espacios que entre muros o paredes se extienden a lo largo de un edificio, donde se realizan procesos industriales importantes.

Normas HACCP Del inglés Hazard Analysis Critical Control Point; en español: Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control. Norma que rige la inocuidad (que no hace daño) de los diferentes procesos alimenticios.

Oven Pacer Equipo utilizado en la línea de galletas sponch, que sirve para mezclar los ingredientes, presurizarlos y mandarlos a depositar en los moldes.

Polucionado Derramamiento de partículas de manera involuntaria, que son causantes de contaminación ambiental.

Precipitación Agua procedente de la atmósfera, y que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra.

Presión estática	Es la diferencia entre la presión total del ventilador y la presión de la velocidad del ventilador. Es una medida de la energía potencial por unidad de volumen del aire.
Presión negativa	Es el vacío parcial provocado por extractores dentro de una planta. Se presenta la presión negativa en la extracción y remoción del aire interno de la planta y tiene como principal característica la uniformidad y mayor control sobre el caudal de ventilación.
Presión positiva	Es el exceso de aire provocado por la inyección de una turbina, dentro de una planta.
Psicrómetro	Dispositivo que emplea un termómetro de bulbo húmedo y un termómetro de bulbo seco para medir la humedad del aire.
Radiación	Transferencia de energía en forma ondulatoria de un cuerpo caliente a un cuerpo relativamente frío, independientemente de cualquier materia existente entre ambos cuerpos.
Recinto	Espacio cerrado y comprendido dentro de ciertos límites.
Silicosis	Enfermedad pulmonar crónica que se debe a la inhalación prolongada de polvo de sílice. Afecta a trabajadores de minas, canteras, fundiciones e industrias similares. Se caracteriza por el desarrollo de una fibrosis progresiva alrededor de las diminutas partículas de sílice que se depositan en los pulmones.

Sudor	Secreción acuosa que contiene sales minerales y urea, segregada por las glándulas sudoríparas a través de los poros de la piel.
Temperatura	Magnitud física que caracteriza de manera objetiva la sensación subjetiva de calor o frío producido por el contacto de un cuerpo.
Turbina	Unidad de potencia giratoria impulsada por el impacto o reacción de una corriente de aire (turbina de aire) o de gases calientes (turbina de gases).
Turbina axial	Aquella donde el agua o el gas pasan a través del rodete o rueda de dirección axial.
Velocidad de flujo	Pies cúbicos por minuto (CFM) de aire circulando de un sistema de aire, o libras de agua por minuto en circulación a través de un sistema de calefacción de agua caliente.
Ventilación	Proceso de suministrar aire exterior (es decir fresco) o eliminar el aire de un recinto.
Vibración	En un cuerpo elástico son cambios alternativos de forma tal que sus componentes oscilen sincrónicamente en torno a posiciones de equilibrio, sin que el campo cambie de lugar.

RESUMEN

Las exigencias en la industria alimentaria para la elaboración de productos que satisfagan las necesidades y que cumplan con los requerimientos de los consumidores son cada vez mas elevadas, por lo que se deben implementar o rediseñar nuevas técnicas de ventilación, que permitan controlar los puntos críticos en la elaboración de alimentos.

Los índices de comodidad dentro de una nave de producción, son de gran importancia. Día a día la industria alimentaria se ve en la necesidad de implementar sistemas de ventilación para logra un confort deseado (respecto a la sudoración, convección y radiación de los operarios). Dicho sistema está orientado a la mejora continua, utilizando como herramientas principales la investigación de campo; el análisis cualitativo y cuantitativo de los factores de ventilación; la optimización y correcta utilización de equipos modernos y sofisticados para ventilación industrial en las líneas de producción y un análisis socio económico.

El propósito de la adecuada distribución de aire, es lograr condiciones confortables en cada recinto, este es un aspecto de los sistemas de control ambiental que con frecuencia se omite porque parece sencillo, sin embargo, la selección del tipo de ventilador (inyectores y extractores) incluye consideraciones aerodinámicas, económicas y adaptabilidad funcional.

Para la realización del diseño a utilizar se requiere conocer los dos tipos de ventilación, natural y forzada o mecánica. La ventilación natural aprovecha

los medios naturales disponibles para introducir aire al interior de la nave, pasarlo por ella y expulsarlo. En este sistema se utilizan: persianas, ventiladores de gravedad y cubiertas. Para una ventilación mecánica o forzada, se está obligado a contar con un sistema de ventilación y extracción positiva o negativa. En este tipo de ventilación se sabe que la necesidad de una nave de producción, deberá tener la renovación de aire que se encuentra en ella. Ya que puede encontrarse gases, malos olores, partículas en suspensión, etc.

Un sistema de ventilación de comprobada eficiencia y que cumple con los requisitos mínimos para este tipo de industria, es la VENTILACIÓN POR SOBREPRESIÓN O VENTILACIÓN POSITIVA, dicho sistema se fundamenta en el manejo de presiones positivas dentro de la nave industrial, logrando su funcionamiento por medio de inyectores y extractores de aire. Lógicamente, la cantidad de aire inyectada a la nave, debe ser mayor que la extraída de la misma, para cumplir con el objetivo deseado. El estudio de este sistema reside en la necesidad de conocer el rango de temperatura y humedad relativa que prevalece en la época de calor (verano e invierno).

La distribución adecuada de los equipos de aire, en un espacio determinado (nave industrial) es necesaria para proporcionar un confort adecuado y controlar las entradas y salidas de aire, para este caso, las entradas y salidas serán colocadas en el techo, basándonos en el principio, de que las masas calientes siempre emergen hacia arriba. Además de ello, existen algunos principios de distribución de aire (unidades terminales) como la temperatura y la velocidad de aire de la zona ocupada, asimismo, es necesario utilizar los dispositivos (ventiladores) que permitan satisfacer tal necesidad, para lo cual hay que tomar en cuenta los tipos disponibles en el mercado, así como las características para la selección.

Los ventiladores (inyectores y extractores) se emplean para la circulación de aire u otros gases. Entre los más conocidos, están: los centrífugos, los de paletas axiales, los de turbo axial, los de hélice y los de gravedad. La diferencia entre un extractor y un inyector, es que, los extractores son esencialmente ventiladores que trabajan en sentido inverso (o de tiro inducido).

El análisis de los costos, se propone para determinar si la inversión del proyecto puede ser aceptada, pero en nuestro caso, la empresa cuenta con los recursos para realizar el proyecto, además, este tipo de sistema de ventilación, es uno de los requisitos para poder ser certificada con las normas HACCP. Con este estudio se podrá tener la información necesaria, para la realización del proyecto, ya que la parte financiera está aprobada, para la realización del mismo.

El costo de los equipos se determina con base en tiempos de entrega, ya que pueden ser adquiridos en México o en Guatemala, con el mismo fabricante Soler & Palau. Todos los materiales a ser utilizados son de buena calidad, eficientes y garantizados. La instalación de los equipos se realizará por empresas guatemaltecas, que llenen los requisitos establecidos por la junta administrativa del proyecto. Asimismo, la verificación y constante supervisión del proyecto, estará a cargo de un Ingeniero externo a la nave de producción.

El mantenimiento preventivo será determinado según las horas trabajadas por cada equipo, tomando como base un calendario, que incluya una rutina de inspección, limpieza y ajuste de los diferentes equipos; todo ello con el fin de descubrir y corregir fallas prematuras y daños a los equipos. Además, se tomará en cuenta la tabla de descripción y las horas de servicio de los cojinetes para un mejor control y mantenimiento. Todo esto, está en función de las rutinas dadas por el fabricante de los equipos.

OBJETIVOS

General:

Desarrollar una propuesta para la “Optimización del sistema de ventilación industrial, en el área de producción, de la planta Bimbo de Centro América, S. A.”, mediante un estudio técnico y socioeconómico; para obtener temperatura y humedad adecuada en la nave de producción; mejorar el factor higiénico, las condiciones de proceso y confort del personal que labora en la planta de producción.

Específicos:

1. Establecer la eficiencia del sistema de ventilación industrial actual de la planta de producción.
2. Realizar el cálculo de los equipos de ventilación a utilizar e implementar en el Área de Producción. Así como analizar los tipos de ventiladores y extractores que den solución a las necesidades que actualmente se tienen.
3. Establecer por medio de un análisis comparativo las ventajas y desventajas entre el sistema de ventilación industrial actual y el sistema de ventilación industrial propuesto dentro de la planta de producción.

4. Que la documentación que se realice, sirva de referencia para la implementación de un sistema de ventilación industrial adecuado a las necesidades de la planta de producción. Así como establecer condiciones, para mejorar el factor higiénico, las condiciones de proceso y confort del personal, a través de la ventilación industrial.
5. Realizar un análisis costos-beneficios en los que se incurren con la ampliación del sistema de ventilación industrial para la planta de producción.
6. Establecer un plan de mantenimiento, del sistema de ventilación industrial, para prolongar el funcionamiento de todo el sistema.

INTRODUCCIÓN

Considero que la propuesta para la “Optimización del sistema de ventilación industrial, en el área de producción, de la planta Bimbo de Centro América, S. A.”; es importante, debido a que es necesario proporcionar un ambiente higiénico y confortable para los operarios de la planta. A través de los operarios, la maquinaria (los hornos y comales) y las actividades que se realizan en la planta de producción, el aire interior se deteriora, debido a la liberación de olores y calor, la formación de vapor de agua, las emanaciones de los procesos, la producción de dióxido de carbono y vapores tóxicos. Es importante y necesario un sistema de ventilación industrial para diluir estos contaminantes, para sacar el aire viciado y dejar entrar aire fresco. Efectuando de esta manera un balance térmico, ya que la cantidad de calor desplazado por el aire fresco es igual al calor ganado en el edificio, menos el calor irradiado en el mismo y así mantener la temperatura interior constante.

La propuesta para la “Optimización del sistema de ventilación industrial, en el área de producción, de la planta Bimbo de Centro América, S. A.”, será de mucha utilidad al estudiante universitario o profesional; ya que pretende mostrar de una manera práctica y sencilla el procedimiento de realizar un diagnóstico y un análisis de las condiciones ambientales para un sistema de ventilación industrial. La propuesta se plantea en base a criterios objetivos, producto del diagnóstico y análisis de la situación actual de la planta de producción, donde se aplican las normas y especificaciones en ventilación industrial; como por ejemplo: que el volumen de aire sea adecuado al área que se pretende ventilar, la potencia requerida, el caudal de aire, la sobrepresión o presión de

desplazamiento positivo, las velocidades tangenciales de los extractores e inyectores a proponer y la selección adecuada del equipo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Generalidades de la planta de producción de la organización Bimbo de Centro América, S. A.

Fundado en México el año de 1,945, Grupo Bimbo es hoy en día una de las empresas de panificación más importantes del mundo por posicionamiento de marca, por volumen de producción y ventas, además de ser líder indiscutible de su ramo en México y Latinoamérica. Con presencia en 14 países de América y Europa; cuenta con más de 4,500 productos y con más de 100 marcas de reconocido prestigio.

Hoy, Grupo Bimbo elabora, distribuye y comercializa más de 4,500 productos, entre los que destacan una gran variedad de pan de caja, pan dulce, panquelería, bollería, pastelitos, confitería, botanas dulces y saladas, tortillas empacadas de maíz y de harina de trigo, tostadas, cajeta (dulce de leche) y algunos otros productos. Cuenta con más de 100 marcas de reconocido prestigio como Bimbo, Marínela, Tía Rosa, Milpa Real, Oroweat, Entenmann's, Thomas', Boboli, Mrs. Baird's, Barcel, Ricolino, Coronado, Suandy y Lara, Duvalín, Bocadoín, Lunetas, entre muchas otras.

Su compromiso de ser una compañía altamente productiva y plenamente humana, así como innovadora, competitiva y orientada a la satisfacción total de sus clientes y consumidores, está presente en México, Estados Unidos de América, Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, El Salvador, **Guatemala**, Honduras, Nicaragua, Perú y Venezuela. El Grupo está configurado por 71 plantas y 4 empresas comercializadoras. Durante el año 2,003 las ventas netas consolidadas de Grupo Bimbo ascendieron a \$4.2 billones de dólares, 5.2% mayores a las alcanzadas en el año 2,002.

1.1.1. Historia de la planta de producción de Bimbo de Centro América, S. A.

Desde sus inicios en el año de 1,990 Bimbo de Centro América, S. A. ha venido desarrollándose y creciendo en el mercado internacional y nacional. La planta de producción que inicialmente pertenecía a Winny, fue comprada por Bimbo de México, para crear lo que hoy en día se conoce como Bimbo de Centro América S. A.

En el año de 1,988 Bimbo de México se asocia a Winny de Guatemala, comprando cierta parte de las acciones de Winny. En el año de 1,999 Bimbo de México compra toda la empresa Winny y comienza a realizar una inversión para remodelar la planta de producción que tenía Winny. Las remodelaciones más importantes que se realizaron, fueron:

- Sacar de la planta de producción los servicios generales como: duchas, baños, vestidores, comedor y algunas oficinas, construyéndolas alrededor de la planta de producción.
- Construir un área adecuado para materia prima, debido a que la materia prima se colocaba dentro de la planta de producción rodeada únicamente de malla metálica.
- Construir una bodega de producto terminado, así como un área de despacho eficiente.
- Construir accesos peatonales y vehiculares a la planta de producción.
- Extender las instalaciones a un costado de la planta de producción, para colocar una nueva línea de producción.
- Construir las oficinas administrativas a un costado de la planta de producción.

Es importante el mencionar que cuando Bimbo de Centro América, S. A. inició la producción, no se laboraban las 24 horas como hoy en día. La producción se desarrollaba de día y se laboraban horas extras únicamente cuando existían pedidos especiales o extras.

Cabe mencionar que cuando se realizaron estas modificaciones, la planta de producción no contaba con un sistema de ventilación ya que la inversión se realizó al rediseño completo de la planta de producción. Cuando se realizaron los análisis con respecto a la ventilación industrial, se diseñó un sistema para otra distribución de maquinaria y una planta con características muy distintas a la que actualmente se tienen. Es por ello la importancia de optimizar el sistema de ventilación industrial actual.

La planta de producción de aquel entonces contaba únicamente con dos líneas de producción, las cuales eran:

- Línea de pastelería
- Línea de panquelería

Estas dos líneas fueron dejadas por Winny, pero después fueron modificadas a los requerimientos que Bimbo tendría más adelante. Además, con el desarrollo tecnológico de la producción en masa se mejoraron estas líneas de producción con nuevos y mejores equipos, para tener la respuesta de producción que se necesitaba. Y con ello, también diversificar la producción ya que en la línea de panquelería se producen productos que Winny no producía y lo mismo sucedió con la línea de pastelería, en la cual se producen nuevos y diversos productos.

Desde aquel entonces Bimbo de Centro América, S. A. ha sido líder en el mercado nacional con productos de primera calidad, innovador y competitivo en la producción de pan y una serie de diversos productos que por su marca y calidad se han mantenido en un mercado altamente competente y muy cambiante. Y por ello uno de los retos más grandes que tiene es que para el año 2,010 tiene como meta llegar a ser la empresa número 1 en la producción de pan a nivel mundial.

A continuación se detalla la historia de cada línea de producción, de acuerdo al año en que iniciaron labores.

Línea de tortillas tostadas: En el año 2004 se inicia con la instalación de esta línea. En el mes de noviembre del mismo año se realizaron las pruebas, para iniciar oficialmente la producción en el mes de enero del 2005. En esta línea se producen tostadas, bajo la marca Milpa Real.

Esta línea de producción cuenta con un sistema de transportación en el cual se agrega la masa de harina con todos sus compuestos y es trasladado a un troquel en el cual con la ayuda de otro cilindro se forman las tostadas. Después, pasa por medio de una banda transportadora a un comal para su cocimiento; seguidamente se traslada a un secador para posteriormente pasar al freidor, todo esto se logra con bandas transportadoras. Luego pasa por un detector de metales para evitar que el producto contenga residuos de metal ya que las líneas de producción tienen bastantes componentes de metal y acero inoxidable. Finalmente son seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevados a la bodega de producto terminado.

Línea de donas: En el año 1999 se inicia con la instalación de esta línea. Para posteriormente realizar las pruebas y comenzar la producción. En esta línea se elaboran donas.

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, después de tener los compuestos mezclados se transportan por medio de un polipasto a una máquina inyectora; esta máquina inyectora inyecta la mezcla para formar las donas, después de formar las donas se pasan a un freidor para su cocimiento; seguidamente son transportadas a un harinador para agregarles harina o azúcar glass. Después, por medio de una banda transportadora se trasladan para ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado. Esta línea carece de detector de metales por lo cual se recomienda su instalación al más corto plazo posible.

Línea de galletas Sponch: En el año 2001 se inicia con la instalación de esta línea. Para posteriormente realizar las pruebas y comenzar la producción. En esta línea se producen galletas sponch de naranja, de uva, de fresa, entre otras y en época navideña se produce la sponch navideña.

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado por medio de un tanque de ingredientes en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula; después se tienen las galletas base ordenadas en una Oven Pacer, de esta Oven Pacer las galletas pasan por una mesa transportadora en la cual se le inyecta el malvavisco y la mermelada. Luego se le transporta para aplicarles el coco por medio de un aplicador de coco rayado industrial. Después, pasan por una banda de enfriamiento y finalmente a una banda transportadora para ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado. Esta línea carece de detector de metales por lo cual se recomienda su instalación al más corto plazo posible.

Línea de tortillas de harina: En el año 1990 aproximadamente con el inicio de la nueva planta de producción se inicia la instalación de esta línea. Para posteriormente realizar las pruebas y comenzar la producción. En esta línea se producen tortillas de harina de diferente diámetro.

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula; después pasa la masa a un cabezal divisor para sacar las bolitas y pasarlas a una maquina boleadora para formar una bolita mas uniforme; luego se pasa a un fermentador; después por medio de unas canastitas transportadoras pasan al preplanchado para luego realizar el planchado y formar la tortilla. Luego pasan al comal para su cocimiento, después se pasan a un enfriador para terminar su camino en una mesa giratoria para ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado. Se recomienda la instalación de un detector de metales.

Línea de pastelería: La línea de pastelería fue una de las que se compraron a la empresa Winny en el año 1990, pero posteriormente se renovó completamente la línea para iniciar con la producción. En esta línea se producen todo tipo de pasteles entre ellos: los chocodrilos, los gansitos, etc.

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, después pasan todos los moldes sobre las bandas transportadoras, dependiendo del tipo de pastelito a realizar; cuando los moldes pasan se les inyecta la masa y luego son transportados a un horno para su cocimiento. Luego se pasan a la inyectora de crema para ser llenados de crema o chocolate, dependiendo del tipo de pastel; después por medio de una banda transportadora son pasados a un detector de metales, para finalmente ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado.

Línea de pan: En el año 1999 se inicia la instalación de esta línea. Para iniciar con la producción de panes entre los cuales se tiene: pan blanco, pan integral, la base del pan tostado, etc.

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, luego se forman las esponjas para después pasarlas a un equipo divisor; en este equipo divisor se determina la cantidad de masa; después cada masa es puesta en un molde, luego se transporta a un extractor de humedad para quitar el exceso de humedad a las esponjas y después son transportadas al horno para su cocimiento; después de su cocimiento es tomada su temperatura y humedad. Finalmente son seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado. Esta línea carece de detector de metales, por lo cual se recomienda su instalación al más corto plazo posible.

Línea de galletería: En el año 2000 se inicia con la instalación de esta línea. Para posteriormente realizar las pruebas y comenzar la producción. En esta línea se producen galletas de diferentes tipos.

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, luego por medio de una banda transportadora pasa un detector de metales al inicio del proceso para posteriormente pasar a un equipo troquelador para darle forma a la galleta que se desea hacer, después por medio de una banda transportadora pasa al horno para su cocimiento, seguidamente, pasa a los magazines para su ordenamiento. Finalmente son transportadas para ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado. Esta línea carece de detector de metales en el área de empaque final por lo cual se recomienda su instalación al más corto plazo posible.

Línea de panquelería: La línea de panquelería fue otra de las que se compraron a la empresa Winny en el año 1990, pero se fue renovando según las necesidades de producción. En esta línea se producen todo tipo de panquelería, entre ellos, los panques, las magdalenas, etc.

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, luego por medio de una inyectora se llenan los diferentes moldes dependiendo del tipo y tamaño de panque que se deseaba hacer; luego se transportaban por medio de jaulas a un horno de carretes para su cocimiento; después de esto, se vuelven a transportar por medio de jaulas a una banda transportadora para ser enfriados por medio de ventiladores. Finalmente son seleccionados y ordenados para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado. Esta línea carece de detector de metales por lo cual se recomienda su instalación al más corto plazo posible.

Línea de pan tostado: En el año 2001 se inicia con la instalación de esta línea. Para posteriormente realizar las pruebas y comenzar la producción. En esta línea se produce pan tostado.

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, luego se forman las esponjas para después pasarlas a un equipo divisor; en este equipo divisor se determina la cantidad de masa; después cada masa es puesta en un molde, luego se transporta a un extractor de humedad para quitar el exceso de humedad a las esponjas y después son transportadas al horno para su cocimiento, después de su cocimiento es tomada su temperatura y humedad. Luego se traslada a un equipo llamado Tweddy para extraerle todos los componentes finales de humedad y darle consistencia al pan. Después son trasladados a una cortadora para realizar las rodajas; luego, son transportadas a un horno para su cocimiento final y ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado. Esta línea carece de detector de metales por lo cual se recomienda su instalación al más corto plazo posible.

Línea de pan molido: En el año 2002 se inicia con la instalación de esta línea. Para posteriormente realizar las pruebas y comenzar la producción. En esta línea se produce pan molido, que se utiliza para realizar o sazonar diferentes comidas.

En esta línea se aprovecha la producción de pan y pan tostado ya que los panes y rodajas de pan tostado que tienen algún defecto se llevan a un molino, para ser molidos y formar lo que es el pan molido. Luego es transportado y pesado para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado. Con ello se aprovechan todos los recursos de otras líneas de producción siempre para elaborar un producto que sirve a muchas amas de casa.

1.1.2. Descripción de los equipos que generan calor en la planta de producción

A continuación se enlistan los principales equipos que generan calor en la planta de producción.

Tabla I. Referencia de equipos que generan calor

Descripción	Marca	Línea
Horno	Baker Perkins	Pan
Horno	Meincke	Pastelería
Horno de carrete No. 1	Simet	Panquelería
Horno de carrete No. 2	Simet	Panquelería
Horno	Werner y Pfleiderer	Pan Tostado
Horno	Werner Lehara	Galletería
Comal	Herrera-Maquindal	Tortillas
Comal	Maquindal	Tostadas
Secador	Maquindal	Tostadas
Freidor	Maquindal	Tostadas
Freidor	DCA Equipment	Donas

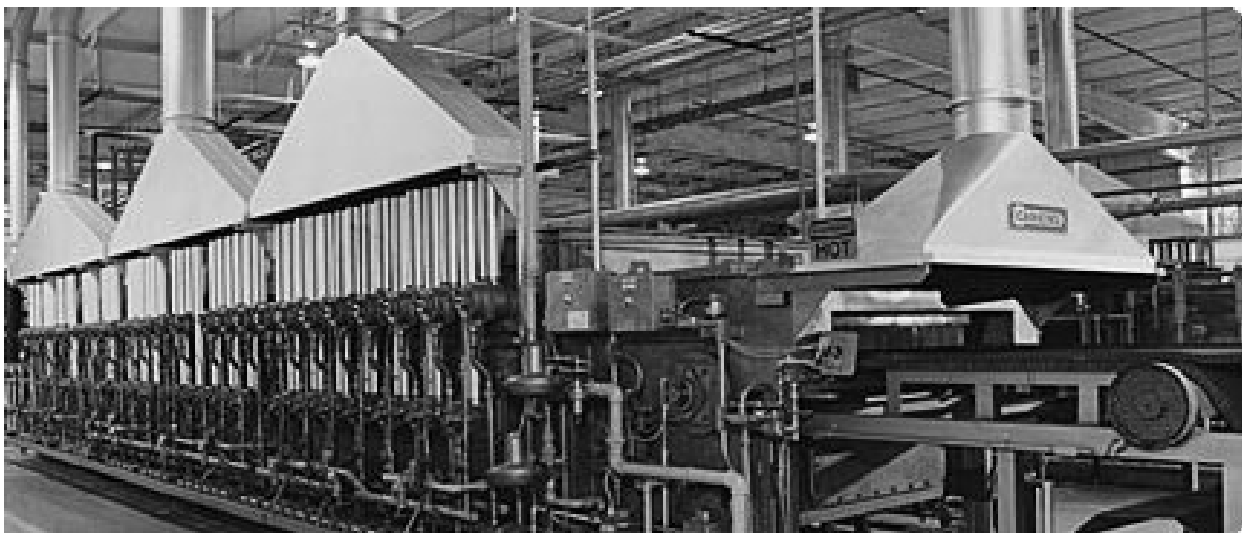
El horno Baker Perkins se utiliza en la línea de pan blanco. Este horno funciona con gas GLP (Gas Licuado de Petróleo) y tiene un sistema de regulación de llama para poder controlar el cocimiento del pan. El pan se introduce en unas bandejas metálicas, estas bandejas son transportadas por una banda metálica hacia el interior del horno, para controlar la velocidad de la banda se utilizan moto-reductores. Luego del cocimiento del pan las bandejas son sacadas y transportadas por medio de jaulas de acero inoxidable.

Figura 1. Horno Baker Perkins de pan blanco



El horno Meincke se utiliza en la línea de pastelería. Este horno es el mas largo que se tiene dentro de la planta de producción, al igual que los demás equipos este también funciona con gas GLP. Es uno de los hornos más modernos.

Figura 2. Horno Meincke de pastelería



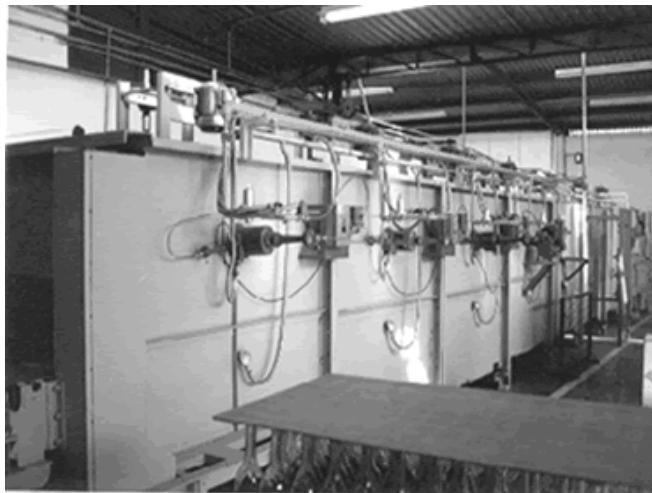
Los hornos de carrito No. 1 y 2 marca Simet se utilizan en la línea de panquelería. Estos hornos funcionan con gas GLP y son de los más antiguos en la planta de producción.

Figura 3. Hornos de carrito No. 1 y 2 Simet de panquelería



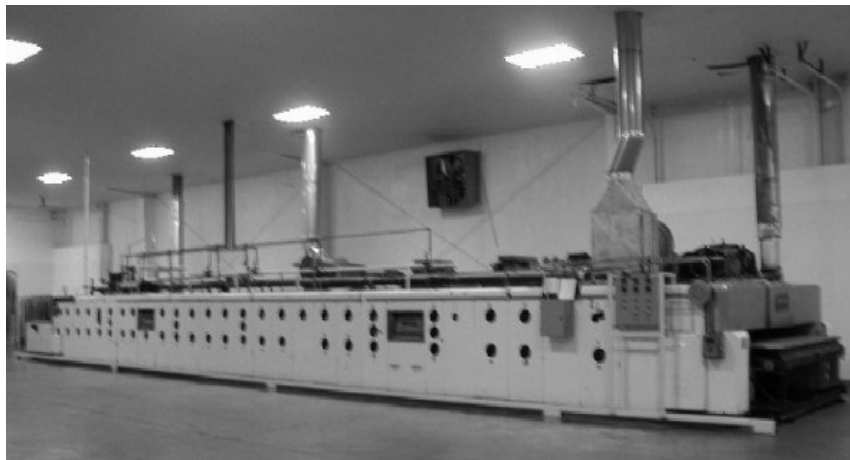
El horno Werner y Pfleiderer se utiliza en la línea de pan tostado. Este horno funciona con gas GLP. El pan se introduce en unas rebanadoras y luego las rebanadas de pan son colocadas en una banda metálica la cual las transporta hacia el interior del horno. Este horno no es tan largo pero si es muy ancho.

Figura 4. Horno Werner y Pfleiderer de pan tostado



El horno Werner Lehara se utiliza en la línea de galletería. Este horno funciona con gas GLP. Junto con el horno Meincke de pastelería son de los más largos que tiene la planta. Las galletas después de ser troqueladas son transportadas por una banda metálica dentro del horno.

Figura 5. Horno Werner Lehara de galletería



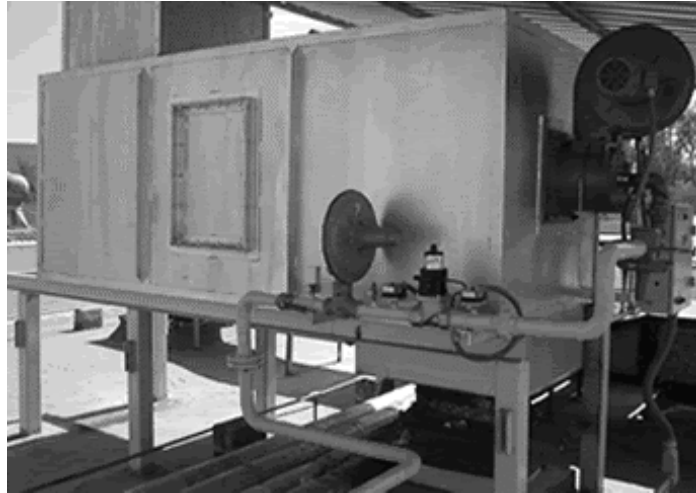
El comal Herrera-Maquindal se utiliza en la línea de tortillas. Este comal funciona con gas GLP y es de fabricación mexicana.

Figura 6. Comal Herrera-Maquindal de tortillas



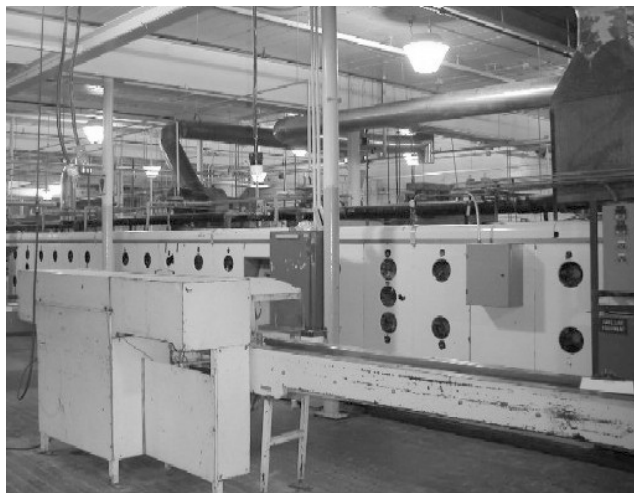
El comal Maquindal se utiliza en la línea de tostadas. Este comal funciona con gas GLP y es de fabricación mexicana.

Figura 7. Comal Maquindal de tostadas



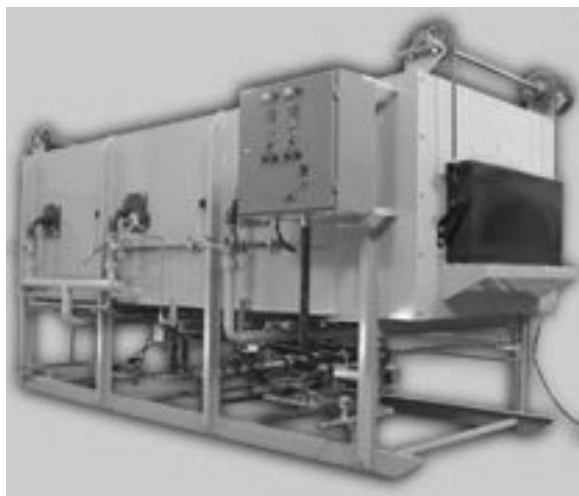
El secador Maquindal se utiliza en la línea de tostadas. Este secador funciona con gas GLP y es de fabricación mexicana. Sirve única y exclusivamente para quitar humedad al producto, para luego ser freído.

Figura 8. Secador Maquindal de tostadas



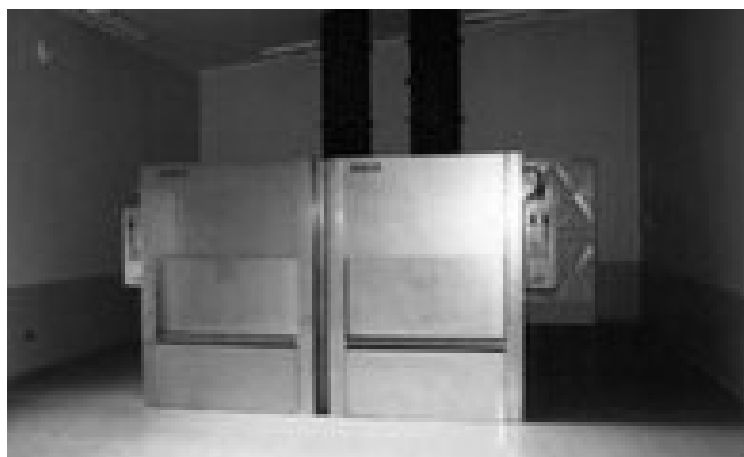
El freidor Maquindal se utiliza en la línea de tostadas. Este freidor al igual que los demás equipos funciona con gas GLP. En este caso el gas GLP se utiliza para llevar a una alta temperatura al aceite, quien es el encargado de freír el producto.

Figura 9. Freidor Maquindal de tostadas



El freidor DCA Equipment se utiliza en la línea de donas. Este freidor al igual que los demás equipos funciona con gas GLP. En este caso, el gas GLP se utiliza para llevar a una alta temperatura al aceite, quien es el encargado de freír el producto.

Figura 10. Freidor DCA Equipment de donas



1.1.3. Serie histórica de temperatura y humedad en la planta de producción

La mayor parte de los operarios están expuestos a calor excesivo en un momento y otro. En muchas situaciones se crean ambientes con calor artificial debido a las demandas de la industria. Los operarios de la industria panificadora están sujetos a condiciones de trabajo en áreas calientes por el aumento de calor y humedad, las cuales se presentan a la hora de cocinar los diversos productos. Estas condiciones si bien están presentes una porción limitada del día pueden exceder la tensión climática encontrada en las condiciones extremas que ocurren de manera natural por el clima.

En teoría, el ser humano se modela casi siempre como un cilindro con cubierta que corresponde a la piel, los tejidos superficiales y las extremidades, con un núcleo correspondiente a los tejidos más profundos del tronco y la cabeza. Las temperaturas del núcleo presentan un intervalo pequeño alrededor de un valor normal de 98.6°F (37°C). Para valores entre 100 y 102°F (37.8 – 38.9°C) el desempeño fisiológico decae en forma abrupta. Para temperaturas superiores a los 105°F (40.6°C) el mecanismo de sudor puede fallar y causar una elevación rápida de la temperatura del núcleo y con el tiempo la muerte. Por otro lado, los tejidos del exterior del cuerpo pueden variar en intervalos de temperatura más amplios sin pérdida seria de la eficiencia y actúan como amortiguador para proteger las temperaturas del núcleo. La ropa actúa como una segunda capa aislante para el núcleo.

El intercambio de calor entre el cuerpo y su entorno se puede representar por la siguiente ecuación de balance de calor:

$$S = M \pm C \pm R - E \text{ (}^1\text{)}$$

Donde: M = aumento de calor por el metabolismo,

¹ Benjamín Niebel y Andris Freivalds. **Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo**. (10ª edición; México: Editorial Alfaomega, 2001) p 242.

- C = aumento de calor (o pérdida) por convección,
- R = aumento de calor (o pérdida) por radiación,
- E = pérdida de calor a través de la evaporación del sudor,
- S = almacenamiento de calor (o pérdida) del cuerpo

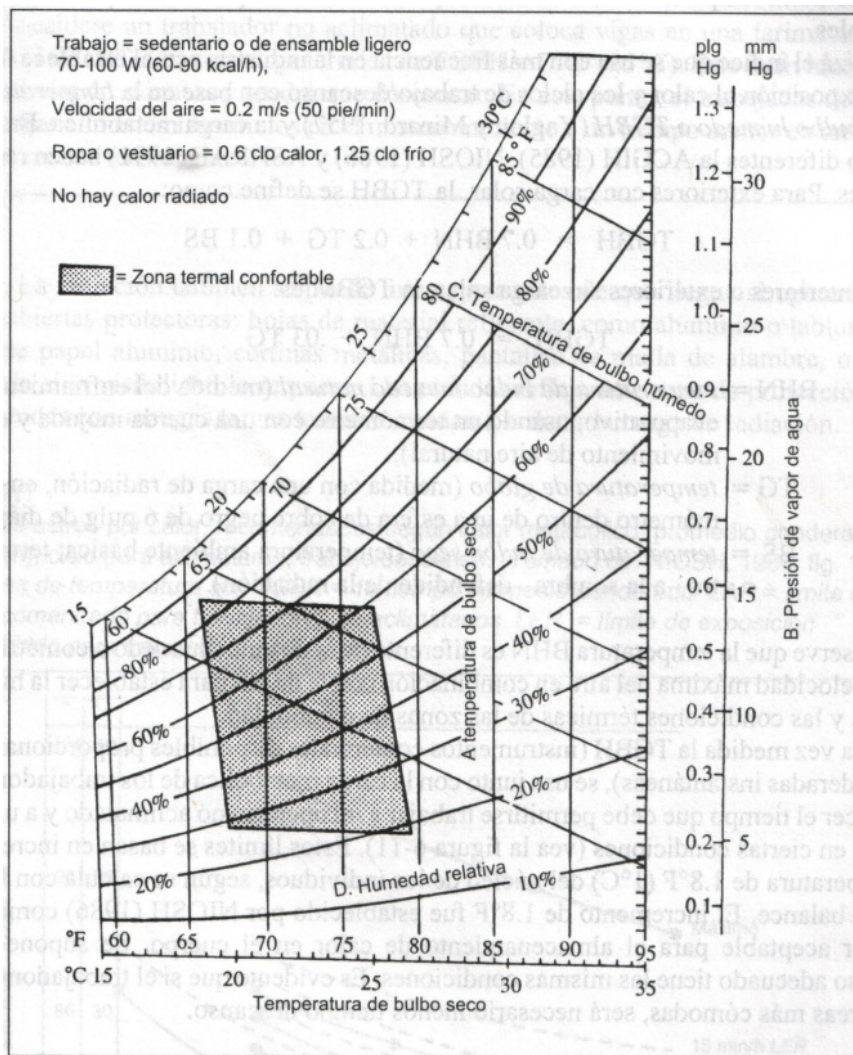
La neutralidad térmica “**S**” debe ser cero. Si la suma da varios intercambios de calor a través del cuerpo da como resultado una ganancia de calor, el calor resultante se almacenará en los tejidos del cuerpo con un incremento consecuente en la temperatura del núcleo y el problema potencial de tensión por calor.

La tensión por calor se puede reducir con la modificación del ambiente. La modificación del ambiente es una consecuencia directa de la ecuación de balance de calor (“**S**”, ver pág. 15). Si la carga metabólica es una contribución significativa al almacenamiento de calor, la carga de trabajo debe reducirse con la mecanización del operario. Trabajar más despacio también disminuye la carga de trabajo, pero tendrá efectos negativos al decrecer la productividad. La carga de radiación puede disminuirse si se controla el calor que irradian los equipos, aislándolos con drenajes para agua caliente, con juntas selladas donde puede escapar el vapor e instalando ventilación local para disipar el aire caliente que sube del proceso. La radiación también se puede interceptar antes de que llegue al operario mediante cubiertas protectoras como: hojas de material reflejante, tabloncillos cubiertos de papel aluminio, cortinas metálicas, etc. Las prendas reflejantes, ropa de protección e incluso prendas con mangas largas también ayudan a reducir la carga de radiación.

Es posible aumentar la pérdida de calor por convección por parte del trabajador si se aumenta el movimiento de aire con ventilación. La convección es más efectiva sobre la piel desnuda; sin embargo, ésta también absorbe más radiación. Entonces existe un cambio entre la convección y la radiación.

Una zona de comodidad térmica para áreas donde se realiza trabajo ligero sedentario durante 8 horas, se define como el intervalo de temperaturas de 66 a 79°F (18.9 a 26.1°C), con humedad relativa de 20 a 80%. Por supuesto, la carga de trabajo, la ropa y la radiación de calor afectan el sentido individual de comodidad dentro de esta zona.

Figura 11. Zona de trabajo confortable



Fuente: Benjamín Niebel y Andris Freivalds. **Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo**. Pág. 243.

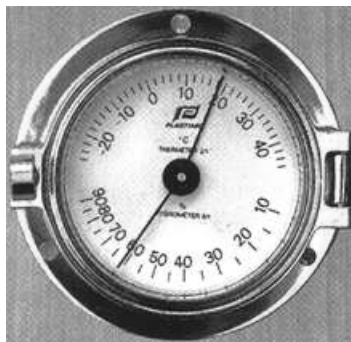
Debido al calor que generan los equipos actualmente en la nave industrial se produce mucha humedad, la cual, es la medida del contenido de agua en la atmósfera. La atmósfera contiene siempre algo de agua en forma de vapor. La cantidad máxima depende de la temperatura; crece al aumentar ésta: a 4.4 °C, 1,000 kg de aire húmedo contiene un máximo de 5 kg de vapor; a 37.8 °C, 1,000 kg de aire contienen 18 kg de vapor. Cuando la atmósfera está saturada de agua el nivel de incomodidad es alto, ya que la transpiración (evaporación de sudor corporal con resultado refrescante) se hace imposible.

El peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire se conoce como humedad absoluta y se expresa en unidades de masa de agua por unidades de masa o de volumen de aire seco. Frecuentemente se utiliza la medida de gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire. La humedad relativa dada en los informes meteorológicos, es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura.

Si la temperatura atmosférica aumenta y no se producen cambios en el contenido de vapor, la humedad absoluta no varía mientras que la relativa disminuye. Una caída de la temperatura incrementa la humedad relativa produciendo rocío por condensación de vapor de agua sobre las superficies sólidas.

La humedad se mide con un higrómetro, instrumento descubierto por el inglés J. F. Daniell en 1820; como el que se muestra a continuación:

Figura 12. Higrómetro



El índice de temperatura-humedad (índice T-H, también llamado índice de incomodidad) expresa con un valor numérico la relación entre la temperatura y la humedad como medida de la comodidad o de la incomodidad. Se calcula sumando 40 al 72% de la suma de las temperaturas en el termómetro seco y en otro húmedo. Por ejemplo, si la temperatura en el termómetro seco es de 30 °C y en el húmedo es de 20 °C, el índice de T-H será de 76. Cuando el valor es 70, la mayoría de la gente está cómoda, si el índice es de 75 el ambiente se hace más incómodo.

1.2. Aspectos básicos del control ambiental

La ventilación industrial es un tema estrechamente relacionado con el control de riesgos para la salud, que además influye sobre el control del ambiente para la protección de riesgos físicos. El aire seco y puro en su estado natural es una mezcla de gases constituidos fundamentalmente por: 78.08% de nitrógeno, 20.95% de oxígeno, 1.3% de gases nobles (helio, neón y argón), 0.03% de anhídrido carbónico; además, vapor de agua y partículas sólidas. De los componentes que forman el aire, sólo el oxígeno y el nitrógeno son necesarios para la vida. El primero es esencial en el proceso metabólico por el que nuestro cuerpo transforma los hidratos de carbono, las proteínas y las grasas contenidas en los alimentos, en calor y energía; el segundo no tiene funciones metabólicas, pero sirve como diluyente inerte y mantiene el hinchamiento de ciertas cavidades de nuestro cuerpo, tales como los alvéolos pulmonares, el oído medio y las cavidades de los senos. Además, el aire en lo que se refiere a ventilación industrial, contiene vapor de agua, olores, humos, anhídrido carbónico producido por la respiración y combustión y polvillo formado por corpúsculos minerales y orgánicos que transportan gran variedad de bacterias y otros microorganismos junto con sus gérmenes, eliminando este aire viciado mediante su renovación y su ventilación.

Cualquier actividad humana aporta al medio ambiente una cantidad de impurezas que alteran las proporciones químicas y físicas del aire, y por añadidura la actividad atmosférica como lluvias, descargas eléctricas, polvos, etc., son responsables también de una modificación sustancial al grado de pureza del aire, combinándose con la actividad química-biológica presente en la superficie de la tierra.

Las impurezas pueden ser:

- **Mecánicas**, correspondientes a partículas sólidas en suspensión.
- **Químicas**, correspondientes a gases o vapores cuya presencia altera la composición del aire.

Impurezas mecánicas

Polvos: término general que se aplica a partículas esencialmente mayores que las coloidales y que son capaces de formar temporalmente una suspensión.

Gaseosa: los polvos no tienen tendencia a flocular excepto bajo la acción de fuerzas electrostáticas; no se difunden, pero se asientan por la influencia de la gravedad. Los polvos son resultado de operaciones como: molienda, aplastamiento, perforación, pulverización, tamizado y explosiones.

Impurezas químicas

Vapores: partículas sólidas generadas por la condensación del estado gaseoso, producidas generalmente después de la volatilización de sustancias fundidas y a menudo acompañadas por una reacción química, como la oxidación. En general, los vapores tienen un tamaño menor que un micrón, aunque pueden flocular para formar partículas mayores.

Humos: partículas sostenidas por un gas de un tamaño generalmente menor que 0.5 de un micrón. Son resultado de la combustión incompleta de materiales como madera, carbón y petróleo.

Neblinas y plumas: término aplicado a las dispersiones de partículas líquidas, de 0.1 a 2.5 de micrón; éstas son de baja concentración, aunque las partículas son de gran tamaño.

Todas estas impurezas y otras que abundan en la atmósfera pueden ser las causantes de enfermedades profesionales como: silicosis (enfermedad del aparato respiratorio, producida por la inhalación del polvo de sílice); asbestosis (enfermedad pulmonar, producida por la inhalación del polvo de asbesto); etc. Los trabajadores deben permanecer en ambientes de trabajos sanos y seguros ya que el organismo necesita oxígeno, el cual es suministrado por el aire. Un espacio donde el aire no tiene movimiento hará que el ambiente que rodea a las personas termine saturándose en su temperatura y humedad. La falta de ventilación adecuada produce fatiga, reduce la atención de los operarios y aumenta la propensión a los accidentes. En sitios donde hay polvos perjudiciales o vapores nocivos es necesario instalar sistemas locales para eliminarlos.

1.2.1. Fundamentos de ventilación industrial

La ventilación de las naves industriales es un aspecto de vital importancia en la planeación de éstos. En todo tipo de industria se requiere de una buena ventilación. El aire que se respira ha de poseer la calidad necesaria para no afectar la salud humana. La calidad del aire está determinada simplemente por la concentración de agentes contaminantes. Se entiende por contaminación la existencia de partículas que normalmente no deben hallarse en el aire o una concentración demasiado alta de partículas existentes; ya que el aire está contaminado siempre por varias razones, tales como: polvo, humos, detergentes, gases, vapores, disipadores de calor de motores, secadores, calderas y el calor que libera el cuerpo de los que laboran dentro de la nave industrial.

El sistema de ventilación sirve para mantener la temperatura dentro de la nave industrial en la banda de comodidad para las personas; ni muy fría, ni muy caliente a toda hora durante la producción. Las metas óptimas de diseño para un sistema general de ventilación para cualquier espacio son:

- Promover la salud,
- La comodidad,
- El bienestar de sus ocupantes y
- La calidad de los procesos que se realicen

En el caso de la ventilación de la planta de Bimbo de Centro América, S. A., es necesario ventilar todo el edificio, ya que, la mayoría de áreas de trabajo presentan un aumento de calor debido a los equipos que generan calor.

1.2.1.1. Sistemas de ventilación

Cuando se piensa en ventilación de naves industriales, se está analizando el proceso mediante el cual el aire viciado del interior es reemplazado por aire fresco del exterior. En este proceso se extrae el calor generado por los distintos equipos, realizando un balance térmico ya que la cantidad de calor desplazado por el aire fresco es igual al calor generado en la nave menos el calor irradiado en la nave, para mantener la temperatura interior constante y beneficiar los procesos y a sus operarios.

La renovación del aire dentro de una nave industrial, se puede llevar a cabo por dos medio:

- Ventilación natural
- Ventilación forzada o mecánica (artificial)

1.2.1.1.1. Ventilación natural

La ventilación natural o por gravedad tiene una aplicación limitada, ya que su efectividad depende directamente de los vientos que prevalezcan en el exterior de la nave y de la temperatura del interior de la misma. Este tipo de ventilación solo debe considerarse para lugares donde haya un viento predominante confiable y donde las personas puedan tolerar temperaturas y condiciones de humedad superiores o inferiores a los valores de diseño del espacio por períodos prolongados. Se puede establecer como principios básicos de la ventilación natural los siguientes:

- Diferencia de altura,
- Diferencia de temperaturas exterior e interior,
- Diferencia de presión,
- Acción del viento,
- Carga térmica

Sin embargo el comportamiento de cada uno de los factores considerados produce diversos efectos. Así la acción del viento sobre un edificio origina unas zonas de sobrepresión que son variables de acuerdo con la dirección del mismo, creando en el lado opuesto y laterales unas zonas de depresión. Las diferencias térmicas entre el interior y el exterior de la nave entrando viento por la parte superior o inferior, es causa de zonas de sobrepresión y depresión. En conclusión: las diferencias de presión son la razón de que se acelere la circulación del aire provocando la ventilación de la nave. La ventilación natural se entrega a un nivel de 8 - 12 pies (2.4 - 3.6 m) y desplaza el aire caliente que se eleva del equipo, las luces y los trabajadores. Una regla burda o común establece que 300 pie³ (8.5 m³) de aire fresco por persona por hora.

En las formas de ventilar grandes naves industriales suelen utilizarse varios sistemas de ventilación natural, desde el simple hueco en la cubierta pasando por los lucernarios, las ventanas altas ubicadas en los laterales, persianas, puertas, tragaluces, entre otras.

Reglas generales de ventilación natural

El área de ventanas para una buena iluminación natural es suficiente para una buena ventilación. El área aceptable es del 25 a 30% de la superficie del suelo. Es conveniente considerar las siguientes reglas para completar el funcionamiento de la ventilación.

- Las áreas de paso del aire deben estar bien distribuidas en la nave. Las entradas deben ser localizadas lo más bajo posible y las salidas lo más alto. Esto se realiza para lograr un mayor beneficio de la ventilación a partir de la diferencia de temperaturas.
- No debe haber obstáculos cerca de las entradas ni tabiques interiores que impidan la circulación interior del aire.
- Aprovechar al máximo el efecto de chimenea (diferencia de densidades). El aire suministrado debe entrar a través de aberturas que estén en el nivel o cerca del nivel del piso del espacio que se va a ventilar y salir a través de las aberturas que se localizan en la parte alta de la pared.
- Cuando las áreas de entrada son sensiblemente iguales a las áreas de salida se obtiene el mayor rendimiento por metro cuadrado de ventana.
- Cuando la dirección del viento es prácticamente constante debe aprovecharse esta circunstancia, orientando la nave de tal manera que su eje mayor quede perpendicular a la dirección del viento dominante. Si la dirección del viento es muy variable, el diseño de la nave debe hacerse en tal forma que ésta tenga las áreas de sus ventanas balanceadas en los cuatro costados, para que independientemente de la dirección del viento siempre se tenga ventilación en el interior.
- Para que exista tiro natural debe haber desnivel entre las ventanas de diferente altura.
- Se debe diseñar los sistemas para soportar velocidades de viento de la mitad de la velocidad promedio que predomine en la estación.

- Cuando se usan chimeneas de ventilación deben colocarse en forma simétrica con respecto al techo de la nave.

1.2.1.1.2. Ventilación forzada o mecánica

Cuando la ventilación natural de ningún modo puede llevarse a cabo o es insuficiente hay que recurrir a la ventilación por medios mecánicos para conseguir la necesaria renovación del volumen de aire que se concentra en el interior de la planta. Debido a lo contaminante que resultan los procesos en planta, es necesario ventilar usando ventilación forzada o mecánica. Es por ello que se tiene la necesidad de ventilación, la cual no es otra cosa que la renovación del aire que se encuentra en la nave, ya que éste se encuentra viciado y deteriorado por:

- Consumo de oxígeno,
- Mezcla con otros gases,
- Malos olores y
- Polución con partículas de suspensión

El saneamiento del aire viciado se deberá realizar con diferentes técnicas según sea el grado de peligrosidad. En éste tipo de ventilación el intercambio de aire viciado por aire nuevo se realiza sin cambios térmicos. La elección de una forma de ventilación depende del grado de concentración de calor.

En general la ventilación mecánica se necesita cuando:

- Las fuerzas naturales no son suficientes para suministrar de manera continua las cantidades de ventilación y de extracción de aire previstas en el diseño.
- Los espacios contengan humos y vapores con una gravedad específica superior a la del aire.
- Exista la necesidad de presurizar un área con una cantidad de aire de ventilación sustancialmente mayor que la extracción.

- Un proceso necesita una cantidad específica de inyección y/o extracción de aire.

Los sistemas de ventilación mecánica van desde el tipo más sencillo; el cual consiste en ventiladores de hélice de pared, con ventiladores de extracción del tipo techo; hasta sistemas complejos que tienen ventiladores múltiples de inyección y extracción, ductos de distribución, registradores, filtros, aislamiento de ductos y controles automáticos. La ventilación mecánica suele efectuarse por intermedio de ventiladores y extractores de aire que pueden montarse de manera individual en el lugar elegido o bien emplear una instalación colectiva que ampare un circuito de tubería.

Los sistemas de ventilación están diseñados para desempeñar las siguientes funciones:

- Controlar olores, mantener niveles aceptables de oxígeno y monóxido de carbono, proporcionar las cantidades de aire de suministro y de extracción exigidas por los procesos dentro de la nave.
- Mantener una temperatura de la nave industrial adecuada para los operarios.

Para determinar la cantidad de suministro de aire se tiene que determinar si la nave industrial se encuentra bajo presión positiva, neutral o negativa.

Presión positiva: la cantidad de aire inyectado a la nave es mayor que la cantidad de aire que se extraiga de la misma. El aire suministrado puede ser hasta 10% mayor que el aire de extracción.

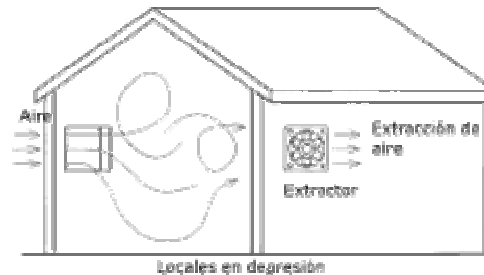


Figura 13. Presión positiva

Presión neutral: la cantidad de aire inyectado es igual a la cantidad de aire de extracción.

Presión negativa: la cantidad de aire inyectado es menor que la cantidad de aire de extracción. La cantidad de aire de extracción no debe ser menor de 90%.

Figura 14. Presión negativa



1.2.1.1.2.1. Tecnología de inyectores

Los inyectores son equipos que se utilizan en el sistema de ventilación, para inyectar o hacer ingresar aire a determinada presión. En el sistema de ventilación de la nave industrial de Bimbo de Centro América, S. A., lo que se busca es tener un sistema de ventilación positiva o de sobrepresión, lo cual significa que al ingresar a la nave de producción se tenga la sensación que el aire sale de la nave, ya que la cantidad de aire inyectada tiene que ser mayor a la cantidad de aire extraída para que se tenga esta sensación.

Dentro de la ventilación mecánica hay que considerar al elemento principal que da origen al nombre: el ventilador de accionamiento mecánico.

Se define por ventilador un aparato para mover aire y que utiliza un rodete como unidad impulsora. Las aberturas pueden tener o no elementos para su conexión al conducto de trabajo. La densidad del aire estándar que movemos, llamado densidad del aire a la masa por unidad de volumen, es de 1.2 kg/m^3 .

Los ventiladores pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Ventiladores axiales o helicoidales y
- Ventiladores radiales o centrífugos

Los primeros lanzan el aire en dirección axial, y en los segundos la corriente de aire se establece radialmente a través del rodete. Van accionados por medio de un motor eléctrico y la transmisión puede ser directa o por medio de poleas y correas trapezoidales.

Figura 15. Ventiladores axiales o helicoidales

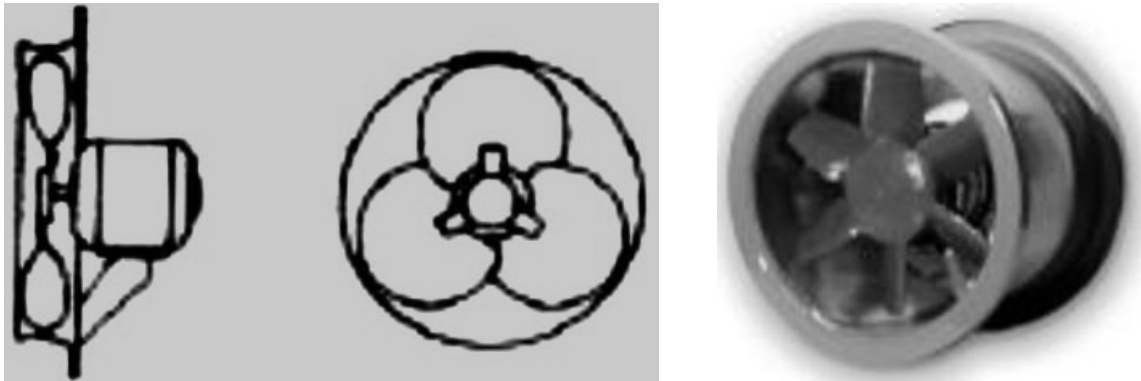
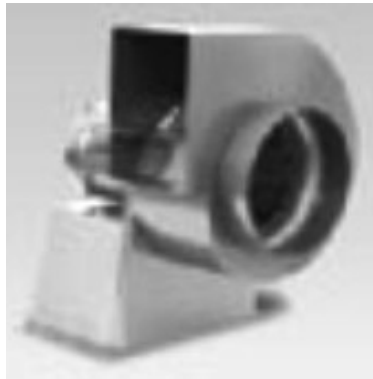


Figura 16. Ventilador radial o centrífugo

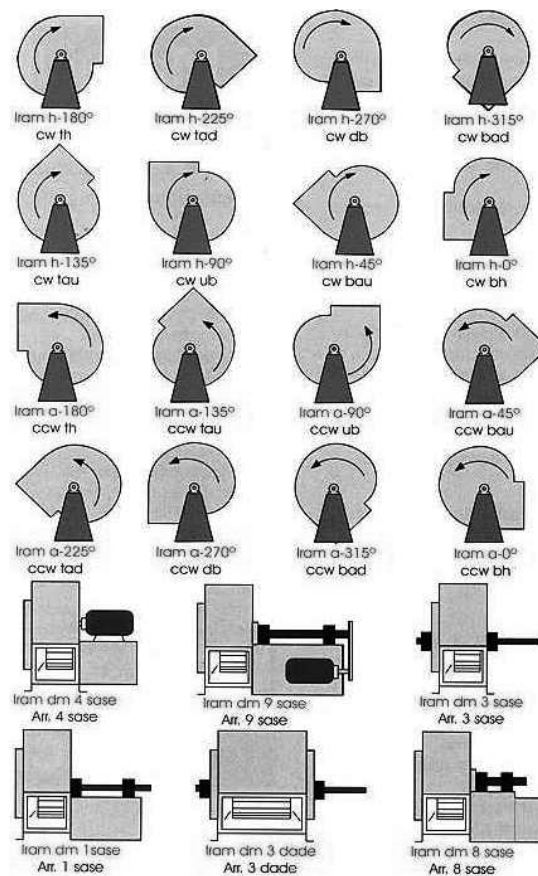


A su vez los ventiladores se pueden clasificar conforme:

- a) Al aumento de presión que produce,
- b) La forma de los alabes,
- c) La disposición de los alabes,
- d) Sus diversas aplicaciones.

Para la determinación de los giros de descarga de los ventiladores centrífugos se aplica el criterio de la norma AMCA n° 2460-16. La dirección de rotación es determinada desde el lado del mando (transmisión) del ventilador. Puede ser horaria o antihoraria. La dirección de descarga es determinada de acuerdo a los siguientes diagramas. El ángulo de descarga es referido al eje horizontal del ventilador.

Figura 17. Sentidos de giro y posiciones de descarga de ventiladores radiales o centrífugos



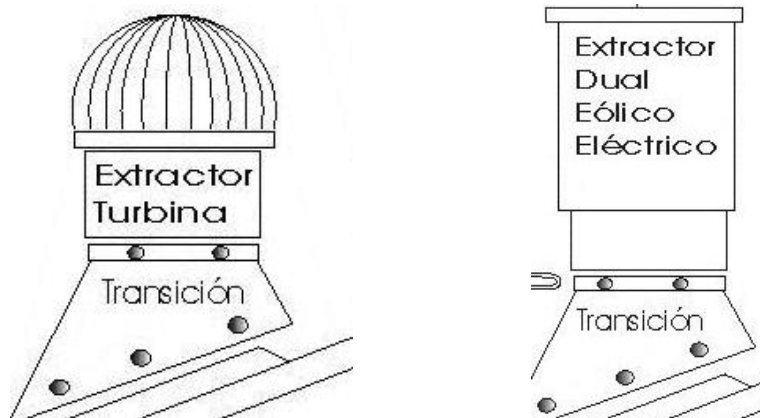
Para casos de ventiladores suspendidos del techo, invertidos o montados sobre la pared, la dirección de rotación y descarga es determinada cuando el ventilador está apoyado sobre el piso.

1.2.1.1.2.2. Tecnología de extractores

Los ventiladores también se conocen con el nombre de extractores. La diferencia entre un ventilador y un extractor consiste en que el primero descarga el aire o el fluido venciendo una cierta presión en su boca de salida y el segundo saca el aire o el fluido del recinto por aspiración y los descarga con una ligera presión. En términos simples, un extractor es una bomba de aire. Se miden por pies cúbicos por minuto (pcpm) y su eficiencia se mide en pcpm por watt.

Uno de los factores de mayor importancia en la selección de un extractor está en el rango de presión estática que quiera manejarse. Usualmente se manejan para una presión estática de 0.05 a 0.10 pulgadas de agua. Los extractores usualmente vienen de 0.914 m de diámetro ó de 1.22 m de diámetro. Los de 0.914 m no se recomiendan en lugares que operen las 24 horas del día, normalmente se usan para una mezcla a ventilación mínima. Los de 1.22 m de diámetro se utilizan para un cambio continuo, de él se obtiene mayor eficiencia. La posición de los ventiladores es un factor determinante para la efectividad del sistema de ventilación. Depende del diseño, pero las posiciones que usualmente se conocen son: en las paredes laterales y en el techo de la nave industrial.

Figura 18. Extractores de techo



1.3. Renovaciones o cambios de aire

Ventilar es cambiar, renovar, extraer el aire interior de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior a fin de evitar su enrarecimiento, eliminando el calor, el polvo, el vapor, los olores y cuanto elemento perjudicial o impurezas contenga el aire ambiental encerrado dentro de la nave industrial. De no llevarse a cabo esta renovación la respiración de los operarios que ocupan la nave se haría dificultosa y molesta, siendo un obstáculo para las actividades normales que se desarrollan dentro de la nave.

La cantidad de aire necesaria para efectuar una ventilación puede depender entre otros factores de:

- Dimensiones y características de la nave,
- Actividad a que está destinado,
- Calor a disipar o carga térmica y
- Granulometría de los sólidos a transportar.

La ventilación en absoluto modifica las cualidades del aire respecto a su temperatura, humedad y demás aspectos, centrándose en el movimiento del aire y su consiguiente desplazamiento y traslación.

Una forma de calcular la ventilación es por renovaciones o cambios del aire circundante. En la siguiente tabla se indica para cada problema una cantidad de renovaciones como base de partida. Es de advertir que se tiene que ser cautelosos a la hora de calcular una ventilación por renovaciones en naves donde exista una carga de calor liberada por el proceso productivo.

Tabla II. **Renovaciones de aire por hora, para cada departamento**

Naturaleza del Local	Renovación de Aire, en Número de Veces por Hora
Ambiente nocivos	30 – 60

Continúa	
Bancos	2 – 4
Bares de hoteles	4 – 6
Bibliotecas	4 – 5
Cafés y bares de cafés	10 – 12
Calas de barco en general	6 – 10
Calas de barco transportado clientes	10 – 20
Cantinas	4 – 6
Cavas para champiñones	10 – 20
Cines***	10 – 15
Cocinas comerciales o de escuelas	15 – 20
Cocinas domésticas	10 – 15
Cocinas grandes para hospitales, cuarteles, hoteles	20 – 30
Despachos***	4 – 6
Discotecas	20 – 30
Fábricas en general	6 – 10
Forja	15 – 20
Fundiciones	20 – 30
Garajes	6 – 8
Grandes almacenes	4 – 6
Habitaciones en los barcos	10 – 20
"Hall" para asambleas	4 – 6
Hospitales	4 – 8
Iglesias	½ - 1
Instalaciones de decapado	5 – 15
Laboratorios	5 – 15
Lavabos	10 – 15
Lavandería	20 – 30

Continúa	
Locales para ventas (almacenes, etc.)	4 – 8
Mataderos	6 – 10
Naves deportivas	4 – 8
Panadería	10 – 20
Piscina cubierta	6 – 7
Pisos	3 – 5
Pollería	6 – 10
Quirófanos	8 – 10
Residencia	1 – 2
Restaurante	6 – 12
Sala de baile***	6 – 8
Sala de billares	6 – 8
Sala de calderas	20 – 40
Sala de máquinas	20 – 30
Sala de un club	8 – 10
Sala oscura de fotografías	10 – 15
Sala para banquetes	6 – 10
Sala para clases (aulas)	4 – 8
Sala de baños	5 – 10
Talleres de fabricación	6 – 10
Talleres de pintura	30 – 60
Talleres con hornos	30 – 60
Talleres con soldadura	15 – 25
Teatros***	10 – 15
Tiendas	6 – 8
Tintorerías	20 – 30
Tocinería	6 – 10

Continúa	
Tren laminador	15 – 20
Vestuarios en piscinas	8 – 10

Fuente: Enrique Carnicer Royo. **Ventilación Industrial**. Págs. 18, 19 y 20.

Las renovaciones de aire hasta un número de ocho veces por hora, aseguran la eliminación de poluciones provocadas por las personas. Los cambios de aire llevados a cabo con frecuencia aseguran la eliminación del calor y el vapor en las zonas calentadas. En los climas cálidos la cifra de cambios por hora deber ser al menos duplicada.

*** = Cuando se fuma en los locales es aconsejable duplicar el número de renovaciones de aire indicado.

1.3.1. Maneras de ventilar

La ventilación puede llevarse a efecto de las siguientes maneras:

- Extracción del aire viciado de la nave industrial,
- Inyección de aire nuevo dentro de la nave industrial y
- Extracción e inyección reunidas en una misma nave. La inyección para la introducción del aire exterior y la extracción para expulsar el aire enrarecido.

El sistema de extracción de aire esencialmente consiste en disponer a lo largo de la nave industrial, o en lugares estratégicos, una serie de ventiladores extractores pudiéndose colocar también en el techo de la nave industrial, recordando el principio: “Las masas calientes emergen hacia arriba”. La misión de los ventiladores consiste en aspirar el aire interior viciado y expulsarlo de la nave a la atmósfera. Esto sucede así porque en los alrededores de la boca del ventilador se origina una depresión la cual atrae el aire de las capas superiores

de la nave que está muy viciado y las arrastra al interior del extractor desde donde son arrojados de la nave.

Lógicamente, para que exista corriente de aire a través del ventilador es necesario que en otros puntos de la nave existan inyectores o abertura, por los que pueda entrar el aire en mayor cantidad con que los extractores eliminan el volumen de aire viciado. Estas aberturas pueden ser: ventanas, puertas, rejillas o disponer de toberas para la entrada de aire.

En el método por inyección los ventiladores recogen el aire exterior limpio y lo empujan hacia el interior de la nave, creando una sobrepresión o ventilación positiva dentro del circuito que obliga al aire viciado a salir por las aberturas para tal fin. A su vez la sobrepresión o ventilación positiva impide que penetre aire del exterior por sitios que no están dentro del planteamiento general de la instalación.

Una de las desventajas de la inyección consiste en poder dotar al ventilador de un filtro para retener las partículas microscópicas y demás contaminantes que proliferen por el aire exterior. Además puede controlarse la cantidad de aire entrante y repartir más eficazmente el volumen de aire sobre las secciones que necesiten mayor renovación.

El sistema de extracción-inyección reunidas en una misma instalación viene determinado por un estudio de las bocas de entrada y salida del aire, así como por la configuración geométrica de la nave de producción, en virtud de que se usan ventiladores inyectores para inyectar el aire limpio y ventiladores extractores para extraer el aire viciado, lo cual nos lleva a considerar adecuadamente todas las variables posibles, pues, por un lado tendremos depresión (extractores) y, por otro sobrepresión (inyectores) siendo conveniente que los inyectores den más aire que el desalojado por los extractores para que dentro de la nave exista sobrepresión o ventilación positiva y la instalación funcione correctamente estimándose en un 20% más.

1.4. Temperatura y humedad

Debido a los efectos del calor y la humedad en el organismo humano, el balance de calor en el cuerpo es un requerimiento fisiológico necesario para la salud del operario.

Cuando las condiciones climatológicas son desfavorables y existe exposición al calor y humedad producidos por los procesos industriales, el cuerpo humano no es capaz de eliminar el calor tan rápidamente como éste es producido y en consecuencia existe un aumento de temperatura corporal. Si la exposición es prolongada y excesiva los resultados negativos son inevitables.

El cuerpo humano está regido por leyes físicas que indican que se puede aplicar leyes de intercambio de calor entre cuerpos sólidos y el medio ambiente. Son varios los aspectos fundamentales que intervienen en estas leyes y a continuación se analizarán en los efectos fisiológicos.

1.4.1. Efectos fisiológicos

Cuando el organismo está expuesto al calor intenso sus sistemas reguladores entran en funcionamiento para equilibrar la temperatura corporal. Para mantenerlos en equilibrio cuenta con tres factores:

- Sudoración,
- Convección y
- Radiación

Sudoración: el organismo reduce la carga calorífica al evaporar el sudor, esta evaporación solo se produce en forma eficiente cuando la humedad relativa del aire está balanceada; pero cuando está saturada de agua no puede recoger el sudor corporal y por lo tanto, éste corre por la piel gastando las energías que se usaron para producirlo. Un efecto secundario del calor es que las sales salen del organismo junto con el sudor, las sales son restadas de los sistemas y si no se reponen al organismo se corre el riesgo de: deshidratación, aumento de

temperatura corporal, aceleración del ritmo del corazón, disminución de la presión arterial, entre otros; todos ellos pueden llegar hasta la postración de shock por calor.

Convección: por medio de este sistema físico de intercambio de calor con el medio ambiente el cuerpo obtiene un balance parcial de su carga calorífica. Para que la convección sea eficiente se requiere que el aire que rodea al individuo sea más frío. Si el aire que rodea al cuerpo es más caliente éste se calentará o absorberá calor del aire. Si el aire es más frío el cuerpo se enfriará debido a que transmitirá parte de su calor al aire.

Radiación: la radiación es el intercambio de calor entre dos cuerpos y se produce por el tránsito de ondas de energía radiante del cuerpo más caliente al cuerpo más frío, de manera que si alrededor del individuo existen cuerpos más calientes los rayos infrarrojos que son los medios por los cuales se produce la radiación, viajan de estos cuerpos al individuo calentándolo y viceversa. El cuerpo humano es capaz también de producir calor interno mediante el consumo de energías. El metabolismo lo presenta principalmente en grados altos mientras se realiza un trabajo.

La exposición excesiva a un ambiente laboral muy caluroso puede causar una variedad de afecciones como consecuencia del calor, dentro de ellas se tienen:

Insolación

La insolación es el problema más grave para la salud de todos los asociados con el trabajo en ambientes calurosos. La insolación ocurre cuando el sistema que controla la temperatura del cuerpo falla y la transpiración se hace inadecuada. La transpiración es la única manera eficaz que tiene el cuerpo de eliminar el calor excesivo. El proceso de transpiración se puede poner en peligro sin que la víctima se dé cuenta de haber llegado a un estado de crisis.

La piel de las víctimas con insolación está muy caliente y por lo regular seca, roja, o con manchas. Si la temperatura de la víctima normalmente es de 105 ° F (40.5 ° C) o más la víctima está confundida, desorientada, tal vez tiene convulsiones o está incoherente. Si la víctima no obtiene tratamiento rápido y apropiado, puede morir.

Cualquier persona con señales o síntomas de insolación necesita hospitalización tan pronto como sea posible. Sin embargo, se deben prestar inmediatamente los primeros auxilios. Los primeros auxilios incluyen estos pasos: lleve la víctima a un área fresca, empape la ropa de la víctima con agua fría, y abanique intensamente la víctima para que se refresque más. Los tratamientos en un centro médico deben enfocarse en continuar refrescando a la víctima y observar las complicaciones que acompañan a menudo la insolación. El reconocimiento y el tratamiento tempranos de la insolación son la única manera de evitar la muerte o una lesión cerebral permanente.

Agotamiento por el calor

El agotamiento por el calor incluye varias afecciones clínicas que pueden parecer a los primeros síntomas de insolación. El agotamiento por el calor resulta de la pérdida de grandes cantidades de líquido por la transpiración a veces con una pérdida excesiva de sal. Un trabajador que sufre el agotamiento por el calor sigue sudando, pero siente una debilidad o un cansancio extremo, también mareo, náusea, o dolor de cabeza. En casos más graves la víctima puede vomitar o perder la conciencia. La piel está húmeda y mojada, el aspecto es pálido o rojo y la temperatura del cuerpo está normal o solamente poco elevada.

En la mayoría de los casos el tratamiento de la víctima incluye hacerla descansar en un lugar fresco y tomar mucho líquido. Las víctimas con casos leves normalmente se recuperan espontáneamente con este tratamiento.

En los casos graves se puede necesitar asistencia prolongada por algunos días. No hay efectos permanentes conocidos.

Calambres por el calor

Los calambres por el calor son espasmos dolorosos de los músculos que ocurren cuando uno suda profusamente (con excesiva abundancia) y bebe grandes cantidades de agua, pero no reemplaza adecuadamente la sal que pierde el cuerpo. Beber grandes cantidades de agua diluye los líquidos del cuerpo mientras el cuerpo sigue perdiendo sal. Poco después, el nivel bajo de sal en los músculos causa dolorosos calambres. Los músculos afectados pueden ser de los brazos, las piernas, o el vientre. Pero los músculos "cansados" (los que se usan para trabajar) son normalmente los que son más propensos a los calambres. Los calambres pueden ocurrir durante o después de las horas de trabajo y pueden ser aliviados bebiendo líquidos salados.

Desmayo

Un trabajador que no está acostumbrado a los ambientes muy calurosos y que está de pie e inmóvil puede desmayarse si trabaja en un ambiente caluroso. Cuando el cuerpo intenta controlar la temperatura interna los vasos sanguíneos se dilatan en la piel y en la parte baja del cuerpo. Así es posible que la sangre se acumule en estas partes en vez de regresar al corazón para ser bombeada al cerebro. Si se acuesta el trabajador debe recuperarse en poco tiempo. Después de recuperarse el trabajador se puede mover para evitar que la sangre se acumule y con eso se pueden evitar más desmayos.

Sarpullido por el calor

Un sarpullido por el calor (fiebre miliar) ocurre con más frecuencia en ambientes calurosos y húmedos donde la transpiración no se elimina muy fácilmente y la piel queda mojada la mayor parte del tiempo.

Los conductos de transpiración se tapan y un sarpullido aparece en la piel. Cuando el sarpullido es extenso o cuando se complica por una infección la fiebre miliar puede causar que un trabajador se sienta muy incómodo y su capacidad de trabajar disminuya. Un trabajador puede evitar esta condición descansando en un lugar fresco cada día por un rato y bañándose y secándose la piel.

Cansancio fugaz por el calor

El cansancio fugaz por el calor es un estado temporal de incomodidad y tensión mental o psicológica causado por una exposición prolongada al calor. Los trabajadores que no están acostumbrados al calor están especialmente propensos y pueden sufrir distintos grados de una disminución de rendimiento, coordinación y de su capacidad de estar alerta. La severidad del cansancio fugaz por el calor se disminuirá con un período de adaptación al ambiente caluroso (aclimatación al calor).

Áreas de descanso

Las áreas frescas para descansar pueden reducir el estrés de trabajar en un ambiente caluroso. No existe información concluyente sobre la temperatura ideal para un área de descanso. Sin embargo, un área de descanso con una temperatura cerca de 76 ° F (24.5 ° C) debe ser adecuada. Esta temperatura puede parecer fresca para alguien que esta sudando hasta que se aclimate. El área de descanso debe estar tan cerca como sea posible al lugar de trabajo. Ciclos breves y frecuentes de trabajo y descanso son más beneficiosos para el trabajador que períodos largos de trabajo y descanso.

Tomar agua

Durante un día en el calor un trabajador puede producir entre 2 y 3 galones de transpiración.

Como tantas afecciones están asociadas con la deshidratación excesiva del cuerpo, la cantidad de líquido que se toma debe ser equivalente a la cantidad de transpiración producida. La mayoría de los trabajadores que están expuestos a las condiciones calurosas toman menos líquidos de lo que necesitan por falta de sed. Un trabajador no debe esperar hasta que tenga sed para saber cuando y cuanto tomar. El trabajador tiene que tomar entre 5 y 7 onzas cada 15 o 20 minutos para reponer el líquido en el cuerpo. No hay una temperatura óptima para el agua potable, pero la mayoría de las personas prefieren bebidas frescas en vez de bebidas calientes o demasiado frías. Cualquiera que sea la temperatura del agua, debe ser agradable y disponible al trabajador. Cada trabajador debe tener su propio vaso y nunca se deben compartir los vasos.

Los trabajadores que están aclimatados al calor pierden menos sal en su transpiración que los trabajadores que no están aclimatados.

Ropa protectora

La ropa impide la transferencia del calor entre el cuerpo y el ambiente. Por eso, en trabajos calurosos en los que la temperatura del aire está más baja que la de la piel, la ropa disminuye la capacidad del cuerpo de eliminar el calor al aire.

Cuando la temperatura del aire está más alta que la de la piel, la ropa ayuda a impedir la transferencia del calor del aire al cuerpo. Sin embargo, esto no ayuda si la ropa afecta la evaporación de la transpiración. En los climas secos la evaporación de la transpiración casi no es un problema. En un ambiente de trabajo seco con temperaturas altas, la ropa protectora puede ayudar al trabajador. El tipo apropiado de ropa depende de las circunstancias. Algunos trabajos en ambientes calurosos requieren guantes o trajes aislantes, ropa reflectora, o un reflector protector infrarrojo para la cara. Para condiciones de calor extremo se puede usar ropa térmica. Existe ropa que tiene un acondicionador de aire "independiente" en una mochila.

Otro traje tiene el acondicionador de aire conectado con una fuente de aire comprimido que hace pasar aire fresco por un tubo vórtice a la chaqueta o a los overoles. Otro tipo de traje es una chaqueta plástica con bolsillos que se pueden llenar con hielo seco o con contenedores de hielo.

2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La nave industrial de Bimbo de Centro América, S. A., se encuentra ubicada en el kilómetro 52.5 de la carretera Interamericana, El Tejar Chimaltenango. Con una latitud de $14^{\circ}39'20''$, longitud de $90^{\circ}47'20''$ y altitud de 1,765 msnm. El Departamento de Chimaltenango está situado dentro de la zona geológica denominada tierra volcánica, por lo que sus suelos tienen características de materiales volcánicos. A continuación se dan los conceptos climatológicos principales.

Temperatura: el concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el calor o frialdad relativos y de la observación de que el suministro de calor a un cuerpo conlleva un aumento de su temperatura mientras no se produzca la fusión o ebullición, es además, una magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. En el caso de dos cuerpos con temperaturas diferentes, el calor fluye del más caliente al más frío hasta que sus temperaturas sean idénticas y se alcance el equilibrio térmico. Por tanto, los términos de temperatura y calor, aunque relacionados entre sí, se refieren a conceptos diferentes: la temperatura es una propiedad de un cuerpo y el calor es un flujo de energía entre dos cuerpos a diferentes temperaturas. Los cambios de temperatura tienen que medirse a partir de otros cambios en las propiedades de una sustancia.

Precipitación: es un proceso de formación de un segundo estado o fase de la materia dentro de una primera fase. Si por ejemplo, el aire que contiene vapor de agua se enfría por debajo del punto en que se forma el rocío, se crea un precipitado de agua líquida dentro de la fase gaseosa. Este precipitado puede adoptar la forma de niebla, lluvia o condensación en una superficie.

Brillo solar: es la luz que refleja o emite un cuerpo o la cantidad de luz debida a la propia emisión de una fuente luminosa.

Humedad: es la medida del contenido de agua en la atmósfera. La atmósfera contiene siempre algo de agua en forma de vapor.

Velocidad de viento: es una magnitud física que expresa el espacio recorrido por un móvil en la unidad de tiempo. Su unidad en el Sistema Internacional es el metro por segundo (m/s).

Evaporación: es la conversión gradual de un líquido en gas sin que haya ebullición. Las moléculas de cualquier líquido se encuentran en constante movimiento. La velocidad media (o promedio) de las moléculas sólo depende de la temperatura, pero puede haber moléculas individuales que se muevan a una velocidad mucho mayor o mucho menor que la velocidad media. Es decir, la evaporación es un proceso que enfría. Para que la evaporación continúe produciéndose con rapidez hay que eliminar el vapor tan rápido como se forma. Por este motivo, un líquido se evapora con la máxima rapidez cuando se crea una corriente de aire sobre su superficie o cuando se extrae el vapor con una bomba de vacío.

Tabla III. **Condiciones climatológicas promedio**

Parámetros	Valores promedio	Dimensionales
Temperatura	16.6	°C
Precipitación	1169.60	Mm
Brillo Solar	201.60	Hrs
Humedad	72	%
Velocidad de viento	15.60	Km/h
Evaporación	119	Mm

Fuente: INSIVUMEH –ALAMEDA ICTA-

A pesar de que el clima de El Tejar es frío, dentro de la nave industrial hace mucho calor, ésto es debido a los equipos que utilizan gas.

2.1. Evaluación de condiciones interiores

La nave industrial cuenta con varias líneas de producción, las cuales generan calor debido a que utilizan diversos medios de combustión para el cocido de los alimentos que actualmente se producen.

Cuando se observa el sistema de ventilación actual en las instalaciones, se puede observar que es obsoleto. La forma en que se ventila la nave está basado en un sistema de ventilación de 12 unidades inyectoras de aire y 9 unidades extractoras de aire, los cuales están encargados de ventilar toda la nave industrial. Proporcionándoles mantenimiento preventivo cada 3 ó 4 meses.

Por lo que es indispensable optimizar el sistema de ventilación para poder cumplir con las normas de seguridad y confort dentro de la nave de producción.

2.1.1. Estudio técnico del sistema de ventilación actual

En la actualidad la nave de producción no cuenta con un sistema definido de ventilación, además de que los inyectores y extractores actuales fueron especificados en su momento a otra distribución de maquinaria muy diferente al actual. Por lo que en la actualidad se tiene un déficit de 60% aproximadamente en cuanto a los cambios por hora de aire.

La planta de producción actual tiene las siguientes dimensiones:

Figura 19. Volumen 1 de la planta de producción

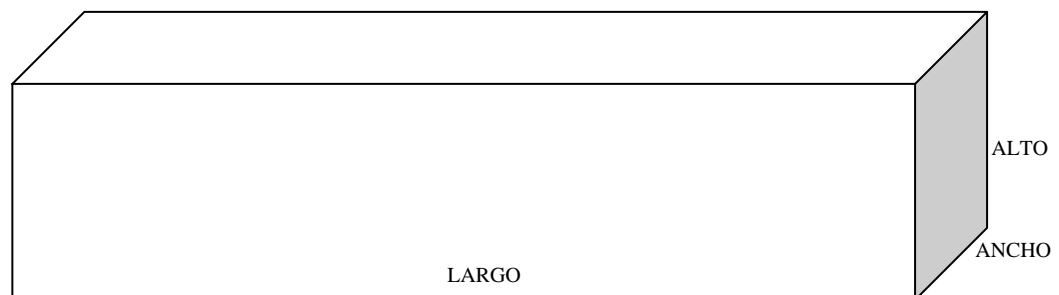


Tabla IV. Dimensiones de la planta de producción, volumen 1

Dimensión	Medida (m)
Largo	120
Ancho	30
Alto	6

Figura 20. Volumen 2 de la planta de producción

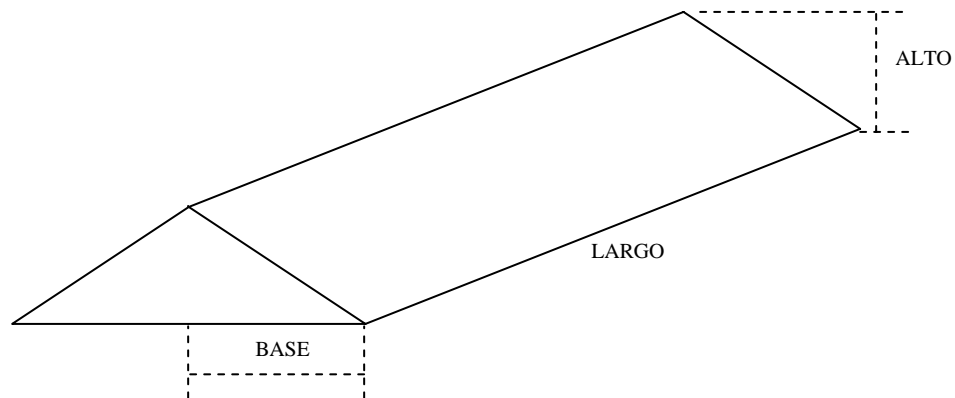


Tabla V. Dimensiones de la planta de producción, Volumen 2

Dimensión	Medida (m)
Largo	120
Base	15
Alto	2

Calculando el volumen total de la nave de producción, se tiene:

$$V_1 = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{Alto}$$

$$V_1 = 120 * 30 * 6$$

$$V_1 = 21,600 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{1}{2} * \text{Base} * \text{Altura} * \text{Largo}$$

$$V_2 = \frac{1}{2} * 15 * 2 * 120$$

$$V_2 = 1,800 \text{ m}^3$$

Pero como son dos triángulos se multiplica por dos, así:

$$V_2 = 1,800 * 2$$

$$\mathbf{V_2 = 3,600 \text{ m}^3}$$

Entonces, el volumen total de la nave de producción es de:

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 21,600 + 3,600$$

$$\mathbf{V_T = 25,200 \text{ m}^3}$$

Debido a que la nave de producción ha venido creciendo se le realizó una ampliación a un costado de la misma; por lo tanto este volumen debe considerarse y ventilarse adecuadamente, ya que en esta ampliación se colocaron los hornos de pan tostado y los hornos de panquelería. Es esta ampliación un sector de los más calurosos de la nave debido a los equipos que contiene. Como es una ampliación aún no cuenta con un sistema de ventilación adecuado, es por ello la importancia de ventilarlo.

El volumen de la ampliación es el siguiente:

Figura 21. Volumen de ampliación 1 de la planta de producción

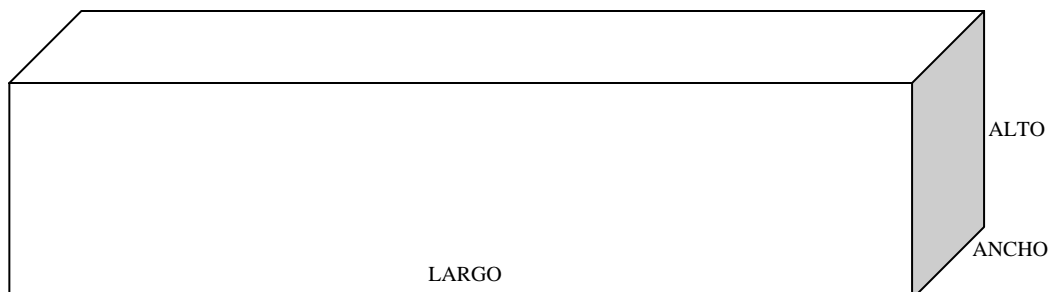


Tabla VI. Dimensiones de la planta de producción, volumen de ampliación 1

Dimensión	Medida (m)
Largo	120
Ancho	7
Alto	4.5

Figura 22. Volumen de ampliación 2 de la planta de producción

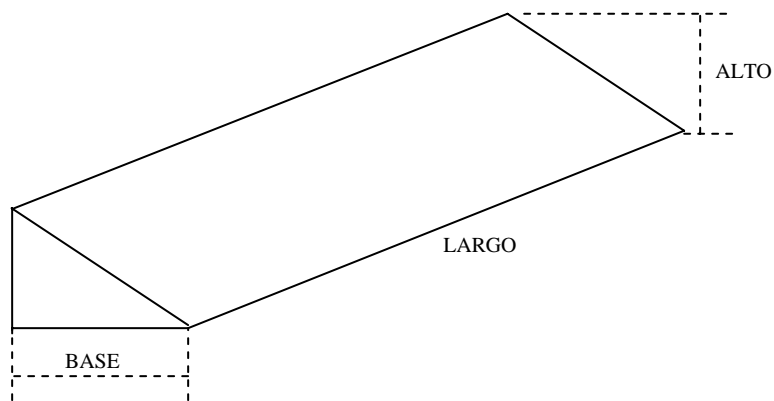


Tabla VII. Dimensiones de la planta de producción, volumen de ampliación 2

Dimensión	Medida (m)
Largo	114
Base	7
Alto	1.3

Calculando el volumen de ampliación de la nave de producción, se tiene:

$$V_{A1} = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{Alto}$$

$$V_{A1} = 120 * 7 * 4.5$$

$$V_{A1} = 3,780 \text{ m}^3$$

$$V_{A2} = \frac{1}{2} * \text{Base} * \text{Altura} * \text{Largo}$$

$$V_{A2} = \frac{1}{2} * 7 * 1.3 * 114$$

$$V_{A2} = 518.70 \text{ m}^3$$

Entonces, el volumen total de ampliación de la nave de producción es de:

$$V_{TA} = V_{A1} + V_{A2}$$

$$V_{TA} = 3,780 + 518.70$$

$$V_{TA} = 4,298.70 \text{ m}^3$$

Entonces, se tiene que el volumen total de la nave de producción actualmente es de:

$$V = V_T + V_{TA}$$

$$V = 25,200 + 4,298.70$$

$$V = 29,498.70 \text{ m}^3$$

Tabla VIII. **Parámetros a considerar en los cálculos proyectados**

Renovación de aire proyectado	14 cambios por hora *
% de sobrepresión proyectado	20 %
Altitud sobre nivel del mar	1,765 msnm
Temperatura bulbo seco	61 F (16 C) *
Temperatura bulbo húmedo	52 F (11C) *
Humedad relativa según carta	57 %

* = ASHRAE "Ventilation for acceptable indoor air quality"

Determinación del caudal de aire

El caudal de inyección que se necesita en la nave industrial según los parámetros es de:

Caudal de inyección total requerido = volumen total X cambios por hora (ver pág. 32)

Caudal de inyección total requerido = 29,498.70 m³ X 14 cambios / hora

Caudal de inyección total requerido = 412, 981.80 m³ / hr

Realizando la conversión para trabajar todo en el sistema inglés se tiene:

Caudal de inyección total requerido = (412,981.80 m³ / hr) X (1 hr / 60min) X (35.31 ft³ / 1 m³)

Caudal de inyección total requerido = 243,039.79 ft³ / min

Caudal de inyección total requerido = 243,040 ft³ / min aprox.

Actualmente la planta descarga aire caliente a la atmósfera por medio de las chimeneas, las cuales son necesarias y provienen directamente de los equipos de combustión como los hornos, freidores y comales.

Para el cálculo del caudal de extracción se consideró aproximadamente de 250 ft³ / min (2) por cada chimenea y se tienen en total 15 chimeneas; entonces, el caudal de extracción por total de chimeneas que actualmente se tiene según los parámetros es de:

Caudal de extracción actual por total de chimeneas = (caudal de chimenea) X (No. de chimeneas)

Caudal de extracción actual por total de chimeneas = (250 ft³ / min) X (15)

Caudal de extracción actual por total de chimeneas = (250 ft³ / min) X (15)

Caudal de extracción actual por total de chimeneas = 3,750 ft³ / min

Estos caudales son con los que actualmente cuenta la planta de producción y son los parámetros que utilizaremos para los cálculos de diseño del sistema de ventilación que se propone.

² José Andrés Vega Nabte. **Ingeniería Industrial y Coordinación de Obras. Bimbo de México**

Para fines de hallar el caudal de extracción requerido en el diseño del sistema de ventilación a implantar, se hallará mediante la inyección de aire actual, menos la extracción de aire actual, por el porcentaje de sobrepresión que se necesita tener dentro de la nave de producción.

Se realiza este cálculo tomando en cuenta la presión positiva dentro de la nave y no considerar la cumbre y puertas. Como se esta considerando una presión positiva de un 20% luego entonces se tendrá un porcentaje (%) de extracción de 80%.

Caudal de extracción total requerido = (caudal de inyección requerido – caudal de extracción actual por total de chimeneas) X (% de extracción)

Caudal de extracción total requerido = (243,040 ft³ / min - 3,750 ft³ / min) X (0.80)

Caudal de extracción total requerido = 191,432 ft³ / min.

Tabla IX. **Resumen del estudio técnico de ventilación**

DESCRIPCIÓN	DATO
Caudal de inyección total requerido	243,040 ft³ / min **
Caudal de extracción actual por total de chimeneas	3,750 ft ³ / min ‘
Caudal de extracción total requerido	191,432 ft³ / min **

** = Datos utilizados en el sistema propuesto, elaborado en el capítulo 3.

‘ = Dato utilizado para calcular el caudal de extracción total requerido.

2.1.2. Equipo utilizado en el sistema de ventilación actual

El equipo que actualmente se encuentra instalado en la nave de producción se describe a continuación:

Inyectores actuales ya instalados = 8 equipos

Tabla X. **Tabla de especificaciones de inyectores**

Modelo	RGML-180
Caída de presión	0.5"
Capacidad	11,300 ft ³ / min
Motor	3 hp
Peso aproximado	250 kg

Con los inyectores que actualmente se encuentran instalados en la nave de producción se tiene la siguiente cantidad de aire inyectado.

Inyección de aire actual = (capacidad por equipo) X (No. de equipos)

Inyección de aire actual = (11,300 ft³ / min) X (8)

Inyección de aire actual = 90,400 ft³ / min

Recomendación:

Debido a que el caudal de inyección requerido de aire que actualmente se tiene es de **243,040 ft³ / min** aproximadamente; matemáticamente se puede saber cual es el déficit del sistema de ventilación industrial en la nave de producción:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Porcentaje -----ft}^3 / \text{min} \\ 100\% ----- 243,040 \\ X ----- 90,400 \end{array} \right\}$$

X = 37%, concluimos que se tiene un déficit del 63%. Por ello, debe realizarse una optimización que sea capaz de generar un caudal de inyección de aire que se adapte a la nave de producción actual.

Extractores actuales ya instalados = 8 equipos

Tabla XI. **Especificaciones de extractores**

Modelo	CRH-26
Caída de presión	0.25"
Capacidad	9,121 ft ³ / min
Motor	2 hp
Peso aproximado	150 kg

Con los extractores que actualmente se encuentran instalados en la nave de producción se tiene la siguiente cantidad de aire extraído.

Extracción de aire actual = (capacidad por equipo) X (No. de equipos)

Extracción de aire actual = (9,121 ft³ / min) X (8)

Extracción de aire actual = 72,968 ft³ / min

Tabla XII. **Resumen de datos de los equipos utilizados actualmente en el sistema de ventilación**

DESCRIPCIÓN	DATO
Inyección de aire actual	90, 400 ft ³ / min
Extracción de aire actual	72,968 ft ³ / min

Tabla XIII. **Comparativo de datos requeridos y datos actuales**

DESCRIPCIÓN	DATO REQUERIDO	DATO ACTUAL
Caudal de inyección total requerido	243,040 ft³ / min	
Caudal de extracción total requerido	191,432 ft³ / min	
Caudal de extracción actual por total de chimeneas		3,750 ft ³ / min
Inyección de aire actual		90, 400 ft ³ / min
Extracción de aire actual		72,968 ft ³ / min

2.2. Localización, posición geográfica e instalaciones

Localización:

La localización de la nave industrial de Bimbo de Centro América, S. A., se encuentra en el kilómetro 52.5 de la carretera Interamericana, El Tejar Chimaltenango. Con las siguientes características:

Tabla XIV. **Características de El Tejar, Chimaltenango**

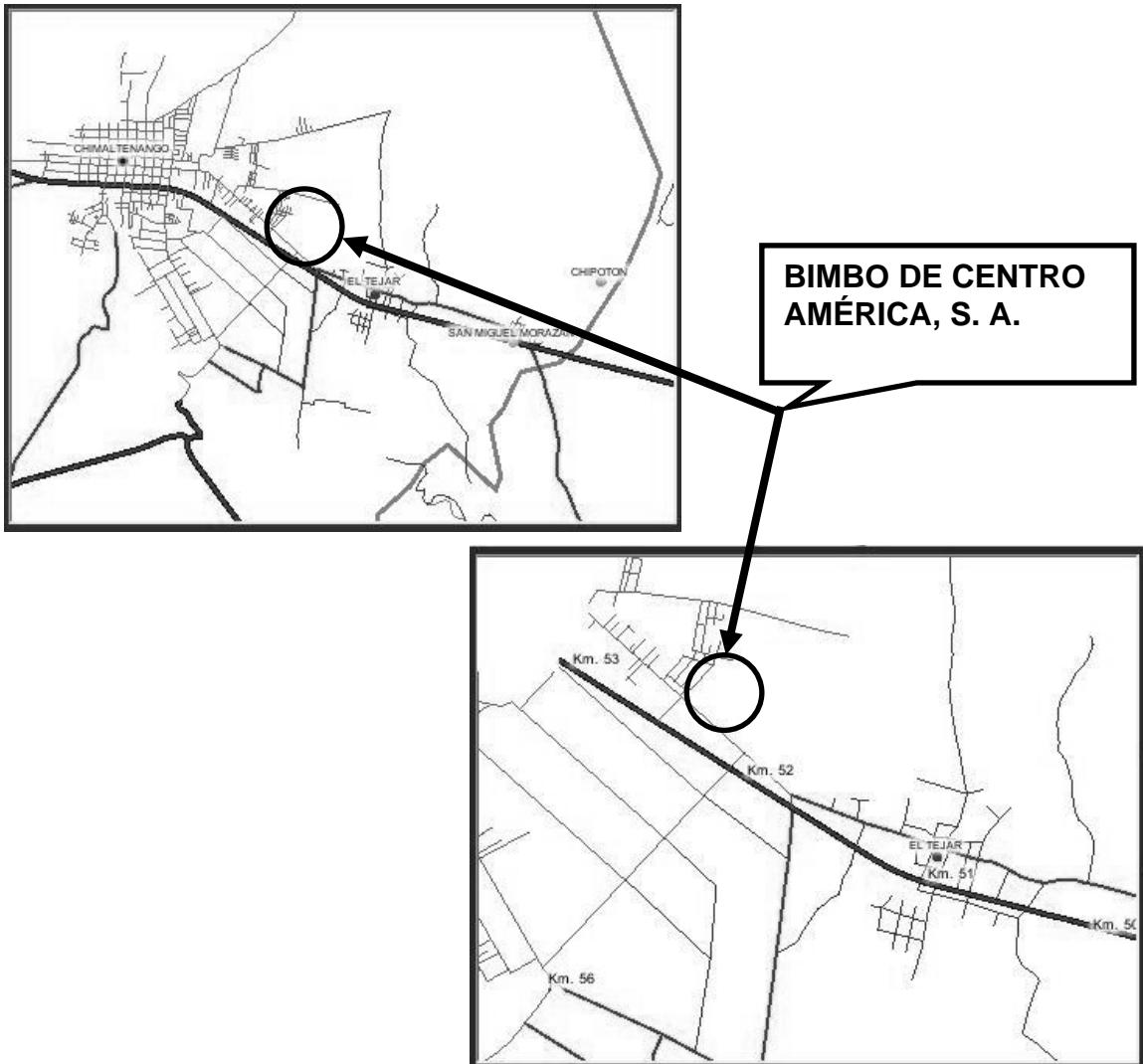
Latitud	14°39'20"
Longitud	90°47'20'
Altitud	1,765 msnm
Extensión territorial	144 km ²

Las instalaciones con las que actualmente cuenta la nave industrial están construidas de ladrillo en su gran mayoría; es mínima la parte que esta construida con block y materiales prefabricados. El techo con el cual cuenta la

nave de producción es de dos aguas y la lámina es troquelada del tipo T-101. Toda la estructura es de vigas de acero reforzadas y ensambladas por medio de tornillos y soldadura eléctrica. Las puertas de ingreso a la nave de producción son del tipo corredizo. El piso es de planchas de concreto alisado. La nave de producción no cuenta con ventanas longitudinales y la iluminación natural se realiza por medio de láminas transparentes “lamiluz”.

Posición geográfica:

Figura 23. Posición geográfica de la planta de producción



Instalaciones:

Dentro de las instalaciones, la maquinaria con que se produce es de acero inoxidable, así como también, todos los accesorios. Existen buenas prácticas de manufactura dentro de toda la nave de producción y el encargado de que se cumpla es el señor Eduardo Pérez. La limpieza es cada 8 días a nivel de toda la planta y para ello se contrata a empresas especializadas en el mantenimiento industrial.

Para poder ingresar a la nave de producción es necesario utilizar cofia y tapa boca además de lavarse las manos cada vez que uno ingrese. Las normas de seguridad son muy estrictas, todo esto para evitar accidentes. Para poder realizar trabajos en el techo o medios elevados es necesario utilizar cinturones de seguridad y equipo adecuado. Las rutas de evacuación están definidas y muy bien señalizadas, además de realizar simulacros constantemente. Como en muchas de las naves industriales se busca trabajar lo mas profesionalmente posible y con el mínimo de riesgos.

2.3. Análisis de las variables (temperatura y humedad) actualmente

Durante el tiempo que se realizó el estudio se tomaron lecturas de temperatura y humedad en la nave de producción, en sitios donde se consideró que existe mayor concentración de humedad y mayor liberación de calor por parte de los equipos.

Tabla XV. **Mediciones de temperatura y humedad relativa**

Equipo	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Horno Baker Perkins (pan)	122	40
Horno Meincke (pastelería)	128	43

Continúa		
Horno de carrete No. 1 Simet (panquelería)	175	45
Horno de carrete No. 2 Iberia (panquelería)	180	45
Horno Werner y Pfleiderer (tostado)	125	43
Horno Werner Lehara (galletería)	138	44
Comal Herrera-Maquindal (tortillas)	174	45
Comal Maquindal (tostadas)	153	41
Freidor DCA Equipment (donas)	59	30
Freidor Maquindal (tostadas)	149	44
Secador Maquindal (tostadas)	62	32

Fuente: BIMBO DE CENTRO AMÉRICA –PLANTA DE PRODUCCIÓN-

Todas las lecturas fueron tomadas con un medidor de temperatura de rayo láser infrarrojo directamente en las zonas de mayor calentamiento para poder detectar la temperatura ambiental que generan los equipos. La humedad relativa se tomó en ambientes abiertos con un higrómetro. Como se puede ver, las temperaturas tabuladas son altas para el trabajo eficiente del personal de producción, por lo tanto, se tiene que bajar la temperatura, además se necesita inyectar aire limpio y de esta manera mejorar el confort dentro de la nave de producción. Es importante mencionar que la temperatura baja en horas nocturnas como también en época de invierno; necesitando únicamente mejorar la pureza del aire.

2.4. Análisis de costo actual del sistema de ventilación

Como todo el sistema actual de ventilación se realizó cuando la nave de producción no tenía características de ampliación que actualmente se realizaron; el sistema es ineficiente para la actual nave de producción.

Tabla XVI. **Costos de equipos del sistema de ventilación actual**

Concepto	Costo en quetzales
Inyectores de aire	Q 118,865.00
Extractores de aire	Q 74,480.00
Tableros de distribución eléctricos	Q 77,900.00
TOTAL	Q 271,245.00

Fuente: BIMBO DE CENTRO AMÉRICA –ÁREA DE MANTENIMIENTO-

El cuadro anterior es un resumen del total de los equipos comprados para el actual sistema de ventilación. En él se tienen los costos totales de los 8 inyectores, como también los 8 extractores y los tableros con sus respectivos accesorios de instalación.

Tabla XVII. **Costos de instalación del sistema de ventilación actual**

Concepto	Costo en quetzales
Montaje de inyectores y extractores	Q 102,600.00
Instalación de tableros	Q 50,800.00
Instalación de la distribución de fuerza de ventilación	Q 15,900.00
TOTAL	Q 169,300.00

Fuente: BIMBO DE CENTRO AMÉRICA –ÁREA DE MANTENIMIENTO-

El costo del sistema de ventilación actual asciende a Q 440,545.00. Estos datos son de hace 12 años aproximadamente.

Tabla XVIII. **Costo total del sistema de ventilación actual**

Concepto	Costo en quetzales
Costo de equipos	Q 271,245.00
Costo de instalación de equipos	Q 169,300.00
TOTAL	Q 440,545.00

Fuente: BIMBO DE CENTRO AMÉRICA –ÁREA DE MANTENIMIENTO-

Costos energéticos

Es importante hacer mención, que dentro de estos costos existe otro costo de mucha importancia a la hora de realizar el proyecto, como lo son: **los costos energéticos.**

Los costos energéticos (energía eléctrica) los determinamos por medio del Kw (Kilo Watt) que consume algún equipo (en nuestro caso: Inyectores y Extractores de aire); y de las Horas en funcionamiento de dicho equipo.

En las tablas X y XI (pág. 52 y 53) se tienen las especificaciones de los inyectores y extractores de aire que actualmente se tienen instalados. En estas tablas se puede observar que un motor de una unidad inyectora de aire tiene una capacidad de 3 Hp (1 Hp = 746 Watts), y que un motor de una unidad extractora de aire tiene una capacidad de 2 Hp.

El análisis que se desea dar a conocer es el costo de energía eléctrica que se consume por cada uno de los equipos del sistema de ventilación actual.

Por lo tanto, para un inyector de aire con un motor de 3 Hp se tiene:

Tabla XIX. **Costo energético actual de un inyector**

Potencia (kilo-watts)	2.238
Horas de funcionamiento	12 *****
Costo por hora en quetzales	0.70376 *****
Costo energético en kilo-watts * hora	Q 1.575 KW / HR
Costo energético en quetzales * día	Q 18.90
Costo energético en quetzales * mes	Q 567.00
Costo energético en quetzales * año	Q 6,804.06

***** = Datos proporcionados por: **Alejandro Ovalle. Departamento de compras de Bimbo de Centro América, S. A.**

Por lo tanto, para un extractor de aire con un motor de 2 Hp se tiene:

Tabla XX. **Costo energético actual de un extractor**

Potencia (kilo-watts)	1.492
Horas de funcionamiento	12 *****
Costo por hora en quetzales	0.70376 *****
Costo energético en kilo-watts * hora	Q 1.05 KW / HR
Costo energético en quetzales * día	Q 12.60
Costo energético en quetzales * mes	Q 378.00
Costo energético en quetzales * año	Q 4,536.04

***** = Datos proporcionados por: **Alejandro Ovalle. Departamento de compras de Bimbo de Centro América, S. A.** **NOTA:** Estos datos pueden variar dependiendo del número de horas que se pondrán a trabajar los diferentes equipos y a la tarifa que se tenga por parte de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. (EEGSA).

Ahora bien, los datos anteriores fueron calculados para un inyector y un extractor; considerando que se tienen 8 inyectores y 8 extractores ya instalados, se tiene que el costo total es:

Tabla XXI. **Proyección a cinco años del costo energético actual total de inyectores y extractores**

Equipo	Cantidad	Costo unitario anual, en quetzales	Proyección de costo total a 5 años, en quetzales
Inyectores	8	Q 6,804.06	Q 54,432.48
Extractores	8	Q 4,536.04	Q 36,288.32
TOTAL			Q 90,720.80

3. SISTEMA PROPUESTO

El sistema propuesto es para mejorar la calidad de aire dentro de la nave de producción así como para bajar la temperatura cuando ello fuera necesario. Mejorando con ésto las condiciones de trabajo de cada uno de los operarios y mejorar la eficiencia de los mismos, controlando todos los efectos fisiológicos que los afectan, al ser el actual sistema de ventilación deficiente. Como resultado tendremos una producción eficiente y se puede aumentar la capacidad de producción de toda la nave.

3.1. Elementos básicos para el cálculo de un sistema de ventilación

Los elementos básicos para el cálculo de un sistema de ventilación eficiente se determinan según las instalaciones y el tipo de ventilación deseado.

En el caso de la nave de producción en estudio se necesita una **ventilación por sobrepresión o ventilación positiva**; ello significa que el aire que está dentro de la nave de producción debe ser mayor a el aire que se extrae de la nave de producción, dando con ello una sensación de un flujo de aire constante dentro de la nave de producción. El porcentaje de sobrepresión que se manejará en el diseño del sistema es de un 20%.

Figura 24. Ventilación por sobrepresión o ventilación positiva

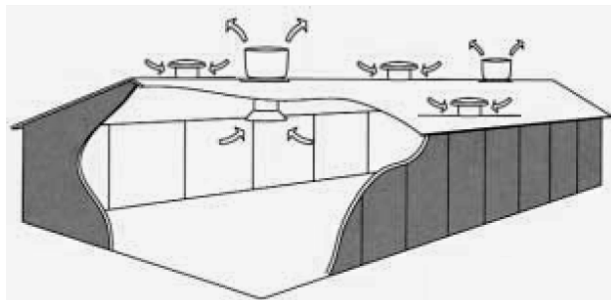


Tabla XXII. **Elementos básicos para calcular un sistema de ventilación**

Inyectores
Extractores
Volumen de la nave de producción

Inyectores: los inyectores son casi universalmente empleados para la circulación de aire u otros gases a través de sistemas de baja presión. El inyector es un dispositivo que produce una corriente o movimiento de aire.

Extractores: en términos simples, un extractor es una bomba de aire la cual sirve para sacar aire de algún edificio o cuarto cerrado.

Volumen de la nave de producción: el volumen nos sirve para calcular el número de inyectores y extractores que se requiera en el diseño, según el tipo de ventilación industrial que se desea realizar a la nave de producción.

Las renovaciones de aire de los edificios se pueden hallar por medio de tablas específicas para ello. La altitud sobre el nivel del mar es un dato que se obtiene del departamento en el cual se encuentra la nave de producción. La humedad relativa la hallamos por medio de una carta psicométrica, al tener la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo.

3.1.1. **Determinación de la humedad relativa de la zona**

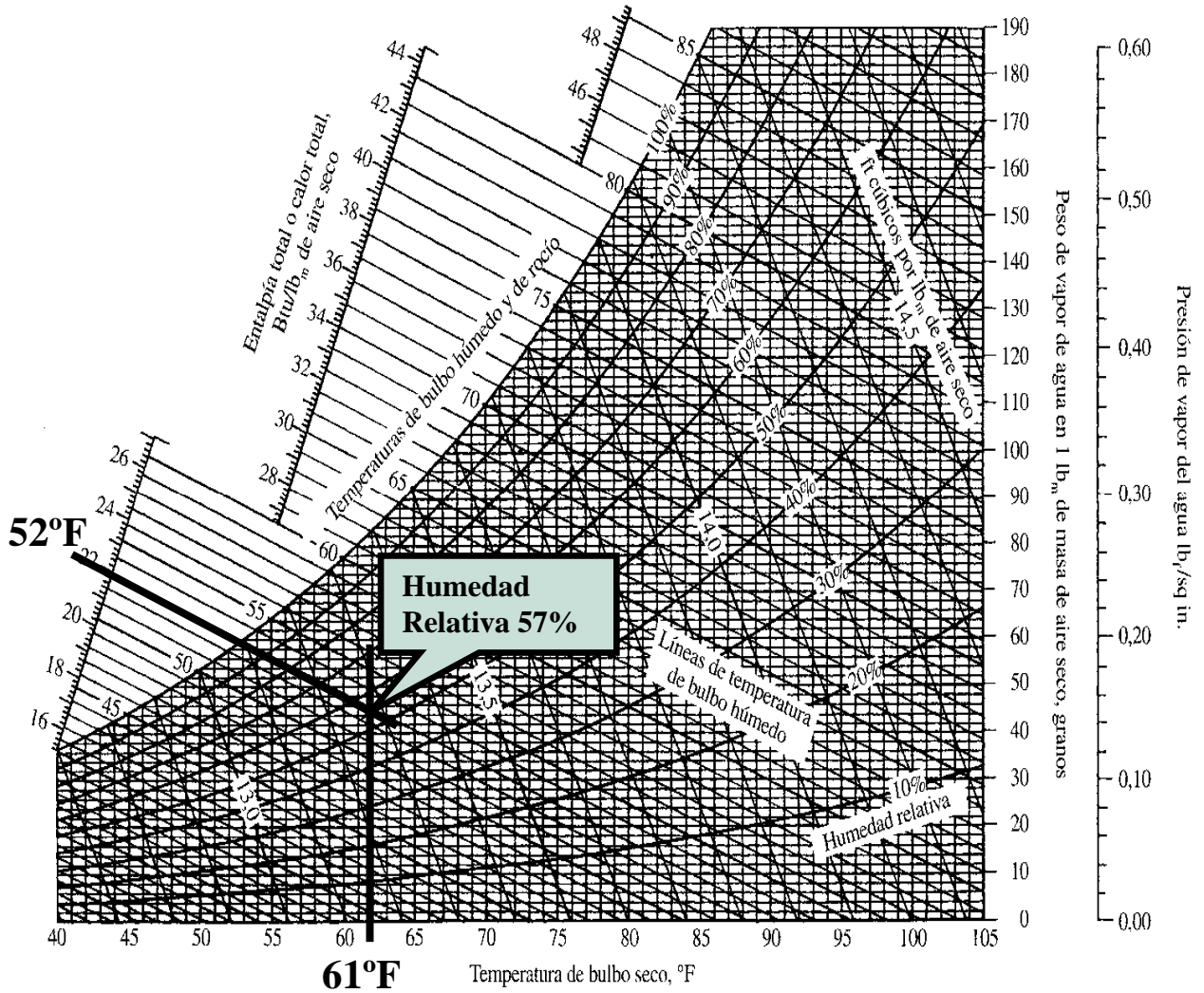
Con la información que se tiene en el cuadro siguiente se puede determinar la humedad relativa en la zona de El Tejar, Chimaltenango.

Tabla XXIII. **Parámetros a considerar en el cálculo de un sistema de ventilación**

Altitud sobre nivel del mar	1,765 msnm
Temperatura bulbo seco	61 F (16 C) ***
Temperatura bulbo húmedo	52 F (11C) ***

*** = ASHRAE "Ventilation for acceptable indoor air quality"

Figura 25. Humedad relativa de la zona



Fuente: Kenneth Wark y Donald E. Richards. **Termodinámica**. Pág. 1016.

3.1.2. Determinación del caudal de aire

El caudal de aire se determinará siempre con un porcentaje del 20% de sobrepresión, por el tipo de diseño que se quiere. Por tratarse de una nave de producción alimentaria se requiere que ingrese al interior aire con una pureza del 60%.

3.1.2.1. Caudal de inyección requerido

Los equipos actualmente ya instalados son ocho, generando un caudal de inyección de aire de:

$$\text{Inyección de aire actual} = 90,400 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Ahora bien, los equipos de inyección por instalar, para realizar el proyecto son 6 equipos; estos equipos tiene una capacidad de inyección de aire de **17, 500 ft³ / min** cada uno; por lo tanto, la inyección total de aire por estos equipos es:

$$\text{Inyección de aire proyectado} = (\text{capacidad por equipo}) \times (\text{No. de equipos})$$

$$\text{Inyección de aire proyectado} = (17,500 \text{ ft}^3 / \text{min}) \times (6)$$

$$\text{Inyección de aire proyectado} = 105,000 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Además, se tiene contemplado habilitar 3 inyectores de tipo axial de pared, teniendo éstos una capacidad de 11,500 ft³ / min; por lo tanto, la inyección total de aire por estos equipos es:

$$\text{Inyección de aire axial proyectado} = (\text{capacidad por equipo}) \times (\text{No. de equipos})$$

$$\text{Inyección de aire axial proyectado} = (11,500 \text{ ft}^3 / \text{min}) \times (3)$$

$$\text{Inyección de aire axial proyectado} = 34,500 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Conociendo la capacidad de inyección de aire de los equipos que se tienen actualmente, de los equipos a instalar y de los equipos a habilitar, se tiene el caudal total de inyección de aire dentro de la nave de producción.

Caudal total de inyección de aire = inyección de aire actual + inyección de aire proyectado + inyección de aire axial proyectado

$$\text{Caudal total de inyección de aire} = 90,400 + 105,000 + 34,500$$

$$\text{Caudal total de inyección de aire} = 229,900 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Tabla XXIV. **Comparativo de inyección de aire**

DESCRIPCIÓN	DATO REQUERIDO	DATO ACTUAL	DATO PROYECTADO
Caudal de inyección total requerido	243,040 ft ³ / min		
Inyección de aire actual		90, 400 ft ³ / min	
Inyección de aire proyectado			105,000 ft ³ / min
Inyección de aire axial proyectado			34,500 ft ³ / min

Resumen:

El caudal de inyección total requerido en el estudio técnico del sistema de ventilación actual fue de **243,040 ft³ / min** y el calculado (inyección de aire actual + inyección de aire proyectado + inyección de aire axial proyectado) es de **229,900 ft³ / min**. Por lo tanto, existe una disminución de inyección de **13,140 ft³ / min** o un 5.41% de la inyección de aire total.

Una forma de solucionar este problema sería la implementación de otro equipo de inyección (17,500 ft³ / min) en el diseño del sistema propuesto; pero como existe un presupuesto determinado para dicho proyecto se tendrá que tomar la decisión de implementar o no un nuevo equipo y ver el costo de su implementación, tanto en equipo, accesorios, mano de obra y tiempo.

3.1.2.2. Caudal de extracción requerido

Los equipos actualmente ya instalados son ocho, generando un caudal de extracción de aire de:

$$\text{Extracción de aire actual} = 72,968 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Ahora bien, los equipos de extracción por instalar, para realizar el proyecto son 9 equipos; estos equipos tiene una capacidad de inyección de aire de **9,262 ft³ / min** cada uno; por lo tanto, la extracción total de aire por estos equipos es:

$$\text{Extracción de aire proyectado} = (\text{capacidad por equipo}) \times (\text{No. de equipos})$$

$$\text{Extracción de aire proyectado} = (9,262 \text{ ft}^3 / \text{min}) \times (9)$$

$$\text{Extracción de aire proyectado} = 83,358 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Además, se tiene contemplado habilitar 2 extractores de tipo axial de pared, teniendo éstos una capacidad de 9,262 ft³ / min; por lo tanto, la extracción total de aire por estos equipos es:

$$\text{Extracción de aire axial proyectado} = (\text{capacidad por equipo}) \times (\text{No. de equipos})$$

$$\text{Extracción de aire axial proyectado} = (9,262 \text{ ft}^3 / \text{min}) \times (2)$$

$$\text{Extracción de aire axial proyectado} = 18,524 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Conociendo la capacidad de extracción de aire de los equipos que se tienen actualmente, de los equipos a instalar y de los equipos a habilitar, se tiene el caudal total de extracción de aire dentro de la nave de producción.

Caudal total de extracción de aire = extracción de aire actual + extracción de aire proyectado + inyección de aire axial proyectado

$$\text{Caudal total de extracción de aire} = 72,968 + 83,358 + 18,524$$

$$\text{Caudal total de extracción de aire} = 174,850 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Tabla XXV. **Comparativo de extracción de aire**

DESCRIPCIÓN	DATO REQUERIDO	DATO ACTUAL	DATO PROYECTADO
Caudal de extracción total requerido	191,432 ft ³ / min		
Extracción de aire actual		72,968 ft ³ / min	
Extracción de aire proyectado			83,358 ft ³ / min
Extracción de aire axial proyectado			18,524 ft ³ / min

Resumen:

La extracción requerida en el estudio técnico del sistema de ventilación actual fue de **191,432 ft³ / min** y el calculado (extracción de aire actual + extracción de aire proyectado + extracción de aire axial proyectado) es de **174,850 ft³ / min**. Por lo tanto, existe una disminución de extracción de **16,582 ft³ / min** o un 8.66% de la extracción de aire total.

Una forma de solucionar este problema sería la implementación de dos equipos de extracción (18,524 ft³ / min) en el diseño del sistema propuesto; pero, como existe un presupuesto determinado para dicho proyecto se tendrá que tomar la decisión de implementar o no un nuevo equipo y ver el costo de su implementación, tanto en equipos, accesorios, mano de obra y tiempo.

3.1.3. Cálculo del número de extractores

El cálculo del número de extractores se determina según la cantidad de aire que se tiene que extraer de la nave de producción garantizando el 20% de sobrepresión dentro de la misma. Pero como ya se tiene un sistema de ventilación actualmente, lo único que se desea es optimizarlo.

Entonces se tiene:

Caudal de extracción = [caudal de extracción total requerido] – [(extracción existente + extracción de equipo axial)]

Caudal de extracción = [191,432 ft³ / min] – [(72,968 ft³ / min + 18,524 ft³ / min)]

Caudal de extracción = 99,940 ft³ / min

Entonces, se tiene que el número de extractores es:

No. de extractores =
$$\frac{\text{(caudal de extracción)}}{\text{(capacidad de extracción)}}$$

No. de extractores = (99,940 ft³ / min) / (9,262 ft³ / min)

No. de extractores = 10.79

No. de extractores = 11 equipos aproximadamente.

Recomendación:

Como se mencionó anteriormente, el proyecto para la optimización del sistema de ventilación de la nave de producción **es un proyecto presupuestado**; por lo tanto, al inicio del proyecto se tuvo contemplado utilizar 9 equipos de extracción, pero al realizar el análisis anterior se puede ver que el número de equipos ideal para optimizar el sistema de ventilación es de 11 equipos de extracción. Con ello se garantiza el 100% de sobrepresión en el sistema. Ahora bien, al realizar los cálculos de caudal de extracción requerido y caudal total de extracción dado por los equipos, se tiene un déficit del 8.66% (16,582 ft³ / min), compensando de esta manera con el caudal inyectado el cual tiene un déficit del 5.41% (13,140 ft³ / min).

3.1.4. Cálculo del número de inyectores

El cálculo del número de inyectores se determina según la cantidad de aire que se tiene que inyectar en la nave de producción garantizando el 20% de sobrepresión dentro de la misma. Pero como ya se tiene un sistema de ventilación actualmente, lo único que se desea es optimizarlo; entonces se tiene:

$$\text{Caudal de inyección} = [\text{caudal de inyección requerido}] - [(\text{inyección existente} + \text{inyección de equipo axial})]$$

$$\text{Caudal de inyección} = [243,040 \text{ ft}^3 / \text{min}] - [(90,400 \text{ ft}^3 / \text{min} + 34,500 \text{ ft}^3 / \text{min})]$$

$$\text{Caudal de inyección} = 118,140 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Entonces, se tiene que el número de inyectores es:

$$\text{No. de inyectores} = \frac{(\text{caudal de inyección})}{(\text{capacidad de inyección})}$$

$$\text{No. de inyectores} = (118,140 \text{ ft}^3 / \text{min}) / (17,500 \text{ ft}^3 / \text{min})$$

$$\text{No. de inyectores} = 6.75$$

$$\text{No. de inyectores} = 7 \text{ equipos aproximadamente.}$$

Recomendación:

Como se mencionó anteriormente, el proyecto para la optimización del sistema de ventilación de la nave de producción **es un proyecto presupuestado**; por lo tanto, al inicio del proyecto se tuvo contemplado utilizar 6 equipos de inyección, pero al realizar el análisis anterior se puede ver que el número de equipos ideal para optimizar el sistema de ventilación es de 7 equipos de inyección. Con ello se garantiza el 100% de sobrepresión en el sistema. Ahora bien, al realizar los cálculos de caudal de inyección requerido y caudal total de inyección dado por los equipos, se tiene un déficit del 5.41% ($13,140 \text{ ft}^3 / \text{min}$), compensando de esta manera con el caudal extraído el cual tiene un déficit del 8.66% ($16,582 \text{ ft}^3 / \text{min}$).

4. IMPLEMENTACIÓN

La implementación del sistema de ventilación se coordinará con el encargado de servicios generales de la nave de producción. Como se van a determinar todos los puntos indispensables e importantes del diseño, la implementación se realizará únicamente cuando la nave de producción no se encuentre en producción parcial o total. Además, la empresa que se encargue de la instalación de todos los equipos deberá garantizar la cantidad de equipos que pueda instalar en un día y el sellado de los mismos en el techo a la hora de instalarlos; esto debido a las lluvias que se aproximan.

La empresa encargada de la instalación deberá de cumplir con todas las normas de seguridad dentro de la nave de producción a la hora de trabajar en el techo; llenando el formato correspondiente para su respectiva autorización.

Para la instalación de los equipos se fabricarán sus respectivas bases y se colocarán con un mes de anticipación a la llegada de los equipos para fijarlos en ellas. Para llevar los equipos hasta su lugar de ubicación se utilizará una grúa, para evitar daños y retrasos a la hora de instalarlos.



Figura 26. Grúa subiendo un equipo de inyección tipo ABB, modelo RGML 210

Figura 27. Instalación de equipo de inyección tipo ABB, modelo RGML 210



Figura 28. Equipo de inyección tipo ABB, modelo RGML 210 y extractor Soler & Palau, modelo CRV 26, instalados

Se tiene problemas con la capacidad del Master-Pack (transformador de potencia) general de la subestación ya que se encuentra saturado a su capacidad. En la nave de producción actualmente se está consumiendo un total de 1500 A y este Master-Pack es de 1600 A; y como la nave de producción se protege por picos de consumo y recalentamiento no es suficiente la diferencia de 100 A, para garantizar el buen funcionamiento del sistema de ventilación y todos los equipos de producción. Si no se hace esta modificación no se podrá habilitar la carga del sistema de ventilación del proyecto debido a que se rebasaría la carga actual del Master-Pack.

4.1. Diseño del sistema de implementación

El diseño de los sistemas de ventilación industrial debería tener en cuenta la facilidad de limpieza e inspección regular de los equipos. Existen varias formas de diseño y montaje de un sistema de ventilación industrial y a su vez equipos y accesorios.

Tal como se ha indicado anteriormente se determinó ventilar la nave de producción por sobrepresión, introduciendo el aire limpio filtrado por el techo de la nave de producción para tratar de evitar en la medida de lo posible que los operarios que trabajen en el interior respiren los componentes contaminantes de la producción. Se trata de crear una corriente de aire entre los puntos de entrada de aire (inyección) y los de salida (extracción), que "barra" el recinto en toda su extensión y evite que la humedad se condense en todos los equipos y el techo de la nave; ya que la ubicación de las oficinas laterales no permite realizar la inyección y extracción "a lo ancho y a lo largo", nos vemos obligados a hacerlo a través del techo de la nave de producción, ubicando los extractores en lugares de mayor calentamiento y las aberturas para permitir la inyección (entrada) del aire también se realizarán en el techo de la nave de producción.

Tabla XXVI. **Equipo a utilizar en la instalación del sistema de ventilación**

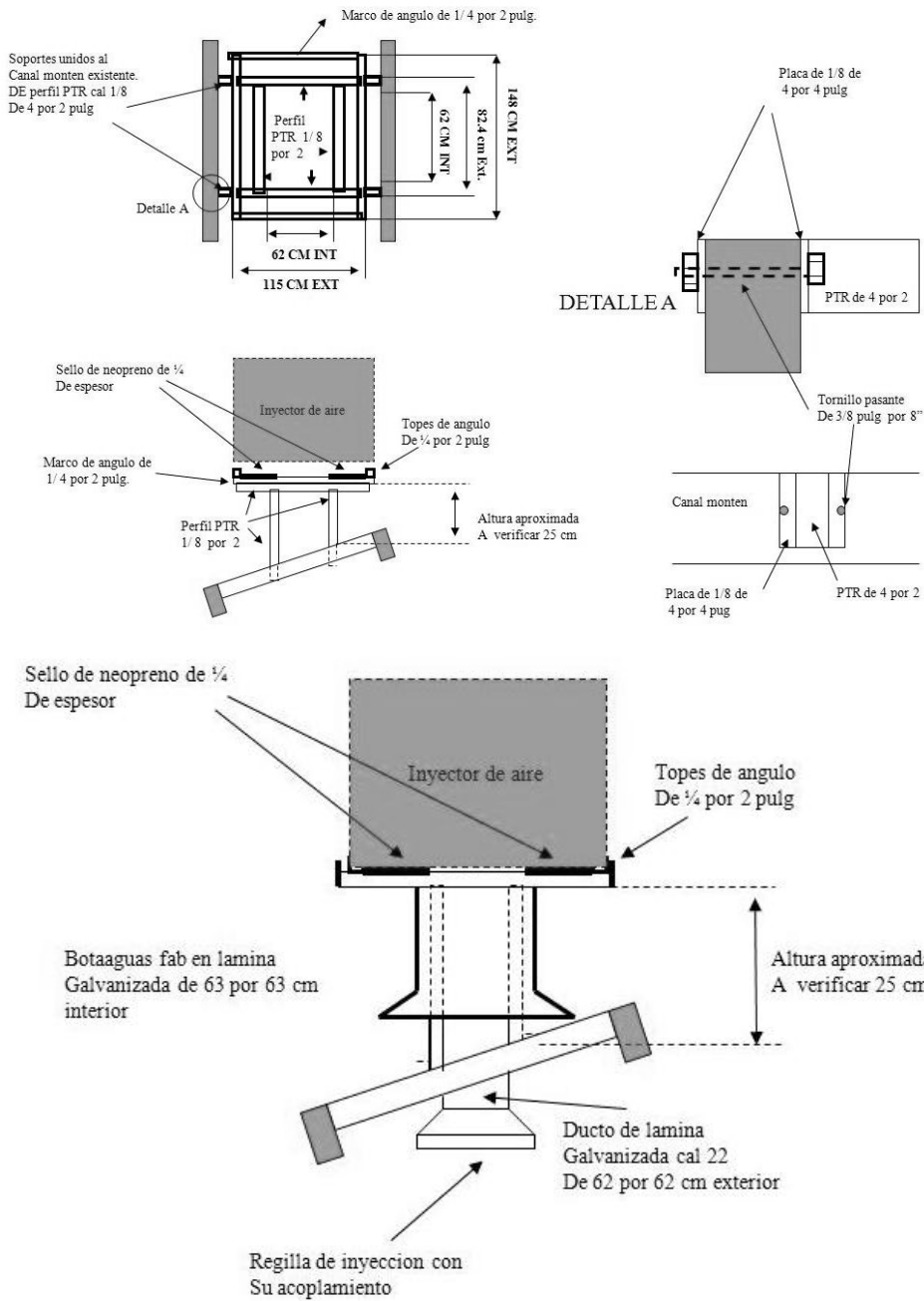
Equipo	Funcionamiento
Inyectores de aire ABB, modelo RGML 210	Inyectar aire limpio a la nave de producción
Extractores de aire Soler & Palau, modelo CRV 26	Extraer aire viciado de la nave de producción

Todos los equipos se instalarán en el techo de la nave, por lo tanto, no se utilizará ningún tipo de ducto o tubería.

Como todos los equipos de inyección serán colocados en el techo, el diseño propuesto para la base de los inyectores de aire ABB, modelo RGML 210, es el que se muestra a continuación.

Figura 29. Base para inyectores

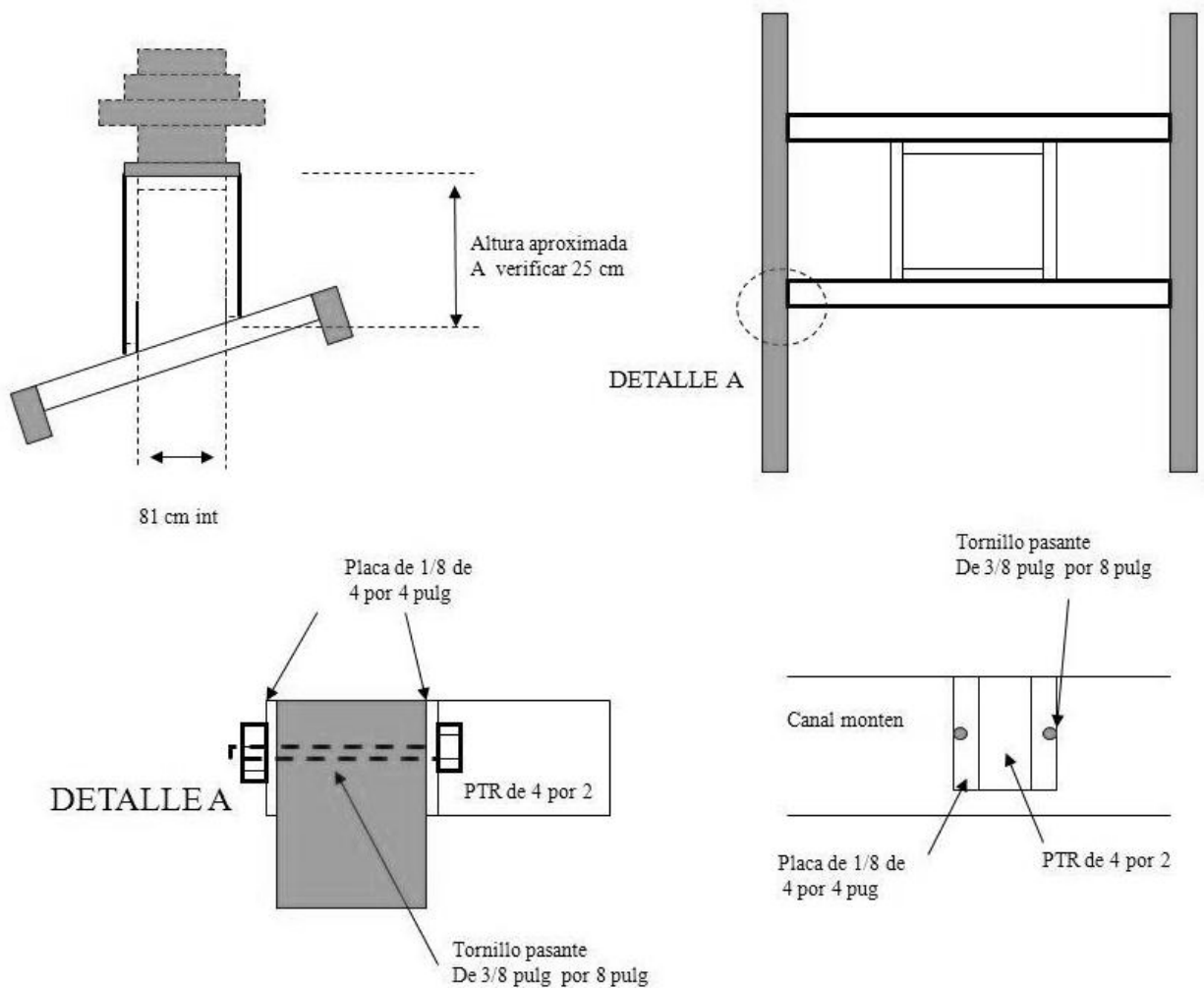
CROQUIS DE BASE PARA INYECTOR ABB MOD RGML 210



Como todos los equipos de extracción, al igual que los de inyección, serán colocados en el techo, el diseño para la base de los extractores de aire Soler & Palau, modelo CRV 26, es el que se muestra a continuación.

Figura 30. Base para extractores

CROQUIS DE BASE PARA EXTRACTOR SOLER PALAO MOD CRV 26

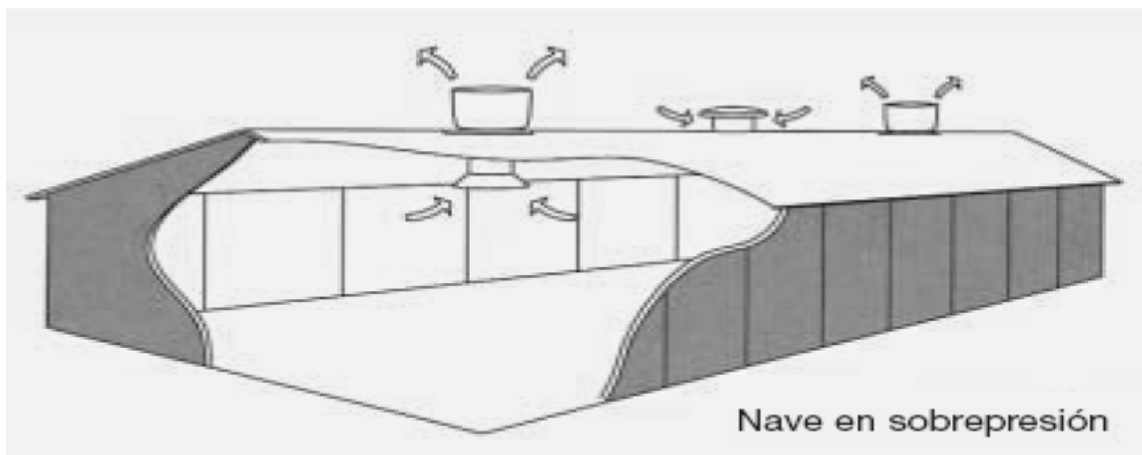


4.1.1. Sistema de ventilación de desplazamiento positivo

La ventilación de desplazamiento positivo o ventilación por sobrepresión se obtiene introduciendo aire a un local o nave de producción, haciendo que exista una sobrepresión interior con respecto a la presión atmosférica. El aire fluye entonces hacia el exterior por las aberturas dispuesto para ello y por medio de los extractores. A su paso el aire barre los contaminantes interiores y deja el local lleno de aire puro que se inyecta del exterior.

En el diseño propuesto para la nave de producción se pretende colocar todos los equipos en el techo de la misma, para que se pueda introducir aire a la nave por medio de los inyectores y sacar el aire viciado por medio de los extractores.

Figura 32. Sistema de ventilación de desplazamiento positivo



Lo que se busca con este diseño de ventilación es que el aire inyectado sea proyectado hacia abajo, luego que se mueva en forma de remolino dentro de la nave y por último como las masas calientes emergen hacia arriba, que sea extraído por medio de los equipos colocados en el techo de la nave. Y como no existe otra salida de aire, como: ventanas, cumbreras, rejillas, etc., el aire inyectado será mayor al aire extraído y con ello lograr obtener y mantener la sobrepresión del sistema.

4.1.2. Equipo utilizado en la implementación

Para determinar el equipo que se utilizará en el sistema de ventilación, se darán a conocer las leyes acerca de los equipos de inyección y extracción.

1. La capacidad (pies^3/min) es proporcional a la velocidad de cada uno de los equipos.
2. La presión (estática, velocidad o total) es proporcional al cuadrado de la velocidad de cada equipo.
3. La potencia necesaria es proporcional al cubo de la velocidad de cada equipo.
4. A velocidad y capacidad constante, la presión y la potencia son inversamente proporcionales a la masa específica del aire.
5. A presión constante, la velocidad, capacidad y potencia son inversamente proporcionales a la raíz cuadrada de la masa específica.
6. A peso constante entregado, la capacidad, la velocidad y presión son inversamente proporcionales al cuadrado de la masa específica.

Para determinar la potencia de los equipos se necesita conocer todas las resistencias por fricción ya que éstas deben ser vencidas por los mismos.

La presión estática es el aumento de presión (manométrica) producida por el aire que sale de los equipos. La presión de velocidad es producida por la corriente de aire que sale del equipo. Si un equipo descarga el aire directamente a un espacio libre y abierto (no a una cámara de presión), la presión estática en la descarga se considera igual a cero y toda la energía de la corriente de aire que sale del ventilador es energía cinética (velocidad).

El trabajo útil que desarrolla un equipo consiste en elevar la velocidad del aire hasta la velocidad de carga y/o descarga aumentando su presión estática. La presión total de un equipo es la suma de los cambios de presión estática y de velocidad.

4.1.2.1. Selección del equipo de inyección

Por tratarse de una zona con un clima templado como promedio y con una humedad relativa media se recomienda la utilización de Inyectoras de Aire con un filtro integrado para garantizar un grado de pureza de un 60%.

La descarga de estas unidades será hacia abajo pasando únicamente por un difusor colocado al ras del techo de la nave de producción. La distribución de estas unidades permitirá que se direcciona el aire de las zonas templadas hacia las zonas calientes donde posteriormente será extraído. Cada unidad cuenta con espacio suficiente para aspirar aire fresco del exterior, para que no existan descargas de chimeneas cercanas al área de succión de las unidades inyectoras. Las unidades inyectoras de aire son de marca: ABB, modelo: RGML, con descarga hacia abajo, fabricada en lamina galvanizada calibre 18, flecha tropicalizada, chumaceras de base, rodete centrifugo tipo jaula de ardilla, transmisión de poleas y bandas con motor eléctrico.

Figura 33. Unidad inyectora de aire

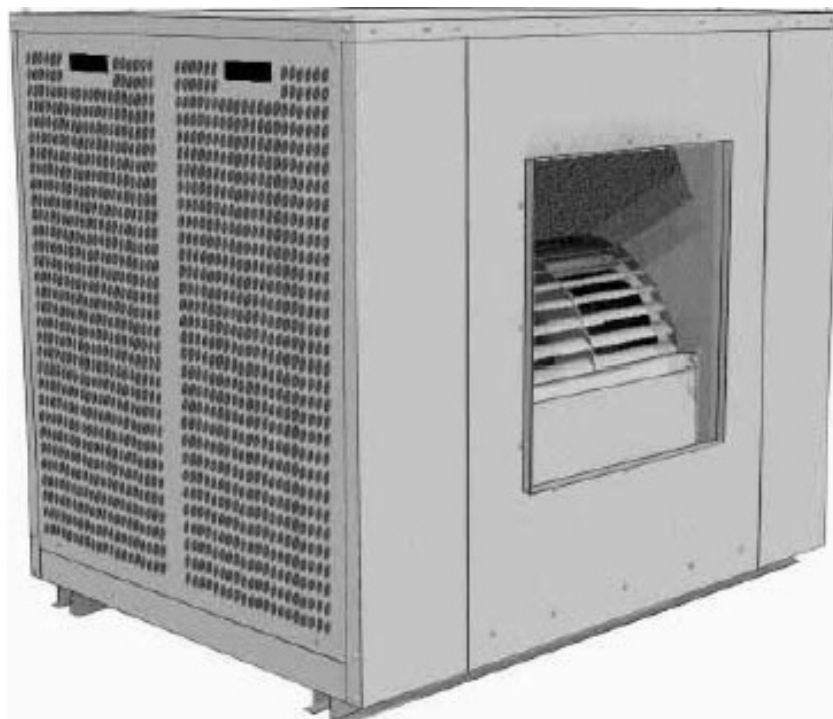


Tabla XXVII. **Especificaciones generales de las unidades inyectoras de aire**

Modelo	RGLM-210
Caída de presión	0.5"
Capacidad (CFM)	17500
Potencia del motor (HP)	5
Peso aproximado (Kg)	300

4.1.2.2. Selección del equipo de extracción

La gama de equipos de extracción tipo CR es una familia de extractores con alta eficiencia dentro del tipo de extractores centrífugos; cuenta con tres versiones para las distintas aplicaciones que se presentan en sistemas de extracción:

CRH: montaje en techo para aplicaciones de extracción de aire limpio con descarga horizontal;

CRV: montaje en techo, descarga de aire vertical para instalación en campanas industriales para extracción localizada en sistemas;

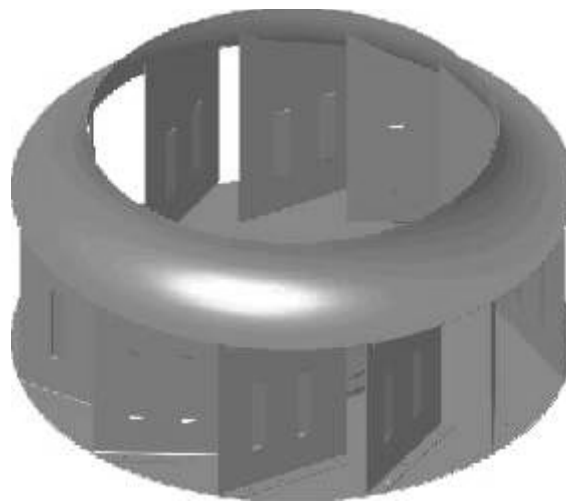
CRW: diseño y prestaciones similares al CRV, pero para montaje en pared.

El modelo **CRH** nos ofrece prestaciones en caudal desde 818 m³/hr (481 CFM) hasta 29,300 m³/hr (17,235 CFM); el modelo **CRV** desde 1,559 m³/hr (917 CFM) hasta 30,254 m³/hr (17,789 CFM) y el modelo **CRW** desde 1,559 m³/hr (917 CFM) hasta 15,273 m³/hr (8,981 CFM); todos con una presión máxima de 31.7 mm c.a. (1.25" c.a.).

Su diseño les permite guiar al aire dentro de la estructura del extractor sin ningún tipo de turbulencia debido a la estructura aerodinámica del extractor.

Además, el método de fabricación de esta gama con material en aluminio ofrece un acabado estético de alta aceptación dentro del mercado de la ventilación, además de resistencia contra agentes corrosivos del medio ambiente. Dentro de los detalles constructivos estos extractores cuentan con gran rigidez debido al material de fabricación y al diseño de sus soportes internos, favoreciendo al flujo de aire.

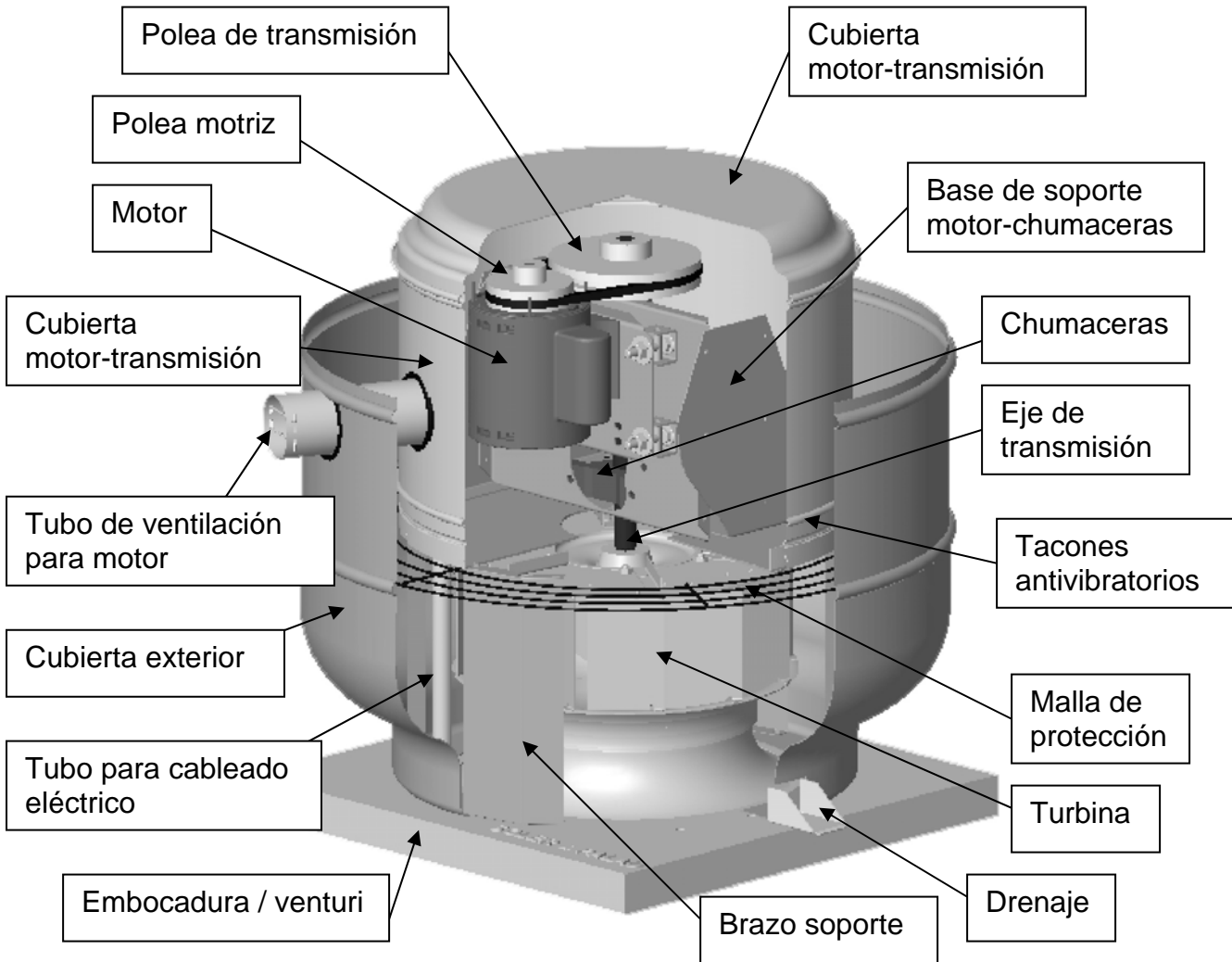
Figura 34. Soporte interno de unidad extractora de aire



La cubierta de los extractores CR está diseñada para impedir la entrada de lluvia y cuentan con una malla de protección para no permitir el paso de objetos extraños. Las turbinas de álabes rectos atrasados balanceadas dinámicamente están fabricadas con aleaciones especiales de aluminio, las propiedades de este tipo de material brindan alta resistencia a esfuerzos mecánicos.

En la selección de los extractores se recomienda los de tipo hongo de descarga vertical montados directamente sobre el techo de la nave. Extractores marca Soler & Palau, tipo centrífugo de tejado con descarga vertical con cubierta exterior de aluminio y transmisión a poleas y bandas con motor eléctrico.

Figura 35. Partes de la unidad extractora de aire



La cubierta externa en aluminio está diseñada para proteger al motor y partes internas, con facilidad de apertura para su inspección y mantenimiento.

El conjunto motor-transmisión se encuentra localizado en una sección independiente al flujo del aire. Integrando un conjunto para adecuada ventilación del motor.

Figura 36. Unidad extractora de aire



Tabla XXVIII. Especificaciones generales de las unidades extractoras de aire

Modelo	CRV - T - 26
Caída de presión	0.25"
Capacidad	9,262 ft ³ / min
Motor	2 hp
Peso aproximado	150 kg

Los motores trifásicos empleados son fabricados bajo especificaciones NEMA (MG-1,1998) además de cumplir con el estándar de la IEEE; Std 112 (R-1996) empleado para la determinación de la eficiencia.

Los cojinetes de bolas son de marca, integrados en chumaceras de fundición de metal para piso, seleccionadas para larga durabilidad a las más altas RPM de catálogo. La base soporte motor-chumaceras está fabricada en acero galvanizado de alta resistencia.

El ensamble de base motor a la estructura del ventilador se encuentra soportado por medio de tacones antivibratorios para reducir el nivel sonoro y la posible vibración de la transmisión que se pudiera trasladar a la estructura del conjunto.

El conjunto venturi-turbina está diseñado para proporcionar gran eficiencia y reducir el nivel sonoro.

La base-embocadura se fabrica con aluminio de alta resistencia y grueso calibre que le permite dar rigidez al conjunto. Con esquinas soldadas para mayor robustez.

En los modelos 26-28-30 y 33 la embocadura se fabrica en lámina de metal galvanizado de alta resistencia a la corrosión.

El interior de la cubierta transmisión está aislado térmicamente para la protección de motor y partes internas del ventilador.

Guarda de protección tipo 'osha' para impedir la entrada de objetos extraños, protegida con un recubrimiento por proceso de electroforesis de alta resistencia a la corrosión.

Tubo de conexión para facilitar la instalación eléctrica de la unidad.

Cubierta superior fabricada en aluminio de alta resistencia.

Drenaje integrado a conjunto Venturi-cubierta.

Nomenclatura

CRV - T - 26

C: centrifugo

R: siglas de la serie

V: descarga vertical

T: transmisión

Modelo: 26

Transmisión, poleas y bandas CRV-T

Caudal: desde 675 m³/hr (397 CFM) hasta 28,180 m³/hr (16,570 CFM); con una presión máxima de 38.1 mm c.a. (1.5" c.a).

Figura 37. Transmisión, poleas y bandas de la unidad extractora de aire

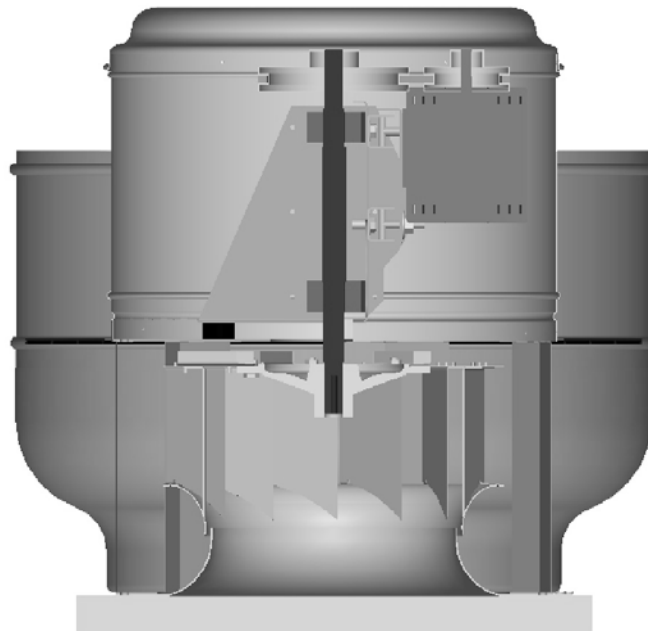
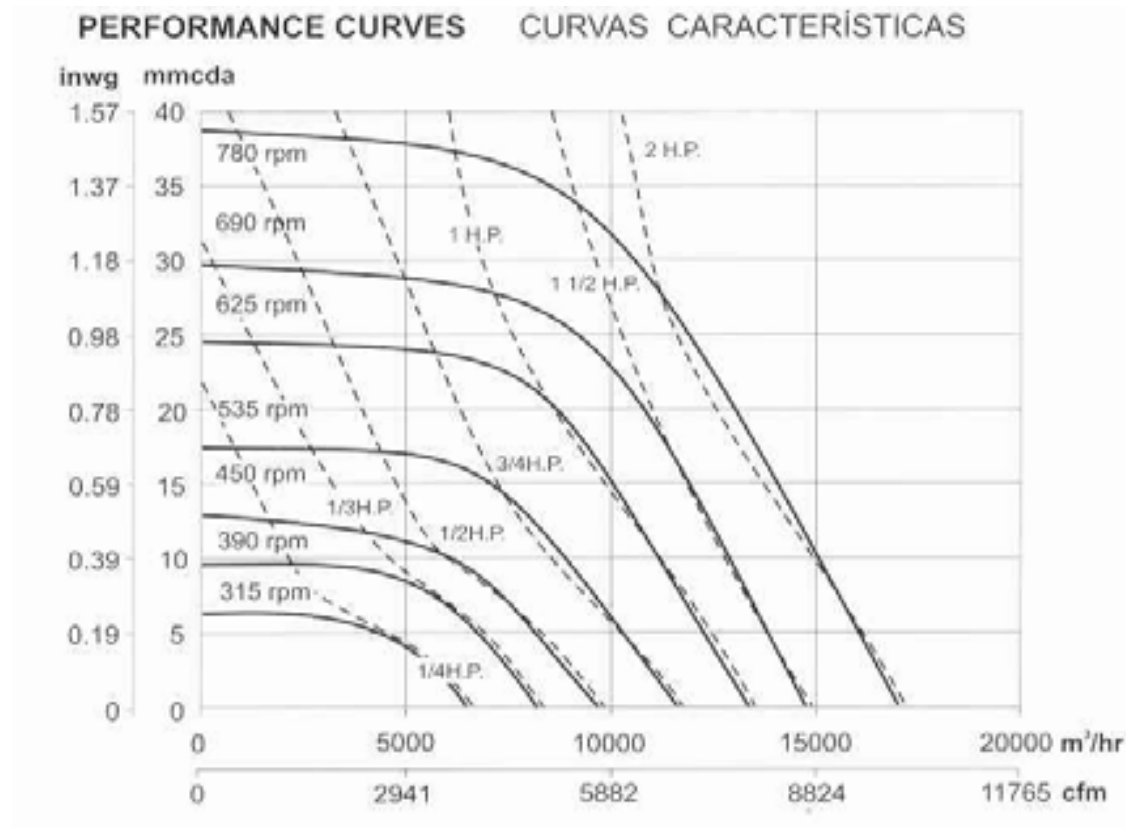


Tabla XXIX. Dimensiones de turbina

Dimensión de turbina				
Modelo	Diámetro exterior de turbina		Altura de palas en turbina	
	mm	plg	mm	plg
26	690	27 3/16	225	8 7/8

La curva característica de este tipo de extractor es la que se presenta a continuación.

Figura 38. Curva característica de unidad extractora de aire



En ella se puede observar la potencia de aire total que puede soportar este tipo de equipo en condiciones estándar.

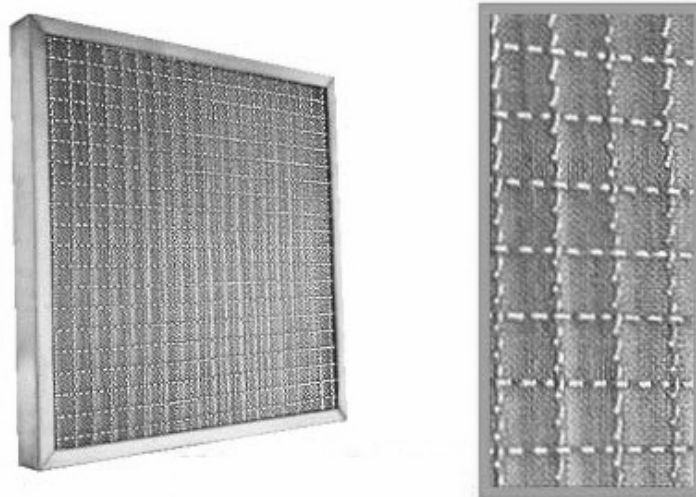
Las aplicaciones para este tipo de extractores son muy variadas, principalmente aquellas relacionadas con el sector de las especificaciones de los proyectos donde se destinan para multinacionales con estrictas características para su utilización. También se utilizan en aplicaciones tales como: restaurantes (aire limpio), hoteles, fábricas, locales comerciales, bodegas, etc.

4.1.2.3. Selección de filtro de aire

Por tratarse de una industria alimentaria se requiere que ingrese al interior de la nave de producción aire con una pureza del 80% y esto se logra mediante la implementación de filtros integrados a los equipos en las manejadoras (inyectores y extractores) de aire.

Especificaciones generales: la construcción será para uso industrial, el filtro será de marco de aluminio rígido resistente a la corrosión con una capacidad de capturar partículas de 30 micras, con una eficiencia del 75 al 80%. Resistente a temperaturas de hasta 76° C. La estructura será de marco de aluminio calibre 18, con filtro de malla de aluminio calibre 14 tipo mosquitero para lograr la captura de: pelusa, rebabas y arena.

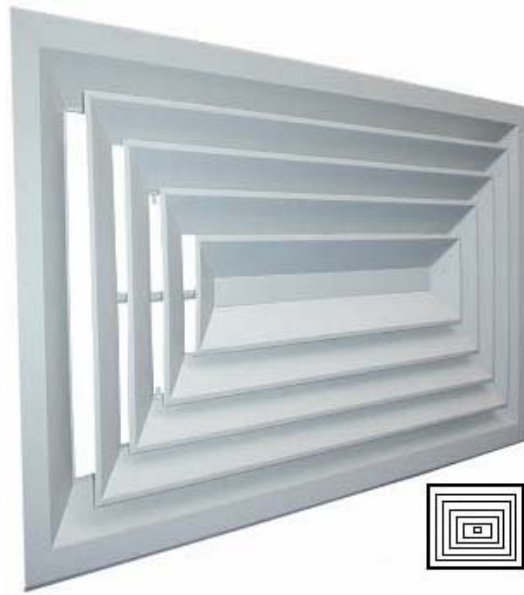
Figura 39. Filtro de aire



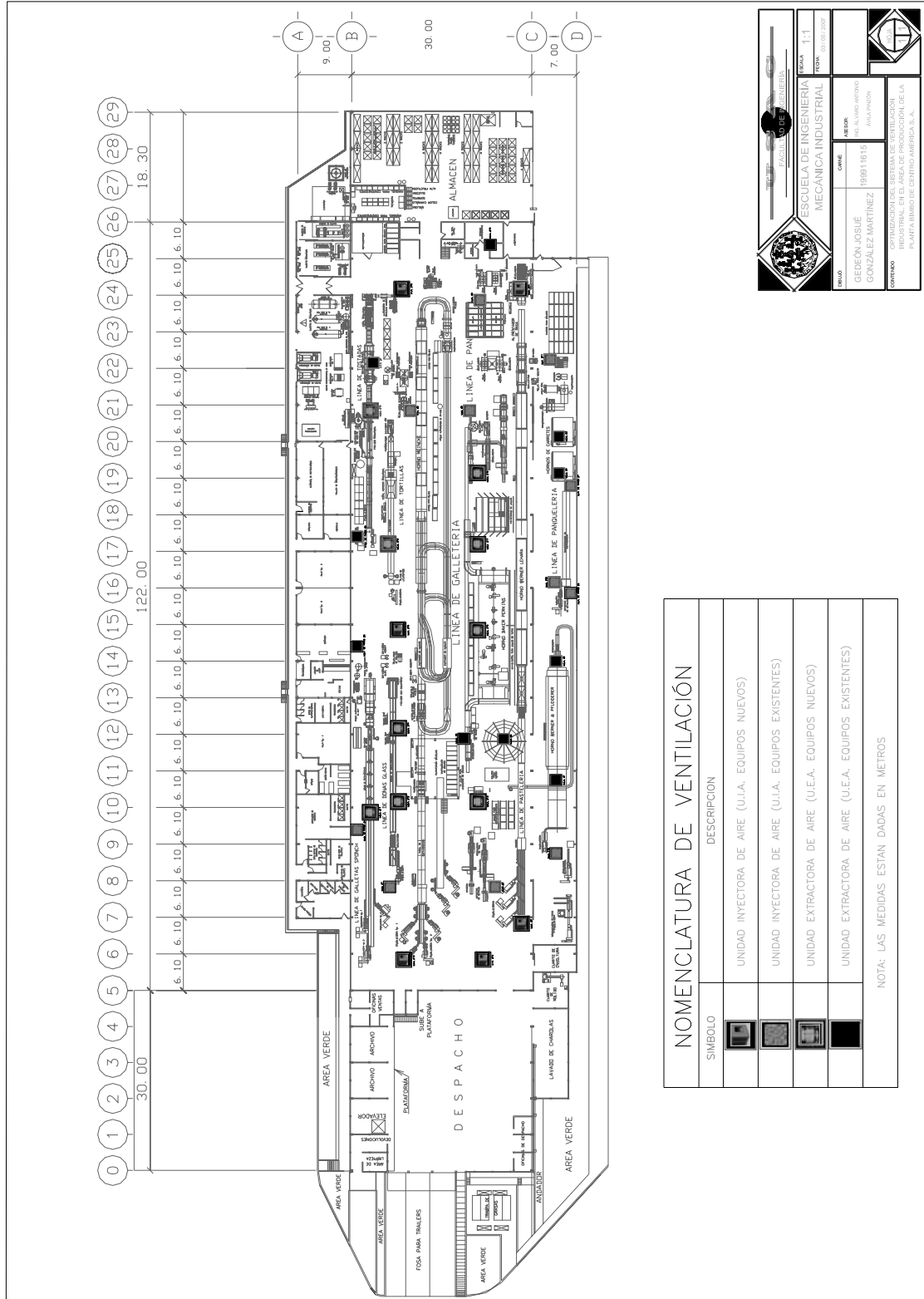
Nota: es importante que se lleve un control de mantenimiento y limpieza de estos filtros ya que de éste dependerá la calidad de aire que ingrese a la nave de producción, la frecuencia de estos eventos se definirá en campo ya que depende de las características de calidad del aire que existan en la localidad.

El difusor de techo será del tipo diamante de alta capacidad con dimensiones de 80 x 80 cm. Serán fabricadas en 4 vías con flujo horizontal. El núcleo será removible desde la vista del difusor para facilitar su instalación y mantenimiento.

Figura 40. Difusor de aire



4.2. Planos de construcción y distribución

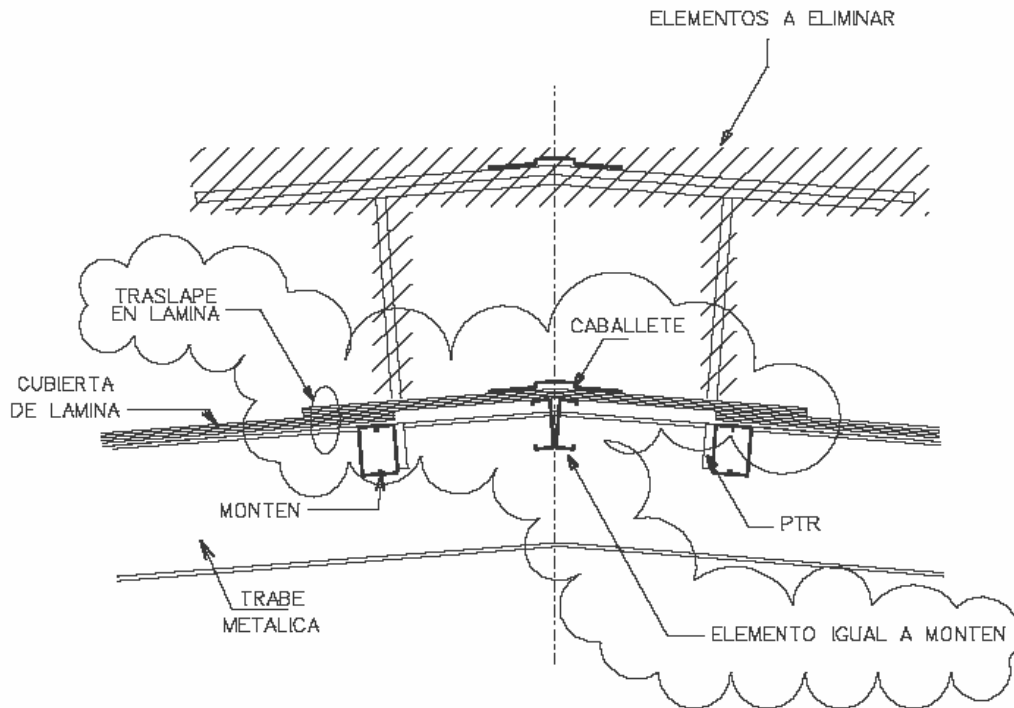


TÍTULO OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN UN PANTAN DE LA PLANTA BAMBINO DE CENTRO AMÉRICA S. A.	GRUPO 113
AUTOR ING. ALVARO PATIÑO	ASISTENTE
CÁMERA GEDIÓN JOSUÉ GONZÁLEZ MARTÍNEZ	ASESOR
FECHA 10/09/16	ASESOR

4.3. Modificación de cumbrera

Es necesario eliminar la cumbrera actual de la nave de producción, para que el flujo de aire se comporte como lo proyectado.

Figura 41. Cumbre



En la actual nave de producción existe esta cumbrera para mejorar la iluminación y al actual sistema de ventilación. Pero como se desea optimizar éste sistema, es necesario eliminarlo y colocar lámina como en toda la nave de producción; el porque, es simple y sencillamente que al tener el aire inyectado una salida tan grande como lo representa la cumbrera, se tendrá mayor extracción que inyección de aire y por lo tanto no se logrará el sistema de ventilación positiva o de sobrepresión.

En el proyecto se presenta las cotizaciones necesarias para la eliminación de los 72 metros de longitud de la cumbrera actual.

4.4. Análisis de costos de implementación

Es en esta etapa en la cual debe darse mayor énfasis por parte de la junta administrativa de la empresa, ya que depende de los costos que ellos den su aprobación para que el proyecto se lleve a cabo.

4.4.1. Cálculo del costo de equipos a implantar

Los equipos que se instalarán para optimizar el sistema de ventilación son: 6 inyectores de aire, marca Flakt, modelo RGML-210-D-030-1-8, con 2 módulos de filtrado, ventilador, jaula de ardilla y gabinete galvanizado calibre 18; 9 extractores de aire CRV - T - 26, 2HP TF, marca Soler & Palau; 2 tableros de fuerza y control denominados 1FV y 2FV y 1 transformador de potencia (Braker Master Pack) de 2,000 amperios con ajuste electrónico de 3 polos con una capacidad interruptiva de 150 Ka-A, 220/440 volts, marca Merlin Gerin. Estos equipos se comprarán con proveedores extranjeros debido a que en Guatemala no existen muchos proveedores de los mismos.

Tabla XXX. Costo de equipos a implantar

Concepto	Cantidad	Costo en quetzales
Inyectores de aire	6	Q 161,571.53
Extractores de aire	9	Q 97,078.50
Tableros de distribución eléctricos	2	Q 119,626.24
Transformador de potencia (Master Pack)	1	Q 42,000.00
TOTAL		Q 420,276.27

4.4.2. Cálculo del costo de materiales y suministros

Actualmente existe una gran variedad de materiales y suministros que se pueden utilizar en la implementación de proyectos de ventilación. La selección de dichos elementos se realizará por medio de cotizaciones en conjunto con profesionales de amplia experiencia en el ramo de la ventilación industrial.

El presupuesto calculado en base a los distintos materiales y suministros a utilizar se detalla a continuación. Estos costos están sujetos a cambios según el tipo de cambio del día del quetzal con respecto al dólar norteamericano.

Tabla XXXI. Costo de materiales y suministros

Concepto	Cantidad	Costo en quetzales
Tubo conduit ¾ "	60 piezas	Q 2,665.80
Tubo conduit 1"	26 piezas	Q 1,613.56
Tubo conduit 1- ¼ "	24 piezas	Q 2,635.04
Tubo conduit 1- ½ "	12 piezas	Q 1,218.00
Tubo conduit 2"	22 piezas	Q 2,756.18
Cable THHN # 8	2,800 Mt	Q 10,556.00
Cable THHN # 10	2,300 Mt	Q 5,143.00
Cable THHN # 12	2,500 Mt	Q 3,375.00
Cable THHN # 14	200 Mt	Q 204.00
Condulet LB ¾ "	26 piezas	Q 333.56
Condulet LB 1"	12 piezas	Q 224.28
Condulet LB 1- ¼ "	6 piezas	Q 238.02
Condulet LB 1- ½ "	7 piezas	Q 293.65
Condulet LB 2"	8 piezas	Q 617.20
Condulet T ¾ "	3 piezas	Q 45.84
Condulet T 1"	7 piezas	Q 145.18

Continúa		
Condulet T 1- ¼ "	7 piezas	Q 279.23
Condulet T 1- ½ "	4 piezas	Q 172.00
Condulet T 2"	5 piezas	Q 433.50
Condulet LL ¾ "	12 piezas	Q 150.60
Condulet LL 1"	3 piezas	Q 56.07
Condulet LL 1- ¼ "	2 piezas	Q 79.34
Condulet LL 2"	2 piezas	Q 154.40
Condulet LR ¾ "	13 piezas	Q 163.15
Condulet LR 1"	3 piezas	Q 54.95
Condulet LR 1- ¼ "	2 piezas	Q 79.34
Condulet LR 2"	2 piezas	Q 154.40
Reducidor RE 1" a ¾ "	11 piezas	Q 33.00
Reducidor RE 1- ¼ " a ¾ "	7 piezas	Q 98.00
Reducidor RE 1- ¼ " a 1"	3 piezas	Q 30.00
Reducidor RE 1- ½ " a ¾ "	5 piezas	Q 110.00
Reducidor RE 1- ½ " a 1- ¼ "	3 piezas	Q 102.00
Reducidor RE 2" a ¾ "	5 piezas	Q 235.00
Reducidor RE 2" a 1- ½ "	1 pieza	Q 34.00
Conexión glándula ¾ "	144 piezas	Q 2,016.00
Cable TSJ 4*8	48 Mt	Q 1,601.28
Cable TSJ 4*10	21 Mt	Q 356.57
Cable TSJ 4*12	42 Mt	Q 502.32
Codo para canal eléctrico 4" * 4" Nema 12	7 piezas	Q 952.00
Links KI 3P para tablero PRL4 'C.H.'	1 juego	Q 477.45
Links FI 6P 225A para tablero PRL4 'C.H.'	1 juego	Q 241.02

Continúa		
Flip-On 3x200A 480V FI (interruptores)	1 pieza	Q 934.00
Flip-On 3x200A 480V KI (interruptores)	1 piezas	Q 3,296.00
Cable desnudo de cobre # 2	185 Mt	Q 2,562.48
Cable desnudo de cobre # 6	35 Mt	Q 659.79
Cable THHN # 3 / 0	1000 Mt	Q 35,970.00
Angular H.N. de ¼" * 1- ½ " * 1- ½ " * 20'	10 piezas	Q 1,433.40
Tuercas de 3/8" con rosca ordinaria	34 piezas	Q 68.68
Perfil tubular cuadrado cal. 1/8" de 2" * 2" * 20'	7 piezas	Q 1,010.80
Lámina galvanizada lisa cal. 22 de 4' * 8'	15 piezas	Q 3,447.90
Tubos cuadrados de 1/8" * 2" * 20'	8 piezas	Q 1,392.00
Angular H.N. de ¼" * 2" * 2" * 20'	12 piezas	Q 2,349.84
Seleccionador bajo carga 32A 3PH ON-OFF	10 piezas	Q 3,780.00
Seleccionador bajo carga 25A 3PH ON-OFF	17 piezas	Q 5,865.00
Perfil tubular cuadrado de cal. 1/8" de 4" * 2" * 20'	15 piezas	Q 8,335.65
TOTAL		Q111,735.47

4.4.3. Cálculo del costo de instalación

La instalación de todos los equipos, uso de materiales y suministros debe realizarse por una empresa que tenga conocimiento, capacitación y experiencia en la industria alimentaria, ésto debido a la higiene dentro de la nave industrial. Además, la empresa que instale los equipos debe conocerlos.

Debe determinarse un lapso de tiempo para la instalación de todos los equipos y coordinarse conjuntamente con el jefe de mantenimiento. El presupuesto calculado en base a las distintas empresas que realizan este tipo de trabajo se detalla a continuación. Estos costos están sujetos a cambios,

según el tipo de cambio del día del quetzal con respecto al dólar norteamericano.

Para las distintas fabricaciones la empresa proporcionará todos los materiales y suministros que necesiten.

Tabla XXXII. Costo de instalación

Concepto	Cantidad	Costo en quetzales
Servicio de grúa para el montaje de extractores en el techo de producción, en sus respectivas bases	1 servicio	Q 12,900.00
Fabricación e Instalación de bases para extractores tipo hongo	9 unidades	Q 20,699.99
Instalación mecánica de extractores	9 unidades	Q 10,799.91
Fabricación e instalación de rejillas para extractor	9 unidades	Q 3,599.97
Fabricación e instalación de ductos para extractor	9 unidades	Q 9,450.00
Fabricación e instalación de bases para inyectores	6 unidades	Q 13,800.00
Instalación mecánica de inyectores	6 unidades	Q 7,199.94
Fabricación e instalación de rejillas para inyectores	6 unidades	Q 2,699.96
Fabricación e instalación de ductos para inyectores	6 unidades	Q 6,300.00
Instalación de Breaker Master Pack	1 unidad	Q 9,600.00
Rectificación y sellado de extractores	9 unidades	Q 6,367.20
Rectificación y sellado de inyectores	6 unidades	Q 7,640.64
Instalación de ducto cuadrado 10 * 10 cm.	105 Mt	Q 11,067.34
Modificación de soportería para ducto cuadrado	1 servicio	Q 4,202.33
Instalación de cable 3 / 0	1000 Mt	Q 9,477.89
Instalación de codo para canal elec. 4" * 4" Nema 12	7 piezas	Q 634.26
Instalación de cable # 2 desnudo	185 Mt	Q 1,099.56

Continúa		
Instalación de cable # 6 desnudo	35 Mt	Q 209.72
Instalación de interruptor en subestación	2 piezas	Q 529.20
Fabricación e instalación de soporte tipo columpio de 2 niveles, angular 1- ¼ " * 3/16" y Fe liso de ½ " * 55 cm. de largo	6 piezas	Q 3,192.00
Fabricación de ducto eléctrico de 3 mts, en lámina de H.N. 1/16" de 4" * 4" * 3 mts de largo con tapadera	37 piezas	Q 14,374.71
Desconexión y conexión de puntas de control	46 piezas	Q 515.71
Descableado y cableado de cables de alimentación	440 Mt	Q 1,281.28
Recortar tubería de 1- ¼ "	1 servicio	Q 196.00
Desconexión y conexión de ventiladores	4 unidades	Q 249.09
Recortar tubería de ¾ "	1 servicio	Q 420.00
Desconexión y conexión de motor transportador	1 servicio	Q 246.56
Desconexión y conexión de tomas trifásicas	2 servicios	Q 212.80
Instalación de cable THHN calibre # 8 Condumex color negro	2,800 Mt	Q 8,680.00
Instalación de cable THHN calibre # 10 Condumex color negro	1,800 Mt	Q 5,382.00
Instalación de cable THHN calibre # 12 Condumex color negro	2,500 Mt	Q 6,700.00
Instalación de cable flexible desnudo calibre # 10	500 Mt	Q 1,495.00
Instalación de cable flexible desnudo calibre # 14	200 Mt	Q 504.00
Instalación de tubo conduit pared gruesa de ¾" con copla	180 Mt	Q 3,992.40
Instalación de tubo conduit pared gruesa de 1" con copla	78 Mt	Q 2,086.50
Instalación de tubo conduit pared gruesa de 1- ¼ " con copla	72 Mt	Q 2,984.40
Instalación de tubo conduit pared gruesa de 1- ½ " con copla	36 Mt	Q 1,737.36

Continúa			
Instalación de tubo conduit pared gruesa de 2" con copla	66 Mt	Q	3,791.70
Instalación de condulet con tapa y empaque tipo LB de 2"	8 piezas	Q	363.36
Instalación de condulet con tapa y empaque tipo LB de 1- ½ "	7 piezas	Q	292.11
Instalación de condulet con tapa y empaque tipo LB de 1- ¼ "	6 piezas	Q	217.20
Instalación de condulet con tapa y empaque tipo LB de 1"	12 piezas	Q	288.00
Instalación de condulet con tapa y empaque tipo LB de ¾ "	26 piezas	Q	636.22
Instalación de condulet con tapa y sello tipo T de 2"	5 piezas	Q	216.30
Instalación de condulet con tapa y sello tipo T de 1- ½ "	4 piezas	Q	160.28
Instalación de condulet con tapa y sello tipo T de 1- ¼ "	7 piezas	Q	277.90
Instalación de condulet con tapa y sello tipo T de 1"	7 piezas	Q	262.64
Instalación de condulet con tapa y sello tipo T de ¾ "	3 piezas	Q	73.77
Instalación de condulet con tapa y sello tipo LL de ¾ "	12 piezas	Q	293.64
Instalación de condulet con tapa y sello tipo LL de 1- ¼ "	2 piezas	Q	72.40
Instalación de condulet con tapa y sello tipo LL de 2"	2 piezas	Q	90.84
Instalación de condulet con tapa y sello tipo LR de ¾ "	13 piezas	Q	318.11
Instalación de condulet con tapa y sello tipo LR de 1"	3 piezas	Q	73.41
Instalación de condulet con tapa y sello tipo LR de 1- ¼ "	2 piezas	Q	72.40
Instalación de condulet con tapa y sello tipo LR de 2"	2 piezas	Q	90.84
Instalación de reducción tipo RE de 2" a 1- ½ "	1 pieza	Q	10.24
Instalación de reducción tipo RE de 2" a ¾ "	5 piezas	Q	95.35
Instalación de reducción tipo Re de 1-½ " a 1- ¼ "	3 piezas	Q	27.21
Instalación de reducción tipo Re de 1- ½ " a ¾ "	5 piezas	Q	45.35

Continúa			
Instalación de reducción tipo Re de 1- ¼" a 1"	3 piezas	Q	27.21
Instalación de reducción tipo Re de 1- ¼" a ¾ "	7 piezas	Q	63.49
Instalación de reducción tipo Re de 1" a ¾ "	11 piezas	Q	77.55
Instalación de cable de uso rudo de 4 * 8 TSJ	48 Mt	Q	144.00
Instalación de cable de uso rudo de 4*10 TSJ	21 Mt	Q	63.00
Instalación de cable de uso rudo de 4*12 TSJ	42 Mt	Q	126.00
Instalación de conectores tipo glándula de ¾ " para cable TSJ	144 piezas	Q	1,008.00
Fabricación e instalación de andador paso de gato, en lámina antirrapante negro 1/8" y bases de tubo 2" * 2" cal. 14	157 Mt	Q	83,209.95
Realizar el cubrimiento del área, de la cumbrera de la nave, con lámina T-101	71 Mt	Q	16,615.87
Eliminar la estructura exterior de la cumbrera y realizar el sellado de la misma	71 Mt	Q	28,881.22
TOTAL		Q	330,513.28

4.4.4. Cálculo del costo de mantenimiento

A medida que los diferentes equipos se mantienen en funcionamiento sus componentes se desgastan y los gastos de mantenimiento son mayores. Debido a este problema es recomendable programar un mantenimiento preventivo de rutina para que los gastos de mano de obra, materiales, lubricantes, etc., sean más bajos; pero sin duda es una buena inversión ya que aumenta la vida útil de los equipos. Con ésto se reducen las fallas y se obtiene el funcionamiento total de los equipos.

Tabla XXXIII. **Costo de mantenimiento**

Concepto	Cantidad	Costo en quetzales
Limpieza de entrada y salida de aire para que exista flujo de aire libre (720 hrs.)	15 unidades	Q 600.00
Lubricación y alineación, de anillos y chumaceras (2160 hrs.)	15 unidades	Q 1,500.00
Limpieza, lubricación y balanceo de las aspas del rotor (2160 hrs.)	15 unidades	Q 2,250.00
Mantenimiento general de motor eléctrico (2 veces al año)	15 unidades	Q 1,875.00
Engrase de retenes (1140 hrs.)	15 unidades	Q 450.00
Mantenimiento general de sistema eléctrico de cada unidad (2 veces al año)	15 unidades	Q 750.00
TOTAL		Q 7,425.00

El mantenimiento que se sugiere es por las horas trabajadas de cada equipo y dependiendo del estado de los mismos. Muchas veces las unidades de entrada y salida de aire se instalan y se olvida darles mantenimiento. Para mantener en funcionamiento los equipos se requiere de atención por lo menos una vez al año.

4.4.5. Comparativo de costos actuales, con costos proyectados

En el capítulo 2, sección 2.4, se detallaron los costos actuales del sistema de ventilación y en el capítulo 4, sección 4.4, se detallan los costos proyectados para optimizar el sistema de ventilación en la nave actualmente.

Tabla XXXIV. **Comparativo de costos actuales con costos proyectados**

Concepto	Costos actuales en quetzales	Costos proyectados en quetzales
Equipos (inyectores, extractores y tableros de distribución eléctrica)	Q 271,545.00	Q 420,276.27
Montaje de equipos (inyectores, extractores y tableros de distribución eléctrica)	Q 169,300.00	Q 330,513.28
Materiales y suministros	No se tiene dato	Q 111,735.47
Mantenimiento de equipos	No se tiene dato	Q 7,425.00
TOTAL	Q 440,845.00	Q 869,950.02

Como se puede ver en el comparativo anterior, para optimizar el sistema de ventilación es necesario invertir el 50.7% de lo que actualmente se tiene invertido. En la empresa se tiene políticas de inversión a largo plazo; por lo tanto, ésta es una buena opción de inversión.

Costos energéticos

Los costos energéticos (energía eléctrica) los determinamos por medio del Kw (Kilo Watt) que consume algún equipo (en nuestro caso: inyectores y extractores de aire); y de las horas en funcionamiento de dicho equipo.

En las tablas XXII y XXIII (ver pág. 80 y 83), se tienen las especificaciones de los inyectores y extractores de aire que serán instalados en el proyecto de optimización del sistema de ventilación. En estas tablas se puede observar que un motor de una unidad inyectora de aire tiene una capacidad de 5 Hp (1 Hp = 746 Watts), y que un motor de una unidad extractora de aire tiene una capacidad de 2 Hp.

El análisis que se desea dar a conocer es el costo de energía eléctrica que se consumirá por cada uno de los equipos en la optimización del sistema de ventilación. Este costo quedará sujeto a cambios en la tarifa del costo de energía eléctrica nacional.

Por lo tanto, para un inyector de aire con un motor de 5 Hp se tiene:

Tabla XXXV. **Costo energético proyectado de un inyector**

Potencia (kilo-watts)	3.730
Horas de funcionamiento	12 *****
Costo por hora en quetzales	0.70376 *****
Costo energético en kilo-watts * hora	Q 2.625 KW / HR
Costo energético en quetzales * día	Q 31.50
Costo energético en quetzales * mes	Q 945.01
Costo energético en quetzales * año	Q 11,340.11

***** = Datos proporcionados por: **Alejandro Ovalle. Departamento de compras de Bimbo de Centro América, S. A.**

Por lo tanto, para un extractor de aire con un motor de 2 Hp se tiene:

Tabla XXXVI. **Costo energético proyectado de un extractor**

Potencia (kilo-watts)	1.492
Horas de funcionamiento	12 *****
Costo por hora en quetzales	0.70376 *****
Costo energético en kilo-watts * hora	Q 1.05 KW / HR
Costo energético en quetzales * día	Q 12.60
Costo energético en quetzales * mes	Q 378.00
Costo energético en quetzales * año	Q 4,536.04

***** = Datos proporcionados por: **Alejandro Ovalle. Departamento de compras de Bimbo de Centro América, S. A.**

NOTA: Estos datos pueden variar dependiendo del número de horas que se pondrán a trabajar los diferentes equipos y a la tarifa que se tenga por parte de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. (EEGSA).

Ahora bien, los datos anteriores fueron calculados para un inyector y un extractor; considerando que se tienen 8 inyectores y 8 extractores ya instalados, se tiene que el costo total es:

Tabla XXXVII. **Proyección a cinco años del costo energético proyectado total de inyectores y extractores**

Equipo	Cantidad	Costo unitario anual, en quetzales	Proyección de costo total a 5 años, en quetzales
Inyectores	6	Q 11,340.11	Q 68,040.66
Extractores	9	Q 4,536.04	Q 40,824.36
TOTAL			Q 108,865.02

5. SEGUIMIENTO Y CONTROL

El seguimiento y control que se les debe dar a los equipos, es simple y sencillamente para su buen uso y funcionamiento.

5.1. Verificación de la operación del sistema

De no contar con las instrucciones de operación y mantenimiento del fabricante de los equipos debe considerarse el control antes de operar, para verificar los equipos y a si evitar fallas imprevistas.

5.1.1. Control antes de operar

Antes del arranque inicial o después de hacer el servicio a los diferentes equipos debe usarse la siguiente lista de verificaciones.

- Revisar las tarjetas de indisponibilidad en los tableros eléctricos los cuales se utilizan por seguridad.
- Revisar todo trabajo realizado en los equipos de inyección y extracción.
- Apretar todos los pernos de la base, el juego de tornillos al centro de la turbina y el collarín de los cojinetes de los equipos.
- Las puertas de acceso de los equipos deben estar bien selladas.
- Todos los dispositivos de seguridad deben estar en su lugar.
- Verificar la alineación y lubricación de los cojinetes en todos los equipos.
- Los acoplamientos deben estar bien alineados y lubricados en todos los equipos.

- Girar a mano la rueda de los equipos para verificar que se mueva con toda libertad y no se atore o se golpee con la cubierta del ventilador.
- Verificar el cableado eléctrico del motor de todos los equipos.
- Verificar que las bandas en “V” estén alineadas y tensadas.
- Las compuertas y las aspas de entrada variables deben funcionar con libertad y sus hojas deben cerrar con fuerza. Cerrar todas las compuertas y aspas de entrada variables durante los períodos de arranque para reducir el gasto de energía.
- Observar que los equipos no vibren fuera de lo normal, si lo hacen, hay que apagarlos.
- Tomar y usar toda clase de precaución para evitar accidentes.

5.1.2. Controles en la operación

Una vez puesto en operación los equipos, debe usarse la siguiente lista de verificaciones.

- Dar ligeros golpes al motor para verificar que el ventilador gire con libertad y que la rueda gire en la forma adecuada.
- Hacer que el equipo alcance su velocidad, pero si no lo hace en 20 segundos detenerlo para investigar la causa.
- A la primera señal de problemas o vibración detener el equipo y verificar el problema.
- No hacer funcionar un equipo que tenga un rango de atascamiento.
- Después de un período de funcionamiento 2 ó 3 meses verificar de nuevo todas las alineaciones y revisar cojinetes. Verificar el lubricante. Revisar que todos los pernos, tornillos y tuercas estén con su torque adecuado.

- A los dos meses de operación todos los cimientos, estructuras y soportes deben estar estabilizados en su posición y es necesario realizar otra prueba.
- Asegurarse que no existan fugas de aceite en los equipos.
- Observar que ninguna parte del sistema se sobrecaliente ya sea del equipo o del sistema eléctrico.

Nota: Es importante que se revise el balanceo de carga eléctrica de todos los equipos cuando se arranque por primera vez, después de repararlos y a intervalos regulares 3 ó 4 meses.

- Antes de realizar el balanceo verificar las otras causas posibles de vibración o desbalanceo en una tabla de problemas comunes.
- Existen instrumentos portátiles que indican el desplazamiento de las vibraciones y la velocidad. Es preciso solicitar al fabricante de los equipos la información relativa a la operación normal, alarma, desplazamiento y velocidad de paro de su equipo rotatorio.

5.2. Mantenimiento programado

El mantenimiento programado consiste en la actividad necesaria para mantener la instalación en las mismas condiciones en que se encontraba cuando se construyó.

Todo equipo físico es susceptible a fallar, descomponerse, deteriorarse debido al uso y al tiempo, y llegar a la obsolescencia. Debido a los avances de la tecnología esto tarda un tiempo considerable.

El mantenimiento que se sugiere utilizar para los equipos es el mantenimiento proactivo. Este mantenimiento se divide en: preventivo y predictivo.

- **El mantenimiento preventivo** se realiza con base a un calendario, e incluye el mantenimiento de rutina (calibración y limpieza completa). Incluye además inspecciones programadas de los equipos para descubrir situaciones que podrían provocar fallas prematuras y daños en los equipos.
- **El mantenimiento predictivo** se realiza monitoreando de manera muy precisa el desempeño de los equipos en su entorno de operación real, y dirige el mantenimiento hacia un momento preestablecido de acuerdo con el desempeño anterior de los equipos en el área. Este mantenimiento emplea los datos de inspección y permite predecir cuándo fallará determinado equipo, para evitar problemas más serios y complicados. Determinando de esta manera la causa principal de la falla. A demás, se evitan contratiempos y todo es debidamente programado.

5.1.2. Mantenimiento de extractores

El mantenimiento debe calendarizarse para inspeccionar todas las partes rotatorias de los extractores. La frecuencia de la inspección dependerá de lo rudo del trabajo; lo tradicional es que se realice a intervalos de 720 a 1440 hrs. de operación y en paros normales. Guía para resolver situaciones diferentes al funcionamiento esperado de los equipos de extracción de aire.

Tabla XXXVIII. **Guía de funcionamiento de unidad extractora de aire**

Efecto indeseable	Posibles causas
Exceso de ruido y vibración	<ul style="list-style-type: none"> - Fijación a base incorrecta. - Turbina dañada o desbalanceada. - Incorrecta colocación de las poleas. - Bandas dañadas o mal aplicadas. - Alta velocidad fuera de rango permitido.

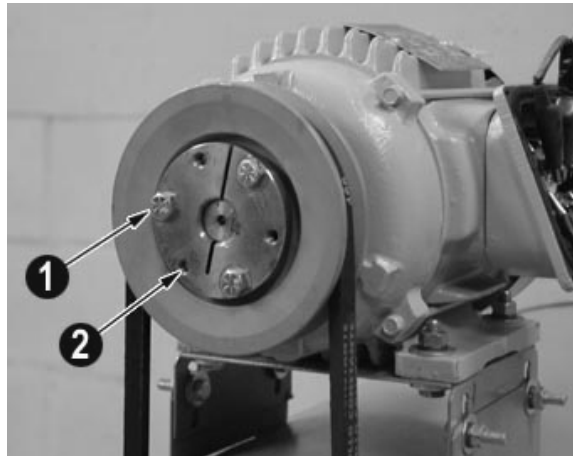
Continúa	<ul style="list-style-type: none"> - Incorrecta dirección de rotación de la turbina. - Cojinetes en mal estado o sin lubricación.
Capacidad de operación del ventilador por debajo de la esperada	<ul style="list-style-type: none"> - Giro incorrecto de la turbina. - Conexión eléctrica mal realizada. - Variaciones grandes en el suministro de energía. - Alineación incorrecta de la turbina. - Deficiencias en la alimentación de aire al ventilador. - Obstrucciones en la salida o entrada del aire. - Datos reales requeridos diferentes a los datos seleccionados en el ventilador.
Calentamiento de motor	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas en el voltaje. - Incorrecto giro en la turbina. - Diferentes RPM a las seleccionadas. - Problemas en el ensamble de la transmisión (poleas y bandas). - Problemas en la entrada del aire para la ventilación del motor. - Condiciones anormales de funcionamiento del motor.
Calentamiento de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> - Tensión excesiva en la bandas. - Daños en los rodamientos. - Desalineación en la flecha de transmisión.

5.2.2. Mantenimiento de inyectores

El mantenimiento es similar a las unidades extractoras de aire, debe calendarizarse para inspeccionar todas las partes rotatorias de los inyectores.

Se debe verificar la alineación de los cojinetes y de los acoplamientos flexibles del motor, dichos cojinetes deben de lubricarse y revisarse con periodicidad.

Figura 42. Cambio de cojinetes

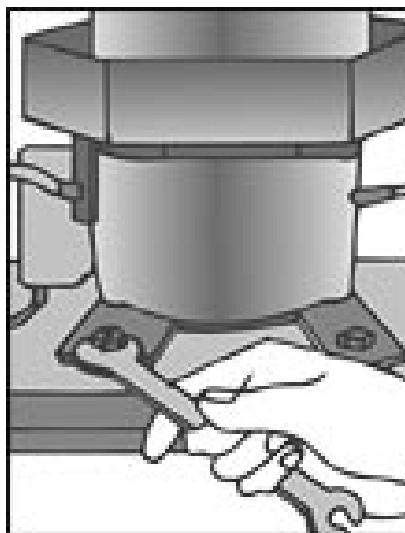


1 = Tornillos de sujeción de la polea.

2 = Agujeros roscados, para la extracción de la polea.

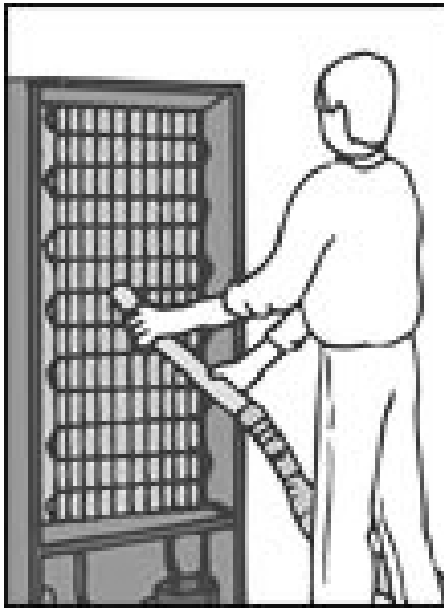
Debe revisarse cuando menos cada año que los pernos de la base y todos los tornillos de presión estén bien torquados.

Figura 43. Revisión del torque de tornillos



Las aspas de los inyectores deben revisarse para verificar que no estén gastadas o sucias, lavarlas con vapor o con chorro de agua suficiente cubriendo los cojinetes, para que el agua no penetre en su soporte. Verificar el desgaste, la alineación y la tensión de las bandas en V.

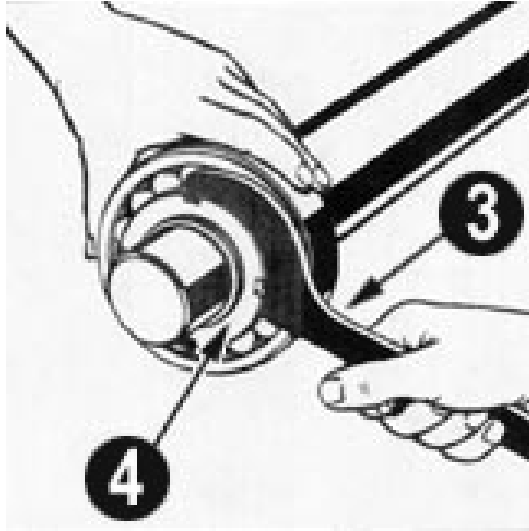
Figura 44. Revisión periódica de equipos



Los problemas de vibración y ruido en los equipos de inyección se debe principalmente a: Cojinetes, acoplamientos, bandas en V desalineadas, base o montaje inestable, desbalanceo causado por material extraño en el ventilador, motor dañado, flecha doblada, alta velocidad, rotación del ventilador en sentido contrario.

Los cojinetes se pueden recalentar debido a: Demasiada grasa en los cojinetes, alineación deficiente, turbina o impulsor dañados, empuje final fuera de lo normal, suciedad en los cojinetes, tensión excesiva de la banda.

Figura 45. Revisión de cojinetes



3 = Llave para quitar los seguros del cojinete

4 = Seguro del cojinete

CONCLUSIONES

1. Por medio del estudio realizado se logró establecer que el actual sistema de ventilación tiene un déficit del 63%, o sea que tiene 37% de eficiencia. Pero al realizar la Optimización se tiene que el sistema de Ventilación Positiva o Sobrepresión logrará subir a un 94% de eficiencia el sistema de ventilación industrial en toda la nave de producción.
2. Al realizar el cálculo de los equipos que se necesitan para lograr hacer eficiente el actual sistema de ventilación, se estableció que se necesitan siete unidades inyectoras de aire ABB, modelo RGML 210, con capacidad de inyectar 17, 500 ft³ / min y 11 unidades extractoras de aire Soler & Palau, modelo CRV 26, con capacidad de extraer 9,262 ft³ / min. Especificando que las unidades inyectoras de aire son de mayor capacidad de inyección que las unidades extractoras de aire, para lograr mantener la ventilación positiva o sobrepresión, al sumársele las unidades ya existentes.
3. El sistema de ventilación actual con los ocho equipos inyectoras de aire modelo RGML-180, con capacidad de 11,300 ft³ / min; y los ocho equipos extractores de aire modelo CRH-26, con capacidad de 9,121 ft³ / min, instalados actualmente; generan un 37% de eficiencia del total de ventilación (inyección-extracción) necesaria para este tipo de industria. Es por ello que al instalar los equipos propuestos en este proyecto se logra incrementar este porcentaje al 94% de eficiencia del total de ventilación

(inyección-extracción) necesaria. Las ventajas obviamente serán mayores en cuanto al confort del personal, la producción y calidad de los productos.

4. Toda la información documentada en este trabajo será de gran ayuda para cualquier duda que se tenga con respecto a la implementación de los equipos, cálculos y teoría básica de ventilación industrial. Además, por tratarse de una planta panificadora se debe cumplir con ciertas normas de higiene y sanidad, dado que es parte de un proceso de mejora continua y por tal manera debe realizarse su implementación.
5. Al considerar el comparativo de la pág. 102 (tabla XXXIV) se tiene la información de los costos actualmente invertidos en el sistema de ventilación y los costos proyectados. Para optimizar el sistema de ventilación es necesario invertir el 50.7% de lo que actualmente se tiene invertido. En la empresa se tiene políticas de inversión a largo plazo; por lo tanto, ésta es una buena opción de inversión.
6. El plan de mantenimiento dependerá de las horas trabajadas por los equipos, además de rutinas de mantenimiento mensual para inspección, verificación y control del funcionamiento de los equipos.

RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo lo antes posible la optimización del actual sistema de ventilación ya que el actual no llena los requisitos mínimos de confort y comodidad, tanto para los operarios como para la producción. Y más ahora con el crecimiento de la nave de producción.
2. Tomar en cuenta lo cambiante del clima ya que con el efecto de invernadero (calentamiento global) se tendrán temperaturas más altas a las actuales, por lo tanto, es el momento adecuado para realizar dicho proyecto y no tener consecuencias en un corto, mediano o largo plazo.
3. Realizar una encuesta a nivel operativo, ya que los operarios se quejan del alto nivel calorífico dentro de la nave de producción. Además, por el tipo de industria alimentaria, es prohibido comer o beber agua o líquidos para contrarrestar el calor dentro de la nave de producción, creando de esta manera un ambiente caluroso e incomodo para realizar las diferentes tareas.
4. Al mismo tiempo que se mejorará el confort del personal dentro de la nave de producción, se mejorará la producción en sí; ya que los operarios tendrán una mayor comodidad en su ambiente de trabajo para poder realizar sus tareas. Además, se puede crear conciencia en todos los operarios por medio de la capacitación sobre la importancia de la calidad en el producto y recalcar en ésta, que la calidad e inocuidad de los productos es responsabilidad de todos.

5. Verificar e inspeccionar si se está cumpliendo con una ventilación adecuada, por medio de inspecciones periódicas del jefe de sanidad a todos los operarios de la nave de producción y de una u otra manera poder darles seguimiento a las no conformidades detectadas.
6. Establecer un plan de acción a seguir al ocurrir cualquier tipo de enfermedad y/o accidente causado por falta de ventilación en las líneas de producción. Como también contar con el apoyo de empresas que presten el servicio de mantenimiento industrial (revisión periódica del funcionamiento de todo el sistema) al momento de cualquier falla o emergencia en dicho sistema, esto repercutirá en una disminución de fallas de los equipos y como consecuencia se tendrá una mayor eficiencia y productividad.

REFERENCIAS

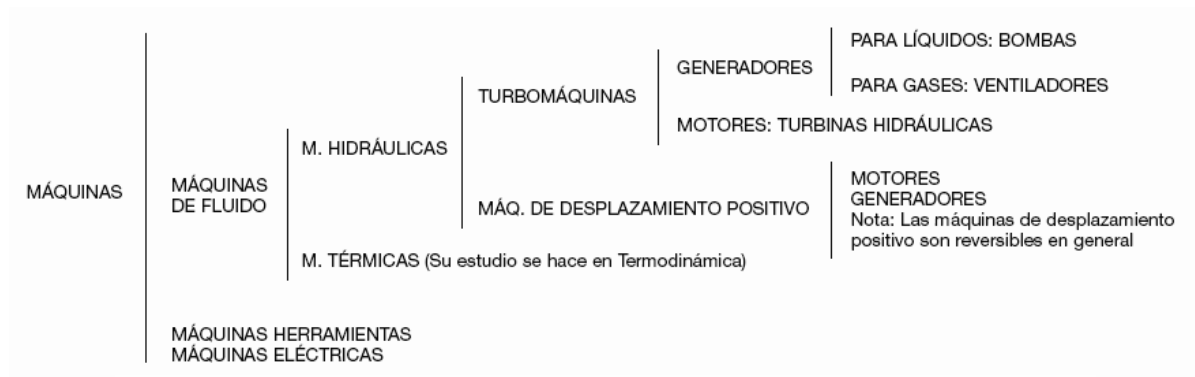
1. Carnicer Royo, Enrique. **Ventilación Industrial, Cálculo y Aplicaciones**. Magallanes, Madrid; Editorial Paraninfo S. A. 1991, p. 9, 15 a 22, 32 a 36.
2. Vega Nabte, José. **Ingeniería Industrial y Coordinación de Obras "IICO"**. México D. F. 1997, p. 30.
3. Burgess H. Jennings, Samuel R. Lewis, **Aire Acondicionado y Refrigeración**. México; Editorial Continental S. A. de C. V., 1995, p. 10.
4. Rosales, Roberto C., **Manual del Ingeniero de Planta**. 2da. Ed. México; Editorial McGraw-Hill, 1998, 5-59 pp.
5. Botero G. Camilo, **Instituto de Aire Acondicionado y Refrigeración**. Bogotá; Editorial Prentice Hall Internacional 1988, p. 5.

BIBLIOGRAFÍA

1. Benjamín Niebel & Andris Freivalds. **Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo**. México: Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V.; 2001. 248, 242 a 243 pp.
2. Kenneth Wark & Donald E. Richards. **Termodinámica**. 6ta. Ed. McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. U. 2001. 198, 1016 pp.
3. Torres, Sergio Antonio. **Ingeniería de Plantas**. Guatemala 1988. 134 pp.
4. Arlington L. Eichert. **Calefacción, Aire Acondicionado y Refrigeración**. Conceptos y Aplicaciones. México: Limusa; 1988. 123 pp.
5. Whitman C. William, William Johnson. **Tecnología de Refrigeración y Aire Acondicionado**. 3 volúmenes: MARCOMBO; Editores Boixareu, 1997, vol. 3.
6. Salvador Escoda S. A. **Manual Práctico de Ventilación, Catalogo Técnico**. Barcelona: 2da. Ed. Soler & Palau; 136 pp.
7. **Mantenimiento**. www.estudiodeventilacionindustrial.htm; Marzo de 2007.

ANEXOS

Clasificación de los ventiladores



Extractores: Entrada entubada, descarga libre.

Impulsores-Extractores: Entrada y salida entubadas Fig. 4

1.2 Ventiladores Murales.

Conocidos también como simplemente Extractores, tienen la función de trasladar aire entre dos espacios separados por un muro o pared, Fig. 5.

1.3 Ventiladores de Chorro.

Aparatos usados para proyectar una corriente de aire incidiendo sobre personas o cosas. Fig. 6.

2. Atendiendo a la trayectoria del aire.

2.1 Ventiladores Centrífugos.

En estos aparatos la trayectoria del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida. Entrada y salida están en ángulo recto.

El rodete de estos aparatos está compuesto de álabes que pueden ser hacia ADELANTE (fig. 7a), RADIALES (7b) o ATRÁS (7c).

CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES

Los ventiladores han venido clasificándose de muy diferentes maneras y no es extraño que un mismo aparato puede aceptar dos, tres o más denominaciones. Es bastante común adoptar la designación atendiendo a alguna de sus características adaptadas al caso que se está tratando.

Aquí vamos a ofrecer la siguiente:

1. Atendiendo a su FUNCIÓN

1.1 Ventiladores con Envolvente, que suele ser tubular. A su vez pueden ser:

Impulsores: Entrada libre, salida entubada.

Figura 46. Clasificación de los ventiladores

2.2 Ventiladores Axiales.

La entrada de aire al aparato y su salida siguen una trayectoria según superficies cilíndricas coaxiales.

Los ventiladores descritos en 1.1, 1.2 y 1.3 pueden ser, también, axiales.

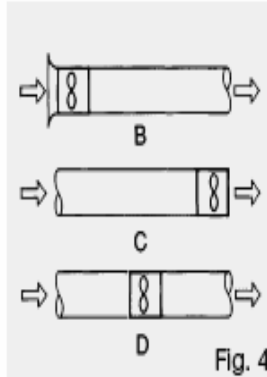


Fig. 4

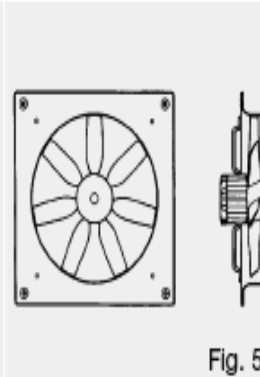


Fig. 5

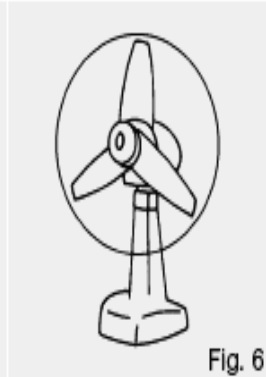


Fig. 6

2.3 Ventiladores Transversales

La trayectoria del aire en el rodete de estos ventiladores es normal al eje tanto a la entrada como a la salida, cruzando el cuerpo del mismo. Fig. 8.

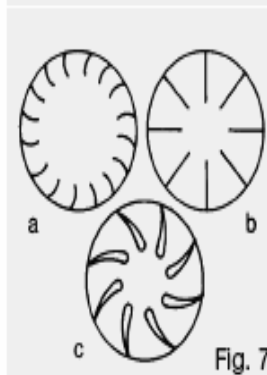


Fig. 7

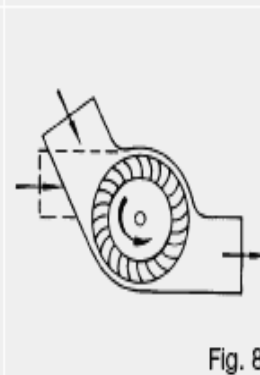


Fig. 8

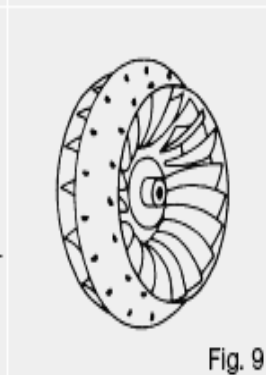


Fig. 9

2.4 Ventiladores Helicocentrífugos

Son aparatos intermedios a los 2.1. y 2.2.: El aire entra como en los axiales y sale igual que en los centrífugos. Fig.9.

3. Atendiendo a la presión

3.1 Ventiladores de Baja Presión

Se llaman así a los que no alcanzan los 70 Pascales. Suelen ser centrífugos y por autonomía se designan así los utilizados en climatizadores. Fig. 10.

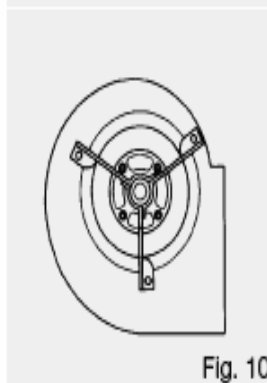


Fig. 10

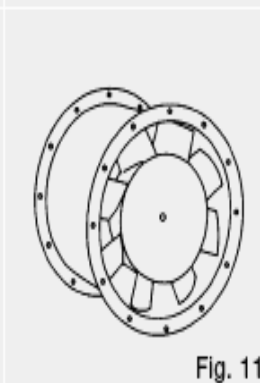


Fig. 11

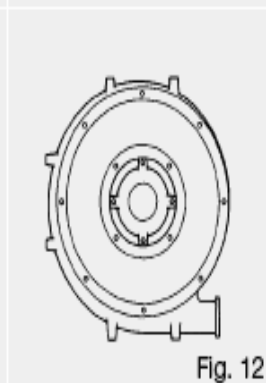


Fig. 12

3.2 Mediana Presión.

Si la presión está entre los 70 y 3.000 Pascales. Pueden ser centrífugos o axiales.

3.3 Alta Presión

Cuando la presión está por encima de los 3.000 Pascales. Suelen ser centrífugos con rodets estrechos y de gran diámetro. Fig. 12.

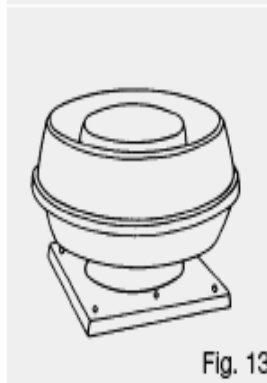


Fig. 13

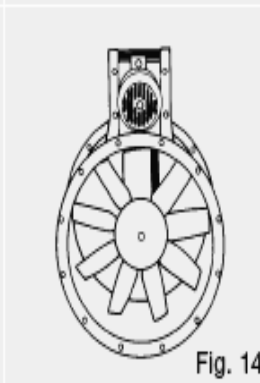


Fig. 14

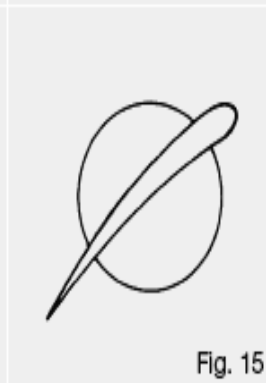


Fig. 15

4. Atendiendo a las condiciones de funcionamiento.

4.1 Ventiladores Estandar

Son los aparatos que vehiculan aire sin cargas importantes de contaminantes, humedad, polvo, partículas agresivas y temperaturas máximas de 40° si el motor está en la corriente de aire.

4.2 Ventiladores Especiales

Son los diseñados para tratar el aire caliente, corrosivo, húmedo etc. o bien para ser instalados en el tejado (Fig. 13) o dedicados al transporte neumático.

5. Atendiendo al sistema de accionamiento

5.1 Accionamiento Directo

Cuando el motor eléctrico tiene el eje común, o por prolongación, con el del rodete o hélice del ventilador.

5.2 Accionamiento por Transmisión

Como es el caso de transmisión por correas y poleas para separar el motor de la corriente del aire (por caliente, explosivo, etc.). Fig. 14.

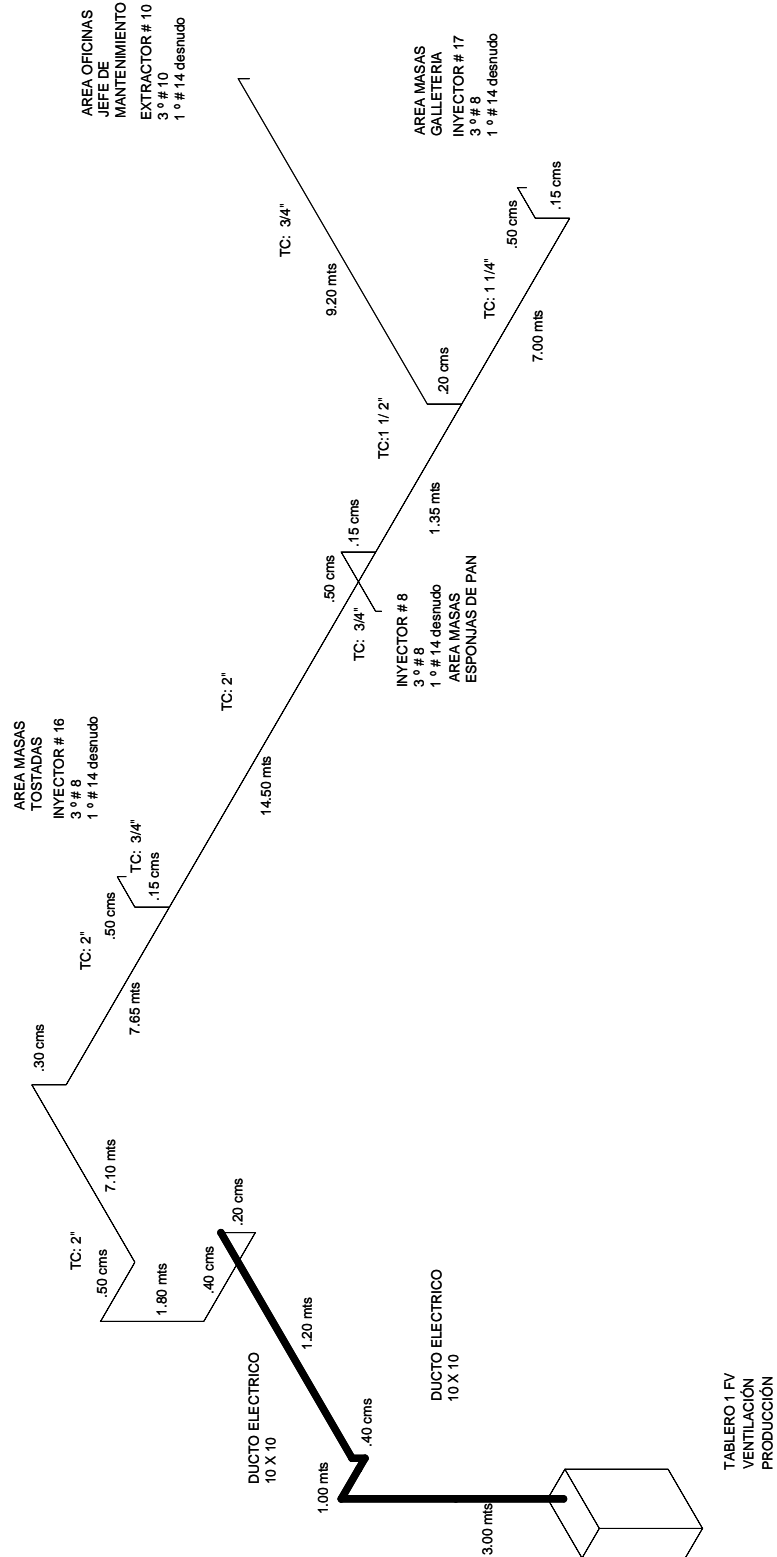
6. Atendiendo al Control de las Prestaciones.

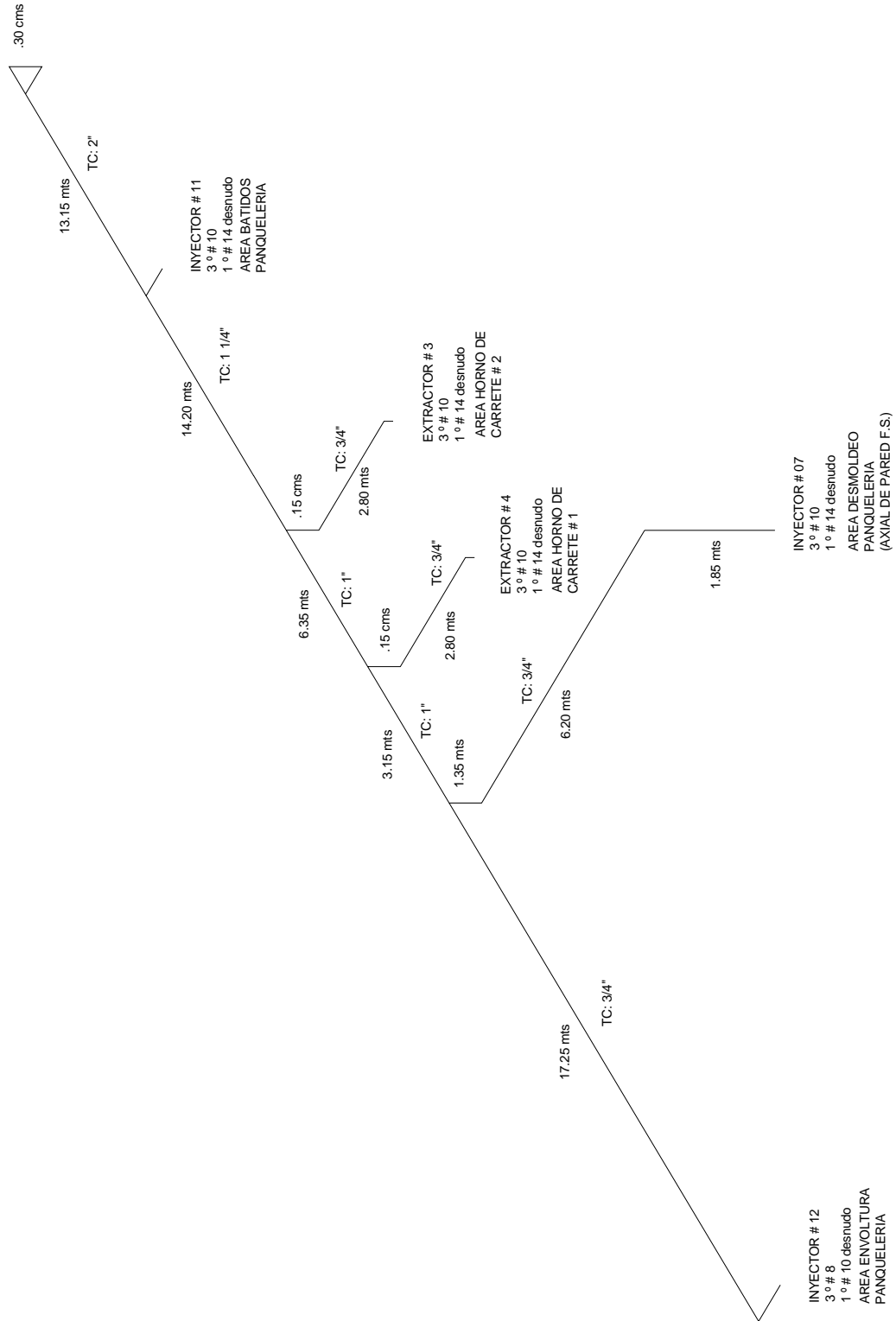
Es el caso de ventiladores de velocidad variable por el uso de reguladores eléctricos, de compuertas de admisión o descarga, modificación del caudal por inclinación variable de los álabes de las hélices, etc. Fig. 15.

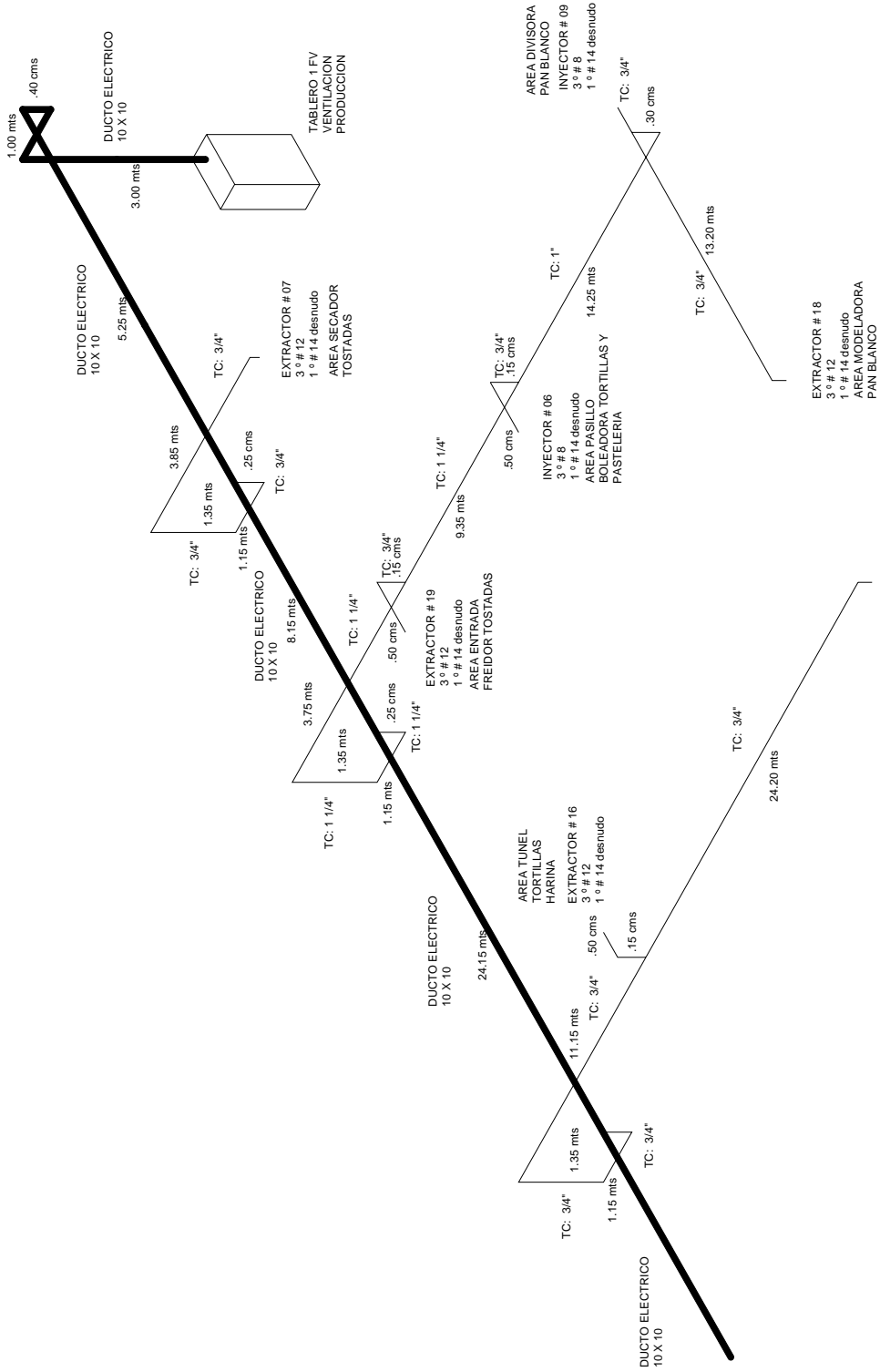
Fuente: **Mantenimiento.** www.estudiodeventilacionindustrial.htm; Marzo de 2007.

APÉNDICE

Figura 47. Dibujos isométricos de la instalación del sistema de ventilación







EXTRACTOR # 17
 3 ° # 12
 1 ° # 14 desnudo
 AREA HORNO PAN

EXTRACTOR # 18
 3 ° # 12
 1 ° # 14 desnudo
 AREA MODELADORA
 PAN BLANCO

