

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



ANALISIS DE UN SISTEMA PARA APLICACION DE PINTURA EN UNA PLANTA DE ENSAMBLE AUTOMOTRIZ

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N
JOSE GUADALUPE GONZALEZ CASTILLO
ARTURO RUBIO TALAVERA
MEXICO, D. F. 1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ANALISIS DE UN SISTEMA PARA APLICACION DE PINTURA EN UNA PLANTA DE
ENSAMBLE AUTOMOTRIZ

- Capítulo I: *Resumen y conclusiones del estudio.*
- Capítulo II: *Procedimiento para la aplicación de esmalte.*
- Capítulo III: *Características y funcionamiento de la caseta de -
aplicación de esmalte.*
- Capítulo IV: *Características y funcionamiento de los hornos de
curado de esmaltes.*
- Capítulo V: *Diseño de un sistema de aplicación de esmaltes:*
-Caseta de aplicación
-Horno de curado
-Sistema de transporte de unidades
-Suministro de energía
-Inyección y extracción de aire
- Capítulo VI: *Análisis económico*
- Capítulo VII: *Conclusiones*

Apéndices A y B

Bibliografía (referencias)

- 1.- Ford-Manufacturing Standards
Automotive Assembly Division
Engineering & Manufacturing Staff
U.S.A.*

- 2.- *Handbook of Air Conditioning System Design*
Carrier Air Conditioning Co.
Mc Graw Hill
1974- New York U.S.A.

- 3.- *Handbook of Heating, Ventilating and Air Conditioning*
John Porges
Newnes-Butterworths
1976-Boston U.S.A.

- 4.- *Hornos Industriales*
W. Trinks-M.H. Mawhinney
Urmo, S.A. de Ediciones
1975-España

- 5.- *Industrial Ventilation*
Committee of Industrial Ventilation
Edwards Brothers
1976- U.S.A.

- 6.- *Paint Finishing in Industry*
A.A.B. Harvey
Robert Draper Ltd.
1967- Great Britain

- 7.- *Handbook of Air Conditioning, Heating and Ventilating*
C. Strock & R. Koral
Industrial Press Inc.
1965- New York U.S.A.

8.- *Air Conditioning Engineering*

W.P. Jones

Edward Arnold Limited

1973- Great Britain

9.- *Manual de Calefacción y Climatización*

Rechnagel/Sprenger

Editorial Blume

1972-España

10.-*Ashrae Handbook*

*American Society of Heating, Refrigerating and Air
Conditioning Engineers, Inc.*

1972-New York U.S.A.

CAPITULO I

RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

En una planta de ensamble automotriz se presentan los más diversos problemas en la pintura y el acabado de los vehículos, ocasionados por deficiencias en el equipo de aplicación y secado de esmalte, - por lo que gran cantidad de unidades son rechazadas al salir de la línea de pintura.

En el caso de que los defectos sean pequeños, esto es, que la superficie afectada sea menor o igual a la cuarta parte de la superficie pintada, la unidad se repara en el área de selección de unidades - pero, en el caso de que sea mayor, la unidad debe ser preparada para un proceso en la línea, lijándose hasta obtener una superficie tersa o eliminando totalmente la capa de pintura cuando en el proceso inicial, ésta no secoó debidamente.

Lo anterior proporciona una idea de la magnitud del problema, ya que para resolverlo se requiere gran cantidad de mano de obra, tiempo y mermas en los volúmenes de producción.

El estudio que se presenta a continuación permite visualizar la importancia de un buen sistema de aplicación y secado de pintura en vehículos automotores y un estricto control en los parámetros de operación del equipo como:

- Velocidades del aire
- Limpieza del vehículo
- Temperatura del horno
- Tiempo de horneado
- Tiempo de oreo entre manos de pintura, etc.

Además hace resaltar la necesidad de conservar dentro de especificaciones los materiales de aplicación, (pintura, primario, solventes, etc.) para minimizar los rechazos de unidades por defectos en los materiales.

Por otra parte, permite ver que una buena planificación del mantenimiento del equipo evita al máximo los tiempos muertos e improductivos.

El objetivo es desarrollar un sistema que solucione los problemas que presenta la caseta de pintura actualmente instalada en la planta, tales como inadecuada inyección y extracción de aire, deficiencias en el secado del esmalte y contaminación de los materiales utilizados.

Conclusiones.-

El sistema propuesto eliminará fallas que por lo general son atribuibles a deficiencias en el equipo y evitará la necesidad de reprogramar las unidades defectuosas, pues si se utiliza en forma adecuada se podrán cumplir a entera satisfacción las especificaciones y los estándares de manufactura.

CAPITULO II

PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACION DEL ESMALTE

El proceso de pintura se inicia una vez que ha concluido el ensamble de la carrocería en el área de prensas. La unidad se coloca sobre unos patines y se lleva a una línea selectiva en donde, por orden de programación, se cuelga de un transportador elevado por medio de cadenas enganchadas a los patines. Este transportador conduce la unidad a través de toda la línea de pintura.

La línea de pintura debe contar con un lugar que proporcione condiciones de limpieza, humedad y temperatura perfectamente controladas y un sistema que depure el aire que se expulsa al exterior mediante la eliminación de las partículas del atomizado de esmalte y gases inflamables en suspensión, optimizando así las condiciones de trabajo e higiene para los obreros.

El equipo con que debe contar el área de pintura de una planta ensambladora para cumplir con las normas de calidad que marcan los estándares de manufactura incluye:

- Túnel de fosfatizado
- Horno para secado de agua
- Bombas neumáticas para llevar a cabo el sellado de la unidad.
- Cocina de pintura.- Sistemas circulatorios de pintura (bombas, recipientes, etc.)
- Caseta de aplicación de pintura
- Horno para secado (ó curado) de pintura

Para facilitar la comprensión del presente estudio, a continuación se describen las fases a que se somete la unidad durante el proceso de pintura.

Fase A.- Preparación de la unidad.

Se debe preparar la carrocería antes de aplicar la pintura, para que ésta adquiera un mejor acabado, adherencia adecuada y sea más durable. Para esto se requiere eliminar los aceites e impurezas del estampado y almacenaje, ya que a los componentes de la carrocería se les aplica una grasa protectora que evita la corrosión durante el tiempo de almacenamiento. Los pasos que se deben seguir son:

- 1.- Limpieza preliminar: después de que la unidad pasa por el área de acabado metálico, se debe limpiar en todas sus superficies visibles, tanto exteriores como interiores, por medio de un sopleteo con aire comprimido, ó bien manualmente con un cepillo para dejarla libre de polvo.
- 2.- Limpieza con solvente: se lava el exterior e interior de la unidad con toallas impregnadas con keroseno a fin de remover el exceso de selladores, grasas pesadas y otros compuestos utilizados en el estampado del metal.
- 3.- Limpieza con ácido en áreas de acero galvanizado: Se lija mecánicamente ó manualmente la superficie a ser pintada, se limpia frotando con un trapo impregnado en ácido fosfórico. Generalmente se permite que el área tratada

permanezca húmeda por lo menos un minuto y después se ejuaga con agua limpia.

Con esta etapa termina lo que se considera pre-limpieza de la unidad.

4.- Recubrimiento de fosfato: el área a pintar debe ser recubierta con una capa de fosfato de zinc que proporcione una superficie adecuada para recibir la pintura. Las operaciones se deben realizar en el túnel de fosfatizado en el siguiente orden:

- a) Desengrase de la unidad: utilizando sustancias químicas alcalinas ó detergentes sintéticos se eliminan los residuos y grasas. Dado que la mayor parte de las grasas utilizadas tienen una temperatura de fusión entre los 40 y 50 °C, la temperatura del baño se debe mantener entre los 60 y 70 °C. Ref. (1)
- b) enjuague: para eliminar el detergente y los residuos de grasa se aplica un enjuague a una temperatura entre 60 y 70 °C y se obtiene así una superficie limpia para recibir el fosfato. Ref. (1)
- c) fosfatizado: las unidades ya preparadas se bañan por aspersion con una solución fosfatizante a una temperatura entre 50 y 60 °C durante 60 segundos como mínimo y a una presión entre 17 y 18 psi en las

boquillas. Con Esto se pretende depositar en la carrocería una capa de fosfato de zinc que la proteja contra la corrosión y proporcione rugosidad a la lámina para facilitar la adherencia del primario. Ref. (1)

- d) *ejuague*: con agua de pozo y a una presión de boquillas entre 8 y 20 psi se baña la unidad durante 60 segundos con el fin de eliminar los residuos de la solución fosfatizante y evitar que se oxide la lámina por exceso de acidez. Ref. (1)
- e) *Neutralizado*: por último, se baña la unidad con una solución de ácido crómico--fosfórico muy diluida para evitar que el fosfato continúe reaccionando sobre la lámina y aparezcan manchas; además se favorece la formación de cristales microscópicos homogéneos en la película de fosfato depositada en la lámina.

Fase B .- Secado

Al salir la unidad del túnel de fosfatizado lleva residuos de agua - que se deben eliminar en su totalidad por lo que se hace necesario - pasarla por un horno de aire caliente. La temperatura debe ser de - 150°C y el tiempo de permanencia de 60 segundos como mínimo. Ref. (1)

Fase C.- Sellado

Antes de pintar la unidad se deben sellar todas las hendiduras que trae al salir del área de acabado metálico para prevenir filtraciones de agua, ruidos de viento, etc.

Para esto, se pasa la carrocería al área de sellado en donde se le adicionan mediante bombas neumáticas de desplazamiento positivo, se llos especiales que pueden ser líquidos o pastosos. Estos selladores se endurecen al ser horneada la unidad después de recibir la -capa de pintura.

Fase D.- Limpieza previa

Para eliminar los residuos de selladores se aplica solvente a la -superficie de la unidad con un trapo previamente impregnado en barniz (trapo barniz). Este trapo debe estar bien preparado para evitar que se le desprenda "pelusa" al limpiar la unidad y ocasione -que la pintura presente mal aspecto al salir del horno. Después de la limpieza con el trapo de barniz, se sopletea con aire comprimido para que seque rápidamente y evitar así la adherencia de polvo.

Fase E.- Pintura

El método para llevar a cabo el pintado de unidades es el "húmedo sobre húmedo" (wet on wet) esto es, que el primario no se lija -después de ser aplicado. Se utiliza un sistema electrostático:

- Primero se rocía una capa húmeda de primario, la cual debe tener un espesor mínimo de 19.05 μm . en seco y se deja secar como mínimo durante un minuto (flash) para que se evaporen los solventes. (Ref. FORD Engineering Specs.)
- Se aplican tres manos de esmalte para obtener una capa de pintura que tenga un espesor mínimo de 38.1 μm en seco, dejando orear dos minutos mínimo después de aplicar cada mano. (Ref. FORD Engineering Specifications)

Fase F.- Horneado

Se deja orear el esmalte durante tres minutos como mínimo y se pasa al horno de cocción para que seque totalmente y se obtengan una apariencia y una dureza adecuadas. El tiempo mínimo de horneo es de diez minutos a 143.33°C temperatura máxima del metal. Ref (1)

CAPITULO III

CARACTERISTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LAS CASETAS DE APLICACION DE PINTURA

Generalidades.-

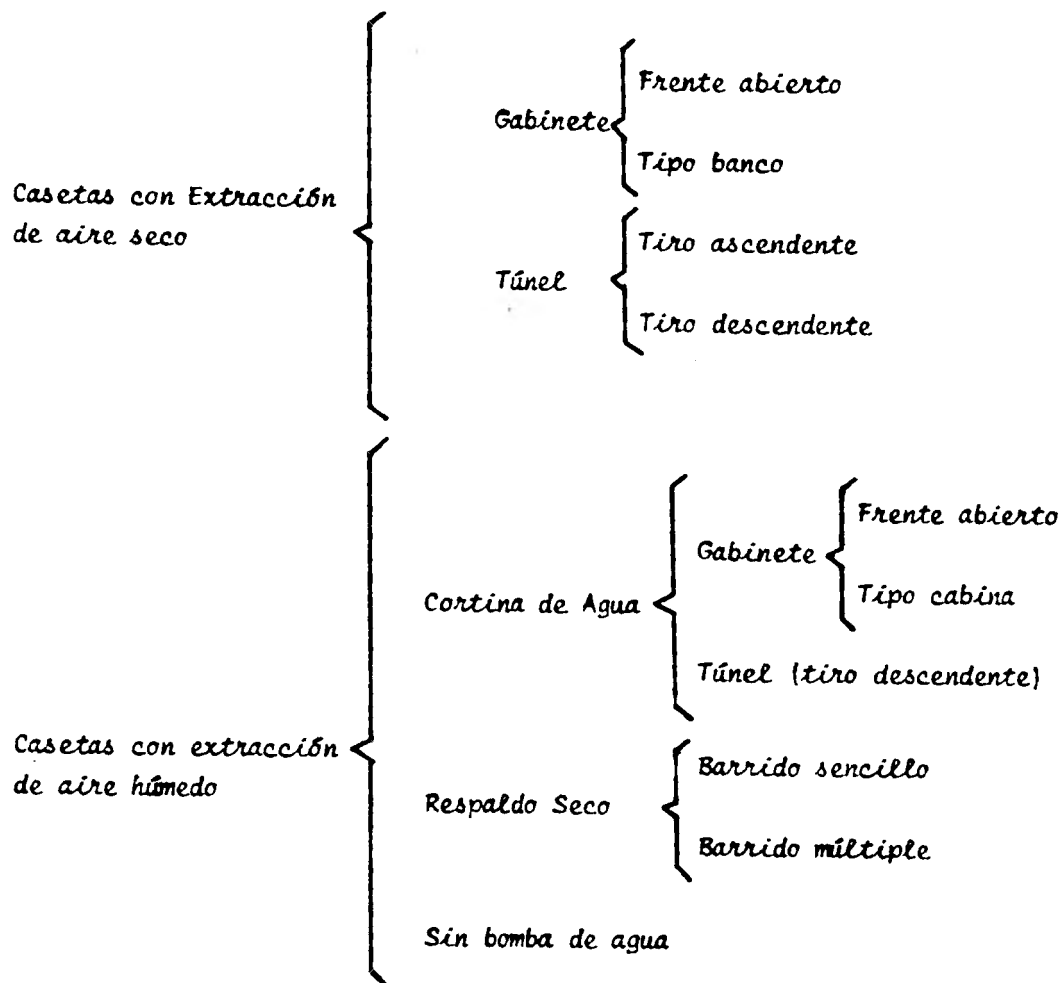
Las funciones básicas que debe cumplir cualquier tipo de caseta de aplicación de pintura son:

- a) Recolectar el sobrante de la pintura atomizada durante la operación de pintado, en un lugar en donde no exista peligro de accidentes o de contaminación del ambiente.*
- b) Extraer el sobrante de pintura y los vapores de los solventes a un lugar adecuado, fuera del área de trabajo.*
- c) Propiciar condiciones favorables para el desempeño adecuado y seguro de las funciones de los operadores.*

Además de las funciones anteriores, las casetas que se utilizan en líneas de producción, por ser más complejas deben:

- 1- Acondicionar el ambiente para proteger la película húmeda de pintura contra las impurezas del aire, como polvos y - partículas extrañas.*
- 2- Cumplir con las normas de seguridad establecidas por el gobierno eliminando las partículas de pintura que flotan en el aire, antes de descargarlo a la atmósfera.*

Tipos de casetas.- A continuación se presenta un esquema con los tipos de casetas más utilizados en esta industria, que se dividen respecto a su funcionamiento en dos grandes grupos:



A continuación se describen brevemente estas casetas y se indican sus principales características de operación.

1.- Casetas con extracción de aire seco.

Este tipo de casetas por lo general se utiliza cuando el volumen de producción es bajo y cuando se realiza por lotes

Su funcionamiento es en base a ventiladores que succionan el aire y filtros que lo purifican antes de enviarlo al exterior. Son los diseños más simples pues, como la cantidad de pintura a manejar es reducida, no requieren de ventiladores que inyecten aire para regular la velocidad del aire en el interior, parámetro básico cuando se manejan grandes volúmenes de pintura.

Por lo general con esta variedad de casetas se utiliza pintura elaborada a base de celulosa.

1.- Caseta tipo gabinete.-

- a) Frente abierto.- Es una cabina sin puertas en cuyo frente se instala un extractor que succiona el aire a una velocidad entre 45 y 67 m/min. y lo descarga directamente a la atmósfera. Ref. (1).

El flujo de aire dentro de la caseta depende de la localización que ésta tiene dentro de la fábrica. Para evitar que queden áreas de la caseta sin posibilidad de extracción y lograr una mejor circulación de aire, se le instala un distribuidor que consta de varios deflectores a través de los cuales pasa el aire. El diseño de los deflectores debe ser tal, que facilite dar mantenimiento periódicamente, pues como el aire lleva consigo el atomizado de la pintura sobrante, gran parte del mismo queda depositado sobre la superficie de los deflectores por lo que se requiere limpiarlos con frecuencia .

Un método simple para limpiarlos es desmontarlos y sumergirlos en una solución de agua caliente y sosa cáustica.

Las piezas por pintar se colocan en ganchos, racks ó guías con diseño específico para facilitar el trabajo de los operarios.

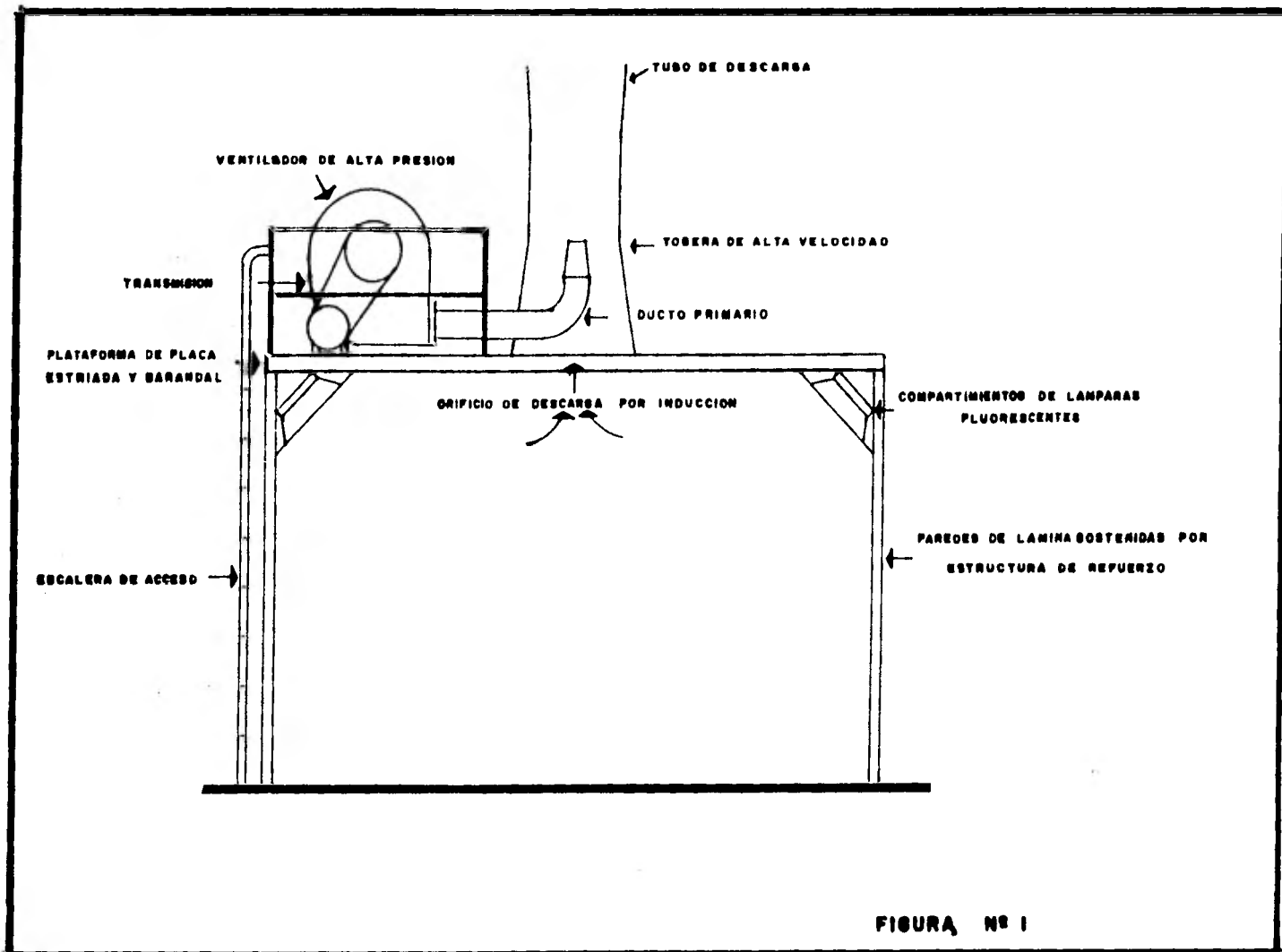
- b) Tipo banco.- Es una cabina con puertas al frente, que se cierran durante la operación de pintado para evitar la entrada de partículas extrañas que contamine el aire dentro de la caseta.

El flujo del aire y la operación de esta caseta es similar a la de frente abierto.

- 2.- Caseta tipo túnel.- Por lo general se utiliza cuando la producción se mueve sobre una línea transportadora y se puede encontrar en dos versiones: con tiro ascendente ó con tiro descendente.

- a) Caseta con tiro descendente.- En esta caseta el aire se puede introducir por la parte superior del túnel a través de un tiro descendente y los excedentes de aire pueden escapar tanto por los extremos abiertos como por las rejillas de ventilación de los muros laterales.

- b) Caseta con tiro ascendente.- Dentro de este tipo es la más común en la industria. En la figura 1 se presenta una instalación de este tipo de caseta.



La trayectoria ó flujo del aire se presenta en la figura por medio de flechas. Esta caseta difiere de las anteriores en que la extracción del aire no se efectúa mediante un extractor sino que se realiza por medio de un tiro - que crea vacío. En este arreglo el ducto de extracción está provisto de un venturi, y exactamente debajo del orificio se instala una boquilla orientada verticalmente hacia arriba que se coloca a un ventilador de alta presión ó al sistema de aire comprimido que se utiliza en la planta. El efecto que produce la boquilla es reducir la presión en el orificio del venturi provocando así el tiro - ascendente.

II.- Casetas con extracción de aire húmedo.

Es uno de los diseños más simples y más utilizados cuando los volúmenes de producción son regulares ó grandes y cuando las cantidades de pintura a manejar son mucho mayores que en las casetas de extracción de aire en seco.

En este tipo de casetas se pueden utilizar pinturas fabricadas a base de compuestos sintéticos.

El aire de salida en estas casetas se lava con agua mediante diversos sistemas, según sea el tipo de caseta, con el propósito de que el aire que se expulsa a la atmósfera se encuentre sin partículas del atomizado de pintura y se evite la acumulación del esmalte en los ductos de succión, para facilitar su mantenimiento.

1.- Caseta con cortina de agua.- Se utilizan para pintar objetos grandes y por consiguiente, de difícil manejo.

En estas casetas se produce una cortina de agua en la pared de la caseta donde incide el atomizado de pintura,

con el propósito de arrastrar una parte de éste hacia el depósito de agua. En la figura 2 se muestra un corte transversal de este tipo de caseta construida en un túnel.

Su funcionamiento es en base a un ventilador que se encuentra colocado en el ducto de descarga ó chimenea que se prolonga hacia abajo en una cámara que contiene los deflectores de eliminación. En la parte inferior de la cámara del eliminador se localiza un tanque de agua que se prolonga bajo el piso de la caseta, donde se depositan los residuos de pintura.

El frente de la chimenea, ó sea la pared de incidencia del atomizado, tiene una lámina de metal sobre la cual se descarga por medio de una tubería situada a lo largo del techo de la caseta una cascada de agua que cae al tanque de donde es bombeada para su recirculación.

Esta lámina termina a unos 15 cms. sobre el nivel del tanque, para formar una ranura por la cual se fuerza el aire a pasar hacia la chimenea. En la parte inferior de ésta, se encuentran unas boquillas que producen otra cascada de agua en donde el aire se vuelve a lavar. Después de pasar por esta cortina de agua, el aire se jala hacia arriba por la acción de un ventilador, y los deflectores ó mamparas le cambian dirección al flujo, para que las partículas de agua y pintura que pueda llevar consigo choquen y se adhiera a las mamparas. Estas mamparas se mantienen limpias mediante una corriente de agua que cae sobre ellas y llega al tanque arrastrando consigo las partículas de pintura.

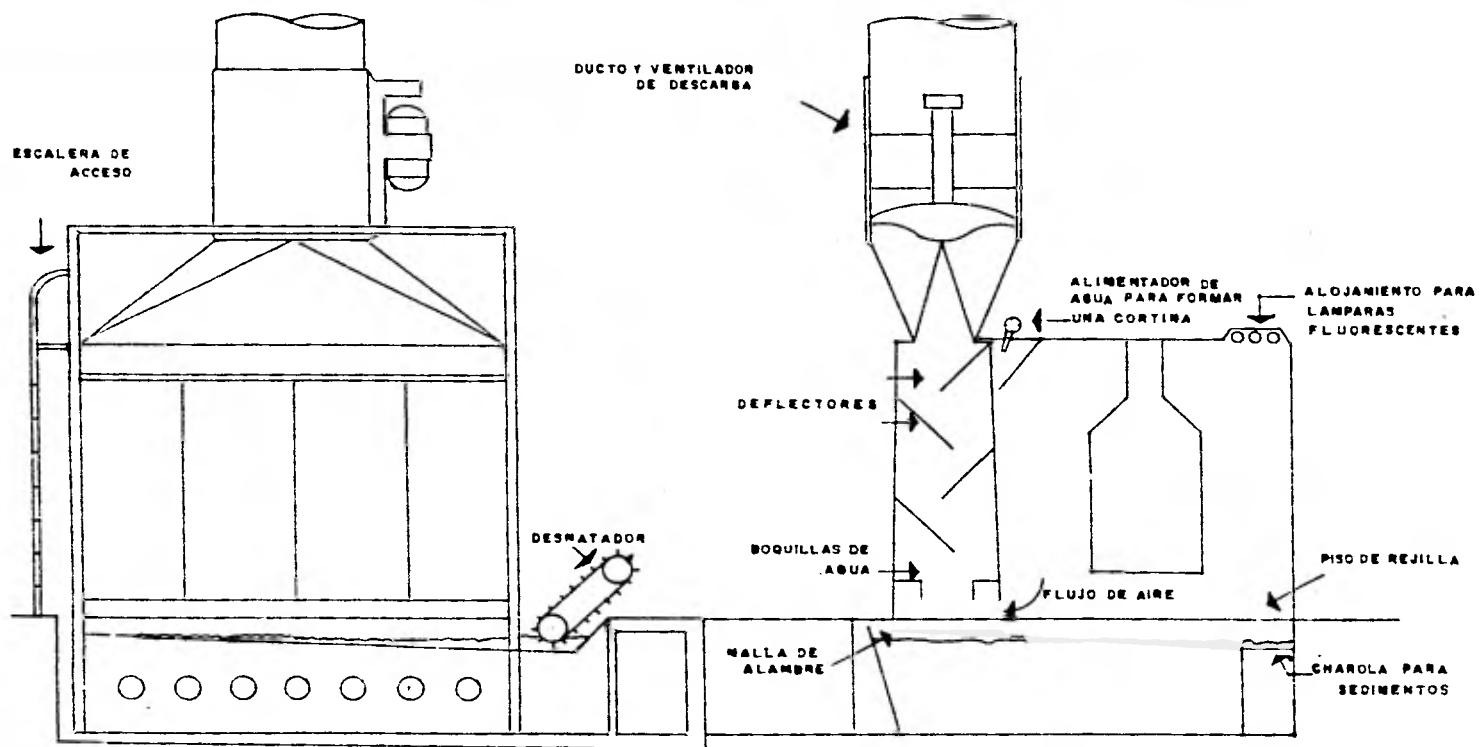


FIGURA N°2

Toda el agua que cae al tanque, pasa antes a través de un medio filtrante, que consiste en una pantalla de metal perforada, en la que se coloca como opción coque a fin de aumentar el poder filtrante o sea, retener la mayor cantidad de pintura posible para facilitar la limpieza del tanque y disminuir la frecuencia del limpiado.

El agua del tanque se puede tratar con agentes acondicionantes o coagulantes, que consisten principalmente en Alcalis que ajustan el PH para promover la coagulación de la pintura y hacer que se deposite en el fondo del tanque en forma de una masa sólida. También se pueden usar humedecedores o espumantes cuando se desea que la pintura flote en el agua formando una capa que se pueda remover con facilidad.

Una medida de la eficiencia de los materiales utilizados en el tratamiento del agua, es la limpieza de las mamparas de la chimenea: si están cubiertas con una masa de pintura la solución está fallando, puesto que no logra reducir los residuos pegajosos de pintura de manera suficiente para que se puedan lavar con el agua.

Las diversas casetas que se incluyen en esta categoría son:

- a) Gabinete de frente abierto.- Es similar a la caseta de extracción de aire en seco de este tipo, con la ventaja de que se puede atomizar hasta el triple de la cantidad de pintura en tiempos iguales, debido a su sistema de lavado de aire.

- b) Gabinete tipo cabina.- Es similar a la de extracción de aire en seco tipo banco, con la diferencia de que el techo está más alto con el fin de aumentar el área de la cortina de agua en la pared de incidencia del atomizado.

Un uso común para estos dos tipos de caseta en los cuales se atomiza desde un solo lado, es el de "ROTOSPRAY". Consiste en un dispositivo que permite que giren mediante movimiento manual. El dispositivo tiene cuatro topes, cada uno a 90° . Las ventajas de este sistema son innegables, puesto que con movimientos manuales el dispositivo gira 90° exponiendo al operario una área que no ha sido pintada, ahorrando tiempo en la operación.

- c) Tipo túnel.- Se utiliza cuando la producción es en la línea y sobre banda transportadora y cuando los objetos a pintar no se pueden manejar con facilidad. Con este tipo de casetas se pueden obtener mayores volúmenes de producción que en las anteriores.

Estas casetas tienen cortinas de agua en ambos lados y en secciones alternadas. El atomizado se lleva a cabo en el frente de cada cortina en turno, atomizando desde un solo lado.

Para su funcionamiento se hace necesario inyectar aire, debido a que ambos extremos de la caseta están abiertos

El aire se inyecta por la parte central del techo, (tiro descendente) dirigido hacia las cortinas de agua y justamente atrás del operario.

La inyección de aire ayuda grandemente a la circulación del mismo a través del sistema de lavado.

- 2.- *Casetas de respaldo seco.*- Este tipo de casetas se usa para pintar partes de gran tamaño movidas en una línea por medio de transportadores y donde los volúmenes de producción son altos; como en el caso de plantas en sambladoras automotrices, de implementos agrícolas y mobiliario pesado.

Son casetas cuya construcción es en forma de túnel con lavado de aire, que no utilizan cortinas de agua en las paredes opuestas dentro de la caseta, sino un sistema de inyección y extracción de aire, que establece una corriente permanente y uniforme en el área de pintura, la cual es usada para recolectar el atomizado de pintura.

En la figura 3 se muestra una caseta de esta índole.

Los detalles para la construcción de la caseta dependen de si se pretenden atomizar compuestos a base de celulosa o material sintético.

En el primer caso, el aire de ventilación es llevado dentro de la caseta, pasando a través de un simple filtro de fibra de vidrio, y la succión del aire se realiza mediante un ventilador en el ducto de extracción - que tiene un medio filtrante de poca complejidad. En el segundo caso, existe un sistema completo de limpieza de aire, tanto de entrada como de salida, dando

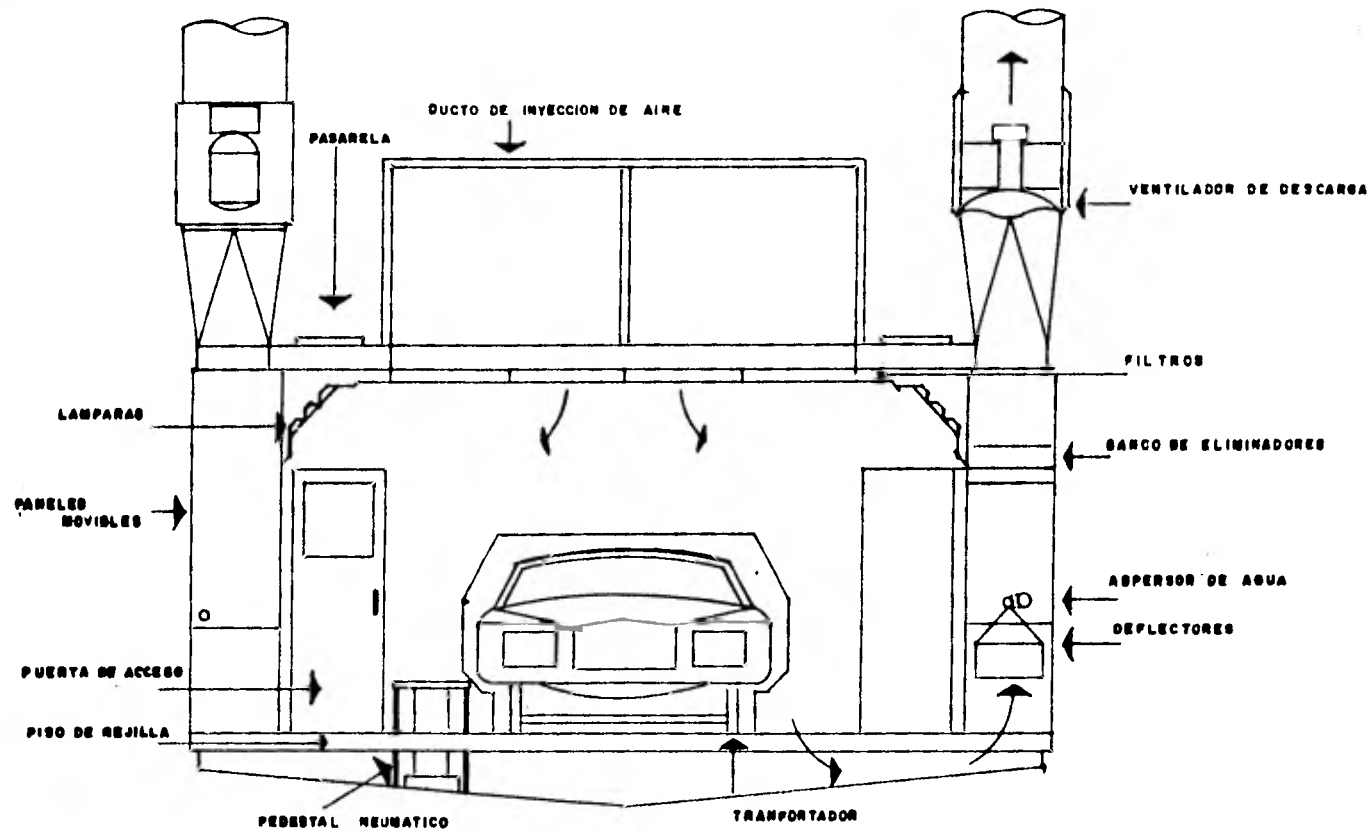


FIGURA Nº 3

la mayor importancia al aire de extracción, debido a que los compuestos sintéticos son los que causan graves problemas, puesto que su atomizado es sumamente viscoso y muy difícil de remover de la superficie en donde se adhiere.

Por el contrario, en el atomizado de compuestos de celulosa, los solventes se evaporan rápidamente y sus sólidos tienden a dispersarse ya secos y sin producir daño alguno.

En ambos casos el aire se introduce por el techo de la caseta mediante dos ductos; uno a cada lado de la línea de centros del techo, tal como lo ilustra la figura. O mediante un solo ducto, cuando se atomiza desde un solo lado. Las aberturas de los ductos tienen filtros para limpiar el aire de inyección. La trayectoria del aire se indica claramente en la figura con flechas y comienza atrás del operario, pasando diagonalmente hacia abajo, asegurando con esto, que el área de respiro sea adecuada.

La succión del ventilador en el ducto de extracción saca el aire fuera del área de trabajo, pasando a través del enrejado metálico que forma el piso de la caseta. Bajo el piso de la cabina existe una fosa de agua que llega hasta los ductos de eliminación.

En este aspecto, su funcionamiento es similar al de las casetas con cortina de agua, ya descrito con anterioridad.

El aire de extracción continúa hacia los deflectores, situados en la parte inferior del ducto de eliminación.

Los deflectores son usualmente láminas que se colocan alternadas y sujetas a las paredes del ducto, proyectándose hacia abajo dentro del mismo. En algunos diseños se asemejan a charolas horizontales que contienen aproximadamente un nivel de agua de una pulgada.

En cualquier caso existe un flujo constante de agua, producido por bombeo ó por un chorro de aire a alta velocidad que cruza la superficie del agua, la atomiza y llega a las mamparas.

En la pared exterior del ducto, se localizan las puertas de acceso para la limpieza de las mamparas y del ducto. Por aquí también se extrae la pintura que flota en el tanque de agua.

La cantidad de agua de suministro para una caseta de este tipo es de un (1) litro por cada 2 a 4 m³ de aire que pasan a través de la caseta aproximadamente, aunque esta cantidad puede variar según el diseño.

El tamaño del tanque debe ser tal que evite turbulencias de agua y que las partículas de pintura puedan coagularse. Por lo general un volumen de 3 a 4 veces la capacidad de las bombas en litros por minuto es adecuado. Ref. (6)

La eficiencia de cualquier tipo de caseta de lavado con agua, se puede medir por la cantidad de sólidos con que se expulsa el aire de extracción. Por ejemplo: un acarreo de 0.35 g. por cada 30 m³ de aire, se considera una buena eficiencia. Ref. (6)

Esto se puede medir haciendo una derivación al tubo

de extracción, que consiste en una campana al ras de las paredes del tubo de salida de aire. Se coloca un filtro pesado y un medidor de flujo. Se debe tener especial cuidado para que la derivación no provoque turbulencias en el flujo del aire.

- a) De barrido sencillo: este tipo se refiere al depósito de pintura en el fondo del tanque, el cual se barre con una placa de acero mediante un mecanismo manual, de tal forma que facilita posteriormente que la pintura se pueda remover con una pala desde el frente del tanque.
- b) De barrido múltiple: al igual que la anterior se barre el fondo del tanque con 2 ó 3 placas de acero mediante un mecanismo no complicado. Este sistema se utiliza para casetas de mayor tamaño que la última descrita.

Los datos de funcionamiento que a continuación se listan, se obtuvieron de una caseta con sistema de barrido múltiple:

Caseta	3m. de largo
Gasto de aire	375 m ³ /min.
Duración de la prueba	11 horas
volumen usado de pintura	513.8 dm ³
Volumen de agua en la caseta (Nivel normal)	2,200 dm ³ con PH 11
Sobrealimentación	Nula
Area efectiva de piso en la caseta	2,78 m ²
Altura de la pistola sobre el piso a 60°	1.5 m.

Número de pistolas	2 pistolas Devilbiss tipo JGA, boquilla F.Z. 770 de aire.
Pintura	LCI verde N° 50-2363 (esmalte alquídlico)
Viscosidad de pintura	25 seg. copa FORD #4
Potencia	10.22 Kw (13.7 H.P.)
Volumen y potencia	3.41 Kw/metro de long. 27.25 Kw/1000 m ³ /min.
Pintura en el tubo de extracción	.156 g/30 m ³

3.- Casetas con lavado de agua sin bomba.- en este tipo de casetas el agua no se bombea sobre los deflectores de extracción para lavar el aire, sino que se lleva al sistema de salida mediante el arrastre del aire, que pasa por una ranura estrecha llamada de extracción

La figura 4 muestra una vista en corte de una caseta sin bomba. En la parte posterior del tanque de agua existe una placa curva de distribución que tiene una sección que se proyecta hacia adelante y se sumerge en el tanque.

Cuenta además con una placa vertical con la orilla en forma de sierra y está colocada sobre la placa de distribución en su parte horizontal, formando una ranura de 4 a 8 cms. sobre la superficie del agua. Por esta ranura el aire se arrastra a una velocidad entre 30 y 60 m/seg. Ref. (2)

La acción combinada de la velocidad del aire, la curva de la placa de distribución y la orilla dentada de la placa vertical, produce olas en la superficie del agua, lo que ocasiona que se formen pequeñas gotas de agua con partículas de pintura en suspensión, que son arrastradas por el aire de salida, y llegan a los deflectores superiores donde aire y agua se separan.

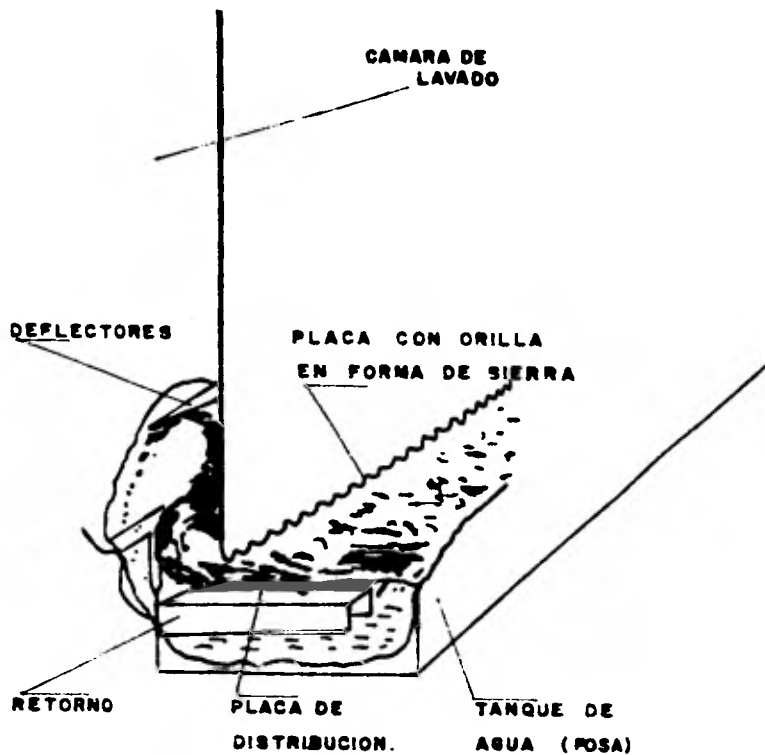


FIGURA N 4

El aire sale limpio a la atmósfera y el agua cae a unos ductos que descargan en el tanque. Esto es con objeto de que el pigmento se separe del vehículo (resinas alquídicas) ya que al agua se le adicionan compuestos con este fin. El vehículo se disuelve en el agua y el pigmento cae al fondo del tanque formando una pasta aguada no pegajosa y fácil de remover.

El parámetro más importante de esta caseta es la velocidad del aire en la ranura, la cual depende del ancho de ésta y por consiguiente del nivel del agua en el tanque. Este nivel puede regularse aprovechando el déficit de presión producido por la velocidad del aire en la región que queda después de la placa de distribución. Esta presión reducida aplicada a una válvula de diafragma en un lado y en otro a la presión atmosférica permitirá que, cuando la velocidad del aire decrezca entonces la diferencial de presiones disminuya y se abra para permitir más agua en el tanque hasta recobrar la velocidad deseada del aire.

Velocidad del aire dentro de la caseta.- este parámetro juega un papel muy importante en una caseta pues debe garantizar que el atomizado de la pintura sea conducido rápidamente al sistema de extracción.

La velocidad del aire y en consecuencia el volumen del mismo varía de acuerdo al corte transversal de la caseta. Para el caso de caseta tipo gabinete con el frente abierto, la sección transversal a considerar es la de la cara frontal donde se coloca el pintor y para el de caseta de gabinete tipo banco es el área de las rejillas de ventilación situadas en el piso de la caseta.

En cambio, para la caseta tipo túnel el área a considerar es la del piso de la caseta.

En todos los casos, el área que ocupan las piezas a pintar se desprecian para efectos de cálculo.

Las velocidades recomendadas Ref. (6) para los diversos tipos de casetas de pintura son:

Para casetas gabinete tipo banco:

Hasta 1.5 m. de ancho

54 m/min.

Sup. a 1.5 m. de ancho

38 a 45 m/min.

Para casetas tipo gabinete abierta al frente:

Hasta 1.5 m. de ancho

41 m/min.

Sup. a 1.5 m. de ancho

35 m/min.

Para casetas con tiro descendente:

En una línea continua de producción las velocidades recomendadas son verticales y del orden de 35 m/min.

En caso donde la producción es baja y las piezas a pintar son grandes, las velocidades recomendadas son también verticales y del orden de 25 m/min.

Limpieza de aire y ducto de extracción.- cuando se usan pistolas - convencionales para aplicación de pintura, hasta un 50% de la pintura se desperdicia y se va al exterior de la caseta, mediante el sistema de extracción.

Cuando se atomizan grandes cantidades de pintura, es necesario eliminar el exceso de pintura del aire, antes de enviarlo a la atmósfera.

El filtrado del aire en casetas de extracción en seco, presenta con

siderables problemas. En algunas casetas de este tipo se usa papel filtro en la boca del ducto de extracción. Este papel se fabrica - en formas geométricas regulares para que se coloquen con facilidad en el sitio destinado. Este tipo de filtrado presenta una gran desventaja ya que el exceso de pintura se va acumulando sobre la superficie del papel, formando una capa que presenta resistencia al flujo de aire de extracción, ocasionando con ésto, una deficiente extracción de aire en el área de trabajo.

Para superar los obstáculos que presenta el filtro mencionado anteriormente, el cual no es usado con frecuencia debido a dicha acumulación de pintura, se utiliza un medio de filtrado contínuo. En este sistema, el filtro está compuesto de un rollo motriz. La salida del aire de la caseta es a través de una placa de metal perforada, sobre la cual se encuentra la tela; esta tela tiene un movimiento intermitente producido por un switch que es accionado mediante presión.

Cuando la carga de presión de aire a través del filtro de tela rebasa cierto parámetro ya establecido, entonces el switch se acciona y un mecanismo mueve el filtro de tela, cambiando la sección impregnada de pintura por una sección limpia.

Este sistema de filtrado es un avance. Cabe hacer notar que el filtrado de aire mediante cortina de agua es mucho más eficiente y - que posteriormente se describirá, sin embargo el filtrado por medio de tela es justificado para la extracción de aire en seco, ya que ahorra labor de mantenimiento.

Tratamiento de agua.- el uso de agentes químicos en casetas es bá

sicamente con objeto de que los residuos de pintura no sean pegajosos.

Las composiciones químicas varían según el tipo de pintura y según el diseño de la caseta que pueda requerir que los residuos se sedimenten ó floten. Por ejemplo en la caseta de lavado de agua sin bomba se requiere el uso de compuestos alcalinos así como de aceite ya que el aire de extracción arrastra agua con partículas de pintura que no se disuelven con facilidad, el aceite se puede mezclar con el solvente todavía presente en las partículas. Esto también ayuda a romper las partículas de pintura dando una mayor superficie de acción a los agentes alcalinos sobre las resinas. También el aceite previene que la pintura se seque en las superficies de la caseta y evita la formación de pastas pegajosas. Es conveniente cubrir los deflectores y las placas con una capa de aceite ó grasa a fin de evitar acumulaciones de pintura.

El resultado deseado es el de que el pigmento queda en el fondo del tanque en forma de pasta no pegajosa. Las resinas se descomponen por efecto de las soluciones alcalinas formando espumas.

En resumen, este tipo de casetas no requiere de mayor mantenimiento, reduciendo con esto los costos de operación.

A continuación se hace una comparación de dos casetas; una convencional operada con bomba de agua y una sin bomba para una línea de pintado de refrigeradores. La convencional es usada para dar un primario y la operada sin bomba para dar un acabado de melamina siendo más ventajoso el primario que tiene menos resina que dispersar:

	<u>CONVENCIONAL</u>		<u>"SIN BOMBA"</u>	
	Horas Hombre	Anual	Horas Hombre	Anual
<u>DIARIO</u>				
Revisar PH y ajustar	1/4	63	1/4	63
Quitar depósitos	1	250	-	-
<u>SEMANAL</u>				
Revisar aceite y filtro	-	-	1/4	-
Limpiar enrejado del piso	2	100	2	100
<u>MENSUAL</u>				
Drenar tanque y limpiar filtros	8	100	-	-
<u>BIMESTRAL</u>				
Limpieza total	128	768	-	-
<u>ANUAL</u>				
Limpieza total	-	-	32	32
		<hr/>	<hr/>	
<u>TOTAL</u>		1665		208

Lo anterior representa horas exclusivas de labor directa de mantenimiento.

Manejo de residuos de pintura.- En casetas de pintura de alta producción, los residuos de pintura llegan a alcanzar volúmenes considerables.

En el caso de una caseta de 25 m. de largo, se llegan a acumular hasta 150 kg. y 200 kg. de residuos en un día Ref. (6) El remover y disponer del material es un verdadero problema de producción, especialmente si se debe hacer en fines de semana ya que los costos aumentan con las horas extras de trabajo.

Los proyectos y diseños de casetas más actuales y novedosas varían bastante tanto en sus alcances como en su complejidad; van desde casetas en donde las natas de residuos son dirigidas hacia lugares de recolección manual ó mecánica, mientras la caseta continúa funcionando, hasta sistemas de recolección centralizados que drenan varias casetas a la vez y almacenan los residuos en un solo tanque de donde son recogidos mecánicamente.

En otras instalaciones, la pintura que queda con el agua se conduce en forma de cascada hacia depósitos que retienen únicamente la pintura de donde se remueve ésta continuamente. Si se utilizan agentes químicos se puede lograr que el 80% de la pintura quede en los depósitos y el 20% restante se sedimente en receptáculos removibles de donde se puede recoger con facilidad.

Ref. FORD-Automotive Assembly Division

-Engineering and Manufacturing Staff.

Limpieza de la caseta.- para facilitar esta labor y evitar que el excedente de esmalte se adhiera a las paredes, éstas se recubren con vaselina u otro material fácil de remover. Cuando se utiliza vapor en la limpieza, la vaselina se sustituye por una mezcla de 13.5% de jabón, 1.5% de yeso y el resto de agua, que se remueve fácilmente con el vapor.

Otra manera de cubrir las paredes de la caseta, es usando pastas que secan rápidamente con el aire y que tienen poca adherencia a superficies lisas y se aplican con brocha o tanque de presión, - de tal forma que cuando esta capa esté sucia, pueda quitarse fácilmente y desecharse.

En casetas pequeñas se suele usar papel como recubrimiento de las paredes. Inclusive se pueden colocar rollos de papel en la parte superior que se puedan desenrollar cuando se requiera. El papel se puede pegar a la caseta con cualquier pegamento comercial o con grasa.

No se recomienda el uso de yeso en las paredes porque, aunque es muy fácil de quitar cuando está sucio, produce pequeñas partículas blancas que se pueden adherir a las superficies por pintar.

Tamaño de la caseta.- como es lógico suponer, el tamaño de la caseta depende de:

- 1) Personal disponible
- 2) Cantidad de partes a pintar
- 3) Tamaño de las piezas
- 4) Dificultad para pintar las piezas
- 5) Sistema de producción (lotes de diferentes colores o colores alternados)
- 6) Velocidad de extracción de excedentes
- 7) Velocidad del transportador

La industria automotriz no acostumbra pintar por lotes de diferentes colores sino unidades con varios colores alternados. Dependiendo de la velocidad de aspirado de los excedentes de pintura se ha encontrado Ref. (1) que una separación de 1.4 m. entre unidades es adecuada y no se tienen problemas de manchado. Un equipo de 8

personas pintando simultáneamente en ambos lados de una caseta de 25 m. de largo puede pintar 26 carrocerías por hora con velocidad de 2.4 m/mín. en el transportador. Esto implica contar con personal especializado y de mucha habilidad. En la Industria automotriz se requiere que cada pintor tenga asignada una área de pintado en la carrocería, lo cual permite tener mayor velocidad de línea.

Dentro de las estimaciones de área se debe de considerar un espacio entre la superficie por pintar, y la pared de la caseta que permita al pintor suficiente libertad de acción. Este espacio por lo general es de 1.5 m. a cada lado de la caseta. Ref. (1)

El inconveniente en el uso de dispositivos automáticos de pintura ha tenido repercusión en el diseño de la caseta ya que en general, estos equipos requieren de mayor espacio entre la superficie a - pintar y la pared de la caseta no solo por ser voluminosos sino para facilitar su mantenimiento. Además la altura de la caseta debe ser mayor para permitir que el brazo automático de pintado avance sobre la superficie a pintar. Es por ésto que en la actua lidad se tienen diseños de casetas más anchas y más altas que - permiten el uso de sistemas automáticos.

Suministro de aire a la caseta.- el aire que se suministra a una caseta de pintura pequeña se toma de la atmósfera y se dirige a la unidad de limpieza por medio de ventiladores.

La entrada de los ductos debe estar tan alta como sea posible del nivel del techo y orientada en sentido contrario al viento. Esto se puede lograr mediante una cubierta en la entrada que se mueva al soplar el viento, de tal forma que las partículas más pesadas caen antes de entrar al ducto.

Los ductos de entrada deben estar lejos de cualquier centro de contaminación como chimeneas, ventiladores, ductos de extracción, etc.

Aunque estas precauciones son elementales y parecen obvias, por lo general no se toman en cuenta, y se ocasionan problemas innecesarios para el sistema de aire acondicionado.

El sistema de ducto con una entrada movable mencionado con anterioridad, es poco práctico para casetas grandes o medianas ya que las entradas se dimensionan de acuerdo a la cantidad de aire por suministrar. Por ejemplo, el suministro de aire en una caseta de 20 m. de largo (lo cual sería poco más que mediana) es:

$$\begin{aligned} \text{Aire de suministro a la caseta} &= 45 \text{ m}^3/\text{min.}/\text{m de long.} \\ &= 900 \text{ m}^3/\text{min.} \end{aligned}$$

$$\text{Aire de suministro a los vestibulos} = \underline{45 \text{ m}^3/\text{min.}}$$

$$\text{T o t a l} \quad 1350 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Dado que no es recomendable tener una velocidad de entrada mayor a los 450 m/min. se tiene que:

$$\text{Area de entrada en el ducto} = \frac{1350 \text{ m}^3/\text{min.}}{450 \text{ m/min.}} = 3.0 \text{ m}^2$$

Entonces se requiere tener un ducto de entrada de sección cuadrada con 1.73 m. por lado.

Si se tienen condiciones atmosféricas particularmente malas se puede colocar una cortina de agua a la entrada aunque con esto se tie

nen problemas de oxidación en los sistemas de limpieza o en los ductos y ventiladores, además de ser una medida de dudoso valor.

Limpieza del aire de suministro.- Los acabados sintéticos horneables se caracterizan por no perder brillo durante su aplicación y el tiempo de curado, a pesar de que éste es alto. En contraste con éstos están los acabados a base de celulosa, que pierden bastante brillo después de que secan.

A una caseta de pintura se le suministran aire en las cantidades ya descritas para tener una ventilación que asegure que las condiciones interiores sean tales que los pintores trabajen con comodidad y que se produzcan humedad y temperatura óptimas de acuerdo a los materiales usados. Para obtener acabados limpios el aire debe estar limpio y la caseta libre de polvo y partículas extrañas. Entonces la caseta y el horno se mantienen con aire en exceso y con una presión ligeramente mayor a la atmosférica, de tal manera que no se permita la entrada de partículas a los recintos. Así mismo los transportadores (de unidades) pasan a la caseta por una abertura mínima; las puertas de acceso son del mínimo permitido por la seguridad y tienen resortes de regreso.

El mayor porcentaje de energía consumida en el área de pintura es para el movimiento de grandes cantidades de aire lo más limpio posible. La complejidad y el costo de inversión y/o de operación depende del estandar de limpieza requerida.

Los polvos más difíciles de eliminar son aquellos que no se mojan fácilmente ya sea por que su área específica es muy grande o por su tensión interfacial contra el agua.

El esmalte sintético requiere en su aplicación de condiciones especiales, por ejemplo: una caseta con aire limpio a 21 °C y 80% de humedad relativa. La cantidad de aire en una caseta varía de acuerdo al tamaño y forma del objeto a pintar, siendo normalmente de 30 a 60 m³/min. por cada metro de long. de la caseta.

El ancho de la caseta también influye en el dato anterior, ya que casetas de mayor ancho requieren más aire.

El aire de suministro del ambiente exterior requiere de filtrado, calentado, humidificado y recalentado antes de llegar a la caseta.

El filtro más sencillo puede ser desde una bolsa de tela hasta los mejores filtros de tela o fibra de vidrio.

Existen también filtros impregnados en aceite que pueden usarse para dar un filtrado inicial y aumentar su vida de servicio en comparación con los anteriores. Su uso no es recomendado para el filtrado final del aire porque pueden provocar manchas de aceite.

Para aquellos acabados que requieren de la mayor limpieza, los filtros anteriores no son suficientes, ya que permiten el paso de partículas finas de polvo. Para retenerlas se utilizan precipitadores electrostáticos, que llegan a filtrar partículas de 10 micras. El principio de funcionamiento es el de cargar positivamente el aire de entrada y pasarlo después por placas cargadas negativamente donde quedan depositadas las partículas de polvo.

El aire se puede humidificar ya sea por lavado de agua o por inyección de vapor seco. El primer método requiere un control muy preciso, pero el segundo no. En el sistema de lavado de agua pasa por una cámara de atomizado de agua con varias hileras de boquillas dependiendo el número del grado de humedad requerido. Después de las boquillas hay deflectores que evitan el acarreo de agua.

CAPITULO IV

CARACTERISTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE HORNOS

Para obtener un horneado adecuado de la pintura se deben cumplir dos requisitos indispensables en lo que se refiere a la temperatura:

- Llevar la temperatura del esmalte al nivel de curado, el cual está determinado en las especificaciones del material.
- Elevar la temperatura del objeto por pintar a un nivel tal, que el curado de la pintura se lleve a cabo uniformemente en todo el espesor de la capa.

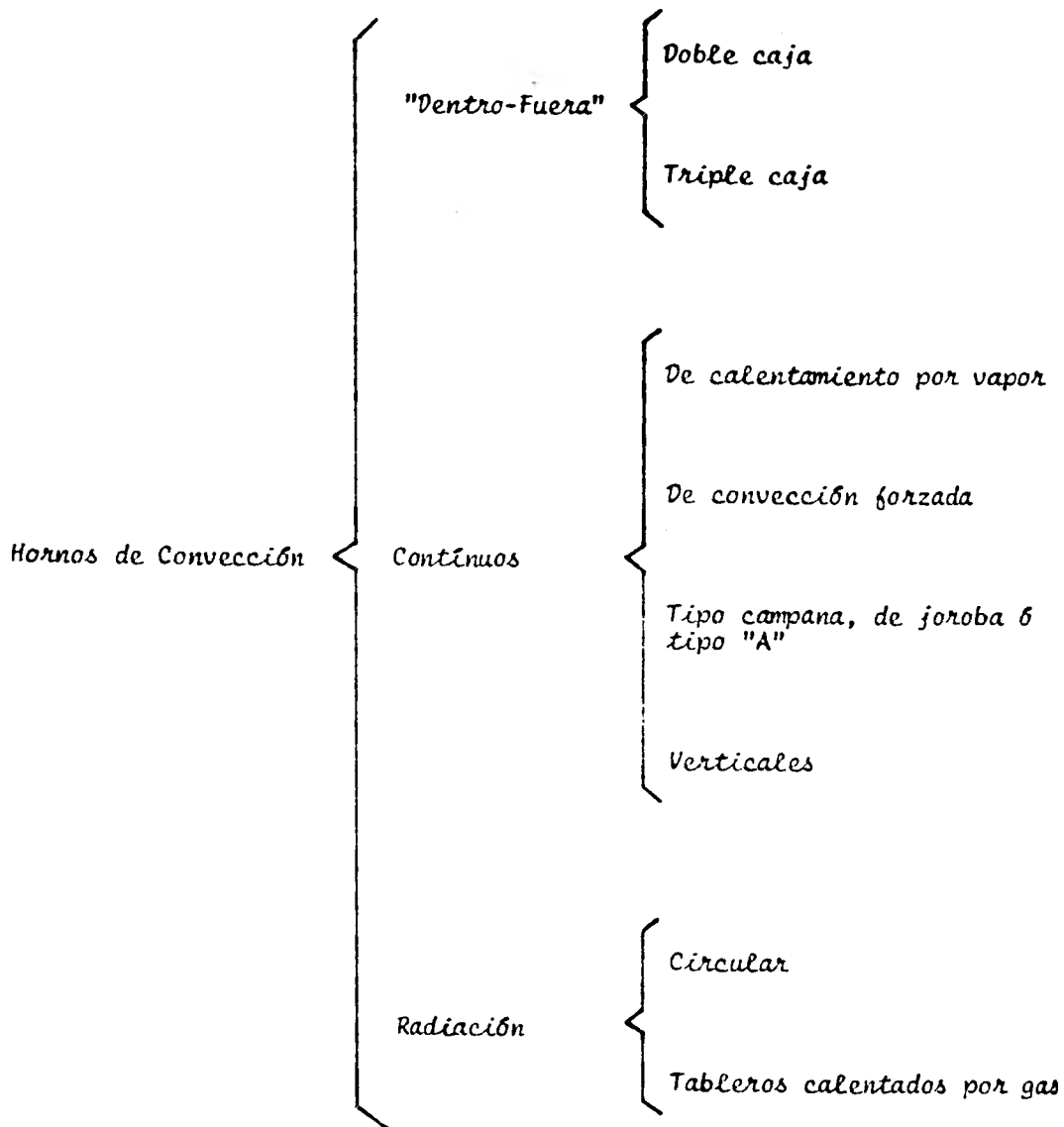
Con el fin de lograr lo anterior, todo horno de pintura debe cumplir con los siguientes requisitos que también son indispensables para obtener una utilización óptima del mismo:

- Debe ser económico en el consumo de combustible
- El consumo de cantidad de calor debe ser suficiente para alcanzar la temperatura de operación con la mayor rapidez, esto es, llegar a la temperatura mínima de curado lo antes posible, reduciendo con ésto tiempos perdidos.
- La temperatura del horno se debe controlar y registrar con precisión.

- La ventilación en el horno debe ser adecuada, para evitar que se produzcan mezclas explosivas de aire y vapores de solventes en el área de trabajo. La cantidad de aire necesaria para refrescar el ambiente es la mínima para conservar el calor dentro del horno. Usualmente una demanda de aire de $2.5\text{m}^3/\text{min.}/\text{lt.}$ de solvente evaporado en el horno es suficiente. Ref. (1) y (4)
- La estructura del horno debe registrar golpes de montacargas o partes que se caen del transportador en el interior del horno, etc. obteniendo con esto, mayor vida útil del horno.
- El mantenimiento debe ser de gran sencillez.

Los hornos que encuentran su aplicación en este tipo de procesos son los de convección, en los cuales, existe una corriente de aire en su interior que favorece la eliminación de las masas de mezclas explosivas. Este tipo de horno funciona de acuerdo al principio de transmisión de calor por convección, que dice: " Al disminuir la temperatura de un fluido aumenta su densidad y tiende a bajar en el seno del fluido; si por el contrario una porción del fluido se calienta, al dilatarse se hace más ligero tendiendo a subir."

A continuación se describen los principales hornos de este tipo, que son aplicables al curado de pintura automotriz:



- Hornos "Dentro-Fuera".- se utiliza para bajos volúmenes de producción.

Las partes a hornear se introducen por la única puerta existente y se colocan sobre una plataforma en su interior. No se utilizan transportadores.

- Hornos de Doble caja.- es la más primitiva y simple variedad de hornos para el curado de pintura (ver figura 5).

Su construcción es en base a una cámara con doble pared de lámina de acero, abierta por la parte inferior. El espacio entre láminas se llena con fibra de vidrio.

El calentamiento de este horno es mediante quemadores de gas situados en la parte inferior del mismo. Los gases de la combustión pasan a través del área de trabajo, ó sea, donde se encuentran partes pintadas y son extraídos por medio de una chimenea.

Este tipo de hornos se utiliza para piezas misceláneas, a baja escala de producción y ciclos de horne o cortos (hasta 30 minutos) y temperaturas no mayores de 100°C . Ref. (1) y (4)

Desventajas: Contaminan el aire en el área de trabajo.

- Horneos de Triple caja .- su diseño es similar al anterior con la excepción de que los gases de combustión circulan fuera del área de trabajo. Esto se logra mediante una tercera hoja de metal en las paredes de la cámara de trabajo de un horno de doble caja normal. La caja adicional está sellada al piso

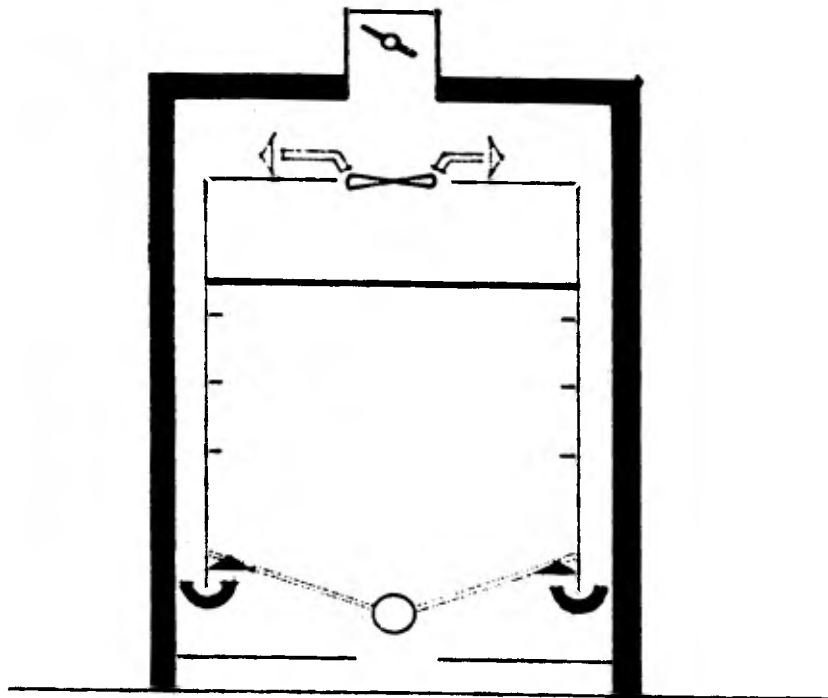


FIGURA Nº 5

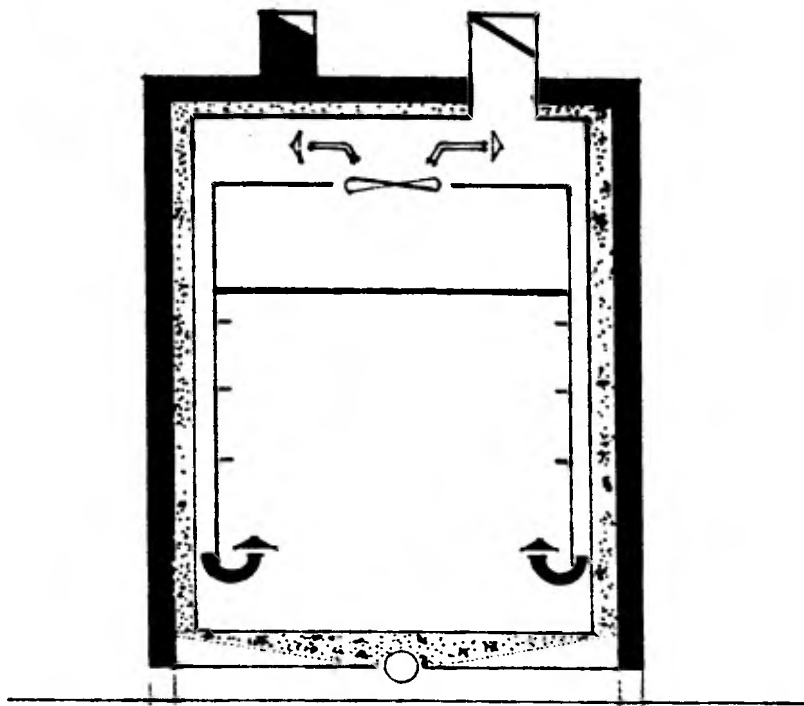


FIGURA Nº 6

para evitar la fuga de los gases, los cuales se extraen por una chimenea con regulador de tiro (ver figura 6).

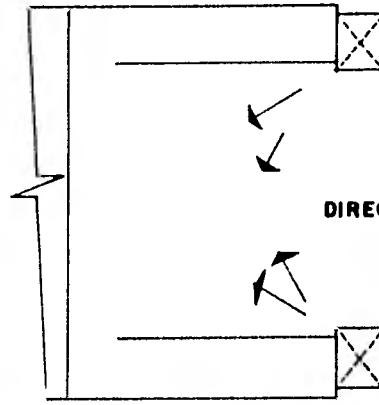
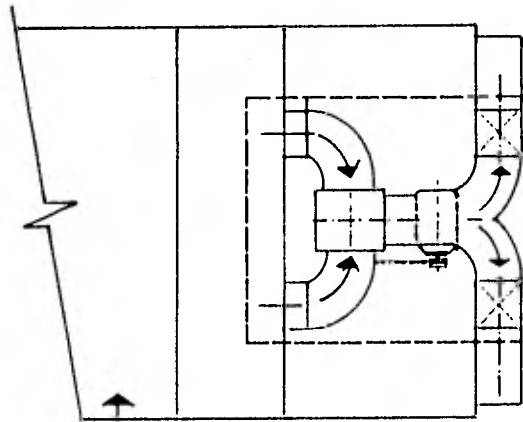
Sus aplicaciones son las mismas que para los de double caja.

Ventajas: No existe contaminación del aire en el interior del horno.

- Hornos Continuos.- Este tipo de hornos se usa para volúmenes de producción medianos y grandes, donde las partes pintadas son llevadas mediante transportadores y cuando el tiempo de horneado de los recubrimientos primarios o esmaltes es hasta de 1 hora. Su construcción es de tipo túnel de lámina y aislado. El aislamiento se proporciona mediante paneles de algodón o fibra de vidrio. El exterior del horno se forra con hojas de lámina de aluminio pulidas con el objeto de disminuir la radiación de calor al recinto en que se encuentra el horno. Las temperaturas que se pueden obtener son del orden de los 150°C . Ref (1) y (4). Con el objeto de reducir pérdidas por difusión de calor por los extremos del túnel (entrada y salida), se pueden instalar a opción, los llamados "sellos de aire". Estos consisten en una cortina de aire que sale a través de hendiduras localizadas en el techo y a los lados de la entrada y salida del horno (ver figura 7).

El aire se toma desde el techo del horno por medio de un ventilador de alta velocidad que distribuye

SELLO DE AIRE



DIRECCION DEL AIRE

**ARREGLO DE LAS
RANURAS DE DESCARGA**

HORNO

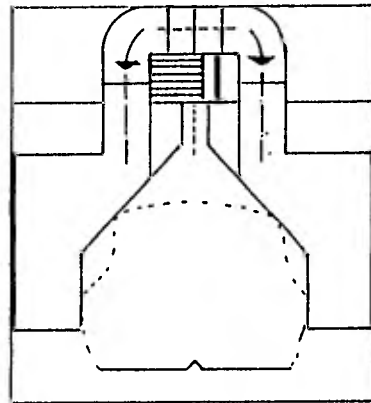
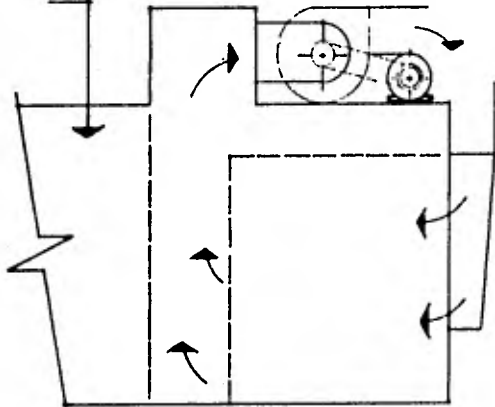


FIGURA N° 7

el aire en varios ductos que descargan en las hendiduras mencionadas. La dirección del aire a la salida de estas hendiduras, va hacia el interior del horno provocando una corriente en contra de la salida del aire del horno y formando una cortina.

La sección de las hendiduras y la velocidad del aire a través de ellas varía de acuerdo al horno. Por ejemplo, un horno de carrocerías con temperatura de operación de 130°C tiene hendiduras de 2 cm. de ancho y la velocidad del aire a su salida es de 1,000 a 1,200 m/min. Ref. (1) y (11)

- 1.- Hornos de calentamiento mediante vapor.- La construcción de estos hornos es de tipo túnel y encuentran su aplicación en la industria de acabado metálico en partes cuyos espesores del material no tienen variaciones grandes, ya que esto provoca un mal curado de la pintura en las partes de mayor espesor y decoloración o pintura quemada en las partes de menor calibre de lámina.

Una limitación es que su máxima temperatura de trabajo es alrededor de 135°C . Ref. (4)

El método más usual de calentamiento es por medio de nervaduras de tubo de acero. Estas tuberías se colocan dentro de canales a lo largo del horno y son soportadas por su estructura.

La ventaja principal de estos hornos es que el movimiento del aire en su interior es casi nulo, con lo

cual se mantienen libres de polvo, aspecto muy importante en el horneado de esmaltes sintéticos.

2.- Hornos de convección forzada.- sus aplicaciones son para mayores volúmenes de producción que los anteriores, debido a que su temperatura de operación es de 180° a 190°C disminuyendo con esto, el tiempo de permanencia de los objetos pintados dentro del horno y mejorando las condiciones de curado, mediante estufas de recuperación que proporcionan calor al material que circula dentro del horno.

La mezcla aire-combustible se quema en una cámara y los gases de la combustión son extraídos a la atmósfera mediante un ventilador con chumaceras enfriadas por agua.

Los gases calientes pasan a través de los ductos dentro del horno y ceden su calor a las partes que se hornean.

Es de suma importancia contar con un aislamiento térmico en estos hornos, ya que las temperaturas de operación son mayores que en los hornos descritos con anterioridad, con lo que aumentan las posibilidades de pérdidas de calor a través de las paredes.

La unidad de calor se localiza sobre el piso a un lado del horno ó bien en un lugar seguro sobre el techo.

El aire caliente se inyecta al interior del mismo mediante ductos localizados longitudinalmente a los

lados del techo ó bien, mediante boquillas de alta velocidad situadas en la parte superior del horno, lo que se considera más conveniente, puesto que el aire entra al horno a alta velocidad y llega al piso provocando una corriente antes de ser succionado por el extractor de aire de recirculación aumentando con esto, la eficiencia del horno. El aire de recirculación es el que regresa a la cámara de calor a través de un ducto con lo que conserva parte de su calor inicial. Esto logra un ahorro considerable de comustible.

- 3.- Horno tipo campana, de joroba ó tipo "A" .- este tipo de hornos también se utiliza para trabajos que se llevan a cabo sobre un transportador.

Su construcción es al igual que los anteriores, de túnel, pero diferente en la entrada y la salida. Los ductos son cortos conectados al túnel hacia abajo a 45° impidiendo con esto la salida del aire caliente el cual en su gran mayoría se encuentra en la parte superior del horno.

Bajo el piso se localizan los quemadores y el aire se distribuye a lo largo del horno por medio de ductos en el suelo.

La única objeción de estos hornos es que su techo se encuentra muy bajo, debido a su diseño.

- 4.- Hornos verticales.- son poco usados en la industria del acabado metálico. Su principal aplicación la en

cuentran en el secado de aislamientos para cubrir alambres ó recubrimientos protectores sobre láminas metálicas.

Su construcción es un túnel en forma de "U" invertida ó un túnel vertical.

- Hornos de radiación.- su funcionamiento se basa en el principio de transmisión del calor radiante, el cual se propaga en forma de ondas, no siendo necesario ningún medio material durante dicha propagación. Las ondas chocan con el cuerpo elevando su temperatura.
- 1.- Hornos circulares.- este tipo de hornos se utiliza para el secado en fábricas de herramientas neumáticas, de paneles metálicos e incluso en fábricas automotrices para efectuar el secado del agua excedente después del fosfatizado para poder aplicar los recubrimientos primarios, y en general donde no se requiere que la temperatura de los objetos por hornear sea uniforme en toda su superficie.

Las unidades de radiación son semicirculares y están colocadas transversalmente a lo largo del horno. Cada una posee sus quemadores que se pueden construir desde 0.5 hasta 2.0 m. de diámetro. Ref. 1 y 4 .

Las desventajas del sistema de radiación es el hecho de que las radiaciones infrarrojas únicamente viajan en línea recta. Esto significa que en objetos de forma irregular no se obtiene un calentamiento uniforme.

2.- Hornos de tableros calentados por gas.- su construcción consiste en paneles de radiación pequeños, los cuales tienen un control individual de gas. Estas unidades de radiación se ensamblan sobre un andamio de lámina para formar el túnel del horno con la facilidad de que pueden ser unidas entre sí para formar una estructura continua.

Este horno es similar al horno semicircular descrito, con la diferencia de que la superficie de radiación es plana y protegida con un recubrimiento de porcelana.

CAPITULO V

DISEÑO

El objetivo primordial de este proyecto es mejorar los resultados obtenidos en el sistema actual, en cuanto a la calidad de pintado, facilitar la operación de los obreros que laboran en esta área y obtener ahorros reduciendo el porcentaje de las unidades defectuosas.

Alcance: El estudio comprende básicamente la selección adecuada de un equipo para pintura automotriz que incluye una caseta de aplicación y un horno de polimerización de esmaltes, haciendo notar que:

A) Para casetas de aplicación de pintura se diseña:

- 1.- Un sistema de inyección de aire que sirva - principalmente para eliminar el exceso de pintura que existe en el interior de la caseta a consecuencia de la atomización del esmalte.
- 2.- Un sistema de extracción y lavado de aire para eliminar las impurezas que lleva consigo el aire antes de ser enviado a la atmósfera, evitando la contaminación ambiental.

B) Para el horno de polimerización se determina:

- 1.- La capacidad de las unidades generadoras de calor que consisten en : el quemador y el venti-

lador para impulsar el aire al interior del horno.

2.- La cantidad de aire caliente a inyectar, de acuerdo con lo establecido por las normas para obtener un buen "curado" de la película de pintura depositada sobre la unidad a pintar.

3.- Los sellos de aire que tienen el objetivo de mantener o conservar el calor dentro del horno, evitando también fugas de calor.

C) El sistema de transporte de las unidades a pintar, el cual, en este caso es un transportador aéreo de cadena ya existente en planta.

D) El tipo de energía a utilizar: se dispone de los siguientes tipos de energía:

1.- Energía eléctrica, de corriente trifásica, de 440 volts, 4 hilos con frecuencia de 60 Htz; Este tipo de energía se utiliza para alimentar los motores de las bombas centrífugas de la cortina de agua, para iluminar la caseta, para mover los motores de los ventiladores de inyección de aire en la caseta y el horno, para alimentar la fuente de poder del equipo electrostático, etc.

2.- Aire comprimido. Se dispone de líneas regulables de aire comprimido, para llevar a cabo una buena atomización de pintura, suministrando este aire a una presión de 480 Kpa. como máximo. Ref. 1

3.- Líneas de alimentación de pintura para las pistolas de aplicación, las cuales provienen de sistemas circulatorios de pintura que proporcionan un flujo mínimo de 350 ml/min. Ref. 1, en cada pistola de las estaciones de pintura en el interior de la caseta.

4.- Líneas de alimentación de agua, que se utilizan para formar la cortina de agua del sistema de lavado de extracción de aire y para la humidificación de la caseta.

I.- Dimensiones de las unidades a procesar.-

En este caso interesan las carrocerías de camión que tienen:

- a) Altura máxima: 2.05 m. tomando en cuenta que es transportada con el cofre abierto.
- b) Ancho máximo: 3.80 m. considerando la unidad con las puertas abiertas, ya que su interior también es pintado.
- c) Longitud máxima: 4.26 m. pues se incluye el largo de los patines que sostienen la unidad.

II.- Volumen de producción.-

Considerando que la producción de unidades se ha venido incrementando a través del tiempo, se debe pronosticar el volumen de unidades a producir en el futuro para que el equipo por ningún concepto quede en calidad marginal debido a un

incremento imprevisto de producción, en este caso se fija un límite máximo de producción que es de 12 unidades/hora la máxima capacidad de la planta.

III.- Tiempo de operación para efectuar la aplicación de pintura. Con el objeto de fijar correctamente la velocidad del transportador en el área de pintura, es necesario conocer el tiempo preciso que tarda un operario en pintar la unidad en uno de sus lados, y este tiempo por norma es de 25 min. Ref. 1

Cálculo de la caseta de aplicación.

El volumen total de aire fresco que se suministra para la inyección a lo largo de la caseta, incluyendo los vestíbulos de entrada y salida, debe ser mayor que el volumen de aire que es extraído, manteniendo así una diferencia de presión con el exterior. Como se puede apreciar, es una medida lógica debido a las pérdidas de aire de inyección que existen en los vestíbulos, ya que en éstos no tenemos extracción de aire.

El aire que se extrae no debe tener un volumen mayor a $38 \text{ m}^3/\text{min.}$ por m^2 de superficie del piso de la caseta. Ref. Norma para construcción de casetas para aplicación de pintura.

Cabe mencionar que para efecto de eliminar correctamente el atomizado del interior de la caseta, cuyo objetivo principal es no brisar las unidades y proporcionar condiciones apropiadas de trabajo para los pintores, la velocidad del aire de inyección es de 35 m/min. normalmente. Ref. Norma para construcción de casetas para aplicación de pintura.

Por otra parte se considera que en la extracción de la caseta se instala un sistema de lavado del aire de extracción que es de cortina de agua en ambos lados de la caseta.

Es recomendable tener en dicha instalación dos bombas gemelas.

Cálculo.

Puesto que la producción de unidades es en serie, la caseta más apropiada es el tipo túnel con doble cortina de agua en el sistema de extracción de aire.

Antes de iniciar el cálculo del equipo se da una breve descripción del mismo, basada plenamente en lo expuesto en el capítulo II.

Caseta de Aplicación.

1.-Sistema de inyección y extracción de aire.-

Consiste en hacer fluir el aire verticalmente hacia abajo dentro de la caseta.

La extracción se lleva a cabo mediante ventiladores después de que el aire cruza la cortina de agua que se forma en el piso de abajo de las rejillas.

2.-Fosa de agua.-

La cabina de aplicación está montada sobre una fosa de concreto recubierta totalmente con rejillas de acero.

Su construcción tiene dos vestíbulos, uno a la entrada y otro a la salida de la misma, según lo mostrado en figura 8.

Los tanques y las partes de la caseta que tienen contacto directo con el agua de la fosa están construídas de lámina de acero rolado de 6 mm. de espesor.

La estructura de la caseta no está en contacto con el agua previniendo con ésto la corrosión de esas partes.

3.-Construcción de los vestíbulos.-

Las paredes se construyen mediante tableros de lámina negra de 1.5 mm. de espesor atornillados a la estructura de refuerzo la cual es el sostén de la caseta. Los paneles de metal deben quedar sellados entre sí y herméticos al paso del aire.

Ambos vestíbulos llevan dos puertas de acceso (en extremos). Las puertas tendrán ventanas de vidrio transparente con malla de alambre.

4.-Construcción de la caseta.-

Las paredes se construyen de lámina negra de 1.21mm. de espesor mediante paneles rebordados que permiten la unión entre sí. Todas las juntas deben quedar - herméticas y selladas. Las paredes se terminan en melamina 6 con pintura en la parte interior de la caseta.

Las paredes exteriores son removibles con el fin de dar acceso al mantenimiento de los ductos de expulsión de aire.

Todas las paredes quedan apoyadas en una estructura de lámina matrizada de 3.42 mm. de espesor con columnas espaciadas de 1.5 m. entre sí. Las paredes deben quedar lisas y sin obstrucciones.

La caseta está provista de pasillos con rejillas, barandales y escaleras de acceso a la parte superior.

Esto facilita el mantenimiento del sistema de alumbrado, ventiladores, motores, cámara plena y deflectores.

En cada extremo se localizan las puertas de acceso con las mismas características que las de los vestíbulos. Además en su parte media tiene dos puertas de emergencia, una en cada lado.

El piso es de rejilla dividida en secciones desmontables que permiten acceso a la fosa de agua, las cuales se montan sobre una estructura hecha de vigueta "T" dando la rigidez adecuada.

Como se mencionó anteriormente, la caseta de

aplicación está provista de un sistema de lavado de aire, que consiste en bombas para la alimentación de agua, tuberías que la transportan, localizadas a lo largo y a ambos lados de la caseta.

Se colocan deflectores en el sistema de extracción fabricados en lámina galvanizada de 1.5 mm. de espesor los cuales evitan el paso de agua a los ventiladores de expulsión.

El sistema de extracción se construye de lámina galvanizada de 1.5 mm de espesor; los ductos quedan a una distancia de 3 m. sobre la estructura del techo de la planta con un sombrero a prueba de lluvia.

5.-Cámara plena.-

Su propósito es el de descargar el aire ya acondicionado en forma uniforme dentro de la caseta; esto es posible ya que la cámara se mantiene a presión uniforme.

Con el objeto de regular el flujo de aire hacia la caseta, la cámara cuenta con difusores regulables tanto a la entrada como a la salida; esto permite un balance de aire y sin turbulencias dentro de la caseta.

La cámara se fabrica con lámina galvanizada

de 1.2 mm. de espesor y se monta sobre la estructura de la caseta. También está totalmente sellada, sin fugas y con fácil acceso para su mantenimiento.

Los difusores son de lámina galvanizada. Con objeto de sostener los filtros finales de aire se hace una estructura en la parte inferior de la cámara plena, también de lámina galvanizada de 1.2 mm. de espesor formando marcos donde se alojan los filtros. Estos son láminas de fibra de vidrio con sellos de hule a su alrededor para evitar las fugas de aire. Los filtros forman el techo de la caseta.

Este tipo de filtración proporciona buena limpieza del aire además de ser económica y funcional.

6.-Ductos de Admisión de aire.-

Estos ductos también se construyen con lámina galvanizada, estructuralmente reforzados y herméticos.

La sección es tal que permite una velocidad máxima del aire de 230 m./min. Ref. 2, con orientación opuesta a la dirección del viento predominante y a una altura mínima sobre el techo de la planta de 1.5 m., con el fin de evitar el arrastre de materias extrañas. La entrada del ducto se provee de una malla rígida de alambre, con persianas montadas a un ángulo no

mayor de 45° hacia abajo para evitar la entrada de aves y lluvia respectivamente.

Con el propósito de elevar la temperatura del medio ambiente en el interior de la caseta, se instalan quemadores en la succión del ventilador; se adapta una válvula tipo modulante que está en combinación con un regulador de mezcla aire-gas, cuya función es controlar la temperatura; por otra parte, la línea de combustible cuenta con una válvula solenoide de seguridad.

7.- Sistema de protección antifuego.-

La caseta y los vestíbulos tienen aspersores automáticos anti-incendio.

Esta red de distribución se abastece de la línea principal de agua de la planta .

Los aspersores se colocan cada 3 m. y tienen una capucha protectora que se desprende cuando la temperatura llegue a 75°C . La capucha evita taponamientos por pintura.

Cálculo del equipo.

1.- Longitud de la caseta.-

Se toman como base las necesidades de producción máxima posible en planta que son:

Producción = 12 u/hora

Distancia entre centro
y centro de unidades = 4.26 m.

2.-Velocidad Teórica del Transportador.-

$$\begin{aligned} \text{Vel. Teórica} &= \text{Producción} \times \text{dist.} \div \text{centros} \\ &= \frac{12 \text{ unidades} \times 4.26 \text{ m.}}{60 \text{ min.}} = .852 \text{ m/min.} \end{aligned}$$

3.-Velocidad real del transportador.-

Se calcula considerando lo siguiente:

- a) Tiempo perdido por paros de línea: 5 %
- b) Tiempo perdido por huecos en línea: 10 %
- c) Por rechazos: 5 %
- d) Por pintado de partes misceláneas: 30 %

De donde:

$$\begin{aligned} \text{Vel. real} &= .852 \text{ m/min.} \times 1.5 \\ &= 1.28 \text{ m/min.} \end{aligned}$$

Para el cálculo de la longitud de la caseta se requieren los siguientes datos:

Tiempo estándar de pintado para una unidad;

Primario	3.3 min.
Oreo	2.0 min.
1a. Capa color	4.6 min.
Oreo	2.0 min.
2a. Capa color	4.6 min.
Oreo	3.0 min.
3a. Capa color	5.3 min.
Total	<u>24.8 min.</u>

$$\begin{aligned} \text{Long. de la caseta} &= \text{tiempo estándar} \times \text{vel. real} \\ &= 24.8 \text{ min} \times 1.28 \text{ m/min.} \\ &= 31.74 \text{ m.} \end{aligned}$$

La caseta de aplicación como se mencionó, requiere de dos vestíbulos, uno a la entrada y el otro a la salida, de donde la longitud total es:

$$\text{Long. total} = \text{long. del vestíbulo de entrada} + \text{long. caseta} + \text{long. del vestíbulo de salida.}$$

Long. vestíbulo de entrada = 3.0 m. (limpieza final) .

$$\begin{aligned} \text{Long. vestíbulo de salida} &= \text{tiempo mínimo de} \\ &\quad \text{oreo final} \times \text{vel.} \\ &\quad \text{del transportador.} \\ &= 4 \text{ min.} \times 1.28 \text{ m/min.} \\ &= 5.12 \text{ m.} \end{aligned}$$

De donde:

$$\begin{aligned} \text{Long. total} \\ \text{con vestíbulos} &= 3\text{m.} + 31.74 \text{ m.} + 5.12 \text{ m.} \\ &= 39.86 \text{ m.} \end{aligned}$$

4.-Volúmenes de aire y dimensiones en la caseta.-
De acuerdo con lo mencionado al inicio del este capítulo y a las normas de manufactura de la - planta, se tienen como invariables los siguientes datos:

Velocidades del aire:

Vel. máxima de admisión =	230 m/min
Vel máxima en zona de filtros =	76.2 m/min
Vel. máxima en la caseta =	35 m/min

Dimensiones requeridas para el funcionamiento de la caseta:

Long. sin vestíbulos	=	31.74 m.
Ancho total interior del enrejado del piso	=	5.20 m.
Ancho de entrada de la caseta.	=	2.60 m.
Altura de entrada de la caseta.	=	2.40 m.
Altura interior de la caseta.	=	3.0 m.

Volúmen de aire de extracción:

$$\begin{aligned} Q &= \text{Veloc.} \times \text{Area del enrejado del piso} \\ &= 35 \text{ m/min.} \times 5.20 \text{ m.} \times 31.74 \text{ m.} \\ &= 5776.70 \text{ m}^3/\text{min.} \text{ que equivalen a} \\ &35 \text{ m}^3/\text{min/m}^2 \text{ de área de piso de la caseta.} \end{aligned}$$

Para abastecer suficiente aire a la caseta, es necesario tener una ligera sobrepresión en ella. Con un volúmen mínimo de $35 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$ de aire a la entrada de los vestíbulos, aseguramos que no entre aire contaminado de la planta a la caseta.

$$\begin{aligned} \text{Volúmen de aire para} \\ \text{dos vestíbulos.} &= 2 \times 35 \text{ m}^3/\text{min/m}^2 \times 2.4 \text{ m} \times 2. \\ &= 436.8 \text{ m}^3/\text{min.} \end{aligned}$$

El volúmen total de aire que se debe suministrar a la caseta es:

Aire se suministro a la caseta	5776.7
	+
Aire de suministro a los vestíbulos. (a manera de sello de aire)	436.8
Total	6213.5 m ³ /min.

Dimensiones de la cámara plena:

La velocidad máxima recomendada en sistemas de baja velocidad para instalaciones industriales en el ducto de suministro es de 900 m/min. Ref 2.

Si se suministra aire por ambos extremos de la caseta, se obtiene una distribución de aire adecuada, económica y de poca complejidad. De acuerdo a esto se tiene que el caudal de suministro por cada ducto es:

$$\text{Caudal/ducto} = \frac{\text{caudal total}}{2} = \frac{6213.5}{2} = 3106.7 \text{ m}^3/\text{min.}$$

El área de cada ducto: (tomando como 900 m/min. la velocidad máxima en el ducto).

$$\text{Area} = \frac{3106.7}{900} = 3.45 \text{ m}^2$$

De acuerdo a las dimensiones requeridas para la caseta se puede dar un ancho de 3.5 m. en cada ducto y 0.98 m. de altura. estas dimensiones determinan las de la cámara plena que son las mismas a todo lo largo de la caseta.

Dimensiones de los ductos de admisión sobre la nave de la planta:

$$\begin{aligned}
 \text{Sección mínima de cada ducto} &= \frac{\text{Caudal de aire}}{\text{Vel. máx. de adm.}} \\
 &= \frac{3106.7 \text{ m}^3/\text{min}}{230 \text{ m/min.}} \\
 &= 13.5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

5.-Ventilación de aire contaminado.-

La ventilación consiste en eliminar el aire con taminado de un área para propósitos de confort y salud.

Para obtener una ventilación adecuada se tienen que tomar en cuenta varios factores limitantes:

- a) La cantidad generada de contaminante no debe ser muy alta, de lo contrario se requerirán volúmenes de aire demasiado grandes.
- b) Los operarios se deben mantener lo más aleja do posible de la solución contaminante.
- c) La toxicidad del contaminante debe ser baja y no debe sobrepasar los límites establecidos de concentración (para solventes de pinturas son 100 partes por millón) Ref. 6

Con el fin de calcular la cantidad de aire nece sario para diluir el solvente evaporado de la pintura al límite mínimo de confort establecido, aplicamos la fórmula:

Vetros cúbicos de aire = $K \times 20 \times 10^6 \times \text{densidad rel. solv.} \times \text{litros evap.}$

Peso molec. del solv. x límite de confort (PPM)

Donde K es un factor que depende de la toxicidad del solvente.

El solvente que usaremos es Xylol $C_6 H_4 (CH_3)_2$

Peso molecular	=	106.16
Densidad relativa	=	0.881
Long. de la caseta	=	31.74 m.
Dist entre centros	=	4.26 m.
Litros de pintura/unidad	=	7
Litros de primario/unidad	=	5
Veloc. del transportador	=	1.28 m/min
% de solvente en la pintura	=	70 % máximo
% de desperdicio de pintura (sin usar sistema electrostático)	=	50 % máximo
% del solvente evaporado dentro de la caseta de pintura	=	20 % máximo

De los datos anteriores se sabe que se pintarán dentro de la caseta ocho unidades cada 27 min.

Ocho unidades consumen 8×12 litros de pintura y primario = 96 lts.

Como se evapora el 20% del solvente de la pintura aplicada se tiene que diluir en el aire el 20% del 70% de la pintura total que son 6.72 lts. cada 27 min.

Además se deben diluir en el aire todos los desperdicios de pintura (50% del total) que son el 70% del 50% de 96 lts. y son 33.6 lts. cada 27 min.

Es decir que en total se deben diluir 40.32 lts. de Xylol. cada 27 min. ó 1.5 lt/min.

Aplicando la fórmula del aire necesario para diluir el solvente y tomando $K = 2$

$$\begin{aligned} \text{m}^3 \text{ de aire/min.} &= \frac{2 \times 20 \times 10^6 \times 0.881 \times 1.5}{106.16 \times 100} \\ &= 4979.28 \text{ m}^3 / \text{min.} \end{aligned}$$

Esta cantidad inferior al caudal total de suministro (6213.5 m³/min.) indica que la caseta suministrará 1.25 veces el aire mínimo necesario para la salud y el confort interior de los operarios.

6.-Potencia de los ventiladores de admisión.-

$$\text{Consumo de potencia } N = \frac{V \times \Delta p \text{ tot}}{367200 \times \eta} \quad \text{En Kw.}$$

siendo:

V = caudal m³/hr. (volumen transportado)

$\Delta p \text{ tot}$ = presión total mm C.A.

η = rendimiento total

Cada ventilador transporta un volumen de 3106.7 m³/min. ó 186402 m³/hr. con una carga de presión total de 130 mm C.A. Ref. 1 a nivel del mar y con un rendimiento total de 0.7 .

* *Caída de presión corregida para el D.F. =
173.33 mm C.A.*

Entonces:

$$N = \frac{186402 \times 173.33}{367200 \times 0.7} = 125.69 \text{ Kw.}$$

*Pero la potencia necesaria para la densidad del
aire a la altura del D.F. debe ser corregida:
tomando como 0.75 la relación de densidad del
aire ($\frac{\text{densidad en nueva condición}}{\text{densidad del aire normal}}$)*

La potencia corregida es:

$$\begin{aligned} \text{Relación de densidad} \times \text{potencia} &= 0.75 \times 125.69 \\ &= 94.27 \text{ Kw.} \end{aligned}$$

7.-Selección de ventiladores de suministro.-

*Los factores que intervienen en la selección de
un ventilador son: el caudal del aire, presión
estática, densidad del aire, nivel de ruido, es
pacio disponible, la naturaleza de la descarga
y factores económicos.*

*Normalmente los niveles más bajos de ruido se
obtienen con el máximo rendimiento del ventila
dor.*

*El ventilador se debe seleccionar de modo que su
rendimiento se aproxime al máximo.*

*Se utilizarán dos ventiladores centrífugos con
aletas curvadas hacia atrás, clase II (175 mm
C.A. normal)*

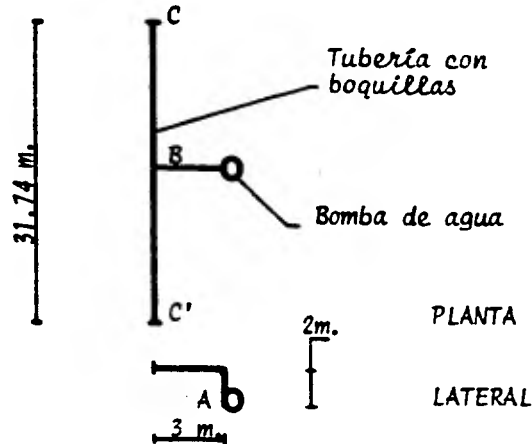
Las características de potencia en función del caudal a velocidad constante de los ventiladores centrífugos de aletas curvadas hacia atrás son tales que, aunque aumente el caudal (al disminuir la presión), la potencia absorbida no pasa de cierto límite, no sobrecargando por lo tanto, el motor de arrastre.

Este tipo de ventiladores se usa normalmente en instalaciones de acondicionamiento de aire y además presenta varias ventajas:

- Buen rendimiento
- Silenciosos
- La curva de presión nos indica poca variación de aire para cualquier variación de presión en el sistema, con porcentajes compatibles de descarga libre.
- El punto de máximo rendimiento (en la curva de rendimiento) está situado a la derecha del máximo de presión, permitiendo elegir un ventilador eficiente con reserva de presión incorporada.

Se utilizará una disposición 3, DW, D 1 Ref.2, (posición relativa entre el rodete del ventilador, los cojinetes, números de entrada del ventilador y polea o eje de accionamiento) con transmisión por correa, es decir que serán dos ventiladores doble entrada, doble ancho y disposición 3 con descarga superior horizontal, giro a la izquierda y colocación del motor según la disposición indicada.

8.-Red de distribución de agua para lavadora de aire contaminado por pintura.-



SISTEMA DE TUBERIA DE DISTRIBUCION DE AGUA

Se utilizarán dos sistemas de tubería simétricas y opuestas a cada lado de la caseta.

Se localizarán boquillas a todo lo largo de la caseta formando dos cortinas de agua opuestas que evitarán el arrastre de partículas de pintura hacia el exterior.

Para ello se utilizará un volumen de agua de un litro por cada 2 m^3 de aire extraídos de la caseta y se da una distancia de separación entre centro y centro de boquillas de 10 cm. Ref. 1

Si el volumen de aire extraído es de $5776.7 \text{ m}^3/\text{min}$. se requieren 2888.35 lts/min. en las cortinas de

agua.

Como se van a utilizar dos cortinas, el volúmen de agua manejado en cada una es 1444.2 lts/min.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad requerida} \\ \text{por boquilla.} &= \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{N}^\circ \text{ de boquillas}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ de boquillas} &= \frac{\text{largo de la caseta}}{\text{espacio entre boquillas}} \\ &= \frac{31.74 \text{ m}}{0.1 \text{ m}} = 317.4 \text{ boquillas} \end{aligned}$$

$$\text{Capacidad/boquilla} = \frac{1444.2}{317.0} = 4.55 \text{ lts/min/boquilla}$$

Para una boquilla de este tipo con la capacidad mencionada se requiere una presión aproximada de 69 Kg/cm^2 para forzar el agua através de ella
Ref. 1:

Utilizando un tubo de acero comercial soldado de diámetro nominal de 150 mm (diámetro interior = 161.25 mm)

$$\begin{aligned} V &= Q/A = \frac{1444.2 \times 10^{-3}}{\pi (80.62 \times 10^{-3})^2} = 70.72 \text{ m/min.} \\ &= 1.178 \text{ m/seg.} \end{aligned}$$

Número de Reynolds:

$$\text{Re} = \frac{Vd}{\nu} = \frac{1.178 \times 0.16125 \text{ m}^2/\text{seg}}{1.007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}} = 1.88 \times 10^5$$

Para acero comercial la rugosidad absoluta es:

$$\epsilon = 0.006 \text{ cm.}$$

Entonces la rugosidad relativa es:

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{0.006 \text{ cm.}}{16.125 \text{ cm.}} = 3.72 \times 10^{-4}$$

Con esto obtenemos el coeficiente de rozamiento (diagrama de Moody):

$$f = 0.0185$$

La pérdida de carga entre A y B

$$(1) \quad H_{AB} = f \frac{LV^2}{d(2g)} = \frac{0.0185 (5\text{m}) (1.178 \text{ m/seg.})^2}{0.16125 \text{ m} (2) (9.81) \text{ m/seg.}^2} \\ = 0.0405 \text{ m}$$

$$H_{AB} = 0.0405 \text{ m. sin accesorios}$$

Pérdida de carga por accesorios (un codo a 90° y una Te):

$$\text{Pérdida codo } 90^\circ = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Donde } K = 0.75 \\ = 0.75 \frac{(1.178 \text{ m/seg.})^2}{2 (9.81) \text{ m/seg.}^2} \\ = 0.053 \text{ m.}$$

$$\text{Pérdida Te} = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Donde } K = 2 \\ = \frac{2 (1.178 \text{ m/seg.})^2}{2 (9.81) \text{ m/seg.}^2} = 0.1414 \text{ m.}$$

Del punto B parten dos ramales de distribución que van del centro de la caseta hacia cada extremo longitudinalmente. En cada ramal la pérdida de carga es: (ecuación (1))

$$H = f \frac{LV^2}{d \cdot 2g} = \frac{0.0185 (15.87m) (1.178 \text{ m/seg})^2}{0.16125 \text{ m} (2) (9.81 \text{ m/seg}^2)}$$

$$= 0.128 \text{ m.}$$

y para los dos ramales: $H = 0.256 \text{ m.}$

Por lo que la pérdida total de carga entre A y C por fricción y accesorios es:

$$H = 0.0405 + 0.053 + 0.1414 + 0.256 = 0.4909 \text{ m.}$$

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre los puntos A y C :

y como $V_A = V_B$ máxima y $P_A = 0$

además de que P_B mínima necesaria = 69 Kpa

$Z_A = 0$ $Z_B = 2 \text{ m.}$ se tiene que:

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A + H_{\text{bomba}} - H_{\text{pérdidas}} =$$

$$\frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B$$

$$0 + 0 + 0 + H_{\text{bomba}} - 0.49 = \frac{69 \text{ Kp/ cm}^2}{1 \times 10^3 \text{ Kg/ m}^3} + 2\text{m.}$$

$$H_{\text{bomba}} = \frac{69 \times 10^4 \text{ N/m}^2}{9.81} + 2 \text{ m.} + 0.49 \text{ m}$$

$$1 \times 10^3 (9.81) \text{ N/m}^3$$

$$H_{\text{bomba}} = 9.65 \text{ m.}$$

La potencia necesaria para el accionamiento de la bomba:

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{102 \cdot \eta}$$

N = potencia (Kw)

Q = caudal ($\text{m}^3/\text{seg.}$)

γ = peso específico (Kg/m^3)

η = rendimiento de la bomba (0.75)

H = presión de elevación (m C. A.)

$$N = \frac{0.024 \text{ m}^3/\text{seg.} \cdot (9.65 \text{ m}) \cdot 1 \times 10^3 \text{ Kg}/\text{m}^3}{102 (0.75)}$$
$$= 3.02 \text{ Kw.}$$

9.-Filtrado de aire.-

Existen infinidad de sistemas y diseños diferentes para la limpieza del aire.

El grado de limpieza, cantidad de aire y su grado de contaminación así como el tipo del contaminante son decisivos en la selección de un equipo.

Básicamente existen dos tipos de dispositivos de limpieza: filtros de aire y colectores de polvo.

Los primeros se usan para remover polvo y partículas normalmente encontrados en el aire y se utilizan en equipos de aire acondicionado y calefacción, donde la concentración de polvo rara vez es alta.

Los segundos están diseñados para cargas más pesadas (como procesos industriales) donde las concentraciones de contaminante pueden llegar a ser de 100 a 20 000 veces más altas que aquellas para las cuales los filtros de aire normales han sido diseñados.

Normalmente se obtienen las siguientes eficiencias de limpieza para iguales volúmenes de aire en los filtros mencionados:

Precipitación (precipitador electrostático)	91.5 %
Filtro de tela	54 %
Filtro de aceite	10 %

10.-Precipitador electrostático.-

La caída de presión de este tipo de aparatos es muy baja y su eficiencia es alta y uniforme sin importar el tamaño de las partículas en el aire. Está diseñado para filtrar partículas pequeñísimas y se adapta perfectamente al filtrado de las partículas de polvo que normalmente se encuentran en el aire.

Su eficiencia aumenta lógicamente con la humedad del aire al modificarse las propiedades dieléctricas del polvo. Además trabaja con altos volúmenes

de aire. Sus costos de mantenimiento son bajos. Pero sus costos de operación son altos comparados con los de otros tipos de filtro.

Esto inclina a escoger el precipitador electrostático, con lo cual los problemas de pintura sucia quedan virtualmente eliminados.

11.- Iluminación en la caseta.-

Elección entre los alumbrados por fluorescencia y por incandescencia.

Las características de funcionamiento de estos dos tipos de alumbrado, los aparatos de iluminación, las lámparas, y los accesorios son radicalmente distintos. Comparando algunas características los dos factores de mayor importancia son:

La lámpara fluorescente produce aproximadamente el doble de lúmenes por watts y su duración media es de 8 a 10 veces la de la lámpara incandescente.

Las ventajas mencionadas, el espacio disponible en la caseta y la fácil disposición de lámparas fluorescentes en ella, determina que sea el tipo de iluminación por usar.

12.- Calidad de la luz.-

En la calidad de la luz intervienen como elementos esenciales la distribución y el color. En la distribución de la luz hay que tener en cuenta su uniformidad y difusión y la ausencia de deslumbramiento directo ó reflejado.

Uniformidad significa que el espacio iluminado es tá libre de variación del grado de iluminación. Una falta de uniformidad del 25 % con referencia al valor medio de la iluminación no es perceptible y puede ser considerada como un máximo aceptable.

La difusión se relaciona con el número de direcciones y ángulos desde los cuales proceden los rayos luminosos. La difusión es pobre si se ilumina solamente desde una dirección, produciéndose así confusión visual a causa de la deformación por las fuertes luces y sombras.

13.-Condiciones en la caseta de pintura.-

La caseta tiene 5.20 m. de ancho, 39.86 m. de largo 3 m. de alto, estando el techo formado por los filtros que distribuyen uniformemente el aire de admisión en la caseta y que es una superficie plana.

Para proporcionar una iluminación eficaz se ha decidido pintar las paredes de color blanco liso, cuyo coeficiente de reflexión es de 75% aproximadamente ó se pueden recubrir con esmalte vítreo que permite una máxima reflexión de la luz y facilidad de limpieza.

La iluminación mínima necesaria debe ser de 1100 Lux medios en cualquier punto de la superficie del material pintado en la caseta, donde se requiere observar detalles extremadamente finos y materiales de muy escaso contraste durante un tiempo prolongado. Ref. 1

Se da un acabado blanco liso a los respaldos de los aparatos de iluminación de tal manera que podamos obtener un elevado nivel de luz. Se utilizan lámparas fluorescentes "slimline" que proporcionan una buena iluminación directa, además de la indirecta similar a un aparato F-13 (normalizado).

14.-Cálculo del alumbrado.-

Total de
lúmenes en = $\frac{\text{Luz x superficie}}{\text{coeficiente utilización x factor conservación}}$
la caseta

Donde: El factor de conservación de la instalación depende de la facilidad de retener el polvo que tengan las lámparas, de la proporción de polvo y humo del ambiente y de la frecuencia de las limpiezas.

El coeficiente de utilización reúne todos los factores que afectan a la utilización del alumbrado. La cifra obtenida de tablas, el porcentaje del flujo suministrado por las lámparas que llega al plano de trabajo. Por ejemplo, un factor de utiliza-

ción de 0.40 significa que el 40% de la potencia luminosa se aprovecha y que el 60% es absorbido por las paredes, techo y el mismo aparato.

Se considera un factor de conservación de 0.60 para un rendimiento total del 85 % para la instalación.

De acuerdo con la tabla de índices de iluminación para locales se tiene un índice "D" .

Y el coeficiente de utilización es de 0.52 basado en el tipo de lámpara y en los factores de reflexión del techo y las paredes:

$$\begin{aligned} \text{Total de lúmenes} &= \frac{1\ 100 \text{ lux} \times 5.2 \text{ m.} \times 39.86 \text{ m.}}{0.52 \times 0.60} \\ &= 730766.6 \text{ lúmenes} \end{aligned}$$

Si se eligen lámparas fluorescentes T-12 de longitud nominal de 1.82 m. de luz blanca fría estándar de 56 watts y 3670..lúmenes/lámpara se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad total de lámparas} &= \frac{\text{total lúmenes}}{\text{lúmenes/lamp.}} = \frac{730766.6}{3670} \\ &= 199.1 \approx 200 \text{ lámparas} \end{aligned}$$

Por lo que a cada lado de la caseta, inmediatamente después de los filtros se distribuyen cien lámparas como sigue:

Considerando que cada lámpara ocupa 2 m. de longitud con su porta lámparas (longitud nominal 1.83m) se forman líneas continuas de lámparas a lo largo de la caseta

$$\begin{aligned}
 \text{Lámparas/línea} &= \frac{\text{long. de la caseta}}{\text{long/lámpara}} \\
 &= \frac{39.86 \text{ m.}}{2.0 \text{ m.}} = 19.93 \\
 &\approx 20 \text{ lámparas/línea}
 \end{aligned}$$

Número de líneas 6

$$\begin{aligned}
 \text{hileras de lámparas} &= \frac{100 \text{ lámp/lado}}{20 \text{ lámp/hilera}} \\
 \text{a los lados de la ca} & \\
 \text{seta.} & \\
 &= 5 \text{ hileras por lado}
 \end{aligned}$$

Por lo que se instalan:

5 hileras de 20 lámparas cada una a uno y otro lado de la caseta para tener un total de

$5 \times 20 \times 2 = 200$ lámparas en la caseta que proporcionan

$$\frac{3670 \text{ lúx/lámp.} \times 200 \text{ lámp.} \times 0.52 \times 0.6}{5.2 \text{ m.} \times 39.86 \text{ m.}}$$

$$= 1104.86 \text{ lúx}$$

Por lo tanto la instalación es satisfactoria.

15.-Sistema de extracción de aire.-

Volumen de aire de extracción: $5776.7 \text{ m}^3/\text{min.}$

Velocidad recomendada para lavadores de agua. : 150.0 m/min.

Velocidad máxima recomendada para ductos de extracción ; 550.0 m/min.

Primeramente se calcula el área de los ductos que forman las paredes laterales de la caseta y que - permiten la eliminación de agua del aire de expulsión mediante deflectores.

$$\begin{aligned} \text{Área total necesaria} \\ \text{en ambos ductos de} \\ \text{eliminación de agua.} &= \frac{\text{caudal de expulsión}}{\text{velocidad}} \\ &= \frac{5776.7 \text{ m}^3/\text{min.}}{150 \text{ m/min.}} = 38.51 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

$$\text{Área/ducto} = \frac{38.51}{2} = 19.25 \text{ m}^2$$

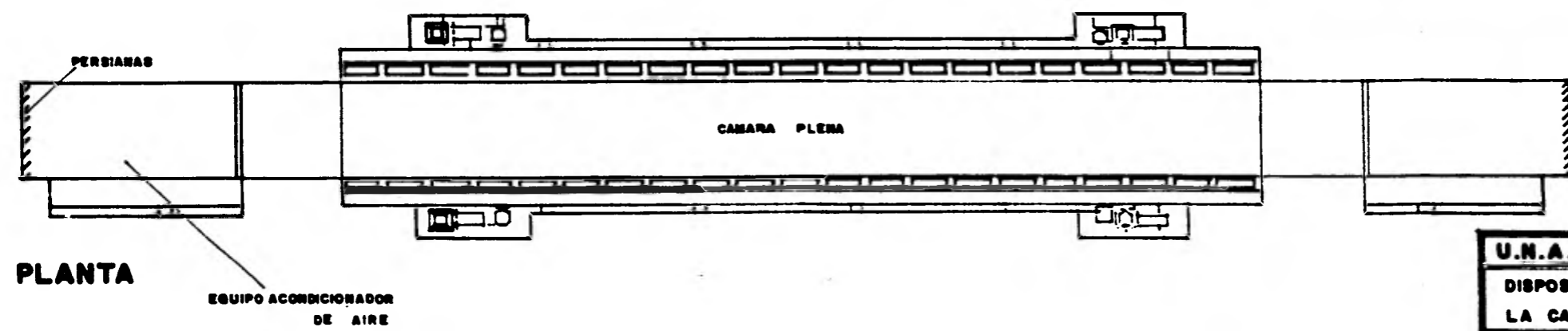
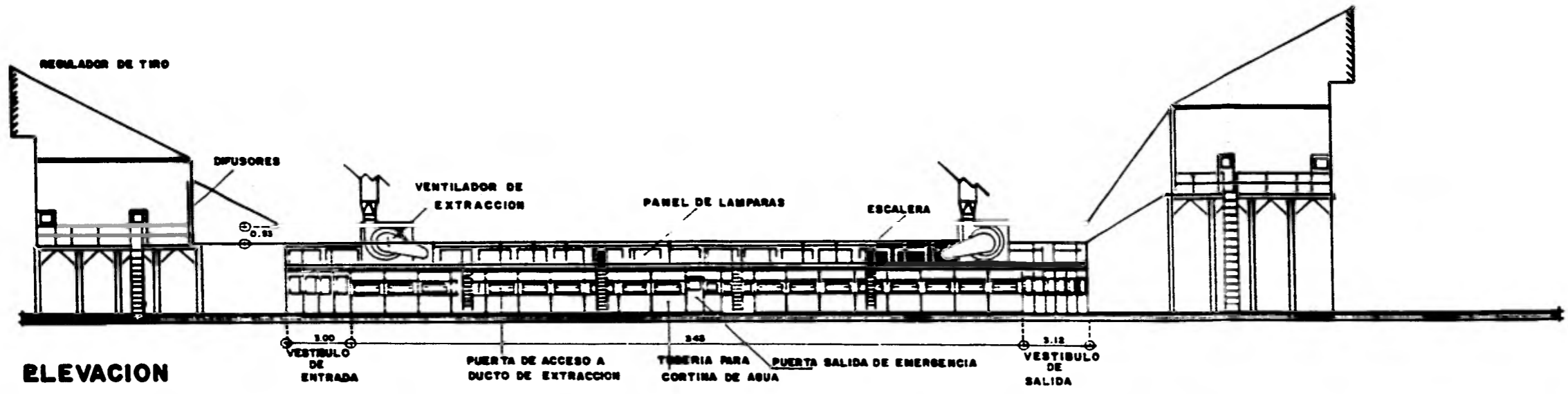
Ya que una de las dimensiones de los ductos es de 31.74 m. (longitud de la caseta sin vestíbulos) entonces el ancho de cada ducto es:

$$\text{Ancho} = \frac{\text{Área}}{31.74 \text{ m.}} = \frac{19.25 \text{ m}^2}{31.74 \text{ m.}} = 0.606 \text{ m.}$$

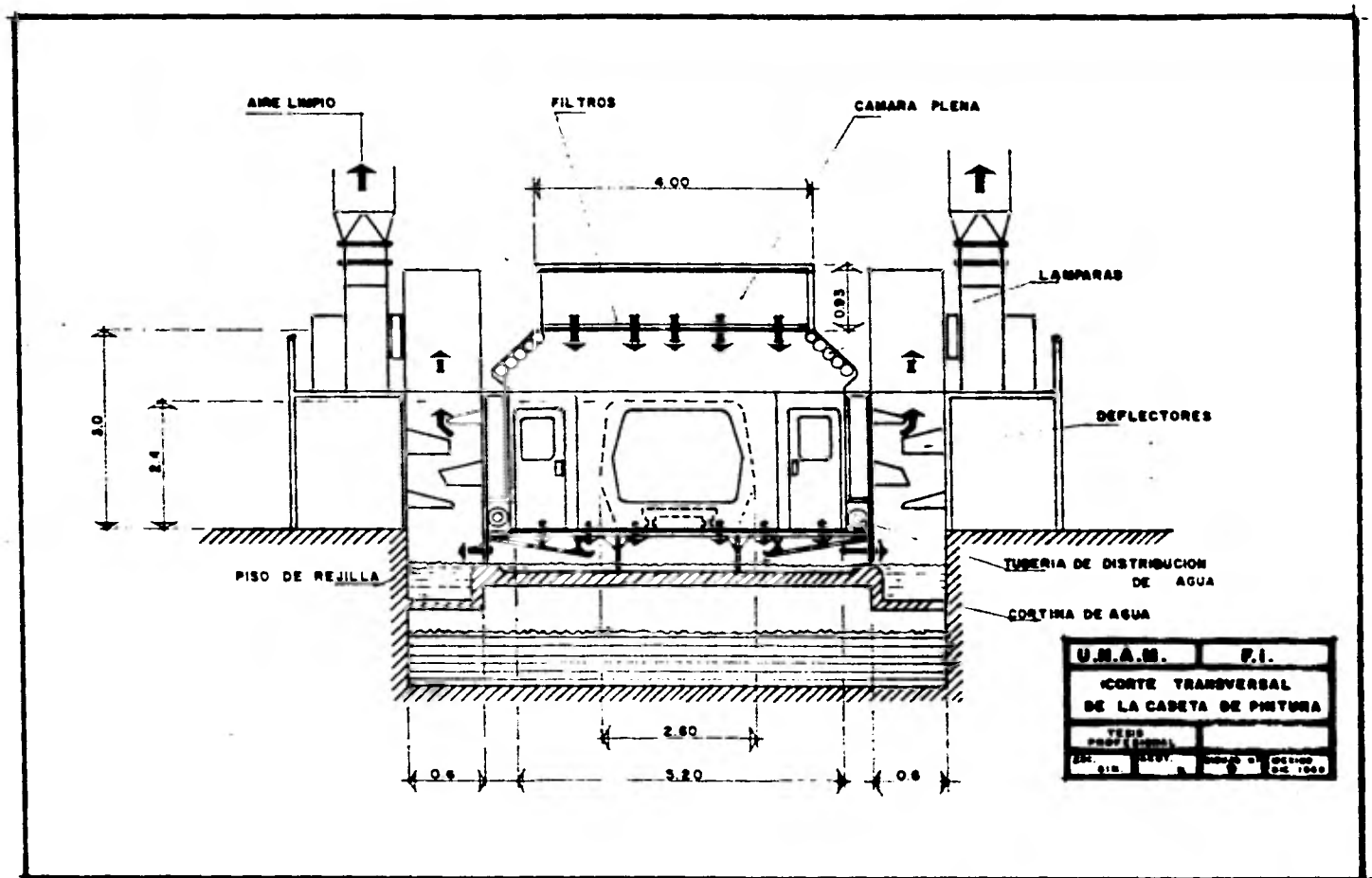
Para determinar el área de los ductos de expulsión en cada lado de la caseta se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Área de ducto de} \\ \text{expulsión} &= \frac{\text{caudal de expulsión}}{\text{velocidad}} \\ &= \frac{2888.35 \text{ m}^3/\text{min.}}{550 \text{ m/min.}} = 5.25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Utilizando un ventilador de extracción a cada extremo de cada ducto de lavado (dos en cada lado de la caseta) el área por ducto de expulsión es :



U.N.A.M.		F.I.	
DISPOSICION GENERAL DE LA CASETA DE PINTURA			
TESIS PROFESIONAL			
ESC.	SIX.	ACOT.	DIBUJO N°
			MEXICO D.C. 1980



$$\text{Area/ducto} = \frac{5.25 \text{ m}^2}{2} = 2.625 \text{ m}^2$$

16.- Potencia de los ventiladores de extracción.-

Cada ventilador transporta $1444.175 \text{ m}^3/\text{min.}$ de ai
re con una caída de presión en el D.F. de 60 mm C.
A. y con un rendimiento del 70%. Entonces:

$$N = \frac{V \times \Delta P}{367200 \eta} = \frac{86650.5 \text{ m}^3/\text{hr.} \times 60 \text{ mm.}}{367200 \times 0.7} = 20.22 \text{ Kw.}$$

y como la relación de densidad del aire es de 0.75
entonces la potencia corregida es:

$$\text{Potencia en el D.F.} = 0.75 \times 20.22 \text{ Kw} = 15.16 \text{ Kw.}$$

Se utilizan cuatro ventiladores centrífugos con ale
tas curvadas hacia atrás, clase II, con transmi-
sión por correa, disposición 2, SW, S1 y con descar
ga ascendente.

Construcción y cálculo del horno de cocido de pin-
tura.-

Para la correcta determinación de la capacidad de
nuestro equipo se establecen los siguientes pará -
metros:

Descripción del material por secar: Ref. Espec. In-
geniería FORD.

Se polimeriza esmalte acrílico, el cual se rige por una especificación, que entre otras cosas marca lo siguiente

Viscosidad de envase.- la pintura al recibirse en planta se debe mantener en un rango de viscosidad de 90-120 m Pa-s antes de ser diluida; esta viscosidad se verifica mediante una copa normalizada en planta.

Viscosidad de aplicación.- se maneja en un rango recomendable de 70-80 m Pa-s verificada en planta en copa normalizada.

Sólidos en suspensión.- la pintura debe tener un mínimo de 58% de sólidos en suspensión.

Reducción de viscosidad.- con el objeto de reducir la viscosidad de envase a una viscosidad de aplicación, generalmente se agrega a la pintura un 20% aproximado de solvente reductor, siendo éste un aromina o bien el xylol.

Existen otros tipos de especificaciones como son el brillo, dureza, adherencia de la película a la lámina, etc. que no se tratan debido a que carecen de importancia para este proyecto.

Ciclos de horneó:

Con el fin de obtener un buen secado (curado) de

La iluminación mínima necesaria debe ser de 1100 lux medios en cualquier punto de la superficie del material pintado en la caseta, donde se requiere observar detalles extremadamente finos y materiales de muy escaso contraste durante un tiempo prolongado. Ref. 1

Se da un acabado blanco liso a los respaldos de los aparatos de iluminación de tal manera que podamos obtener un elevado nivel de luz. Se utilizan lámparas fluorescentes "slimline" que proporcionan una buena iluminación directa, además de la indirecta similar a un aparato F-13 (normalizado).

14.-Cálculo del alumbrado.-

Total de
lúmenes en = $\frac{\text{Luz x superficie}}{\text{coeficiente utilización x factor conservación.}}$
la caseta

Donde: El factor de conservación de la instalación depende de la facilidad de retener el polvo que tengan las lámparas, de la proporción de polvo y humo del ambiente y de la frecuencia de las limpiezas.

El coeficiente de utilización reúne todos los factores que afectan a las utilización del alumbrado. La cifra obtenida de tablas, el porcentaje del flujo suministrado por las lámparas que llega al plano de trabajo. Por ejemplo, un factor de utiliza-

ción de 0.40 significa que el 40% de la potencia luminosa se aprovecha y que el 60% es absorbido por las paredes, techo y el mismo aparato.

Se considera un factor de conservación de 0.60 para un rendimiento total del 85 % para la instalación.

De acuerdo con la tabla de índices de iluminación para locales se tiene un índice "D" .

Y el coeficiente de utilización es de 0.52 basado en el tipo de lámpara y en los factores de reflexión del techo y las paredes:

$$\begin{aligned} \text{Total de lúmenes} &= \frac{1\ 100 \text{ lux} \times 5.2 \text{ m.} \times 39.86 \text{ m.}}{0.52 \times 0.60} \\ &= 730766.6 \text{ lúmenes} \end{aligned}$$

Si se eligen lámparas fluorescentes T-12 de longitud nominal de 1.82 m. de luz blanca fría estándar de 56 watts y 3670..lúmenes/lámpara se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad total de lámparas} &= \frac{\text{total lúmenes}}{\text{lúmenes/lamp.}} = \frac{730766.6}{3670} \\ &= 199.1 \approx 200 \text{ lámparas} \end{aligned}$$

Por lo que a cada lado de la caseta, inmediatamente después de los filtros se distribuyen cien lámparas como sigue:

Considerando que cada lámpara ocupa 2 m. de longitud con su porta lámparas (longitud nominal 1.83m) se forman líneas continuas de lámparas a lo largo de la caseta

$$\begin{aligned}
 \text{Lámparas/línea} &= \frac{\text{long. de la caseta}}{\text{long/lámpara}} \\
 &= \frac{39.86 \text{ m.}}{2.0 \text{ m.}} = 19.93 \\
 &\approx 20 \text{ lámparas/línea}
 \end{aligned}$$

Número de líneas o hileras de lámparas = $\frac{100 \text{ lámp/lado}}{20 \text{ lámp/hilera}}$
 a los lados de la caseta.
 = 5 hileras por lado

Por lo que se instalan:

5 hileras de 20 lámparas cada una a uno y otro lado de la caseta para tener un total de

$5 \times 20 \times 2 = 200$ lámparas en la caseta que proporcionan

$$\frac{3670 \text{ lúmen/lámp.} \times 200 \text{ lámp.} \times 0.52 \times 0.6}{5.2 \text{ m.} \times 39.86 \text{ m.}}$$

$$= 1104.86 \text{ luxes}$$

Por lo tanto la instalación es satisfactoria.

15.-Sistema de extracción de aire.-

Volumen de aire de extracción: $5776.7 \text{ m}^3/\text{min.}$

Velocidad recomendada para lavadores de agua. : 150.0 m/min.

Velocidad máxima recomendada para ductos de extracción ; 550.0 m/min.

Primeramente se calcula el área de los ductos que forman las paredes laterales de la caseta y que permiten la eliminación de agua del aire de expulsión mediante deflectores.

$$\begin{aligned} \text{Área total necesaria} &= \frac{\text{caudal de expulsión}}{\text{velocidad}} \\ \text{en ambos ductos de} &= \frac{5776.7 \text{ m}^3/\text{min.}}{150 \text{ m/min.}} = 38.51 \text{ m}^2. \\ \text{eliminación de agua.} & \end{aligned}$$

$$\text{Área/ducto} = \frac{38.51}{2} = 19.25 \text{ m}^2$$

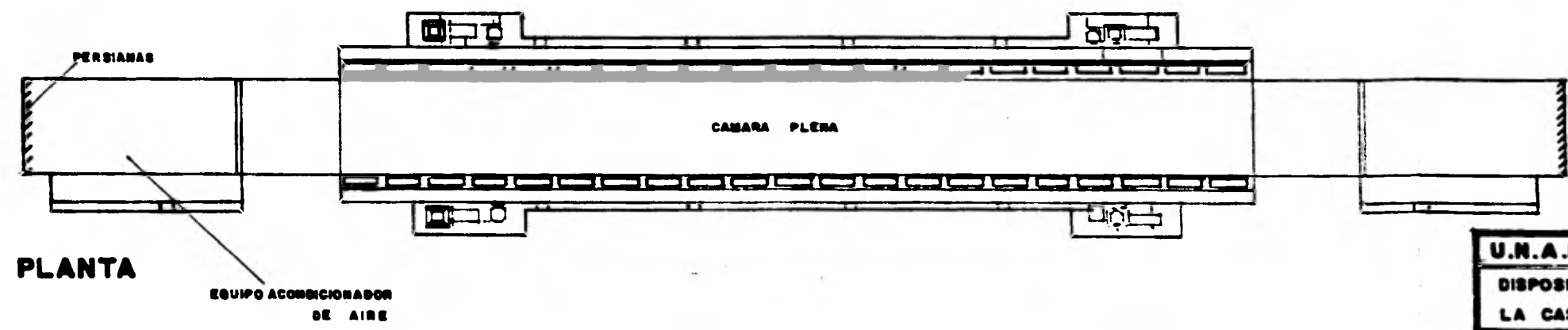
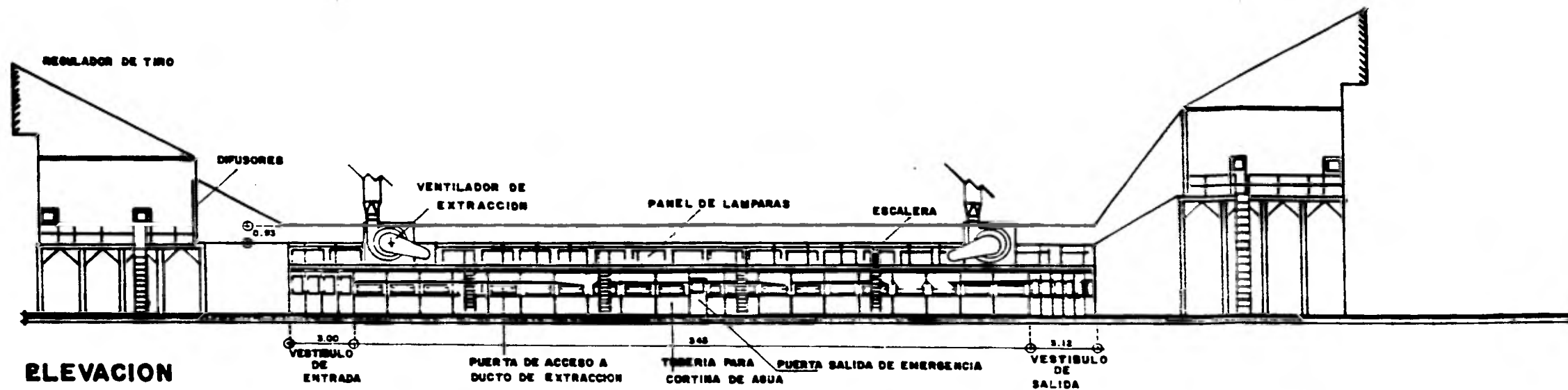
Ya que una de las dimensiones de los ductos es de 31.74 m. (longitud de la caseta sin vestíbulos) entonces el ancho de cada ducto es:

$$\text{Ancho} = \frac{\text{Área}}{\text{longitud}} = \frac{19.25 \text{ m}^2}{31.74 \text{ m.}} = 0.606 \text{ m.}$$

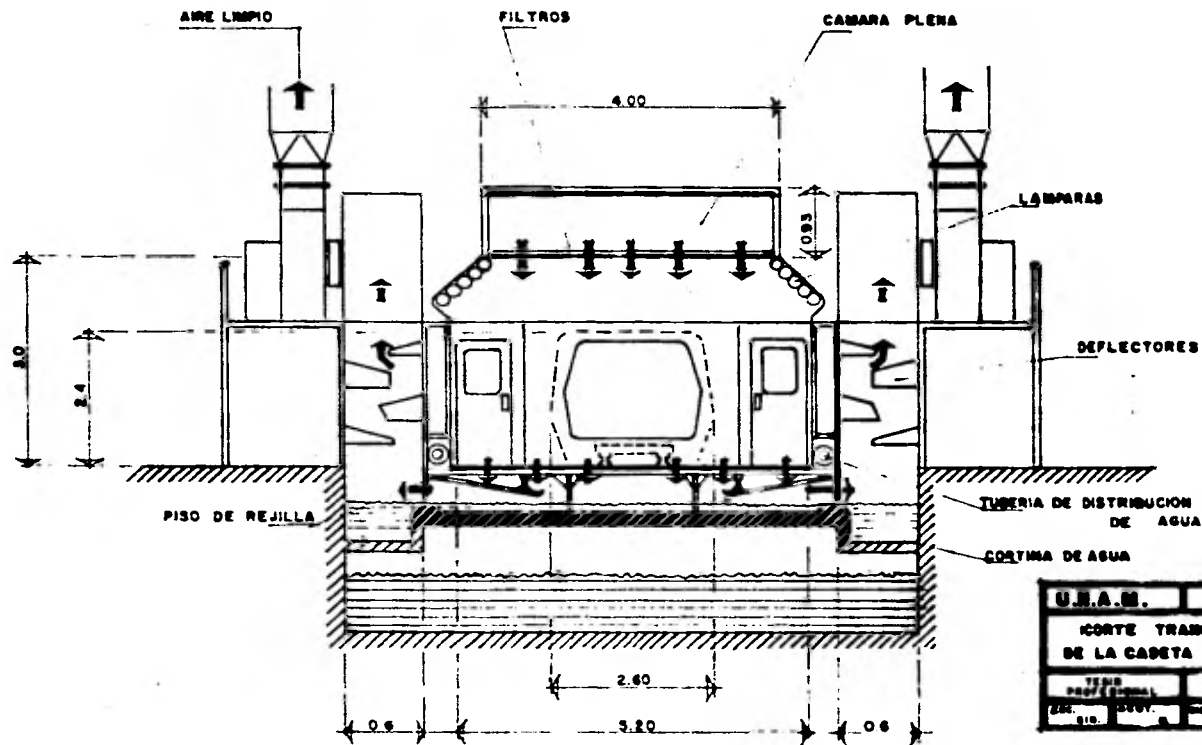
Para determinar el área de los ductos de expulsión en cada lado de la caseta se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Área de ducto de} &= \frac{\text{caudal de expulsión}}{\text{velocidad}} \\ \text{expulsión} &= \frac{2888.35 \text{ m}^3/\text{min.}}{550 \text{ m/min.}} = 5.25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Utilizando un ventilador de extracción a cada extremo de cada ducto de lavado (dos en cada lado de la caseta) el área por ducto de expulsión es :



U.N.A.M.		F.I.	
DISPOSICION GENERAL DE LA CASETA DE PINTURA			
TESIS PROFESIONAL			
ESC. S.N.	ACOT. M.	DIBUJO N° 6	MEXICO D.C. 1980



U.A.M.	P.I.
CORTE TRANSVERSAL DE LA CAJETA DE PINTURA	
TITULO	
PROYECTO	
ESC. 1:10	FECHA 1950

$$\text{Area/ducto} = \frac{5.25 \text{ m}^2}{2} = 2.625 \text{ m}^2$$

16.- Potencia de los ventiladores de extracción.-

Cada ventilador transporta $1444.175 \text{ m}^3/\text{min.}$ de aire con una caída de presión en el D.F. de 60 mm C. A. y con un rendimiento del 70%. Entonces:

$$N = \frac{V \times \Delta P}{367200 \eta} = \frac{86650.5 \text{ m}^3/\text{hr.} \times 60 \text{ mm.}}{367200 \times 0.7} = 20.22 \text{ Kw.}$$

y como la relación de densidad del aire es de 0.75 entonces la potencia corregida es:

$$\text{Potencia en el D.F.} = 0.75 \times 20.22 \text{ Kw} = 15.16 \text{ Kw.}$$

Se utilizan cuatro ventiladores centrífugos con aletas curvadas hacia atrás, clase II, con transmisión por correa, disposición 2, SW, S1 y con descarga ascendente.

Construcción y cálculo del horno de cocido de pin-tura.-

Para la correcta determinación de la capacidad de nuestro equipo se establecen los siguientes pará-metros:

Descripción del material por secar: Ref. Espec. In-
geniería FORD.

Se polimeriza esmalte acrílico, el cual se rige por una especificación, que entre otras cosas marca lo siguiente

Viscosidad de envase.- la pintura al recibirse en planta se debe mantener en un rango de viscosidad de 90-120 m Pa-s antes de ser diluida; esta viscosidad se verifica mediante una copa normalizada en planta.

Viscosidad de aplicación.- se maneja en un rango recomendable de 70-80 m Pa-s verificada en planta en copa normalizada.

Sólidos en suspensión.- la pintura debe tener un mínimo de 58% de sólidos en suspensión.

Reducción de viscosidad.- con el objeto de reducir la viscosidad de envase a una viscosidad de aplicación, generalmente se agrega a la pintura un 20% aproximado de solvente reductor, siendo éste un aromina o bien el xylol.

Existen otros tipos de especificaciones como son el brillo, dureza, adherencia de la película a la lámina, etc. que no se tratan debido a que carecen de importancia para este proyecto.

Ciclos de horneo:

Con el fin de obtener un buen secado (curado) de

la película de esmalte depositada sobre la superficie de la unidad, se recomiendan a continuación los siguientes ciclos (empíricos) de horneado:

Ciclo mínimo de horneado.- superficies exteriores 8 minutos a 118.33 °C temperatura de metal. Ref. 1.

Superficies interiores 15 minutos mínimo a 87.78 °C temperatura de metal ó bien un pico de 107.22 °C. Ref. 1.

Ciclo máximo de horneado.- 10 minutos a 143.33 °C temperatura de metal. Ref. 1

Por otra parte, se considera que la máxima temperatura ambiente permisible en el interior del horno es 162.78 °C y que la máxima temperatura de metal es 143.33 °C Ref. 1

Peso de las unidades a hornear:

El peso de las unidades se calculó en base al peso promedio de las unidades y es de 246 kg. Este peso se debe tomar en cuenta para fijar la cantidad de calor que absorbe cada unidad que pasa a través del horno.

Peso de los patines:

En el área de pintura, se requiere usar ciertos dispositivos para colgar la unidad al transportador que lleva la unidad a través de todo el proceso de pin-

tado. Este dispositivo se compone de un par de patines y un juego de cadenas. Como estos patines están hechos con vigueta metálica, es necesario considerar el peso de los mismos que es de 54.5 kg.

Peso de las cadenas:

El peso real de las cadenas fué calculado en base al tipo de cadena que se usa en la planta y es de 18.2 kg.

Como se puede observar no se considera el peso de la soportería ni del monorraíl, ya que éstos permanecen estáticos dentro del horno con lo cual no existe ninguna transferencia de calor hacia el exterior.

Datos adicionales:

Superficie exterior pintada: 15.6 m² aproximadamente.

Superficie interior pintada: 15.5 m² aproximadamente.

Espesor de pintura en superficies exteriores : 70 micras

Espesor de pintura en superficies interiores : 44.5 micras

Distancia entre centro y centro de unidades : 4.26 m.

Distancia entre trolleys : 0.609 m.

Dimensiones generales del horno:

Longitud: a determinarse
Ancho interior: 2.60 m.
Altura interior: 2.65 m.

Es muy importante seguir fielmente estas especificaciones ya que si los mínimos especificados no son alcanzados, se obtiene un esmalte tierno y sin curar; es fácilmente soluble en solventes limpiadores y se deslava; se quiebra en frío o pierde totalmente su brillo.

Por el contrario si se exceden los límites máximos se tiene un esmalte muy duro y sobre curado, además de cambios de tono (quemados) y descascaramientos.

Se deben tener en cuenta estos límites para el encendido del horno, paros de emergencia en la línea, horas de comida, cambios de turno y final del día de producción.

Se recomienda llevar un control de la temperatura del aire a 118°C durante paros cuando el horno es ta lleno y no se recomiendan temperaturas arriba de 120 °C para partes coladas de zinc.

Como se dijo anteriormente se utiliza un horno de convección (circulación forzada de aire) calentado por gas, el cual permite quedar totalmente den tro de las especificaciones y proporciona un buen rendimiento.

Básicamente consta de dos zonas:

Una que sirve para elevar la temperatura del metal

y otra para mantenerla constante.

Cuenta con sellos de aire que evitan pérdidas de calor tanto a la entrada como a la salida.

Los paneles laterales ó paredes, y los del techo son fabricados en lámina negra de 1.0 mm. de espesor. - Están unidos con separadores herméticos que permiten el deslizamiento de las láminas debido a la expansión de las mismas cuando el horno está caliente. Las uniones entre ellos quedan también rellenas de fibra de vidrio de 50 kg/ m³ de densidad.

El piso se construye de manera similar a las paredes y el techo.

En el interior del horno se instala una estructura a base de marcos de vigueta para el soporte de todos los paneles de lámina. Además debe tener escaleras y barandales que permitan fácil acceso a los quemadores, reguladores, controles, etc.

Los ductos del horno son de lámina de 0.9 mm de espesor y con los reguladores de volumen en las salidas.

Se prevee que las chimeneas se elevan 5.5 m. sobre la nave de la planta, con sombreros a prueba de agua.

Las unidades de calor son de tipo fuego directo usando como combustible gas natural. Cuentan con reguladores de mezcla, válvulas de paso, registradores de temperatura, etc.

Protección contra incendio.

El horno tiene un sistema de aspersores automáticos similar al de la caseta de pintura.

Cálculo.

Tomando como base el tiempo mínimo que una pieza - puede permanecer en el horno (ciclo mínimo de horne o para curado de pintura = 8.0 min. a 118.33 °C temperatura exterior del metal) se calcula la longitud del horno.

La longitud del horno es :

La longitud necesaria para que la superficie metálica llegue a la temperatura mínima especificada : L1; más la longitud necesaria para obtener el curado de la pintura: L2; más la longitud de los sellos de aire: L3.

- 1.- Longitud para alcanzar la temperatura mínima en la superficie metálica.*

En la gran mayoría de los procesos de calentamiento, el calor penetra en la carga a través de su superficie y fluye desde ahí hasta el interior de la pieza. Pero la transmisión de calor rara vez es paralela y uniforme además de que varía con el tiempo. Sobre esto influye la conductividad térmica del material, su calor específico y su peso específico los cuales también varían con la temperatura.

Es decir, que es difícil conocer el tiempo en que el calor llega hasta el punto más frío de la pieza por hornear.

En este caso las unidades a calentar no son superficies planas de lámina, sino cuerpos de forma complicada donde la única manera de investigar en que la pieza llega a su temperatura normal es en forma empírica.

Partiendo del dato proporcionado por algunos fabricantes de hornos y de experiencias propias en planta de que las partes llegan a la temperatura normal en 8 a 10 min. bajo un flujo y carga de calor uniformes para la misma velocidad del transportador.

Entonces la longitud L1 es:

(tomando 10 min. para calentar la unidad)

$L1 = \text{tiempo (minutos)} \times \text{velocidad (m/min.)}$

$L1 = 10 \text{ min.} \times 1.28 \text{ m/min.} = 12.8 \text{ m.}$

2.- Longitud para obtener el curado de la pintura (L2)

(8 min. a 118.33 °C temperatura metal)

$L2 = 8 \text{ min} \times 1.28 \text{ m/min} = 10.24 \text{ m.}$

3.- Longitud de los sellos de aire (L3)

Para evitar pérdidas por difusión de calor se utilizan sellos ó cortinas de aire que provocan una corriente de aire hacia el interior del horno.

Una longitud razonable para cada sello es de 2.5 m.

(uno a la entrada y otro a la salida del horno) Ref. 1

Por lo que $L3 = 5 \text{ m.}$

Entonces la longitud total del horno es:

$$LT = L1 + L2 + L3 = 12.8 \text{ m.} + 10.24 + 5.0 = 28.04 \text{ m.}$$

4.- Volumen mínimo de aire fresco en el horno.

Con objeto de mantener un ambiente interno sin probabilidades de explosión de los solventes evaporados se debe mantener una concentración de vapores abajo del límite mínimo de explosión. Como se supone este límite de concentración es mayor al recomendado para lugares donde hay gente. Es por eso que de ninguna manera se permite la entrada al horno hasta no asegurarse de que no hay material recién pintado en su interior y la temperatura sea lo suficientemente baja. Ref. 5

Para calcular la cantidad mínima necesaria de aire que se debe inyectar continuamente, se aplica la siguiente fórmula: Ref. 1, 5

$$m^3 \text{ aire} = \frac{20 \times 10^2 \times \text{densidad rel. solv.} \times \text{lt. evap.} \times C}{\text{Peso molec. solv.} \times \text{límite mín. de explosión (\%)} \times B}$$

Donde C es un factor de seguridad cuyo valor oscila entre 10 y 12 para este caso.

B es una constante cuyo valor permite considerar que los límites de explosión varían conforme aumenta la temperatura de la mezcla aire-solvente.

B = 1 para temperaturas abajo de 120 °C .

B = 0.7 para temperaturas arriba de 120 °C.

Además el solvente que se utiliza es xylol, cuyo li-

mite inferior de explosión es 1%; densidad relativa es 0.881 y peso molecular 106.16.

El valor de C = 12 y el de B = 0.7, entonces:

$$\begin{aligned} \text{m}^3 \text{ aire/lt.} &= \frac{20 \times 10^2 \times 0.881 \times 12}{106.16 \times 1 \times 0.7} = 284.53 \text{ m}^3 \\ \text{evap. de solv.} & \end{aligned}$$

Suponiendo que el solvente de la pintura no se evapora en la caseta, con un flujo de 12 unidades/hora y un consumo de 12 lt. de pintura por unidad, con un porcentaje de solvente de 45%, se tiene:

$$\text{Lt. evap. de solv.} = 12 \text{u/hr.} \times 12 \text{lt.} \times 0.45 = 64.8 \frac{\text{lt.}}{\text{hr.}}$$

Donde se considera que el solvente de la pintura se evaporó totalmente dentro del horno.

Entonces el caudal de aire es:

$$\begin{aligned} \text{Caudal de} &= \text{m}^3 \text{ aire/lt. solv.} \times \text{lt. evap./hr.} \\ \text{aire fresco} & \\ &= 284 \text{m}^3 \text{ aire/lt. solv.} \times 64.8 \text{ lt/hr.} \\ &= 18437.54 \text{ m}^3/\text{hr.} = 307.29 \text{ m}^3/\text{min.} \end{aligned}$$

El volumen de aire por extraer del horno es:
de la ley de Charles

$$\frac{V_f}{T_f} = \frac{V_i}{T_i}$$

de donde:

$$V_f = \frac{V_i \times T_f}{T_i}$$

$$T_i = \text{temp. inicial} = 3.5 \text{ } ^\circ\text{C (invierno)}$$

$$T_f = \text{temp. final} = 162.78 \text{ } ^\circ\text{C (máx)}$$

$$V_i = \text{volumen inicial} = 307.29 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$V_f = \frac{307.29 \text{ m}^3/\text{min.} (162.78 + 273.15) \text{ } ^\circ\text{K}}{(3.5 + 273.15) \text{ } ^\circ\text{K}}$$
$$= 484.21 \text{ m}^3/\text{min.}$$

5.- Calor necesario de suministro

Empíricamente se ha demostrado que la transmisión de calor por convección por unidad de superficie y en la unidad de tiempo, es función de la velocidad de la masa del fluido transmisor de calor.

Esto significa que solo con velocidades altas de aire se logra un coeficiente de transmisión elevado.

La ecuación para un flujo gaseoso a lo largo de paredes planas es:

$$\frac{Q}{A} = 7.24 \times q \times C^{0.78} (T_1 - T_2) \times t$$

Que significa: El calor transmitido (K J) a la superficie A (m^2) = 7.24 X densidad q (kg./m^3) del fluido por la velocidad C del fluido (m/seg.) elevado a la potencia 0.78 por la diferencia de temperaturas ($^\circ\text{C}$) entre el fluido y la pared, multiplicado por el tiempo t (hr) .

La longitud del horno es de 28.04 m. Con objeto de hacer llegar el aire caliente a las partes pintadas, se colocan 2 hileras de boquillas de aproximadamente

0.2 m² de área transversal cada una, para un total de 100 boquillas por lado del horno igualmente espaciadas.

La experiencia ha demostrado que un buen coeficiente de transmisión de calor es 150 KJ/m² hr. °C .

Por lo que si se despeja C de la fórmula de calor transmitido, se obtiene la velocidad del aire necesaria alrededor de las partes pintadas.

Sustituyendo valores en la fórmula y sabiendo que $q = 0.62213 \text{ kg/m}^3$ (densidad del aire en el interior del horno)

$$C^{0.78} = \frac{150 \text{ KJ/m}^2 \text{ hr. } ^\circ\text{C}}{7.24 \times 0.62213 \text{ kg/m}^3 (162.77 - 3.5)^\circ\text{C} \times 1 \text{ hr.}}$$

$$C = (0.20909)^{1/0.78} = 0.1344 \text{ m/seg.}$$

Esta velocidad no puede ser la del aire a la salida de las boquillas, debido al rozamiento del aire contra el aire. La velocidad real de salida únicamente se puede determinar en forma experimental, dado que la forma de las boquillas y las condiciones en el horno son diferentes en cada caso.

Sin embargo, para asegurar una buena velocidad del aire alrededor de las piezas pintadas se considera que ésta es 20 veces mayor a la salida de las boquillas. Ref 1,5.

Entonces:

$$C_{\text{boq.}} = 2.689 \text{ m/seg.}$$

El volumen de aire en cada boquilla es:

$$Q = 2.689 \text{ m/seg} \times 0.02 \text{ m}^2 = 0.0537 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Para el total de horno (200 boquillas) se tiene:

$$Q_t = 200 \times 0.0537 = 10.74 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

El volumen de recirculación de aire en el horno es:

caudal total - caudal de extracción

$$\begin{aligned} \text{caudal de recirculación} &= 10.74 \text{ m}^3/\text{seg.} - 8.069 \text{ m}^3/\text{seg.} \\ &= 2.671 \text{ m}^3/\text{seg.} \end{aligned}$$

Para determinar la temperatura del aire antes de pa
sar por la unidad de calor, la cual es la suma del
aire de recirculación más el aire fresco de entrada.

Se utiliza la ley experimental de las mezclas. Ref.

Thermodynamics; Ernest Schmidt; Dover Publication, Inc.

$$t_m = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

Donde:

t = temperatura

m = masa

c = calor específico

pero $c_1 \approx c_2$; entonces:

$$t_m = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$$

Para conocer las masas de cada volumen de aire

$$m = w \times V$$

donde:

$$w = \text{densidad (kg/m}^3\text{)}; \quad V = \text{volumen (m}^3\text{)}$$

Si m_1 = masa del aire de recirculación

$$w_1 = 0.62213 \text{ kg/m}^3 \text{ (en el D.F.)}$$

$$V_1 = 2.671 \text{ m}^3;$$

$$\text{entonces } m_1 = 0.62213 \times 2.671 = 1.661 \text{ kg.}$$

Si m_2 = masa de entrada de aire fresco

$$w_2 = 0.980 \text{ kg/m}^3 \text{ (en el D.F.)}$$

$$V_2 = 5.12 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$\text{entonces } m_2 = 0.980 \times 5.12 = 5.0176 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores:

$$t_m = \frac{(1.661 \times 162.77) + (5.0176 \times 3.5)}{1.661 + 5.0176}$$
$$= 43.11 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m_m = m_1 + m_2 = 6.678 \text{ kg.}$$

$$V_m = \frac{m_m}{w_m} = \frac{6.678 \text{ kg}}{0.8569 \text{ kg/m}^3} = 7.79 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Pero como las masas corresponden a los caudales

$$V_1 = 2.69 \text{ m}^3/\text{seg} \quad \text{y} \quad V_2 = 5.12 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

entonces el caudal del aire total de entrada al hor
no es:

$$Q_m = 7.79 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

A este caudal se le debe proporcionar una cantidad de calor para elevar su temperatura a 162.77 °C.

Este calor es por unidad de tiempo (seg) tomando en cuenta que el horno ya ha alcanzado su temperatura normal de operación:

$$Q_1 = m c_p \Delta t$$

donde:

m = masa del aire (kg)

c_p = calor específico del aire (KJ/kg °C)

Δt = Diferencia de temperaturas

Sustituyendo valores:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 6.678 \text{ kg/seg.} \times 1.0084 \text{ KJ/kg } ^\circ\text{C} (162.77-43.11)^\circ\text{C} \\ &= 805.8 \text{ Kw} \end{aligned}$$

y el calor necesario para elevar la temperatura del metal de las carrocerías hasta 143.33 °C como máximo es:

$$Q_2 = N w_u c_p \Delta t$$

donde:

N = número de unidades/seg.

w_u = peso de cada unidad

c_p = calor específico del metal = 0.477 KJ/kg °C (acero)

Δt = diferencia de temperaturas

$N = 12 \text{ unidades/hr.} = 0.2 \text{ unid/min} = 0.00333 \text{ unid/seg}$

$w_u = 318.7 \text{ kg.}$ (incluyendo cadenas y patines del transportador)

$T_1 = 3.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ temperatura inicial de la unidad

Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\begin{aligned} Q_2 &= 3.33 \times 10^{-3} \times 318.7 \times 0.477 (143.33-3.5) \\ &= 70.849 \text{ Kw.} \end{aligned}$$

Además se calcula el calor perdido a través de las paredes del horno:

$$Q_3 = A U (t_i - t_0)$$

Que es la fórmula básica para calcular las pérdidas de calor a través de cualquier superficie. Ref. 4

Donde:

Q_3 = pérdida de calor (Kw)

A = área de la superficie expuesta (m^2)

U = coeficiente de transmisión ($Kw/m^2 \text{ } ^\circ C$)

t_i = temperatura interior cercana a la superficie involucrada ($^\circ C$)

t_0 = temperatura exterior ($^\circ C$)

Primeramente se determina el valor de U :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{X_1}{k_1} + \frac{X_2}{k_2} + \frac{X_3}{k_3} + \frac{1}{h_0}}$$

Donde:

X = espesor del material componente en las paredes (m)

k = conductividad térmica del material componente ($W/m \text{ } ^\circ C$)

h_1 = conductancia de superficie interior ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

h_0 = conductancia de superficie exterior ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

El coeficiente h_1 varía de 8 a 12, se tomará

$h_1 = 9.37 W/m^2 \text{ } ^\circ C$ y $h_0 = 34 W/m^2 \text{ } ^\circ C$ y el espesor de las láminas de la pared del horno = 1 mm.

Se utiliza fibra de vidrio entre lámina y lámina de la pared del horno con un espesor de 10 cm.

$$k \text{ (lámina negra)} = 60 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

$$k \text{ (fibra de vidrio)} = 0.0380 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

entonces:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9.37} + \frac{0.001}{60} + \frac{0.1}{0.0380} + \frac{0.001}{60} + \frac{1}{34}}$$
$$= 0.3613 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Además el área de las paredes del horno es:

$$A_h = 28.04 \text{ m} \times 2 \times 2.70 \text{ m. (alto)} = 151.416 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = 151.416 \times 0.3613 (162.77 - 3.5) = 8713.12 \text{ W}$$

Para permitir que la pintura llegue a secar totalmente, ésta debe absorber una cierta cantidad de calor. El fabricante de pintura especifica 240.24 KJ/lt. En tonces si se tiene un flujo de 12 unidades/hr. con - 12 lts./ unidad de pintura:

$$Q_4 = 12 \text{ unid/hr.} \times 12 \text{ lt/unid.} \times 240.24 \text{ KJ/lt.}$$
$$= 3.459 \times 10^4 \text{ KJ/hr.} = 9.61 \text{ Kw.}$$

sumando:

$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ se obtiene el calor total máximo necesario que debe suministrar el horno:

$$Q_x = 805.8 + 70.849 + 8.713 + 9.61$$
$$= 894.97 \text{ Kw.}$$

el cual es el máximo calor que debe suministrar el horno.

Además se consideran las pérdidas de calor por la en-

trada y salida del horno, las cuales resultan difíciles de estimar.

Va que existen sellos de aire a la entrada y a la salida, estas pérdidas son mucho menores. Este tipo de sellos llega a tener una eficiencia bastante alta. De experiencias y cálculos en hornos semejantes se deduce que las pérdidas por infiltración son alrededor del 50%. Es decir que el horno debe suministrar en realidad:

$$Q_{tR} = Q_t \times 1.5 = 1342.45 \text{ Kw.}$$

Se utilizan dos unidades de calor en el horno que lo suministra uniformemente a todo lo largo del mismo mediante boquillas, como ya se mencionó anteriormente, colocadas a ambos lados del horno y la extracción del aire se efectúa por la parte media del techo.

Cada unidad de calor provee 671.225 Kw.

6.- Sellos de aire

Para formar una cortina de aire en este tipo de hornos, se recomienda una velocidad de 20 m/seg. de salida de aire con hendiduras de 2.2 cm. de ancho, que van desde el techo del horno hasta 30 cm. arriba del piso. Ref. 5

Entonces el caudal requerido de aire es:

$$\begin{aligned} Q_5 &= 20 \text{ m/seg.} \times 0.022 \text{ m.} \times 2.4 \text{ m.} \\ &= 1.056 \text{ m}^3/\text{seg. en cada sello.} \end{aligned}$$

La potencia de cada ventilador en los sellos:

$$N = \frac{V \Delta P}{367200 \eta} \text{ (Kw)}$$

$$V = 3801.6 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

P = 13 mm. C.A. en el D.F. (ductos equivalentes de -
0.3 m de diámetro)

$$\eta = 0.7$$

$$N = \frac{3801.6 \text{ m}^3/\text{hr.} \times 13 \text{ mm.}}{367200 \times 0.7} = 0.192 \text{ Kw}$$
$$= 192 \text{ w.}$$

$$N \text{ corregida al D.F.} = 192 \text{ w} \times 0.75 = 144 \text{ w}$$

razón por la cual se utilizan ventiladores centrífugos clase I de aletas curvadas hacia atrás y disposición 1 ancho y entrada sencilla.

7.- Aire de suministro y de extracción

Para proveer del aire necesario al horno así como para extraer el aire contaminado, se utilizan dos ventiladores de suministro y dos de extracción.

Se sabe según los cálculos anteriores que:

caudal de suministro de aire fresco = $307.2 \text{ m}^3/\text{min.}$

caudal de aire contaminado a extraer = $484.199 \text{ m}^3/\text{min.}$

caudal de aire de recirculación = $160.26 \text{ m}^3/\text{min.}$

caudal de aire en la entrada = $467.4 \text{ m}^3/\text{min.}$

Se instalan dos ductos laterales en el techo de 0.60 m X 0.60 m. de sección y cada ventilador provee de aire a cada mitad del horno.

La longitud del horno efectiva de calentamiento es de 23.04 m. por lo que cada ventilador suministra aire a

dos secciones laterales de 11.52 m.

La potencia de cada ventilador de suministro es de:

$$N = \frac{V \Delta P}{367200 \times \eta}$$

donde:

$$V = 233.7 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$\Delta P = 30 \text{ mm C.A. en el D.F. (considerando temperatura del horno)}$

$$\eta = 0.7$$

$$N = \frac{14022.0 \times 30}{367200 \times 0.7} = 1.63 \text{ Kw.}$$

$$N \text{ corregida} = 1.63 \times 0.75 = 1.22 \text{ Kw.}$$

Por lo cual se utilizan dos ventiladores de suministro clase I de una entrada, ancho sencillo con cojinetes enfriados por agua y con una disposición 3, acoplados a las unidades de calor, las cuales tienen dos entradas.

Una entrada es para el aire de recirculación y la otra para el suministro de aire fresco, de donde las secciones de los ductos deben ser proporcionales a cada uno de los caudales.

En la extracción de aire también se utilizan dos ventiladores que expulsan $484.199 \text{ m}^3/\text{min.}$ de aire.

Se instala un ducto de extracción con una ranura regulable en su abertura mediante deflectores a todo lo largo del horno (23,04 m).

Las dimensiones de la sección transversal del ducto son de 1.20 X 0.60 m.

entonces:

$$V = 14525.97 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$\Delta P = 20 \text{ mm. C.A.}$$

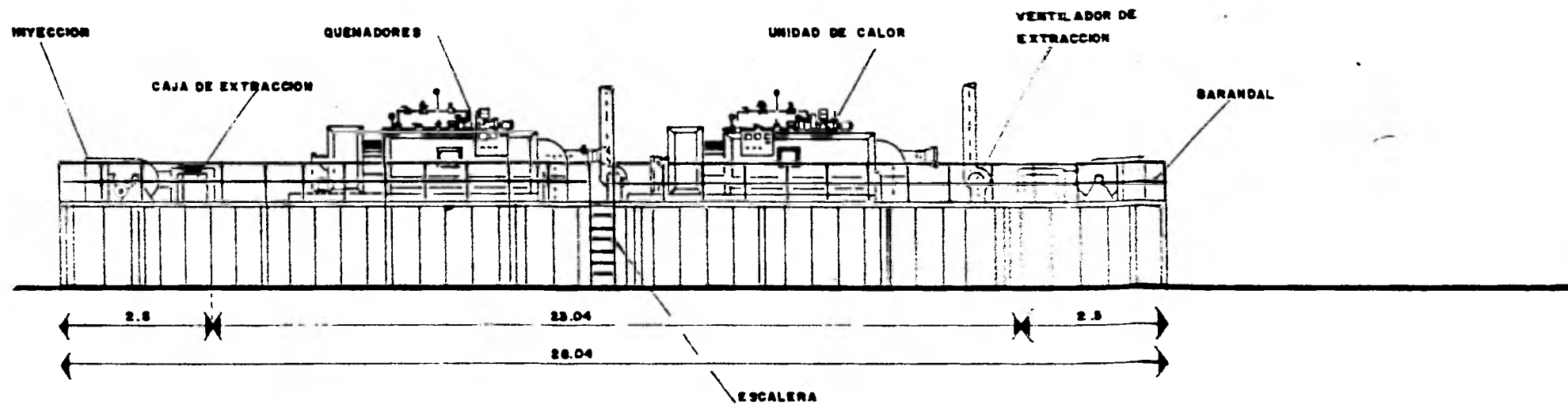
$$\eta = 0.7$$

$$N = \frac{14525.97 \times 20}{367200 \times 0.7} = 1.13 \text{ Kw.}$$

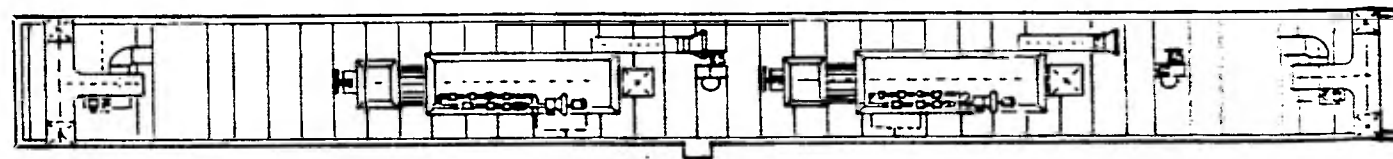
$$N \text{ corregida} = 1.13 \text{ Kw} \times 0.6^* = 0.678 \text{ Kw.}$$

* Este factor es menor considerando la temperatura del horno.

Se instalan dos ventiladores de extracción clase I entrada y ancho sencillo con cojinetes enfriados por agua con una disposición 3.

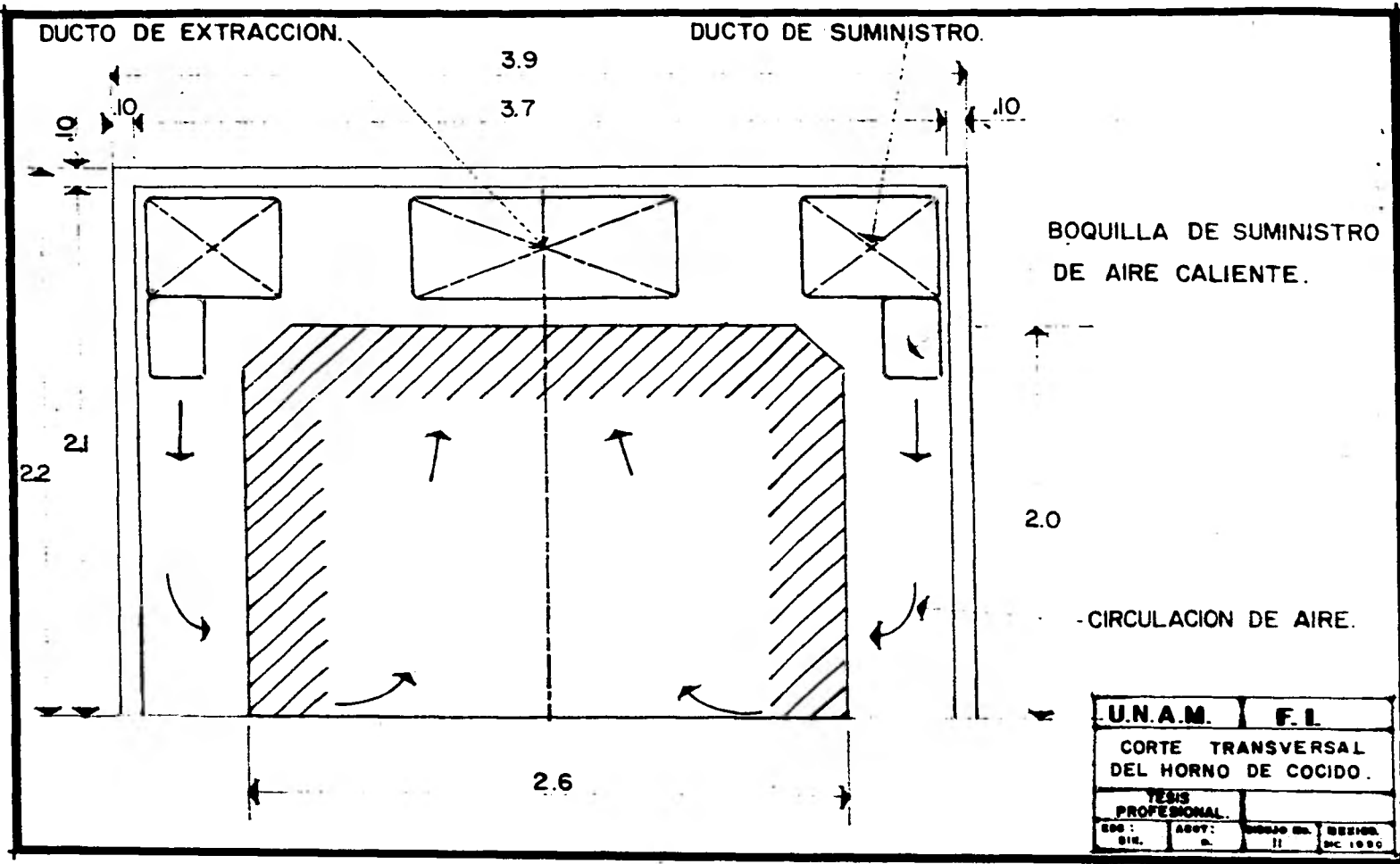


ELEVACION



PLANTA

U.N.A.M.		F.I.	
DISPOSICION GENERAL DEL HORNO DE COCIDO			
TESIS PROFESIONAL			
ESC. S.I.W.	ACOT. M.	DIBUJO NR 10	MEXICO DIC. 1980



UN.A.M.		F.I.	
CORTE TRANSVERSAL DEL HORNO DE COCIDO.			
TESIS PROFESIONAL.			
EDG:	ASST:	DESIGNO No.	DESIGNO.
012.	01.	11	ENC 10 80

CAPITULO VI

ANALISIS ECONOMICO

Este capítulo está basado en una cotización aproximada de los materiales necesarios para la construcción de la caseta de pintura y el horno de curado, además de un estimado de la mano de obra necesaria para su instalación y puesta en marcha.

A) Inversión requerida. -

Para la construcción de la caseta se requiere el siguiente equipo, el cual se ha dividido para facilitar su cotización en los siguientes sistemas:

Caseta de aplicación:

- Sistema de inyección de aire
- Sistema de lavado de aire
- Sistema de extracción de aire
- Iluminación e instalación eléctrica

Horno de Polimerización:

- Sistema de suministro de aire
- Sistema de extracción de aire
- Sistema contra incendio

SISTEMA DE INVECCION DE AIRE

<u>DESCRIPCION</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
entilador tipo B, diseño 10 clase II, doble entra z, arreglo 3, tamaño 66-3339.7 m ³ /min, 405 R.P.M. con motor de 140 Kw, transmisión de poleas y arran cador.	\$ 509,987.82	2	\$ 1,019,975.64
umidificador con capacidad para manejar .09DM ³ / - 2g de agua.	19,125.00	2	38,250.00
emador con capacidad para proporcionar 2,600 Kw, ontrolos y válvulas.	70,525.00	2	141,050.00
recipitador electrostático con capacidad para fil rar 3,339.7 m ³ /min aire ambiente.	875,000.00	2	1,750,000.00
aterial para la construcción de ductos y cámaras - lenas (vigüeta I, placa, solera, lámina, fibra de idrio, tornillería, etc.)			112,935.20
		T O T A L	3.062,210.84

SISTEMA DE LAVADO DE AIRE

<u>DESCRIPCION</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
Bomba y motor con capacidad para manejar 1560.65 - dm ³ /min de agua con una elevación de 10 m. y una - potencia de 3.261 Kw.	\$ 26,742.10	2	\$ 53,484.20
Rejilla pra piso, para vertedores y mamparas, tube ria, codos, "T"'s, etc.			265,962.50
		TOTAL	\$ 319,446.70

SISTEMA DE EXTRACCION DE AIRE

<u>DESCRIPCION</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
<i>Ventilador tamaño 66, diseño 10, tipo B, clase II, entrada sencilla, arreglo 2, con capacidad de 1561.0 m³/min y 60 mm C.A. 413 R.P.M. con motor de 22 Kw, - transmisión de poleas y arrancador.</i>	<i>\$ 207,300.00</i>	<i>4</i>	<i>\$ 829,200.00</i>
<i>Material para construcción de ductos (lámina, fibra de vidrio, solera, etc.)</i>			<i>18,750.00</i>
		T O T A L	\$ 847,950.00

CONSTRUCCION DE LA CASETA PROPIAMENTE DICHA

<i>Material para la construcción de la caseta de aplicación (lámina, vigueta I, ángulo, vidrio, fibra de vidrio, filtros secundarios, escaleras, rejilla, barandales, etc.)</i>			<i>321,078.12</i>
		T O T A L	\$ 321,078.12

ILUMINACION E INSTALACION ELECTRICA

<u>DESCRIPCION</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
Lámparas, gabinetes, cable, tubería y tablero de control.			\$ <u>369,096.00</u>
		TOTAL	\$ 369,096.00
<u>SISTEMA CONTRA INCENDIO</u>			
Aspersores, tubería y accesorios.			\$ <u>92,896.00</u>
		TOTAL	\$ 92,896.00
<u>ACABADOS Y MATERIALES VARIOS</u>			
Pintura, selladores, soldadura, etc.			\$ <u>66,000.00</u>
		TOTAL	\$ 66,000.00
COSTO TOTAL MATERIALES Y EQUIPO			\$ <u>5,078,677.66.</u>

MANO DE OBRA NECESARIA PARA LA CONSTRUCCION DE LA CASETA DE APLICACION

<u>CONCEPTO</u>	<u>HORAS-HOMBRE</u>	<u>COSTO TOTAL</u> (tiempo normal de trabajo a \$215/hora)
Sistema de inyección de aire	3,000	\$ 645,000.00
Sistema de lavado de aire	1,000	215,000.00
Sistema de extracción de aire	3,000	645,000.00
Casetas propiamente dicha	3,500	752,500.00
Iluminación e instalación eléctrica	2,000	430,000.00
Sistema contra incendio	750	161,250.00
Acabados	300	<u>64,500.00</u>
	TOTAL MANO DE OBRA	\$ 2.913.250.00

INVERSIÓN EN LA CASETA DE APLICACION

Costo total de materiales y equipo	\$ 5.078,677.66
Costo total de mano de obra	<u>\$ 2.913,250.00</u>
INVERSIÓN TOTAL EN LA CASETA	\$ 7.991,927.66

NOTA: No incluye obra civil según se indicó en el capítulo I.

HORNO DE POLIMERIZACION
MATERIALES Y EQUIPO NECESARIO

SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE

<u>DESCRIPCION</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
Ventilador clase I, entrada sencilla, tamaño 30, arreglo 3, con capacidad de 234.24 m ³ /min de aire, contra 30 mm C.A. operando a 677 R.P.M., - con motor de 2.5 Kw, transmisión de poleas y -- arrancador.	\$ 60,401.87	2	\$ 120,803.75
Quemador con capacidad para proporcionar 700 Kw, controles y válvulas.	\$ 54,250.00	2	\$ 108,500.00
		TOTAL	\$ 311,476.75

SISTEMA DE EXTRACCION DE AIRE

<u>DESCRIPCION</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
Ventilador diseño 10, tipo B, tamaño 22 1/4, clase 1, entrada sencilla, arreglo 3, con capacidad de 250 m ³ /min de aire contra 20 mm C.A., con motor de 2.25 Kw.	\$ 52,851.10	2	\$ 105,702.17
Material para la construcción de ductos, deflectores, tiros (lámina, placa, solera, etc.)			<u>\$ 75,796.87</u>
		TOTAL	\$ 181,499.04

MATERIAL DEL TUNEL

Material para la construcción del horno (lámina, fibra de vidrio, filtros, rejilla, barandales, - escaleras, etc.)			<u>\$ 438,270.30</u>
		TOTAL	\$ 438,270.30

INSTALACION ELECTRICA

Cable, tubería, tablero de control			<u>\$ 119,018.75</u>
		TOTAL	\$ 119,018.75

SISTEMA CONTRA INCENDIO

<u>DESCRIPCION</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
Aspersores, tubería, accesorios, alarma, sistema de paro automático, etc.			\$ 162,500.00
		TOTAL	\$ 162,500.00
<u>ACABADOS Y MATERIALES VARIOS</u>			
Pintura, selladores, soldadura, etc.			\$ 50,000.00
		TOTAL	\$ 50,000.00
COSTO TOTAL MATERIALES Y EQUIPO		TOTAL	\$ <u>1,262,764.84</u>

MANO DE OBRA NECESARIA PARA LA CONSTRUCCION DEL HORNO

<u>CONCEPTO</u>	<u>HORAS-HOMBRE</u>	<u>COSTO TOTAL</u> <i>(tiempo normal de trabajo a \$ 215/hora)</i>
<i>Sistema de suministro de aire</i>	1,500	\$ 322,500.00
<i>Sistema de extracción de aire</i>	1,000	215,000.00
<i>Horno propiamente dicho</i>	3,000	645,000.00
<i>Instalación eléctrica</i>	1,000	215,000.00
<i>Sistema contra incendio</i>	600	129,000.00
<i>Acabados</i>	200	<u>43,000.00</u>
	T O T A L	\$ 1.569,500.00

INVERSION EN EL HORNO DE POLIMERIZACION

<i>Costo total de materiales y equipo</i>	\$ 1.262,764.84
<i>Costo total de mano de obra</i>	<u>1.569,500.00</u>
INVERSION TOTAL EN EL HORNO	<u>\$ 2.832,264.84</u> =====

INVERSIÓN TOTAL EN CASETA DE APLICACION Y EN EL HORNO

<i>Inversion en la caseta</i>	\$ 7.991,927.66
<i>Inversión en el horno</i>	<u>\$ 2,832,264.84</u>
TOTAL	<u><u>\$ 10,824,192.50</u></u>

B) Costo generado por rechazos.-

Con el fin de determinar el costo que ocasiona una unidad rechazada, se efectuará un análisis comparativo entre el sistema actual y el propuesto, considerando como básicos los siguientes parámetros:

- Porcentaje de rechazos en la producción de ambos sistemas.
 - Costo de mano de obra y materiales adicionales en el re-proceso de una unidad rechazada.
 - Costo de operación del equipo actual y el propuesto.
 - Costo de mano de obra en la nueva caseta.
- Estos parámetros son los que principalmente causan el costo de rechazo.

Porcentaje de rechazos en el sistema actual.

El porcentaje promedio de unidades rechazadas en los últimos años ha sido del 14% distribuido de la siguiente manera:

- 10% por obsolescencias y fallas del equipo.
- 1.5% causado por deficiencias en el mantenimiento del equipo.
- 1.0% por deficiencias en el control de calidad de los materiales y proceso de pintura.
- 1.5% por bajo rendimiento en la mano de obra directa debido al ausentismo, reemplazos, etc.

En el sistema actual se rechazan 9 unidades por turno, puesto que la producción es de 64 unidades.

Cabe aclarar que toda unidad que es rechazada, tiene forzosamente que recircular nuevamente por el sistema, para que se le efectúen las operaciones de aplicación y seca-

do de pintura.

A continuación se describen brevemente las operaciones que se hacen a la unidad y que la acondicionan adecuadamente para recibir la nueva capa de esmalte:

- Lijado: se lija toda la superficie que fue pintada con anterioridad hasta eliminar totalmente el brillo y lograr que la superficie quede tersa.
- Limpieza: se lava la unidad con agua corriente; posteriormente se sopletea para eliminar el exceso de agua y residuos de pintura; enseguida se limpia con un lienzo seco y libre de suciedad; se sopletea una vez más y finalmente se vuelve a limpiar con lienzos hasta eliminar los residuos del lijado.

Después de estas operaciones, la unidad queda preparada para entrar al ciclo de pintura, sin pasar por el túnel de fosfatizado.

Porcentaje de rechazos en el sistema propuesto.

Con el nuevo sistema los rechazos por obsolescencia del equipo y fallas en el equipo, se reducen prácticamente a 0%, Esto es, que el 10% de la producción no se rechaza. El 4.0% restante es aceptable como máximo.

Costo de mano de obra y materiales adicionales.

como se observa, el lijado y limpieza de la unidad causan un costo adicional de mano de obra (el costo del material no productivo: agua, aire, estopa, etc. se considera despreciable).

En base a que el tiempo estándar para llevar a cabo las operaciones anteriores es de 68 minutos/unidad y que el costo de la mano de obra en la planta es de \$180/hora - hombre, se calcula el costo de la mano de obra por uni-

dad rechazada: Ref: Ford Industrial Eng Standards

TD= Tiempo disponible = 480 min.

TE= Tiempo estándar de operación= 68 min.

NR= N° de rechazos = 9

NO= N° de operarios = a determinar

$$NO = \frac{(NR) (TE)}{TD} = \frac{9 \times 68}{480} = 1.3 \text{ operarios teóricos} \\ (100\% \text{ de eficiencia})$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{1.3}{2} = 65\%$$

Por lo tanto el número de operarios reales es 2 a una eficiencia del 65%.

Entonces el costo de mano de obra/unidad es:

$$M.O. = \frac{(2) (180) (68)}{60} = \$ 408.00$$

Por otra parte, para repintar una unidad se requieren en promedio 4.5 lt. de esmalte (el primario ya no se aplica), con costo promedio de \$ 178.50/lt. Esto es: $(4.5) (178.50) = \$ 803.25/\text{unidad}$

De donde se deduce que el costo adicional por concepto de mano de obra y materiales es de: $\$ \underline{\underline{1,211.25}}$.

Costo de Operación del equipo actual y el propuesto.

El costo de operación de la caseta y el horno actuales (consumo, gas, luz, agua, etc) por cada unidad pintada es de $\$ \underline{\underline{200.00}}$ Ref. información proporcionada por Ingeniería de la planta.

Este dato se puede considerar factible para la nueva caseta, debido a que su tamaño y volumen de producción se incrementan proporcionalmente y las condiciones de operación son similares.

Costo de mano de obra en la nueva caseta.

Como se dijo, la unidad tiene que recircular por la caseta para que sea pintada nuevamente, ésto es que el -- costo de mano de obra por la operación de pintado se -- vuelve a generar.

Para calcular el costo por este concepto, se toman como base la producción en la nueva caseta (12 uni/hr) y el tiempo estándar de dicha operación (24.8 min.) Ref. ca pitulo anterior.

TD = Tiempo disponible = 480 min.

TE = tiempo estándar = 24.8 min.

V = Volumen de producción = 12 unidades/hr. = 96 unida
des/turno.

NO = Número de operarios = a determinar

Entonces:

$$NO = \frac{V (TE)}{TD} = \frac{(96) (24.8)}{480} = 4.96 \text{ operarios teóricos} \\ (100\% \text{ de eficiencia})$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{4.96}{6.0} = 83\%$$

NO = 6 operarios reales a una eficiencia del 83%

La caseta actual cuenta con 4 pintores, por lo cual se observa que la mano de obra se incrementa en un 50% (al igual que la producción de unidades).

Con los datos anteriores y los ya conocidos se puede de terminar el costo de mano de obra que absorbe cada uni-dad de la siguiente manera:

NO = 6 operarios

Costo mano de obra en planta = \$180/Hr-Hombre

V = Volúmen de producción = 12 unidades/Hr.

C_{mo} = Costo mano de obra por unidad - a determinar.

Entonces:

$$C_{mo} = \frac{(16) (180)}{12} = \$ 90/\text{unidad}$$

Por consiguiente el costo total causado por una unidad que no fue aceptada es el siguiente:

Mano de obra y materiales adicionales =	\$ 1,211.25
Costo de operación de caseta y horno =	200.00
Costo mano de obra por aplicación de pintura.	<u>90.00</u>
COSTO TOTAL POR RECHAZO	<u>\$ 1,501.25</u>

C) Rentabilidad del equipo propuesto.

Este concepto se determina considerando principalmente los ahorros que se obtienen al reducir el porcentaje de unidades rechazadas del 14% al 4%, esto es, que el 10% es el ahorro además de que la producción se incrementa considerablemente en este período debido a las concesiones otorgadas por el Gobierno Federal a la industria automotriz como resultado de sus nuevos proyectos realizados y que generan divisas al país. Los volúmenes anuales de producción se muestran en la siguiente tabla.

Año	Producción (Unidades)	% Anual de Incremento	Incremento de volumen acumulado (unidades)
1980 (actual)	37,000	----	-----
1981	45,880	24	8,880
1982	51,615	12.5	14,615
1983	55,744	8.0	18,744
1984	59,200	6.2	22,200
1985	60,562	2.3	23,562
1986	62,258	2.8	25,258
1987	64,437	3.5	27,437

-Vida económica del equipo.

Por otra parte la vida económica del equipo se estima en 7 años, debido a que el deterioro sufrido en este tiempo es un factor que aumenta el riesgo de que se presenten fallas mayores en el equipo, ocasionando aumentos significativos en los costo de operación y mantenimiento, además de que el porcentaje de unidades rechazadas se vería afectado desfavorablemente.

-Depreciación del equipo.

El método que se utiliza para depreciar equipo de esta índole es en línea recta y fiscalmente se establece un 10% anual para efectos contables en la deducción de impuestos de la empresa. Ref. Ley Federal del Impuesto Sobre la Renta.

Sin embargo como la vida económica es menor al período de depreciación, el costo del equipo se depreciará a lo largo de su vida económica a razón del 10% anual de su valor total. El resto de la depreciación se cargará en los siguientes 3 años para efectos de pago de impuestos de la empresa.

El valor de recuperación del equipo al final de su vida económica es despreciable.

-Cálculos de los ahorros en el nuevo sistema.

Sabiendo de antemano, que el porcentaje de ahorros en este sistema es del 10% de la producción y que los rechazos son el 4% de la misma, se determinará el valor actual de los ahorros.

Siendo:

PA = Producción actual ---ver tabla

CTR= Costo total por rechazo = \$ 1,501.25

$\%R$ = Porcentaje de rechazos = 4% de la producción

$\%A$ = Porcentaje de ahorros = 10% de la producción.

APA= Ahorro por rechazos a producción actual
= (PA) ($\%A$) (CTR)

RPA= Rechazos a producción actual = (PA) ($\%R$) (CTR)

APR= Ahorro por rechazos = APA-RPA

Se tiene que el ahorro neto anual en el período considerado es como sigue:

PARA 1981:

$$APA = (45,880) (0.10) (1501.25) = 6.887,735$$

$$RPA = (45,880) (0.04) (1501.25) = 2.755,044$$

$$APR = 4.132,641$$

PARA 1982:

$$APA = (51,615) (0.10) (1501.25) = 7.748,702$$

$$RPA = (51,615) (0.04) (1501.25) = 3.099,481$$

$$APR = 4.649,221$$

PARA 1983:

$$APA = (55,744) (0.10) (1501.25) = 8.368,568$$

$$RPA = (55,744) (0.04) (1501.25) = 3.347,427$$

$$APR = 5.021,141$$

PARA 1984:

$$APA = (59,200) (0.10) (1501.25) = 8.887,400$$

$$RPA = (59,200) (0.04) (1501.25) = 3.554,960$$

$$APR = 5.332,440$$

PARA 1985:

$$APA = (60,562) (0.10) (1501.25) = 9.091,870$$

$$RPA = (60,562) (0.04) (1501.25) = 3.636,748$$

$$APR = 5.455,122$$

PARA 1986:

APA = (62,258) (0.10) (1501.25) = 9.346.482

RPA = (62,258) (0.04) (1501.25) = 3.738.593

APR = 5.607,889

PARA 1987:

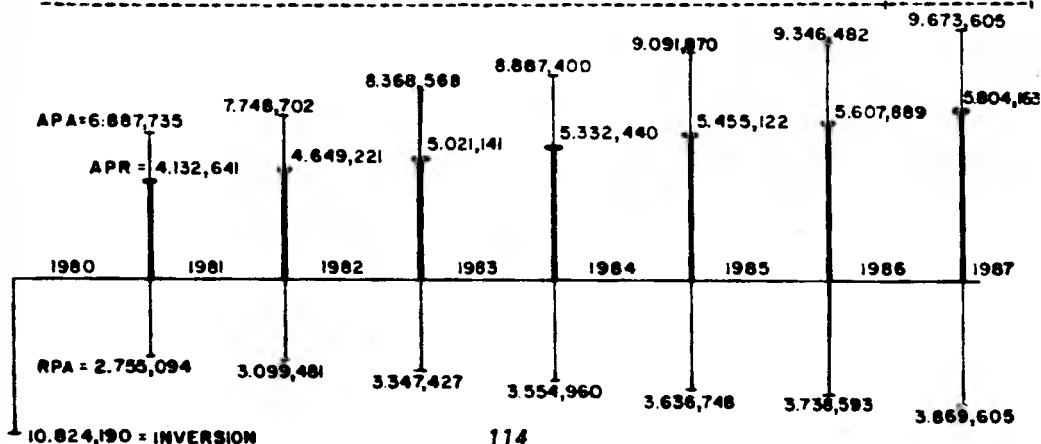
APA = (64,437) (0.10) (1501.25) = 9.673,605

RPA = (64,437) (0.04) (1501.25) = 3.869,442

APR = 5.804,163

Estos valores se muestran en la siguiente tabla y diagrama.

Año	Volumen Producción	% Ahorro X rechazos.	% recha rechazos.	Costo por unidad rechazada.	APA	RPA	APR
1981	45,880	10	4	1,501.25	6.887,735	2.755,094	4.132,641
1982	51,615	10	4	1,501.25	7.748,702	3.099,481	4.649,221
1983	55,744	10	4	1,501.25	8.368,568	3.347,427	5.021,141
1984	59,200	10	4	1,501.25	8.887,400	3.554,960	5.332,440
1985	60,562	10	4	1,501.25	9.091,870	3.636,748	5.455,122
1986	62,258	10	4	1,501.25	9.346,482	3.738,593	5.607,889
1987	64,437	10	4	1,501.25	9.673,605	3.869,605	5.804,163



-Cálculo de la rentabilidad .

El ahorro anual obtenido, es un valor recuperable en el año para el que fue calculado, y puesto que para determinar la rentabilidad es necesario conocer su valor presente, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = S \frac{1}{(1+i)^n}$$

Donde:

P = Valor presente

S = Valor futuro

n = Período de recuperación = 7 años

i = Tasa de rentabilidad

La suma de los valores presentes del ahorro neto anual tiene que ser por lo menos igual a la inversión del -- equipo para determinar la tasa de rentabilidad.

Esto es:

$$\sum_{i=1}^7 P_i = \text{inversión total}$$

o sea:

$$\sum_{i=1}^7 P_i = \text{inversión total} \geq 0$$

Desarrollando esta ecuación se tiene:

$$\frac{4.132,641}{(1+i)} + \frac{4.649,221}{(1+i)^2} + \frac{5.021,141}{(1+i)^3} + \frac{5.332,440}{(1+i)^4} + \frac{5.455,122}{(1+i)^5} + \frac{5.607,889}{(1+i)^6} + \frac{5.804,163}{(1+i)^7} - 10.824,192 = 0$$

Suponiendo $i = 40\%$

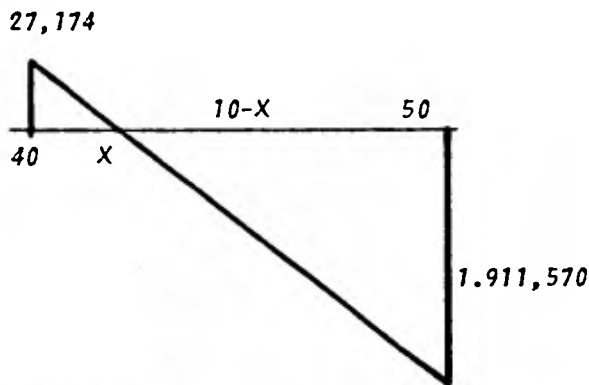
De las tablas de tasa discreta de rendimiento y efectuando operaciones se tiene:

$$10.851,366 - 10.824,192 = 27,174$$

Suponiendo $i = 50\%$, y usando las mismas tablas se obtiene:

$$8.912,622 - 10.824,192 = -1.911,570$$

Interpolando los valores anteriores para encontrar la rentabilidad exacta:



$$\frac{27,174}{1.911,570} = \frac{X}{10-X}$$

De donde:

$$X = 0.14$$

Por consiguiente:

$$i = 40 + 0.14 = \underline{40.14\%}$$

De este resultado se concluye, que la inversión en el equipo se considera factible, ya que además de disminuir los rechazos de unidades, dicha inversión antes de impuestos reditúa un interés superior a la tasa de interés bancaria.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

El estudio anterior ha permitido tener una visión completa de la importancia de un buen sistema de pintado y secado - en una planta automotriz.

Con un buen control en los parámetros de operación del equipo de pintura, como lo son las velocidades del aire, lavado del mismo, temperatura y tiempo de horneado, tiempos de oreo entre manos de pintura, etc, así como también manteniendo - dentro de especificaciones los materiales de aplicación --- (pintura, solventes, etc.), se eliminan los rechazos de unidades por defectos en la pintura aplicada.

Por otra parte, con una buena planeación del mantenimiento en el equipo utilizado en nuestro sistema, nos evita al máximo los tiempos muertos ó improductivos.

Debido a lo anterior, el sistema expuesto aquí, no permite fallas que normalmente son atribuidas a deficiencias en el equipo, además de ser inadmisibles el reproceso de unidades defectuosas.

Es decir, que no es justificable el rechazo de unidades -- contando con un equipo que cumple plenamente con las especificaciones de manufactura, ya que esto no solo sería un obstáculo económico, sino que no permitiría llegar a alcanzar los objetivos de calidad y producción.

APENDICE A

SISTEMA ELECTROSTATICO DE PINTURA

Básicamente consiste en recubrir un objeto con pequeñas partículas de pintura cargadas electrostáticamente, para lograr esto, se da al objeto por pintar una polaridad diferente a las partículas de pintura.

La eficiencia de los anterior se aumenta si:

- 1.- Las partículas son ligeras en peso.
- 2.- Las partículas son pequeñas
- 3.- Las partículas se mueven lentamente de manera que su velocidad no las saque del campo de fuerza.
- 4.- La velocidad del aire de extracción se controla, ya que de lo contrario "robaría pintura al objeto". Se recomienda que la velocidad del aire de extracción sea a 90° en relación a la dirección de aplicación de pintura.
- 5.- Las partículas están bien cargadas.

Con el objeto de lograr los 3 primeros puntos es necesario - utilizar solventes de evaporación rápida que permitan reducir la viscosidad y que un gran porcentaje se evapore entre el instrumento atomizador y el objeto. Al utilizar solventes de evaporación rápida, se debe contemplar la tendencia de obtener capas de pintura de mayor espesor.

Otra manera de lograr bajas viscosidades es calentar la pintura con la desventaja de que la temperatura debe de ser estrictamente controlada.

I.- Aplicación Electroestática de pintura en estado líquido.

Sistema electrostático sin aire (Electrostatic airless System)

En este sistema en el cual el aire no se emplea para la atomización, la pintura se fuerza a pasar a través de un orificio (0.28mm--0.53 mm de diámetro) aplicando presiones del orden de 41 kg/cm^2 - 204 kg/cm^2 , con el objeto de establecer un alto diferencial de presiones con respecto a la atmósfera, provocando con esto, que la pintura prácticamente explote y se transforme en pequeñas partículas.

Cercano al orificio de salida, se encuentra un electrodo de alto voltaje, que se utiliza para cargar electrostáticamente la pintura. El voltaje varía de 20 a 60 Kv. para aplicación manual y hasta 100 Kv. para aplicación automática.

Ventajas: Aplicación uniforme y tersa de la capa de pintura, debido al alto grado de atomización.

Alto volumen de producción.

Desventajas: Alto costo de operación y mantenimiento comparado con los sistemas convencionales que usan aire comprimido como agente de atomización.

Sistema electrostático con aire.

En este sistema el aire comprimido provoca la atomización al mezclarse con la pintura.

La presión aplicada al aire es baja ($3.5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ - $4.3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$) compara

rada con las empleadas en el sistema sin aire.

El voltaje empleado es de 20 a 60 Kv. para sistemas manuales y de 100 Kv. para sistemas automáticos.

Ventajas: Bajos costos de operación y mantenimiento, debido a la simplicidad del diseño del equipo.

Desventajas: Su aplicación se limita a volúmenes de producción menores, comparados con el sistema que no emplea aire, debido a que las cantidades de pintura atomizadas son también bajas.

SISTEMAS AUTOMÁTICOS

En la aplicación automática de la pintura, no interviene la mano de obra directa.

Las boquillas de aplicación se guían mediante dispositivos controlados automáticamente siguiendo siempre una trayectoria determinada, ó sea que cada boquilla deposita pintura sobre una misma área de la carrocería.

Ventajas: Se manejan altos volúmenes de producción, la cantidad de boquillas se puede aumentar, reduciendo con esto el -- área por pintar de cada boquilla, con lo cual el tiempo de operación se disminuye sustancialmente.

Desventajas: Inversión elevada en el equipo, justificable solo para muy altos volúmenes de producción.

II.- Aplicación de pintura en polvo (electroestáticamente)

En este proceso de aplicación de pintura consiste en crear un ambiente de polvos secos, mediante la inyección de aire a la - cámara de pintura a través de una superficie porosa, de tal ma

nera que el polvo queda suspendido formando una nube.

La pieza por pintar se calienta arriba del punto de fusión del polvo en cuestión. Cuando la parte se introduce en la cámara de pintura, el polvo se fusiona al metal calentado.

El polvo puede ser de tipo epóxico, alquidálico, melanímico, vinílico, teflón, nylon, etc. Todos estos tipos de polvos contienen las resinas de brillo, pigmentos y otros sólidos (como lo son las partículas de aluminio para el caso de pinturas con base metálica) que son comunes con las pinturas líquidas.

Ventajas:

- Es un sistema muy eficiente si se maneja un solo tipo de polvo y si se cuenta con un buen sistema de recuperación.
- No requiere de extracción de aire debido a que no hay vapores de solventes ni olores objetables.
- La eficiencia electrostática es muy alta debido a la baja velocidad de las partículas de polvo.
- La gran mayoría de polvos no requieren de la aplicación previa de primario y por lo cual, se pueden aplicar directamente sobre el metal.
- Reducen y facilitan el mantenimiento de la cámara de pintura.
- Reducen la contaminación ambiental.
- Con pintura en polvo, se cubre una gama de requerimientos que no se logran con pintura líquida.

Los aspectos que requieren de especial atención cuando se utiliza un sistema de aplicación de polvos son:

- Cargado de las partículas.

Los polvos se cargan mediante el aire ionizado de atomización. Esto es, el aire de atomización se bombardea con iones que a su vez cargan las partículas del polvo.

El que las partículas mantengan su carga y a la vez puedan crear una película del espesor requerido, depende de su "volumen de resistividad". Esto se puede comparar vagamente con el control de viscosidad en pinturas líquidas y es vital para el éxito de pinturas en polvo. Si el volumen de resistividad no es adecuado, las partículas no se atraen debidamente.

Al cargarse las partículas se repelen entre sí, formando una nube, a través de la cual pasa el objeto por pintar (aterrizado). Las partículas son atraídas hacia la superficie del objeto, hasta que el espesor de la capa de pintura crea una barrera que impide continúe la atracción. Después de esto, el objeto se hornea.

- Casetas y hornos.

El aire de atomización y el polvo deben ser muy secos, por lo que se requieren muy buenos sistemas de secado.

- Clases de polvo.

Hay dos clases básicas: Termoplásticos y Termocurados.

El termoplástico puede "refluir", de tal forma que es posible que la superficie se lije y repinte en el caso de reparaciones.

El termocurado se aplica únicamente sobre superficies lisas y sin defectos.

APENDICE B

FALLAS Y DEFECTOS EN LA PINTURA

A continuación se listan los principales tipos de fallas o defectos de la pintura y se identifican sus posibles causas.

-APARIENCIA DE SEMILLAS.

Descripción: Se observa una distribución uniforme de partículas en la capa de pintura, similares a una semilla.

Causas más frecuentes:

Capa de pintura de poco espesor.

Mal filtrado de la pintura.

-ATONIZACION SECA.

Descripción: Superficie regular y áspera.

Causas más frecuentes:

Solvente de evaporación rápida.

Viscosidad muy baja.

Presión del aire muy alta.

Mal balanceo de solventes.

Pistola muy lejos de la superficie de aplicación.

Capa de primario con "cáscara de naranja"

-BASURA O SUCIEDAD.

Descripción: Superficie con partículas de diferentes tamaños en el área afectada.

Causas más frecuentes:

Si se hizo un cambio reciente de color, el solvente está limpiando o arrastrando los residuos de la pintura anterior.

Deficiencia en el mantenimiento de la caseta y horno: filtro y ventiladores sucios; balanceo incorrecto del aire.

Pintura contaminada.

Superficies por pintar, sucias.

Polvo del lijado en la superficie por pintar.

Grumos de resina de aluminio, en pintura metálica.

Residuos de pelusa del trapo limpiador.

-CASCARA DE NARANJA

Descripción: Acabado de la superficie pintada similar a una cáscara de naranja.

Causas más frecuentes:

Materiales no mezclados uniformemente.

Alta viscosidad.

Mala regulación en la pistola.

Temperatura inadecuada en la caseta.

Poco tiempo de oreo entre una mano y otra.

-CORROSION.

Descripción: Superficie a pintar presenta corrosión u oxidación.

Causas más frecuentes:

Mal fosfatizado.

Exceso de humedad en el aire.

Lámina oxidada antes del fosfatizado.

-DIFERENCIA DE TONO.

Descripción: Diferencia de tono en el color básico.

Causas más frecuentes:

Falta de espesor en la capa de pintura, permitiendo que se vea el primario.

Técnica incorrecta en la aplicación de pinturas metálicas.

Pintura fuera de especificaciones.

Contaminación de otros colores de pintura en la línea.

Insuficiencia de mezclado de la pintura.

-ESCURRIMIENTO.

Descripción: Venas ó cortinas de pintura en superficies ver ticales ó inclinadas.

Causas más frecuentes:

Demasiado solvente de evaporación lenta.

Capas de pintura con alto espesor.

Aplicación de capas sin tiempo de oreo entre ellas.

Pistola muy cerca de la superficie a pintar.

Presión del aire muy baja.

Baja viscosidad de la mezcla.

-FALTA DE ADHESION ENTRE CAPAS.

Descripción: Descascaramiento de las capas de pintura ó del primario. Esto ocurre con frecuencia en las áreas donde fué reparada la pintura original.

Causas más frecuentes:

Incompatibilidad del primario con la pintura.

Horneo excesivo en cuanto a tiempo y/o temperatura

Contaminantes entre capas, como aceite, residuos de lijado, agua, etc.

Pintura ó primario fuera de especificaciones.

Falta de lijado en capas inferiores, en el caso de reparaciones.

-FALTA DE DUREZA.

Descripción: Superficie fácilmente penetrable con algún objeto puntiagudo ó con las uñas y presenta poca resistencia a los solventes.

Causas más frecuentes:

Baja temperatura en el horno (mal curado)

Capas con espesor excesivo.

Deficiencia en el catalizador (resinas) de la pintura.

-OJOS DE PESCADO.

Descripción: Pequeños huecos redondos distribuidos uniformemente sobre la superficie afectada.

Causas más frecuentes:

Contaminación de pintura.

Solvente inadecuado o fuera de especificaciones.

Desbalanceo del aire en la caseta.

-PINTURA MANCHADA.

Descripción: Manchas oscuras en distintas áreas de la unidad.

Causas más frecuentes:

Viscosidad muy alta, produciendo capas húmedas.

Solvente de evaporación muy lenta.

Baja presión de aire.

Abanico de la pistola muy estrecho.

Excesivo flujo de pintura.

Pistola muy cerca de la superficie de aplicación.

-PINTURA REVENTADA POR EL SOLVENTE (HERVIDO).

Descripción: pequeñas protuberancias con apariencia de "cráteres".

Causas más frecuentes:

Solvente de evaporación muy rápida.

Horneo rápido.

Capas con alto espesor.

-FALTA DE BRILLO.

Descripción: Reflexión de la luz menor a la especificada.

Causas más frecuentes:

Bajo espesor en las capas de pintura.

Horneo excesivo.

Alta temperatura de horneado.

Lijado deficiente.

Falta de resina en la pintura (fuera de especificaciones).
Baja viscosidad en la pintura.
Solvente fuera de especificaciones.

-RAYADURAS.

Descripción: Pintura no tersa, presenta rayas no uniformes en la superficie.

Causas más frecuentes:

Lija de grano muy grande, usada en el acabado de la lámina.