



D-9462

667.9

C 117

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingenieria Mecànica

"REGULACION Y CONTROL DEL PROCESO DE SECADO
DE RECUBRIMIENTOS DE PINTURA"

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

MARCO WELLINGTON CABRERA TOLA

GUAYAQUIL - ECUADOR

1989

AGRADECIMIENTO

Al ING. IGNACIO WIESNER F.
Director de Informe Técnico,
por su ayuda y colaboración
para la realización
de este trabajo.



DEDICATORIA

A MI MADRE

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

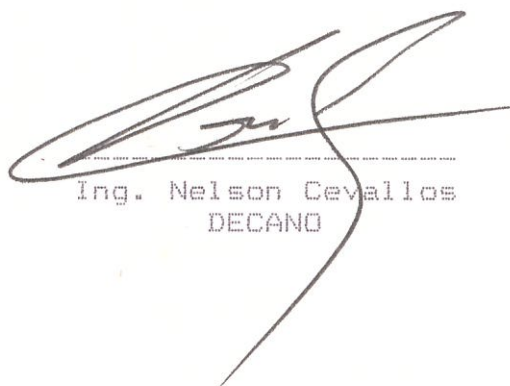
DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Informe Técnico, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Titulos profesionales de la ESPOL).



Marco Wellington Cabrera Tola



Ing. Nelson Cevallos
DECANO



Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR INFORME



Ing. Jorge Duque R.
MIEMBRO TRIBUNAL

RESUMEN

Con el propósito de controlar los procesos de secado de barnices y tintas sobre láminas de hojalata o aluminio, los fabricantes de estos productos han codificado el procedimiento para obtener las mejores condiciones de curado. En el presente informe se revisan cuales son estos códigos y como controlar el proceso de secado en los hornos continuos por medio de las curvas de temperatura - tiempo. Al analizar estas curvas se puede diagnosticar los problemas que pueden presentarse como variaciones de aire, temperatura y tiempo que van a influir en la calidad final del recubrimiento en la lámina.

Se revisa el procedimiento para corregir estas anomalías, incluyendo la manera de balancear los flujos de aire fresco que se introducen en el horno. A continuación se realiza un análisis de las curvas de temperatura - tiempo con respecto a una curva ideal de secado.

Al final se incluyen recomendaciones generales para evitar problemas en el funcionamiento del horno, además de las instalaciones de seguridad para la operación de los mismos.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE FIGURAS

1.- ANTECEDENTES

1.1.- Propósito del recubrimiento de hojalata con tintas y barnices.

1.2.- Diferentes códigos de secado.

1.3.- Curvas para el control de secado.

2.- DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1.- Calidad de la hojalata barnizada o litografiada por las variaciones de las condiciones de secado.

a) Variaciones de flujo de aire.

b) Variaciones de temperatura.

c) Variaciones de tiempo de secado.

3.- PROCEDIMIENTO PARA CORREGIR LOS PROBLEMAS DE SECADO OBSERVADOS DE LAS CURVAS DE TEMPERATURA

3.1.- Descripción del horno.

a) Zonas del horno.

b) Sistema de transporte de hojas.

c) Sistema de calentamiento.

3.2.- Procedimiento para el balance de flujos de aire.

3.3.- Procedimiento de control y regulación de temperatura.

3.4.- Procedimiento para corregir el tiempo de
secado.

4.- ANALISIS DE RESULTADOS CON LAS CURVAS DE TEMPERATURA

5.- RECOMENDACIONES GENERALES

5.1.- Revisiones rutinarias.

5.2.- Seguridad.

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

- No. 1.- Graficador de curvas con 6 puntos de termocuplas.
- No. 2.- Curva de secado. Còdigo 10e.
- No. 3.- Hoja de prueba.
- No. 4.- Exceso de aire caliente en la parte inferior de las láminas.
- No. 5.- Poco flujo de aire en la parte inferior de las láminas.
- No. 6.- Flujo de aire lateral desbalanceado.
- No. 7.- Demasiado aire caliente en una sección determinada.
- No. 8.- Desbalance de flujo de aire de ventilador.
- No. 9.- Ingreso de aire frío por el final del túnel.
- No. 10.- Exceso de temperatura en la zona de secado.
- No. 11.- Disminución de temperatura en la zona de secado.
- No. 12.- Menor temperatura en la zona de calentamiento.
- No. 13.- Temperatura muy elevada en la zona de calentamiento.
- No. 14.- Gráfico de variaciones de temperatura en 24 horas.
- No. 15.- Disminución de velocidad en el transportador.
- No. 16.- Vista lateral del horno.
- No. 17.- Vista general. Entrada al horno.
- No. 18.- Zona de enfriamiento.



BIBLIOTECA

- No. 19.- Sistema de transporte. Toberas y parrillas.
- No. 20.- Sistema de calentamiento y circulación de aire.
- No. 21.- Ventilador de aire fresco. Quemador.
- No. 22.- Instalación láminas deflectoras laterales.
- No. 23.- Ductos de distribución de aire caliente.
- No. 24.- Toberas para descarga de aire caliente.
- No. 25.- Corrección entrada de aire frío.
- No. 26.- Gráfico para determinar el diámetro "d" en ductos de 280 mm.
- No. 27.- Gráfico para determinar el diámetro "d" en ductos de 350 mm.
- No. 28.- Control neumático de temperatura.
- No. 29.- Tobera quemador piloto.
- No. 30.- Tablero de control aire y combustible.
- No. 31.- Válvula solenoide para regulación de combustible.
- No. 32.- Boquilla de quemador.
- No. 33.- Análisis de curvas.
- No. 34.- Sobretemperatura permitida al final de la zona de calentamiento.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1. PROPOSITO DEL RECUBRIMIENTO DE HOJALATA CON TINTAS Y BARNICES.

El primer paso en la fabricación de envases de hojalata es aplicar un material de revestimiento a la lámina con la cual se formarán los cuerpos, tapas y fondos del envase. Hay dos razones básicas para aplicar revestimiento a la lámina:

Primero, para protegerla de reacciones indebidas entre el material y el producto que contiene. Por ejemplo: las láminas usadas para fabricar envases para cervezas o sodas, deben ser recubiertas interiormente, porque la cerveza desarrolla un mal sabor cuando está en contacto directo con la lámina; los envases de soda pueden corroer la lámina metálica. Los recubrimientos para estos casos son conocidos como lacas o barnices.

Segundo, por motivos decorativos en el envase, en su cara exterior se utilizan para evitar corrosión que daría mala presentación. También la decoración se utiliza como objetivo

de propaganda del contenido y su marca. Para este tipo los recubrimientos utilizados son tintas y lacas transparentes.

Mientras los objetivos de protección y decoración pueden ser los mismos en varios productos, la variedad de métodos de aplicación y los requerimientos físicos y químicos del producto terminado, implican que deben ser tratados separadamente.

Una aplicación típica debe tener una o dos capas de laca protectora sobre un lado de la lámina de metal (interior) y un sistema decorativo sobre el otro (exterior), consistente de un recubrimiento base blanco, varios pasos de tinta para producir el diseño y un barniz transparente para proteger la decoración (Litografía sobre metal).

Cada aplicación - ya sea laca, revestimiento, barniz o tinta - debe pasar separadamente a través del horno para el secado o curado.

1.2. DIFERENTES CODIGOS DE SECADO.

Como existe una variada utilización de



BIBLIOTECA

hojalata para productos terminados, desde envases de alimentos hasta juguetes, desde tapas hasta aerosoles, envases para aceites y pinturas; cada uno de estos necesita un revestimiento distinto que cumpla distintos requerimientos como resistir la deformación física del doblado, el troquelado y aún más, poseer la resistencia química que se requiere.

Cada fabricante de lacas y barnices ha establecido las condiciones óptimas para procesar su producto: temperatura y tiempo de secado y estos son conocidos como códigos de secado. Es claro entonces que las características de estos materiales son altamente específicos y exactos y que es esencial el máximo de control durante su fabricación, prueba y uso.

Los códigos de secado generalmente se dan en temperatura óptima para el secado y tiempo que se mantendrá la lámina a esa temperatura.

Los diferentes códigos de secado consisten de un numeral y una letra; por ejemplo: 6b, 8b, 10c.

La explicación de estos números es como sigue:

6 representa 6 minutos sobre el nivel de

temperatura minima con un minimo de 5 minutos a temperatura ideal.

8 representa 8 minutos sobre el nivel de temperatura minima con un minimo de 6 minutos a temperatura ideal.

10 representa 10 minutos sobre el nivel de temperatura minima con un minimo de 7 minutos a temperatura ideal.

Las letras corresponden a una temperatura de trabajo como sigue:

Código	Temperatura Ideal	Temperatura Minima	Temperatura Máxima
	°	°	°
b	415 F	400 F	425 F
c	405	395	415
d	400	390	410
e	390	380	400
f	380	370	390
g	370	360	380
h	360	350	370
j	350	340	360
k	340	330	350
l	330	320	340



BIBLIOTECA

m	^o 320 F	^o 310 F	^o 330 F
n	310	300	320
o	300	290	310
p	280	270	290
q	270	260	280
r	250	240	260

Si un barniz tiene un código de secado Bd, esto significa: 8 minutos sobre ^o390 F (temperatura mínima) con un mínimo de 6 minutos a ^o400 F (temperatura ideal). (1)

1.3. CURVAS PARA EL CONTROL DE SECADO.

Para saber que está pasando en un proceso de secado se utiliza como primera herramienta de observación las curvas de secado.

Estas curvas se obtienen enviando una hojalata de prueba al interior del horno, la cual lleva adherida 6 puntos de termocuplas, en distintas localizaciones de su superficie, conectadas a un registrador gráfico. La curva da valores de temperatura y tiempo, también permite observar y determinar el flujo de aire y las variaciones que podrían ocurrir. El eje de las abscisas representa el tiempo que la hoja pasa por el horno y el eje

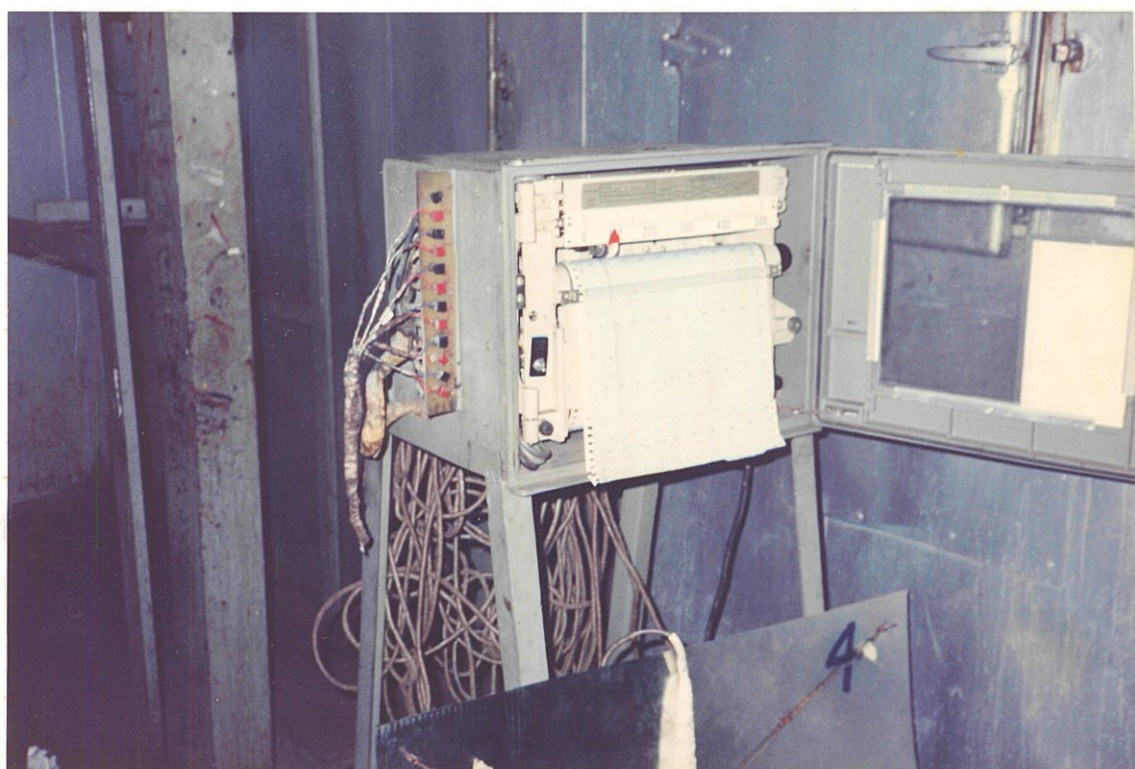
de las ordenadas las temperaturas.

El registrador gráfico de puntos múltiples es de marca Honeywell, Modelo No. 15305846-06-07-1-000-060-10 y sirve para un rango de temperatura entre 0 - 500 F. Ver figura No. 1.

En la figura No. 2 se observa una curva obtenida con este aparato. La curva deberá cumplir las condiciones del código de secado del material que se está controlando. En esta curva se encuentran 3 secciones limitadas por las letras A, B, C, D.

La porción de la curva que corresponde a A - B es la zona conocida como calentamiento, en esta zona la hoja que entra a temperatura ambiente es llevada a la temperatura ideal de secado y a su vez durante este proceso se remueven los solventes de la película de barniz, de tal forma que el verdadero horneo pueda tomar lugar.

La sección B - C de la curva representa el efectivo proceso de secado y es el que se controla cumpla las condiciones de cura, este es el nivel de temperatura conocido como temperatura ideal.



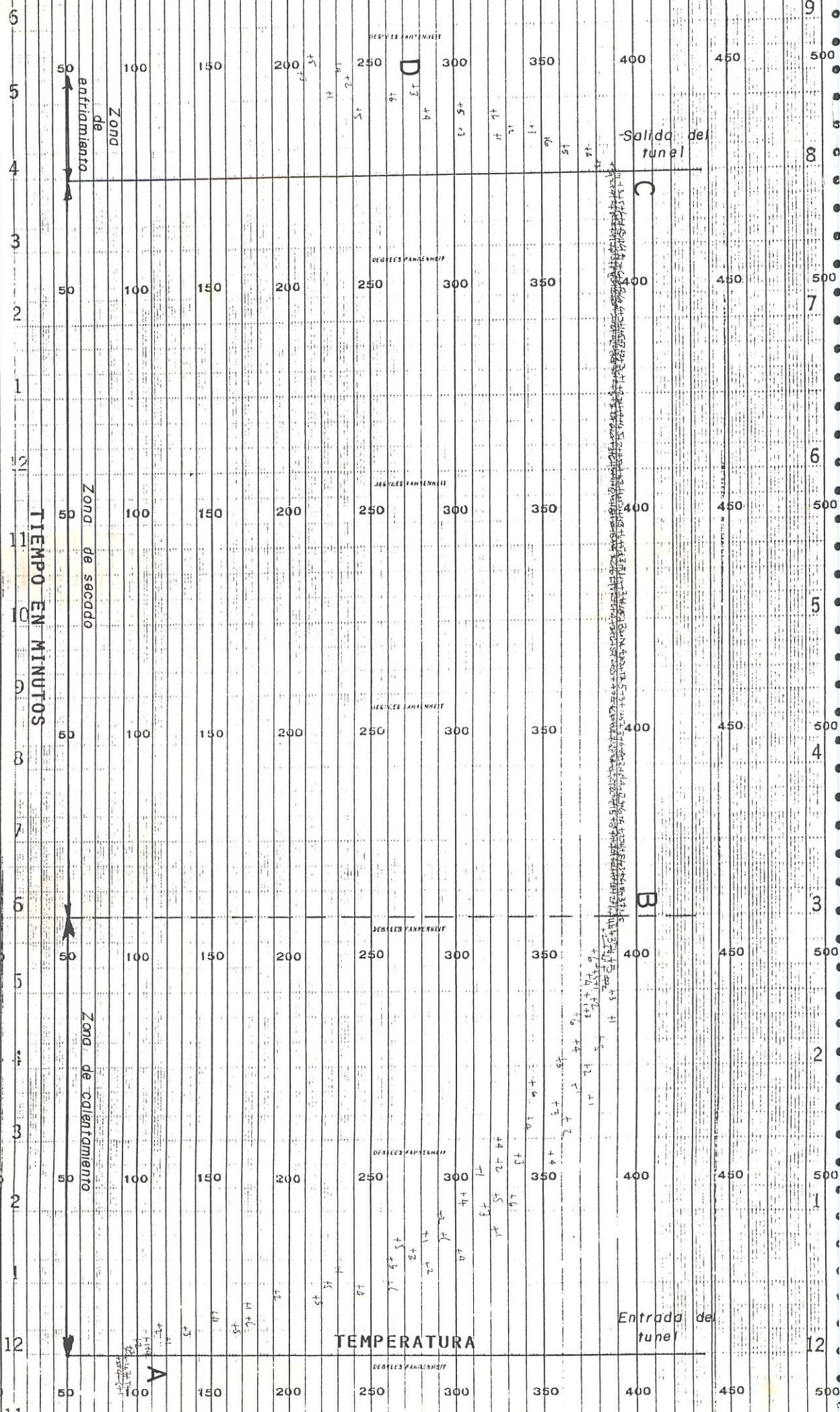
GRAFICADOR DE CURVAS CON 6 PUNTOS DE TERMOCUPLAS

FIGURA No.1



BIBLIOTECA

FIGURA No. 2 CURVA DE SECADO: CÓDIGO 10E.



Es necesario definir además, que en esta zona el límite mínimo de temperatura es de 10 F^o menor que la temperatura ideal y el límite máximo de temperatura es de 10 F^o mayor que el ideal. Esta también se conoce como la Zona de horneo o curado efectivo.

La sección C - D de la curva corresponde al proceso de enfriamiento de la lámina para ser recogida a la salida del horno.

Los puntos de la curva marcados desde 1 a 6 corresponden a cada una de las termocuplas que posee la hoja de prueba. La figura No. 3 ilustra la posición y números de las termocuplas en la hoja de prueba con la que se obtiene esta curva.

Las termocuplas de las esquinas deben colocarse aproximadamente a 50 milímetros de el borde de la hoja como se muestra en la figura No. 3. Las termocuplas que marcan los puntos 5 y 6 se ubican en el centro de la hoja separadas unos 50 milímetros.

CABLE DE TERMOCUPLAS

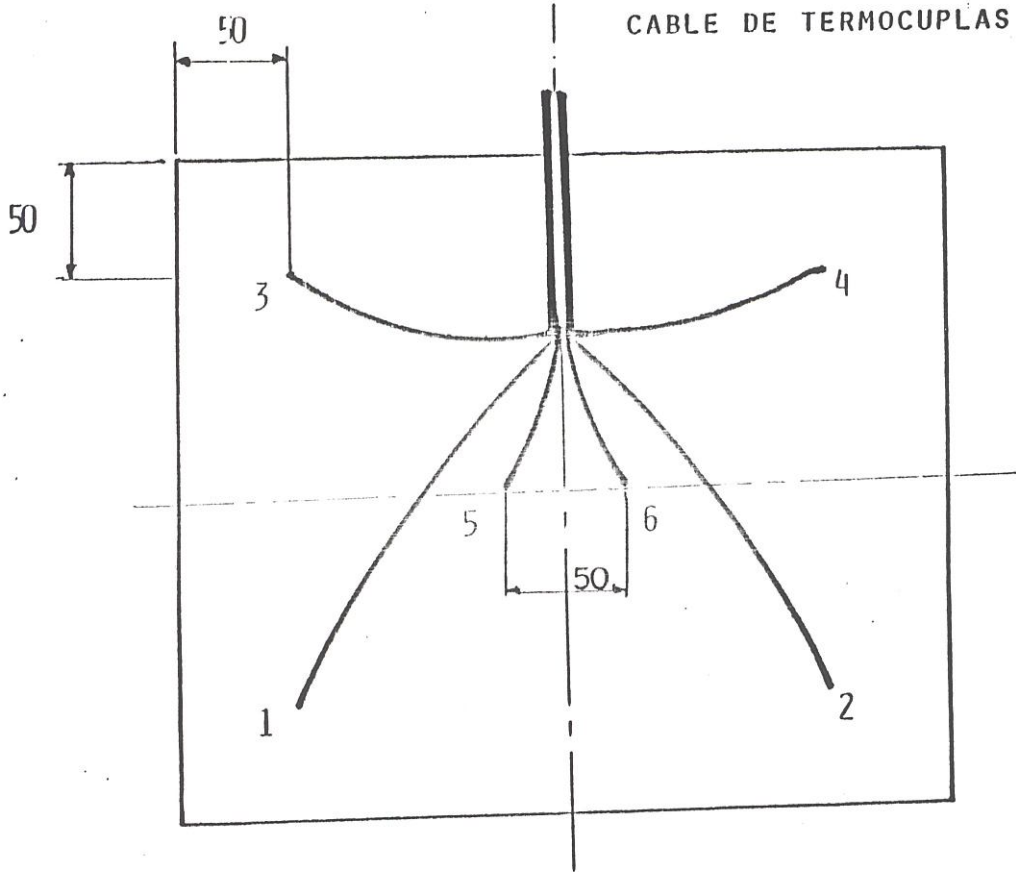


FIGURA 3 HOJA DE PRUEBA

CAPITULO II

DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1. CALIDAD DE LA HOJALATA BARNIZADA O LITOGRAFIADA POR LAS VARIACIONES DE LAS CONDICIONES DE SECADO.

La calidad del trabajo final del secado en el horno, depende de la correcta aplicación de calor, por medio del aire calentado a la temperatura especificada, a las láminas; y en el tiempo preciso que ha sido codificado por los fabricantes de lacas y barnices.

No debe despreciarse la importancia del correcto horneado, ya que las condiciones de secado van a influir en la flexibilidad, la dureza, el color, la durabilidad, la resistencia química, la ausencia de sabor y olor, etc. de la película de barniz o tinta. Los materiales para recubrimiento son esencialmente soluciones o dispersiones de material resinoso, con o sin pigmentos en solventes orgánicos. Los solventes actúan como vehículos que transportan las resinas y aseguran un suave flujo después de la aplicación.

Para poder identificar los problemas de calidad hay que basarse en las curvas de secado. Analizando estas curvas se puede reconocer cuales son las fallas en un proceso de producción determinado. La curva tiempo-temperatura de cualquier trabajo de secado es de extrema importancia y se recomienda realizarlas cada vez que se producen cambios en el horno.

Al obtener una curva de temperatura - tiempo se detecta en ella 3 clases distintas de problemas: variaciones de flujo de aire, variaciones de temperatura y variaciones de tiempo de secado.

a) Variaciones de Flujo de aire.

- Exceso de aire caliente en la parte inferior de las láminas.
- Muy poco flujo de aire en la parte inferior de las láminas.
- Demasiado aire caliente en un extremo lateral de la lámina.
- Aumento de aire caliente en una sección determinada.



- Desbalance de flujo de aire de ventilador.
- Ingreso de aire frío por el final del túnel.
- Disminución o exceso de aire fresco de alimentación al horno.

b) Variaciones de temperatura.

- Exceso de temperatura en la zona de horneo.
- Disminución de temperatura en la zona de horneo.
- Menor temperatura en la zona de calentamiento.
- Aumento de temperatura en la zona de calentamiento.
- Fallas en la regulación de control de temperatura y quemador.

c) Variaciones de tiempo de secado.

- Variación de velocidad del horno con respecto a la máquina aplicadora del recubrimiento.

a) Variaciones de flujo de aire.

En la curva de la figura No. 4 los puntos 1 y 2 de la hoja de prueba revelan alta temperatura en la zona de calentamiento, demasiado aire caliente le está llegando a la hoja en su parte inferior.

La curva representada en la figura No. 5, al contrario de la anterior, los puntos 1 y 2 de la hoja de prueba presentan bajo nivel de temperatura en la zona de calentamiento. Esto se debe al poco flujo de aire que llega a la parte inferior de la lámina.

En la figura No. 6, en la curva se observa que los puntos 1 y 3 de la hoja de prueba están desplazados más alto que el resto de puntos (unos ^o 15 F) en la zona de horneado. La causa para esto es demasiado aire caliente enviado a un costado de la lámina por el ventilador de circulación.

En la figura No. 7 un aumento de temperatura excesivo se nota entre los 7 y 8 minutos de proceso, la curva se eleva por encima de la temperatura ideal por enviar demasiado aire caliente a esta sección.

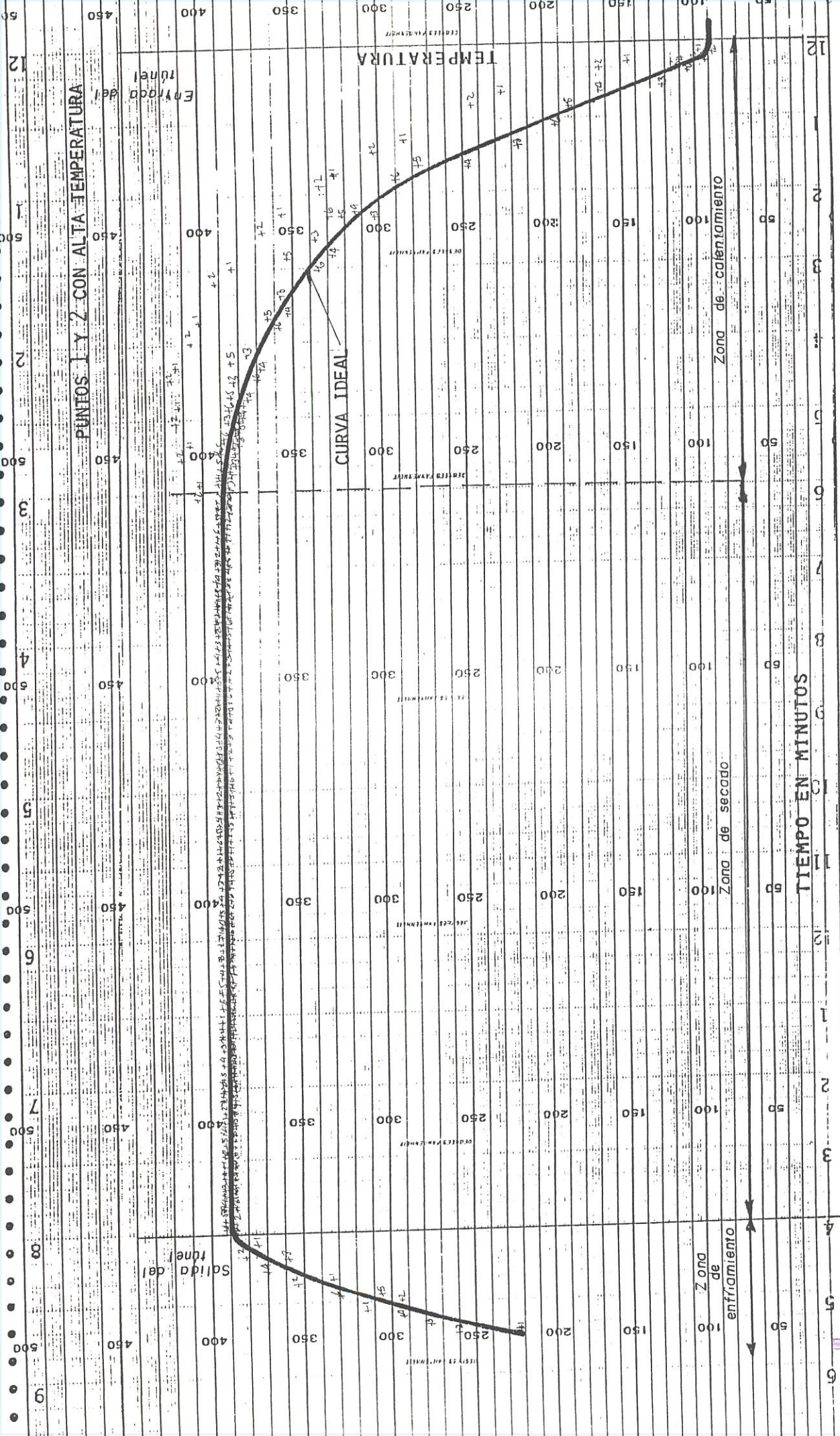


FIGURA No.4 EXCESO DE AIRE CALIENTE EN LA PARTE INFERIOR DE LAS LÁMINAS.



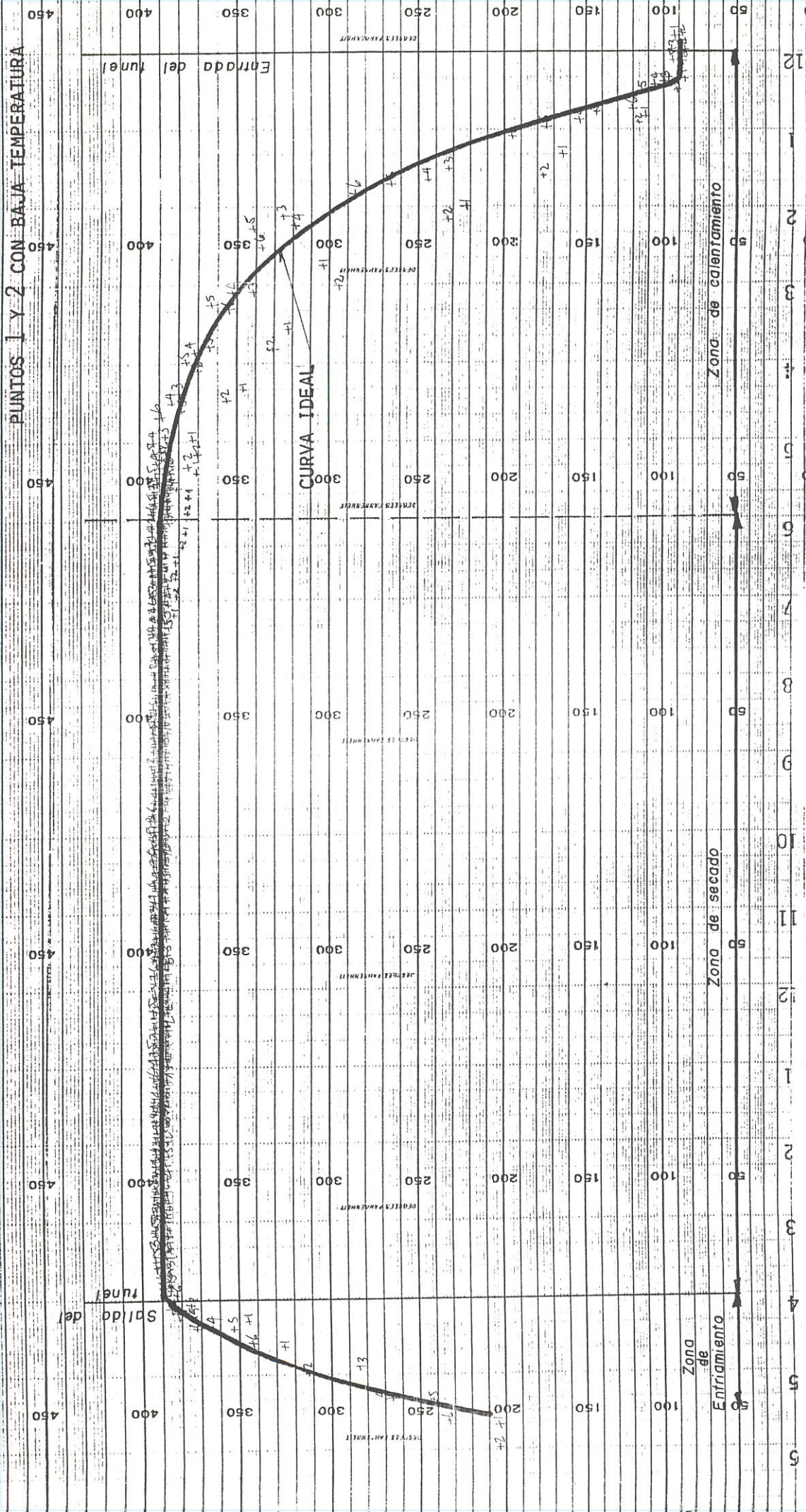


FIGURA No.5 POCO FLUJO DE AIRE EN LA PARTE INFERIOR DE LAS LÁMINAS.

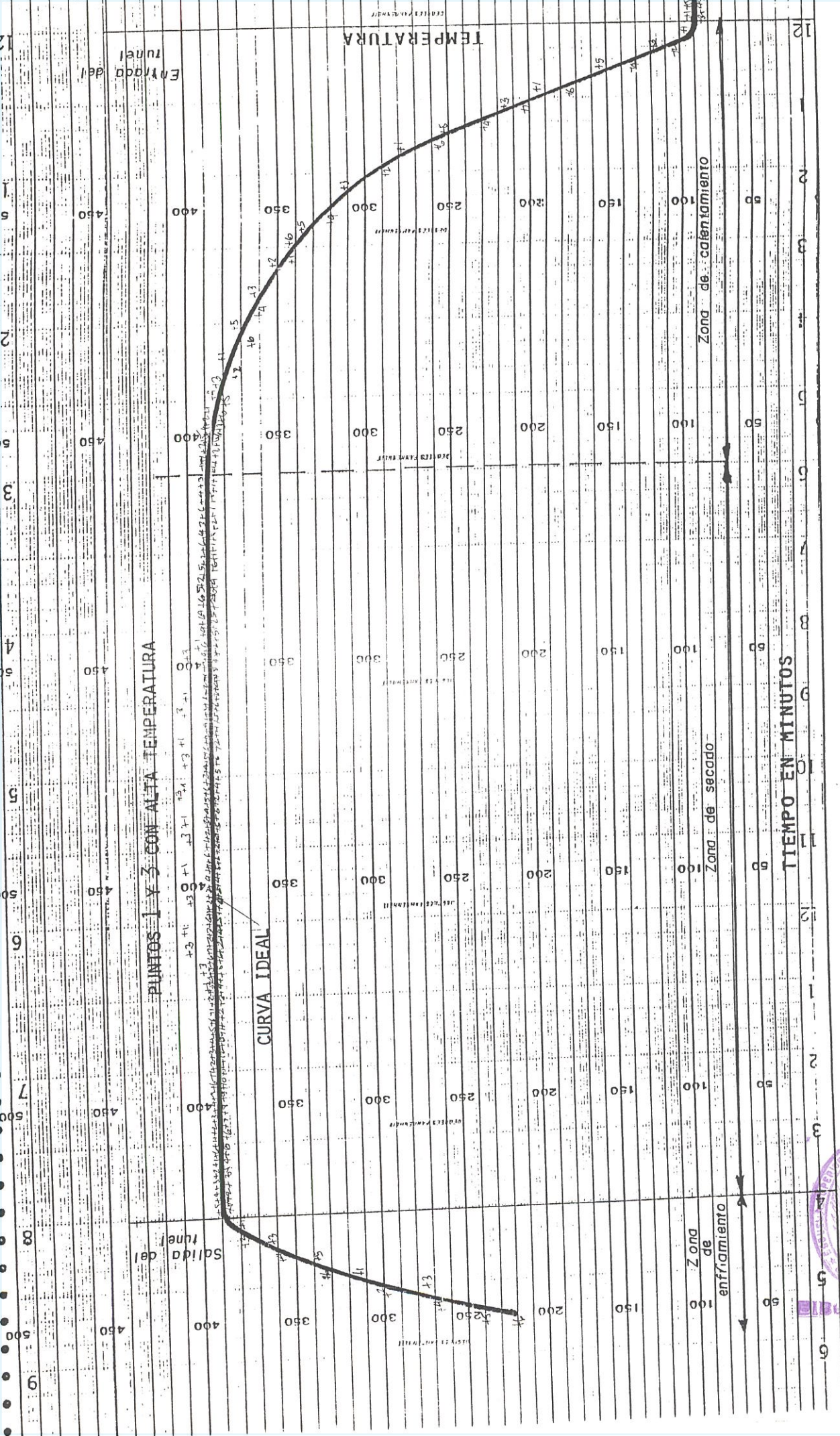
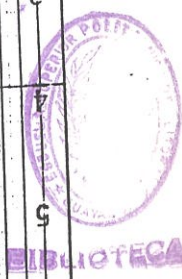


FIGURA No.6 FLUJO DE AIRE LATERAL DESBALANCEADO.



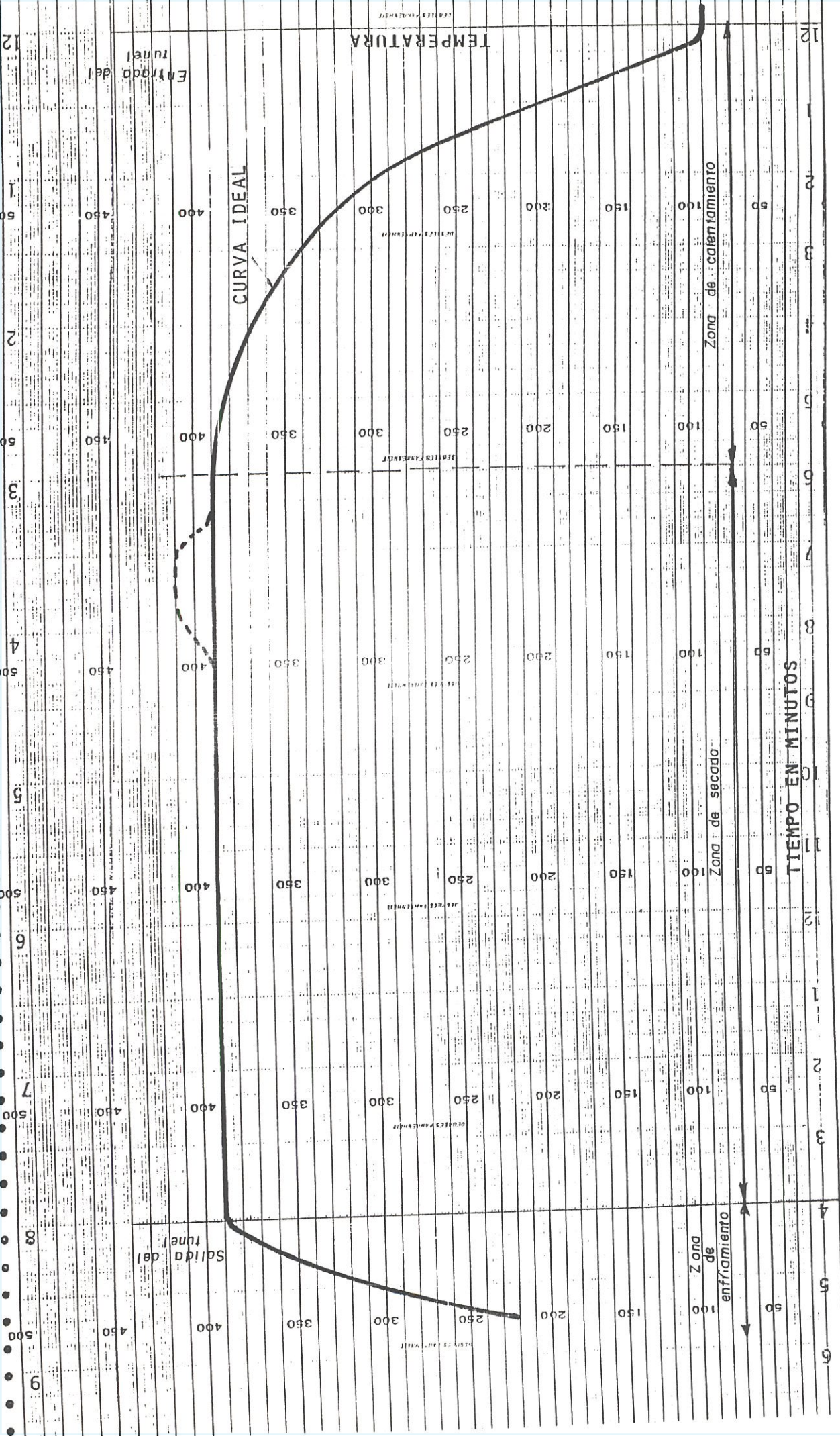


FIGURA No.7 DEMASIADO AIRE CALIENTE EN UNA SECCIÓN DETERMINADA.

En la curva de la figura No. 8 se encuentra una disminución de temperatura en una sección y un aumento en la sección siguiente, el desbalance de los flujos de aire del ventilador de circulación de la zona de horneado produce estas variaciones.

En la curva de la figura No. 9 se tiene una disminución de temperatura en la parte final del secado y se debe al ingreso de aire frío por la parte posterior del túnel. Esto implica que el tiempo de secado efectivo se disminuye.

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta es el ingreso de aire fresco al interior del horno. Demasiado aire fresco significa mayor gasto de energía, los quemadores necesitarían mayor capacidad o más tiempo para calentar más aire en el túnel. Una disminución de la cantidad de aire fresco bajaría el nivel de oxígeno del aire del túnel y que es necesario para el proceso de secado, el nivel de vapores de solventes se incrementaría peligrosamente poniendo en riesgo la seguridad de la instalación.

Así como el aire fresco es alimentado al horno, de la misma manera se debe extraer el "aire gastado" del interior del horno. El aire gastado puede

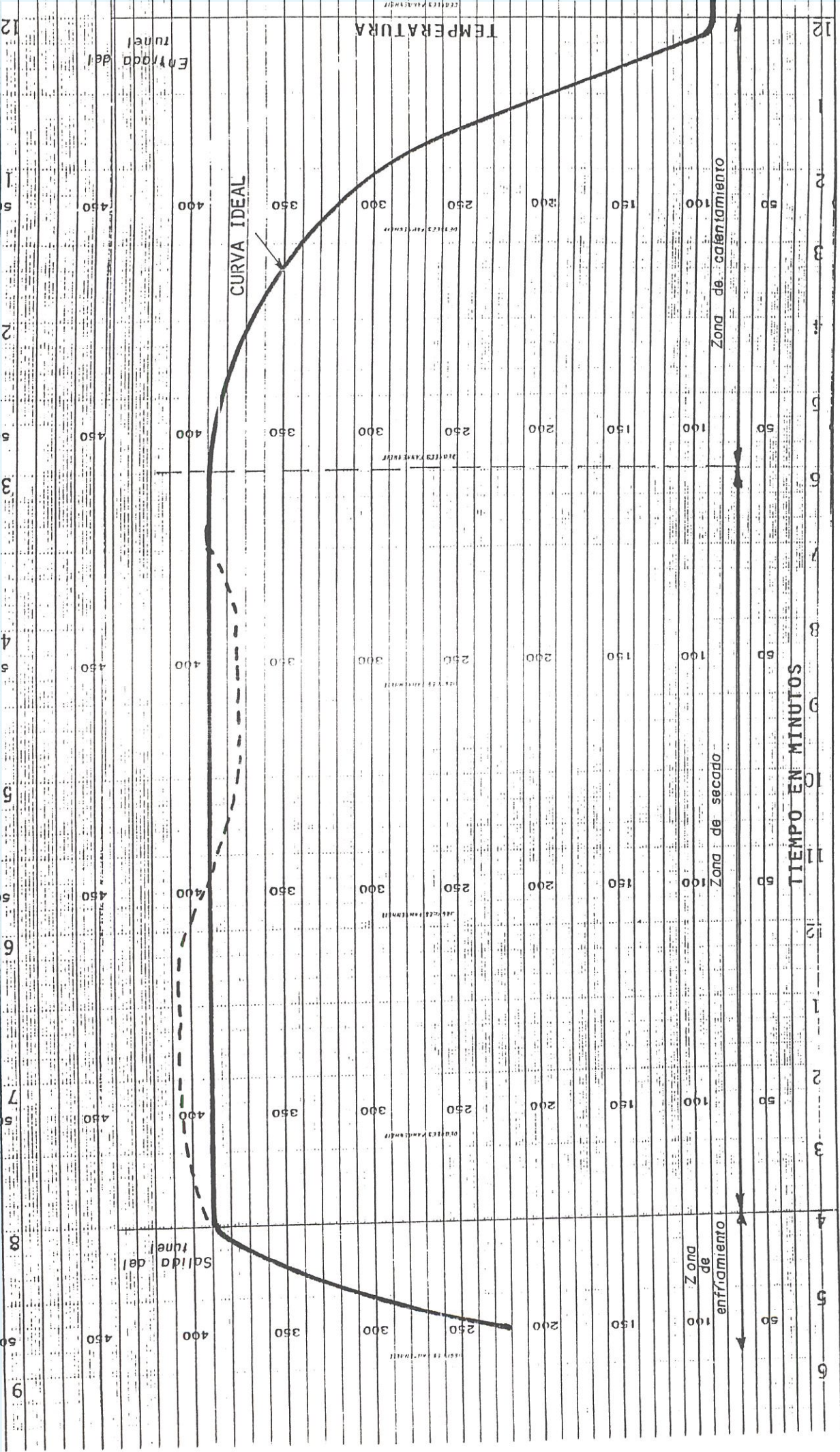


FIGURA No.8 DESBALANCE DE FLUJO DE AIRE DE VENTILADOR.

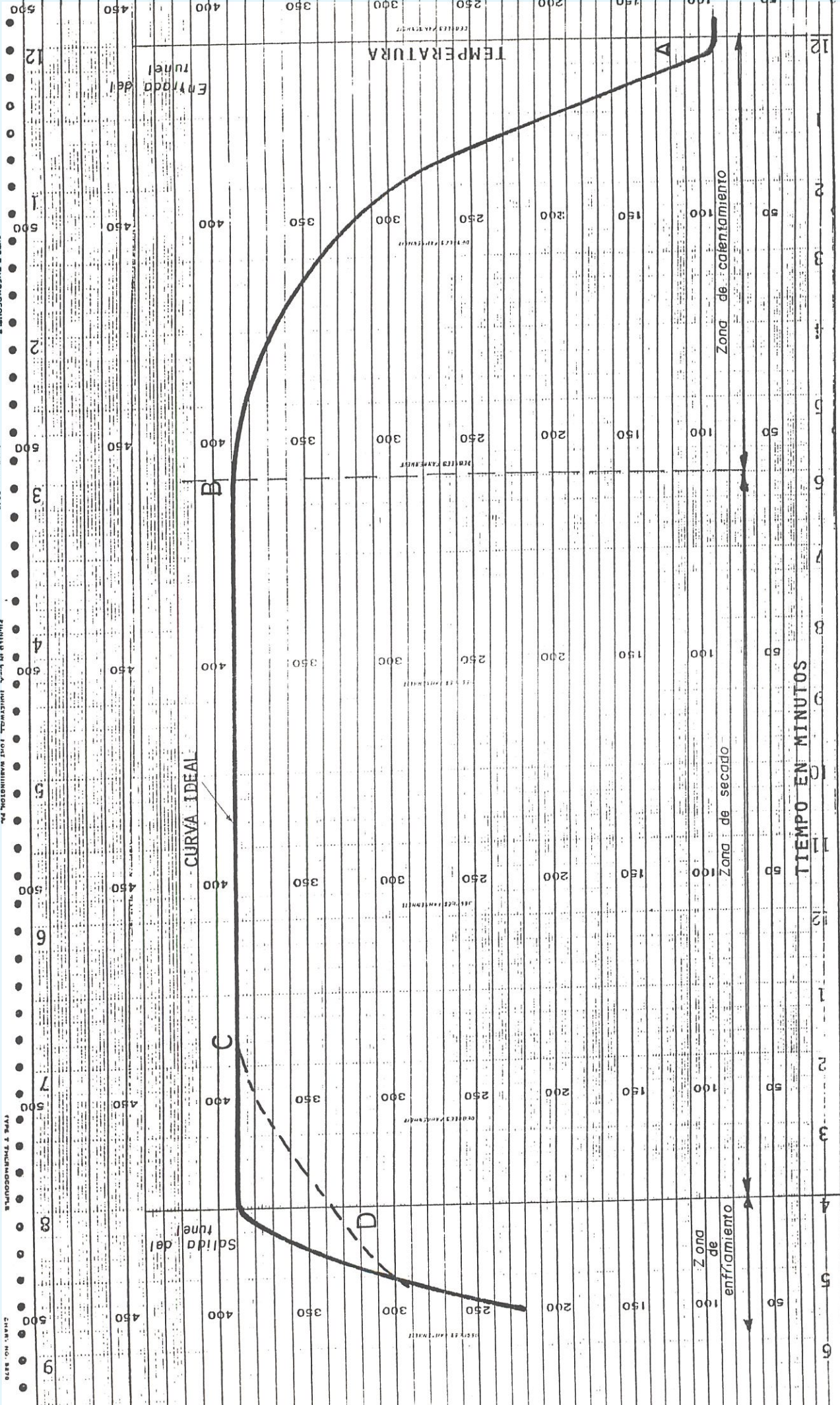


FIGURA No.9 INGRESO DE AIRE FRÍO POR EL FINAL DEL TÚNEL.

entenderse como el aire que se ha utilizado en la combustión y que ha recirculado en el túnel.

b) Variaciones de temperatura.

El nivel de temperatura de secado debe mantenerse dentro de un rango de $\pm 10^{\circ}\text{F}$ de la temperatura ideal, esto de acuerdo con las normas de fabricación. Las variaciones de temperatura en un mismo trabajo pueden producir distintos tonos de color en el acabado de la película de barniz.

En la figura No 10, de la curva se nota que la zona de horneo B - C presenta un aumento de la temperatura ideal.

Un aumento de la temperatura de secado puede dañar la película de barniz haciéndola dura y frágil, causando cambios de color en barnices dorados, amarilleo en tintas y fondos blancos. Películas de vinilo y organosol resultan particularmente sensitivas a sobrehorneo ya que a determinadas temperaturas ellas son susceptibles de degradación térmica, la cual se acelera en contacto con el acero. Esta descomposición toma forma de puntos y manchas negras en la película. Excesivas temperaturas sobre la lámina pueden incluso causar



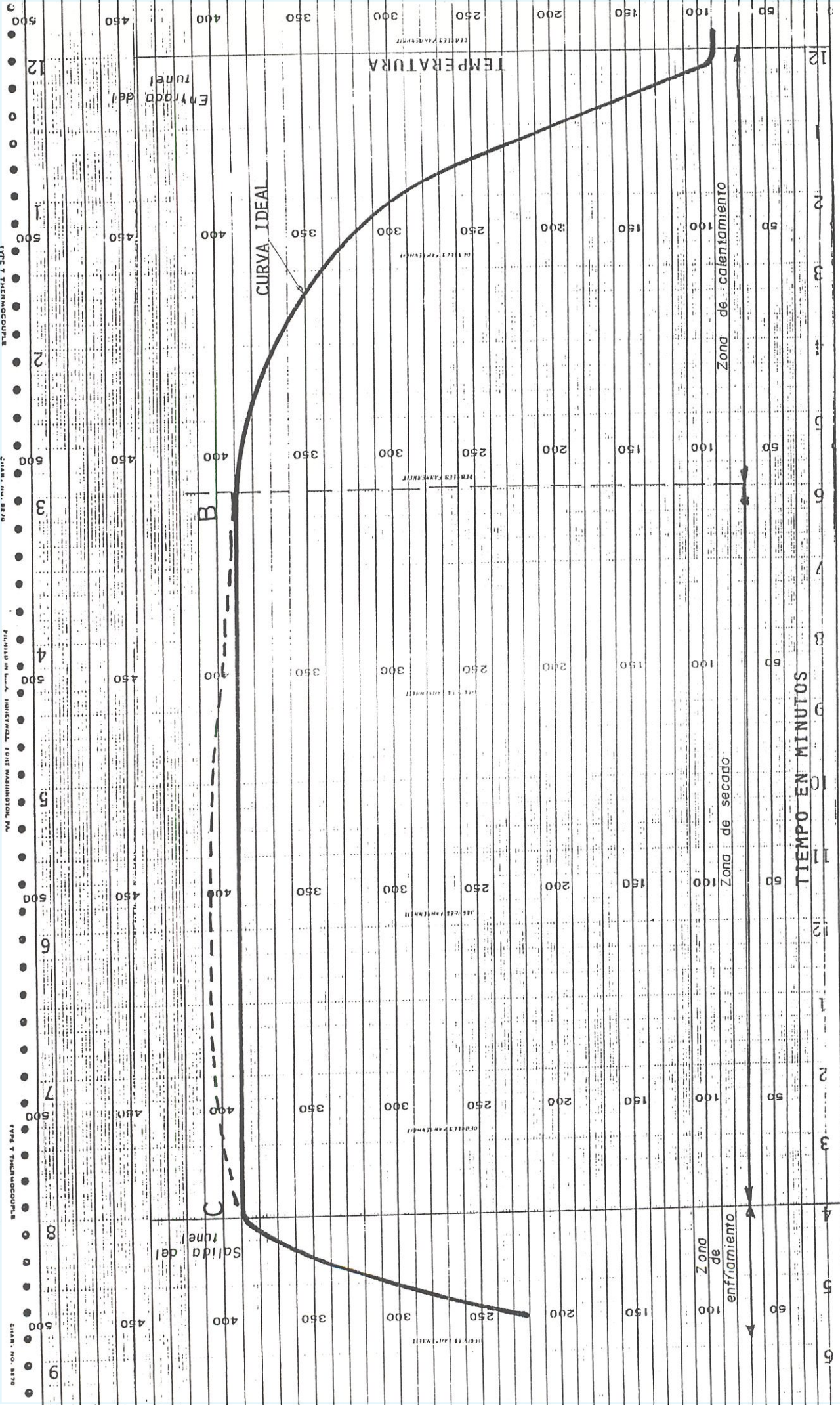


FIGURA No.10 EXCESO DE TEMPERATURA EN LA ZONA DE SECADO.

descomposición de la película de estaño original.

En la figura No. 11 se observa una caída de la temperatura de secado en la sección B - C lo que significa una disminución de temperatura en la zona de horneo.

En caso de ocurrir una disminución del nivel de temperatura de secado no logrará realizarse la polimerización de la película de barniz.

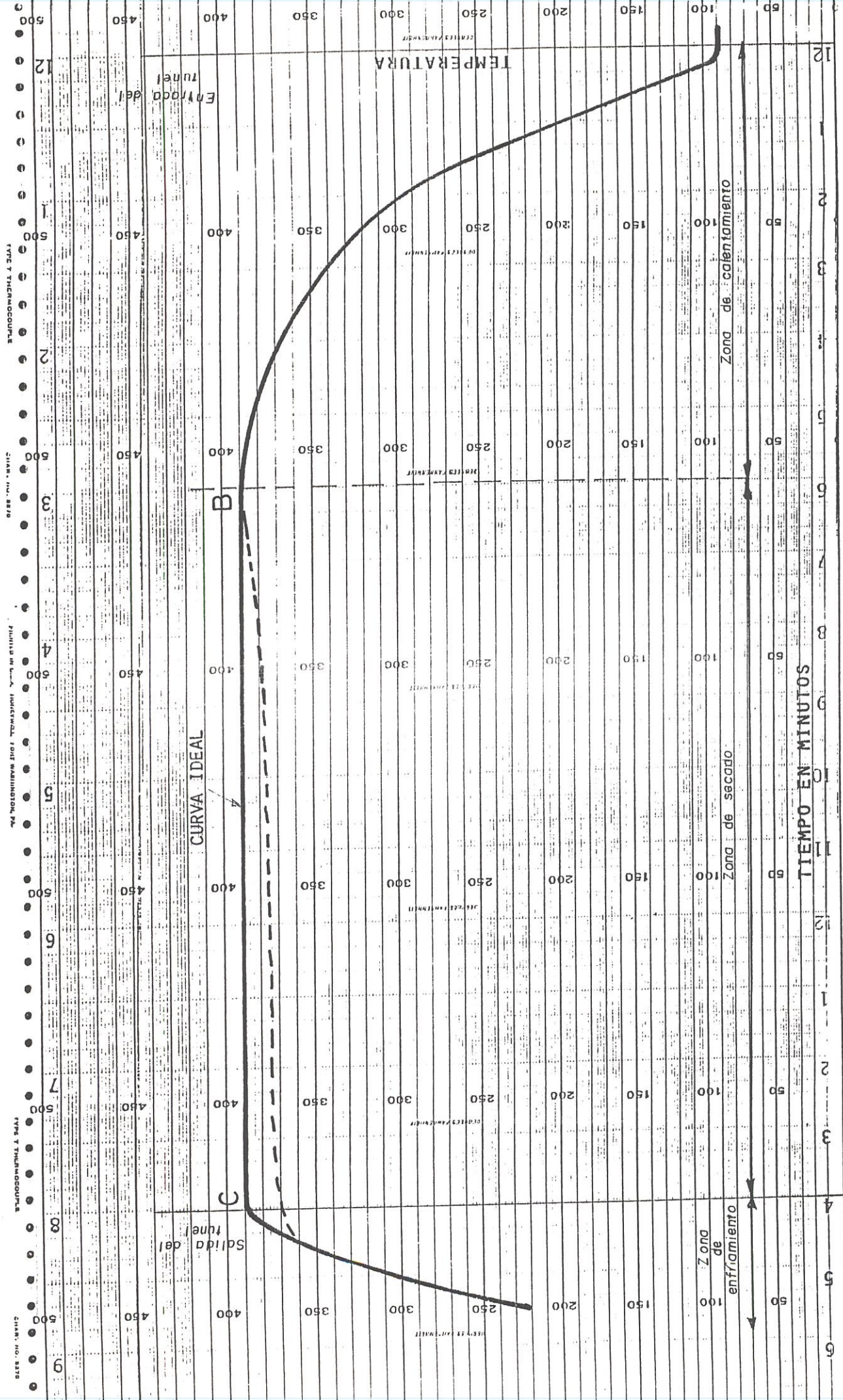
Algunos materiales sintéticos se secan con varias combinaciones de oxidación, evaporación de solventes y polimerización por calor de acuerdo a la estructura de su resina básica. La polimerización es un proceso químico en cadena de grandes moléculas de resina, este proceso de cura es una función solamente de temperatura y tiempo.

En la parte inicial del secado - calentamiento - se produce la evaporación de solventes y en la mayoría de los productos modernos es seguida por un cambio en la estructura química que finalmente desarrolla al máximo las propiedades de resistencia química y física. Con todos los barnices es necesario dar un completo horneo para obtener las propiedades deseadas, pero es de



BIBLIOTECA

FIGURA No.11 DISMINUCIÓN DE TEMPERATURA EN LA ZONA DE SECADO.



particular importancia con las lacas polimerizadas totalmente, tales como las fenólicas o epoxifenólicas. Dependiendo de su tipo de resina hay una temperatura crítica de secado y por debajo de esta temperatura, aunque la película puede secarse, no estará completamente polimerizada y no desarrollará en forma total sus resistencias química y física.

Debe notarse que si un horneado inicial se realiza a una temperatura justamente debajo de su temperatura crítica de secado, puede producirse la polimerización parcial, lo cual evita una cura completa aún después de rehornear a altas temperaturas. Este fenómeno es conocido como blackin. Por esta razón cuando tales barnices son aplicados en dos capas o en ambos lados de la lámina, la primera aplicación es normalmente procesada entre 30°F y 40°F menos de la temperatura crítica de secado, esta temperatura evita toda posibilidad de blackin, pero es suficiente para secar el barniz y permitir el almacenamiento de la láminas. El horneado de la segunda aplicación se puede realizar sin problemas y preferible a unos 10°F más que la temperatura crítica y a esta temperatura ambas películas son polimerizadas simultáneamente.

Existe otra buena razón para el uso de baja temperatura en la primera aplicación y es para evitar posibles problemas de poca adhesión del barniz sobre el lado inverso. En efecto, la condición superficial de la hojalata virgen puede ser afectada por el calor cuando las hojas pasan a través del horno a altas temperaturas. Si el secado del primer lado se realiza a temperatura completa, la adhesión del material de revestimiento aplicado sobre el lado inverso puede reducirse.

En la figura No. 12 se presenta una curva donde la temperatura en la zona de calentamiento es menor que la ideal. En estos casos el tiempo efectivo de secado se disminuye al necesitar mayor tiempo la lámina para llegar a la temperatura ideal de horneado.

En la curva de la figura No. 13 se aprecia que la zona de calentamiento tiene un aumento de temperatura exagerada llegando a pasar el límite de temperatura máxima. Esto puede ocurrir cuando los termómetros o registradores de temperatura de la zona de calentamiento presentan una lectura falsa por deterioro o uso prolongado sin revisiones periódicas.



BIBLIOTECA

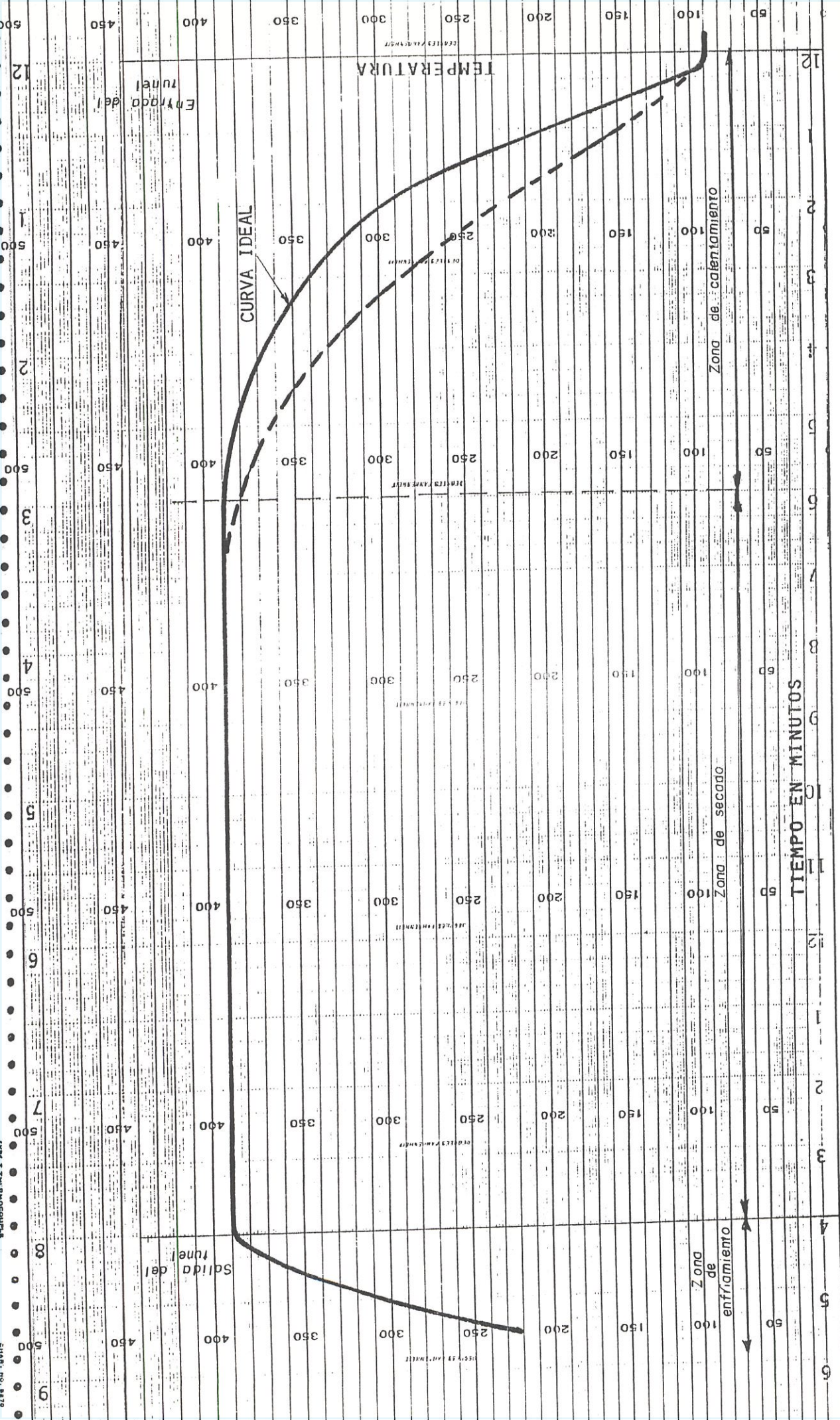


FIGURA No.12 MENOR TEMPERATURA EN LA ZONA DE CALENTAMIENTO.

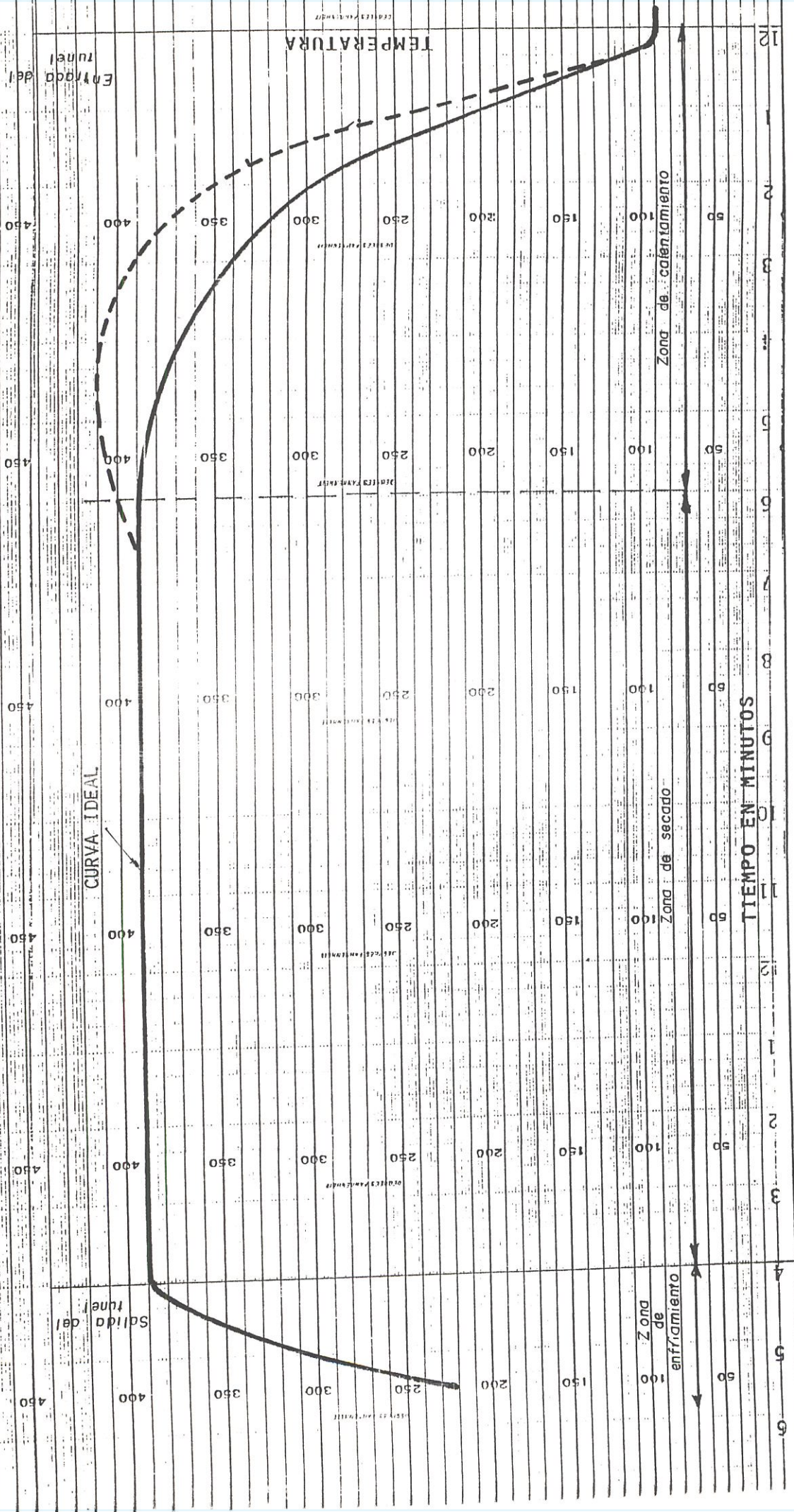


FIGURA No.13 TEMPERATURA MUY ELEVADA EN LA ZONA DE CALENTAMIENTO.



BIBLIOTECA

Generalmente cuando se presentan problemas de variación de color, adhesión o cambio de dureza en los revestimientos aplicados a las láminas, puede existir un error en el control de la temperatura de procesamiento, por cuanto los termómetros y registradores están fabricados con mecanismos que son susceptibles de fallas, desgastes o ajustes incorrectos. La lectura de temperatura de estos instrumentos no está de acuerdo con la temperatura real; los procesos por eso se realizan a distintas temperaturas que las codificadas.

Otra razón importante para las fallas de temperatura son las regulaciones que tienen los quemadores con respecto a las posiciones de fuego alto y fuego bajo. Si la capacidad del quemador está muy disminuida en fuego bajo, la temperatura media de proceso estará en el nivel requerido pero la temperatura real tendrá un rango de oscilación muy alto llegando en casos a variar hasta 15 F de su punto medio de temperatura y en períodos muy extensos. Se puede apreciar esta variación en la figura No. 14.

c) Variaciones de tiempo de secado.

Se puede llevar un control de la temperatura del

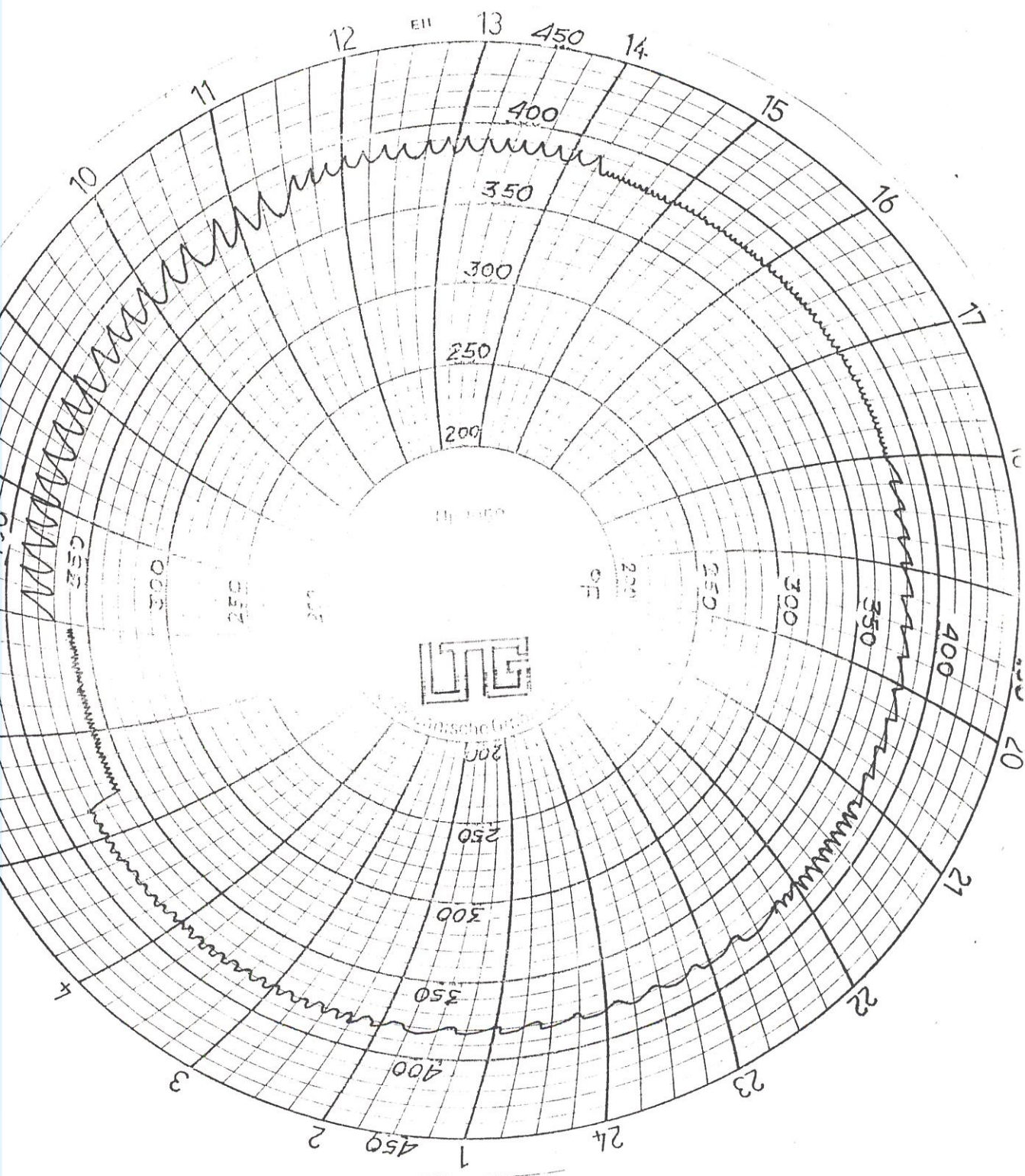


FIGURA No.14 GRÁFICO DE VARIACIONES DE TEMPERATURA EN 24 HORAS.

horno por medio de termómetros colocados en el frente del mismo y por medio de registradores gráficos de temperatura diarios, ver figura No. 13 pero estos solamente muestran la temperatura en un punto fijo. Las variaciones de tiempo solo se pueden observar en las curvas de horneo.

Normalmente la cadena transportadora del horno se mueve a la misma velocidad de la máquina aplicadora de barniz o tinta, esta es la velocidad de sincronización. Cuando la máquina aplicadora falla se detiene, y la cadena del horno continúa en movimiento a distinta velocidad para descargar las láminas del horno. La velocidad de sincronización depende del trabajo a realizarse, si es aplicación de tinta o barniz sobre hojalata o aluminio. Por esta razón se debe especificar en la curva temperatura - tiempo la velocidad de producción de la máquina. Las velocidades de producción pueden variar de 45 a 70 láminas por minuto. La velocidad de la cadena del horno cuando no está sincronizado generalmente es de 60 láminas por minuto.

Cuando ocurren paradas frecuentes en el proceso de producción, la cadena del horno variará su velocidad, en los mismos intervalos de las

paradas, produciéndose un mal curado de la lámina por sobrehorneo a un tiempo mayor que el necesario o un bajo horneo si el proceso de secado se ha estado realizando a menor velocidad que la de la cadena transportadora en no-sincronizado.

Cuando se obtiene una curva de temperatura - tiempo es necesario que se haga a la velocidad de producción normal y anotarlo en la hoja, de esta manera, se puede comparar cuanto tiempo se aumenta o disminuye el proceso de secado por una disminución o aumento de velocidad en la máquina transportadora. En la figura No. 15 la curva representa un aumento en el tiempo de secado debido a la disminución de velocidad.



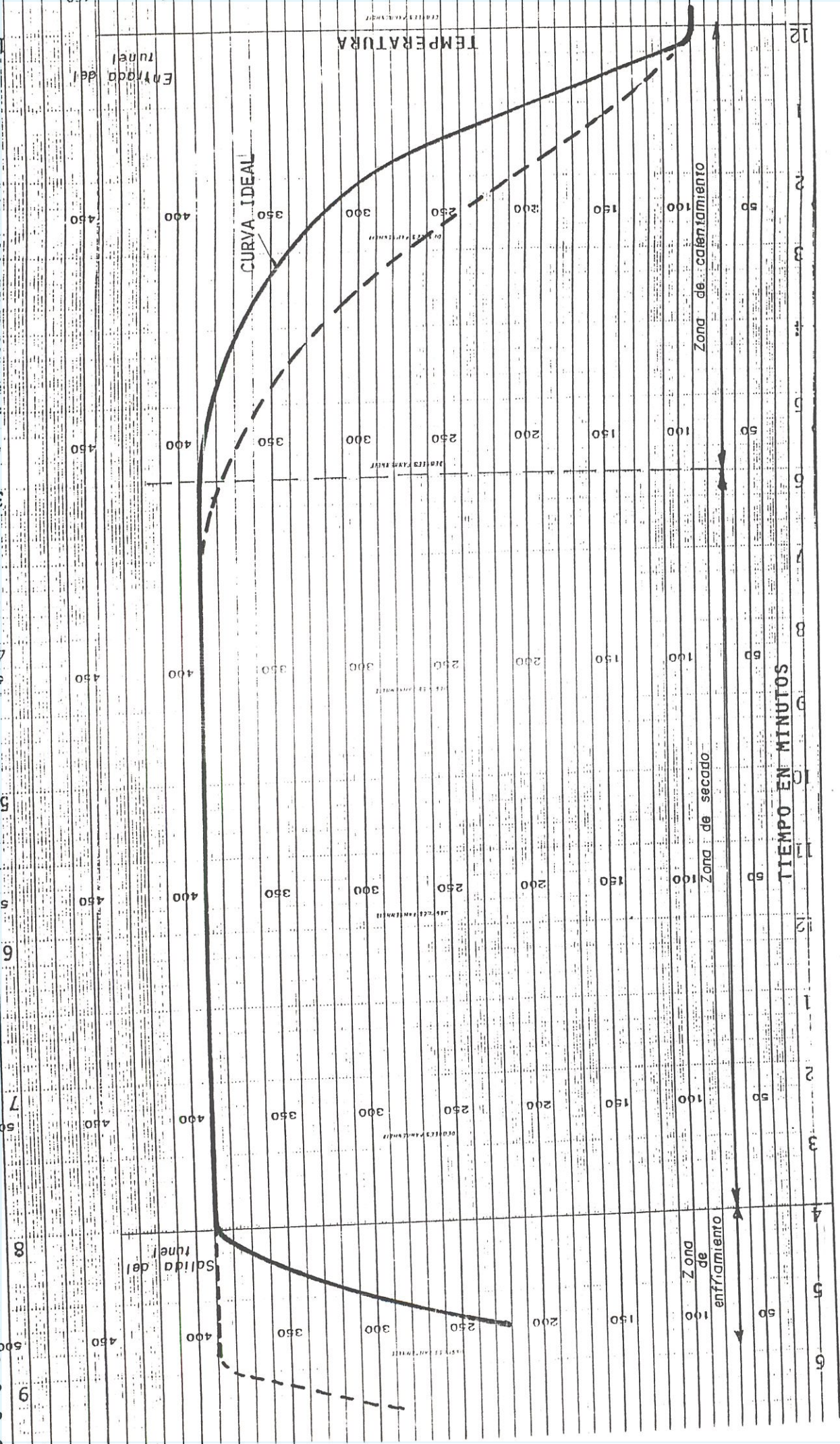


FIGURA No15 DISMINUCIÓN DE VELOCIDAD EN EL TRANSPORTADOR.

CAPITULO III

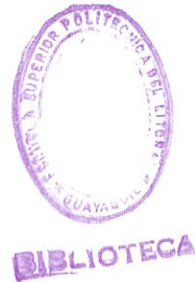
PROCEDIMIENTO PARA CORREGIR LOS PROBLEMAS DE SECADO OBSERVADOS DE LAS CURVAS DE TEMPERATURA.

3.1. DESCRIPCION DEL HORNO.

a) Zonas del horno.

El horno para el secado de las láminas tiene un túnel de 27 metros de los cuales 9 metros se utilizan en el calentamiento previo de la lámina hasta llegar a la temperatura de secado ideal, y los 18 metros restantes se utilizan para el proceso de secado efectivo. Despues del túnel de secado viene la sección de enfriamiento de las láminas y la mesa de descarga de las hojas.

Los ventiladores y cámaras de calentamiento están ubicados en la parte superior del horno. En la figura No. 16 se representa una vista lateral del horno. Dentro del horno la lámina va avanzando por zonas, donde diversos efectos se realizan sobre ella; estas zonas identificadas por ese efecto se describen a continuación:



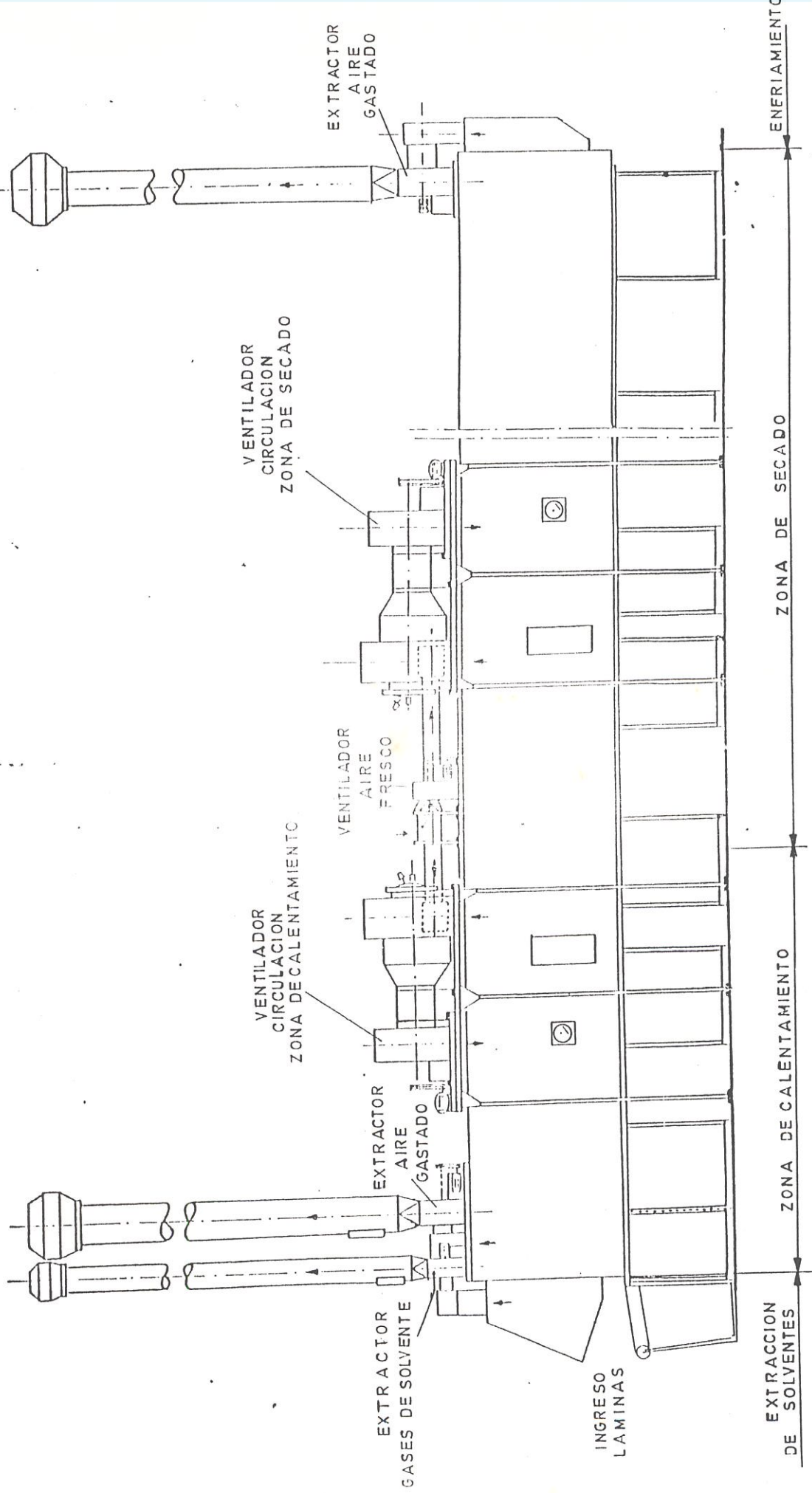


FIGURA No.16 VISTA LATERAL DEL HORNO.

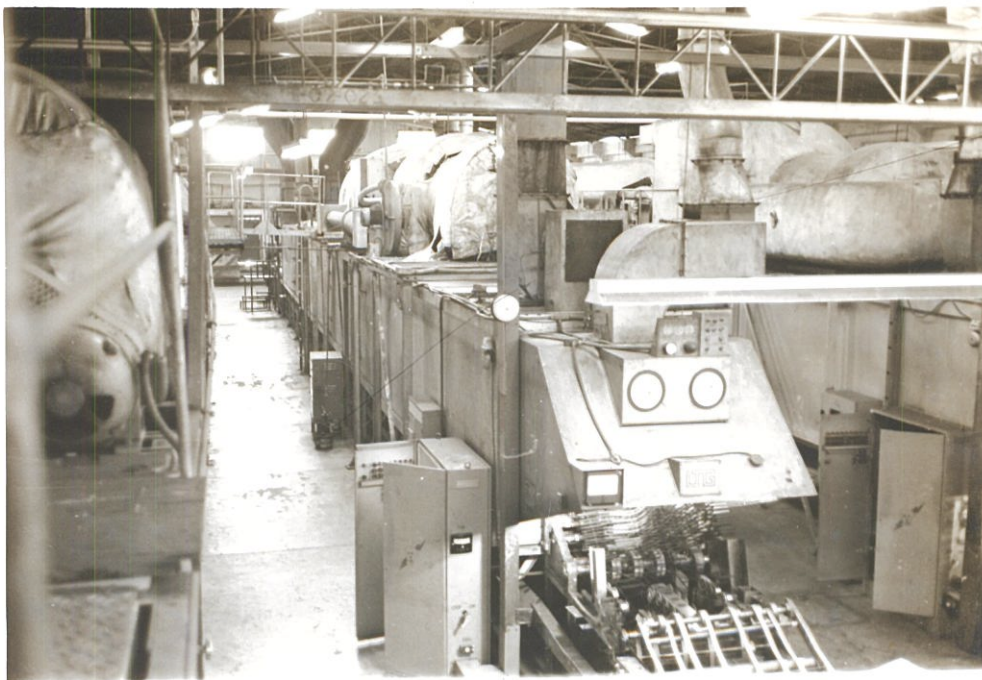
Zona de Extracción de Solventes No.1.

Esta es la primera sección del horno y en ella se trata de extraer los solventes que se utilizan como medios para controlar la aplicación de la película de barniz. Esta extracción debe realizarse lo más rápidamente posible antes de que la hoja llegue a temperaturas más altas y para evitar que estos vapores de solvente vayan al flujo interior del horno donde serían peligrosos.

Existe un extractor de tipo centrifugo que se encarga de tomar los vapores para enviarlos al exterior. Para facilitar el trabajo del extractor se ha construido en la entrada del horno una especie de campana que encierra a la hoja dándole más efectividad al extractor, pues evita que arrastre demasiado aire exterior y no precisamente los gases de solvente. (ver figura No. 17).

Zona de Calentamiento No. 2

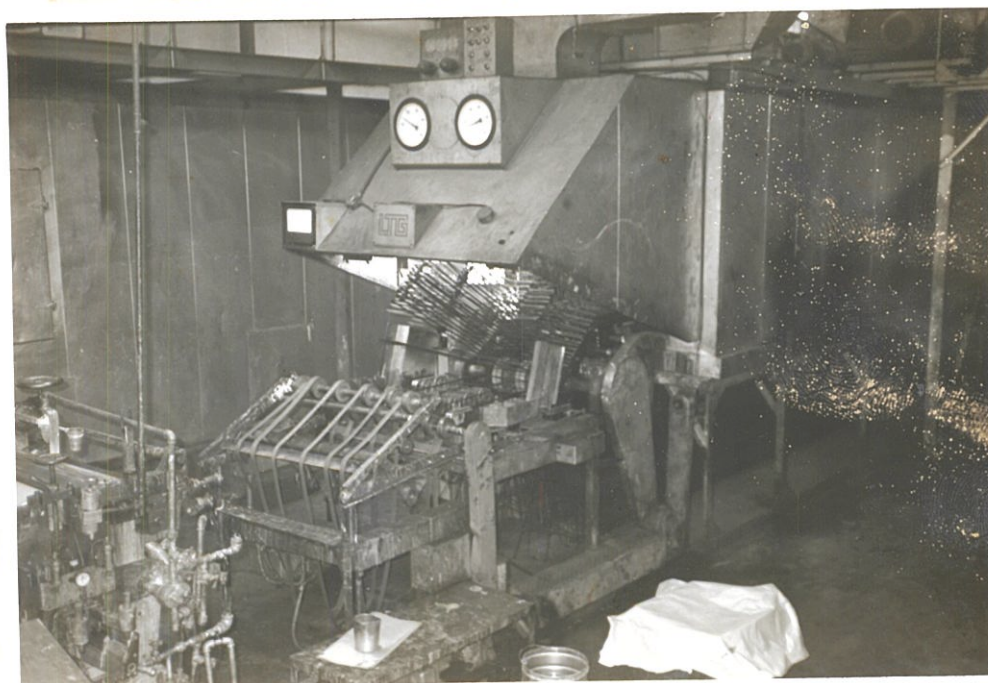
El propósito de esta zona es llevar las láminas barnizadas y decoradas a la temperatura de secado, tan rápido como sea posible. Esto es realizado por el aire caliente que es enviado al túnel de secado. El calor es conducido de la siguiente



VISTA GENERAL DEL HORNO



BIBLIOTECA



ENTRADA AL HORNO Y CAMPANA DE
EXTRACCION DE GASES DE SOLVENTE

FIGURA No.17

manera: cámaras calentadoras con quemadores de kerosene, están ubicadas en la parte superior del horno. Aire fresco mezclado con aire de recirculación calentado por los quemadores es soplado por un ventilador centrífugo hacia los ductos de distribución extendidos en toda la longitud de la zona de calentamiento. Estos ductos ubicados en la parte superior del túnel descargan el aire por medio de toberas hacia abajo por donde están transportándose las láminas.

El aire caliente luego de circular por las láminas es retornado hacia la cámara de calentamiento por el centro del túnel. La distribución del aire es controlada por medio de reguladores y deflectores como se explicará más adelante.

Zona de Horneo No. 3

Esta zona se usa para mantener la lámina a la temperatura requerida por el tiempo apropiado que definan los códigos. El proceso de distribución del aire es igual que en la zona de calentamiento, el calor es distribuido a las láminas por medio de aire caliente que es descargado por ductos ubicados en la parte superior del túnel. Este aire es succionado por la parte central superior

del túnel, por un ventilador centrífugo y mezclado en la cámara de combustión con los gases calientes para ser nuevamente calentado y recirculado.

Zona de enfriamiento No. 4

Después que las láminas salen de la zona de horneado, entran a la zona de enfriamiento. En esta sección aire del exterior forzado por ventiladores y un sistema de ductos, se envía hacia las láminas. El aire ambiente ingresa por la parte inferior de las hojas y se extrae por otro ventilador que lo devuelve al exterior por medio de un extractor (Ver figura No. 18). Las láminas deben enfriarse para evitar que el barniz o la tinta las pegue unas con otras en el apilado y para propósitos de control u observación puedan ser manejadas fácilmente por el operador.

b) Sistema de Transporte de Hojas

Las láminas barnizadas son llevadas al interior del horno y luego del proceso de secado, descargadas del mismo por un sistema de transporte de cadena de rodillos y parrillas.

La cadena de rodillos tiene adosada en sus

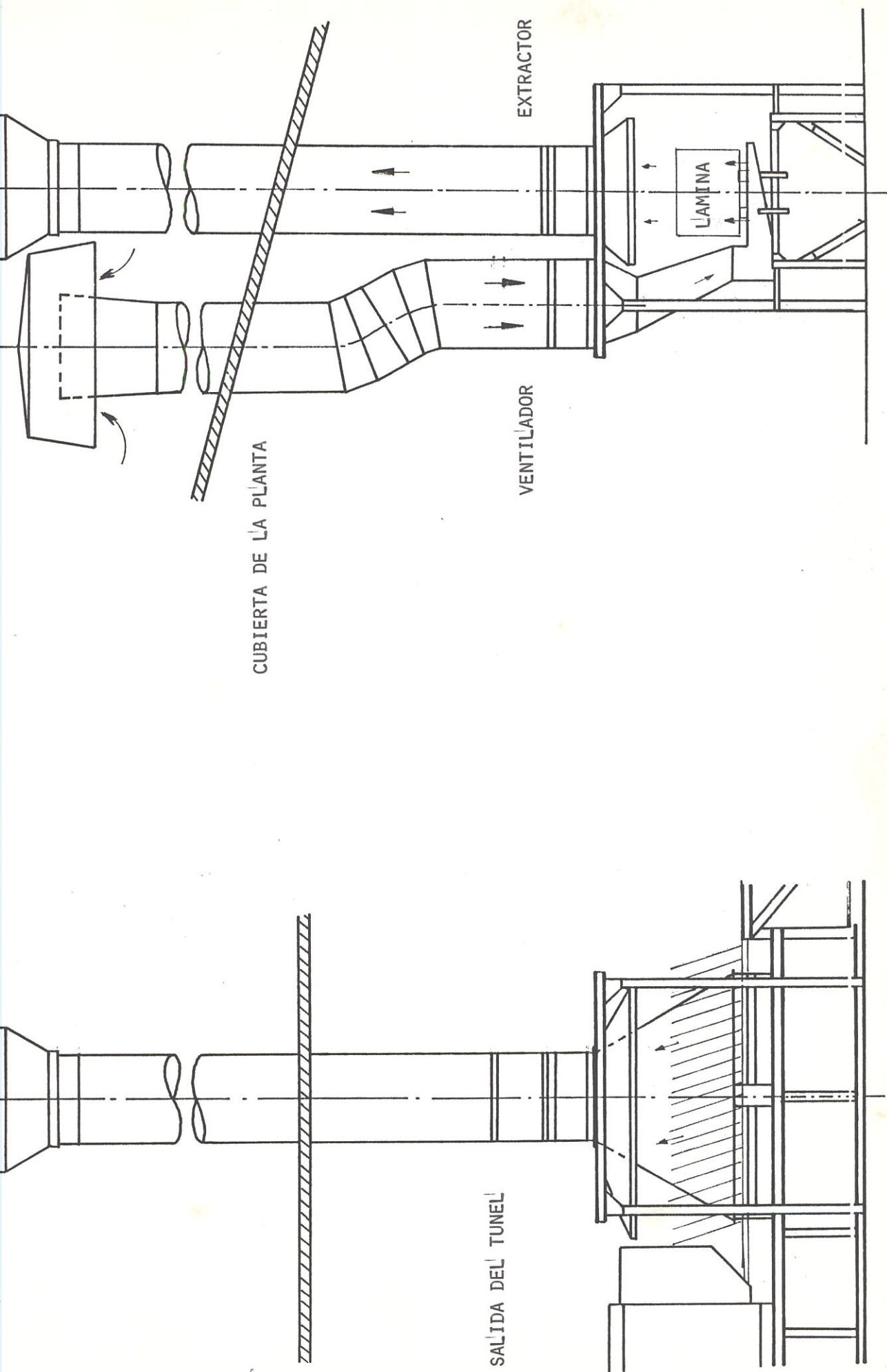


FIGURA No.18 ZONA DE ENFRIAMIENTO.

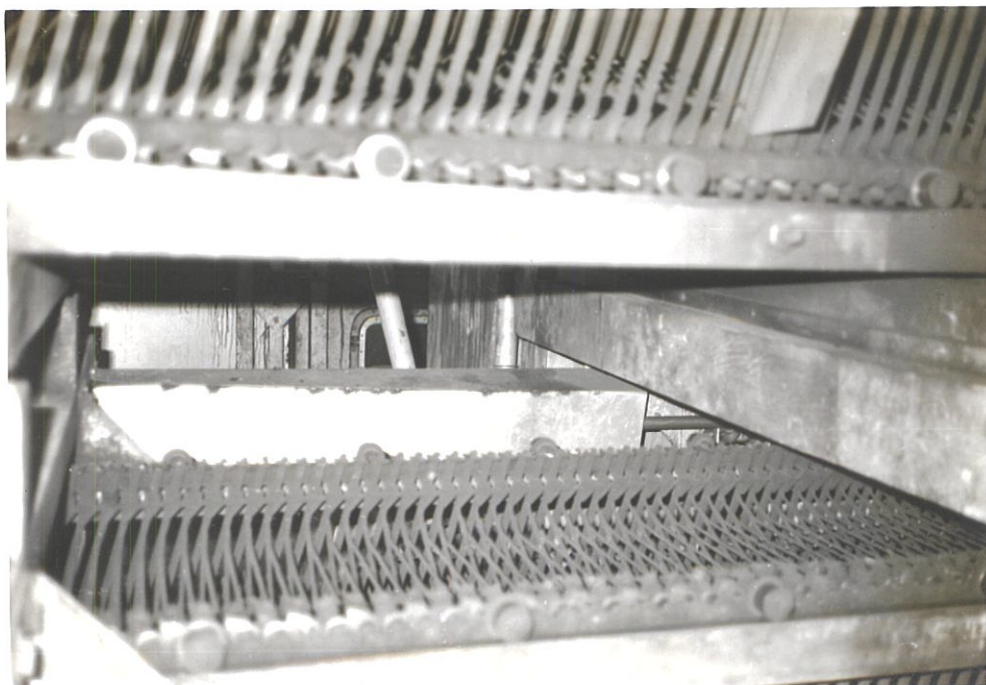
costados ruedas de acero con bocines de carbón las cuales se deslizan sobre rieles instalados a lo largo del túnel; es de paso 1" y lleva en cada eslabón orejas para instalarles un armazón de varillas de hierro denominadas parrillas.

Cada lámina utiliza una parrilla. Cada parrilla sostiene la lámina en posición vertical y con una ligera inclinación de 18° para permitir que el aire en su circulación golpee efectivamente a la lámina y a su vez sea dirigido hacia la parte de alimentación del horno. Como la cadena es de paso 1" y en cada eslabón se ubica una parrilla, en consecuencia las láminas están separadas entre si la misma distancia que el paso de la cadena.

La cadena es impulsada por un motor de 3HP; la velocidad de la cadena se mide en láminas o parrillas por minuto y es de 60 láminas o parrillas por minuto entrando al horno en no-sincronizado. (Ver figura No. 19).

c) Sistema de Calentamiento

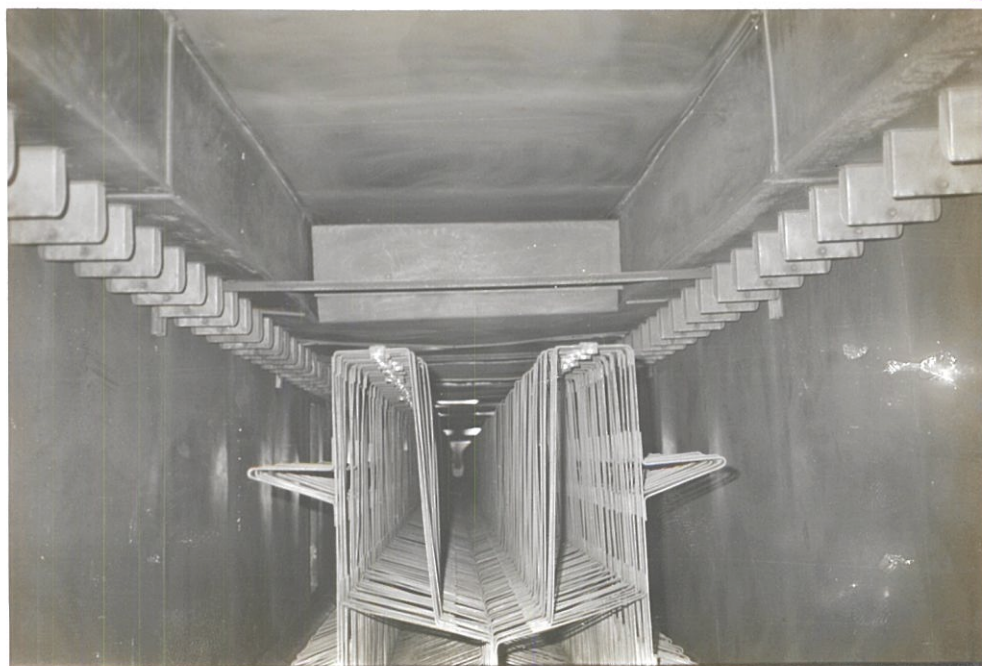
El sistema para calentamiento del aire de secado está principalmente compuesto de dos quemadores de combustible líquido (kerosene), estos quemadores



SISTEMA DE TRANSPORTE DE HOJAS
CADENA Y PARRILLAS



BIBLIOTECA



VISTA DEL INTERIOR DEL TUNEL
TOBERAS DE AIRE CALIENTE Y PARRILLAS

FIGURA No.19

son de calentamiento directo, es decir el gas de la combustión es mezclado con el aire caliente de recirculación y entonces suministrado directamente al túnel de secado por los ductos y toberas. Por eso es muy importante que la combustión se realice de manera correcta para evitar formaciones de carbon u hollín en el interior del túnel, y sobre las láminas. (Ver figura No. 20).

El quemador es modelo SLE fabricación alemana, marca LTG y es un diseño especial de quemador. El color de la llama es similar a la llama de un quemador de gas. El combustible es succionado y atomizado por aire comprimido a una presión máxima de 6 atmósferas. En la carcasa de diseño especial del quemador una neblina de combustible líquido es mezclado con aire secundario, vaporizado y quemado en forma gaseosa en la boquilla de descarga. Debido a esto una combustión completa y libre de hollín se realiza. Para el encendido un par de electrodos que proporcionan una chispa de alto voltaje se ubican en la tobera que actúa como piloto. (Ver figura No. 21).

La cámara de combustión posee un quemador con dos toberas y una de ellas se utiliza como piloto y es la que posee los electrodos y el detector de

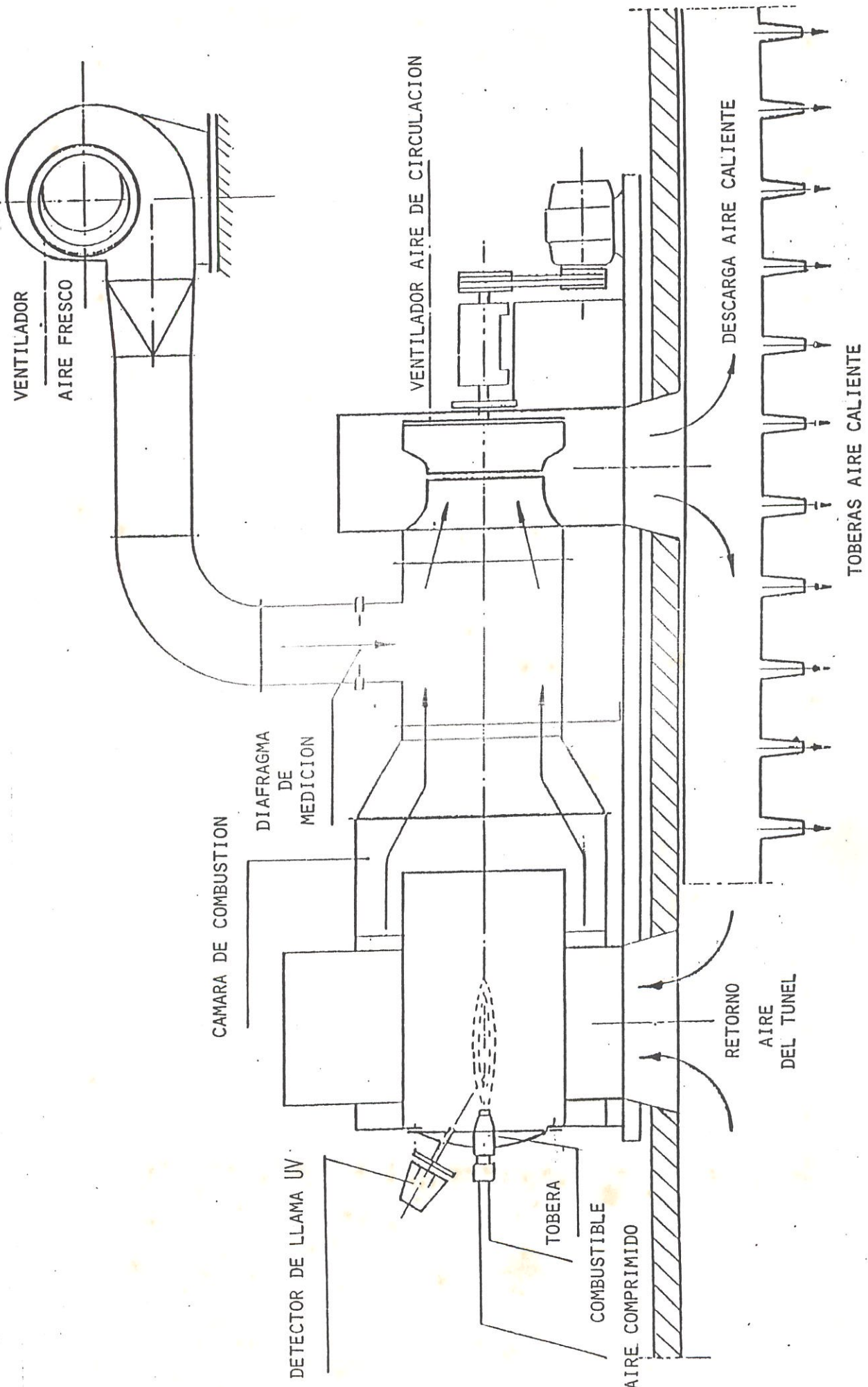
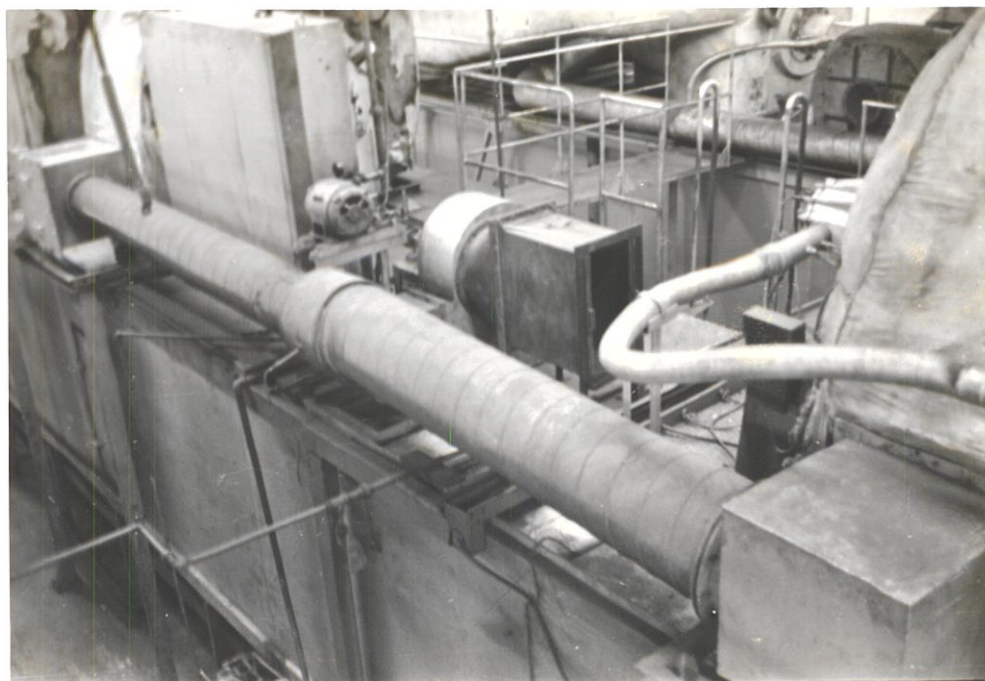
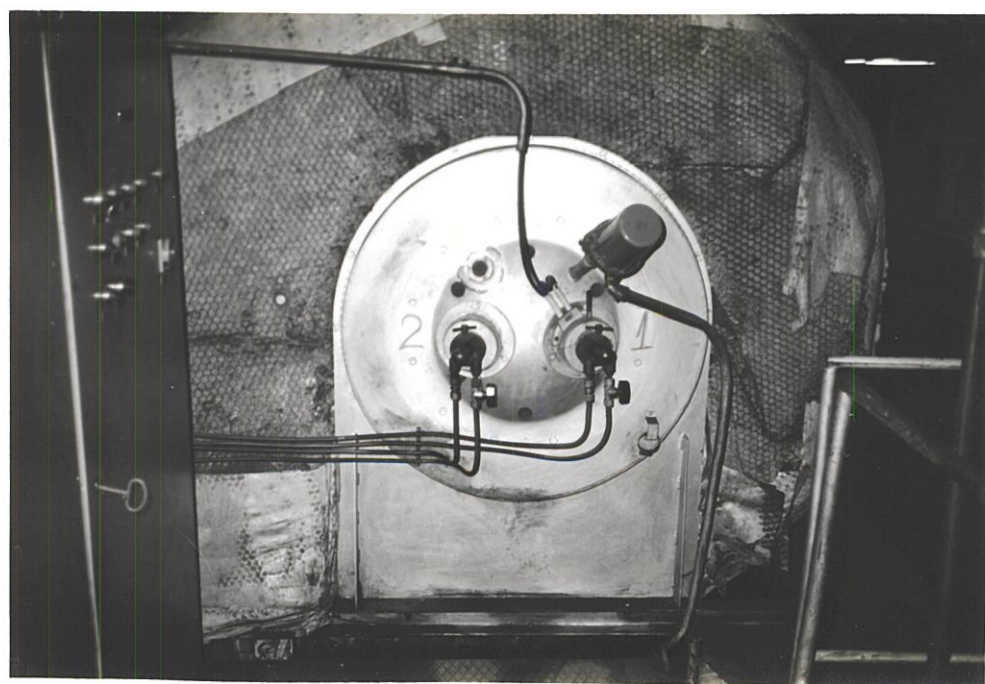


FIGURA No.20 SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y CIRCULACIÓN DE AIRE.



VENTILADOR DE AIRE FRESCO Y DUCTOS



QUEMADOR CON TOBERAS 1 Y 2

FIGURA No. 21

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA
BIBLIOTECA

llama tipo ultravioleta; la otra se enciende por llama directa ya que empieza a funcionar en secuencia cuando el piloto ya ha encendido.

El aire caliente es succionado del túnel de secado por el ventilador de circulación de aire hacia la cámara de combustión. Cuando la combustión del kerosene se realiza, el gas caliente producido se mezcla con el aire de retorno. Al pasar de este sitio hacia el ventilador de aire caliente, una cierta cantidad de aire fresco es suministrado por un ventilador que toma aire del ambiente (Ventilador de aire fresco); la cantidad de aire se controla por una placa en el ducto de conexión entre la cámara de combustión y el ventilador de aire caliente o de circulación. El aire succionado por el ventilador de aire caliente consiste de aire de retorno, gas de combustión y aire fresco; esta mezcla se envía al túnel de secado. Esto es llamado calentamiento directo.

3.2. PROCEDIMIENTO PARA EL BALANCE DE FLUJOS DE AIRE

El balance de los flujos de aire dentro del horno es necesario para realizar una correcta distribución del calor a las láminas en todo su recorrido.

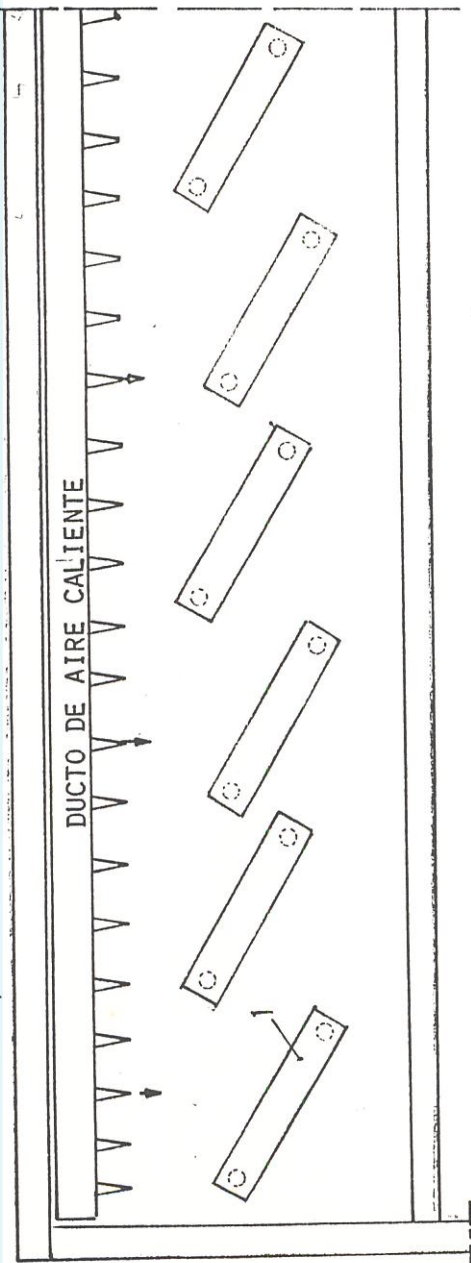
En las figuras 4, 5 encontramos diferencias de temperaturas entre los puntos de medición de la hoja.

En el caso de la figura 4 se nota que los puntos inferiores presentan mayor temperatura que los puntos superiores. Ello se debe a la circulación del aire caliente que se desplaza de abajo hacia arriba, de modo que el calor del aire es primeramente transmitido a la parte inferior de la hojalata.

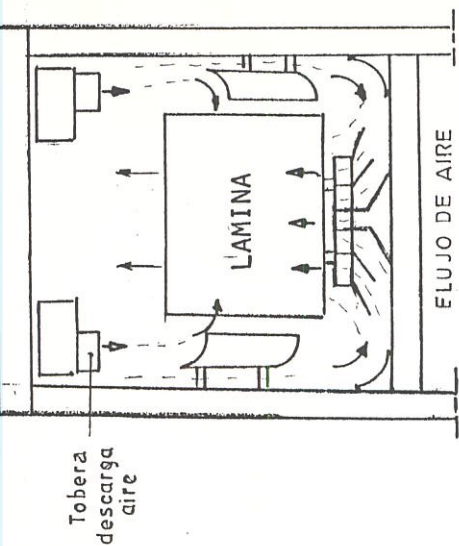
Para evitar que un exceso de aire vaya hacia el inferior de las hojas se colocan unas láminas deflectoras (figura No. 22 posición 1) en la pared lateral del túnel, y su misión es la de enviar una determinada cantidad de aire caliente directamente a la parte superior de la hoja. Estos deflectores deben ser regulables lateralmente para permitir el paso del aire hacia la parte inferior.

En la figura No. 5 donde los puntos 1 y 2 tienen menor temperatura, se deberá abrir las láminas deflectoras para enviar mayor cantidad de aire caliente a la parte inferior de las hojas.

En la figura No. 6 la variación de temperatura es



CORTE A-A



CORTE B-B

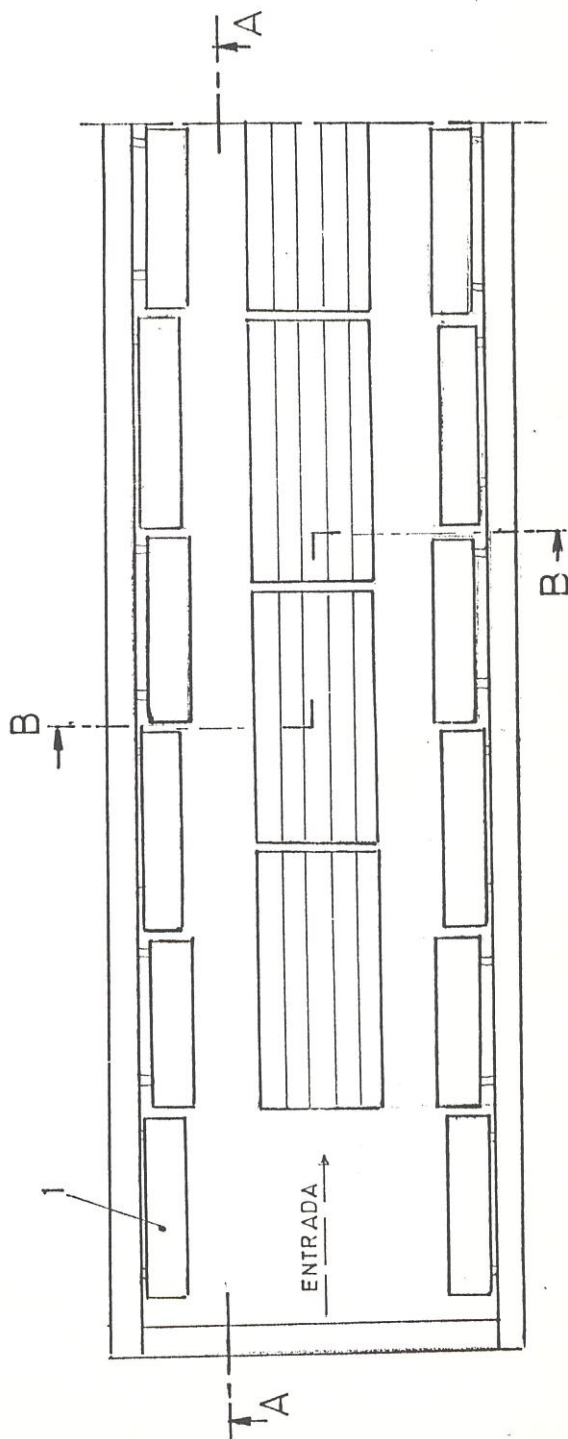


FIGURA No.22 INSTALACION DE LAMINAS DEFLECTORAS LATERALES.

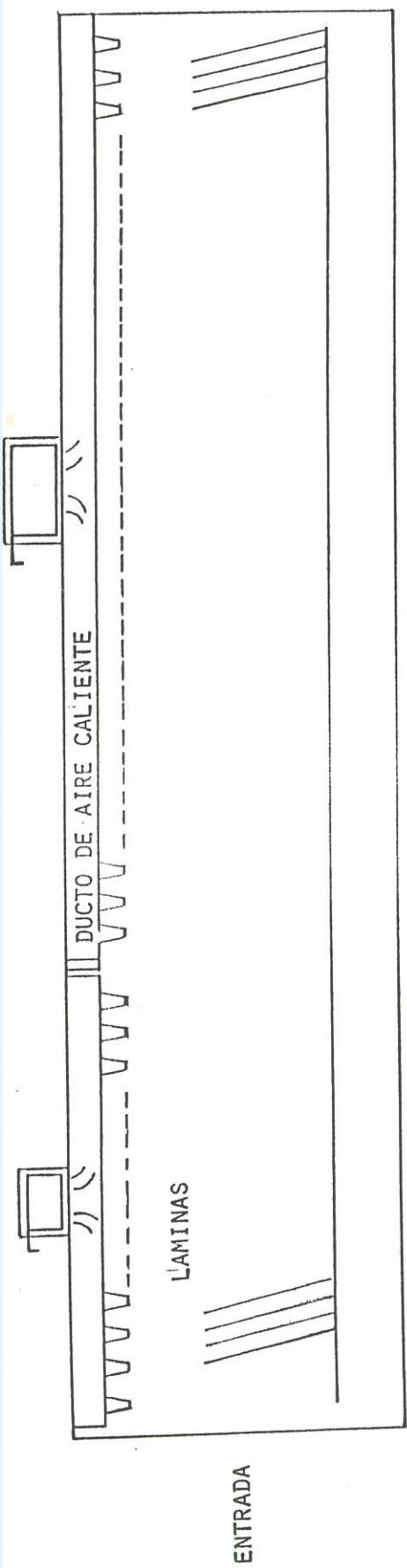


en un costado de la lámina. Los puntos de medición del lado izquierdo 1 y 3 señalan una temperatura mayor a la de los puntos 4 y 2 colocados en el lado derecho.

De producirse este caso debe primeramente verificarse si la presión existente en el ducto de distribución de aire caliente del lado izquierdo es igual a la del lado derecho. Esta presión se mide introduciendo un tubo conectado a un manómetro en las toberas de descarga de aire caliente. De medirse una presión distinta en los ductos de salida del aire caliente izquierdo y derecho, se debe ajustar la compuerta del ducto de descarga del ventilador de aire caliente (figura No. 23 posición 1).

Si la medición da un resultado igual en las dos toberas se debe comprobar la ubicación de las láminas deflectoras laterales que, como se dijo anteriormente, son regulables, corrigiendo su ajuste lo que sea preciso.

En la figura No. 7 se nota un aumento de temperatura entre los 7 y 8 minutos del proceso de secado. El problema de esta curva puede deberse a dos motivos: exceso de abertura en las toberas de



VISTA LATERAL

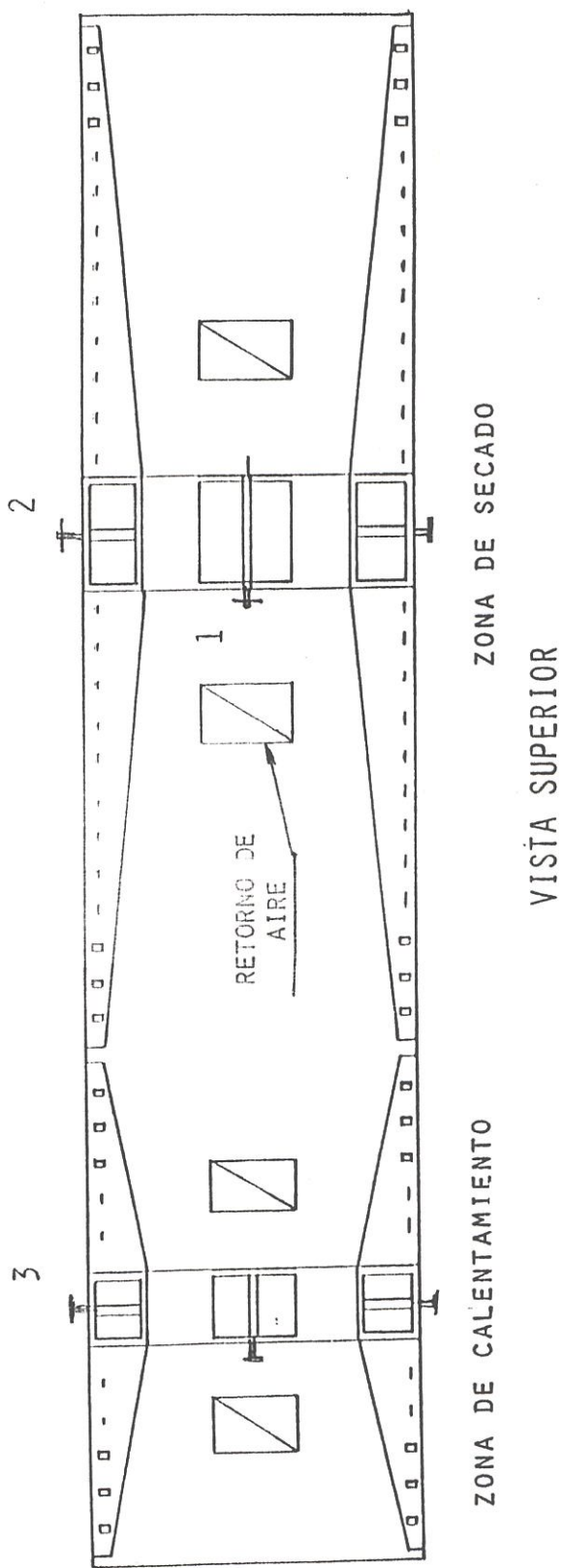


FIGURA No.23 DUCTOS DE DISTRIBUCION DE AIRE CALIENTE.

descarga de aire caliente o restricciones ocurridas en el ducto de retorno del ventilador de circulación de aire caliente; estas restricciones pueden deberse a láminas de poco peso como las de aluminio, que han sido succionadas hacia el orificio de retorno en algun proceso anterior.

En consecuencia es necesario disminuir las aberturas de las toberas en esta zona o revisar el sistema de retorno de aire. Las toberas de descarga de aire caliente están construidas de forma que su abertura transversal o área de descarga pueda ser reducida por medio de un perno, por otra parte, puede ensancharse intercalando una pieza distanciadora, por ejemplo: un pedazo de tubo. Ver figura No. 24. Un procedimiento para encontrar en el horno la ubicación exacta de las toberas que deben regularse es señalar en la curva de secado la longitud del túnel desde la entrada de la hoja hasta la terminación del proceso de secado cuando la hoja sale del túnel. Para la curva de la figura No. 7, por ejemplo: para un horno de 27 metros, encontramos que las toberas que deben regularse están entre los 13,5 y 11,8 metros del túnel.

En la figura No. 8 se observa en la curva una

DUCTO DE AIRE CALIENTE

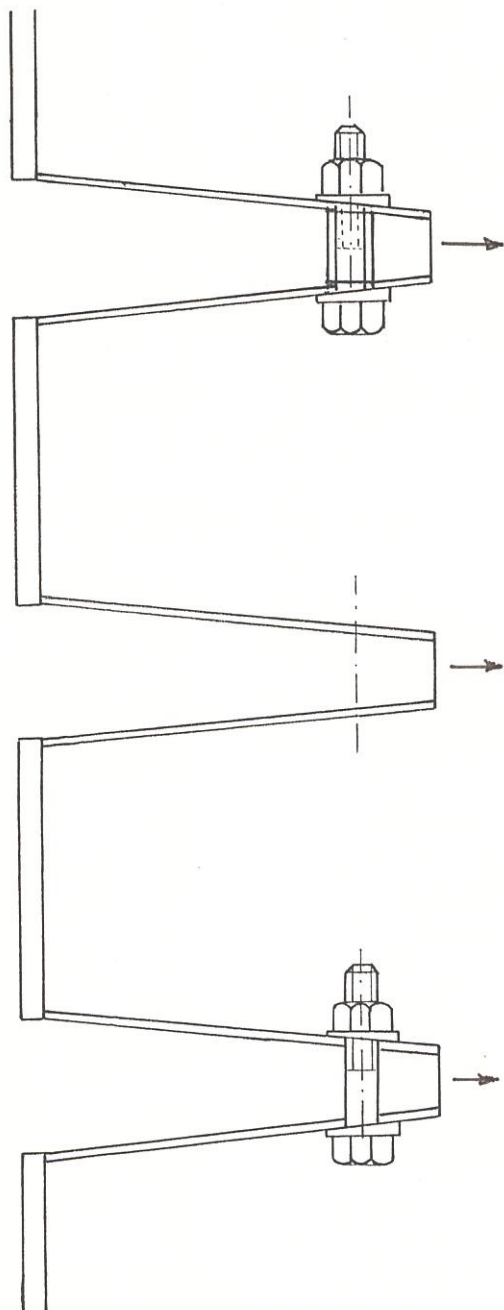


FIGURA No.24 TOBERAS PARA DESCARGA DE AIRE CALIENTE.

disminución de temperatura en el inicio de la zona de secado, mientras que, en la segunda mitad de la zona de secado la temperatura ideal es sobrepasada.

El defecto se elimina alimentando una mayor cantidad de aire caliente al lugar en que la temperatura es insuficiente, y reduciendo la cantidad de aire caliente enviada a la zona en que la temperatura es excesiva.

Esta corrección se hará moviendo las compuertas de regulación (figura No. 23 posición 2) para dar el ajuste requerido. Al cambiar de posición la compuerta permite enviar más aire caliente hacia adelante o hacia atrás. Un ajuste fino, puede realizarse mediante graduación de la abertura de salida de las toberas sopladoras del aire caliente.

En todo caso, para corregir las anomalías indicadas en la figura No. 8, se debe primeramente graduar la compuerta de regulación de modo que envíe una mayor cantidad de aire caliente a la parte inicial de la zona de secado, donde además, deben abrirse un poco más las toberas, cerrando las ubicadas en la parte posterior de la zona de

secado. Estas correcciones deben repetirse las veces que sea necesario para obtener una curva de temperatura perfecta.

En la figura No. 9 la temperatura desciende demasiado pronto en la parte final del túnel de secado. Esto se debe generalmente a la penetración de aire frío por el extremo posterior del túnel.

Inicialmente, se comprueba el flujo de aire en la abertura transversal de salida del túnel. En la parte superior de la abertura, normalmente sale una cierta cantidad de aire caliente, mientras que en su parte inferior, una cierta cantidad de aire frío penetra en el túnel de secado. En el momento en que la cantidad de aire frío que entra en el túnel es superior a la de aire caliente, se habla de una penetración de aire frío.

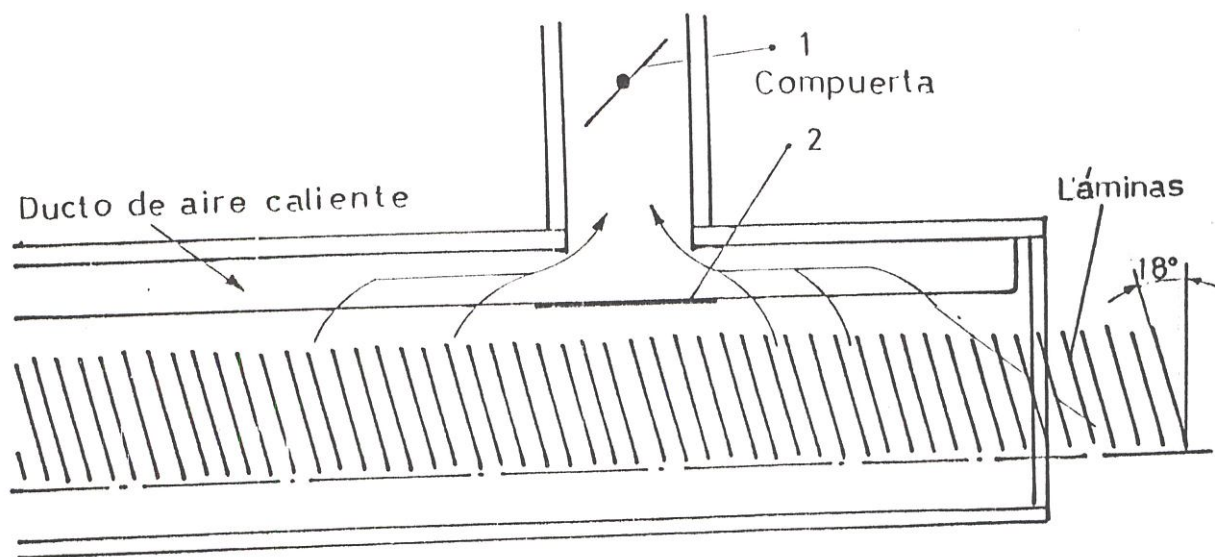
Este aire frío es el que produce un descenso de la temperatura en la hoja antes de terminar un proceso de secado y que aparece en la sección C - D de la figura No. 9. Esta anomalía debe eliminarse ya que la disminución de la temperatura da lugar a que se reduzca el tiempo efectivo de secado.

Existen dos caminos para corregir esta entrada de aire frio:

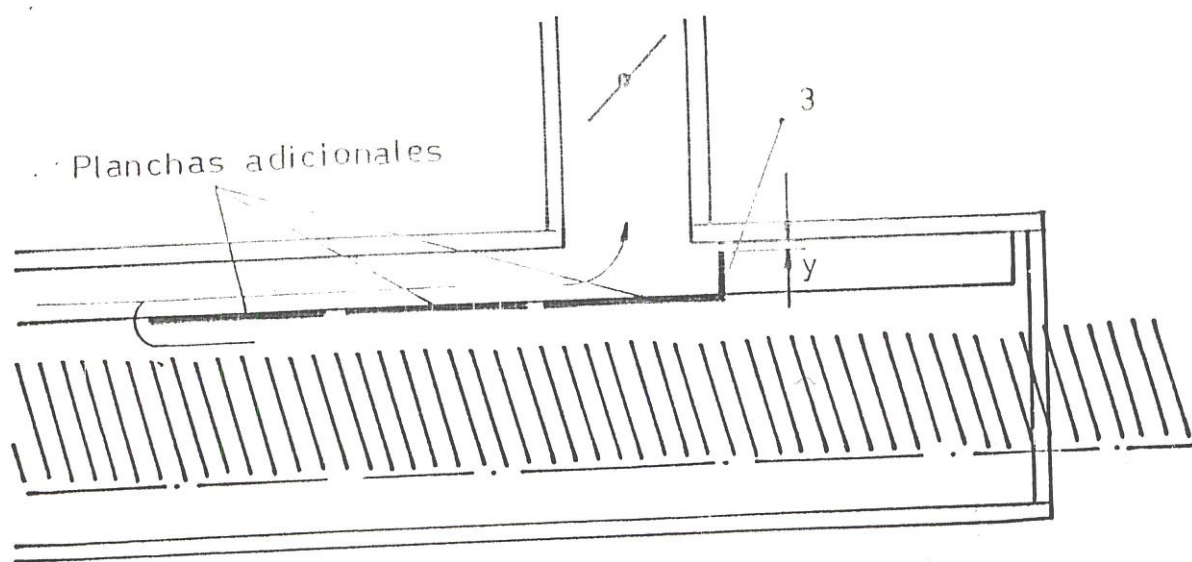
a) Como generalmente el túnel de secado está provisto de varias tomas de succión para la aspiración del aire de recirculación, la compuerta de la última toma puede cerrarse parcialmente sin llegar a un cierre total (ver figura No. 25 posición 1).

b) Colocar planchas metálicas adicionales en el cielo raso que sirve de retorno para el aire de circulación como se indica en la figura 25 - B. Estas planchas adicionales tienen la finalidad de que se aspire menos aire desde la parte posterior y más aire desde la parte anterior del túnel de secado.

Asimismo, se debe instalar una plancha perpendicular en el cielo raso (figura No. 25 - B posición 3) con el propósito de disminuir la abertura posterior de este ducto de retorno indicada en la figura No. 25 como " y ". Eventualmente, puede ser necesario hacer que la medida " y " sea igual a cero, es decir, cerrar totalmente el canal de aire de retorno de la zona posterior del túnel. Para comprobar la eficacia



A.- ENTRADA DE AIRE FRIO



B.- FLUJO DE AIRE DESPUES DE AGREGAR PLANCHAS

FIGURA No.25 CORRECCIÓN ENTRADA DE AIRE FRIO

de estos métodos es preciso realizar diversas pruebas prácticas, esto es, obteniendo varias curvas de prueba hasta llegar al resultado esperado.

También debe determinarse mediante pruebas el número de planchas adicionales que deben colocarse delante de la toma de succión de aire de circulación.

Ajuste de la cantidad de aire fresco

Para controlar la cantidad de aire fresco que se alimenta al horno, primero se debe determinar la cantidad máxima de solvente que es introducida dentro del proceso.

Se tiene que:

$$G_t = (G_1 - G_2) L / 1000 \text{ Kg/hora}$$

G_1 = Peso de la hoja húmeda (recién salida de la barnizadora) en gramos/hoja.

G_2 = Peso de la hoja seca (al salir del horno) en gramos/ hoja.



BIBLIOTECA

L = Velocidad de producción del horno en
hojas/hora.

Ejemplo: $G_1 = 1408 \text{ g/hoja}$
1

$G_2 = 1400 \text{ g/hoja}$
2

$L = 4500 \text{ hojas/hora}$

Basándose en estos valores se calcula la cantidad
de disolvente.

$$G_L = (1408 - 1400) \cdot 4500 / 1000 = 36 \text{ Kg/hora}$$

Esta cantidad de disolvente debe ser siempre menor
a la cantidad máxima indicada en la placa de
características, y a su vez depende de la
capacidad máxima del ventilador de aire fresco, si
la cantidad fuera mayor se debe disminuir la
velocidad de producción del horno. Los valores de
peso de las hojas no se pueden variar pues estan
dados en su condición física y en el resultado del
trabajo a realizarse.

La introducción del aire fresco al secador se
efectúa forzosamente a través de un ventilador
centrifugo con un sistema de ductos, en este ducto

se ha instalado un presostato; de producirse una falla en el ventilador del aire fresco durante el funcionamiento del horno, todo el sistema de calentamiento es desconectado automáticamente. Como con un solo ventilador se distribuye el aire fresco a la zona de calentamiento y a la zona de secado, se debe ajustar la cantidad de aire fresco que se enviará a cada una de ellas.

La alimentación del aire fresco se efectúa a través de un diafragma de medición instalado en el ducto de unión dispuesto entre la cámara de combustión y el ventilador de aire caliente, y se controla por medio del diámetro del disco intercalado en el diafragma. El diafragma de medición garantiza una máxima precisión de ajuste de la cantidad de aire fresco alimentada.

El diafragma que se utiliza en este horno es para una cantidad máxima de disolvente de 80 Kg/hora y va intercalado en el ducto redondo de 280 mm de diámetro.

La medición del aire fresco alimentado debe efectuarse al alcanzar el horno una temperatura de 320 - 330 F.^o

El diafragma para ductos de 280 mm es identificado como BDXG 1/1 tanto en la zona de calentamiento como en la de secado. Cuando sea necesario una cantidad de disolvente mayor, se utiliza ductos de 350 mm de diámetro y el diafragma en estos casos es el BDXG 2/1.

Las figuras No. 26 y No. 27 permiten determinar el diámetro "d" de las placas a instalar una vez conocida la diferencia de presión en el diafragma Δp . Para medir la diferencia de presión se utiliza un manómetro tubular en forma de "U".

La figura No. 26 es válida para diafragmas BDXG 1/1 (diámetro del ducto : 280 mm) y la figura No. 23 para diafragmas BDXG 2/1 (diámetro del ducto: 350 mm) (2).

A continuación, se explicará la utilización de la figura No. 26 para el diafragma BDXG 1/1. Se pretende determinar el diámetro del diafragma necesario para las siguientes cantidades de aire fresco:

Zona de calentamiento: Cantidad de aire fresco

$$= 1500 \text{ m}^3/\text{h.}$$



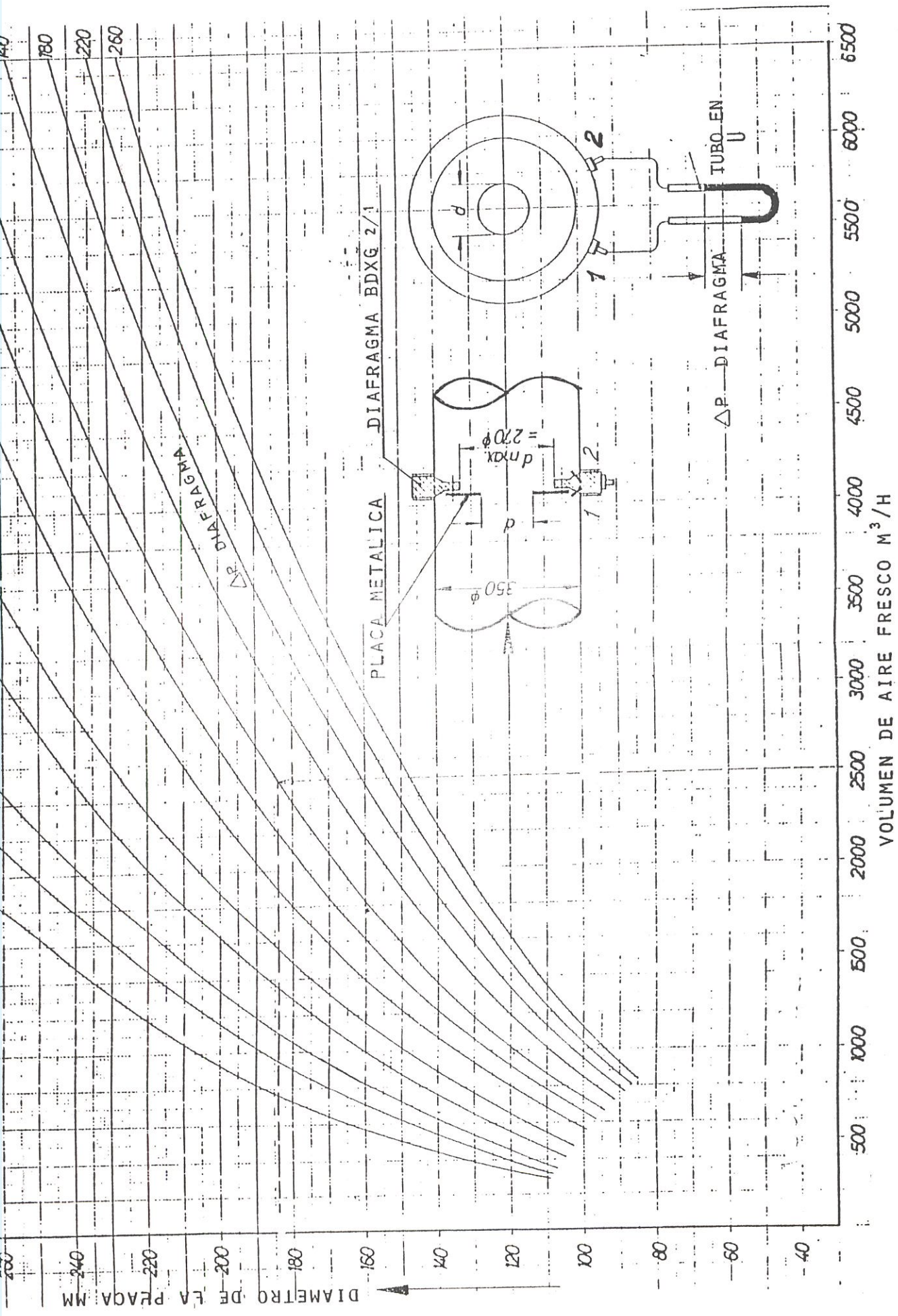


FIGURA No 27 GRAFICO PARA DETERMINAR EL DIAMETRO "d" EN DUCTOS DE 350 MM.

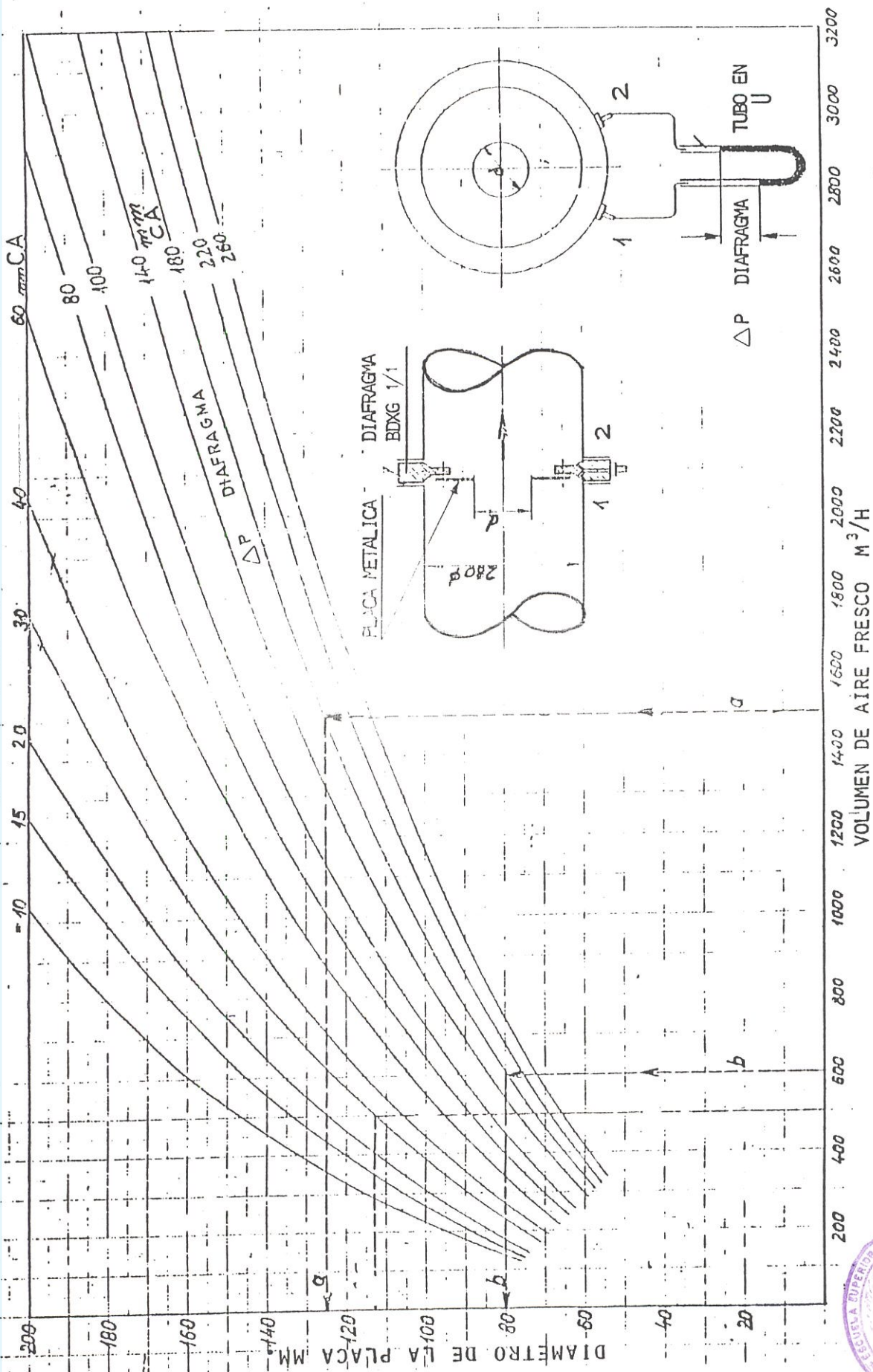


FIGURA No.26 GRAFICO PARA DETERMINAR EL DIAMETRO "d" EN DUCTOS DE 280 MM.



BIBLIOTECA

Zona de secado: Cantidad de aire fresco

$$= 600 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Zona de calentamiento: El ventilador de aire fresco está concebido de forma que pueda calcularse una diferencia de presión de

$$180 \text{ mm CA} = \Delta p \text{ diafragma}$$

Partiendo de la cantidad de aire fresco deseada, $1500 \text{ m}^3/\text{h}$; en la figura No. 26 se va trazando una línea vertical hacia arriba -línea a- hasta la línea $\Delta p \text{ diafragma} = 180 \text{ mm CA}$. Desde el punto de intersección con la línea de presión, se traza una línea recta horizontal hacia la izquierda en cuyo extremo final se indica un diámetro para el orificio de la placa "d" = 125 mm.

Una vez montada la placa de "d" = 125 mm se procede a la medición $\Delta p \text{ diafragma}$, pudiéndose comprobar que, en la mayoría de los casos, la diferencia de presión medida difiere de la presión supuesta $\Delta p \text{ diafragma} = 180 \text{ mm CA}$. De haber una variación de, por ejemplo: $\pm 10 \text{ mm CA}$, en la figura No. 26 se puede comprobar por el proceso inverso al anterior, partiendo de "d" = 125 mm, que su intersección con 170 mm CA o 190 mm CA

corresponde a un caudal de aire fresco de 1450 y 1540 m³/hora respectivamente. Esta diferencia en relación con la cantidad de aire fresco deseada de 1500 m³/h es todavía admisible de modo que no es preciso modificar el diámetro "d" de la placa. De encontrarse una diferencia mayor, se procede a aumentar el diámetro del orificio de la placa para tomar nuevas mediciones (2).

Si la medición Δp = diafragma fue igual a 140 mm CA, en la figura con 1500 m³/h se obtendrá un diámetro del orificio "d" = 133 mm. Y si la lectura hubiera sido Δp diafragma = 220 mm CA, sería preciso reducir el diámetro del orificio a "d" = 119 mm. Al volver a medirse la diferencia de presión después de modificar el diámetro de la placa, en la mayoría de los casos se comprobará que ya no hace falta volver a corregir el diámetro de la placa.

Zona de Secado: Una cantidad de aire fresco de 600m³/h corresponde a la línea "b" trazada en la figura No. 26. Aplicando el mismo procedimiento anterior, se obtiene un diámetro provisional de la placa "d" = 80 mm.

Partiendo, también en este caso, de una diferencia

de $\pm 50 \text{ m}^3/\text{hora}$ en relación con la cantidad de aire fresco deseada, se llega a la conclusión de que es perfectamente admisible una tolerancia de 30 mm CA con respecto a la diferencia de presión. Solo hará falta modificar el diámetro de la placa en el caso de ser las diferencias de mayor magnitud. (2)

Una vez ajustado todos los diámetros de las placas, conviene realizar una medición de control para verificar si las cantidades de aire fresco son efectivamente alimentadas. Después del montaje definitivo de las placas con el diámetro "d" correcto, en el anillo exterior de cada diafragma de medición se graba el diámetro de la placa así como la cantidad de aire fresco ajustada para facilitar las operaciones de control y comprobación durante futuras revisiones.

Ajuste de la extracción del aire gastado

Para extraer el aire gastado se han dispuesto dos ventiladores de extracción, uno en la entrada y otro en la salida del horno secador. Estos ventiladores de extracción del aire están concebidos de manera que aspiren un volumen de aire mayor que la cantidad de aire fresco

alimentada. Este aire adicional es aspirado desde la planta, de este modo, se evita que el aire caliente procedente del túnel de secado pueda salir al local.

El ventilador de extracción de la entrada va unido por su lado de succión con la campana de aspiración y con el túnel de secado. El aire gastado que sale de la entrada del túnel es aspirado a través de la campana de aspiración. De esta campana se aspira asimismo el aire de bloqueo procedente de la planta.

La mayor parte del aire gastado del túnel de secado, sin embargo, es extraído por aspiración directa en la entrada del horno. La compuerta instalada en el ducto de succión debe ajustarse de modo que, teóricamente, no salga aire caliente ni entre aire frío a través de la abertura transversal en la entrada del túnel por donde ingresan las láminas. En la práctica, este equilibrio teórico no puede obtenerse debido a la posición vertical de la abertura en la entrada del túnel. Por este motivo, la compuerta de succión se ajusta de manera que salga una cierta cantidad de aire caliente en la parte superior de la entrada y que entre un poco de aire frío en su



parte inferior. Se ha alcanzado un equilibrio práctico en el momento en que la cantidad de aire caliente que sale por arriba sea aproximadamente igual a la cantidad de aire frío que entra en la parte inferior. El movimiento del aire en la apertura transversal del túnel de secado puede comprobarse con ayuda de un anemómetro (3).

3.3. PROCEDIMIENTO DE CONTROL Y REGULACION DE LA TEMPERATURA

La temperatura de los hornos debe ser controlada cuidadosamente para conseguir las condiciones de secado de cualquier material que se esté procesando.

Para conocer la temperatura del horno en un momento dado se tiene 2 termómetros de 10" de diámetro en la parte frontal del horno con bulbos remotos colocados uno en la zona de calentamiento y otro en la zona de secado.

Justamente bajo la ubicación de los quemadores, en la pared lateral del horno están instalados los registradores gráficos de temperatura. En ellos la temperatura se va graficando en una carta especial para un lapso de 24 horas. Por medio de

este gráfico de temperatura se puede analizar el comportamiento de los quemadores y la temperatura de secado durante cualquier procesamiento. Este registrador a su vez lleva incorporado el sistema de control neumático de temperatura.

En la figura No. 10 la curva representa un aumento de temperatura en la zona de secado, para corregir esta anomalía habrá que disminuir la temperatura requerida en el regulador neumático de temperatura de la zona de horneo, hasta nivelar la curva. Este problema puede presentarse cuando se varía la lectura real de los termómetros en el registrador o en la parte frontal del horno. Por eso es aconsejable comparar la lectura de los termómetros y registradores, con un termómetro especial para pruebas.

Regulación de la temperatura

Las zonas de calentamiento hay que ajustarlas a la temperatura de proceso que se necesita. Esto se realiza con el control neumático de temperatura. Ver figura No. 28.

Cada quemador o cada zona está equipada con un

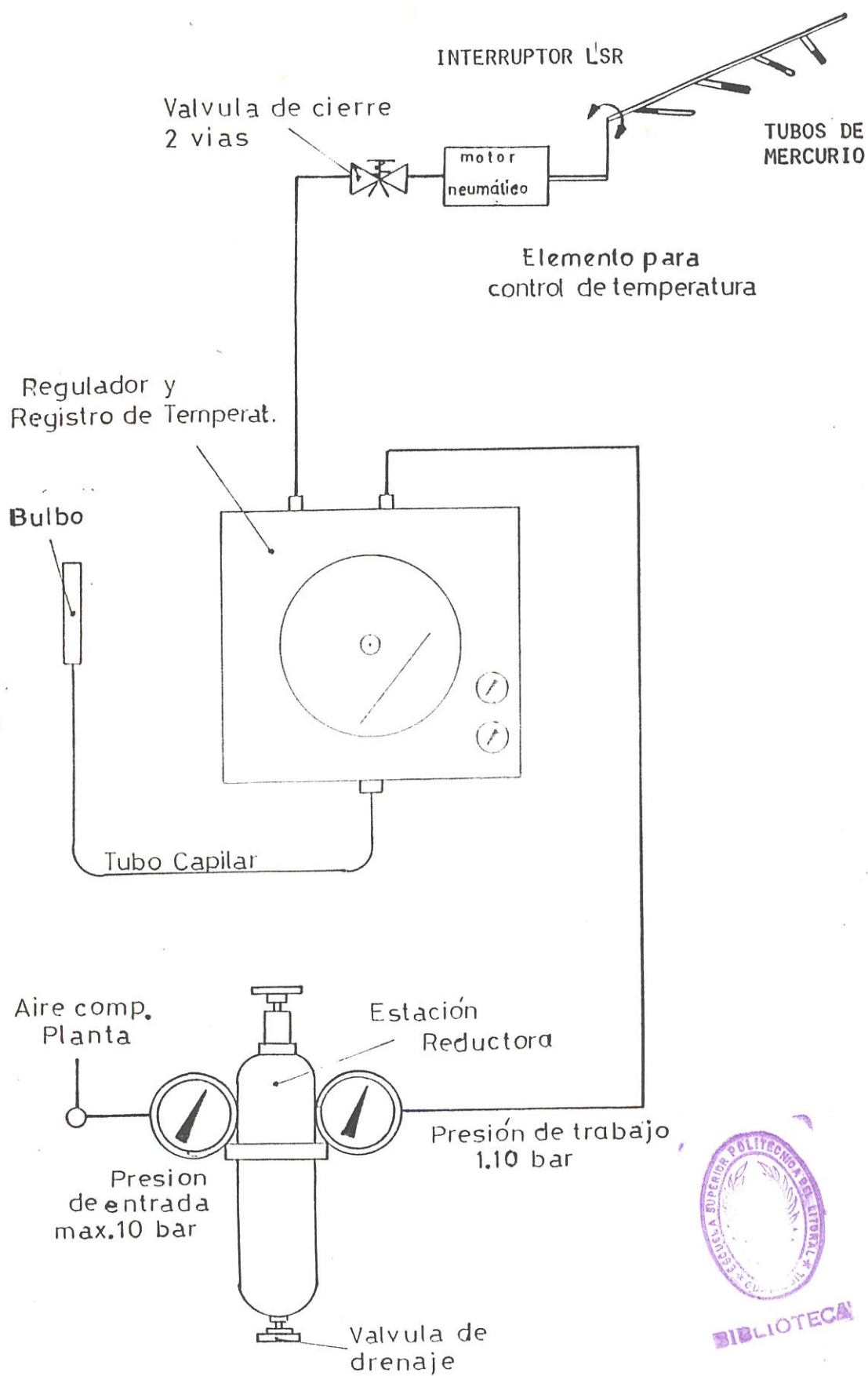


FIGURA No.28 CONTROL NEUMATICO DE TEMPERATURA



control separado compuesto de lo siguiente:

Un elemento de control neumático accionado por temperatura y un graficador de temperatura con su elemento o bulbo sensor. Marca Partlow modelo RFA.

Un elemento de control para controlar la temperatura, en este caso es un interruptor tipo LSR accionado por un motor neumático.

El funcionamiento de este regulador neumático se realiza de la siguiente manera: por medio del bulbo sensor a través del tubo capilar, la temperatura en el horno de secado es transmitida al elemento de control donde es comparada con la temperatura requerida. Si este valor difiere del ajustado, el control del aparato actúa de manera que la temperatura alcance el punto de ajuste tan rápido como sea posible. Básicamente el controlador envía una señal de presión (presión de salida) que mueve un motor neumático.

La presión de entrada al controlador es 1,1 bar. En diferentes condiciones de temperatura la presión de salida se incrementa o disminuye haciendo mover la posición del pistón del motor neumático e indirectamente regula el flujo de



BIBLIOTECA

calor.

El controlador actúa en acción reversa, es decir, la presión total de control (presión de entrada) 1,1 bar está disponible en la salida, cuando la temperatura en el horno está más baja que la temperatura requerida. La presión de salida se reduce a 0,2 bar cuando la temperatura del horno está por encima de la requerida. Si las temperaturas coinciden, la presión de salida será de alrededor de 0,5 bar. La operación del controlador y la capacidad del quemador está combinada de manera que a una presión de control de 1,1 bar, el quemador funciona a plena capacidad (toberas 1 y 2 en fuego alto); con una presión de control de 0,2 bar el quemador sólo funcionará con llama piloto. (4)

El aire comprimido para el funcionamiento del controlador es suministrado a través de un filtro regulador, el consumo de aire de este controlador es máximo ³ 1 m /h

El interruptor LSR está equipado con 4 tubos de mercurio montados en un eje. De acuerdo a la presión enviada por el controlador, el motor neumático por medio de una varilla gira este eje.

Los tubos de mercurio deben ser ajustados de tal manera que a una presión de aire de control de 0,2 bar el circuito de corriente en todos los tubos se interrumpa. A una presión de 1,1 bar, el circuito de corriente en todos los tubos de mercurio se cierra.

La presión de control que le corresponde a cada tubo es como sigue:

a 0,2 bar ; el circuito de todos los tubos está abierto.

a 0,5 bar ; el circuito del primer tubo se cierra (fuego bajo tobera 1).

a 0,7 bar ; el circuito del segundo tubo se cierra (fuego alto tobera 1).

a 0,9 bar ; el circuito del tercer tubo se cierra (fuego bajo tobera 2).

a 1,1 bar ; el circuito de todos los tubos está cerrado (fuego alto tobera 2).

En la curva de la figura No. 11 la temperatura en la zona de horneado es menor que la requerida, por

lo tanto se debe aumentar la temperatura en el regulador neumático de la zona de horneo.

En las curvas de las figuras Nos. 12 y 13 se nota una disminución y un aumento de la temperatura en la zona de calentamiento respectivamente. El regulador neumático de temperatura deberá ajustarse para nivelar la curva a la temperatura requerida. Si el aumento de temperatura no es mayor de 10 F de la temperatura ideal de secado, es tolerable este margen; pero por un tiempo no mayor de 2 minutos antes de comenzar el proceso de secado.

En todos los casos anteriores de regulación de temperatura deberá obtenerse otra curva para observar las variaciones que ocurren al efectuar los cambios con los reguladores neumáticos.

En el control de proceso de secado no sólo es importante la temperatura obtenida sino también el funcionamiento de los quemadores, ya que de no regularse el funcionamiento de estos puede producirse una mala combustión. Como se explicó anteriormente el procedimiento de calentamiento del aire de circulación está estrechamente ligado con los gases de la combustión pues se produce una

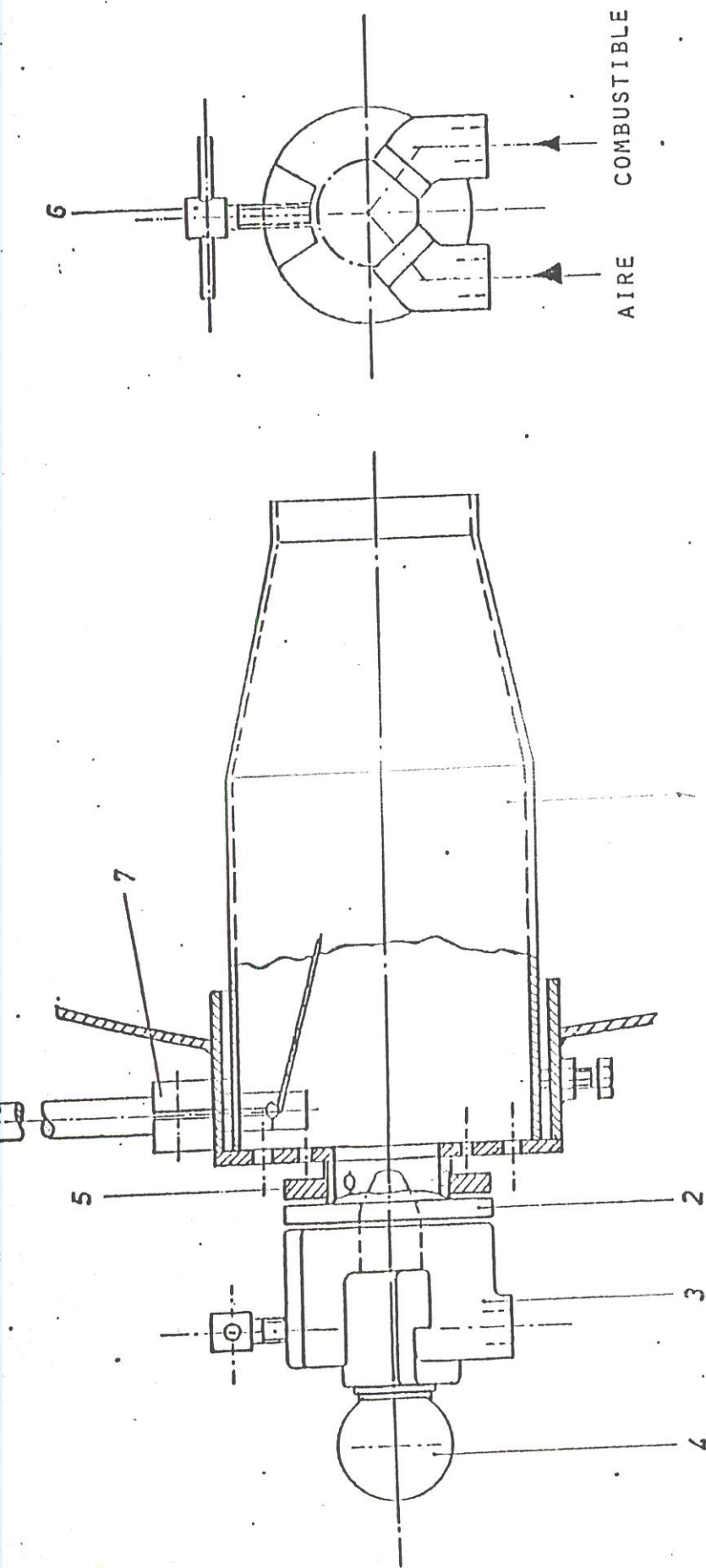
mezcla entre éstos y el aire de circulación, esto es calentamiento directo.

Si el quemador no está regulado en una perfecta combinación de aire de combustión y combustible se producirá hollín dentro del horno. Este hollín contamina el aire de circulación y se deposita en las láminas que se están procesando.

De acuerdo con esto se debe controlar no sólo la temperatura sino también la forma como se quema el combustible.

Se analizará el funcionamiento de los quemadores y la forma de ajustarlos para que el combustible sea quemado de la mejor manera, lo que ahorrará energía y evitará la contaminación del horno.

El quemador tipo SLE está compuesto de 2 toberas. En cada una de ellas tiene una alimentación independiente de kerosene y aire comprimido. Una de las toberas cumple las funciones de quemador piloto, porque es aquí donde se inicia el encendido, en esta tobera van instalados los electrodos de alta tensión para el encendido. (Ver figura No. 29) Cada una de estas toberas tiene 2 pasos de combustión: la posición fuego bajo, en la



1 CARCAZA

2 COLLARIN DE SOPORTE

3 SOPORTE DE BOQUILLA

7 SOPORTE DE ELECTRODO

4 BOQUILLA

5 ANILLO REGULABLE PARA AIRE SECUNDARIO

6 PERNO DE SUJECION

8 ELECTRODO

FIGURA No.29 TOBERA QUEMADOR PILOTO



BIBLIOTECA

que se quema una cantidad de combustible mínimo regulada para mantener la llama encendida. La posición fuego alto, en la cual se quema una mayor cantidad de combustible, casi a toda la capacidad de la tobera.

De acuerdo a lo anteriormente explicado, un quemador estará disponible para efectuar 4 pasos de quema de combustible: primer paso, fuego bajo tobera 1 que correspondería al encendido y llama piloto; segundo paso, fuego alto tobera 1; tercer paso, fuego bajo tobera 2; y, cuarto paso fuego alto tobera 2.

Los encendidos de cada uno de estos pasos se van haciendo gradualmente en secuencia por medio de contactos eléctricos en tubos de mercurio del interruptor LSR.

Las líneas de aire y combustible para cada tobera tienen instaladas válvulas solenoides de cierre que desconectan toda alimentación cuando el sistema de calefacción se apaga (figura No. 30 posiciones 1 y 2).

A continuación en la línea de combustible está la válvula solenoide de regulación (figura No. 30 posición 3), la cual tiene un tornillo de

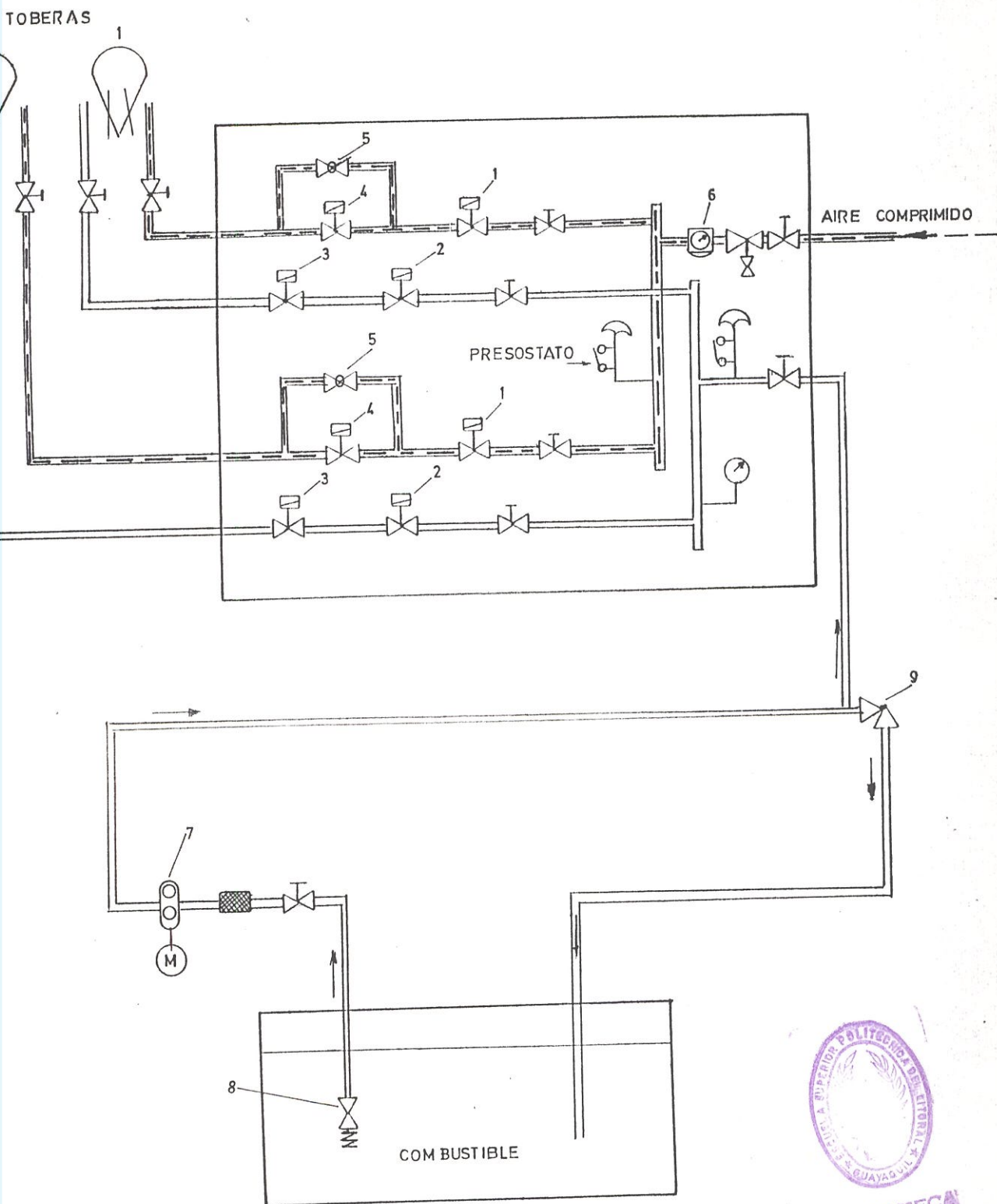


FIGURA No.30 TABLERO DE CONTROL AIRE Y COMBUSTIBLE



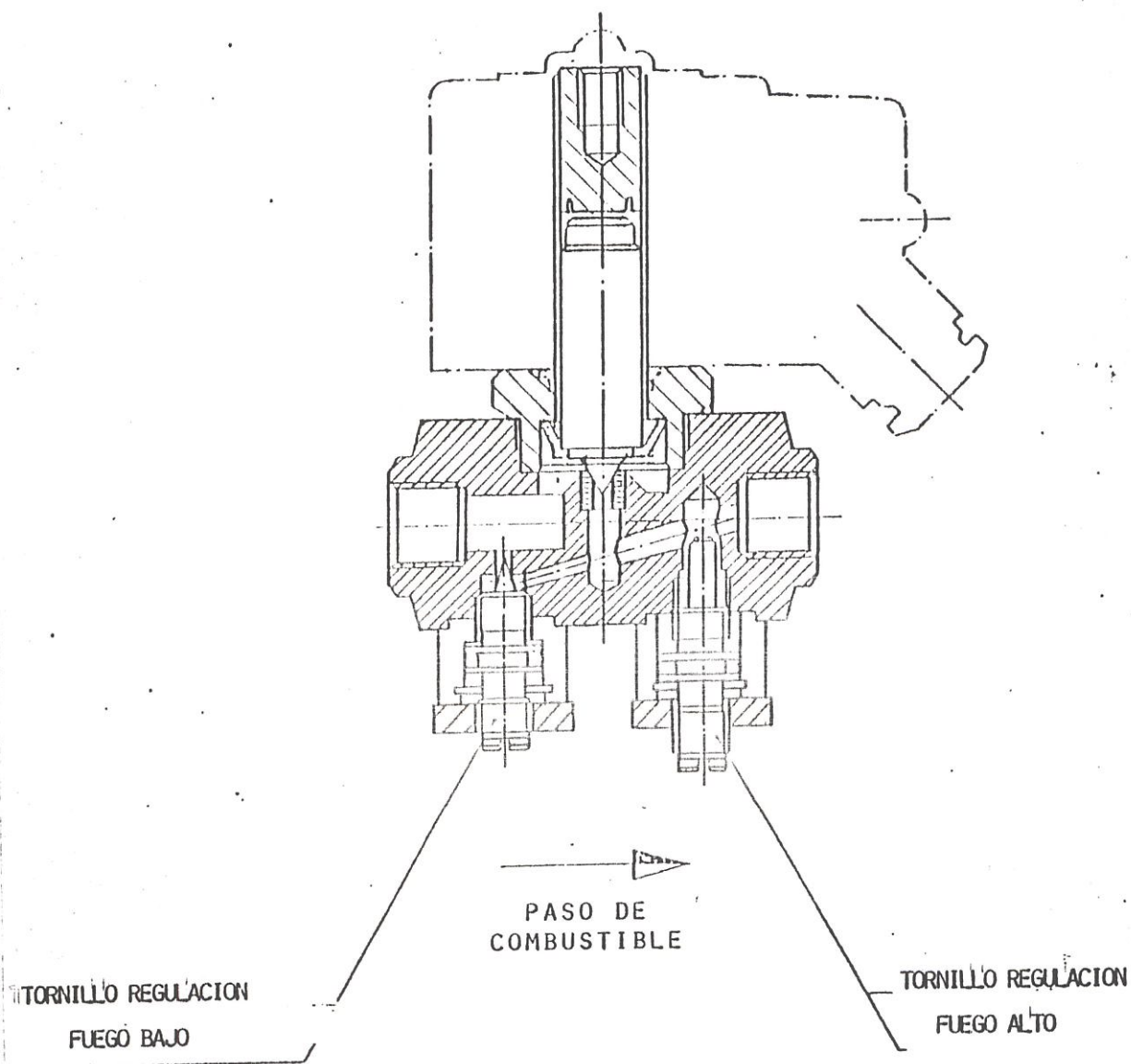


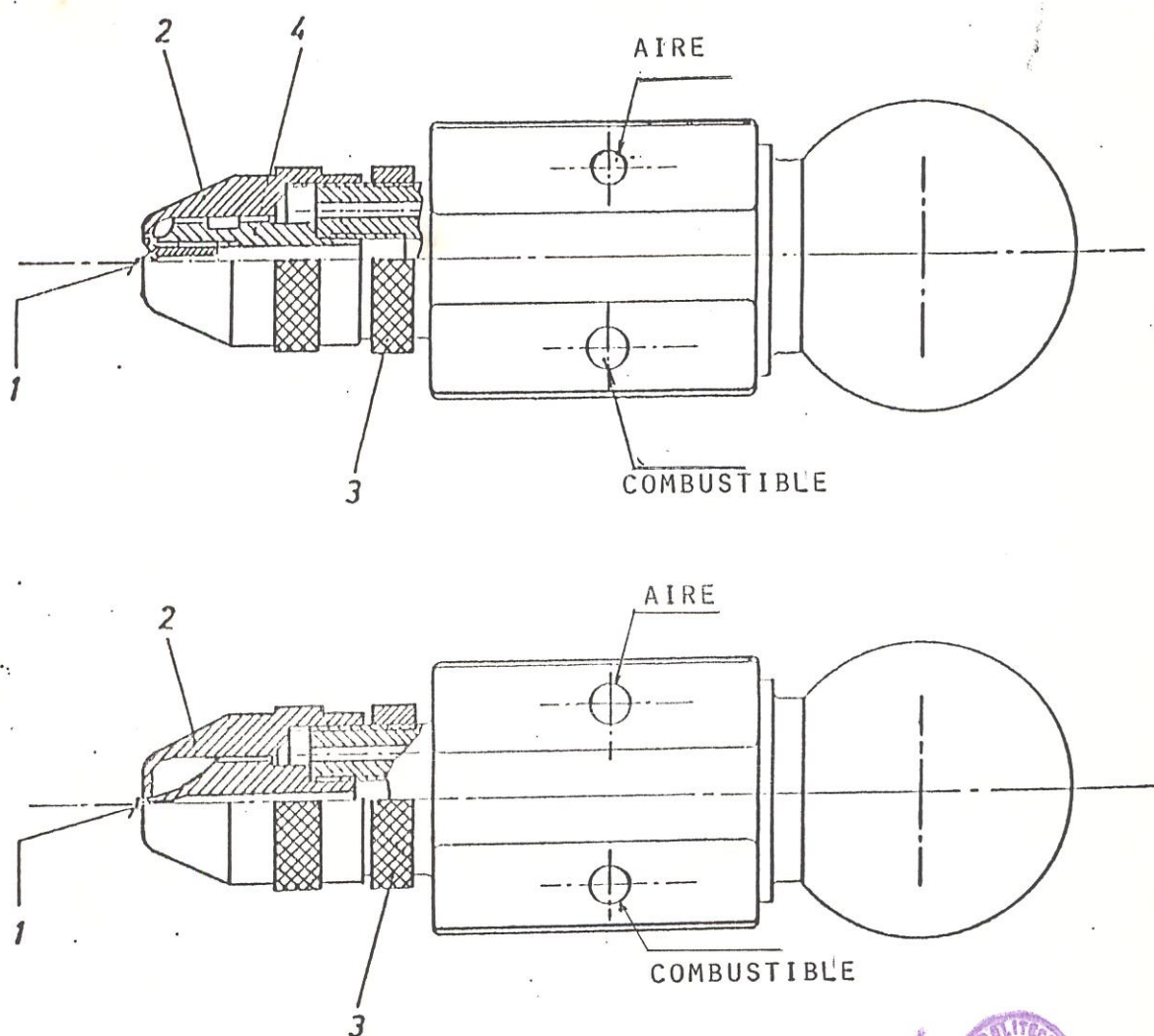
FIGURA No.31 VALVULA SOLENOIDE PARA REGULACION DE COMBUSTIBLE

regulación para fuego bajo y un tornillo de regulación para fuego alto. Un detalle de esta válvula se puede ver en la figura No. 31.

En la línea de aire para controlar el flujo existe una válvula solenoide posición 4 figura No. 30 y una válvula de aguja posición 5 figura No. 30. Cuando se requiere mayor cantidad de aire, en fuego alto, la válvula solenoide se abre. Cuando la tobera está en fuego bajo esta válvula se cierra y el aire pasa por la tubería de desvío a través de la válvula de aguja. Con esta válvula se controla la correcta cantidad de aire correspondiente para el flujo de combustible que se reguló en la válvula posición 3.

La boquilla de mezcla de combustible y aire (figura No. 32) tiene una tuerca regulable No. 3, variando la posición de esta tuerca la descarga del aire comprimido y en consecuencia la atomización del combustible puede modificarse.

Otro de los ajustes que debe hacerse al quemador es la entrada de aire secundario a la tobera, esto se realiza con un anillo roscado (figura No. 29 posición 5). Aflojando el anillo se aumenta el ingreso de aire secundario (aire del ambiente) que



- 1 DESCARGA DE COMBUSTIBLE
- 2 CAPERUZA CONTROL DE AIRE
- 3 TUERCA DE FIJACION
- 4 TUBO DE DESCARGA COMBUSTIBLE

FIGURA No.32 BOQUILLA DE QUEMADOR



es succionado al interior de la cámara por la baja presión que ésta posee debido a su diseño.

Por medio de los controles descritos se deberá ajustar la correcta mezcla de aire y combustible que producirá una llama azul de perfecta combustión y libre de hollín.

El aire comprimido requerido por el quemador, es suministrado por el sistema general de la planta y su presión de alimentación es de 6 bar. Un regulador de presión de aire se instala en la tubería de entrada para controlar el flujo de aire total (Figura No. 30 posición 6). La cantidad de aire comprimido es de $1,8 \text{ m}^3/\text{kg}$ de combustible quemado.

Una bomba (figura No. 30 posición 7) suministra la cantidad de combustible que es succionado a través de una válvula de doble bola (figura No. 30 posición 8) de un tanque de alimentación.

Una válvula angular de sobreflujo (figura No. 30 posición 9) regula la presión de combustible necesaria 0,5 bar, el exceso es desviado por esta válvula por una tubería de retorno al tanque.



El diseño eléctrico está concebido de manera que primero deben funcionar los ventiladores de circulación de aire, el ventilador de aire fresco y los extractores para que entonces pueda ser energizado el tablero de los quemadores.

3.4. PROCEDIMIENTO PARA CORREGIR EL TIEMPO DE SECADO.

El tiempo de secado es consecuencia inversa de la velocidad de trabajo de la máquina. Esto es, al aumentar la velocidad de producción disminuimos el tiempo de secado.

En ciertos barnices o tintas, según sus códigos de secado, deberán procesarse a menores temperaturas, pero por un tiempo mayor dentro del horno. Como se anotó anteriormente, esto puede corregirse disminuyendo la velocidad de la máquina que efectúa el recubrimiento de la lámina.

En el caso contrario, que se tratara de disminuir el tiempo de secado, según lo anterior, se debe aumentar la velocidad de producción de la máquina barnizadora o aplicadora de tinta.

En ciertos casos no es posible aumentar la

velocidad de producción por causas mecánicas de la maquinaria como: excesivo uso, falta de capacidad del motor en cuanto a potencia o velocidad final, cadenas o frenos con mucho desgaste. Además podrían presentarse problemas por el material a producir que tenga poco espesor en la lámina. Cuando esto ocurre una manera de solucionar este problema es disminuir la temperatura de calentamiento inicial para que la curva tenga mayor inclinación en la sección de calentamiento. En la curva de la figura No. 12 se ha disminuido la temperatura de la zona de calentamiento, por lo tanto el tiempo de secado efectivo ha disminuido.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS CON LAS CURVAS DE TEMPERATURA

Cada vez que se ha obtenido una curva y de ésta se ha detectado los distintos problemas discutidos en el capítulo anterior, se hacen todas las correcciones necesarias y luego habrá de obtenerse otra curva donde aparecerán los cambios realizados y si se ha llegado a las condiciones aceptables de trabajo.

Debe recordarse que todas las mediciones o curvas deberán realizarse trabajando el horno a la misma velocidad antes y despues del cambio efectuado. Por este motivo habrá que fijarse primeramente la velocidad de producción del horno para el trabajo que se trate de controlar, sea este secado de barniz o tinta. Una vez realizados los cambios y obtenida la curva definitiva e ideal deberá archivarse anotando en ella todas las condiciones del horno y el trabajo a procesar.

En la figura No. 33 la curva No. 1 indica la curva ideal, la que servirá de patrón para efectuar los cambios. Esta representa un proceso en un horno con un túnel de secado de 22.5 metros y una velocidad de 4500 hojas/hora, el tiempo total necesario para el recorrido es 12 minutos. En un túnel distribuido en la forma

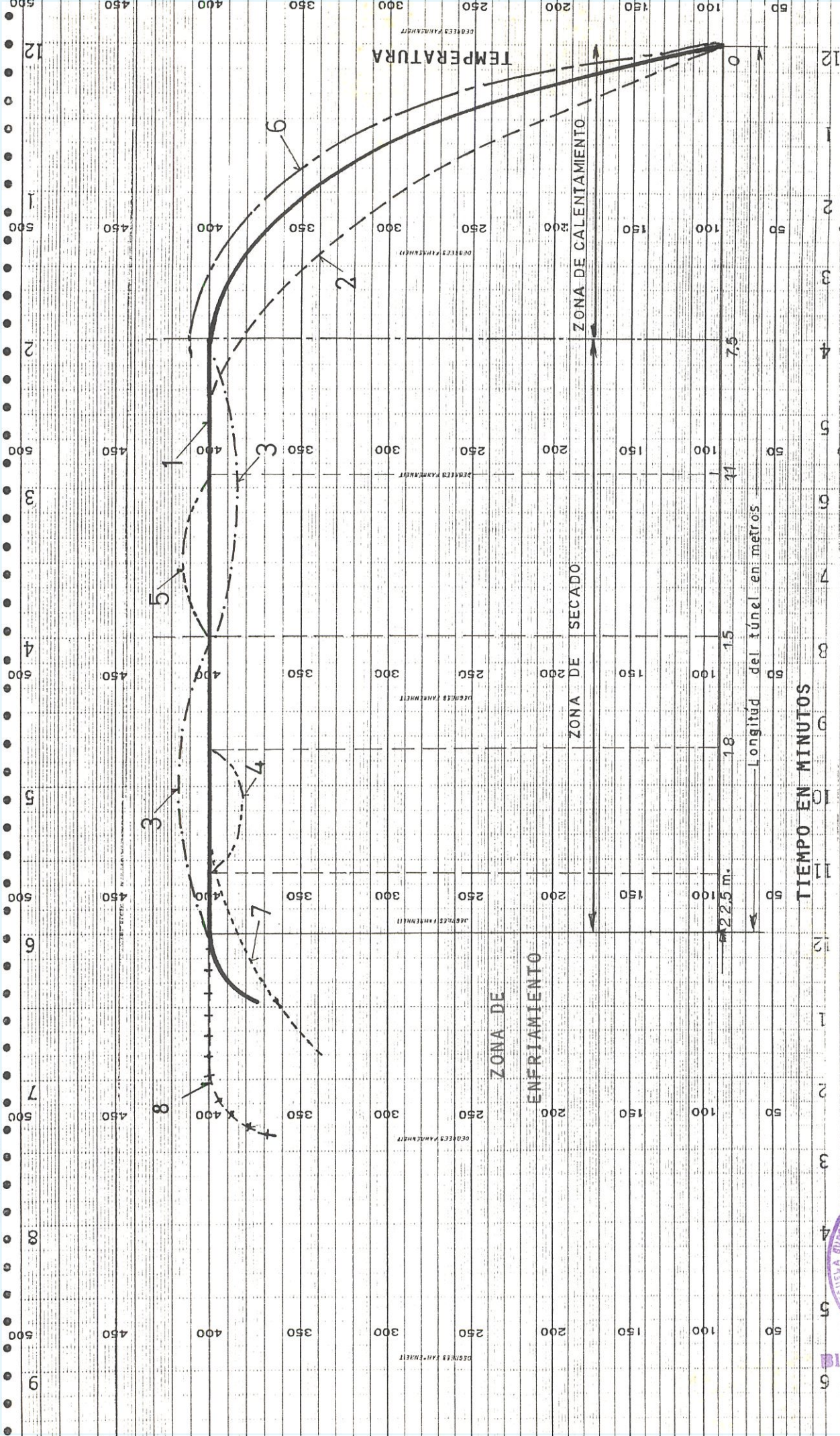


FIGURA No.33 ANALISIS DE CURVAS



BIBLIOTECA

antes mencionada se obtiene pues un tiempo de calentamiento de 4 minutos y un tiempo de secado de 8 minutos.

Para la evaluación de los datos es conveniente anotar el largo del túnel debajo del tiempo de recorrido. En este caso el horno tiene 2 zonas de calentamiento y 7.5 metros iniciales corresponden a la longitud de la zona de calentamiento, los 15 metros restantes a la zona de secado. Esta anotación de la longitud del túnel es muy ventajosa ya que, con ayuda de la curva, permite determinar exactamente en que zona del túnel de secado se ha producido una perturbación.

En la curva No. 2, la temperatura de secado no ha sido alcanzada al cabo de 4 minutos. En este caso el regulador de la zona de calentamiento ha sido ajustado a un valor demasiado bajo. En consecuencia se volvió a ajustar el regulador neumático de temperatura para llegar nuevamente a la curva ideal.

En la curva No. 3, su primera parte coincide con la curva ideal pero ya en la zona de secado disminuye su temperatura, luego en la parte final su temperatura se eleva más alto que la curva ideal. En este caso la solución fue enviar mayor cantidad de aire caliente a la zona de menor temperatura y, o a su vez disminuir la

temperatura en la sección más alta disminuyendo su flujo de aire. Al realizar estos arreglos se logró la curva ideal.

En la curva No. 4 en la figura se observa una disminución de la temperatura entre los 18 y 21 metros. En este caso la solución consistió en abrir un poco las aberturas de las toberas de descarga de aire caliente en esa ubicación.

La curva No. 5 presenta un ligero aumento de temperatura entre los 11 y 15 metros del túnel. Las toberas sopladoras, en este caso, se cerraron ligeramente.

La curva No. 6 muestra un aumento de temperatura en la zona de calentamiento debido a un ajuste alto en el regulador neumático correspondiente. Cabe indicar que en estos casos es perfectamente admisible un breve sobreaumento de la temperatura y para muchos trabajos resulta muy conveniente aprovechar esta tolerancia. Se solucionó bajando la temperatura en el regulador neumático.

Según las normas de la Continental Can Company de U. S. A., está permitido trabajar con una sobretemperatura de $+10^{\circ}$ F en la parte final de la zona de calentamiento durante un máximo de dos minutos, a contar

desde el instante en que la temperatura sobrepase en 5 F^o la temperatura ideal, ver figura No. 34. (2)

La curva No. 7 representa una disminución de temperatura antes que el proceso de secado se haya completado. Esto ocurre cuando existe una penetración de aire frío en la parte final del túnel.

Cómo se evitó esta penetración, cerrando la compuerta de la última toma de succión y al agregar planchas al tumbado de retorno. Si aún así la temperatura permanece baja se deberá abrir algo más las toberas de aire caliente en esta parte.

La curva No. 8 presenta un aumento en el tiempo de secado, se arregló aumentando la velocidad hasta lograr la curva ideal.

CAPITULO V

RECOMENDACIONES GENERALES

5.1 REVISIONES RUTINARIAS

Para que los procesos de secado tengan lugar sin problemas o alteraciones es preciso que el funcionamiento del horno y su sistema de calentamiento esté libre de fallas, se da una lista de revisiones que deben efectuarse continuamente para que esto ocurra.

Limpieza de filtro de aire, drenaje de aceite de estación reguladora de control neumático de temperatura, presión de salida 1,1 bar.

Drenaje de filtro de aire comprimido alimentación de quemador.

Funcionamiento detector de llama UV.

Mantener limpio el vidrio visor del detector UV.

Operación de varilla para movimiento de interruptor LSR.



Electrodos para encendido, cambiar o limpiar.

Cambiar filtro de combustible.

Chequear operación de interruptores de presión.

Bandas de ventiladores, agrietadas o sueltas

Comprobar los termómetros y controladores con un termómetro de pruebas.

Comprobar temperaturas de registrador de curvas con un termómetro de pruebas.

Emisión de humos por los extremos del horno.

Limpiar o cambiar boquillas de combustible.

Revisar deflectores de aire.

Limpieza de chimeneas.

Hojas caídas en el interior del horno que puedan afectar los flujos de aire.

Marcar y revisar la ubicación de compuertas y registros de aire.

5.2 SEGURIDAD

Para evitar posibles problemas de incendio o explosión en los sistemas del horno se han instalado los siguientes artefactos de seguridad:

Interruptor de presión para el ventilador de aire fresco, marca Honeywell, modelo C 6045 D, rango de trabajo 10 - 100 mm CA. Este interruptor se mantiene cerrado cuando el ventilador está en operación, cuando se detiene se abre y desconecta el circuito de control de los quemadores, apagando el horno en general. (5)

Interruptores de presión para el combustible y aire comprimido que se alimenta a los quemadores. Si la presión de combustible disminuye de 0,4 bar (por ejemplo: por problemas en la bomba o filtro) todo el circuito de control del quemador se desconecta. Lo mismo ocurre si la presión del aire se disminuye a menos de 4 bar.

Interruptores de presión para el ventilador de aire caliente de circulación y para el extractor de gases de solvente, si los ventiladores no giran desconectan los circuitos de los quemadores.

Termostato del límite máximo de temperatura, está instalado en cada zona del horno. El control de temperatura podría fallar y la temperatura del horno se incrementaría a límites peligrosos. Normalmente está ajustado para desconectar el quemador si la temperatura llega a 450^o F.

Es importante el suministro de aire fresco al horno secador para seguridad de su funcionamiento por las siguientes causas:

a) Algunas tintas y barnices necesitan oxígeno para su proceso de secado.

b) Muchos de los solventes usados para los barnices son inflamables. Durante el proceso de secado estos solventes se evaporan en el túnel de secado y en contacto con el aire caliente forman una mezcla de vapores de solvente y aire. Por razones de seguridad el porcentaje de concentración de solvente nunca debe sobrepasar el límite mínimo de explosión. Por experiencias realizada por los fabricantes de lacas y barnices se asume que el límite mínimo es de 1,0% en volumen; en correspondencia con esto la máxima concentración de solventes no debe ser más de 25 gramos por metro cúbico de aire fresco.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- American Can Company Operation Technology
Metal, Manufacturing Standards No. 0 - 91 (USA:
Manufacturing Standards Metal Packaging, March
1984, 2 - 2.1 y 2 - 2.2 p.).
- 2.- LTG Lufttechnische GmbH, LTG Drying Technology
(Stuttgart, RFA: LTG, 1979).
- 3.- SNYDER, JOHN C., Facilities Engineering (Fairlawn,
N. J., USA, June 1982).
- 4.- The Partlow Corporation, Instruction Recording
Model RFA Bulletin 502 -I (USA, Partlow, Revised
5-78).
- 5.- Honeywell, 0477R5 - NE Bulletin (Netherland,
Honeywell, 1979).



BIBLIOTECA