



**UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE SAN LUIS POTOSI**

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

DISEÑO Y CONSTRUCCION

DE UN AHUMADOR

**TRABAJO EXPERIMENTAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS
PRESENTA:**

Anabell Patricia Barragán Loera

San Luis Potosí, S. L. P.

1983

卷之二

三

四

09

T

IX6

B3

C.1



1080077137



UNIVERSIDAD AUTONOMA

DE SAN LUIS POTOSI

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

DISEÑO Y CONSTRUCCION

DE UN AHUMADOR

**TRABAJO EXPERIMENTAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS
PRESENTA:**

Anahell Patricia Barragán Coera

San Luis Potosí, S. L. P.

1983

T
TX 609
B3



I N D I C E

	PAG.
I.- PROLOGO	1
II.- CONSIDERACIONES GENERALES	3
III.- DISEÑO BASICO	10
IV.- CONSTRUCCION	28
V.- PRUEBAS Y CONCLUSIONES	43
VI.- MODIFICACIONES	60
VII.- OPERACION Y MANTENIMIENTO	71
VIII- BIBLIOGRAFIA	75

P R O L O G O

Uno de los métodos más antiguos de conservación de los alimentos conocido por el hombre, es el ahumado. Este fué descubierto por las tribus nómadas del norte de Europa, que percibieron un efecto preservativo y un sabor agradable en la carne que había permanecido cerca del humo de las hogueras.

Durante mucho tiempo del ahumado y el curado fueron los únicos métodos de conservación conocidos, y dado que los elementos necesarios para llevarlos a cabo son fácilmente accesibles, fueron ampliamente utilizados.

El descubrimiento de la refrigeración mecánica, con lo cuál se hizo posible mantener los alimentos perecederos indefinidamente, provocó que el ahumado no fuera considerado ya primordialmente como un método de preservación de los alimentos, pero sí como un proceso que desarrolla productos con sabor, color y aroma que los caracterizan, sin olvidar por ello que la acción bacteriostática y antioxidante del humo complementa otros procesos.

Dado que el ahumado sigue siendo ampliamente utilizado por la industria alimentaria, principalmente en la elaboración de productos cárnicos debido a la demanda que tienen éstos, considero que un conocimiento práctico sobre éste método, será un elemento que amplíe los conocimientos de las personas dedicadas a la producción de alimentos.

El diseño y la construcción de un equipo que permita experimentar el proceso de ahumado en diversos alimentos, es la finalidad de éste trabajo; el cuál se pretende pueda servir de guía a quién se encuentre interesado en el estudio de éste proceso.

CONSIDERACIONES GENERALES

Las primeras consideraciones llevadas a cabo para el diseño de un equipo, están sujetas a las necesidades existentes y a los recursos disponibles. Dada la necesidad en éste caso de diseñar y posteriormente construir un equipo para el ahumado de productos alimenticios, era necesario conjuntar primeramente los recursos disponibles.

Antes de tratar de desarrollar cualquier clase de proyecto, es necesario obtener toda la información posible al respecto. Para éste trabajo en particular, la bibliografía tiende a ser muy generalizada y sólo es específica en el caso de las reacciones bioquímicas presentes en el proceso de ahumado. De lo anterior fué posible obtener las siguientes características generales.

Un equipo para el ahumado de alimentos depende básicamente de tres factores, que son: el generador de humo, la naturaleza del humo y la cámara de ahumado. (2)

- El generador de humo debe ser capaz de proporcionar éste en grandes cantidades, a partir de la pirólisis de la madera.
- La naturaleza del humo debe ser tal que desarrolle un color, sabor y aroma agradables en el producto tratado.
- La cámara de ahumado debe proporcionar un espacio adecuado, libre de contaminaciones, tener facilidad para la colocación en su interior de los alimentos a ser procesados y contar con una libre circulación para el humo.

Partiendo de éstas condiciones, era necesario integrar una serie de elementos físicos que cumplieran los requisitos necesarios.

1.- GENERADOR DE HUMO

El humo producido por la destilación destructiva de la madera, contiene principalmente compuestos orgánicos volátiles formados durante la oxidación que se efectúa en la pirólisis de la madera. Para llevar a cabo ésta, es necesario someter la madera a una temperatura ligeramente menor a la de su punto de ignición, ocurriendo la pirólisis de la siguiente manera: Primeramente es necesario eliminar la humedad presente en la madera, una vez eliminada ésta, la temperatura interna de la madera se eleva rápidamente y se hacen presentes los primeros indicios de la fase vapor, al mismo tiempo que aparecen puntos incandescentes en la superficie de la madera. En éste punto, la reacción de oxidación ya no depende del suministro externo de calor para seguir desarrollándose, debido a que la energía liberada al formarse una gran cantidad de enlaces Carbono-Oxígeno y Carbono-Hidrógeno mantiene la temperatura necesaria para que la oxidación continúe, estando sólo limitada a la cantidad de Oxígeno presente. La cuál a la vez, decide la formación de uno ú otro tipo de compuestos carboxílicos. Así, una baja cantidad de Oxígeno, favorece la formación de ácidos carboxílicos; mientras que un exceso de Oxígeno, dá como resultado la producción de fenoles. Así mismo, en éste punto, existe una limitante en cuanto a la alimentación de Oxígeno, dado que un suministro elevado de Oxígeno origina que la pirólisis quede fuera de control al formarse rápidamente enlaces Carbono-Oxígeno y Carbono-Hidrógeno, con lo cuál se eleva la temperatura de la madera hasta su punto de ignición y se produce una combustión total. (1)

Por lo anterior, para contar con un generador de humo adecuado, deberá ser posible efectuarse lo siguiente:

- A) Poder someter en él una cierta cantidad de madera a una temperatura cercana a su punto de ignición.
- B) Poder suministrar aire en un flujo constante al generador.

Para poder elevar la temperatura de la madera hasta su punto de ignición, es necesario proporcionarle a ésta energía calorífica, debido a que la temperatura de flama de cualquier combustible es mayor que la temperatura de ignición de la madera. No es factible utilizar flama directa sobre la madera para iniciar la producción de humo, además los humos producidos en la combustión de otro material ajeno a la madera pueden ser causa de contaminaciones.

Otra fuente alterna de energía susceptible de ser utilizada, es la energía eléctrica, con la cuál es posible obtener la temperatura deseada y al mismo tiempo estar exento de contaminaciones.

Para contar con suministro constante de aire, es necesario efectuar la pirólisis en un espacio cerrado con una entrada que permita admitir aire a medida que el humo desaloja el generador.

2.- LA NATURALEZA DEL HUMO

La desintegración térmica de la madera, tiene un gran efecto sobre los componentes de ésta. La madera está constituida por tres componentes: Celulosa, hemicelulosa y lignina. Cuando son sometidos a pirólisis, éstos componentes producen cerca de doscientos derivados policarboxílicos. (4)

La celulosa presente en un 20 % de la madera, está compuesta por las fibras externas de ésta y su oxidación produce principalmente ácidos carboxílicos y pequeñas cantidades de furanos y fenoles.

La hemicelulosa constituida por las fibras internas de la madera, está presente en un 60 % y contiene una gran cantidad de pentosas, lo que la hace poco resistente al calor y su descomposición térmica produce derivados del furano y ácidos carboxílicos alifáticos.

La lignina constituye el 20 % restante de la madera, es la sustancia que mantiene unidas las fibras de celulosa y hemicelulosa rellorando los espacios que existen entre ellas. Este componente suministra la aportación más importante al aroma del humo. Su desdoblamiento producido por la pirólisis origina compuestos fenólicos polisustituídos. Dependiendo del tipo de madera, la lignina puede contener diferentes tipos de resinas, las cuáles confieren al humo un olor acre desagradable debido a que producen sustancias como el guayacol cuando se someten a pirólisis. (5)

Generalmente, las maderas con mayor cantidad de fibras internas contienen una menor proporción de lignina y muy pequeñas cantidades de resinas, debido a ésta constitución, su resistencia estructural es mayor y son conocidas como maderas duras. Una prueba específica para determinar si una madera es dura, consiste en sumergir un extremo recién aserrado de la madera en cuestión, en una solución de permanganato de potasio al 10 % en solución alcohólica y ligeramente alcalina. Si la madera se tiñe de rojo debido a la absorción del permanganato la madera es dura,

si no es teñida se trata de una madera blanda que no permite la absorción de la solución debido a estar impregnada de resinas, dado lo anterior, para obtener un humo apropiado en el ahumado de alimentos, éste deberá ser generado a partir de una madera dura exenta de resinas.

Sería muy extenso dar las características de todos los componentes presentes en el humo, principalmente debido a que algunos sólo aparecen como productos intermedios; sin embargo es posible clasificarlos en grupos y enumerar sus propiedades principales, lo cuál se hace en la Tabla I según (1) y (3)

TABLA I COMPUESTOS PRESENTES EN EL AHUMADO

CLASIFICACION DE LOS COMPONENTES DEL HUMO	CARACTERISTICAS QUE IMPARTEN
<p>FENOLES</p> <p>Fenol</p> <p>Guayacol</p> <p>4-metil-guayacol</p> <p>4-etil-guayacol</p> <p>4-isopropil guayacol</p> <p>vainillina</p> <p>cresoles</p> <p>dimetoxifenoles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ACTUAN COMO ANTIOXIDANTES - POSEEN EFECTO BACTERIOSTATICO - PROPORCIONAN COLOR
<p>ALCOHILES</p> <p>Metanol</p>	<ul style="list-style-type: none"> - NO CONTRIBUYE A CAMBIOS, GENERALMENTE SE VOLATILIZA.
<p>ACIDOS CARBOXILICOS</p> <p>Fórmico</p> <p>Acético</p> <p>Propiónico</p> <p>Butírico</p> <p>Valerianico</p> <p>Caproico</p> <p>Enántico</p> <p>Polargónico</p> <p>Caprílico</p> <p>Cáprico</p>	<ul style="list-style-type: none"> - CONTRIBUYEN A FIJAR EL COLOR Y EL AROMA - SON GERMICIDAS - PROPORCIONAN SABOR - TIENEN EFECTO INHIBIDOR DE MICROORGANISMOS - AYUDAN A LA COAGULACION DE LAS PROTEINAS

COMPUESTOS PRESENTES EN EL AHUMADO

CLASIFICACION DE LOS COMPONENTES DEL HUMO	CARACTERISTICAS QUE IMPARTEN
COMPUESTOS CARBONILICOS Etanal Propanal Butanal Furfural 4-metil furfural Metacril aldehido Metil glioxal Acetona 2-butanona 2-pentanona 2-hexanona	- PROPORCIONAN SABOR Y AROMA
HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS Benzotraceno Dibenzotraceno Benzopireno Pireno 4-metil pireno	- PRESENTAN EFECTO CARCINOGENICO

3.- CAMARA DE AHUMADO

La única forma de lograr el ahumado de un alimento, es exponiendo éste al humo durante un cierto tiempo, para que las sustancias volátiles contenidas en él, se condensen en la superficie del alimento y formen un depósito uniforme.

La cámara de ahumado tiene como finalidad proporcionar un espacio confinado donde el humo circule por la periferia de los alimentos coloca dos en su interior. El humo generado en la pirólisis de la madera tiene una densidad menor a la del aire, lo que produce siempre un movimiento

ascendente; por lo tanto, para aprovechar mejor el humo generado, los alimentos deberán ser colocados dentro de la trayectoria de los gases y presentando la mayor superficie de contacto posible entre el producto y el humo, manteniéndolos así mismo libres de contaminaciones.

Considerando lo anterior, la cámara de ahumado tendrá que reunir las siguientes características:

- A) Ser construída verticalmente para utilizar el movimiento natural del humo como medio de circulación de éste.
- B) Deberá estar aislada térmicamente para evitar pérdidas de calor, y por lo tanto, condensación del humo en las paredes internas.
- C) Tendrá que contar con soportes a lo largo de la cámara, con lo que se logrará aumentar la cantidad de productos que entren en contacto con el humo.

DISEÑO BASICO

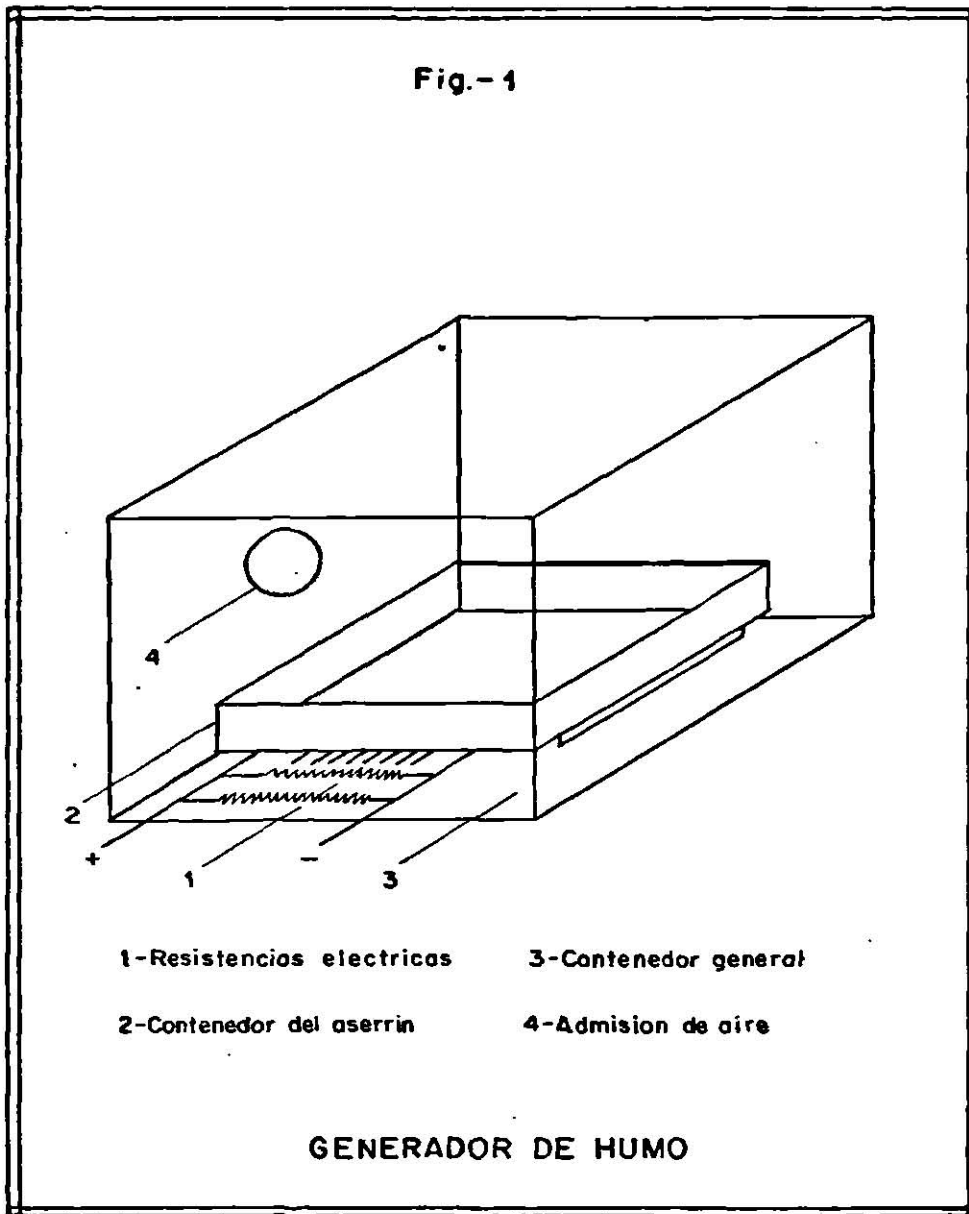
Una vez hechas las consideraciones generales anteriores, el siguiente paso, es el diseño de un equipo que cumpla básicamente con las funciones requeridas.

1.- GENERADOR DE HUMO

De acuerdo con sus características, estará constituido por:

- Un sistema de resistencias eléctricas capaces de elevar la temperatura de una cierta cantidad de madera, hasta cerca de su punto de ignición.
- Un recipiente donde la madera pueda ser calentada por medio de la resistencia eléctrica sin sufrir deterioro.
- Un contenedor para los elementos anteriores, resistente a la temperatura generada en su interior y con una abertura que permita la admisión de aire al interior.

Físicamente, la colocación lógica de éstos elementos, sería la que muestra la Figura 1.



Las dimensiones necesarias serán las que nos proporcionen una cantidad de humo adecuada para los alimentos que serán procesados.

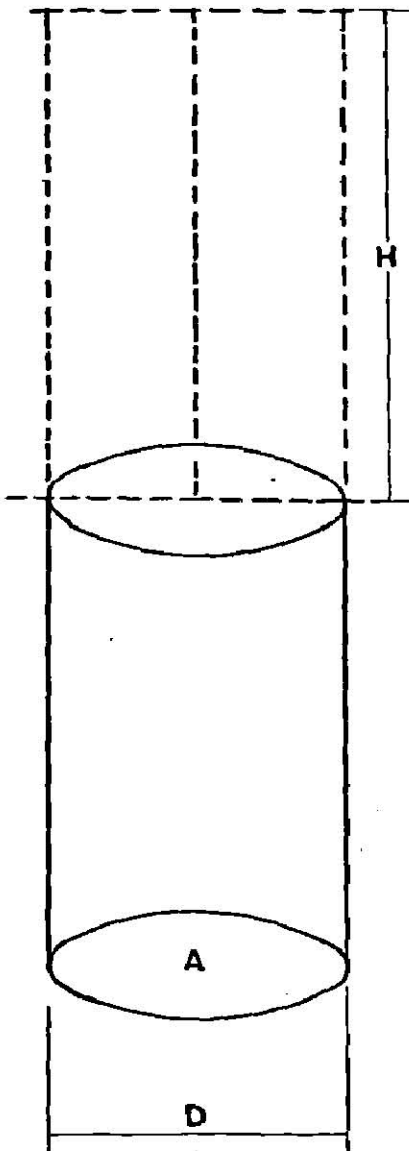
Dado que en la información disponible no se encuentran referencias sobre el volumen de humo que produce la madera al ser sometida a pirólisis, se hizo necesario desarrollar un método experimental, por medio del

cuál se pudiera determinar lo anterior. Este consistió en someter diferentes cantidades de madera a pirólisis en un recipiente abierto en su parte superior y con un área de sección transversal conocida. La madera sometida a pirólisis, una vez deshidratada y elevada su temperatura cerca de su punto de ignición, genera un gran desprendimiento de humos, los cuáles escapan por la parte superior a una velocidad constante, hasta la carbonización de la madera.

Una escala sujeta el borde superior, permite por medio de la observación directa, y con la ayuda de un cronómetro, determinar el tiempo en que una voluta de humo asciende y recorre una distancia determinada. Esta velocidad, multiplicada por el área de sección transversal, nos da el volúmen de humo generado por la cantidad en peso de madera utilizada durante el tiempo necesario para que toda la madera se pirolíce.

En la Figura 2 se muestra esquemáticamente la forma en que se llevaron a cabo las mediciones experimentales, y un ejemplo del cálculo de una de ellas.

Fig.-2



METODO EXPERIMENTAL DE
MEDICION DE HUMO

H = distancia determinada = 55 CM.

D = Diámetro salida de humo = 10 CM.

t = tiempo recorrido = 1 SEG.

v = velocidad = H/t

v = 55 CM/ 1 SEG. = 55 CM/SEG

A = área círculo = πr^2

A = 3.1416 (5 CM²) = 78.5 CM²

G = gasto volumétrico = v X A

G = 55 CM/SEG X 78.5 CM²

G = 4317.5 CM³/SEG.

EJEMPLO:

W_{serrín} = peso del serrín = 50 GR.

t_{pirólisis} = tiempo de pirólisis = 4.24 MIN.

V_{humo} = volúmen de humo

V_{humo} = 4317.5 CM³/SEG (60 SEG/MIN)
(4.24 MIN)

V_{humo} = 1.1 M³

En la Tabla II se muestran los datos obtenidos, utilizando serrín de cedro ó encino con densidad aparente de 50 gr/lt a una temperatura del humo de 40 °C y presión de una atmósfera.

TABLA II VOLUMEN DE HUMO POR CANTIDAD DE MADERA PIROLIZADA

PESO DE MADERA (GR.)	TIEMPO DE PIROLISIS (MIN)	VOLUMEN DE HUMO (MT ³)
50	4.24	1.1
100	8.18	2.1
150	13.49	3.6
200	15.82	4.1
250	22.38	5.8
300	24.76	5.4
350	31.26	8.1
400	38.28	8.4
450	39.78	10.3
500	44.89	11.4

Otro factor que debe tomarse en cuenta, es el tiempo en que se efectúa la pirólisis, ya que para lograr el ahumado de un alimento, se debe exponerlo al humo durante un cierto período.

Si bien, los resultados obtenidos no son del todo exactos si proporcionan valores aproximados y repetitivos con los cuáles es posible efectuar cálculos posteriores. Por lo anterior, si deseáramos un generador de humo con capacidad de operación de una hora: (extrapolando)

500 GR. ————— 44.00 MIN.

X GR. ————— 60.00 MIN.

$$X = 675 \text{ GR.}$$

Es necesario someter a pirólisis 675 gr. de serrín, los cuáles ocupan un volúmen de 10.5 lt según la siguiente ecuación:

$$\rho = M / V$$

$$V = M / \rho$$

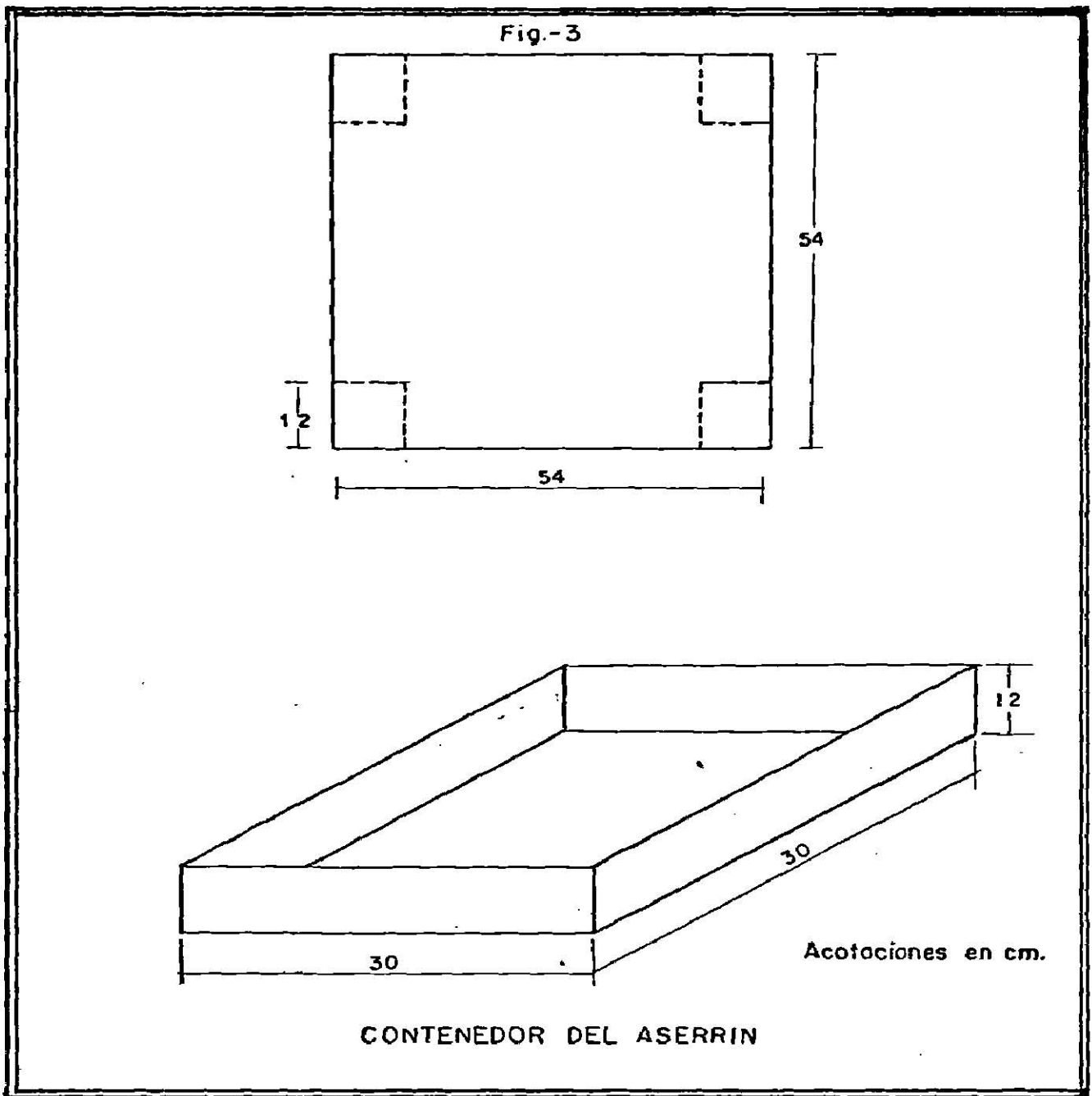
sustituyendo:

$$V = \frac{675 \text{ Gr.}}{50 \text{ Gr/lit.}}$$

$$V = 10.5 \text{ Lt.}$$

Por lo que el contenedor del serrín deberá tener éste volúmen. Una forma cuadrangular para éste recipiente, proporciona facilidad para su construcción debido a que puede generarse de una sólo área y con un mínimo de cortes.

Con las dimensiones mostradas en la Figura 3 se tiene el volúmen requerido; utilizando para su construcción una lámina de hierro forjado Calibre 22 BWG con un peso de 7.78 Kg/Mt²



El peso del contenedor será:

$$A = 0.54 \text{ Mt} \times 0.54 \text{ Mt} - 4 (0.12 \text{ Mt} \times 0.12 \text{ Mt}) = 0.23 \text{ Mt}^2$$
$$W = 0.23 \text{ Mt}^2 \times 7.78 \text{ Kg/Mt}^2 = \underline{1.7892 \text{ Kg.}}$$

Si el calentamiento del serrín se lleva a cabo por medio de una resistencia eléctrica, ésta debe proporcionar calor suficiente para elevar la temperatura del contenedor y el serrín hasta 200 °C, punto de pirólisis de la madera. El calor requerido es el siguiente:

$$Q_T = Q_{\text{contenedor}} + Q_{\text{serrín}} + Q_{\text{agua}}$$

$$Q_T = M_c C_p c \Delta T_c + M_s C_p s \Delta T_s + M_{\text{agua}} C_p_{\text{agua}} \Delta T_{\text{agua}} + M_{\text{agua}} \lambda_{\text{agua}}$$

$$\text{Humedad serrín} = 2.1 \% = 0.021$$

$$675 \text{ gr. serrín} \times 0.021 \text{ gr. agua} = 14.175 \text{ gr. agua}$$

$$675 \text{ gr. serrín} - 14.175 \text{ gr. agua} = 660.825 \text{ gr. serrín}$$

$$675.000 \text{ gr. serrín} + \text{agua}$$

$$M_{\text{agua}} = 14.175 \text{ gr.}$$

$$C_p_{\text{agua}} = 0.99 \text{ Cal/gr-}^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{agua}} = 970.4 \text{ BTU/lb} \times 252 \text{ Cal/1 BTU} \times 1 \text{ lb/} 454 \text{ gr} = 538.63 \text{ Cal/gr}$$

$$Q_T = 1789.2 \text{ gr} \times 0.1519 \frac{\text{Cal}}{\text{gr-}^\circ\text{C}} (200 - 30) ^\circ\text{C} + 675 \text{ gr} \times 0.570 \frac{\text{Cal}}{\text{gr-}^\circ\text{C}}$$

$$(200 - 30) ^\circ\text{C} + 14.175 \text{ gr} \times 0.99 \frac{\text{Cal}}{\text{gr-}^\circ\text{C}} (100 - 30) ^\circ\text{C}$$

$$+ 14.175 \text{ gr} \times 538.63 \frac{\text{Cal}}{\text{gr}}$$

$$Q_T = 120,235.36 \text{ Cal.} = 120.2 \text{ Kcal.}$$

Usando una resistencia eléctrica con una potencia de 100 Watts, el tiempo necesario de calentamiento si todo el calor fuera transferido, sería de:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Watt} \text{ ————— } 0.2389 \text{ Cal/seg} \\ 100 \text{ Watts} \text{ ————— } 23.89 \text{ Cal/seg} \end{array}$$

$$t = \frac{120,235.36 \text{ Cal}}{23.89 \text{ Cal/seg}}$$

$$t = 5,032.87 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ Min.}}{60 \text{ Seg.}}$$

$$t = 83.88 \text{ Min.}$$

Si utilizamos una resistencia de 500 Watts, el tiempo requerido será:

$$500 \text{ Watts} \text{ ————— } 119.45 \text{ Cal/seg}$$

$$t = \frac{120,235.26 \text{ Cal}}{119.45 \text{ Cal/seg}}$$

$$t = 1,006.57 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ Min.}}{60 \text{ Seg.}}$$

$$t = 16.77 \text{ Min.}$$

Y con una resistencia de 1000 Watts, el tiempo es:

$$1000 \text{ Watts} \text{ ————— } 238.9 \text{ Cal/seg}$$

$$t = \frac{120,235.25 \text{ Cal}}{238.9 \text{ Cal/seg}}$$

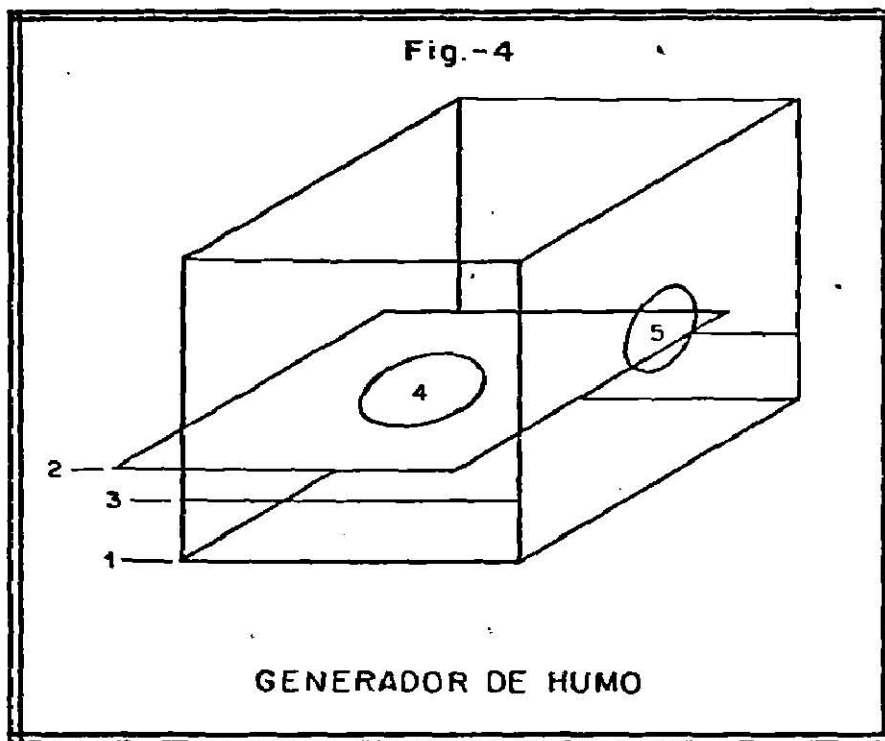
$$t = 503.28 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ Min.}}{60 \text{ Seg.}}$$

$$t = 8.38 \text{ Min.}$$

Los tiempos anteriores serían los de respuesta entre el momento en que se comienza a suministrar calor al serrín, y el momento en que aparecen los primeros indicios de humo. Debido a que no es posible esperar una conversión del 100 % de energía eléctrica a calor y la transmisión total de éste, es necesario contar con una resistencia que nos dé un tiempo de respuesta razonable como en el tercer caso.

En cuanto al contenedor general, es necesario que cuente con un soporte adecuado para la resistencia eléctrica, el contenedor de serrín, las paredes del contenedor y una puerta de acceso.

La estructura mostrada en la Figura 4 cumple con los requisitos mencionados.



En donde:

- 1.- Representa la estructura básica
- 2.- El soporte para la resistencia eléctrica
- 3.- Los soportes laterales para el interior
- 4.- El orificio de colocación de la resistencia
- 5.- El orificio para la admisión de aire.

2.- NATURALEZA DEL HUMO

Debido a la necesidad de generar el humo a partir de maderas duras exentas de resinas y de acuerdo con la prueba específica para determinar lo anterior, es posible definir ciertas variedades de madera como propias para el ahumado y descartar otras. En la Tabla III se dá ésta clasificación.

TABLA III

CLASIFICACION DE MADERAS
PARA EL AHUMADO

CLASES DE MADERA	
APROPIADAS PARA AHUMAR	IMPROPIAS PARA AHUMAR
ROBLE	PINO
ABEDUL	ABETO
FRESNO	CIPRES
EBANO	ENEBRO
CEDRO	EUCALIPTO
ENCINO	ALAMO
MEZQUITE	ALERCE

Cualquiera de las maderas mencionadas se puede utilizar; ó dependiendo de la zona y la disponibilidad de alguna de ellas, es posible optar por una en especial ó por una combinación de ellas.

La madera se puede obtener de muchas formas: troncos, tablas, hojas, virutas y serrín. Siendo ésta última la más apropiada para la generación de humo, debido a que presenta una mayor distribución del calor generado en su interior.

Además de esto, es posible obtener el serrín a un costo muy bajo y en grandes volúmenes.

Otros productos como los olotes y la cáscara del cacahuate, no considerados como madera, son también factibles de ser utilizados.

3.- CAMARA DE AHUMADO

La consideración primordial al llegar a éste punto es la cantidad y tipo de productos que se desea procesar, ya que siendo la cámara el contenedor de los alimentos, es la parte que define la capacidad del equipo de ahumado.

Dado que en éste caso, la producción requerida es tal que pueda demostrar a un nivel experimental la forma en que se efectúa el ahumado de los alimentos más comercializados en ésta forma, es necesario analizar éstos, tal como lo muestra la Tabla IV.

TABLA IV * PORCIENTO DE CONSUMO DE PRODUCTOS AHUMADOS

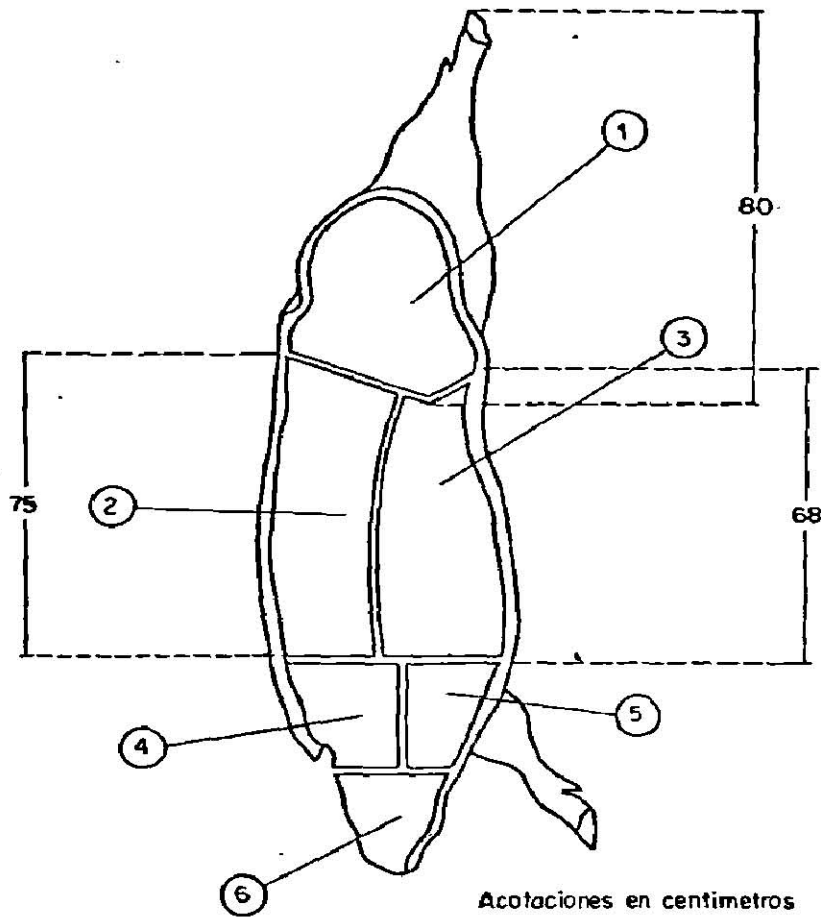
PRODUCTOS ALIMENTICIOS AHUMADOS MAS COMUNES	
CHULETAS	30 %
TOCINO	20 %
JAMONES	20 %
EMBUTIDOS	15 %
AVES	10 %
PESCADO	5 %

* FUENTE DE INFORMACION: CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLOGICOS AGROPECUARIOS DE TAMPICO.

El orden en que se mencionan éstos alimentos, indica el mayor ó menor grado en que son consumidos éstos productos en el País. Debido a que las chuletas, el tocino y los jamones son los alimentos con mayor demanda, la cámara de ahumado deberá poder contener éstos.

Por lo tanto, es necesario analizar las dimensiones y peso de los productos a ahumar para configurar una cámara adecuada. En las Figuras 5 y 6 se pueden apreciar las dimensiones de los tres productos principales que se ahuman, los cuáles se obtienen del cerdo.

Fig.- 5



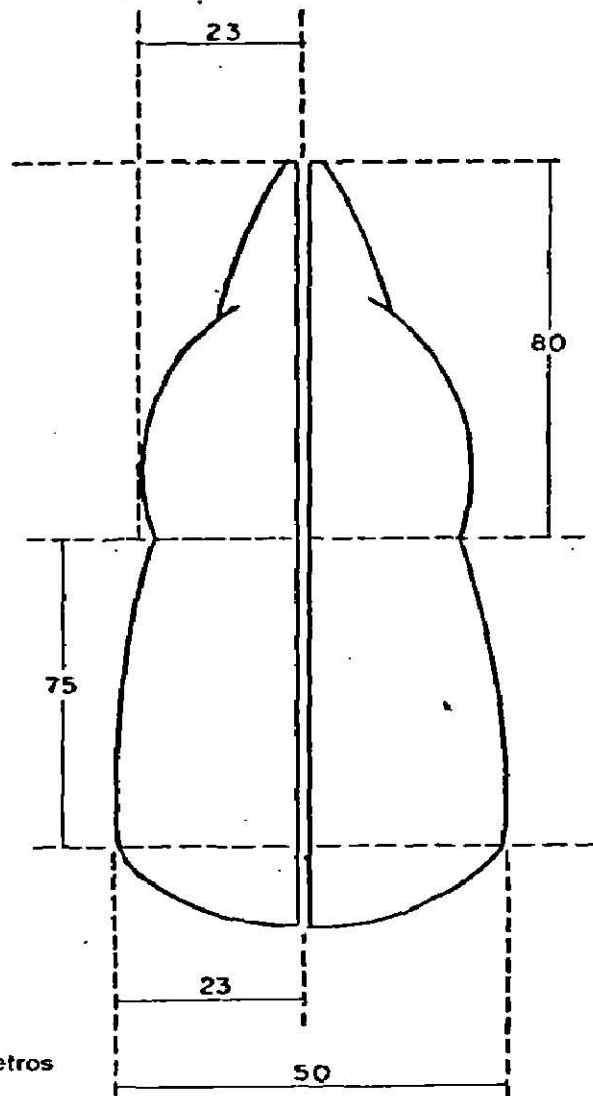
Acotaciones en centímetros

1-JAMON DE PIERNA
2-CHULETA DE LOMO
3-TOCINO

4-CABEZA DE LOMO
5-ESPALDILLA
6-PAPADA

DIVISION DE LA CANAL VISTA LATERAL

Fig-6

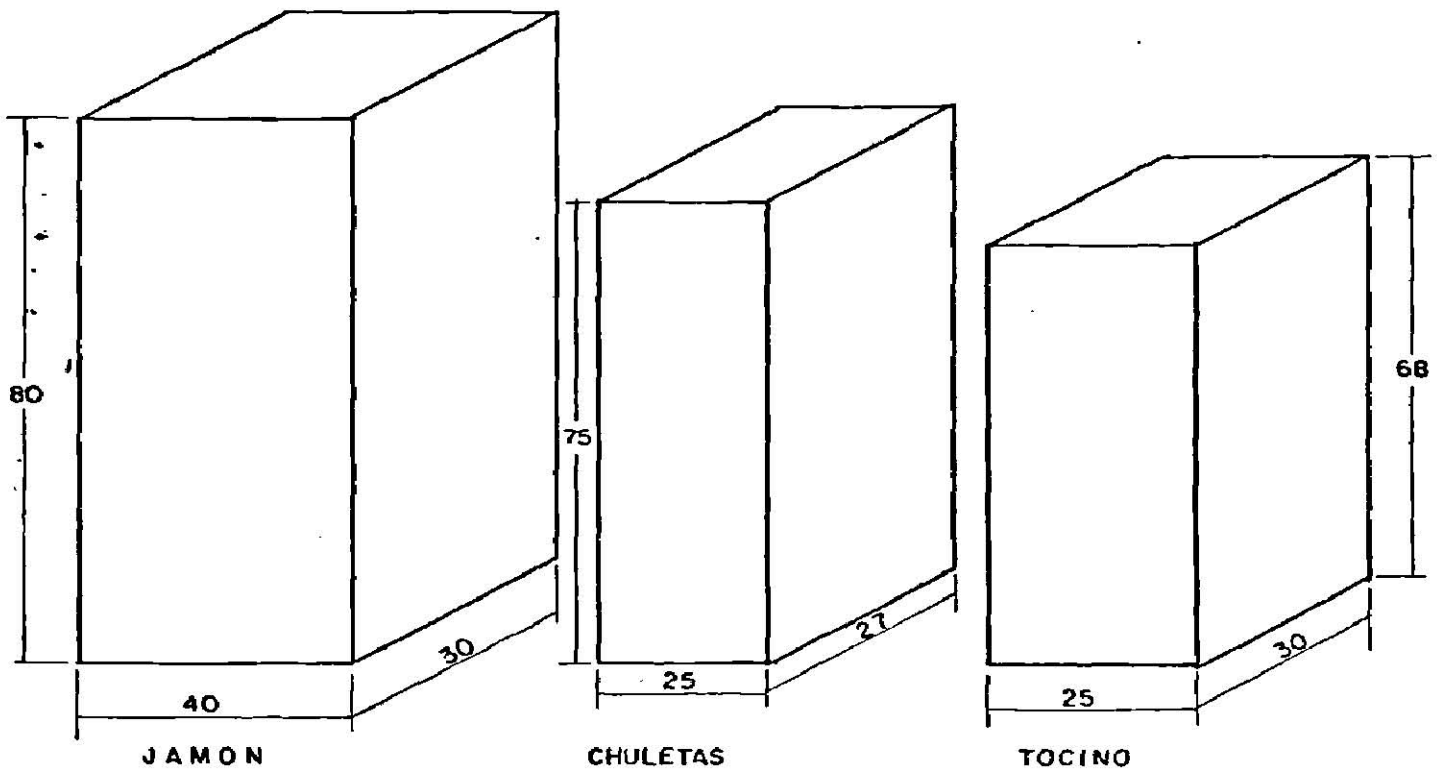


Acotaciones en centímetros

DIVISION DE LA CANAL VISTA SUPERIOR

Estas dimensiones corresponden a las de un cerdo adulto de 120 Kg. de peso en estado óptimo para el sacrificio. De acuerdo con éstas dimensiones, si se tratara de contener una de éstas piezas en un recipiente de forma regular, el volúmen mínimo necesario en cada caso sería como el de la Figura 7

Fig.-7



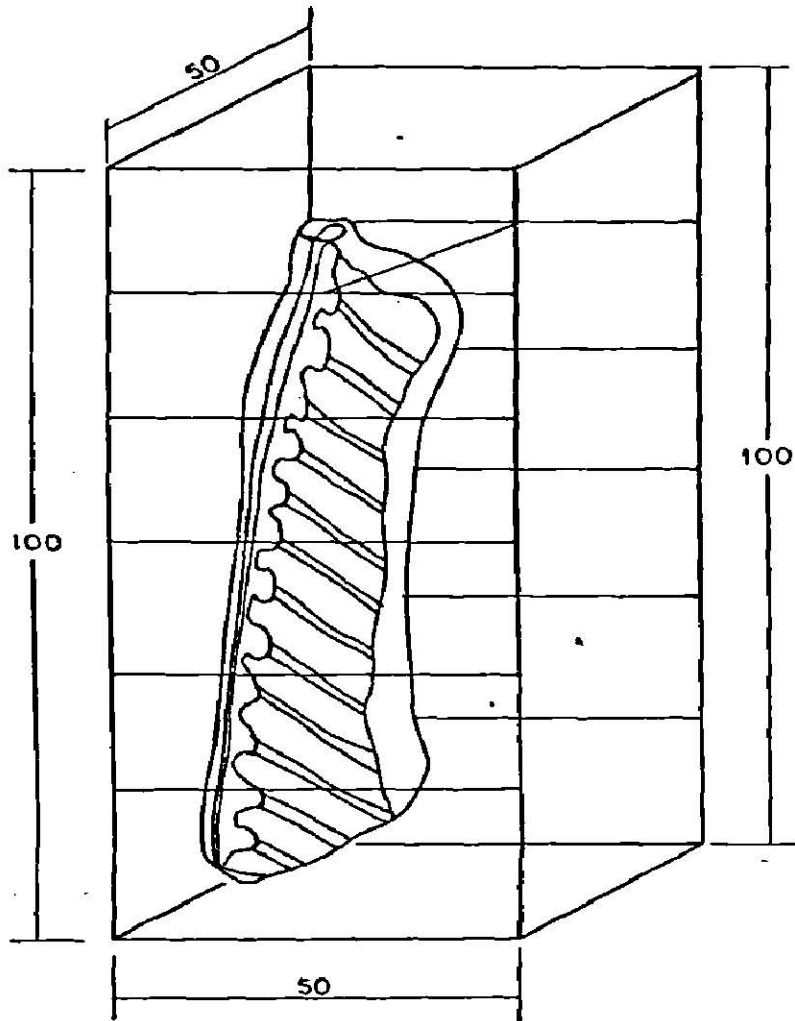
VOLUMEN GEOMETRICO DE LAS PIEZAS

De lo anterior observamos que, el volúmen mínimo de una cámara de ahumado en la cuál se quiera procesar cualquiera de éstos productos, tendrá que ser de 96,000 cc; ya que en éste espacio es posible acomodar una pieza del producto más voluminoso ó cualquier otra de las restantes.

Debido a que es necesario exponer la mayor superficie del producto al flujo de humo, y se desea aprovechar el movimiento natural de éste, la mejor posición para la cámara de ahumado será situarla verticalmente sobre el generador de humo. Y si tomáramos en cuenta que es necesario un espacio mayor para facilitar la colocación de productos en su interior, unas dimensiones adecuadas para dicha cámara, serían las de la Figura 8.

En ésta forma, una estructura cuadrangular metálica, cubierta con láminas metálicas exteriormente y una pared removible, nos satisface las necesidades anteriores.

Fig.-8



Acotaciones en centímetros

POSICION DEL PRODUCTO EN LA CAMARA DE AHUMADO

CONSTRUCCION

Si enlistamos los elementos necesarios para la construcción del generador de humo y la cámara de ahumado, tenemos lo siguiente:

GENERADOR DE HUMO	CAMARA DE AHUMADO
I.- ESTRUCTURA METALICA	I.- ESTRUCTURA METALICA
II.- LAMINAS METALICAS DE RECUBRIMIENTO	II.- LAMINAS METALICAS DE RECUBRIMIENTO
III.- AISLANTE TERMICO	III.- AISLANTE TERMICO
IV.- SOPORTES INTERNOS	IV.- SOPORTES INTERNOS
V.- PUERTA	V.- PUERTA
VI.- RESISTENCIA ELECTRICA	
VII.- SUMINISTRO ELECTRICO	
VIII.- CONTENEDOR DE SERRIN	

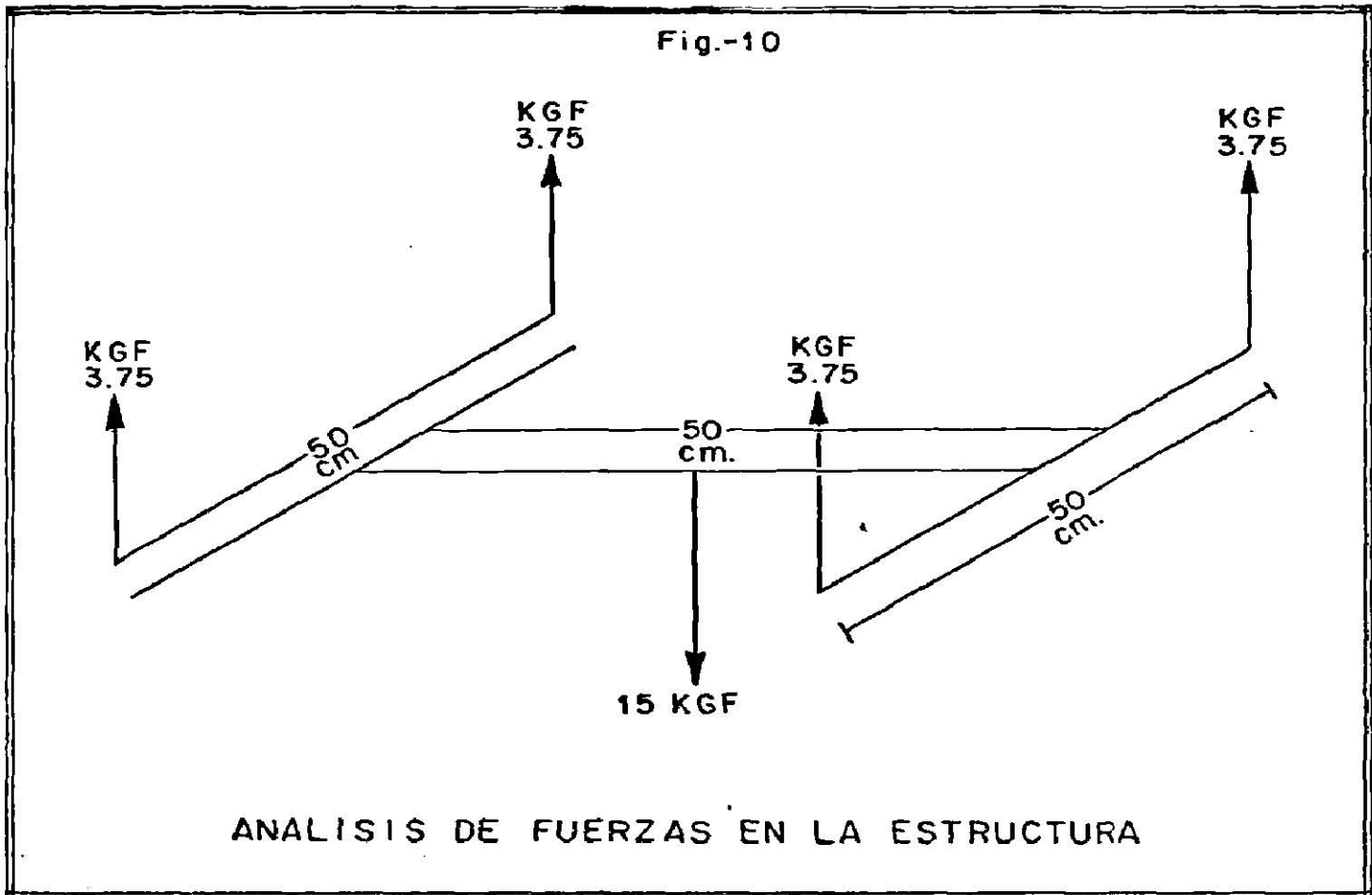
Como podemos observar, varios elementos son comunes, por ésto los podemos reunir y construir una sóla unidad compacta que contenga tanto al generador como a la cámara de ahumado, y la forma en que se construyeron e integraron se trata a continuación.

I.- ESTRUCTURA METALICA

Si su longitud total es de 150 cm. y tomamos en cuenta que su colocación será a nivel del piso, vemos que, partiendo de que sea operado por una persona con una estatura promedio de 170 cm. se hace conveniente darle una mayor altura, como sería 180 cm. Con lo cuál la cámara de ahumado queda dentro del nivel visual y a un alcance más fácil de los

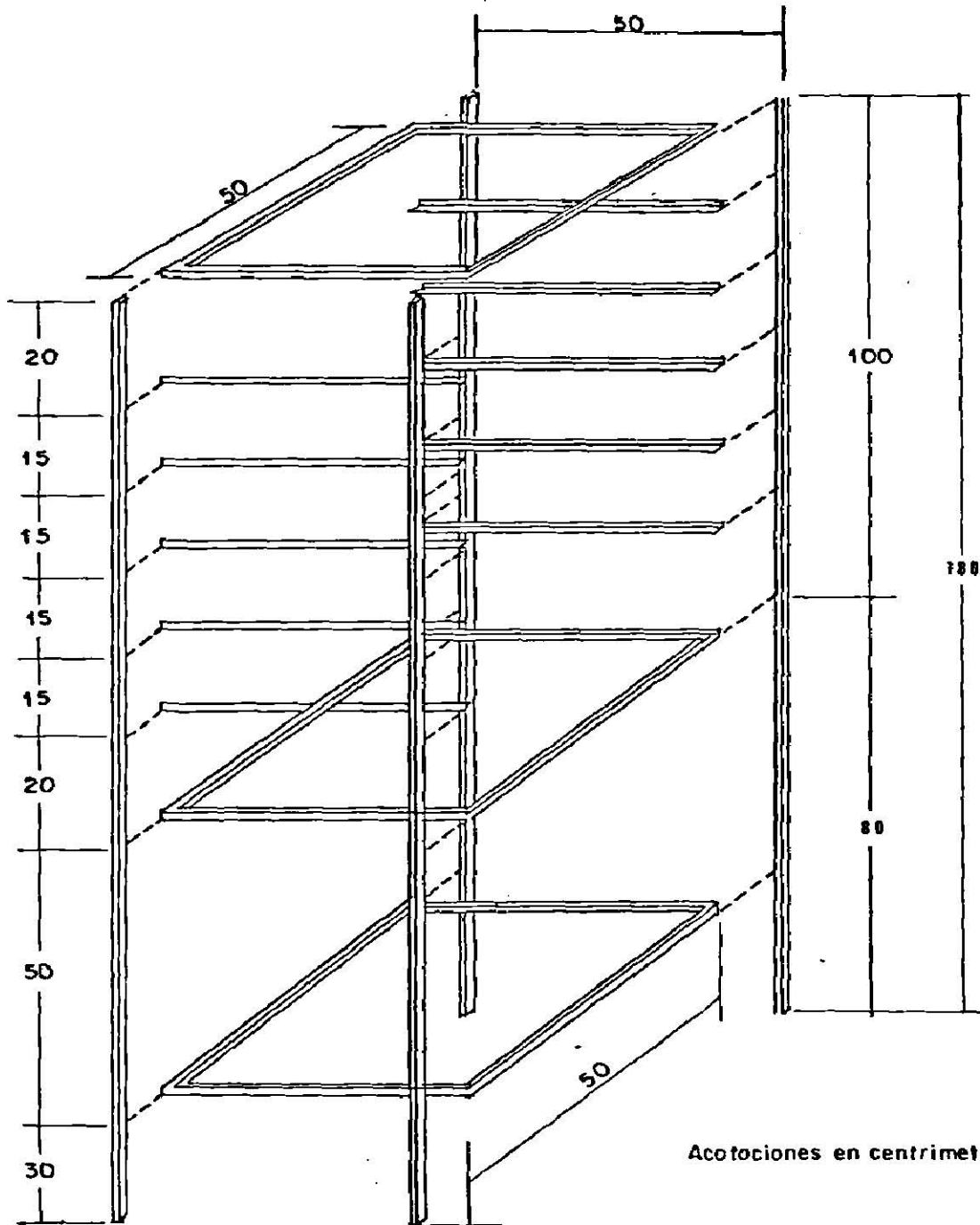
versal en dos porciones aproximadamente de 12 ó 15 Kg. cada una.

Estas porciones se cuelgan por medio de un gancho de acero inoxidable a una barra sostenida en sus extremos por los soportes laterales. En la Figura 10 se muestra un análisis de fuerzas.



Debido a la necesidad de construir una estructura cuadrangular, se eligió como material de construcción Angulo de hierro forjado de caras iguales de $3/4$ " X $3/4$ " X $1/8$ ". El cuál se soldó por medio de arco eléctrico en todos los puntos de unión, con lo que se logró una estructura sólida y estable, tal como lo muestra la Figura 11.

Fig.-11



ESTRUCTURA BASICA

II.- LAMINAS METALICAS DE RECUBRIMIENTO

Dado que la función de éstas láminas es la de aislar tanto al generador como a la cámara de ahumado del medio ambiente, es posible utilizar lámina de calibre delgado, lo suficientemente resistente para ser soldado por medio de arco eléctrico a la estructura principal. Para éste fin, se seleccionó lámina de hierro forjado de calibre 22 BWG, la cuál se colocó en sectores sobre la estructura básica como lo muestra la Figura 12.

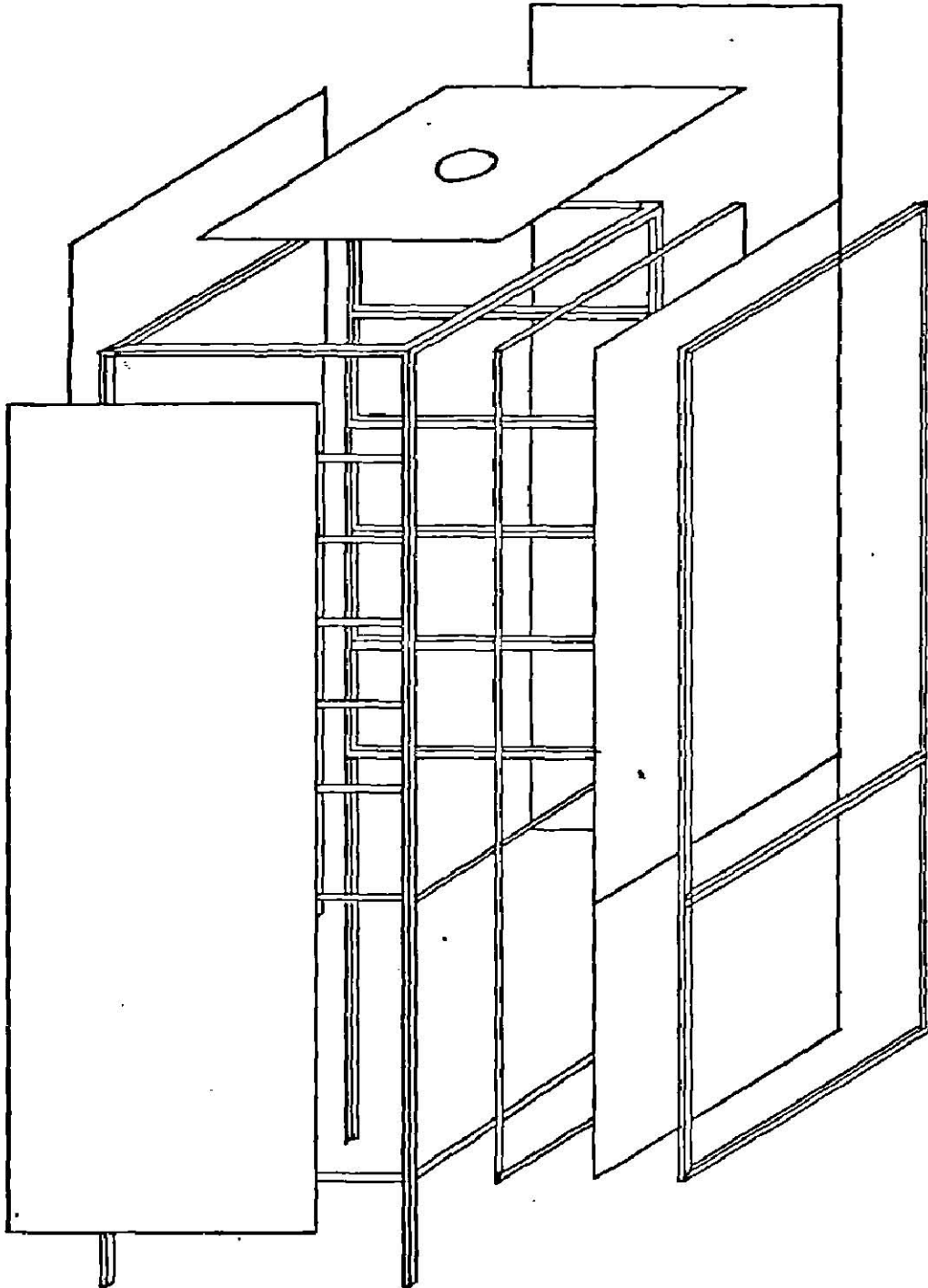
III.- AISLANTE TERMICO

Para evitar en parte las pérdidas de calor por conducción a través de las paredes metálicas del ahumador, es necesario aislarlas térmicamente. Si bien, existen diversos medios aislantes, la forma, el tamaño y la naturaleza del equipo, hacen que el corcho natural sea adecuado para ser utilizado en éste fin. Ya que puede ser fijado por medios mecánicos ó adhesivos y recubierto a su vez por otra superficie metálica.

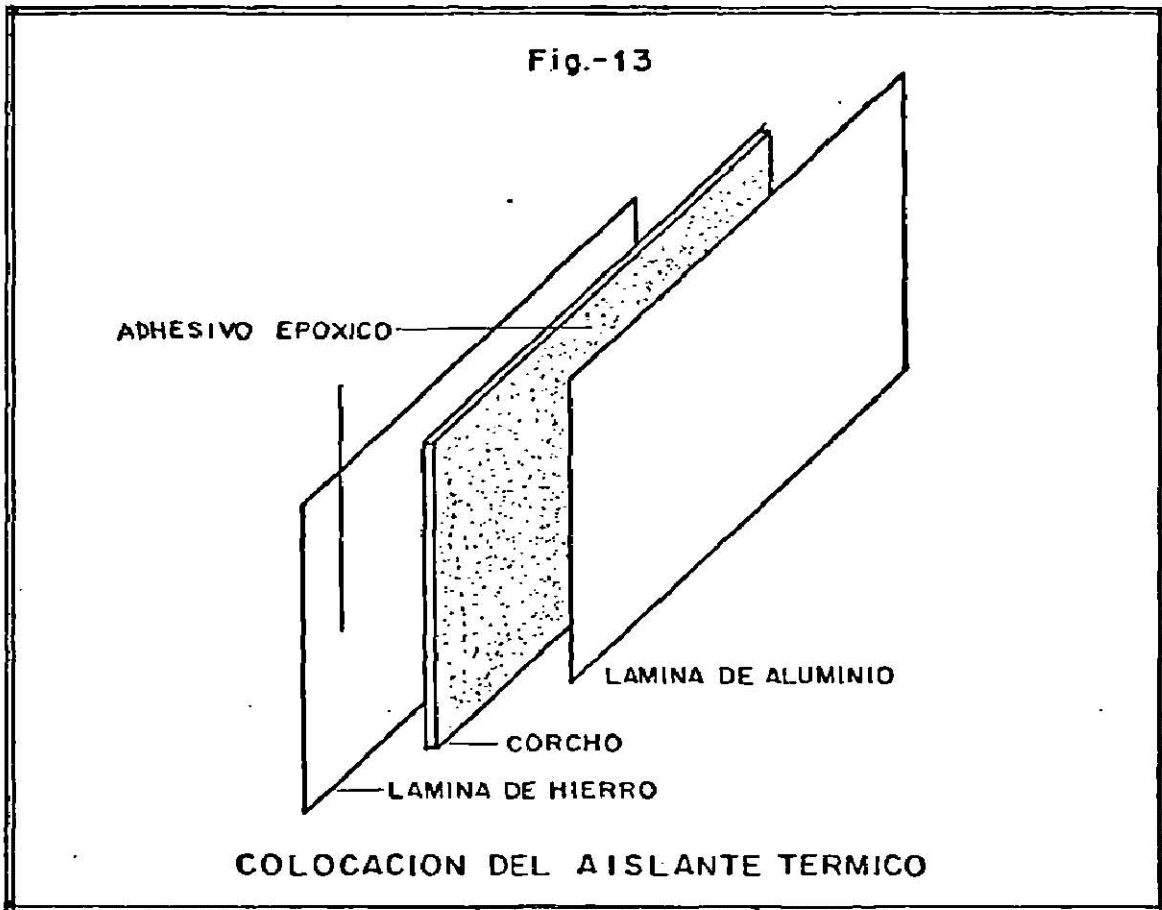
Para éste caso, un recubrimiento interno de las paredes por medio de hojas de corcho natural recubiertas a su vez con hojas de aluminio y fijadas ambas por un adhesivo, tienen como fin, evitar en parte las pérdidas de calor. No es su fin aislar completamente el ahumador, debido a que el humo producido debe ser enfriado en algunas ocasiones para evitar que el producto sea completamente deshidratado por una alta temperatura.

Usando el aislamiento anterior, la forma de colocarlo es la mostrada en la Figura 13.

Fig.-12



LAMINAS DE RECUBRIMIENTO



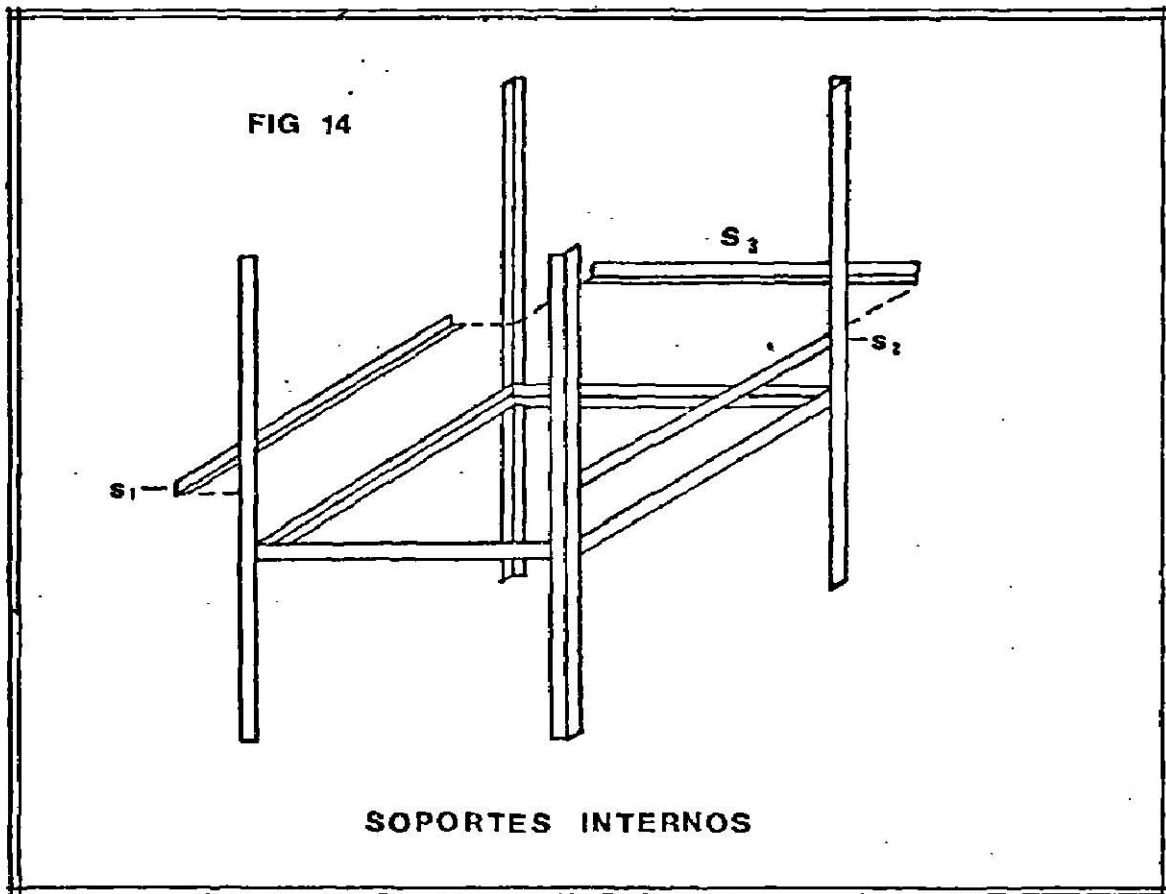
Y para realizarlo se seleccionaron hojas de corcho de 2 mm. de espesor, fijadas directamente por medio de adhesivo epóxico; mismo con el cuál se adherieron las hojas de aluminio de 0.3 mm. de espesor sobre el corcho.

El adhesivo epóxico resiste temperaturas hasta de 300 °C durante algunos minutos, y se mantiene indefinidamente a 100 °C. Mientras que el corcho natural puede soportar temperaturas más elevadas aún sin sufrir deterioro. Por último, la hoja de aluminio colocada protege al corcho del contacto directo con altas temperaturas y facilita la limpieza

interior del equipo. Teniendo en cuenta éstas características, éste aislante se colocó en toda la superficie interna del generador y la cámara de ahumado.

IV.- SOPORTES INTERNOS

Para colocar adecuadamente el conjunto del contenedor de serrín y la resistencia eléctrica dentro del generador de humo, se colocaron tres soportes como lo muestra la Figura 14.



Los cuáles se construyeron del mismo Angulo de hierro forjado de la estructura básica, y se soldaron a una distancia de 10 cm. sobre la parte inferior del generador de humo. Con el objeto de contar con un espacio necesario para realizar las conexiones eléctricas.

En la cámara de ahumado se colocaron 5 pares de soportes laterales, como lo muestra la Figura 11, distanciados cada 15 cm. En ellos se apoyan 15 secciones de tubo de aluminio de 10 mm. de diámetro por 49 cm. de largo. En los cuáles, con la ayuda de ganchos de acero inoxidable se cuelga el producto a ser ahumado. La movilidad de los tubos y ganchos permite colocar piezas desde 5 hasta 80 cm. de largo, y facilita la colocación a diferentes profundidades en la cámara de ahumado, pudiendo colocarse en forma alternada el producto.

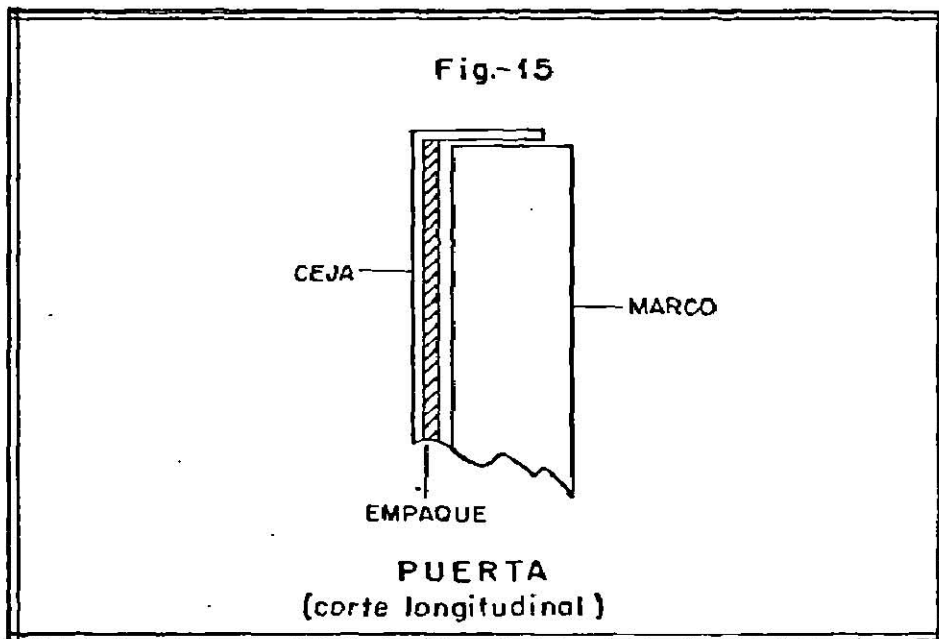
V.- PUERTAS

Se construyeron dos puertas de acceso:

- Para el generador de humo
- Para la cámara de ahumado

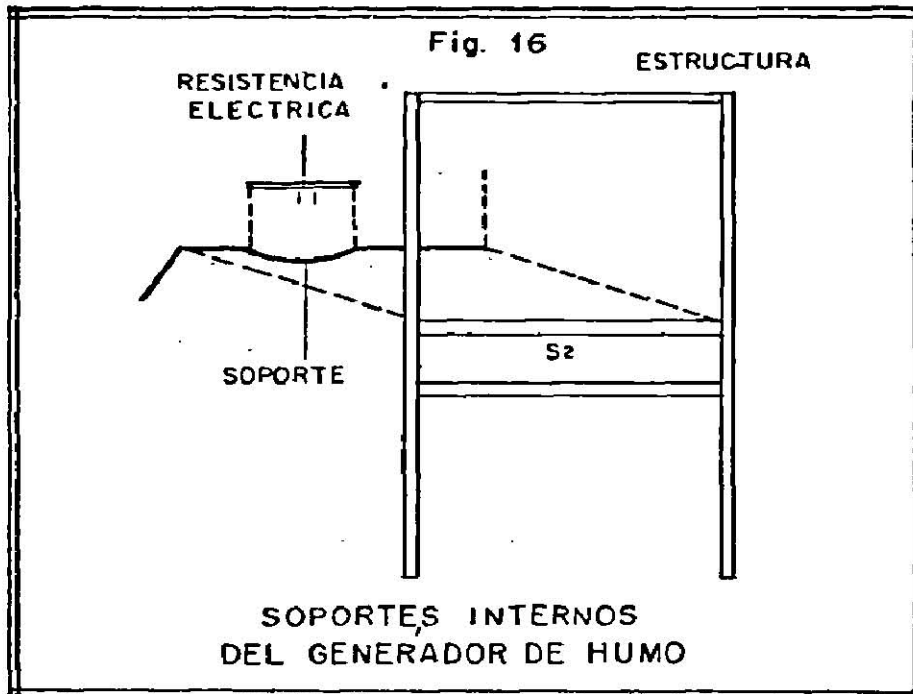
Ambas con los mismos materiales de la estructura básica y las láminas de recubrimiento, así como el aislamiento interno. A las dos se les colocó una jaladera central y un cierre de presión. Se soportó cada una por medio de un par de visagras unidas a la estructura básica. Cada puerta constituye una pared del generador de humo ó de la cámara de ahumado según el caso; y facilitan la colocación del producto, la limpieza y el mantenimiento del generador de humo.

Por último, la periferia de las puertas está rodeada de una ceja de 12.5 mm. de profundidad, mostrada en la Figura 15, que permite un sello adecuado para evitar la salida del humo contenido en el interior del equipo. Y en la puerta de la cámara de ahumado se colocó un termómetro bimetalico de lectura directa a nivel visual del operador.



VI.- RESISTENCIA ELECTRICA

De acuerdo a lo indicado, se colocó una resistencia eléctrica de 1100 Watts de potencia, con alimentación de 110-120 VCA a 60 ciclos/seg. Esta resistencia se montó directamente en un orificio de 17 cm. de diámetro, practicado en una lámina de Calibre 20 B.W.G, la cuál se montó en la parte inferior del ahumador en los soportes mostrados en la Figura 14 por medio de dos tornillos de 3/16 " X 1/2 " con las respectivas tuercas, como lo muestra la Figura 16.



VII.- SUMINISTRO ELECTRICO

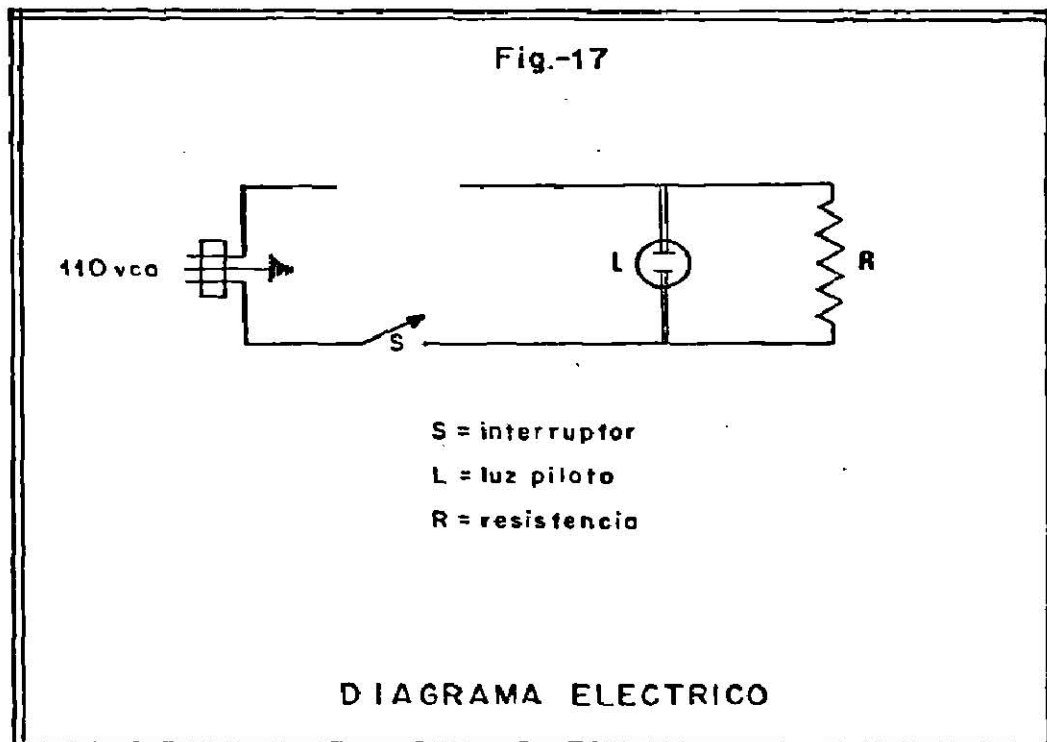
Dada la energía eléctrica que tiene que ser suministrada a la resistencia eléctrica y el uso al que está destinado el equipo, basándose en la Tabla III-A de conductores y equipo eléctrico "Square-D", se colocó un cable de uso rudo de tres polos con aislante antillama Calibre No. 14. Dos de los cables se utilizaron para el suministro básico, mientras que el tercero provee un escape a tierra de cualquier indicio de energía eléctrica que se manifestara en las paredes metálicas del equipo y podiera causar una descarga eléctrica al ser operado.

Para el paso del cable a través de la pared del generador de humo, se usó un conector metálico con opresor de hule al centro, el cuál inmo-

viliza el cable e impide que las conexiones eléctricas sufran deterioros debido al movimiento generado durante el uso.

La conexión del suministro eléctrico a la resistencia se efectuó mediante zapatas eléctricas de unión Calibre No. 14 sujetadas por medio de tornillos de bronce de 3/16 " X 1/4 " con sus respectivas tuercas.

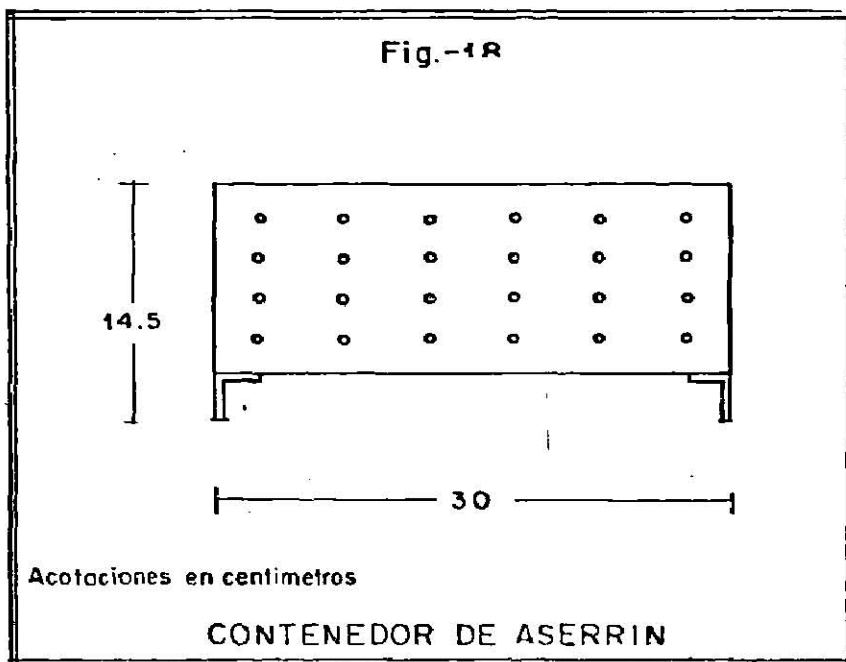
Debido a la necesidad de poder contar con un elemento para poner ó dejar fuera de servicio la resistencia eléctrica, se colocó un interruptor de un polo y un tiro, el cuál cierra ó abre el circuito de suministro a la resistencia. Una luz piloto de Neón fué conectada en paralelo a la resistencia, como lo muestra la Figura 17 e indica si el flujo de corriente se establece y es adecuado 110-120 VCA. Para facilitar la operación, éste interruptor fué colocado a una altura de 130 cm. al alcance de la mano, y la luz piloto se colocó a un nivel visual de 155 cm.



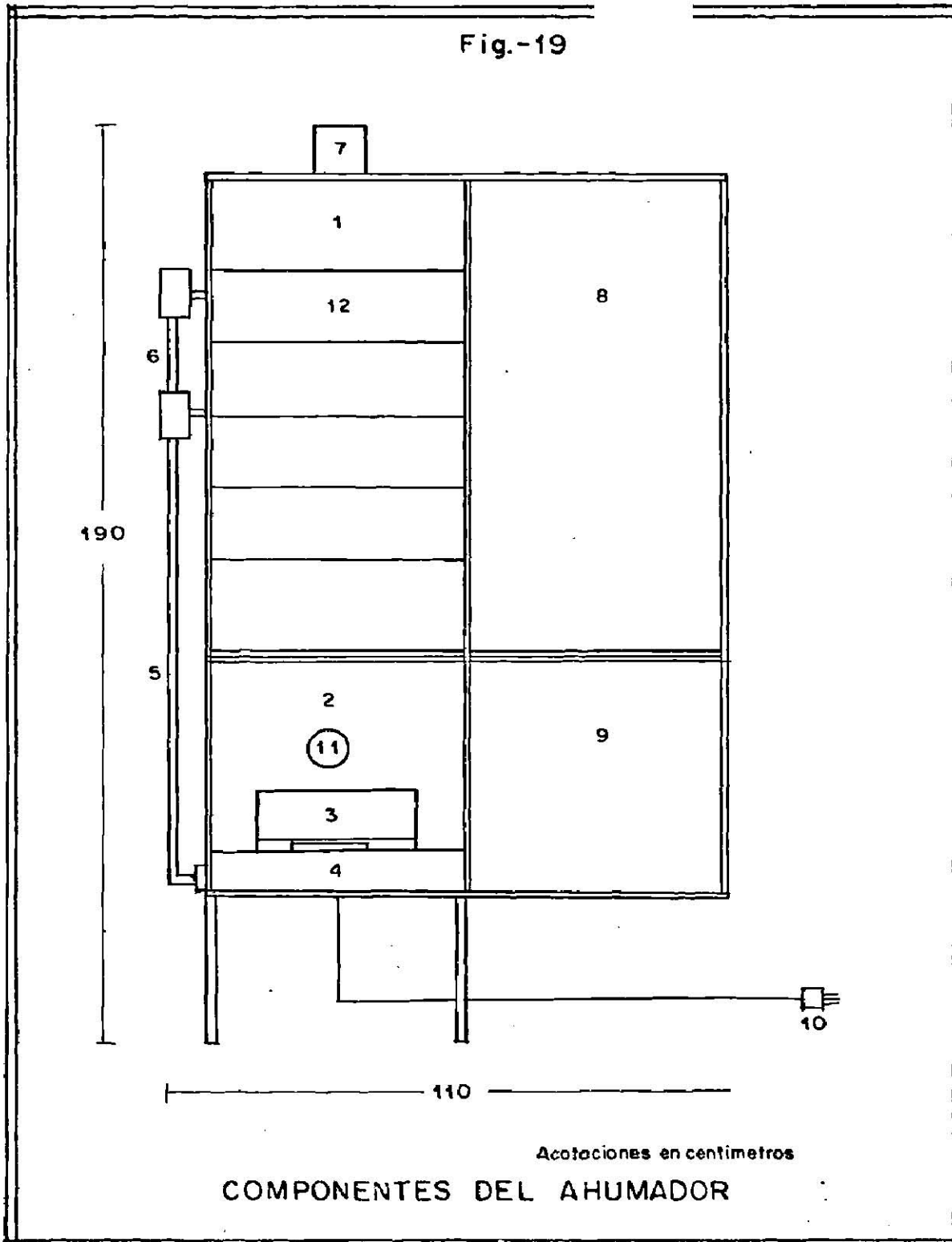
Dado que parte de las conexiones eléctricas se encuentran bajo la resistencia y soportan una temperatura elevada, los cables de conducción fueron aislados primero por una cubierta antillama de fibra de vidrio y sobre ésta una lámina de aluminio de 0.2 mm. de espesor que envuelve los conductores. En medio de ambas cubiertas se dejó un espacio ocupado por aire, el cuál aumenta la efectividad del aislante.

VIII.- CONTENEDOR DE SERRIN

De acuerdo a las especificaciones, se construyó un contenedor compuesto de lámina de hierro forjado Calibre 22 B.G con dimensiones de 30 X 30 X 12 cm. Al cuál se le agregaron dos soportes laterales de 2 cm. de altura, los cuáles tienen como objeto mantener el contenedor sobre la resistencia eléctrica sin apoyarse en ésta. También se practicaron orificios de 3/16 " separados unos de otros 1" sobre toda la superficie del contenedor, como lo muestra la Figura 18. Esto con el fin de permitir la llegada de aire al serrín sometido a pirólisis.



La integración de los elementos anteriores, dió como resultado el equipo de la Figura 19, con el cuál se pudo experimentar el proceso de ahumado en varios productos.



En la Figura 19:

- 1.- Cámara de ahumado
- 2.- Generador de humo
- 3.- Contenedor de serrín
- 4.- Resistencia eléctrica
- 5.- Conduit para cables eléctricos
- 6.- Interruptor para la resistencia y luz piloto
- 7.- Corona para salida de humo
- 8.- Puerta de acceso a la cámara de ahumado
- 9.- Puerta de acceso al generador de humo
- 10.- Suministro eléctrico
- 11.- Admisión de aire
- 12.- Tubos de soporte

PRUEBAS Y CONCLUSIONES

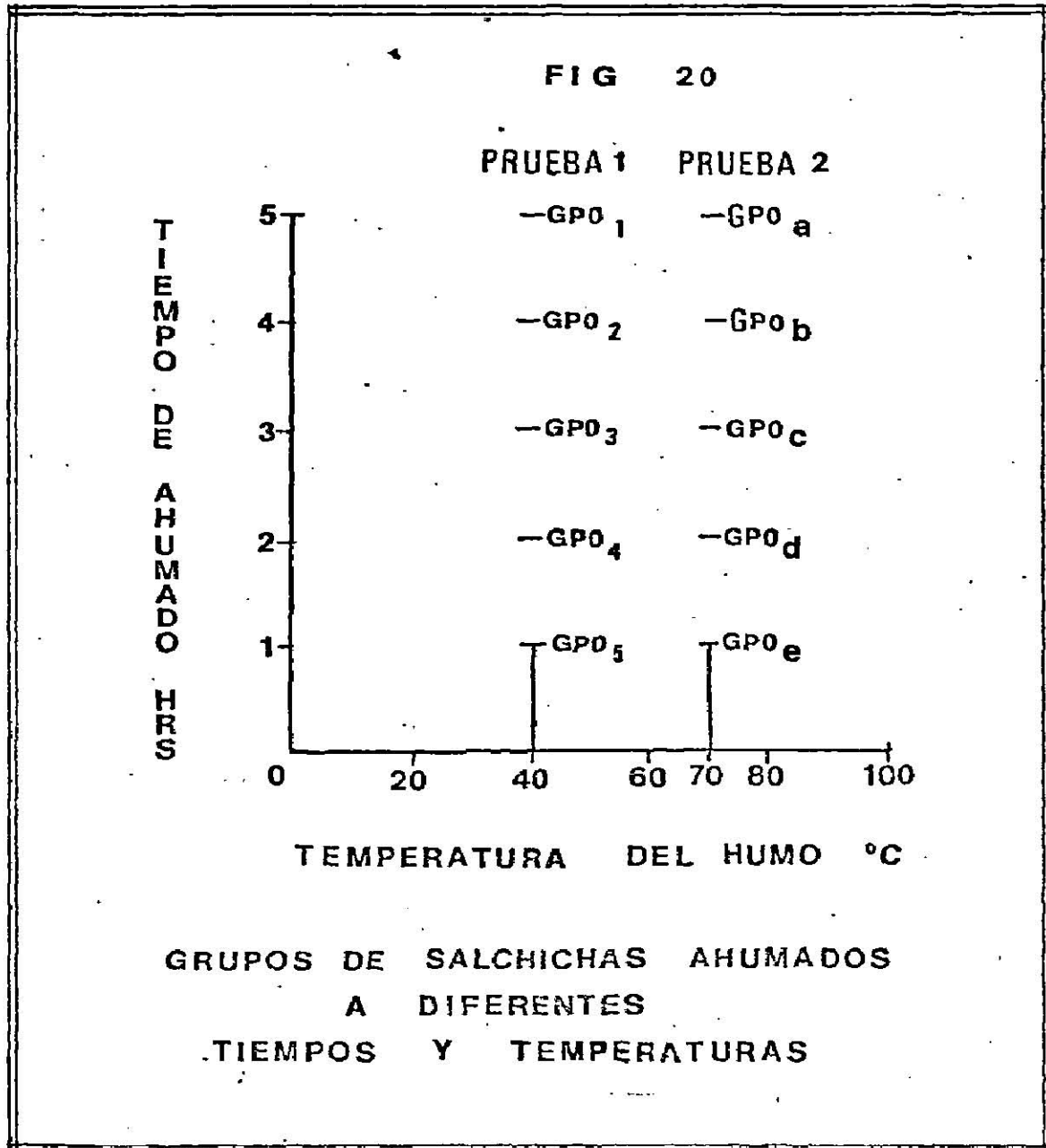
El equipo de ahumado descrito anteriormente se puso en funcionamiento utilizando para la pirólisis, serrín de cedro. Con una densidad aparente de 50 gr/lt. Dos formas de operación se experimentaron:

- 1o.- Encendiendo la resistencia eléctrica tan sólo para iniciar la producción de humo.
- 2o.- Manteniendo la resistencia encendida durante todo el tiempo.

En el primer caso, el humo generado mantiene una temperatura de 40 - 45 °C dentro de la cámara de ahumado durante 50 minutos. Mientras que en el segundo, la temperatura asciende rápidamente hasta 90 °C y en éste punto el serrín del contenedor entra en ignición elevándose la temperatura hasta 110 °C . En ambos casos, el tiempo de respuesta varía entre 15 y 18 minutos dependiendo del tipo y humedad del serrín. En el segundo caso es posible mantener una temperatura de 70 °C dentro de la cámara de ahumado sin que el serrín entre en ignición, operando manualmente el interruptor de la resistencia eléctrica y teniendo como guía el termómetro de lectura directa colocado en la cámara.

Para probar la efectividad del equipo se sometieron en él varios productos a proceso de ahumado. En primer término, se eligió un embutido previamente curado (Salchichas Frankfourth), el cuál se presenta en el mercado en su estado natural ó ahumado. Esto con el objeto de contar con un producto que mantuviera un curado uniforme y proporcionara un estándar sobre el sabor, color y aroma que debería presentar el embutido en su estado final.

La variación de tres condiciones: tiempo, temperatura y naturaleza del humo, provocan diferentes resultados en el producto. Una de éstas variables, la naturaleza del humo se fijó al utilizar en la producción de éste, sólo serrín de cedro; mientras que las otras condiciones se variaron de acuerdo a la siguiente gráfica de la Figura 20.



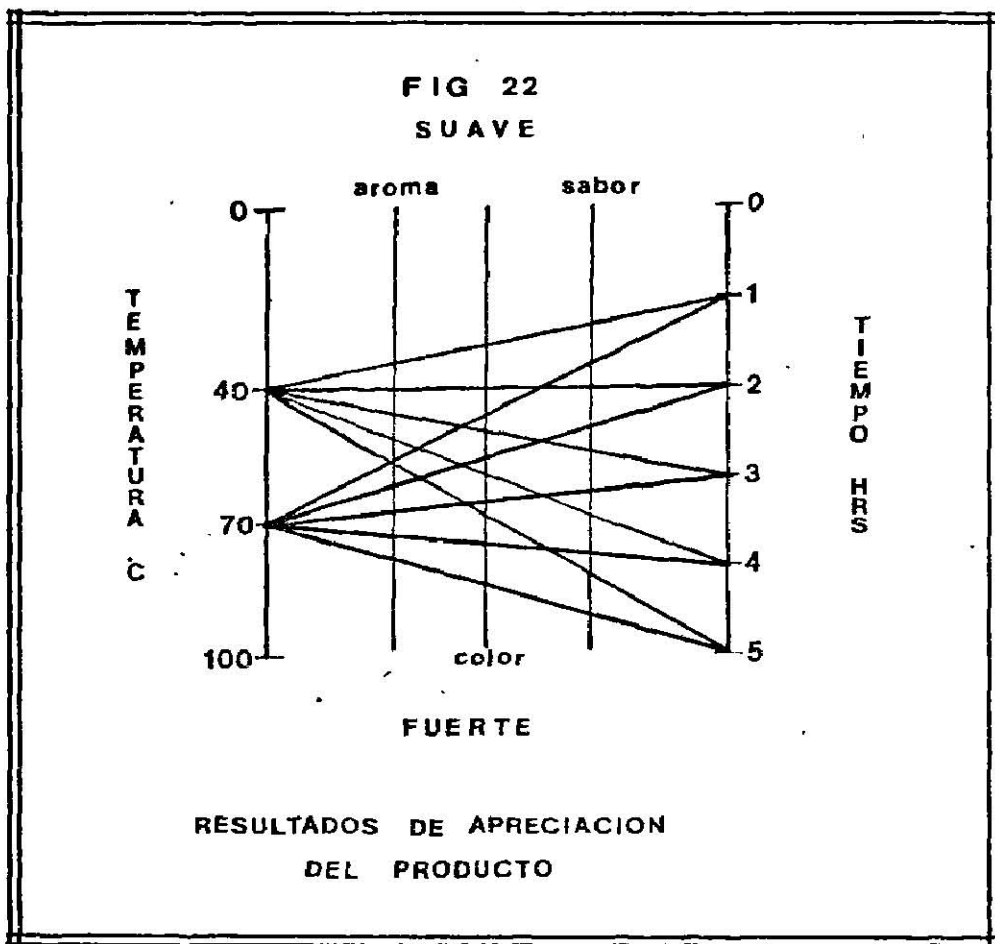
Para ambas pruebas se colocaron en cada caso cien salchichas, separadas en grupos de 20 unidades y suspendidas verticalmente dentro de la cámara de ahumado. Este producto fué distribuído entre un número igual de personas junto con un sencillo cuestionario de opinión sobre el producto mostrado en la Figura 21

FIG 21		
PRUEBA DE ACEPTACION DE SALCHICHAS AHUMADAS		
<u>FALTO</u>	<u>BUENO</u>	<u>SOBRO</u>
	SABOR	
	COLOR	
	AROMA	

El cuál se resolvía marcando sobre la palabra "bueno" ó en el lado que se eligiera como "faltó" ó "sobró"; la opinión del consumidor sobre el sabor, color y aroma del producto.

Los cuestionarios referidos que mostraban dos resultados "buenos", eran considerados como una aprobación del producto, mientras que los marcados con dos resultados como "faltó" ó "sobró" se tomaban como un rechazo del producto.

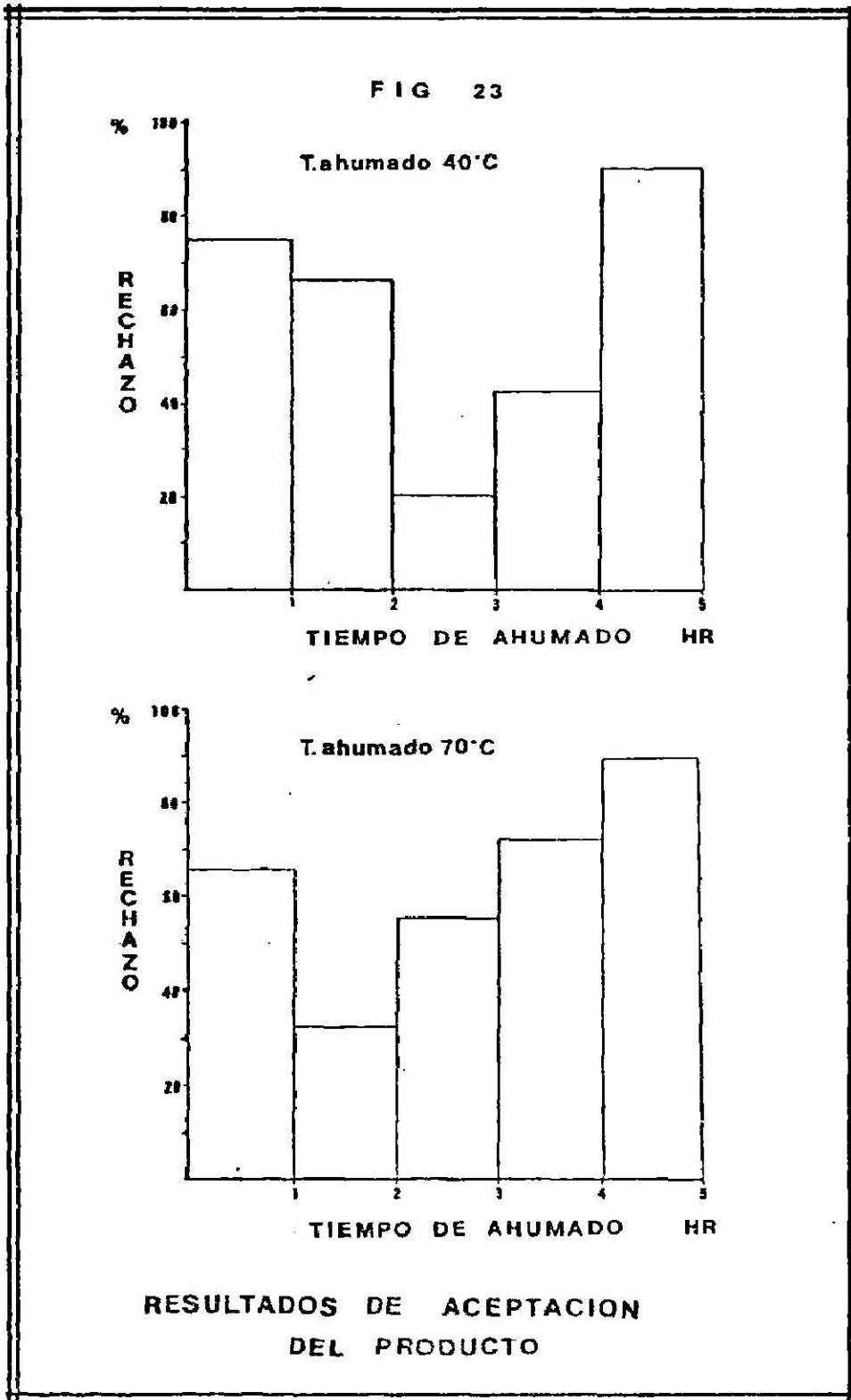
Con los resultados de las opiniones emitidas, se definió el orden en que son afectadas con la temperatura y el tiempo de ahumado las características del producto y se elaboró la gráfica de la Figura 22 que muestra los resultados de apreciación del consumidor sobre el producto.



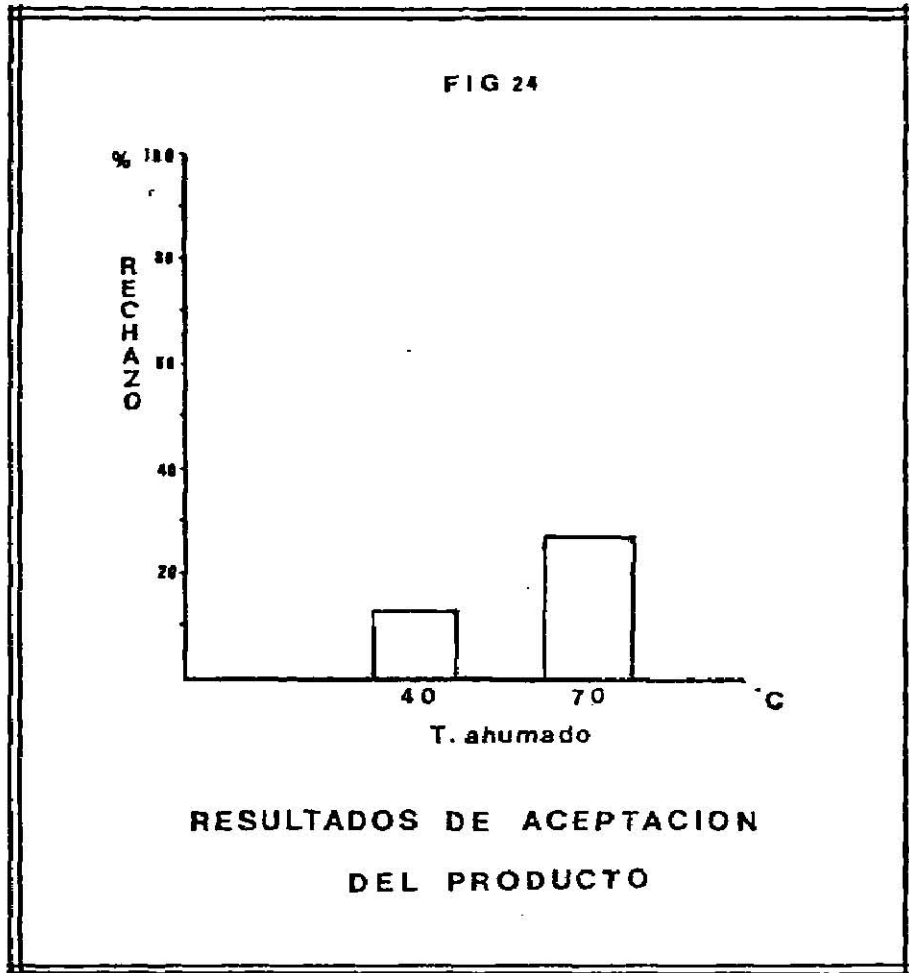
En ésta gráfica se considera que las características del producto pueden variar de suaves a fuertes, y de ella se puede obtener una idea del problema que representa dar una característica deseable del producto. Así, de acuerdo con esto, el aroma se obtiene fácilmente y dentro de un rango intermedio; mientras que el color presenta mayor variación; y el sabor puede pasar definitivamente de un estado suave a uno fuerte con las diferentes combinaciones de tiempo y temperatura de ahumado.

En las gráficas de la Figura 23, se observa que el producto con ma-

yor aceptación fué el obtenido bajo las condiciones de tiempo y temperatura comprendidos entre 2 Horas/70 °C y 3 Horas/40 °C



Fijando un tiempo de 3 horas, se efectuaron dos pruebas más utilizando temperaturas de 40 y 70 °C en la cámara de ahumado, con los resultados mostrados en la gráfica de la Figura 24.



En éstas pruebas se analizó además la pérdida de peso del producto, debido a la deshidratación que sufre en el proceso, obteniéndose las siguientes Tablas.

TABLA V * TABLA COMPARATIVA DE DESHIDRATACION DEL PRODUCTO

TEMPERATURA 40°C											
PESO DEL PRODUCTO	39	43	40	42	44	41	42	42	40	PROMEDIO	
										42	41.5
AHUMADO	33	36	34	35	37	34	35	35	34	36	34.9
PERDIDA EN PESO	6	7	6	7	7	7	7	7	6	6	6.6
% DE PERDIDA	15.3	16.2	17.6	20.0	15.9	17.0	16.6	16.6	15.0	14.2	15.9

TABLA VI * TABLA COMPARATIVA DE DESHIDRATACION DEL PRODUCTO

TEMPERATURA 70°C											
PESO DEL PRODUCTO	40	42	40	38	39	39	41	42	43	PROMEDIO	
										42	40.6
AHUMADO	31	32	31	29	29	30	32	32	32	32	31.0
PERDIDA EN PESO	9	10	9	9	10	9	9	10	11	10	9.6
% DE PERDIDA	22.5	23.8	22.5	23.6	25.6	23.0	21.9	23.8	25.5	23.8	23.6

* TODOS LOS PESOS SON EN GRAMOS

De lo anterior, se concluye que, de acuerdo a la calidad y aceptación del producto ahumado, así como el consumo de energía, las pérdidas por deshidratación y la atención requerida en el manejo del equipo, para un producto previamente curado se recomienda ahumarlo durante 3 horas a una temperatura de 40°C

Posteriormente, se procesaron con éste equipo, chuletas de cerdo. Las cuáles ocupan el primer lugar en el consumo de productos ahumados. Para ésto debido a que la materia prima, o sea las chuletas sólo se ofrecen en su estado natural ó ahumadas, fué necesario curar en salmuera las chuletas, para posteriormente ahumarlas. Según el "Manual de Industrialización de la Carne" (*) (6), una salmuera apropiada para el curado de chuletas de cerdo es la siguiente:

AGUA	1000 ml.
NaCl	100 gr.
CURA PREMIER	35 gr.
HAMINE S-21	35 gr.
AZUCAR	35 gr.
CONDIMENTO CALIFORNIA	10 gr..
BUEN SABOR	2.5 gr.
SALOX	1.0 gr.
ASCORBATO DE SODIO	1.0 gr.

(*) S.E.P. 1982 CBTIS

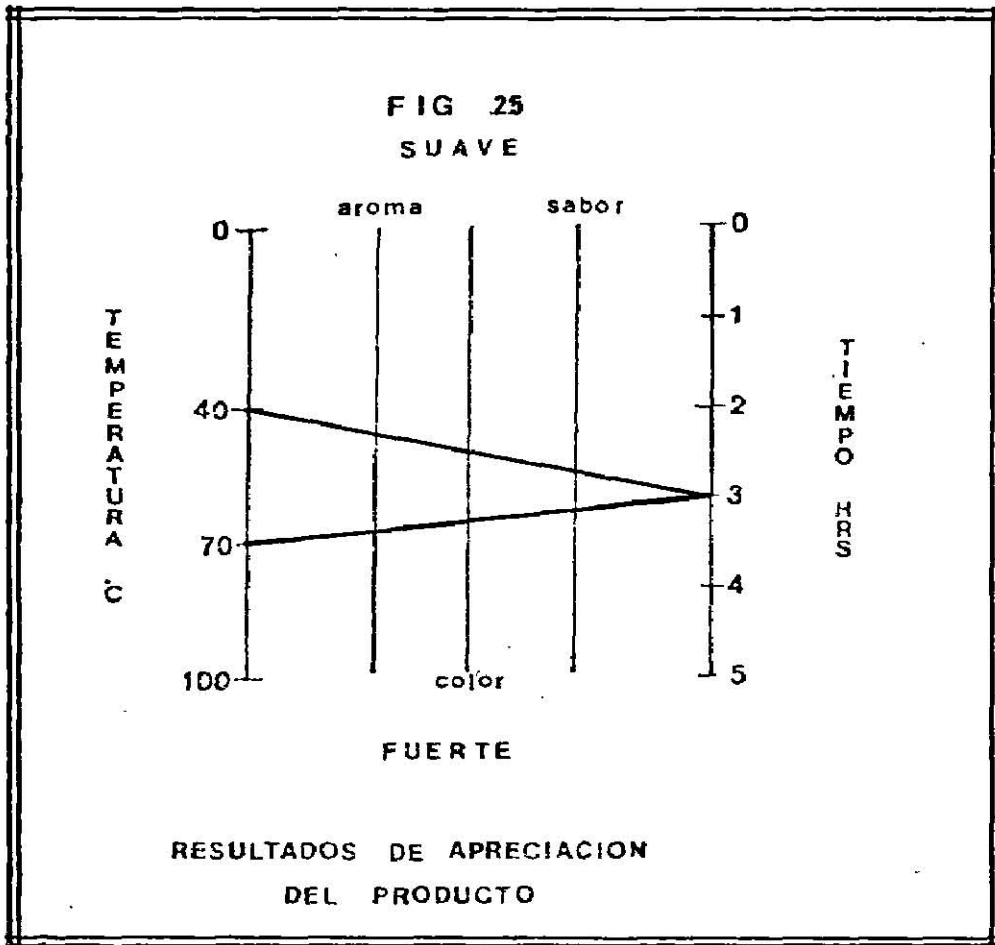
PREPARACION:

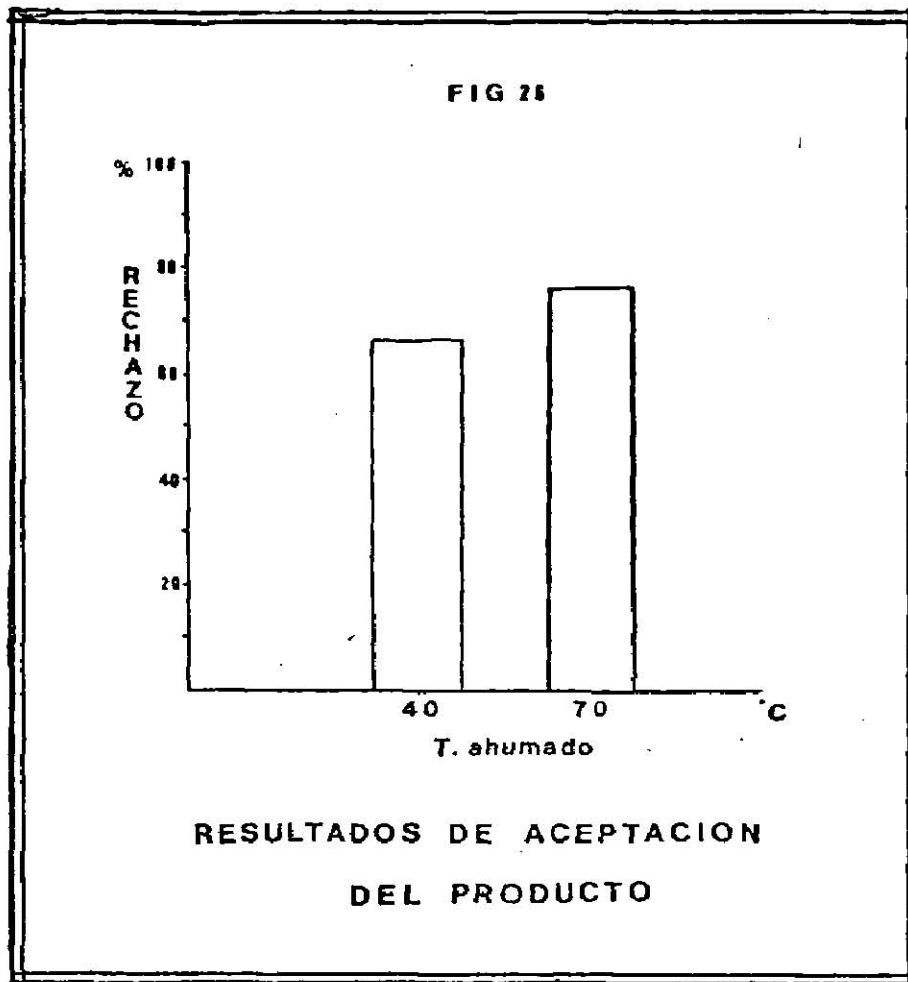
Se disuelve primeramente el Hamine y el Condimento California en agua caliente. Después se disuelve el resto de los ingredientes en agua fría. La temperatura final de la salmuera debe de ser de 10 a 15 °C

Una vez preparada la salmuera, las chuletas ya limpias, se inyectaron por medio de las hipodérmicas hasta saturarlas completamente y de acuerdo con el procedimiento se curaron 3 días en curado, cubiertas por la misma salmuera. A los 3 días se lavaron con agua corriente a 4 °C. Se lavaron con agua corriente

al final y se dejaron escurrir.

Las chuletas curadas así obtenidas se ahumaron durante 3 horas a una temperatura de 40 °C un grupo; y otro a una temperatura de 70 °C con los siguientes resultados que se muestran en las gráficas de las Figuras 25 y 26.





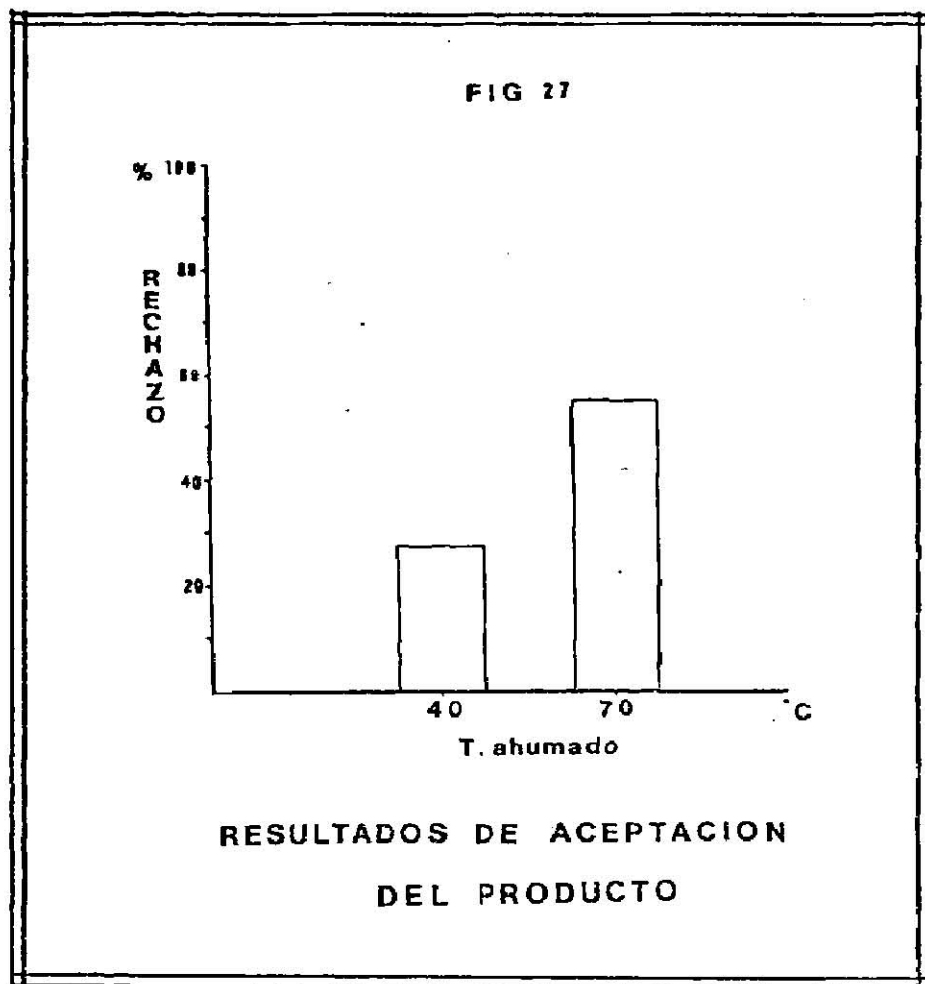
En éste caso, se tuvo una muy baja aceptación del producto, la causa repetida de acuerdo a las opiniones recabadas fué un exceso de sal en el producto, y éste sabor predominante enmascaraba definitivamente cualquier otro sabor.

Debido a ésto, se decidió probar nuevamente con una salmuera modificada principalmente en su contenido de sal, y reducir de 3 a 2 días el tiempo de permanencia en salmuera.

Para éste caso, la salmuera utilizada consistió en lo siguiente:

AGUA	1000 ml.
NaCl	50 gr.
AZUCAR	35 gr.
CONDIMENTO CALIFORNIA	10 gr.
CURA PREMIER	17.5 gr.
HAMINE S-21	17.5 gr.
BUEN SABOR	2.5 gr.
SALOX	1.0 gr.
ASCORBATO DE SODIO	1.0 gr.

Esta salmuera se preparó y aplicó en la forma anteriormente descrita. Se probó nuevamente con dos grupos de chuletas ahumadas a 40 y 70°C respectivamente, obteniéndose la siguiente aceptación que se muestra en la gráfica de la Figura 27.



De acuerdo a las opiniones reunidas, el producto más aceptable continuó siendo el ahumado a 40 °C, ya que presentaba una menor deshidratación que el ahumado a 70 °C; sin embargo se notaba en él falta de color y sabor.

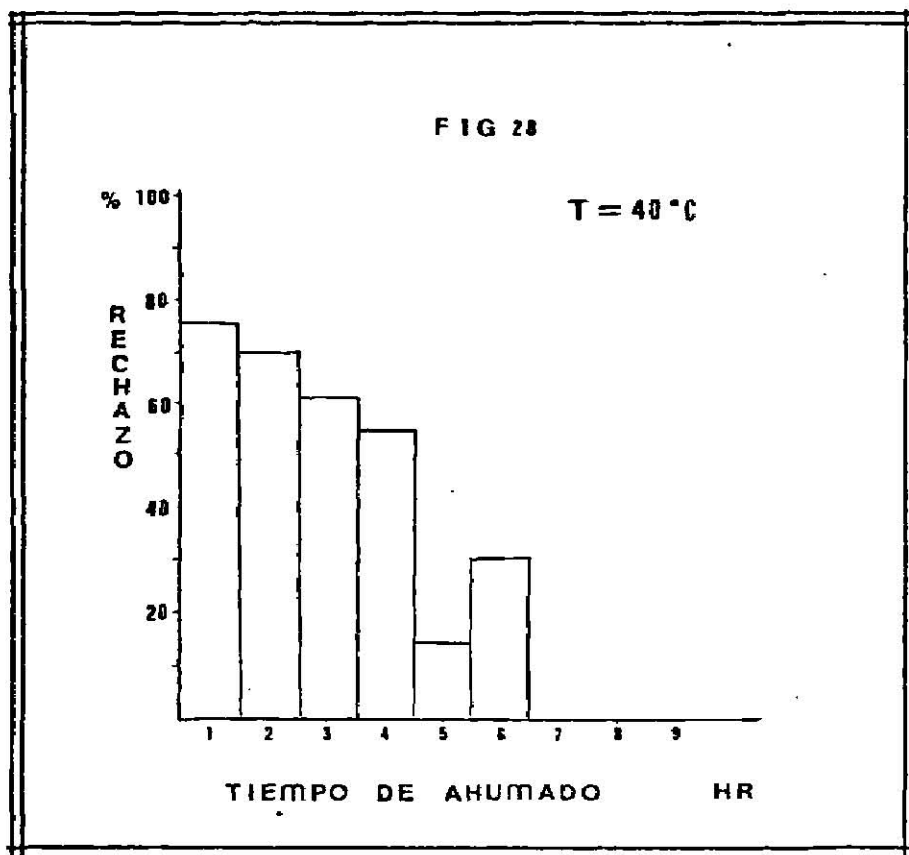
Además en éstos dos grupos de prueba, tan sólo un 8 % de las opiniones recabadas confirmó un sabor salado en el producto.

En la Tabla VII se muestra el grado de deshidratación en ambos casos.

TABLA VII TABLA COMPARATIVA DE DESHIDRATACION DEL PRODUCTO

PRODUCTO AHUMADO A 40 °C					
PESO CHULETA CRUDA	1.205 Kg	1.110 Kg	1.208 Kg	1.090 Kg	1.300 Kg
PESO CHULETA CURADA	1.600	1.465	1.570	1.438	1.716
INCREMENTO EN PESO %	32.7	31.9	29.9	31.9	32.0
PESO CHULETA AHUMADA	1.480	1.365	1.437	1.308	1.573
INCREMENTO FINAL DE PESO	22.8 +	22.9 +	18.9 +	20.0 +	21.0 +
PRODUCTO AHUMADO A 70 °C					
PESO CHULETA CRUDA	1.300 Kg	1.150 Kg	1.320 Kg	1.204 Kg	1.260 Kg
PESO CHULETA CURADA	1.717	1.526	1.741	1.551	1.542
INCREMENTO EN PESO %	32.0	32.6	31.8	28.8	22.3
PESO CHULETA AHUMADA	1.378	1.242	1.465	1.271	1.354
INCREMENTO FINAL DE PESO	6.0 +	8.0 +	10.9 +	5.5 +	7.4 +

Debido a ésto se realizó otra prueba basada en los resultados anteriores. Se desarrolló ahumando el producto a 40 °C y dando tiempos de 4, 5 y 6 horas respectivamente, con los resultados mostrados en la Figura 28.



De acuerdo con ésto, para las chuletas curadas con la segunda salmuera, el proceso de ahumado, deberá ser a 40 °C y con un tiempo de 5 horas dentro de la cámara de ahumado.

Otros productos previamente curados con los cuáles se probó el equipo de ahumado, fueron el jamón y pescado ahumado. La forma de efectuar el curado se describe a continuación, así como la fórmula para la preparación de las salchichas Frankfourt

SALMUERA PARA EL CURADO DE JAMON AHUMADO

AGUA

1000 ml.

NaCl	75 gr.
AZUCAR	30 gr.
CURA PREMIER	30 gr.
HAMINE S-21	30 gr.
CONDIMENTO JAMON CALI- FORNIA.	5 gr.
BUEN SABOR	2.5 gr.

El curado se efectúa igualmente por inyección de ésta salmuera, como en el caso de las chuletas. Dejándose reposar los jamones 2 días en la misma salmuera a 3-4 °C. Posteriormente se enjuagan, escurren y se ahuman por espacio de 5 horas a una temperatura de 40-45 °C.

SALMUERA PARA EL CURADO DE PESCADO AHUMADO

AGUA	1000 ml.
NaCl	60 gr.

El pescado lavado y eviscerado se mantiene en la salmuera durante 3 días a una temperatura de 3-4 °C. A continuación se saca de la salmuera, se lava con el fin de eliminar la sal excedente en la superficie del pescado. Una vez hecho esto, las piezas se escurren y se colocan dentro de la cámara de ahumado donde se mantienen por 5 horas a una temperatura del humo de 40-45 °C

FORMULA PARA LA PREPARACION DE SALCHICHAS FRANKFOURT

LOMO DE CERDO	1000 gr.
CARNE DE CERDO CON GRASA	250 gr.
CARNE DE TERNERA	300 gr.

NITRATO DE SODIO	3 gr.
CLORURO DE SODIO	15 gr.
PIMIENTA NEGRA	5 gr.
AGUA	100 ml.
COLORANTE POR LITRO DE AGUA	0.5 gr.

Primeramente se dá un molido fino a la carne. Se mezcla con el resto de los ingredientes y se embute en un contenedor de poliamida de diámetro adecuado para salchichas, haciendo amarres cada 10 cm. A continuación se cuecen las salchichas durante 30 - 40 minutos en agua a 100 °C conteniendo colorante vegetal rojo cereza para pintarlas. Una vez terminado el cocimiento y escurridas las salchichas, se ahuman durante 4 horas a una temperatura de 40 - 45 °C. Pasado éste tiempo se les quita la envoltura y se enlatan procurando que queden bien apretadas; rellenándose las latas con agua de cocimiento y esterilizándose en autoclave.

De las pruebas anteriores, y con las observaciones del comportamiento del equipo de ahumado, es posible concluir lo siguiente:

- El proceso de ahumado se verifica mejor usando el humo a su temperatura de generación.
- El producto por ahumarse deberá estar húmedo en su superficie, para acortar el tiempo necesario para desarrollar color en el mismo.
- Se debe ahumar el producto hasta que éste muestre una costra completa de proteínas coaguladas en su superficie externa. Una parte sin ahumar puede iniciar la generación de mohos.
- Si la pieza es mayor de 30 cm. de largo, se debe invertir su posición

a la mitad del tiempo de proceso para lograr un ahumado parejo.

- Se debe usar serrín de madera dura, exento de contaminaciones de otras maderas y de substancias como aceites, pinturas, lacas, etc. Contaminaciones comunes en algunas ocasiones.
- El ahumado obtenido prolonga el tiempo de vida del producto con ó sin refrigeración.
- Los productos ahumados obtenidos presentan un sabor, color y aroma que les confieren una mayor aceptación sobre los productos curados únicamente.
- La alimentación manual de serrín al generador es muy problemática, por lo que es necesario cambiarla a una forma mecánica.

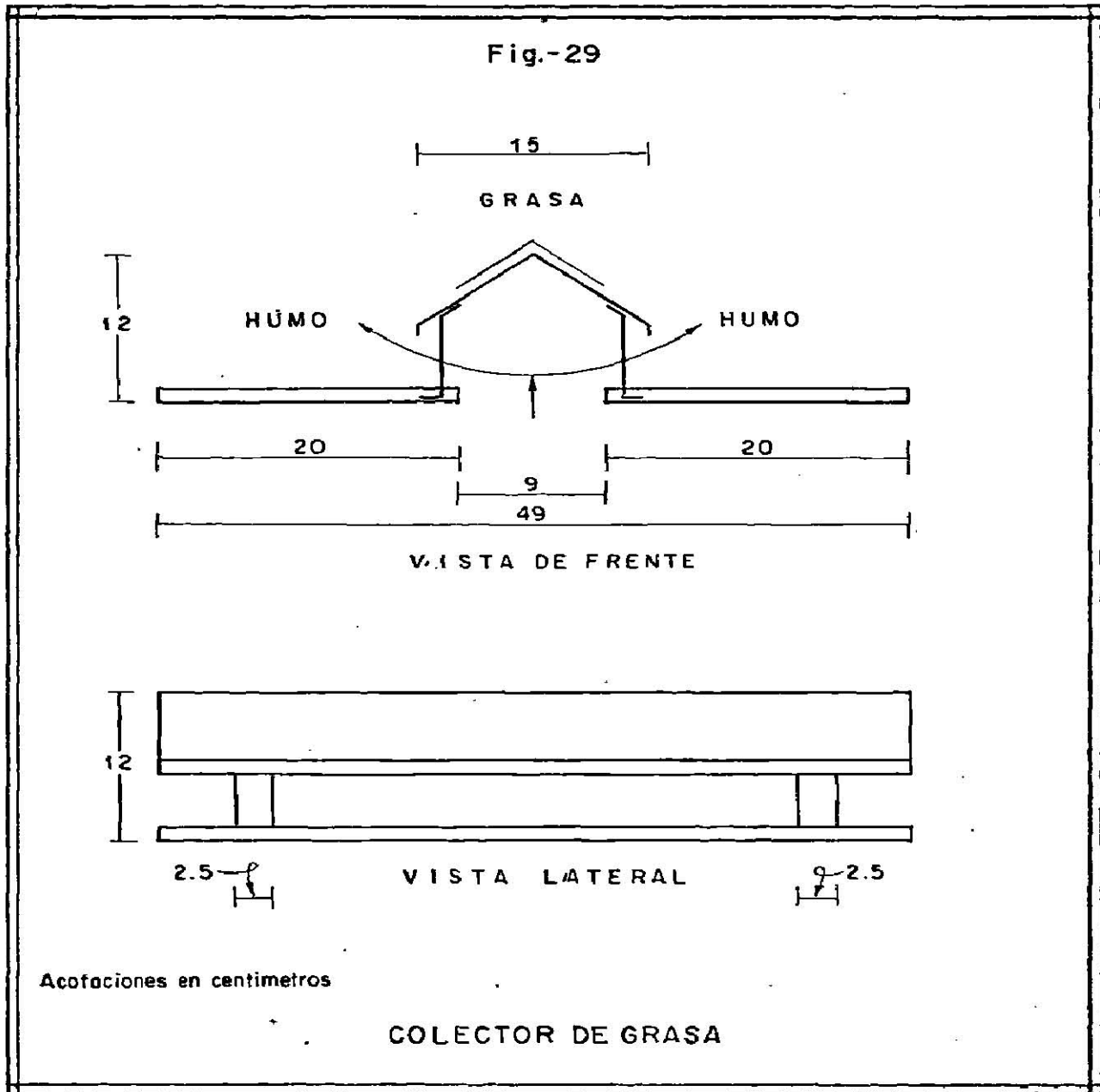
MODIFICACIONES

De la operación del equipo de ahumado, la alimentación de serrín resultó ser muy problemática, ya que ésta se efectuaba manualmente. Para lo cual se debía tener a disposición un recipiente con serrín para rellenar el contenedor cada que fuera necesario. Esto originaba múltiples movimientos para el operador, derrames de serrín y un menor control sobre el Proceso. Motivo por el cual fué necesario cambiar a una forma mecánica la alimentación del serrín.

Además, otra modificación fué necesaria debido a lo siguiente: El Doctor Klement Möhler (4) en su trabajo "El Ahumado", y Knowles, Gilbert y Mc Weeny (8) en su estudio sobre las nitrosaminas en el tocino ahumado, mencionan la presencia de los "HAP" - Hidrocarburos aromáticos policíclicos- en los productos ahumados. Estos HAP existen aproximadamente en 40 combinaciones ó estructuras orgánicas en el humo .proveniente de la madera, y de éstos dos son posibles compuestos carcinogénicos: el 3-4 Benzopireno y el Benzantraceno. Según los trabajos citados, la formación de "HAP" se vé incrementada cuando las grasas de origen animal, se queman sobre la madera que se somete a pirólisis para la producción de humo. Y la cantidad del 3-4 Benzopireno y Benzantraceno presentes en el humo aumentan.

De acuerdo con el diseño original, los productos a ahumar se suspenden directamente sobre el contenedor de serrín y por lo tanto la grasa que escurre de los productos cae sobre la madera en pirólisis.

Debido a ésto se colocó una barrera que impide que las grasas caigan sobre el serrín, pero que permite el paso del humo hacia la cámara de ahumado. Esta se muestra en la Figura 29.

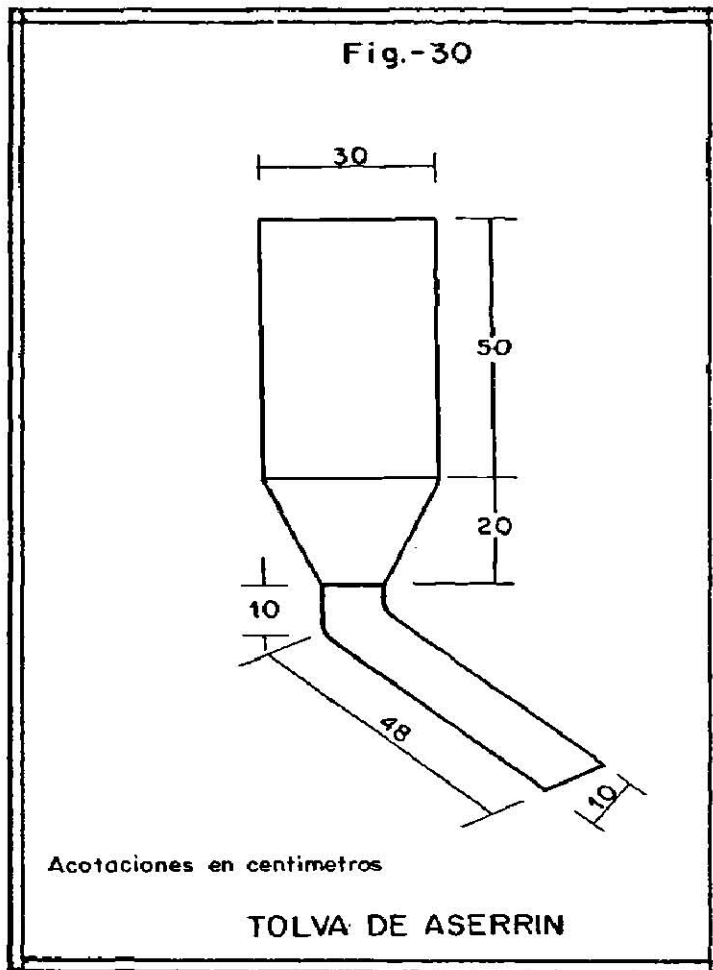


Para la alimentación del serrín, era necesario contar con una tolva que permitiera contener en ella la cantidad de serrín necesaria para alimentar el generador durante 5 horas, que es el mayor tiempo de ahumado requerido. Por lo que el volúmen de la tolva será el siguiente: Si tomamos en cuenta los datos utilizados para el generador de humo.

$$V = 5 \text{ Horas operación} \times \frac{10.5 \text{ lt. de serrín}}{1 \text{ Hora operación}}$$
$$V = 52.5 \text{ Lt.}$$

Esta tolva debería descargar el serrín sobre el contenedor del generador de humo. Y estaría colocada en la parte posterior del mismo, efectuándose la caída del serrín por medio de un ducto ó especie de tobogán.

Para determinar el ángulo requerido en el ducto para que el serrín se deslize fácilmente, se construyó éste primeramente y se probó con varios ángulos de inclinación, dando resultados positivos arriba de 30 °C con respecto a la horizontal. Por lo cuál con ésto y el volúmen requerido se construyó la siguiente tolva para alimentación de serrín, mostrada en la Figura 30. Utilizando para ello lámina de hierro forjado Calibre 22 BWG.



Para sostener ésta tolva, se construyó una estructura como se muestra en la Figura 31, que permitiera colocarla a la altura adecuada y para permitir el peso del ducto de descarga al contenedor de serrín, se realizó un orificio cuadrangular de 11.0 cm X 11.0 cm. de lado. Debido a que el serrín tiende a compactarse en la parte más angosta de la descarga, se aprovechó esto para que por medio de un agitador colocado a lo largo de la tolva y que opera intermitentemente, el serrín vaya siendo dosificado al contenedor.

Este agitador consiste en un eje vertical de cobre de 12.25 mm. de diámetro y 75 cm. de longitud. A una distancia de 50 cm. de su parte superior tiene 6 perforaciones de 5 mm. ϕ en las cuáles van acoplados otros tantos tornillos "espárragos" de igual diámetro y sostenidos por ambos lados con tuercas hexagonales. Sobre éstos tornillos van colocados 6 pares de secciones de tubo de cobre de 9 mm. de diámetro y con largos que varían de 10 a 2.5 cm y espaciadas cada 3 cm. Dos soportes consistentes en pares de canales de aluminio de 12.25 mm. de ancho sostienen dos chumaceras de acero. Las cuáles sirven como punto de rotación al eje del agitador. Estos soportes se encuentran en la parte superior e inferior de la sección recta de la tolva de serrín y se sostienen por medio de dos escuadras de aluminio de 2.54 cm. X 2.54 cm. X 10 cm. atornilladas a las paredes de la tolva, tal como se muestra en la Figura 32.

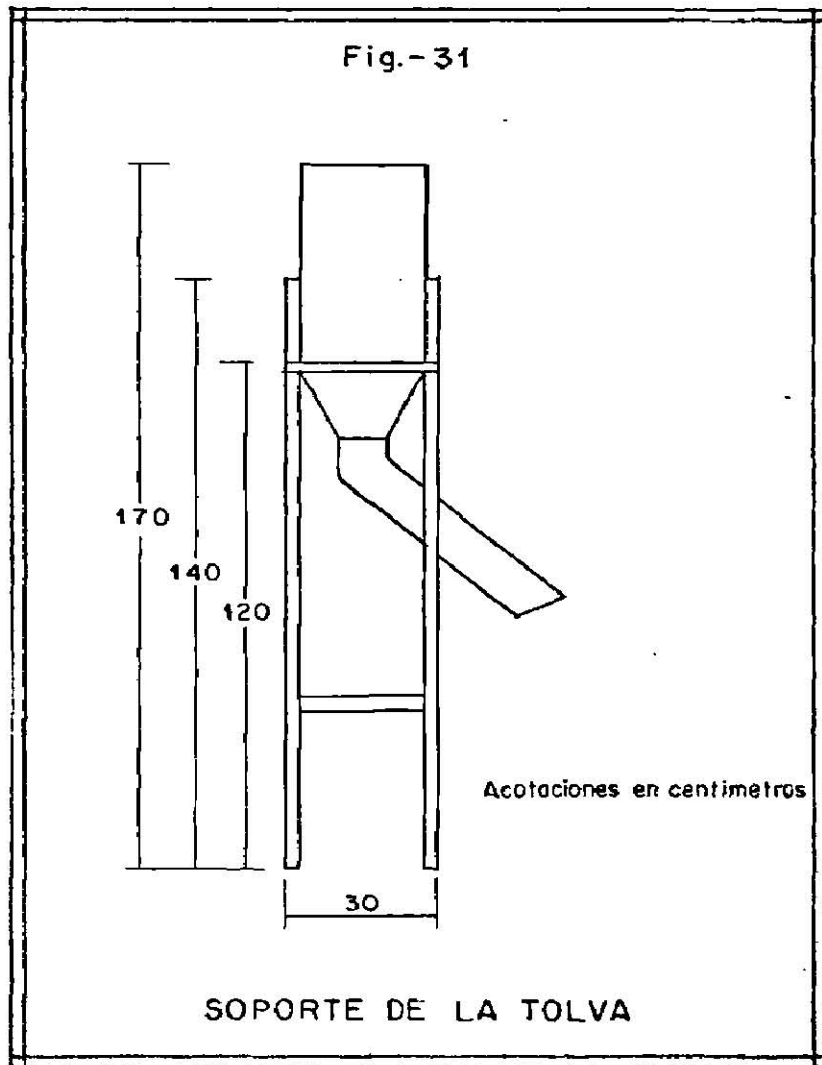
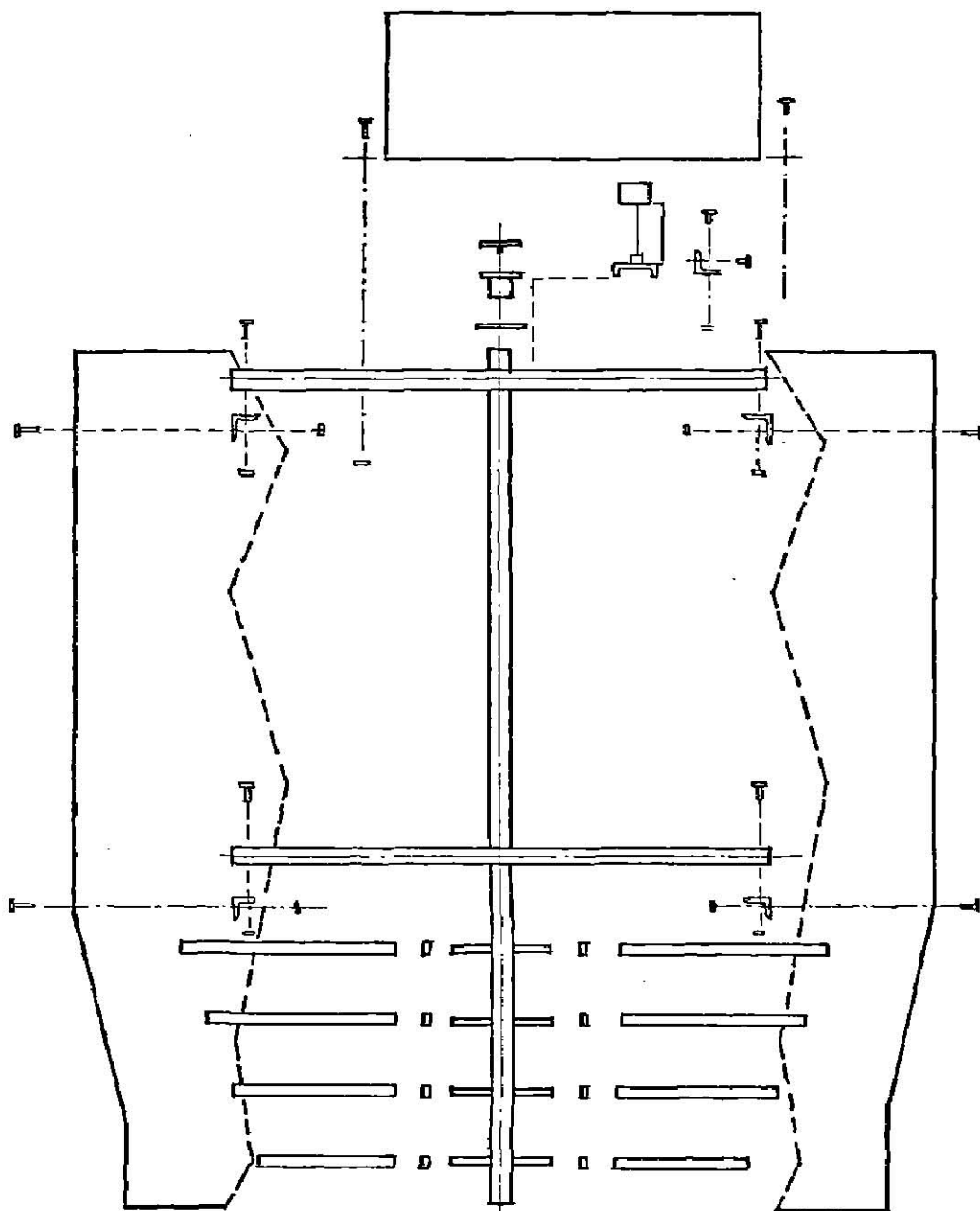


Fig.-32

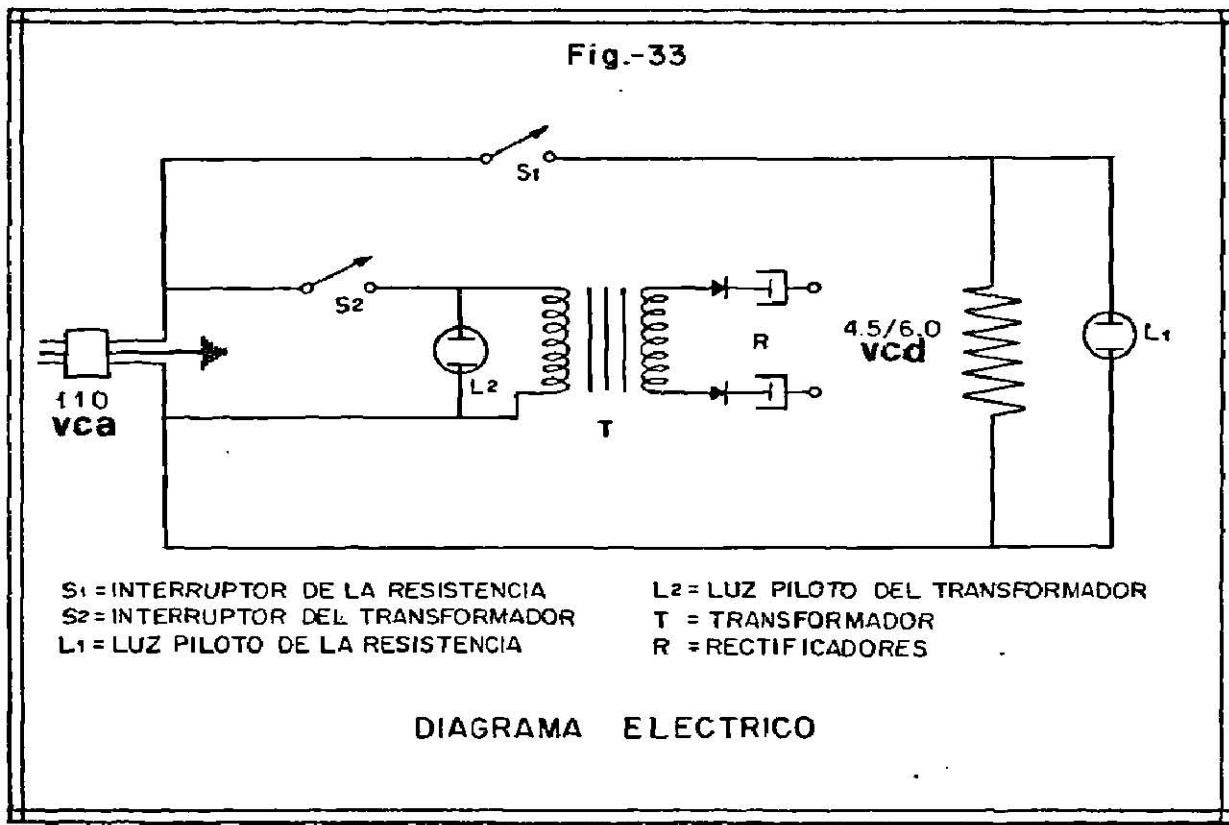


AGITADOR DE ASERRIN

Para lograr un movimiento uniforme y constante en el agitador, era necesario moverlo por medio de un sistema de motor y motoreductor. Debido a las dimensiones del equipo, fué necesario adaptar un mecanismo de engranes de relojería a un motor de 0.00025 HP alimentado por 6.0 VCD, el cuál opera a 7,000 R.P.M. Esta velocidad es disminuída a 3 R.P.M. por medio del motoreductor y es transmitida directamente al eje del agitador con lo cuál se logra tener un movimiento efectivo del serrín dentro de la tolva. Lo cuál, aunado a la fuerza de gravedad permite la caída continua del serrín por el ducto.

Para la alimentación de corriente continua al motor del agitador, se integró al sistema eléctrico del generador de humo, un transformador de 110 VCA a 8 VCA. Esta salida de corriente eléctrica es convertida por medio de 2 rectificadores de silicio y amortiguada por dos condensadores electrolíticos y es posible variarla de 4.5 / 6.0 VCD modificando las conexiones a la salida del transformador de voltaje, lo cuál se logra por medio del interruptor de 2 polos, 2 tiros.

Este transformador se protegió por medio de una caja de aluminio y la conexión de salida se realiza por medio de un contacto coaxial que va del transformador a la parte superior de la tolva de serrín donde se encuentra localizado el motor. Se colocó además un interruptor de un polo, un tiro, para poner en marcha el sistema del agitador y una luz piloto que indica si se establece el flujo de corriente como se muestra en la Figura 33



El equipo modificado y acoplado queda de acuerdo a las Figuras 34 y 35 enumerado de la siguiente manera:

FIGURA 34

- 1.- Puerta de acceso a la cámara de ahumado
- 2.- Puerta de acceso al generador de humo
- 3.- Termómetro de lectura directa
- 4.- Orificio de salida del humo
- 5.- Luces piloto
- 6.- Interruptores de control.

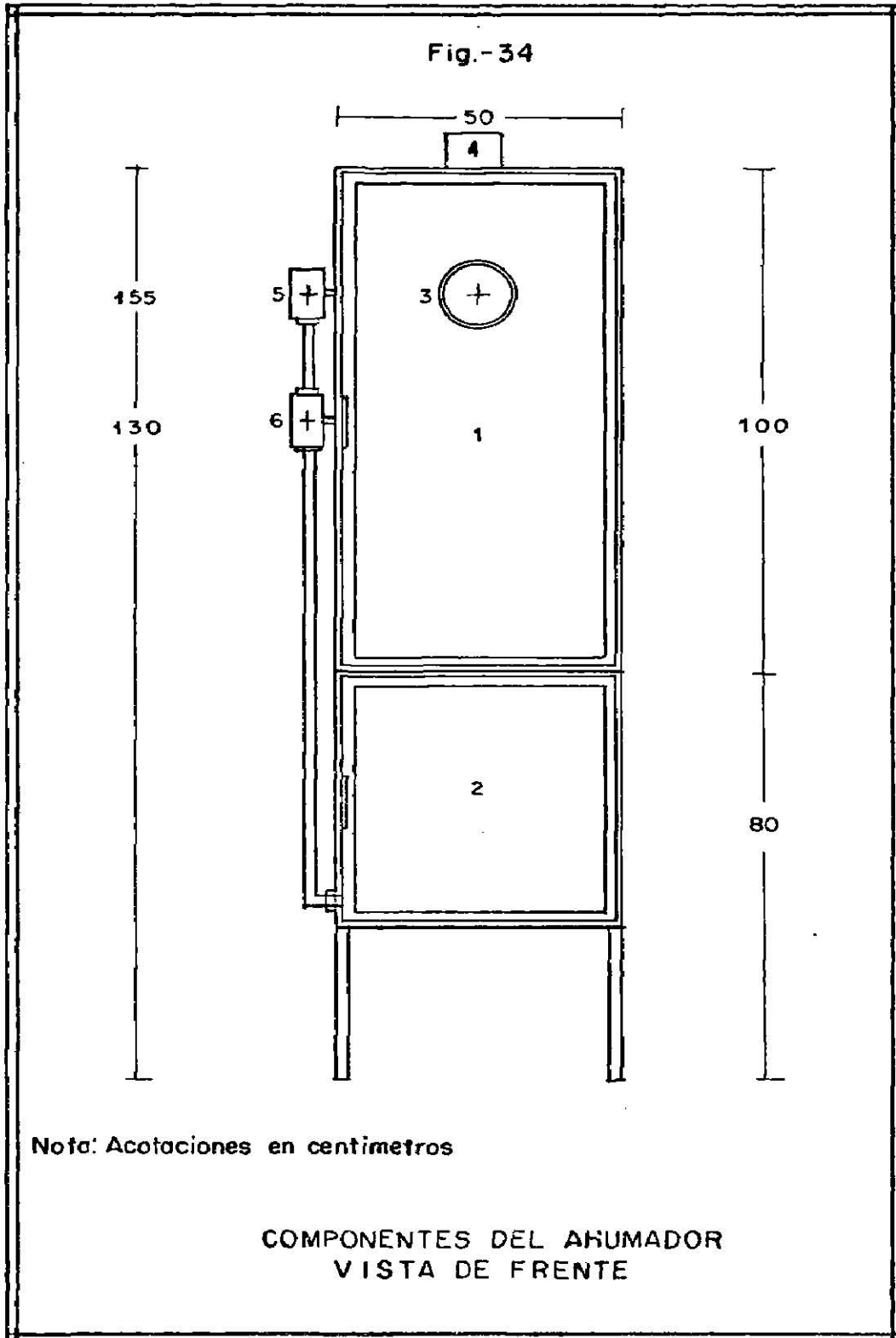
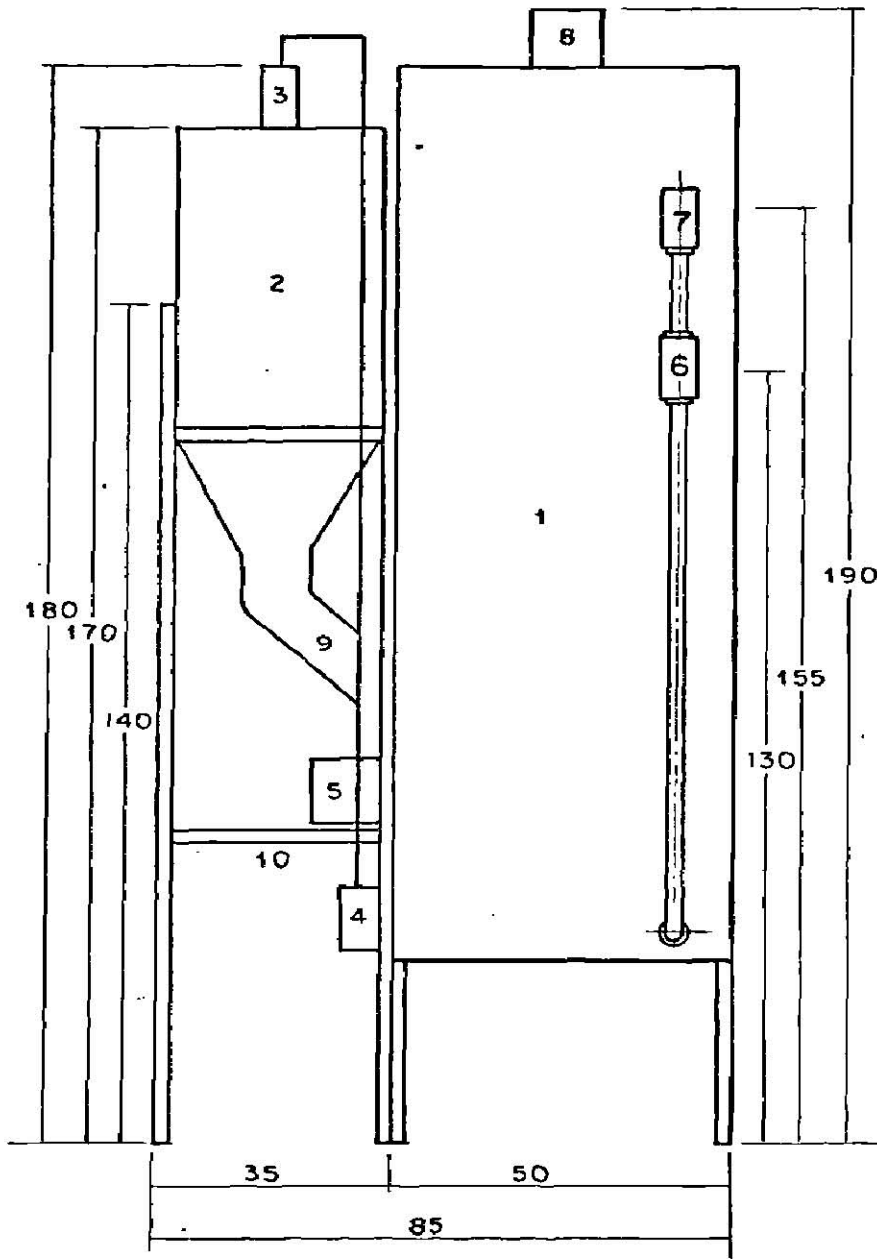


Fig.-35



Acotaciones en centímetros

COMPONENTES DEL AHUMADOR

FIGURA 35

- 1.- Cámara de ahumado y generador de humo
- 2.- Tolva de alimentación del serrín
- 3.- Motor/Reductor y agitador de serrín
- 4.- Convertidor de corriente. De 110 - 4.5 - 9 VCD
- 5.- Orificio para admisión de aire
- 6.- Interruptores de control
- 7.- Luces piloto
- 8.- Orificio para la salida de humo
- 9.- Ducto para la caída del serrín
- 10.- Estructura de soporte para la tolva alimentadora del serrín.

Nuevamente se procesaron los productos mencionados anteriormente, con los mismos resultados. Detectándose además las siguientes ventajas:

- Mejora el color del producto debido a que las partículas sólidas que dan un color oscuro, son atrapadas en el dispositivo colector de grasas.
- La operación del equipo una vez establecida se controla accionando únicamente dos interruptores.
- El colector de grasas facilita la limpieza del equipo y mantiene su estado de conservación.

Finalmente, todo el equipo fué pintado con un esmalte resistente a temperaturas de 150 °C con el fin de protegerlo de corrosión y darle un mejor aspecto.

OPERACION Y MANTENIMIENTO

Para un adecuado funcionamiento y conservación del equipo, los siguientes pasos deberán seguirse:

OPERACION:

- 1.- Conecte la clavija de suministro principal a un contacto de 110/120 VCA, verifique si existe energía eléctrica encendiendo los interruptores de la resistencia eléctrica y del agitador de serrín. Las luces piloto roja y verde deben encender, posteriormente apáguelas.
- 2.- Llene la tolva con serrín de madera dura y una densidad aparente de 50 Gr/Lt ó \pm 20 % cercana a ésta. El serrín que se presenta en forma de hojuelas ó polvo es el más adecuado. No compacte el serrín dentro de la tolva, ésto puede causar daños al agitador. Llene también con serrín el contenedor del generador de humo.
- 3.- Escurra las piezas que serán ahumadas para evitar un excesivo goteo de salmuera dentro de la cámara de ahumado.
- 4.- Coloque los tubos de soporte en la cámara de ahumado a la altura requerida, según el tamaño de las piezas a ahumar.
- 5.- Inserte los ganchos de acero inoxidable en las piezas, aproximadamente a dos tercios de su altura para prevenir que se puedan soltar éstos. Coloque las piezas con los ganchos en los tubos de soporte. Cierre las puertas.
- 6.- Encienda la resistencia eléctrica (interruptor inferior -luz piloto roja-) y espere de 15 a 18 minutos a que se inicie la generación de humo. La temperatura de la cámara de ahumado se estabiliza en 40 -

45 °C cuando el flujo de humo alcanza un estado continuo. Apague el interruptor de la resistencia eléctrica. El serrín del contenedor mantiene aproximadamente una hora el flujo de humo en el equipo.

- 7.- Cuente el tiempo de ahumado a partir del momento en que se establece un flujo constante de humo.
- 8.- Al primer indicio de disminución en la cantidad de humo, abra la puerta del generador y cheque si todo el serrín ha sido carbonizado, si es así, encienda el agitador del serrín por 10 minutos - - (interruptor superior -luz piloto verde-). Con esto, la tolva descargará serrín suficiente para otra hora de operación. Generalmente una capa de partículas de serrín en ignición, queda como residuo en el generador de humo, y sirven para iniciar la pirólisis del serrín que se alimenta posteriormente. Si esto no sucediera, encienda nuevamente la resistencia para reiniciar la pirólisis.
- 9.- Dependiendo del tipo de serrín utilizado, la cantidad de humo varía; alimente el generador de humo en cantidades adecuadas para obtener un flujo constante de humo accionando intermitentemente el agitador del serrín.
- 10.- Una vez alcanzado el tiempo de ahumado, asegúrese que la resistencia y el agitador de serrín hayan sido apagados.
- 11.- Saque las piezas de la cámara de ahumado y deje que alcancen la temperatura ambiente antes de someterlas a refrigeración. Los productos así obtenidos, están listos para su consumo.

MANTENIMIENTO:

- 1.- Corte el suministro de energía eléctrica, desconectando la clavija. Espere a que se enfríe el equipo.
- 2.- Elimine las cenizas del contenedor de serrín.
- 3.- Desechar la grasa y residuos de salmuera acumulados en las charolas colectoras. Lávelas y déjelas secar.
- 4.- Saque los ganchos de acero inoxidable y los tubos para sostenerlos y lávelos.
- 5.- Limpie las paredes internas del equipo, utilizando un paño con alcohol etílico. No use agua, ya que ésta puede escurrir hacia el generador de humo y dañar las conexiones eléctricas. Limpie también el vástago del termómetro metálico.
- 6.- En operación continua, cheque cada mes el estado de las conexiones eléctricas en la parte inferior del generador. Esto se hace levantando manualmente la resistencia eléctrica de su soporte, lo cuál permite identificarlas. El aislante no deberá tener roturas y/o quemaduras, y las conexiones deberán estar sujetas firmemente.
- 7.- Cheque cada mes contra un termómetro de mercurio la lectura del termómetro metálico, y calíbrelo si es necesario.
- 8.- Lubrique cada 6 meses el motoreductor del agitador de serrín y las chumaceras del motor del mismo, utilizando grasa lítica ó aceite SAE-10. Para hacer ésto, levante la cubierta del motor/reductor aflojando los dos tornillos que la sujetan por la parte inferior al soporte del agitador de serrín, con lo cuál se tiene acceso al sistema.

9.- Para una mayor duración de la pintura del equipo, éste podrá ser en
cerado y pulido cada 6 meses.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- KRAMLICH, W.E. PROCESSED MEATS, AVI PUBLISHING CO. 1978 CAP. IV
PAGS. 61-77
- 2.- HOOGLAND H. LILLIAN. FOOD CHEMISTRY, AVI PUBLISHING INC. 1975 CAP.V
PAGS. 47-83
- 3.- PEARSON DAVID. THE CHEMICAL ANALYSIS OF FOODS, CHURCHILL LIVINGSTONE
CAP. XI 1979 PAGS. 365/401
- 4.- MOHLER KLEMENT. EL AHUMADO, EDITORIAL ACRIBIA 1975 PAGS. 27-68
- 5.- BRAVERMAN, J.B.S. INTRODUCCION A LA BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS, 1979
EDITORIAL OMEGA CAP. III PAGS. 43-50
- 6.- GONZALEZ RAMIREZ, SERGIO R. INDUSTRIALIZACION DE LA CARNE, S.E.P.
1982 CAP. I-X PAGS: 1-395
- 7.- BAILEY, E.J. & DUNCAL, N.1958 POLYCYCLIC HYDROCARBONS IN ICELANDIC
SMOKED FISH, BRIT. J CANCER 12, 348
- 8.- KNOWLES, N.E., GILBERT, J. MC. WEENY, D.J. (1975): PHENOLS IN SMOKED,
CURED MEATS: NITROSATION OF PHENOLS IN SMOKED BACON 3TH MC.GRAW-HILL,
N.Y. CAP. 26 PAGS. 267-276.

