

Universidad Autónoma de Guadalajara

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias Químicas



El secado por rocío aplicado en un  
proyecto de Industrialización de  
Naranja y Jitomate.

Tesis

Profesional que presenta el Sr.

Alfonso García Bedoy Arámbula

para obtener el Título de Ingeniero Químico.

Guadalajara, Jal., México.

Diciembre de MCMXLIV.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A mis padres  
con amor y agradecimiento

A los Sres. Ings.  
D. Alberto Lancaster Jones e  
Ignacio Pérez Becerra con res-  
peto y gratitud.

Una gran fuente de riqueza que hasta la fecha ha venido perdiéndose en importantes zonas del Estado de Jalisco, como son las regiones de Ocotlán, Atotonilco el Alto y circunvecinas, me ha sugerido la idea de presentar este breve estudio sobre la Industrialización de las cosechas de Jitomate y Naranja que se producen en dichos lugares. Riqueza que ha venido perdiéndose por diferentes causas, como son los malos y escasos medios de comunicación, el tiempo limitado en provechar dichas cosechas, el valor de ellas por lo que atañe al jitomate que es de oportunidad el tiempo en que alcanza un precio remunerativo y muchas otras más, hacen que estos productos permanezcan comercialmente en estado raquítico, cuando mediante una Industrialización se remediaría este estado. Esto es lo que me ha sugerido para hacer este pequeño trabajo, esperando contribuir en algo a una futura empresa que indiscutiblemente un día u otro se establecerá.

## SUMARIO

	Pág.
Capítulo I. Procesos, Diagrama de Flujo	9
Capítulo II. Bodegas	13
Capítulo III. Refrigeración	17
Capítulo IV. Equipo	29
Capítulo V. Deshidratado por rocío	39
Bibliografía	45

## CAPITULO I

### PROCESOS, DIAGRAMA DE FLUJO

Hay dos cosechas de jitomate, la de riego y la de temporal, la primera en los meses de abril, mayo y a veces se prolonga hasta junio, antes del temporal de aguas, pero a menudo las lluvias sorprenden al agricultor en plena cosecha y con frecuencia antes de que el jitomate llegue a su completa madurez, advirtiéndose que las heladas y las lluvias son enemigos del jitomate. La otra cosecha que es menos importante en dicha región, es en el mes de noviembre y parte de diciembre.

Con la naranja se puede decir que hay todo el año, excepto en el tiempo de lluvias, de manera que según las variedades se va cosechando en diferentes épocas del año, así por ejemplo La Neibol desde Octubre comienza a producir. La Valenciana da el máximo en Enero siendo en este tiempo el grueso de la cosecha. Hay otras variedades llamadas Mayeras que alcanzan a dar hasta en Mayo pero en este tiempo es poca la producción. De lo expuesto se puede organizar el tiempo de trabajo de la siguiente manera: Diciembre a Marzo naranja, Abril a Junio jitomate de riego, Julio a septiembre inactividad, y Octubre a Noviembre jitomate de temporal.

En el empacado del jitomate, el tamaño no importa aunque se utilicen todos, son preferibles aquellas variedades como el jitomate "Perón" que tiene su cáscara lisa libre de arrugas y pliegues, la cavidad del pedúnculo poco profunda para que los mohos y otros microorganismos no se acumulen, de pulpa firme y color rojo intenso y uniforme.

El proceso se verifica de la siguiente manera: El jitomate de ser posible se cortará maduro y de no estarlo, pasará a una bode-

ga a madurarse. Una vez maduro se lleva a una Escogedora, en donde se separa los dañados o verdes, pasan luego a la escaldadora en donde a la vez se escaldan y lavan, pues reciben un baño de agua caliente y otro de agua fría. De allí caen en la tolva de un Molino y en seguida a un Colador, en donde se les priva de semillas y demás fibrosidades. El jugo colado lo toma una bomba sanitaria y lo manda a un tanque que alimenta la embotelladora, pasando de allí a pasteurizarse en un Autoclave. Una vez esto se procede a empacarse.

Para la naranja el proceso es muy semejante: De la bodega se lleva la naranja a una escogedora, de allí a la Escaldadora, sólo que sin usar agua caliente sino nada más fría y cuyo objeto es el lavado. De allí pasa a una máquina Raspadora en donde se le priva de la corteza externa para obtener el aceite esencial, luego a un Molino de tres masas, como los de caña, pasando el jugo al Colador y el bagazoy bagacillo los saca un conductor: El jugo colado pasa a un tanque que alimenta la Deshidratadora a la salida de la cual, se empaqa el polvo para la venta.

En el esquema adjunto los números significan:

- 1.—Bodega.
- 2.—Escogedora.
- 3.—Escaldadora.
- 4.—Molino Jitomate.
- 5.—Colador.
- 6.—Bomba sanitaria.
- 7.—Tanque.
- 8.—Embotelladora.
- 9.—Pasteurizadora.
- 10.—Empaque de botellas.

Hasta aquí por lo que se refiere al jitomate.

- 11.—Raspadora.
- 12.—Molino naranja.
- 13.—Conductor bagazo.
- 14.—Deshidratadora.
- 15.—Empaque naranja deshidratada.

Para la naranja se emplea lo representado por los números 1, 2, 3, 11, 12, 13, 5, 6, 7, 14, 15 y con el orden puesto como se puede apreciar en el esquema adjunto.

Para hacer un esquema de diagrama de flujo cuantitativo, no cesito hacer un balance de materiales en cada parte del proceso:

Jitomate: Base un carro o sean 15000 Kg./8 horas.

Entradas	Salidas
Bodega:	15000 Kg.
Escogedora: 15000 Kg.	15000 Kg.
Escaldadora: 15000 Kg.	15000 Kg.
Molino: 15000 Kg.	15000 Kg.
Colador: 15000 Kg.	Jugo 14300 Kg. Fibrosidades 700 Kg.
Bomba: 14300 Kg.	14300 Kg.
Tanque: 14300 Kg.	14300 Kg.
Embotelladora: 14300 Kg.	14300 Kg.
Pasteurizadora: 14300 Kg.	14300 Kg.
Empaque: 14300 Kg.	14300 Kg.
<b>NARANJA: Base 10000 Kg./8 horas.</b>	
Bodega:	10000 Kg.
Escogedora: 10000 Kg.	10000 Kg.
Escaldadora: 10000 Kg.	10000 Kg.
Raspadora: 10000 Kg.	Naranja Pelada 9950 Kg. Cortadilla 50 Kg.

<b>Molino:</b>			
9950 Kg.	Jugo sin colar	6050 Kg.	
	Bagazo	3900 Kg.	
<b>Conductor Bagazo:</b>			
3900 Kg. de bagazo		4420 Kg.	
520 Kg. de bagacillo			
<b>Colador:</b>			
6050 jugo sin colar	Bagacillo	520 Kg.	
	Jugo colado	5530 Kg.	
<b>Bomba:</b>			
5530 Kg.		5530 Kg.	
<b>Tanque:</b>			
5530 Kg.		5530 Kg.	
<b>Deshidratadora:</b>			
5530 Kg.	Agua	4810 Kg.	
	Naranja Deshidratada	720 Kg.	
<b>Empaque:</b>			
720 Kg.		720 Kg.	

El anterior balance de materiales está basado en el hecho, que del jitomate se obtiene el 94% de su peso en jugo: .....  
 $15000 \times 0.94 = 14300$  Kg. de jugo colado. Respecto de la naranja nos da como un promedio: Cortadilla 0.5%, Bagazo 39%, Bagacillo 5.2% y jugo 55.3% de manera que viene a corresponder:  
 Cortadilla:  $10000 \times 0.005 = 50$  Kg.  
 Bagazo:  $10000 \times 0.39 = 3900$  Kg.  
 Bagacillo:  $10000 \times 0.052 = 520$  Kg.  
 Jugo Colado:  $10000 \times 0.553 = 5530$  Kg.

El conductor de bagazo lleva el bagazo y bagacillo o sean:  $3900 + 520 = 4420$  Kilogramos.

El jugo colado tiene un contenido de 12.1% de sólidos, y como datos complementarios tiene 1.05% de acidez expresada como ácido cítrico, ácido en forma líquida 66.35mg./100 c.c. El jugo deshidratado contendrá la misma acidez y será prácticamente seco cuando mucho 0.5% de humedad residual, así es que obtendremos como el 13% de sólidos del jugo  $5530 \times 0.13 = 720$  Kg. de sólidos, y 4810 Kg. de agua.



## CAPITULO II

### Bodegas.

Tanto la naranja como el jitomate una vez recibidos necesitan almacenarse antes de usarse, pues esto debe ser hasta completa madurez. Pero como sucede que hay una gran irregularidad en las entregas de mercancía respecto de cantidad y grado de madurez, sobre todo tratándose del jitomate, origina la necesidad de un frutero, que viene siendo una bodega acondicionada para una maduración más lenta y por lo tanto una más larga conservación.

Pero se dará el caso que el frutero sea insuficiente para las necesidades de la Empacadora, habrá que recurrir a una bodega refrigerada y con aire acondicionado la que también serviría para emergencias.

El almacenamiento se hará en las propias cajas en que viene empacada la fruta y colocando estas cajas de acuerdo a su estado de maduración y de manera de tener fácil acceso.

**Bodega:** Será un salón grande, ventilado con techo de teja o mejor doble techo para evitar cambios bruscos de temperatura, respecto de luz y humedad es de poca importancia, y su capacidad será para dar cabida a quince carros de ferrocarril con suficiente espacio libre. Una caja ordinaria o sea 26" x 14" x 10 5/8" o sean 3000/ Cu. in. aproximadamente o sean:  
300/1728 1.75 Cu. Ft.

Un carro tiene 500 cajas, así que 15 carros tienen 500 x 15 = 7500 cajas o sean 7500 x 1.75 = 13100 cu. ft. Se acomodaran estas cajas en hileras con un cupo de 6 por lo que se refiere a la altura, pues más cajas daría trabajo a los movimientos, 6 cajas tienen 90" o sean 7' 6" = 7.5'. El espacio ocupado por las cajas será de:

$13100/7.5=1750$  sq. ft. y este será el 25% de la superficie de la bodega que tendrá  $1750/0.25 = 7000$  sq. ft. 700 sq. mts.

**Frutero:** Deberá tener condiciones más apropiadas para una mayor conservación V. gr. paredes gruesas, puertas y ventanas dobles, el piso no deber ser húmedo y tendrá cierta inclinación para que al lavarse escurra el agua y se seque pronto. El techo no deberá ser de lámina sino de bóveda o preferiblemente doble. En tiempo caluroso conviene abrir las ventanas durante la noche, pero siempre se evitará un defecto o exceso de humedad y esta debe ser de unos 65° higrométricos. La fruta tendrá fácil acceso

y acomodada conforme a su madurez La capacidad será para 8 carros además de su espacio libre, así que tendrá:  $(1750 \times 8)/15 = 933$  sq. ft. de espacio ocupado por las cajas y como este es el 33.3% del espacio de la bodega, esta tendrá:

$930/0.333 = 2790 = 3000$  sq. ft. aprox. 300 sq. mts.

Refrigeradora: será para una capacidad de 5 carros o sea que:  $(1750 \times 5)/15 = 583$  Sq. ft. será el espacio ocupado por las cajas que es el 30% de la superficie de la refrigeradora que es de:  $583/0.30 = 1943 = 2000$  sq. ft. 200 sq. mts.

**Bodega envases.** A un carro tener envases para 20 días de trabajo. Cada contenedor mide 21" x 21" x 17" y sea 5292 sq. m.;  $5292/1728 = 3.07$  cu. ft. El contenedor contiene 27 botellas de un litro (7/8). En la capacidad ocupada 18 sea que  $18 \times 1000 = 18000$  grms. botella 1800 x 25 = 45000 grms. 2705 El comp. conteng.

En un carro ocupada en 14 días para 185 contenedores y en un mes ocupada en el día de trabajo  $185 \times 20 = 3700$  contenedores por lo que necesitará  $17000 \times 3.07 = 52190$  sq. m.

La altura ocupada por los contenedores en el día de trabajo de 10 contenedores que ocupan la superficie ocupada es de  $3670/10 = 367.5$  sq. ft. Como ocupamos el 30% de la superficie de la bodega por lo que será de  $367.5/0.30 = 1225$  sq. ft. 120 sq. mts.

Respecto de los envases para la botanera esta bodega es suficiente, pues se producen 200 Kg. de botellas de la botanera diariamente con total interés a 14.000 Kg. de campo de tomate.

**Bodega Productora:** Esta bodega será semejante a la anterior

pero de la mitad de tamaño o sea de :  $5680/2=2930$  sq. ft. = 293 sq. mts.

Respecto de la altura con 17 ft. es suficiente y dejando un espacio de 2Ft. entre el techo y las ventanas (que tienen 3 ft. de altura) así es que queda un espacio libre entre las cajas y las ventanas de tamaño correcto.

## CAPITULO III

### Refrigeración

Debido a las irregularidades en entregas por diferentes causas, como malos transportes, etc., se ve la necesidad de tener una bodega refrigerada, en donde se puedan conservar más tiempo los productos maduros, bodega que nos serviría para cualquier emergencia.

Los frutos están constituidos por:

Agua;  $H_2O$ .

Celulosa; que forma el esqueleto y la cutícula y cuya fórmula es  $(C_6, H_{10}, O_5)_n$ .

Almidón;  $(C_6, H_{10}, O_5)$  el cual con la influencia del calor y los ácidos se hidroliza, desdoblándose en dextrina y luego en glucosa y levulosa, así es que en los frutos maduros no hay almidón.

$2C_6 H_{10} O_5$  (Almidón)  $\rightarrow$  A  $2C_6 H_{10} O_5$  (Dextrina)

$2C_6 H_{10} O_5$  (Dextrina)  $\rightarrow H_2O + C_6 H_{12} O_6 + C_6 H_{12} O_6$

Sacarosa;  $(C_{12}, H_{22}, O_{11})$  que con la Sacarasa se desdobra en glucosa y levulosa.

$C_{12}, H_{22}, O_{11} + H_2O \rightarrow C_6, H_{12}, O_6 + C_6, H_{12}, O_6$ .

Acidos Orgánicos; como el Cítrico  $(C_6, H_8, O_7, H_2 O)$  en los jugos y el Oxálico  $(COOH)_2$  en las cáscaras.

Tanino; que cuando expuesto al aire se transforma en ácido tánico que amarga las frutas verdes.

Pectosa; que por el calor y los ácidos se transforma en pectina a la que la Pectasa la transforma en Acido Pécico.

Albúmina vegetal; que se coagula con el calor.

Aceite: en las semillas.

Las frutas durante su desarrollo afectan diferentes coloracio-

nos y sufren ciertas transformaciones: mientras son verdes absorben del aire CO<sub>2</sub> y oxalán oxígeno, en otro periodo de su desarrollo palidecen, se ablanda sus tejidos, se forma azúcar por la acción de los ácidos sobre el almidón que contienen, los ácidos desaparecen y se desarrollan los aromas. Entonces contrariamente absorben oxígeno y exhalan CO<sub>2</sub> produciéndose en su interior fenómenos de oxidación.

Por lo tanto, cuando la fruta ha llegado a este periodo que es el de la maduración, hay que ponerla fuera de la acción del oxígeno para evitar que se ablande y se destruyan sus principios útiles, es decir, hay que retardar la maduración completa para obtener una mayor conservación.

La fruta durante su almacenamiento es un ser vivo, sus funciones de asimilación, respiración y evaporación marchan más o menos lentamente según las condiciones del almacén. Ahora bien, la luz es el agente principal e indispensable para la actividad fisiológica de los tejidos verdes (absorción del CO<sub>2</sub> Función Clorofílica: 1). Por otra parte las temperaturas bajas retardan los fenómenos: químicos, la humedad del ambiente también influye en la conservación, pues si es poca cosa la fruta se deshidrata perdiendo peso y marchitándose, y si es excesiva, la fruta se pudre porque el exceso de humedad es muy favorable para el desarrollo de los microorganismos.

La descomposición de los alimentos es causada por el oxígeno y por los microorganismos mas frecuentemente. Estos microorganismos con temperaturas elevadas se les perjudica su vitalidad y si se llega hasta cierto grado se les mata. Así mismo, si disminuimos la temperatura los microorganismos pierden sus energías pasando a un estado de vida latente. La humedad es indispensable para que se desarrollen. De manera que mientras duren estas condiciones desfavorables que atenúan y retardan los fenómenos fisiológicos y las transformaciones químicas se obtendrá una conservación más o menos prolongada pero no indefinida, pues para ello necesitamos la Esterilización.

Un método de prolongar la conservación por varios meses sería por la congelación instantánea, pero en nuestro caso no la necesitamos, pues con Refrigeración normal el tiempo de conservación es de dos a dos meses y medio, tiempo suficiente en nues-

tro caso, además de que en la congelación instantánea tendríamos que usar temperaturas hasta de  $-10^{\circ}$  F. resultando un consumo fuerte de toneladas de Refrigeración.

Un punto importante en la conservación ordinaria en bodegas refrigeradas, es no llegar al punto de congelación que en nuestro caso es de  $30^{\circ}$  F. pues la fruta tiene celdas con solución acuosa de sales y al aplicar el frío excesivo se formarían cristales de hielo. Si la congelación es rápida estos cristales serán muchos y pequeños; si es lenta (como en refrigeración ordinaria), entonces serán menor en número pero crecerán en tamaño rompiendo las celdas siendo el aumento de tamaño proporcional al tiempo de congelación. Al romperse las celdas se pierden aromas, se deshidratan, se marchitan, se decoloran deteriorándose los frutos.

De lo dicho se deduce que en la bodega refrigerada no debemos bajar la temperatura más de  $30^{\circ}$  F. y mantener una humedad relativa de 80-85% higrométricos.

El método de enfriamiento será el de absorber aire a través de un filtro, luego humidificarlo con lo que baja la temperatura y de allí el ventilador lo manda a través del evaporador de la máquina frigorífica, en donde se enfría y luego es conducido por ductos subterráneos descargando al nivel del piso, para succionarse por la parte superior ya que en dicho lugar el aire está más caliente y de esta manera se obtiene una buena circulación.

Las ventajas de este método consisten en economía de espacio y dinero, pues poniendo serpentines en las bodegas ocupan mucho espacio y son más caros que los conductos de aire, además de que los serpentines escarchan a expensas de la humedad de la fruta. Tenemos además un coeficiente de transmisión de calor más elevado y una distribución más uniforme de temperatura y humedad con el correspondiente ahorro de toneladas de refrigeración, usando una máquina más pequeña que cuesta y consume menos.

Para calcular nuestra unidad de Refrigeración, atenderemos a lo siguiente: Pérdidas por infiltraciones, ocupación, iluminación, etc. Enfriamiento del aire, calor sensible de productos conservados y el calor debido a la función de respiración, sobre todo cuando se trata de temperaturas relativamente altas, humedades bajas y productos azucarados.

En la función de respiración los productos toman oxígeno y dan agua y CO<sub>2</sub> desarrollando calor, cuya cantidad se ha medido por el tanto de CO<sub>2</sub> desprendido, pues las medidas calorimétricas no han dado resultados satisfactorios.

La cantidad de calor debido a la respiración depende de la temperatura, así por ejemplo:

Naranja da:	690—900 Btu a 32°F.
	1400 Btu a 40°F.
	2710—2970 Btu a 60°F.
	8000 Btu a 80°F.
Jitomate da:	0 Btu a 32°F.
	132 Btu a 40°F.
	2574 Btu a 60°F.

estos son Btu por día por tonelada (de 2000 libras) de fruta, de manera que el calor de respiración dependerá del tiempo transcurrido en obtener la temperatura mínima, pues la liberación de calor va disminuyendo conforme baja la temperatura, de manera que el calor de respiración será muy distinto para diferentes tiempos de enfriamiento. Otra asunción aunque aproximada es que la variación de caída de temperatura a cualquier tiempo dado durante enfriamiento, es proporcional y la diferencia entre la temperatura del salón y de la fruta en ese tiempo dado. Como un resultado de lo anteriormente expuesto se encontró que el calor de respiración de la fruta, es proporcional a la longitud del período de enfriamiento. Los siguientes casos ilustran lo dicho: Cantidad aproximada de calor de respiración y sensible que tiene que ser removida a la fruta, al enfiarla de 60°, 70° y 80° F. hasta 35 grados F. en un salón de 32° F. cuando el tiempo de enfriamiento requiere 3, 4, 5, 6, 8 ó 10 días, expresado en Btu/ son (2000lb.).

Temp.	3d.	4d.	5d.	6d.	8d.	10d.	Sensible.
80°	8000	11000	14000	16000	22000	27000	80000
70°	7000	9000	12000	14000	19000	23000	62000
60°	6000	8000	10000	12000	16000	20000	44000

En estos casos la fruta entró a 60°, 70° y 80 grados F. se enfió hasta 35 grados F. en un salón de 32 grados F. Así es que el

calor quitado a la fruta es igual al sensible más el de respiración. El calor sensible se calcula multiplicando las 2000 lbs. por la diferencia de temperatura por el calor específico, el cual a su vez se calcula por la fórmula  $S = 0.008\alpha + 0.2$  en que S es el calor específico,  $\alpha$  el % de agua, 0.2 es el valor asumido para calor específico de los constituyentes sólidos de las frutas. Con esto tenemos el calor sensible por tonelada (de 2000 lb).

En nuestro caso tomaremos al jitomate como base y a condiciones promedias con bodega llena o sean 5 carros a 15000 Kg. cada uno son 75000 Kg. y a una temperatura de 50 F. A esta temperatura el jitomate tiene un calor de respiración de 1830 Btu/día/s. Ton. Calcularemos el calor sensible: Humedad en el jitomate 95%; calor específico:  $S = 0.008 \times 95 + 0.2 = 0.96$   $2000 \times 0.96 (50-35)$  igual a 28800 Btu/s. Ton. (sensible) 1830 + 28800 = 30630 Btu/s. Ton. (Resp. y Sens.)  $(75000 \times 2.2) / 2000 = 82.5$  s. Ton.  $82.5 \times 30630 = 2520000$  Btu/día Totales debidos al Sensible y de respiración.

Ahora pasaremos a calcular el calor transmitido por las paredes de la bodega. El primer paso es de calcular la superficie total de las paredes (como margen tomaremos la superficie externa).

Nuestra bodega tiene las siguientes dimensiones: 19.7 x 6.1 x 5 mts. sus paredes tendran:

19.7 x 6.1 x 2	=	240 mts. o sean	2400 sq. ft.
19.7 x 5 x 2	=	197 " " "	1970 "
6.1 x 5 x 2	=	61 " " "	610 "
Superficie total		498 " " "	4980 "

las paredes estan hechas de ladrillo ordinario 16" 1/2" de mezcla, 3" estopa de coco y 1/8" de acabado calcularemos el coeficiente overall de trasmisión de calor, en nuestro caso aplicando la fórmula:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3}}$$

h = coeficientes de película gaseosa

L = espesor de capas en pulgadas

k = conductibilidades térmicas

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.65} + \frac{1}{6} + \frac{16}{5} + \frac{3}{0.35} + \frac{0.125}{0.35} + \frac{0.5}{12}} = 0.0632 \text{ Btu./hr./}$$

Sq. ft./°F. de diferencia de temperaturas.

Ahora que tenemos el coeficiente overall de trasmisión de calor, usaremos la ecuación:  $Q = UA\Delta t$  en la que  $A$  es la area y  $\Delta t$  la diferencia de temperaturas  $q = 0.0632 \times 4980 \times (70 - 32) = 12000 \text{ Btu/hr.}$   
 $Q = 12000 \times 24 = 287000 \text{ Btu/día de calor transmitido por las paredes de la bodega.}$

Ahora calcularemos las perdidas por aire fresco: La entrada de aire fresco es provechosa y calcularemos, que debido a infiltraciones y demás el aire de nuestra bodega se renueva cada 4 horas así que: Volumen de la bodega:  $19.7 \times 6.1 \times 5 \times 35.3 = 21200 \text{ ft}^3$   
 $(21200/4) \times 24 = 127200 \text{ cu. ft. aire fresco/día.}$  El calor especifico de nuestro aire es 0.241 y su volumen húmedo es 12.5 Cu. ft./lb. de aire seco. Nuestro aire está a una temperatura de 70°F. así es barrará hasta la temperatura del aire de circulación, que es de 40°F. Aplicando la fórmula  $Q = WCA\Delta t$  tenemos:  $(127200 \times 0.241 \times 30) / 12.5 = 73300 \text{ Btu/día}$

Tomaremos ahora la radiación Solar:

Para la radiación Solar aplicamos la siguiente fórmula

$Q = A_w F I e$ ; en la que  $A_w$  es el area expuesta:  $(6.1 \times 5) + (19.7 \times 6.1) = 150.7 \text{ mts}^2$ , o sean:  $150.7 \times 10 = 1507 \text{ sq. ft.}$ ;  $F$  es la parte decimal de la radiación solar absorbida, que es transmitida a través de la pared y que aproximadamente es igual a:

$$F = 0.23U \text{ o sea: } F = 0.23 \times 0.0632 = 0.014536$$

$I$  es la radiación solar actual que da en la pared y que depende de la orientación de la estación del año, de la latitud, y de la hora del día dada en  $\text{BTU/hr./ft}^2$  de superficie iluminada; tomando un promedio hacemos  $I = 150$ ;  $e$  es la parte decimal de la radiación solar incidente que es absorbida por la superficie de la pared, dependiendo sobre la clase de material, aquí  $e = 0.7$  de donde sustituyendo tenemos:  $q = 1507 \times 0.014536 \times 150 \times 0.7 = 2310 \text{ Btu/hr.}$  como hay sol, 10 horas al día, tenemos:  $23100 \text{ Btu/día.}$

Iluminación: asumimos 500 watts en corriente gastada en focos los que produzcan calor, asumimos estos focos prendidos a la hora

do trabajar nada más, o sea un promedio de 4 horas diarias, de donde  $Q = 3.412 \times 500 \times 4 = 6.824 \text{ Btu/día}$

Ocupación: el cuerpo humano desprende calor y éste depende de la actividad de la persona, asumimos 3 obreros trabajado 4 horas al día darán:

$$450 \times 3 \times 4 = 540 \text{ BTU/día.}$$

Con los datos anteriormente expuestos, calcularemos nuestra carga de refrigeración expresada en toneladas de refrigeración, siendo tan igual al calor necesario para fundir 2000 libras de hielo sin cambiarle la temperatura o sean:  $144 \times 2000 = 288000 \text{ Btu}$ , así:

Respiración y Sensible:	2520000	Btu/día
Filtración en paredes:	287000	" "
Aire fresco:	73300	" "
Radiación Solra:	23100	" "
Ocupación:	5400	" "
Iluminación:	6824	" "
Total:	2915624	" "

o sean:  $2915624/288000 = 10.018 = 10 \text{ Ton. de Refrig.}$

**Cálculo del aire necesario para refrigeración:** Tenemos:  $2915624/(24 \times 60) = 2280 \text{ Btu/min}$ . El aire de nuestra Bodega entra a  $32^\circ \text{ F}$ . y sale a  $40^\circ \text{ F}$ . su calor húmedo es de 0.241 y su volumen húmedo de 12.5 cu. ft./lb. de aire seco o sea que necesitaremos:

$12.5/(1 \times 0.241 \times 8) = 6.5 \text{ cu. ft. de aire/Btu}$  luego:  $2280 \times 6.5 = 14810$  más el aire fresco o sea:  $21200/(4 \times 60) = 88.5$  siendo todo igual a 14898.5 Cu. ft./min. o sea aprox. 15000 cu.ft./min.

**Cálculo del Evaporador:** las refrigeradoras traen su compresor su enfriador y su condensador y de allí se toma el líquido para expansinarlo en el evaporador el cual lo construyen los clientes. Usaremos freon F-12 y lo expansionaremos regulando la succion de la compresora que nos dé  $59^\circ \text{ F}$ . de temperatura el gas de succion. La velocidad del aire a través del evaporador se aconseja sea entre 1100 y 1200 Ft/min. así que necesitaremos un área libre de:

$$15000/1100 = 13.6 \text{ sq. ft. y } 15000/1200 = 12.5 \text{ sq. ft.}$$

Usaremos un evaporador de 4 x 22 hileras con tubo Standard de 1" espaciado. 2 3/8" entre centros con 6" de altura teniendo

la unidad 54" de ancho por 6'2" de altura, veremos cuantas unidades en serie necesitaremos.

$$54 \times (6 \times 12 \div 2) = 3996 \text{ sq. in. } \text{área total.}$$

Tubo standard de 1" tiene 1.315" de diámetro externo, Área proyectada:  $22 \times 1.315 \times 72 = 2083 \text{ sq. in.}$

Área libre:  $3996 - 2083 = 1013 \text{ sq. in.} = 13.28 \text{ sq. ft.}$

Nuestra área está entre 13.6 y 12.5 luego es correcto.

Tomaremos el coeficiente de transmisión de calor a través de la película del aire, para eso usaremos la fórmula de Reihner:

$$h = 0.131 (kf/D) (Dv_{\max}/\mu)^{0.7}$$

densidad del aire:  $29 \times 460 \div 32$

$$\frac{0.131 \times 0.0129 \times 5400}{359 \times 460 \div 32} = 0.0796 \text{ lbs. cu. ft.}$$

$$v_{\max} = \text{masa velocidad máxima} = \frac{15000 \times 60 \times 0.0796}{13.28}$$

13.28

$$v_{\max} = 5400 \text{ lbs./hr./sq. ft.}$$

$$At_1 = 40 - 5 = 35^\circ \text{ F.}; \quad At_2 = 32 - 5 = 27^\circ \text{ F.}$$

$$35 \quad \text{---} \quad 27$$

$$At_m = \frac{35 + 27}{2} = 31^\circ \text{ F.}$$

$$2.3 \log_2 \frac{35}{27}$$

$$t_f = t_w - 1/2 At_m = 5 - (-15.5) = 20.5^\circ \text{ F.}$$

$t_f$  es la temperatura media de la película viscosa y se asume estar a la mitad de dicha película.

$$D = 1.315 / 12 = 0.1096 \text{ ft. Diámetro del tubo.}$$

$k_f = 0.0129$  o sea la conductibilidad térmica de nuestro aire.  
 $\mu = 0.02 \times 2.42 = 0.0484$  es la viscosidad del aire de donde sustituyendo en nuestra fórmula tenemos:

$$h = \frac{0.131 \times 0.0129}{0.1096} \left( \frac{0.1096 \times 5400}{0.0484} \right)^{0.7} = 10.89$$

por la diferencia tan grande de coeficientes podemos tomar a  $h = U$  y aplicando la fórmula  $Q = WcAt$  tenemos:

$$Q = 15000 \times 60 \times 0.0796 \times 0.241 \times 8 = 13800 \text{ Btu.}$$

ahora aplicamos la fórmula  $Q = U A At_m$

$$A = \frac{138000}{10.89 \times 31} = 408 \text{ sq. ft.}$$

área de cada unidad: tubo standard de 1" tiene 2.904 sq. ft. de área externa por Ft. de longitud. Así que

$$\frac{32 \times 4 \times 6}{2.904} = 181.8 \text{ de donde necesitaremos}$$

$408/181.8=2.25$  unidades, pero como no tomamos en cuenta las vueltas, luego usaremos **2 unidades en serie.**

**Dehumidificador:** lo haremos de cal y usaremos:

127200 cu. ft. de aire por día. El aire tiene 70° F. y una humedad relativa de 40% dando una humedad específica de . . . . . 0.0064 lbs. de agua/lb. de aire seco, nuestro aire final tendrá 32° F. y 85% de humedad relativa y una humedad específica de . . . . . 0.0032 lbs. de agua por lb. de aire seco. Así es que nuestro aire al salir del dehumidificador tendrá esta humedad específica, dando  $0.0064 - 0.0032 = 0.0032$  lbs. de agua/lb. de aire seco o sea un total de: (densidad del aire 0.07696 Lbs./cu. ft.)  $127200 \times 0.07696 \times 0.0032 = 31.2$  lbs. de agua/día. Asumimos la cal absorberá el 20 por ciento de su peso necesitando:  $(31.2 \times 5 \times 7)/2.2 = 497$  Kg. cal/semana.

Está asunción es con bastante margen de seguridad, pues de hecho el aire no siempre estará con esa humedad sino de suyo es menor y la cal absorberá más agua. El aire al salir del dehumidificador atraviesa un filtro viscoso en donde quedan pegadas las impurezas que arrastran. Estos filtros se lavan aproximadamente cada seis meses y se vuelven a pintar de una capa viscosa tanto el dehumidificador como el filtro son de fábrica.

**Diseño de los Ductos en la Bodega:** Los diseñaremos asumiendo velocidades recomendadas para el caso y con eso y gasto conocidos, les daremos su sección luego aplicando las pérdidas de fricción tomadas de una gráfica de la ecuación de Darcy, encontraremos la presión adecuada que debe tener la descarga del ventilador.

Viendo el dibujo adjunto se ve lo que significan las letras AA' y los números 1, 2, etc.

Espacio	Gasto	Area	Diám.	Veloc.	Longitud	Fricción
A-A'	4200	302.4	19.2	1000	20'	0.02
B-B'	4200	302.4	19.2	1000	20'	0.02
C-C'	4200	302.4	19.2	1000	20'	0.02
4	2400	345	21	1000	10'	0.008
3	6600	950.4	34.7	1000	20'	0.0088
2	10800	1480	43.3	1050	20'	0.0072
1	15000	1960	49.8	1100	10'	0.0003

fricción total en pulgadas de agua

0.0843

La aumentamos en 33% por la fricción debido a accesorios y demás o sea:  $0.0843 + 0.0281 = 0.1120$  Water inches.

En los datos anteriores el gasto está dado en Cu. ft./min., el Area en Sq. in. el Diámetro en pulgadas, la Velocidad en Ft./min., la longitud en Ft. y la Fricción en pulgadas de agua.

Calcularemos ahora la presión de descarga:

Aplicamos la fórmula para obtener la presión-velocidad:  
unir con línea anterior  $64.4; d = 0.0796$

$$V^2 = 12d; \quad V^2 = (2400/60)^2 = 2g$$

$$2g = D$$

$D = 62.42$  (densidad del agua) de donde  
 $(2400/60)^2 \times 12 \times 0.0796$

$$= 0.0382 \text{ wa. in.}$$

$$64.4 \times 62.42$$

Fricción en evaporador aprox. 0.4 por cada unidad o sea 0.8 wa. in. Presión del ventilador en la descarga  $0.1124 + 0.0382 + 0.8 = 0.9506$  aproximadamente 1 wa. in.

En la parte superior del salón pondremos dos tomas, una entre B y C (r) y la otra entre B y A (R). Estas tendrán los siguientes datos: aire manejado por r 7500 cu./ft., aire manejado por R 15000 cu. ft./min. Calcularemos su diámetro de ductos:  $n r: (7500 \times 144)/1100 = 985$  sq. in. o sea 35.6" de diámetro. R. será igual a l o sea de 49.8" de diámetro.

**Ventilador:** La casa Búfalo nos recomienda el siguiente ventilador para el casco o sea:

**Gasto:** 15000 cu. ft./min.

**Presión estática en la descarga** 1 pulgada de agua.

Nos sirve el tamaño 7 con un volante de 36 1/2" de diám. trabajando a 330 revoluciones por minuto, con un área de descarga de 7.14 sq. ft. dando 14980 cu. ft. / min. (prácticamente 15000) y gastando 4.24 caballos de fuerza.

## CAPITULO IV

### Equipo.

Para sacar la fruta de las bodegas, descargamos las cajas en un conductor de rodillos en donde se desclavan y vacian en la Escogedora. Tenemos una carga aproximada de 36 Kilos por cada 20" de longitud o sean  $(36 \times 2.2 \times 12)/20 = 40$  libras por pie de longitud de conductor. Con este dato vemos que necesitamos un conductor modelo "F" con rodillos de  $1\frac{7}{8}$ " de diametro por 16" de largo asegurados en un canal de 4" de peralte, espaciados 6" entre centros. Con soportes cada 5' y a una pendiente de  $\frac{3}{8}$ " por pie (datos de la Stephenson Adamson Mfg. Co.) ocupamos ademas una sección curva, la que se diferencia de la anterior en que los rodillos son cónicos, el radio es igual a 4'6" y 90° de curvatura, conviene además tener un par de estos conductores, pero del tipo movil diferenciandose de los fijos, en que en los soportes llevan ruedas y que tienen manera de cambiar la altura al gusto.

Una vez vaciados los cajones con fruta se escoge ésta, retirandose aquella que no está madura ó aquella que estuviera dañada. La escogedora va a manejar 15000 Kg. por día o sean:  $15000/8 = 1875$  Kg. por hora o sean:  $1875 \times 2.2 = 4125$  lbs. / hr. Teniendo un peso aproximado (exagerado) en la escogedora de 30 lbs./cu. ft. con un tamaño máximo de material de 3 1/2", lo más sencillo es un conductor de banda que la necesitaremos de 12" de ancho de 3 capas. La trabajaremos con una velocidad lineal de 100 pies por minuto, con soportes cada 4' y teniendo en la parte superior dos rodillos locos a 20" con la horizontal, la descarga se hará sobre un cilindro termado por dos poleas con lamina gruesa soldada (No.10) teniendo el cilindro 18" de diametro por 14" de cara

y preferiblemente se pondrán pestañas en las orillas. Esta escogedora con longitud de 20' nos gastará 0.3 HP. (detalles de la Stephenson Adamson Mfg. Co.)

Es obvia la necesidad del lavado de las frutas antes de entrar a proceso, así que tanto la naranja como el jitomate deben lavarse. Al jitomate conviene además escaldarlo ó sea ponerlo en contacto con agua caliente casi hirviendo y luego con agua fría, pues tiene la ventaja de una previa pasteurización, expulsión del aire contenido, reducción de la acción de las enzimas, suaviza la pulpa bajo la cutícula y parte interior del jitomate donde presisamente radica el jugo y que despues de molido se junta con el agua de vegetación, materia colorante etc. dando un mayor rendimiento y una mejor calidad.

La escaldadora será de diseño semejante al anterior, pues será también un conductor de banda pero metálica e inoxidable, también será de 12" de ancho y el aparato tendrá una longitud de 12' con soportes cada 4'. La banda es de malla metálica inoxidable que se puede reparar lo desgastado de una manera semejante á las grapas de las bandas de cuero, en la orilla lleva una especie de bastilla o doble costura, en donde engranan las catarinas motrices, la malla que usaremos sera de 1" por  $1/2$ " (mesh). Como nuestra máquina es corta y la carga pequeña usaremos sólo un par de catarinas motrices de 12" de diametro con 37 dientes una anchura de cara de 3" y la masa con barrenos de  $1\frac{1}{4}$ ". Aquí gastaremos también como 0.3 HP. (Datos de la Stephenson Adamson Mfg. Co.).

La escaldadora trabaja como tal para el jitomate y como lavadora únicamente para la naranja, descarga ó en la tolva de la

Raspadora o en la del molino de jitomate, que es un molino de los llamados Extractores Universales que consta de una prensa cónica espiral, equipada al final con dos discos estriados siendo fijo uno de ellos. Los jitomates se prensan en el gusano espiral con una fuerza cada vez mayor, conforme se aproximan a los discos haciéndose de una manera gradual y uniforme. De los discos van a dar al colador. La marcha del molino es variable, pues la textura o rendimiento de jugo se gobierna regulando la distancia entre los dos discos. Cuando ésta es relativamente grande, el jugo será de buena calidad pero el rendimiento bajo, sucediendo lo contrario cuando la distancia es relativamente pequeña. Siempre

debe procurarse el primer caso o sea molienda gruesa advirtiéndose que no compensa el aumento de rendimiento al descenso de calidad.

Nuestro gusano espiral tendrá un diámetro de 4" y nuestros discos 12". La longitud del gusano será de 12" y éste molino nos consumirá como  $\frac{1}{2}$  HP. a  $\frac{3}{4}$  HP. según la molienda. El paso del gusano es igual a su diámetro, trabajará a 25 rpm y tendrá una flecha de  $1 \frac{7}{16}$ .

Para la naranja, usaremos un raspador de la cáscara para obtener el aceite esencial. La máquina consta de un cilindro fijo externo y uno móvil interno y concéntrico el primero, los dos tienen una puerta que se corresponde, en donde se introduce la fruta al interior del cilindro interno el que tiene muchas puas y agujeros, al girar este cilindro por la fuerza centrífuga, hace que la fruta pegue contra su pared y las puas quitan la cáscara externa de la fruta, la que pasa por el agua de lavado a través de los agujeros recogiéndose en el interior del cilindro externo. De allí se saca esta marmaja, se sedimenta y se le extrae el aceite esencial. Esta máquina nos gasta  $1 \frac{1}{2}$  a 2 HP.

Para moler la naranja usaremos un molino de 3 masas como los que se emplean para la caña. El más pequeño de fuerza motriz tiene una capacidad de 5 toneladas de caña por 12 horas o sean  $5000/12 = 416$  Kg. por hora. Como con un mismo molino podemos moler 3 a 4 veces tanto de naranja que de caña, pues es más blanda y su coeficiente de contracción mayor, vemos que nos sirve pues molinos  $9950/8 = 1244$  Kg. por hora o sea 3 veces la capacidad para caña. Este molino fabricado por la casa Squier con marca Gem, tiene una masa superior de 8" por 8" y los dos masas inferiores miden 6" diámetro por 8" de cara, nos gastará aproximadamente 2 HP. con abertura de masas de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{1}{4}$ " respectivamente (entrada y salida) rallado Messhsert o sea de 1" de paso. Endidura para drenaje cada cuarta endidura o sea cada 3 espacios y con una profundida de  $2 \frac{1}{4}$ " y  $1 \frac{1}{4}$ " de ancha. En su fondo trae peines de  $\frac{3}{16}$ " y recomiendo una velocidad de  $8 \times 1.5 = 12$  y  $8 \times 2.5 = 20$  pies por minuto de velocidad tangencial de masas.

Tanto el jugo de jitomate como el de naranja pasan al cola-

dor, en donde se les priva de semillas, fibrosidades, etc. Calcularemos dicho colador: aplicamos la fórmula  $v = \sqrt{2gh}$  en donde  $h$  es la carga hidrostática en pies o sea 0.04 para este tipo de coladores,  $2g$  es la aceleración de la gravedad o 64.4 Ft/seg.  $v = 1.6$  ft/seg. Usaremos lámina de 225 perforaciones por pulgada cuadrada, siendo cada perforación de 0.045" de diámetro y teniendo la lámina 35.77" de área libre. Para ésta lámina y en nuestro caso, tenemos un coeficiente de contracción y obstrucción de 0.008 y un coeficiente de área libre (de perforaciones) de 0.3; tenemos una velocidad de caída debida a la gravedad de 1.6 pies por segundo;  $3600 \div 60 \times 60$  factor para pasar de segundos a horas, 28.3 son los litros en un cu. ft. densidad del jugo es 1.18 Kg./litro, así que pasarán  $15000 / (8 \times 1.18) = 1590$  lts./hr. Ahora aplicamos la fórmula:  $Q_s = Vg \times Cc \times Co \times 3600 \times 28.3$  en que  $Q_s$  es el flujo en litros por pie cuadrado de colador en donde:  $Q_s = 1.6 \times 0.008 \times 0.3 \times 3600 \times 28.3 = 391$   $1590 / 391 = 4.07$  sq. ft. de colador. Como le damos ancho de 1' o sean 12", tendremos una longitud de 4'. Usaremos lámina inoxidable de #16 de espesor con soportes, para evitar el pandeo cada 9", rascadores en la cadena cada 12" y de un espesor de 3/4" y 1/4" de retirados de la lámina a la cadena. Le daremos una velocidad de 100 ft./min. La catarina motriz está soportada en una chumacera corrediza para poner en tensión a la cadena.

El jugo colado atraviesa el colador y lo toma una bomba, las fibrosidades y demás las arrastra la cadena y descarga en un conducto re gusano que las lleva al exterior. Este conductor tiene un gusano, cuyo paso es igual al diámetro de 6". La caja que lo lleva tiene 1" de más y al principio se deja un claro de 1", la descarga final es libre. Cada gusano está hecho de dos piezas de fundición, ajustándose a la flecha por medio de un oprimor y trabaja con una velocidad de 15 a 20 rpm.

Siendo tan liviano y relativamente poca cantidad de bagazo resultante, no usaremos conductor de tablillas sino que lo más sencillo o sea un conductor de banda, igual a la escogedora, obteniendo un trabajo eficiente a bajo costo inicial y de mantenimiento para el conductor de bagazo. El bagazo lo sacamos al exterior destinándolo a varios usos como forraje, abono, etc.

La bomba que maneja el jugo colado debe ser para 14300/

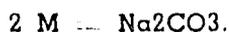
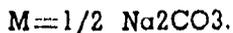
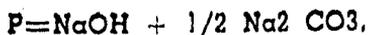
$(8 \times 60 \times 1.18) = 25.5$  lts. por minuto. Usaremos una bomba de engranes de 1". Esto es sobrado, pero debido a lo espeso del jugo, le damos esa medida y por la misma razón, preferimos ésta a una centrífuga aunque sea del tipo de propeler abierto, ésta bomba debe ser inoxidable y de las llamadas de tipo sanitario.

La bomba descarga en un taque que alimenta a la llenadora de botellas o la deshidratadora. Este tanque tendrá una cabida para jugo de 2 horas de trabajo. Este exceso es para alguna emergencia, así es que tendrá  $14300 \times 2 / (8 \times 1.18) = 3060$  lts. Para eso le damos 1.22 mts. de altura y 1.80 metros de diámetro.

Calcularemos ahora la capacidad de nuestra lavadora de botellas y de nuestra llenadora. Usaremos botellas de 1 litro de capacidad en que cada botella lleva:  $1000 \times 1.18 = 1180$  grms. Cada cartón lleva 25 botellas o sea:  $1180 \times 25 = 29.5$  Kg. Así que necesitamos  $14300 / 29.5 = 485$  cartones diarios o sean  $485 \times 25 = 12125$  botellas por día Dando  $12125 / 8 =$

1515 botellas por hora o  $1515 / 60 = 25$  botellas por minuto. Con estos datos vemos que una llenadora "Cherry-Burrell" Milwaukee Nuline tipo G-100 automática, con 8 válvulas y 3 taponadoras. Esta llenador está sincronizada con una lavadora "Cherry-Burrell" modelo C. con transportadores de cadena sin fin e inoxidable. Gastándose  $\frac{1}{4}$  de HP para cada máquina, porque toda está embalada y la carga levada por el motor es muy pequeña. Los compartimentos de la lavadora tienen una capacidad de 125 lts. y reciben un baño de NaOH y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en el primer compartimento, al 2 y 5% respectivamente y a una temperatura de 60°. En el segundo compartimento al 1 y 3%. En el tercer baño se le da con agua con 100 partes por millón de cloro libre y finalmente agua limpia (mejor si ésta tiene 0.5 a 1 p.p.m. de cloro libre como es el caso en Ocotlán con el agua municipal). Ahora calcularemos unas gráficas, en donde según los centímetros cúbicos gastados de una solución valorada, nos dé directamente los Kg. necesarios para añadir para tener las concentraciones correctas.

Tenemos el caso de una valoración de hidratos y carbonatos alcalinos juntos. Sea P los c.c. gastados hasta neutralización con fenolftaleína, y sea M los c.c. gastados desde este punto hasta neutralización con amaranjado de metilo de indicador, así que:



$$\text{el \% NaOH} = \frac{\text{Miliequivalente} \times (P - M) \times 100}{\text{Peso muestra.}}$$

Para l.c.c. de muestra de solución pesará 1 gramo (es tan pequeño el error de cambio de densidad que se puede despreciar) y usaremos ácido clorhídrico 0.2 N. el miliequivalente de la NaOH 0.2 N. es 0.008 grs. así que:

$$\% \text{NaOH} = \frac{0.008 \times (P - M) \times 100}{1} = 0.8n \quad 0.8n \text{ igual a \% NaOH.}$$

es la ecuación de una recta de la forma  $aX$ . y. Así es que graficamos esta ecuación teniendo una recta que pasa por el origen, siendo su pendiente igual a 0.8. Las ordenadas expresan el % NaOH y las abscisas C.c. de HCl 0.2N. gastados en  $n$  é sean (P-M) c.c.

Ahora pasaremos a calcular los Kg. necesarios que añadir para un % deseado: Sea C una constante e igual al No. de Kgs. de NaOH por cada 1%, para nuestro caso es:  
1% de 125 Kgs. = 1.25 Kg.

2 es el % deseado, así que  $(2 - 0.8n)$  es la diferencia de % entre el deseado y el actual,  $(2 - 0.8n) C$  Kg. faltantes de NaOH necesarios añadir, para tener 2%  $(2.5 - n) C$  Kg 0.8;  $2.5 - n$  &g/  $(1.25 \times 0.8)$  de donde  $2.5 - n$  Kg. a añadir. En las abscisas ejecutamos esos valores y resulta la gráfica adjunta: para el 2do. compartimento el % NaOH debe ser 1, la recta será la misma sólo cambiarán los Kgs. necesarios a añadirse o sea que:  $(1 - 0.8n) C =$  Kgs. a añadirse  $(1.25 - n) C$  Kgs./0.8 ;  $1.25 - n$  igual a Kg./  $(1.25 \times 0.8)$   $1.25 - n$  Kgs. a añadirse.

$$\text{El \% Na}_2\text{CO}_3 = \frac{\text{miliequivalente} \times 2 M \times 100}{\text{Peso muestra}}$$

para 1 c.c. de muestra, y para ácido 0.2 N, el miliequivalente del  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  es 0.0212 así que tenemos:

$$0.0212 \times 2 \text{ M} \times 100$$

$$\% \text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{\dots}{1} = 4.14 \text{ M}$$

1

o sea tenemos la ecuación de una recta que pasa por el origen o sea de la forma  $aX$  y así que graficamos esta ecuación, dando una recta por el origen. Hacemos las ordenadas igual a M c.c. y en el otro extremo de la gráfica ponemos sus correspondientes valores de 4.14 M y como abscisas los % de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Ahora pasaremos a calcular los Kg. necesarios que añadir para un % deseado: C = 1% de 125 kg. = 1.25 Kg. (5 - 4.14 M) = diferencia de % entre el deseado y el actual, (5-4.14 M) C = Kgs. faltantes de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para tener una concentración de 5%; (5 x 1.25) - 1.25 M = Kg. 4.14; 5 Kgs.

$$\frac{4.14}{4.14} = \frac{M}{4.14 \times 1.25}$$

Con los datos anteriores obtuve la gráfica adjunta: para el 2do. compartimento el % de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  debe ser 3. Nuestras ecuaciones serán las mismas, la misma recta servirá y sólo variarán los Kg. necesarios a añadirse, pues graficaremos (3-4.14M) C = Kgs.; 3 Kgs.

$$\frac{4.14}{4.14} = \frac{M}{4.14 \times 1.25}$$

Respecto del agua clorinada, podemos usar para clorinarla o el hipoclorihito de calcio comercial o mejor aun el producto americano HTH. Verifiqué los análisis de los dos productos dándome: para el hipoclorihito de calcio comercial:

Peso muestra y Pesafiltro .....	20.3515	grms.
peso pesafiltro .....	15.7865	grms.
peso muestra .....	4.5650	grms.

La muestra la diluí hasta 500 c.c. tomé muestras de 50 c.c. de solución y gasté como promedio 33.3 c.c. de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.1 N al valorarla con IK y en medio un poco ácido para que haya total desprendimiento y usando almidón como indicador. Miliequivalente 0.1N del  $\text{Cl}_2$  es 0.003546 de donde:

$$\frac{33.3 \times 0.003546 \times 100}{0.4565} = 25.06\% \text{ de cloro libre.}$$

El análisis del HTH, es el siguiente:

peso muestra y pesafiltro ..... 25.7006 grms.  
 peso pesafiltro ..... 19.595 grms.  
 peso muestra ..... 6.1056 grms.  
 la muestra la diluí hasta 500 c.c. y de esta solución tomé 50 c.c.  
 de muestras, las valoré como en el caso anterior y me gastaron  
 110 c.c. de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.1N y con factor de 1.085 así que:  
 $1.085 \times 110 \times 0.003546 \times 100$

----- 69.5% de cloro libre

0.61056

ahora tenemos que 1 parte por millón viene siendo 1 gramo por metro cúbico o sea 0.1 gramo por hectólitro. Como tenemos 125 litros, luego por cada p.p.m. de cloro libre, tenemos 0.125 grms. de cloro libre.

Generalizando tenemos: Grms. Cl. totales = 0.125 ppm. o sea que p.p.m. = grms. de cloro/0.125. Esta es la ecuación de la línea recta de la forma  $y = aX$  en que la pendiente es  $1/0.125 = 80$ . Esta recta pasa por el origen, así que graficamos esta recta, poniendo por ordenadas las partes por millón de cloro libre y por abscisas los gramos de cloro actuales.

En esa gráfica, ponemos también los gramos necesarios que añadir para obtener 100 p.p.m. de cloro libre: Graficamos  $(100 - \text{ppm.})C =$  gramos a añadirse en la que C para el cloro libre es 0.125, para HTH.  $0.125 \times (100/69.5) = 0.18$  y para hipoclorito comercial  $0.125 \times (100/28.06) = 0.42$  ya con esto, tomamos una pequeña muestra del agua, le analizamos el cloro libre por colorimetría, por ejemplo usando como reactivo la ortotoluidina y en el colorímetro por comparación con los standards, vemos la cantidad de ppm. que tiene nuestra agua y en la gráfica podemos obtener la cantidad de gramos a añadirse, para obtener una concentración de 100 ppm. Una vez hecho este lavado, las botellas se lavan de nuevo con agua pura y ya pasan a la llenadora.

Una vez llenados y taponadas las botellas, pasan a esterilizarse en un autoclave. Para esta capacidad o sea de 12125 envases por 8 horas, usaremos un autoclave de 60" de diámetro y 10' de longitud, en la que caben 2 carritos, cada hora alcanzamos a hacer tres esterilizaciones, pues aunque el vapor a 10 libras por pulgada cuadrada dura 10 a 8 minutos, mientras se llega a esa

presión y se carga y descarga se pierde otro tanto. El autoclave es de lámina de 1/4" de espesor, con romaches de 3/4" de diámetro, con doble hilera longitudinal y sencilla circular, con todos sus accesorios para carga y descarga y purga y piso adecuado para los dos carritos, y se utilizará el vapor producido por una caldera de 10 metros cuadrados de superficie de calefacción. (Datos tomados de la California Nursery Co.).

Por concepto de vapor gastado en aseo y el consumido por la lavadora de botellas y escaldadora, se gastan aproximadamente el de una caldera de 5 H.P. Así es que con una caldera de 15 H.P. tenemos para el servicio completo de la fábrica. Haremos un tanque como de 5 a 6000 litros para almacenar chapopote y necesitaremos una bomba de engranes para bombearlo a un tambo que alimente la caldera. Con una bomba de 3/4" y con un motor de 1/4 HP. es suficiente. Veremos si en la deshidratadora ocuparemos otra caldera mayor ó si con esta nos sea suficiente.

## CAPITULO V

### **Deshidratado por rocío.**

Hasta la fecha no ha habido manera de conservar el jugo de naranja sin que pierda su sabor propio, lo único que se hace es agregarle un poco de azúcar y jugo de limon dando un producto de sabor agradable pero que no conserva el sabor propio de la naranja.

La única manera de conservar el jugo es secándolo completamente, esto se ha llevado a cabo por tres procesos: El de Crioscopia que consiste en poner unas artozas con jugo en una autoclave con chaqueta de refrigeración y preferible al alto vacio. con el frio el agua se congela y se separa deljugo, retirando esta agua y por sucesivas operaciones semejantes, se llega a agotarlo, conviene a las aguas retiradas hacerles este mismo agotamiento por lo que pudieran llevarse.

El método de Sublimación difiere del anterior, en que las artozas llevan calefacción con agua tibia y el agua evaporada se solidifica en la autoclave, en estos dos casos el jugo agotado se le quita la humedad remanente con aire tibio. Estos dos métodos son lentos y caros, pero tienen la ventaja de dar un producto de una calidad un poco mejor, pero casi igual a la que se obtiene en el deshidratado por rocío.

**El deshidratado por rocío.** el jugo de naranja es finamente atomizado por aire comprimido y las particulitas puestas en contacto con aire tibio y lo más seco posible. Dicho aire se humedece a expensas del jugo quitandole la humedad hasta secarlo, el polvo se separa del aire con un Ciclón y luego se envasa en tarros de hojalata o cartón parafinado para ponerlo fuera del medio ambiente y no se eche a perder con la humedad dado que es muy higroscópico. Este

proceso además de sencillo y económico tiene la cualidad de una gran flexibilidad de operación.

Nosotros manejaremos 5530 kg. de jugo colado por día o sea 5530/8 = 691. kg. por hora y evaporaremos 4810 kg. de agua por día o sean 4810/8 = 601 kg. de agua por hora, resultándonos 720 kg. de sólidos por día o sean 720/8 = 90 kg. por hora.

Para efectuar la atomización, nosotros necesitamos 0.15 lbs. de aire a 3Kg./ctm.<sup>2</sup> por libra de jugo. Así que  $691 \times 2.2/60 = 25.4$  lbs. Por minuto de jugo:  $25.4 \times 0.15 = 3.8$  lbs.

aire por minuto a 3Kg./ctm.<sup>2</sup> o sea a 45lbs./sq. in. A esta presión la densidad del aire es de 0.3lbs. /cu. ft.; así que necesitamos  $3.8/0.3 = 12$  Cu. ft. por minuto, esto nos lo da un compresor Quincy, modelo 216 enfriado por aire, que trabaja a 680 rpm. y consume 2 HP.

**El atomizador** será del tipo de los atomizadores de petróleo con vapor, en el que irá el jugo en el centro y concéntrico con él el aire. Dicho atomizador será de área graduable, calcularemos las áreas necesarias: Aire: Irá a una velocidad de 1800 a 2400mts. por minuto; Área = Gasto/velocidad de donde:

$$A = (12 \times 144)/(1800/0.305) = 2.2 \text{ sq. in.}$$

$(12 \times 144)/(2400/0.305) = 2.93$  sq. in. Entre estas áreas deberá tener nuestro atomizador para el aire. Para el jugo la velocidad será de 2ft./seg. o sean 24ft./min. Así que  $G = 25.4 (62.42 \times 1.1) = 0.37$  cu. ft. por minuto, pues el peso específico es 1.1 así que  $A = 0.37 \times 144/24 = 2.22$  sq. in. Con estos datos ya podemos comprar un atomizador adecuado como los fabricados por la National Aeroil Burner Co.

**Ahora calcularemos el aire necesario de deshidratación.** Contamos con un aire a 20 C (68 F) y 40% de humedad relativa, con una humedad específica de .003 lbs. H<sub>2</sub>O/lb. aire seco después de desecado o sea cuando lo dejamos con 20% de humedad relativa. Un calor húmedo de 0.239. Este aire una vez desecado y filtrado lo calentamos a 123-122 F. y efectuamos la deshidratación descargando el aire a 80% de humedad relativa, con una temperatura de 73 F. Dicha temperatura nos la da la intersección de la línea adiabática de saturación y la curva de 80% humedad relativa de la carta psicrométrica. Este aire tiene una humedad específica de 0.014 lbs. H<sub>2</sub>O/lb. de aire seco. Cada libra de aire seco se lleva:

$$0.014 - 0.003 = 0.011 \text{ Lbs de agua y necesitaremos } 601 \times 2.2 =$$

1322.2 lbs. de agua a evaporar y ocuparán:  $1322.2/0.011 = 120200$  lbs. aire seco por hora.

Comprobación por balance térmico:

Calor dado por aire deshidratación:

$120200 \times 0.239 (122 - 73) = 1402000$  BTU.

Calor latente:  $1322.2 \times 1053.8 = 1393436$  Btu.

Calor sensible vapor de agua:

$1322.2 \times 0.54 (122 - 68) = 3570$  BTU.

Calor sensible aire atomización

$228 \times 0.241 (73-68) = 295.7$  Btu.

$1402000 - (1397382) = 4698$  o sea hay un error de 0.33% luego tomamos como bueno este balance  $1397382 = 1393436 + 3570 + 295.7$ . El agua llevada por el aire de atomización es despreciable pues es  $(0.014 - 0.006) 228 = 1.8$  lbs. por hora. El error principal de este balance está en la apreciación de datos como calor húmedo, etc.

**Ahora calcularemos el calentador de aire:** las unidades son con tubo standard de 1" en hileras de 4 a lo ancho por 22 a lo largo, espaciados  $2 \frac{3}{8}$ " entre centros con 6' de altura. Teniendo la caja donde se fijan los tubos 54" de ancho por 6' 2" de alto, le suministramos vapor a 5 lbs./sq. in. Area bruta de la caja:  $(6 \times 12) + 2 = 74$ ";  $74 \times 54 = 3996$  sq. in. tubo standard de 1" tiene 1.315" de diámetro externo. Area proyectada:  $22 \times 1.315 \times 72 = 2.083$  sq. in.

Area neta:  $3996 - 2.083 = 1913$  sq. in.,

$1913/144 = 13.28$  sq. ft. ahora buscaremos el coeficiente de película de aire: Para eso aplicamos la fórmula de Reiher:  $h = 0.131 (kf/D) (Dv_{max})^{0.7} (1/iuf)^{0.7}$  densidad del aire:

29 460—32

$x = \frac{29}{460-32} = 0.0755$  lbs./cu. ft.  $v_{max} =$  masa velocidad

359 460—68

$= 27000 \times 60 \times 0.0755$

$\frac{27000 \times 60 \times 0.0755}{13.28} = 9200$  lbs./hr. / sq. ft.;  $At1 = (227-68)$

13.28

$= 159^\circ\text{F}$ .  $At2 = 227 - 122$  igual a  $105^\circ\text{F}$ .

159 — 105

Atm —  $\frac{159 - 105}{2.3 \log. 159/105} = 125.2^\circ\text{F}$ .

2.3 log. 159/105

$$\begin{aligned}
 t_f &= t_w - 1/2 \text{ Atm} = 227 - (125.2/2) \text{ igual a } 164.4 \text{ F.} \\
 D &= \text{diámetro} = 1.315/12 \text{ igual a } 0.1096 \text{ ft.} \\
 k_f &= \text{conductibilidad térmica de nuestro aire} \\
 k_f &= 0.0129 + 0.00002 (164.4 - 32) = 0.01555. \\
 \mu_f &= \text{viscosidad} = 0.02 \times 2.42 \text{ igual a } 0.0484. \\
 &= 0.131 \times 0.01555 = (0.1096 \times 9200) 0.7 \\
 h &= \frac{\quad}{\quad} = 18.7 \\
 &= \frac{0.1096}{(0.0484)}
 \end{aligned}$$

calor específico de nuestro aire a temperatura media (95°F.) es de 0.241; ahora aplicamos la fórmula  $Q = Wc\Delta t$   $27000 \times 60 \times 0.0755 \times 0.241 (122 - 68) = 1590000 \text{ BTU.}$

Aplicando la fórmula  $Q = UAA\Delta t$  advirtiendo que hacemos  $h=U$  por tener coeficientes de película muy grandes; de donde:  $A = 1590000 / (18.7 \times 125.2) = 680 \text{ sq. ft.}$   
 área de una unidad  $22 \times 4 \times 6/2.904 = 181.8 \text{ sq. ft.}$   
 Unidades necesarias:  $680/181.8 = 3.72$  **Cuatro Unidades.**

Después de la cámara de atomización con un distancia de avance de casi dos metros, ponemos la entrada al ciclón, en donde se separarán los sólidos del aire húmedo. Calcularemos el ciclón: Para eso hay ecuaciones derivadas de la ley de Stokes modificadas por la fuerza centrífuga, pero estas ecuaciones son de resultados dudosos e inciertos y no ofrecen ninguna garantía, así es que la manera de diseñarlo es por vía experimental o de criterio, basándose en ciertas relaciones de dimensiones acostumbradas por los fabricantes, como relación de diámetro a entrada:

La entrada la calcularemos por la velocidad y el gasto.

La primera debe ser como de 100 ft/seg. Así que  $\text{Area} = \text{gasto/velocidad} = 27000 / (60 \times 100) \text{ igual a } 4.52 \text{ sq. ft.}$

$4.52 \times 144 = 650 \text{ sq. in.}$  y con un diámetro de 28.9" o sea de 29" será el diámetro de la entrada al ciclón.

A es el área de entrada, a el diámetro del cilindro, e el diámetro de la salida del aire, i la longitud del cilindro. L longitud del ciclón se acostumbra las siguientes relaciones:  $A/a^2 = 1/8 \text{ a } 1/2$ ;  $e/a = 1/4 \text{ a } 3/4$ ;  $i/a = 1/2 \text{ a } 1/4$ ;  $L/a$  igual a 2 a 4; haciendo en nuestro caso:  $A/a^2 = 1/8$  de donde:  $650/a^2 = 1/8$  igual a  $72''$ ;  $e/72 = 1/4$  de donde  $e = 18''$ ;  $i/72$  igual a  $1/2$  de donde  $i$  igual a  $36''$ ;  $L/72 = 2.5$  de donde  $L = 180''$  esto se aprecia mejor en el esquema adjunto. Salida de polvo 4"

**Ventilador:** Ahora veremos qué caldera necesitamos. De ser menor que 15 HP. ponemos esta, pues así se necesita para el jito-mate: 1 lb. de agua tiene un calor latente de 950 Btu. aproximadamente, y una caldera nos da 34.5 lbs. de vapor por hora por HP. así que:

1590000

---

== 6.1

8 x 950 x 34.5

H.P. luego la caldera de 15 H.P. es más que correcta.

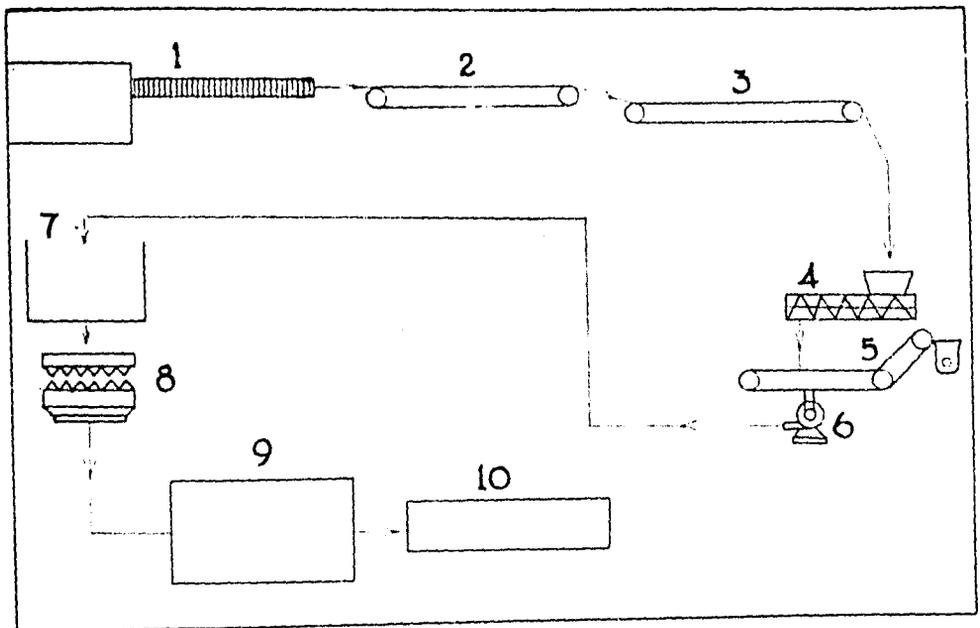
Adjunto se ve el plano de colocación y distribución que a mi me parece más conveniente. Dicha fábrica debe estar situada junto al puente de ferrocarril para poder tener espuela, y además muelle donde atraquen las canoas, así como también debe tener acceso por carretera, por eso ese es el lugar preciso de ubicación que yo juzgo más conveniente.

El ventilador apropiado para la deshidratadora debe ser uno para una carga estática de  $0.4 \times 4 = 1.6$  más 1.5 pulgadas de agua que necesita el ciclón, pues las 1.6 primeras son debidas a la fricción en los intercambiadores de calor o sea a una presión estática de 3 pulgadas de agua, y una capacidad de 27000 cu. ft./min. Usaremos un ventilador Búfalo, tamaño  $7\frac{1}{2}$  con un diámetro de volante de  $42\frac{1}{2}$ " con 914 revoluciones por minuto, dando 27050 cu. ft./min. y gastando 26.4 HP.

## **BIBLIOGRAFIA**

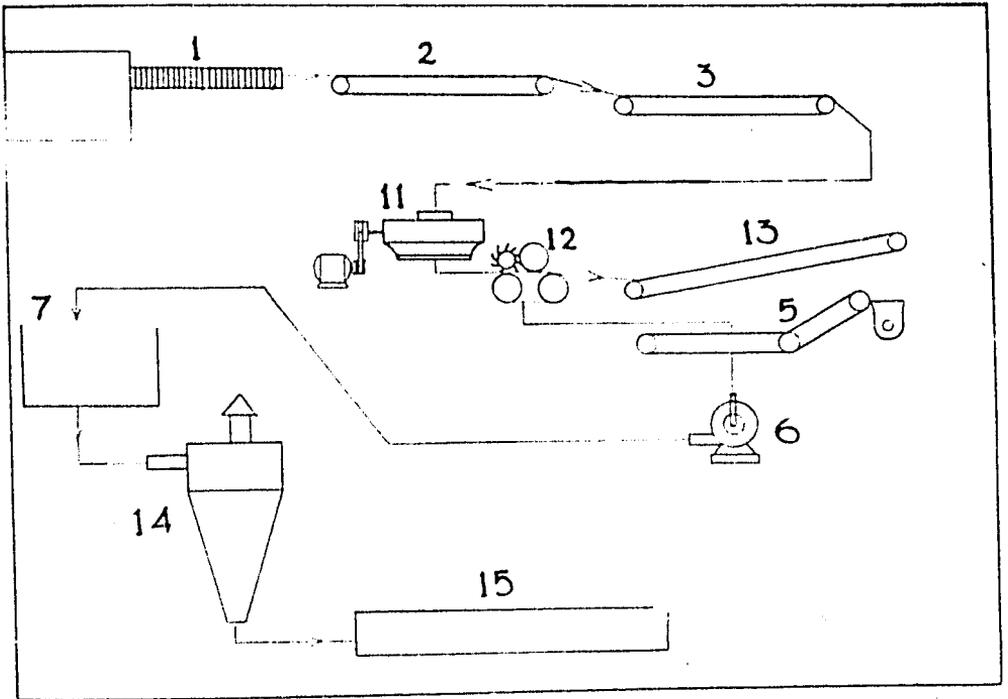
- |   |                     |
|---|---------------------|
| Chemical Engineers Handbook   | John H. Perry       |
| Refrigeration Engineering   | H. J. Macintire     |
| Elements of Chemical Engineering  | Badger & McCabe     |
| Manual Práctico de Productos Alimenticios                                   | A. Paczka           |
| Drying and Dehidration of Foods   | H. W. Von Lvessecke |
| Ingeniería Internacional  | Abril de 1944       |
| Storage of Foods boletin del Departamento Agricutural de<br>Estados Unidos. |                     |

# DIAGRAMAS DE FLUJO JITOMATE





# NARANJA

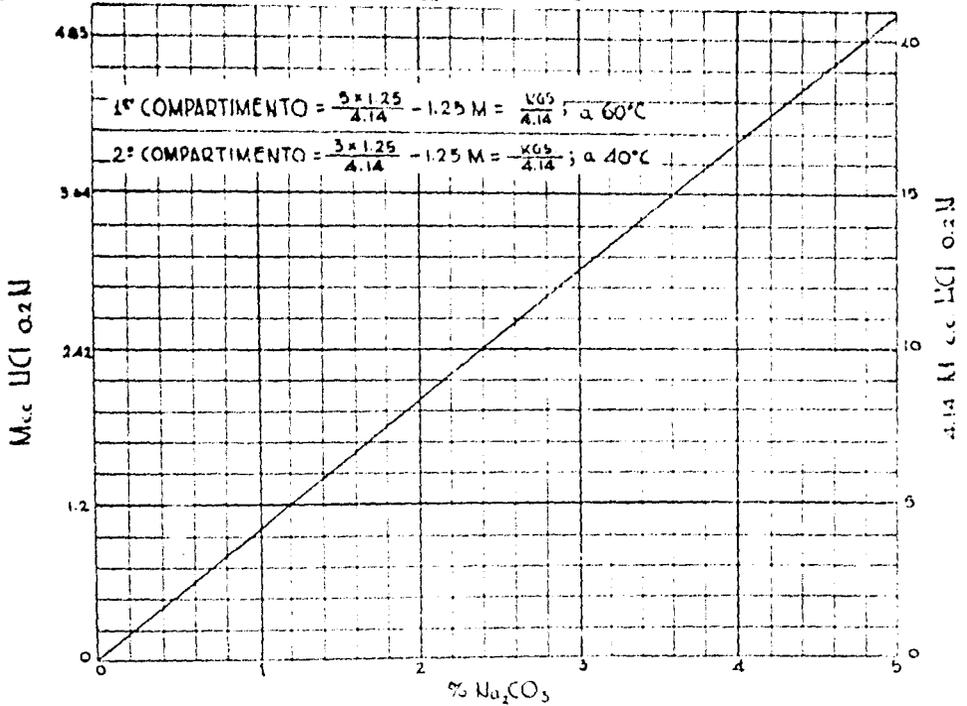




### KGS. $\text{Na}_2\text{CO}_3$ NECESARIOS AÑADIRSE

C = 1% de 125 dqs = 1.25 dqs.

1º COMP. 6.25	5.0	3.75	2.5	1.25	0
2º COMP. 3.75	2.5	1.25	0		



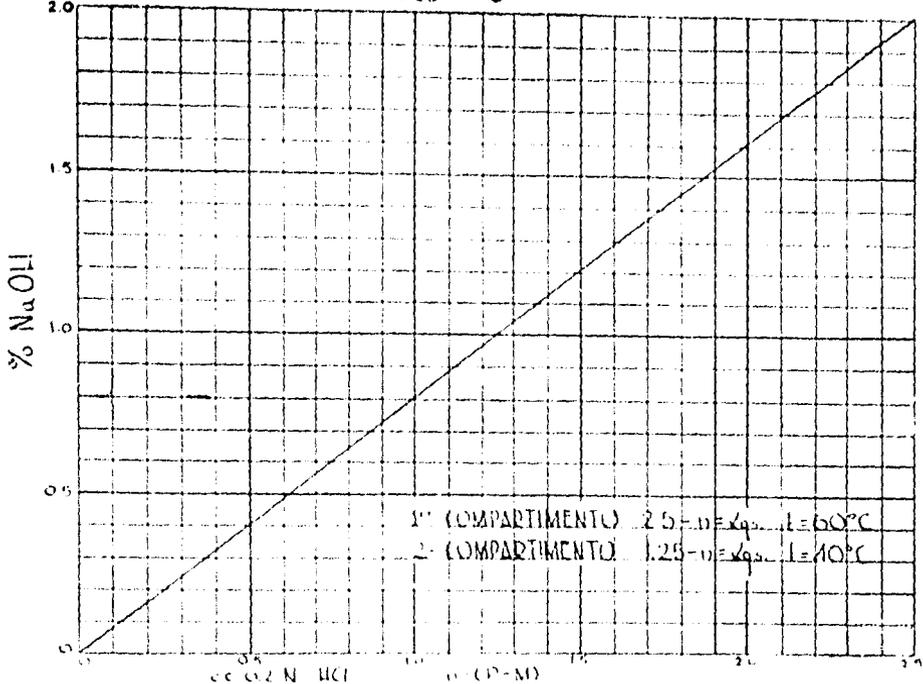
KGS. DE NaOH NECESARIOS AÑADIRSE

$C = 1\%$  de  $125 \text{ kg.} = 1.25 \text{ kg.}$

1º COMP. 2.5  
2º COMP. 1.25

2.0      1.5      1.0      0.5      0

0.75      0.25      0      0



cc 0.2 N HCl      g. (P-M)



GRAMOS A AÑADIRSE DE :

UPOXCLORIT642 0  
UTU 16.0  
CLOO 12.5

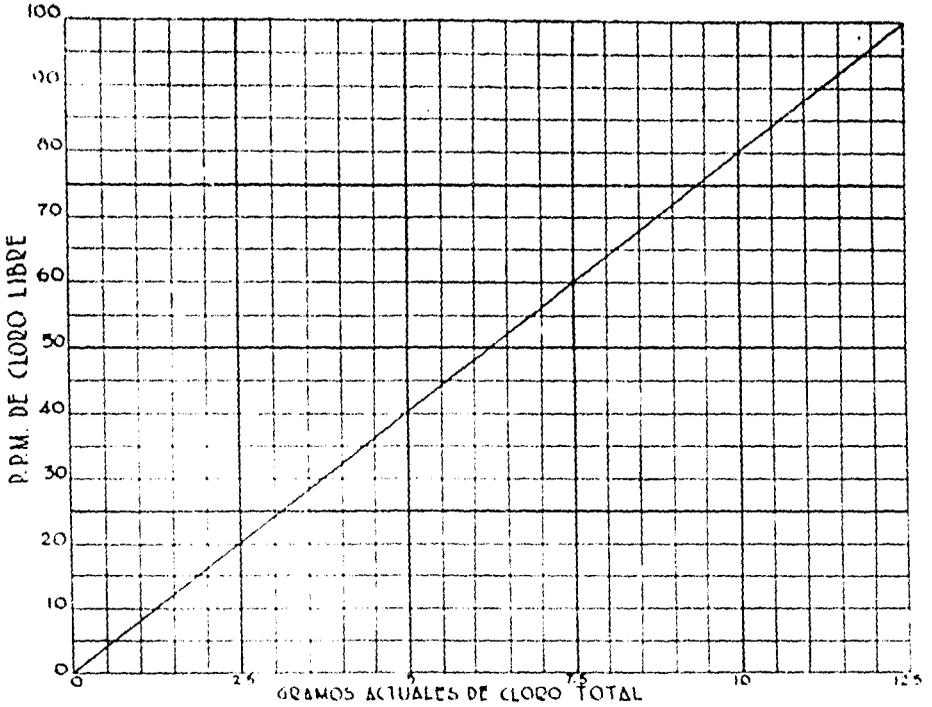
35.6  
14.4  
10.0

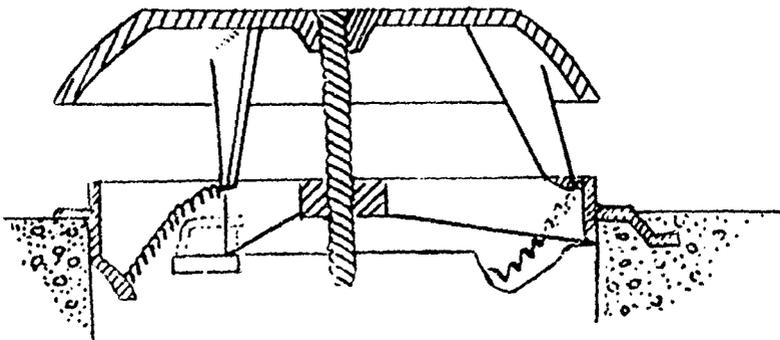
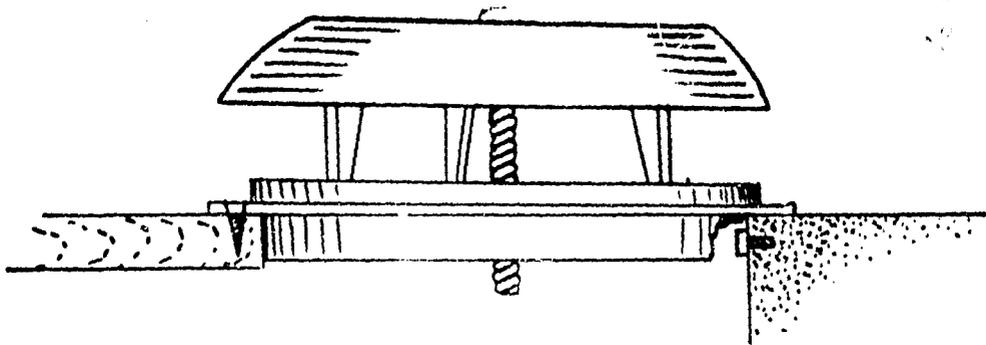
19.2  
10.8  
7.5

12.6  
7.2  
5.0

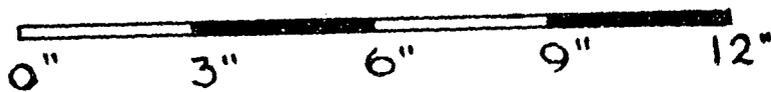
6.4  
3.6  
2.5

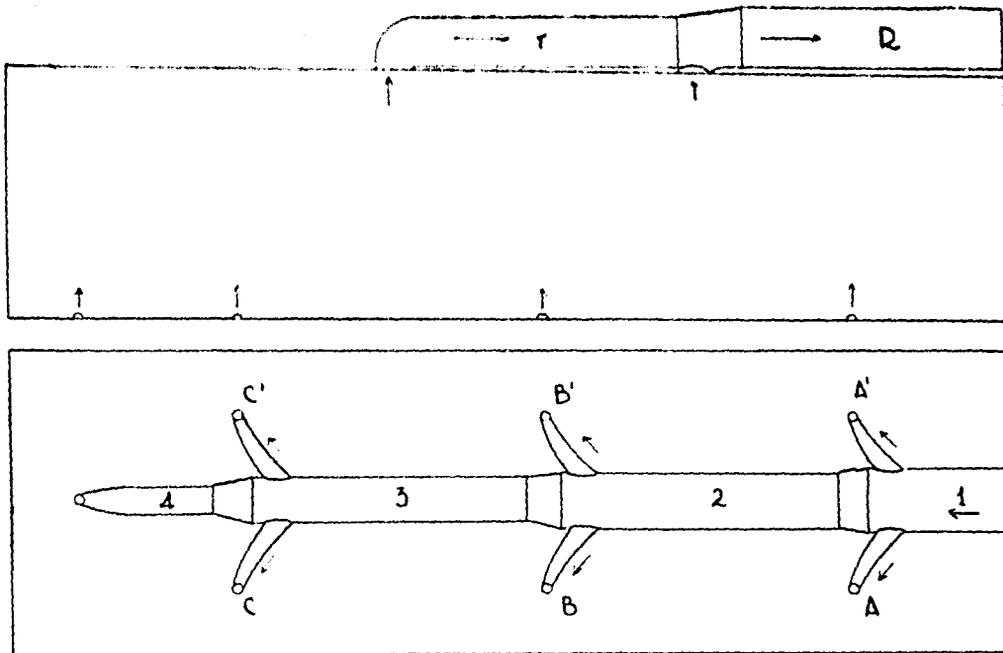
0  
0  
0





SALIDAS DEL AIRE





DUCTOS

