

**FACULTAD DE QUIMICA BERSELIUS**  
**INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**Cálculo y Estudio Económico de un Equipo  
Secador de Ajo por el Sistema de Bandejas**

**TESIS PROFESIONAL**

**AITOR S. ARANGÜENA**

México, D. F.

1961



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.

FACULTAD DE QUIMICA BERZELIUS  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**Cálculo y Estudio Económico de un Equipo  
Secador de Ajo por el Sistema de Bandejas**

T E S I S

Para obtener el título de:  
Ing. QUIMICO  
PRESENTA:

*Aitor S. Aranguena*

---

México, D. F.

1961

*A la memoria de mi padre:*

*Eugenio Arangüena  
con el mayor de mis  
recuerdos:*

*A mi madre:*

*Dionysia Barquilla.*

*A mi Hermano.*

*José.*

*A mis tíos.*

*A mis primos.*

*A mis maestros.*

*A mis compañeros y amigos.*

*Al Sr. don*

*Agustín Artoyo Ch.  
por la gran ayuda a la  
realización de esta tesis.*

## INDICE

- I - Introducción*
- II - Desarrollo del Sistema de Fabricación*
- III - Cálculos*
- IV - Estudio Económico*
- V - Conclusiones*
- VI - Bibliografía.*

CAPITULO I

*Introducción*



El vegetal conocido como ajo es una planta de la familia de las Liliáceas, cuyo nombre científico es "Allium Sativum". La parte aprovechable de dicho vegetal son los bulbos o cabezas, siendo muy apreciados por ser sus propiedades las de conceder especial sabor a diversos platillos usados en nuestra alimentación, teniendo así mismo propiedades curativas, las cuales no trataremos en la presente tesis por no ser nuestro tema.

Según datos recogidos en diversas fuentes, el ajo era ya conocido desde tiempos muy remotos, siendo uno de los platillos favoritos de condimento en la antigua Roma, asimismo se dice que es originario del Sudeste de Asia y que fueron los soldados romanos en sus conquistas los que probaron y trajeron dicho vegetal hacia el -

Mediterráneo, expandiéndose posteriormente por toda Europa, siendo traído a América por los conquistadores.

CARACTERISTICAS DEL AJO "ALLIUM SATIVUM".

El ajo es del género de la familia de las Liliaceas, sub-familia de las Alioideas: plantas bi-anauales o perennes con uno o más bulbos en el rizoma, que generalmente es corto y rastrero: hojas radicales estrechas, lineales, fistulosas, raras veces aplanadas; flores en umbela esferoidal, rodeadas por dos o tres hojas caulinares a modo de espata, a menudo con bulbillos entre las flores. A veces faltan éstas completamente, sirviendo entonces para la reproducción los bulbillos que la sustituyen; cápsulas delgadas, por lo común trioculares, con dos semillas, más o menos triquetras, en cada división.

Se encuentra difundida por todas las regiones no tropicales del Hemisferio Boreal: algunas de ellas se encuentran también en Abisinia y México. Todas ellas poseen olor y olor característico, más o menos fuerte, debido a la presencia del aceite volátil.

Entre las variedades de ajo más importantes se encuentran las siguientes:

A. Cepa L.

Allium Fistuloscum L.

Allium Ascalonicum L.

<i>Allium Sphaerocephalum</i> L.	<i>Allium Vineale</i> L.
<i>Allium Schevenoprasum</i> L.	<i>Allium Sibiricum</i> L.
<i>Allium Ursinum</i> .	<i>Allium Nigrum</i> L.
<i>Allium Victoralen</i> L.	<i>Allium Aentangulum</i> Scgard
<i>Allium Fallax</i> Schult.	<i>Allium Olsareceum</i> L.
<i>Allium Carinatum</i> L.	<i>Allium Scorodoprasum</i> L.
<i>Allium Sativum</i> (Ajo Común)	<i>Allium Aphioscorodan</i> Dan.
<i>Allium Porrum</i> L.	<i>Allium Ratumdium</i> L.
<i>Allium Roseum</i> L.	<i>Allium Controversum</i> L.
<i>Allium Pyrenaiceum</i> Costa y Vayr.	<i>Allium Neapolitanum</i> Cyr.

El ajo común es de hojas estrechas, equi-  
lladas con el borde liso, bulbo compuesto de bulbillos en-  
vuelto en una membrana común, rosado pálido, con dos ca-  
ras laterales planas, el dorso convexo y puntiagudo los -  
extremos; tallo cilíndrico recto de 6 a 10 cms.; umbela --  
bulbifera; esparte univalva, cadnea, oval terminado en un  
largo pico; sépalos y pétalos blanquecinos o rojizos, mas  
cortos que los estambres y pistilos; estambres tricuspida-  
dos, alternando con largos filamentos retorcidos en espi-  
ral.

#### ESENCIA DE AJO.

El aceite esencial que se extrae de los --  
bulbos de ajo común, según algunos autores está constitui-  
do principalmente por sulfuro alilo. Pero los estudios de  
Semmler manifiestan que no contiene Sulfuro de Alilo ---  
( $C_3H_5$ )<sub>2</sub>S.

ni terpenos, sino una mezcla de dos disulfuros ( $C_6H_{12}S_2$  y  $C_6H_{10}S_2$ ) y de polisulfuros ( $C_6H_{10}S_3$  y  $C_6H_{10}S_4$ ). La esencia de ajo es un líquido amarillo de intenso olor aliaceo, de peso específico 1.0525 a la temperatura de 14.5 grados centígrados. El rendimiento es de 0.09 %.

#### CULTIVO DEL AJO.

Entre las diversas variedades de ajo común - (A. Sativum) las más frecuentes y preferidas son las que tienen blancas las membranas que envuelven la cabeza; sin embargo se cultivan también otras dos variedades; la que tiene dichas membranas de color de rosa y otra de cabezas grandes con dientes cortos, gruesos de color rojo violáceo.

Prefiere el ajo en general los terrenos ligeros, arcillo-silíceos sin exceso de humedad; exige bastante ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), siendo el abono usual el fosfato de calcio; es conveniente también abonarlo con nitratos y si el terreno es muy calcáreo con un poco de potasa. En cambio es muy perjudicial el uso de abonos de tipo orgánico ( estiércol ), que le predispone a podrirse.

El ajo se reproduce por medio de los bulbillos (dientes), sembrándolo durante los meses de Octubre a -- Abril según los climas; se recolecta entre los meses de -- Junio y Julio, escogiendo los días secos y calurosos con el

objeto de obtenerlo con la menor humedad posible, así co  
mo para facilitar la cosecha.

En México el ajo es muy apreciado por ---  
nuestro pueblo para condimentar diversos platillos. En --  
los últimos tiempos el gusto por usar dicho condimento se  
ha extendido por toda la Unión Americana. Siendo esto de  
suma importancia para nosotros ya que es posible exportar  
grandes cantidades de dicho vegetal, dado que en los Es-  
tados Unidos es muy costosa la siembra del mismo. Es su-  
mamente importante hacer notar que la exportación del pro  
ducto tal como se cosecha, es bastante problemática ya --  
que se tropieza con la dificultad, entre otras, de la fá-  
cil descomposición del producto debido a su gran conteni  
do de humedad. Por otra parte el consumo de este vegetal  
en los Estados Unidos se efectúa en su gran mayoría en es  
tado seco y pulverizado, usándose en la misma forma que -  
se acostumbra la sal de mesa.

En seguida se dá a conocer una tabla com-  
parativa de la producción, exportación e importación del  
ajo durante el decenio de 1950 inclusive hasta 1959

PRODUCCION, EXPORTACION E IMPORTACION DE AJG.

AÑO	PRODUCCION Kgs.	EXPORTACION Kgs.	IMPORTACION Kgs.
1950	16.440,525	5.368,165	-----
1951	16.457,061	7.025,240	-----
1952	17.077,340	4.638,410	-----
1953	19.969,950	6.151,590	-----
1954	19.518,965	5.837,384	-----
1955	19.385,570	5.050,696	-----
1956	18.768,205	3.681,844	4,405
1957	15.843,525	4.432,268	12,509
1958	16.821,862	7.033,583	25,990
1959	16.946,326	4.389,048	28,215

OBJETO DE LA TESIS.

En vista de todo lo expuesto anteriormente llega a la conclusión de que el establecimiento de una industria que se dedique a secar, pulverizar, envasar y exportar el ajo a Estados Unidos, sería de gran utilidad ya que al mismo tiempo que se industrializa uno de los productos de nuestro campo, daría oportunidad a los campesinos de intensificar las cosechas de dicho vegetal, elevando en esta forma el nivel económico de los mismos y de los obreros que laboren en la fábrica. Por otra parte contribuye también a la obtención de divisas tan necesarias para la economía nacional.

---

CAPITULO II  
*Desarrollo del Sistema de Fabricación*



En este capítulo describiremos el equipo y - proceso usado para la obtención del producto en la for-  
ma final deseada ( en polvo ).

El ajo es recibido directamente de los cam-  
pos de cultivo con las impurezas propias de la extracción.  
Estas impurezas es necesario eliminarlas para obtener un  
producto de alta calidad.

La forma más eficaz de obtener una limpieza  
total del material es por medio de un lavado con agua,  
llevándose a cabo en la siguiente forma:

El material se pasa por medio de una tolva  
a un tanque lavador, el cual está construido por un ci-  
lindro, colocado horizontalmente que tiene perforacio-  
nes para permitir la salida del agua que arrastra las  
impurezas; (estas perforaciones pueden ser circulares o  
longitudinales).

En la parte inferior del cilindro se encuentra una caja colectora, la cual puede ser drenada.

El cilindro se encuentra inclinado de tal manera que la alimentación del material se efectúa por la boca superior y la descarga por la inferior. El cilindro lleva en su interior un tubo perforado con espigas; por este conducto se inyecta agua caliente a  $35^{\circ}\text{C}$ ., con objeto de lavar en la forma más eficaz. A su vez la rotación del cilindro permite que el ajo al mismo tiempo que va caminando hacia la salida, tenga un mayor contacto con el agua. El movimiento rotatorio del cilindro se efectúa por medio de un motor con transmisión de cadena.

El material descargado del cilindro lavador pasa a una banda sinfín perforada, en la cual cae agua a presión para terminar su lavado. En la parte final de la banda no hay lavado o sea que en esa parte se escurre el agua del material tratado, efectuándose asimismo una selección manual del producto que no llene los requisitos para su transformación.

La banda transportadora descarga sobre una chapa perforada (colectora). De aquí se pasa el material a la desgranadora. Esta tiene por objeto abrir las cabezas de ajo para su mejor contacto con el aire caliente en el túnel de secado, así como su limpieza.

Una vez que se ha hecho esta operación, todo el material pasa a una bandeja con declive la cual se encuentra situada junto al sistema de bandeja.

#### SISTEMA DE BANDEJAS.

Las bandejas están construídas de madera en forma de enrejado que permite el paso del aire y la sustentación del material a secar. Las bandejas se colocan encima de otra y todas a su vez en un carro transportador, el cual se encuentra insertado en un sistema de rieles que los conduce hacia el túnel de secado. Entre bandeja y bandeja se encuentra un espacio mínimo y eficiente para el paso del aire y el mejor aprovechamiento de la altura del túnel.

El uso de soportes y ruedas giratorias tiene por objeto disminuir los tiempos muertos durante la carga y descarga del material, aprovechándose así este tiempo para acondicionar otra serie de carritos.

#### TUNEL DE SECADO.

El túnel de secado está construído en la siguiente forma:

Las paredes son de tabique enjarrado y lisas. Tanto el techo como el suelo del túnel son de concreto armado. En el piso se encuentran insertados los rieles para el transporte eficiente de los carritos.

El túnel se encuentra dividido en tres pasillos en los cuales se colocan los soportes con el material por secar. El pasillo central termina antes que los laterales.

les y en éste se encuentra colocado en su parte media un ventilador de tipo axial; en el fondo de éste se encuentran colocados unos desviadores (baffles) de flujo con el objeto de dirigir el aire caliente hacia los pasillos laterales. La salida del aire se encuentra en la parte delantera superior del túnel en cada una de las puertas laterales, las cuales fueron cerradas después de colocarse el producto por tratar.

En el pasillo central del túnel existe una puerta que comunica a uno de los pasillos laterales. Esta puerta está cerca del frente del túnel y tiene por objeto cargar con ajo el espacio libre entre el ventilador y el cambiador de calor; éste último se encuentra colocado precisamente al frente del pasillo central.

#### CALENTAMIENTO DEL AIRE.

El aire que se emplea para el secado del material puede ser calentado de varias formas:

(a).- por medio de un quemador de petróleo el cual calienta indirectamente el aire. Esta operación se logra por la acción de la flama sobre el tambor con tiro de gases, el aire circula por la parte exterior de éste. En la parte exterior del tambor están colocadas unas aletas que sirven para dirigir el aire.

(b).- por medio de un cambiador de calor vapor-aire.

Ambo sistemas, para su mayor eficiencia en el control exacto de la temperatura están provistos de un termómetro Registrador-Controlador-Taylor. Este sistema regula la temperatura accionando las válvulas de alimentación de combustible o de vapor según el tipo de calentamiento usado.

#### MOLIENDA Y SEPARACION DE LA CASCARA.

Una vez concluido el secado, se lleva el ajo a una tolva de almacenamiento por medio de los carritos, efectuándose la descarga manualmente. Al terminar esta operación, los carritos son devueltos al sitio donde se realiza la nueva carga.

De la tolva de almacenamiento, pasa a un tambor rotatorio provisto de paletas el cual tiende a separar parte de la cáscara que se encuentra ligeramente adherida a las cabezas de ajo; la alimentación se efectúa en uno de los extremos, por medio de un ducto que viene de la tolva, siendo ésta controlable, ya que el cilindro está inclinado. Por la parte baja sale el material. En la parte delantera se encuentra un ventilador que inyecta aire a contracorriente arrastrando así gran parte de la cascarrilla. Para coleccionar ésta existe una tolva en la parte superior del cilindro con la cual se dirige a un depósito de desperdicios. El material sale del cilindro y es llevado al molino de martillos, el cual se ha considerado el más eficiente para este tipo de molienda, ya que nuestro producto contiene pocos materiales grasos (0.55%) lo que permite una molienda eficiente y uniforme. Al ter-

minar esta operación el producto pasa a la última fase de su acondicionamiento, o sea la separación de los residuos de cascarrilla.

La separación de los residuos se efectúa en una mesa vibratoria de cernido: ésta consta de dos tamices con diferentes finuras. Por la parte superior se alimenta y en uno de los extremos cae la cáscara; los finos pasan a través del primer tamiz cayendo en el segundo obteniéndose el producto con dos tipos de finura.

El producto terminado se envasa en recipientes herméticos de hojalata para su preservación.

#### PRODUCCION DE HOJUELAS DE AJO

El sistema anteriormente descrito puede ser adaptado para la fabricación de hojuelas de ajo, ya que algunos guisados no permiten el uso de ajo en polvo. La diferencia del proceso arriba indicado estriba en que después de lavarse las cabezas de ajo se pasa a una rebanadora, la cual cuenta con cuchillas separadas una de otra para dar un grueso de 3 a 4 mm. a las hojuelas. De aquí en adelante la operación se efectúa como la del ajo en polvo; se pasa a las churelas, se seca y los residuos o sea la cáscara son separados en un ciclón, envasándose el producto terminado en latas con cierre hermético.

## CAPITULO III

### *Cálculos*

PARTE I  
OBSERVACIONES  
TABLAS

## TABLA # 1.

Esta tabla fué elaborada tomando como base -- los porcentajes de humedad del ajo tal como viene de los campos de cultivo. Para llevar a cabo esta determinación se le quitaron previamente a las muestras el tallo, las raíces y tierra adherida a las mismas.

## TABLA # 2.

Esta tabla fué hecha basándose en muestras de ajo después de efectuarse la operación de lavado.

## TABLA # 3.

Las temperaturas de "bulbo seco" (tbs) y "bulbo húmedo" (tbw) fueron tomadas por medio de un termómetro Taylor de Bulbo graduado en grados Fahrenheit. Las lecturas de humedad relativa por ciento ( $\%$  Hr), se efectuaron en una carta de humedad a las condiciones de la ciudad de México, así como la humedad en libras de agua por libra de -- aire seco (H).

El lugar en donde se hicieron dicha lecturas fué: la de la entrada directamente en el aire ambiente y la de la salida en el ducto de salida de aire del -- horno de secado.

## TABLA # 4.

Esta tabla fué construida, con muestras de -- ajo seco, del cual se separo la cascarilla determinándose por diferencia de peso el  $\%$  de la misma.



TABLA # 1.

## HUMEDAD DEL MATERIAL SIN LAVAR

Peso del Material húmedo. Kg.	Peso del Material seco. Kg.	Humedad %
1.029	0.425	58.5
1.008	0.415	57.8
1.016	0.419	58.7
1.012	0.423	58.2
1.015	0.423	58.3
1.021	0.419	57.8
1.008	0.411	59.3
1.002	0.417	58.5
1.011	0.426	57.8
1.017	0.430	57.7
1.019	0.430	58.9
1.022	0.401	59.7
1.012	0.429	57.6
1.022	0.412	59.8
1.014	0.421	58.3
1.027	0.453	55.8
1.020	0.426	58.0
1.013	0.426	57.8
1.008	0.426	57.6
1.011	0.426	58.0
PROMEDIO		58.2

TABLA # 2.

## HUMEDAD DEL MATERIAL DESPUES DE LAVADO.

Peso del Material húmedo y lavado. Kg.	Peso del Material seco Kg.	Humedad %
1.017	0.406	60.0
1.005	0.398	60.7
1.022	0.416	59.3
1.019	0.409	59.9
1.004	0.398	60.3
1.015	0.409	59.8
1.013	0.400	60.4
1.016	0.407	60.1
1.018	0.408	59.8
1.029	0.409	60.3
1.020	0.405	60.5
1.014	0.404	60.2
1.012	0.399	60.5
1.018	0.407	60.1
1.016	0.403	60.3
1.013	0.418	58.8
1.019	0.406	60.2
1.017	0.406	60.0
1.016	0.405	60.3
1.019	0.410	59.8
		<hr/>
	PROMEDIO	60.6

TABLA 4 D  
HUMEDADES DEL AIRE

Entrada			Salida		
$t_{La}$	$t_{bw}$	H	$t_{hg}$	$t_{bw}$	H
52	48	0.0090	86	73	0.01342
55	50	0.0085	87	72	0.01342
59	56	0.0115	89	70	0.01341
62	54	0.0090	92	74	0.01333
63	56	0.0105	86	73	0.01342
65	57	0.0110	88	72	0.01340
58	52	0.0095	90	71	0.01339
61	57	0.0115	92	73	0.01336
66	57	0.0105	91	71	0.01336
65	56	0.0105	87	71	0.01342
65	56	0.0105	93	75	0.01331
59	63	0.0090	92	74	0.01333
55	49	0.0080	87	72	0.01342
55	49	0.0080	88	71	0.01343
60	54	0.0110	86	71	0.01342
59	52	0.0090	89	70	0.01344
60	54	0.0095	88	72	0.01341
69	52	0.0085	88	73	0.01341
65	56	0.0100	90	74	0.01340
56	50	0.0085	91	74	0.01336
PROMEDIO		0.0095	PROMEDIO		0.01340

TABLA # 4

## CONTENIDO DE CÁSCARA DE AJO

Peso del material seco con cáscara Kg.	Peso del material seco sin cáscara Kg.	Contenido de cáscara %
0.425	0.341	19.7
0.415	0.349	16.2
0.419	0.342	18.4
0.423	0.329	22.1
0.423	0.343	19.5
0.429	0.353	17.6
0.411	0.333	18.9
0.417	0.328	21.2
0.406	0.327	23.2
0.430	0.358	21.3
	ENCUENDIO	19.8

PARTE 2  
CARACTERÍSTICAS  
DEL EQUIPO

a) .- VENTILADOR AXIAL.

Marca "HIVIA", de entrada sencilla para proporcionar 16775 kg. aire/hr. a una presión de 140 mm. y una temperatura de 51<sup>o</sup>C, funciona a 1450 rpm. con un motor de 7.5 hp de potencia, el motor es de tipo fanal con cuatro polos en frío del tipo AL 750.

b) .- LIXIA. MUEBA.

Marca "HANSOMER" para una capacidad de 1000 kg/hr, el motor tiene una potencia de 1 1/2 hp.

c) .- SEPARADOR ROTATORIO DE MUEBA.

Este consta de un ventilador marca "HIVIA" tipo AL 720 con un motor de 3 hp, el tambor es de 60 cm. de diámetro con aspas en espiral pegadas al mismo en la parte interna, éstas tienen 18 cm. de separación entre una y otra y su altura es de 18 cm. con espesor de 1.27. El tambor gira a una velocidad de 30 rpm. accionado por un motor eléctrico de 1 1/2 hp.

La longitud del tambor es de 3 mts. y su inclinación de (7<sup>o</sup>).

d) .- LAVADOR ROTATORIO.

El tambor tiene un diámetro de 80 cms., con aspas en espiral, éstas con una altura de 4 cms. Las perforaciones que tiene el tambor para permitir la salida de agua del lavado, son en forma longitudinal, de 2.5

cms. de largo y un  $1/4$  de cm. de ancho, las cuales terminan en la parte exterior del tambor en forma afilada, --- siendo en este punto, su anchura menor de  $1/4$  de cm. Las espreas se encuentran diseminadas en el eje del tambor de tal manera que esparcen el agua en todas direcciones. La longitud del tambor es de 3 mts. siendo la inclinación del mismo de 2.5 cms. por cada 30 cms. de longitud.

El tambor gira a una velocidad de 15 a 25 rpm ya --- que tiene dos engranes para variar su velocidad según se --- desee, se encuentra accionado por un motor de 3 hp y hace girar el tambor por medio de una transmisión de cadena.

e) .- MOLINO DE MARTILLOS.

Su capacidad es de 500 kga/hr, con alimentador graduable. De la marca "WISTIREN" se encuentra accionado por medio de un motor de 10 hp.

f) .- CERNEDOR VIBRATORIO.

Para una capacidad de 500 --- kga/hr, de la marca KANDNAGIL, se encuentra dotado de 2 mallas No. 80 y No. 100. Por la parte superior lateral se efectúa la separación de cascarrilla. Los finos caen a dos pequeñas tolvas de almacenamiento donde son recogidos y --- llevados a una tolva de almacenamiento. El cernidor trabaja por medio de un motor eléctrico de 3 hp.

1).- BANDA SIN SIM.

Tiene un ancho de 60 cm y la longitud es de 8 mts. Se usa para este caso la llamada banda tipo sanitaria la cual no inparte olores ni sabores al material tratado; esta' forrada de hule y construída de 4 capas de iona- con un peso de 2 Kg por m<sup>2</sup>.

El sistema de rodillos los cuales imparten movimiento a la banda son accionados por medio de un motor de 3 hp.

2).- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.

Con una entrada de 15,000 Volts y - salida de 220, para un consumo máximo de energia de 25hp. El transformador es de la marca " ASEA".

3).- CAMBIADOR DE CALOR.

Este sera de un paso, construido con tubos de 2.5cm (1") de diametro y calibre 18 BWG. Tanto el numero de tubos , como el largo de los mismos se calculara posteriormente.

PARTE 3  
CALCULOS.

HUMEDAD DEL MATERIAL.

Para calcular la humedad del material fueron hechas varias determinaciones con el objeto de conocer la cantidad promedio de humedad en el material por secar, habiéndose encontrado que la humedad promedio es de: 60.05%. En esta humedad está incluida la — llamada agua mecánica y la humedad propia del material — por tratar.

La determinación de humedad fué hecha en un horno con corriente de aire, habiéndose calentado el horno por medio de corriente eléctrica. Se trató dentro de lo posible ajustarse a las condiciones de seca do que prevalecerán en el tunel. En esta determinación — se tomó en cuenta el diámetro promedio del material sien do éste de 5.5 cms.

Las muestras usadas para efectuar estas determinaciones se consideraron representativas — de la producción Nacional.



### CALCULO DE LA SUPERFICIE DE SECADO.

En este tunel de secado la alimentación se basará en 2500 kg. de material húmedo por día.

El número aproximado de cabezas de ajo en un kilogramo del mismo material es de 20, habiéndose considerado éste como promedio.

#### RESERVA NECESARIA PARA COLOCAR 1 KG. DE MATERIAL:

Se tomó en cuenta que el diámetro promedio es de 5.0 cms., pero dado que las cabezas se abren en la sembradora se considerará que ocupa cada cabeza un espacio de 10 cms. De esa manera se tiene que:

$$\text{Sup. x 4 de cabezas} = \text{Sup. para 1 Kg.}$$

$$0.0019 \times 10 = 0.0098 \text{ m}^2$$

Superficie necesaria para colocar 2,500 Kg.:

$$0.0098 \times 2,500 = 24.5 \text{ m}^2$$

Se tomarán como base 250 m<sup>2</sup> para la super-

ficie total de secado.

Dimensiones de las bandejas de secado:

$$1.0 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} = 1.00 \text{ m}^2$$

Número de bandejas necesarias:

Superficie total necesaria

Superficie de 1 bandeja.

$$250 \div 1.00 = 250 \text{ bandejas}$$

Para determinar el número de soportes se tomó en

cuenta el material, el espacio libre que debe

haber entre las bandejas y el ancho del mate-

rial que se va a secar en las bandejas.

La altura entre bandeja y bandeja se ha considerado efectiva para el secado de 11 cms., tomando en cuenta que el grueso del material empleado para su fabricación es de 3 cms.

Número de bandejas por soporte: 14

Altura necesaria para colocar 14 charolas;

$$14 \times 11 = 1.54 \text{ mts.}$$

Altura de las ruedas y material empleado para los soportes: 15 cms.

Altura total de los soportes y charolas:

$$1.54 + 15 = 1.69 \text{ mts.}$$

Para facilitar la carga y descarga del túnel la altura de éste será de 1.90 mt.

Número de Soportes o carritos:

<u>de bandejas total</u>	-	<u>140</u>	-	10
de bandejas p/soporte	14	-		

REQUISITOS DEL TUNEL

Los carriles interiores del túnel serán los siguientes:

Altura: 1.90 Mt.

Longitud: 1.50 Mt.

Anchura: 1.50 mt. por cada pasillo.

Ancho total interior: 4.50 mt. (sin considerar los carriles divergentes)

Los carriles se encuentran colocados 4 en cada uno de los pasillos laterales y 2 en el pasillo central.

## CALCULOS

## PARTE 4

DADOS:

a) .- Hilos de material húmedo alimentado

$w = 0,100$  Kg. sda.

b) .- Humedad del agua.

De la tabla número 2 tenemos que:

Humedad de entrada. (  $H_{1s}$  ) 60.00%

Humedad de salida. (  $H_{2s}$  ) 8.00%

c) .- Humedad del aire.

De la tabla # 3 tenemos que :

Humedad de entrada. (  $H_{1a}$  ) = 0.0095 Kg.  $H_2O$ /kg. aire seco

Humedad de salida. (  $H_{2a}$  ) = 0.01340 " " "

d) .- Temperatura:

Aire ambiente: (  $t_a$  ) = 15° C. = 60° F. (Tabla # 3 )

Aire entrada: (  $t_1$  ) = 60° C. = 140° F.

(Se ha fijado esta temperatura de entrada al secador como la conveniente ya que una superior tiende a regenerar el producto, perdiendo normas de calidad.

e) .- Velocidad de aire:

para este tipo de secador se ha considerado en 100 m/min. (según tablas ).

## CALCULO APROXIMADO DEL TIEMPO DE SECADO:

Utilizaremos la siguiente fórmula :

$$Q_t = Q_c + Q_n =$$

$$= \frac{(W_0 - W_c) r \cdot V_{ss}}{N_t (t_n - t_a)} + \frac{r_0 \cdot l_f (W_0 - W_e)}{N_t (t_n - t_n)} \cdot L_n \frac{W_0 - W_e}{W - W_e}$$

$$= N_t \frac{W_0 - W_c}{W_c - W_e} + L_n \frac{W_0 - W_e}{W - W_e} \quad (1)$$

de donde N:

$$N = \frac{r_0 \cdot l_f (W_c - W_e)}{N_t (t_n - t_a)} = 1 \quad (2)$$

$Q_t$  = Tiempo total de secado (hr)

$Q_c$  = Tiempo de secado interno (hr)

$Q_n$  = tiempo de secado decreciente (hr)

$W_0$  = Contenido medio inicial de humedad: 1.7

Kg./Kg. de sólido seco.

$W_c$  = Contenido medio de humedad en equilibrio: 0

Kg./Kg. de sólido seco.

$W$  = Contenido de humedad en el tiempo ( $Q_t$ ): 0.6685

Kg./Kg de sólido seco.

$W_e$  = Contenido medio crítico de humedad: 0.4

Kg./Kg de sólido seco.

$N_t$  = Coeficiente total de transmisión de calor

Kg. cal/hr ( $M^2$ )<sup>o</sup> C. ) ( cálculos posteriores)

$t_a$  = Temperatura del aire °C: 60°C.

$t_n$  = Temperatura de la superficie del material hú

mado en el periodo de intensidad constante:

30° C.

$L$  = Altura del material en las bandejas (mts): 0.025 m

$P$  = Calor latente de evaporación a la temperatura ( $t_a$ )  
(Kg.Cal/Kg.) : 579

$P_a$  = Densidad del sólido seco: 1310  
Kg/metro<sup>3</sup>.

Para calcular ( $H_t$ ) usaremos la siguiente fórmula:

$$H_t = \left( 1 + \frac{A_u}{(1 + LK/P)} \right)$$

$A_u$  = Relación de la superficie exterior no mojada a la mojada: 1

$L$  = Altura del material en bandejas

$K$  = Conductividad calorífica del material: 0.8  
Húmedo. K.Cal./Hr.) (m<sup>2</sup>)°C

$H_c$  = Coeficiente de transmisión de calor por convección.  
K.Cal./Hr.) (m<sup>2</sup>)°C. (Cálculos posteriores)

Para el cálculo de  $H_c$  se usa la siguiente fórmula:

$$H_c = 0.0176 G^{0.8}$$

$G$  = Mas velocidad del aire seco.  
Kg/hr.) (m<sup>2</sup>).

$$G = 160 \text{ m}^3/\text{min.} = 11,490 \text{ Kg}/\text{Hr} (\text{m}^2)$$

Substituyendo:

$$H_c = 0.0176 (11,490)^{0.8} = 31.15$$

$$H_c = 31.15 \text{ K.Cal.}/\text{Hr} (\text{m}^2)^\circ\text{C}$$

Por lo tanto tenemos que:

$$H_t = 31.15 \left( 1 + \frac{1}{\left( 1 + \frac{0.025 \times 31.15}{0.8} \right)} \right) = 46.9$$

$$H_t = 46.9 \text{ Kg.Cal}/\text{hr}(\text{m}^2)$$

Substituyendo valores para el cálculo del tiempo total

CÁLCULO de (B) ecu (2)

$$B = \frac{(1310) (0.025) (579) (0.4)}{46.9 (50-30)} = 5.39$$

$$B = 5.39$$

Con el valor obtenido de (B) substituímos ecu (1)

$$\begin{aligned} O_t &= 5.39 \left( \frac{1.7-0.4}{0.4} \right) + L_n \frac{W_o - W_e}{W - W_e} \\ &= 5.39 \left( \frac{1.7-0.4}{0.4} \right) + L_n \frac{0.4}{0.0885} \\ &= (3.25 + 1.52) 5.39 = 25.75 \end{aligned}$$

$$O_t = 25.75 \text{ horas}$$

CÁLCULO de la cantidad de agua evaporada por hora.

Se van a secar 2,500 Kg. de material con una humedad inicial de 60.6% y final de 3%

$$W = 2,500 \quad W_1 = 2,500 + (0.024 \times 2,500) = 2,560$$

$W_1$ : Material más agua de lavado.

$$\frac{2,500 \times 60.6}{100} = 1,390 \text{ Kg/H}_2\text{O.}$$

Se evaporarán en el proceso 1,390 Kgs. de agua por carga considerando el tiempo total de secado  $O_t$  se tiene que:

$$O_t = 25.75 \text{ hr.}$$

$$\text{Por lo tanto: } W_h = \frac{1,390}{25.75} = 53.9 \text{ Kg. H}_2\text{O/hr}$$

CÁLCULO de la cantidad de aire necesario:

Vamos a calcularlo a partir de la humedad de entrada y salida del aire ( $H_{1a}$  y  $H_{2a}$ )

Usamos la siguiente fórmula:

$$A_t = \frac{W}{H_{2a} - H_{1a}}$$

$A_t$  = Cantidad de aire (Kg/Hr)

$\bar{W}_H$  = Cantidad de agua evaporada por hora

$$A_t = \frac{53.9}{(0.01342 - 0.0095)} = 13,750$$

$$A_t = 13,750 \text{ Kg. aire/hr.} = 11,508 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Se da el 20% más como margen:

$$13,750 + 0.20(13,750) = 16,500 \text{ Kg. aire/hr.}$$

$$= 14,253 \text{ lb aire/hr.}$$

$$= 13,506 \text{ m}^3 \text{ hr.}$$

### CALCULO del cambiador de calor.

Dada la temperatura de  $15.4^{\circ}\text{C}$  del aire y la necesidad de calentarlo a la temperatura de  $60.0^{\circ}\text{C}$ , usaremos en nuestro estudio un cambiador de calor del tipo "Vapor-Aire"; esta consideración se ha hecho dada que este tipo de planta, en la mayoría de los casos, es complementaria de una fábrica enlatadora de productos alimenticios, en las cuales se dispone de vapor suficiente para otros usos.

DADOS.

Temperatura ambiente ( $t_a$ ) =  $60^{\circ}\text{F}$  =  $15.5^{\circ}\text{C}$

Temperatura de entrada de aire al secador es la misma de salida del cambiador de calor

$$t_1 = 140^{\circ}\text{F} = 60^{\circ}\text{C}$$

Volumen de Aire =  $10000 \text{ m}^3/\text{hr}$  =  $36000 \text{ lb aire/hr}$

Presión del vapor =  $6 \text{ kg/cm}^2$  =  $85.16 \text{ lb/in}^2$

Temperatura del vapor ( $t_v$ ) =  $310^{\circ}\text{F}$

Calor específico del aire =  $0.24 \text{ BTU/lb}^{\circ}\text{F}$

Calor latente de condensación del vapor =  $886 \text{ BTU/lb}$

El cambiador de calor será de un paso con tubos

de una palanca de diámetro calibre 18 NPS

CALCULO de la cantidad de calor necesario.

Usaremos la siguiente fórmula:

$$Q = W C_p (t_1 - t_2)$$



= 36033 x 0.24 ( 140 - 10 )  
 = 36033 x 0.24 ( 80 ) = 691840 BTU/ hrs  
 Q = 174100 cal/nrs.

CALCULO de la cantidad de vapor necesaria :

$$S = \frac{Q}{I} \quad I = \text{Calor latente}$$

$$= \frac{691840}{240}$$

$$= 2883 \text{ lb/ hr} = 131 \text{ Kgs/ hr}$$

CALCULO del No. de tubos:

$Q = VA$                        $Q = \text{Flujo en tubos}$   
 $A = \text{Sección de los tubos}$   
 $V = \text{Velocidad}$

$$\frac{40 \times 1^2 \times 0.785}{144} = 2.06021^3 / \text{seg} = 0.0573 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

FLUJO TOTAL:

$VI = 13 \ 808$

$$Q = \frac{13 \ 808}{3500} = \frac{13 \ 808}{3500} = 3.85 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

NUMERO DE TUBOS

$$\frac{3.85}{0.0573} = 67 \text{ tubos}$$

CALCULO de los coeficientes de película :

$Q = AU ( t_H )$

$$\frac{1}{u_1} = \frac{1}{h_1} + \frac{x}{k} + \frac{B_1}{D_2 h_2}$$

Aire :

$$h_1 = h_0 \times F_t \times F_d$$

$$h_1 = 3.8 \times 0.96 \times 1 = 3.7$$

A = Área de transmisión

 $t_m$  = Temp media aire $D_i$  = Diámetro interior tubos. $D_e$  = Diámetro exterior tubos. $h_0$  = Coeficiente de Pe-  
cula. $F_t$  = Factor de corrección.  
por temp. $F_d$  = Factor de corrección  
por diámetro. $F_n$  = Factor de corrección  
por No. de tubos.

No es posible calcular ( $h_0$ ) para el vapor ya que no cono-  
cemos el área de transmisión de calor, dado que se va a --  
calcular.

Por Aproximación :

$$t_m \text{ aire} = \frac{140 - 60}{2.3 \log 140/60} = 95^\circ \text{ F} = 34.6 \text{ } t_p$$

 $t_p$  = Temp de la película

El vapor tiene una temp de  $316.3^\circ \text{ F}$ , se supone una temp de  
pared ( $t_w$ ) de  $315^\circ \text{ F}$ .

CALCULO del área de transmisión

$$Q = A_1 h_1 (t_w - t_p)$$

$$692000 = A_1 \cdot 0.37 \cdot (115 - 95)$$

$$A_1 = 10116.39 \text{ m}^2$$

$$A_2 = A_1 \frac{D_2}{D_1}$$

$$A_2 = 10116.39 \frac{100}{1.777} = 570112 = 45.4 \text{ m}^2$$

W: El rango de condensación del vapor, se usa para calcular  $D_2$  por medio de una gráfica.

$$W = \frac{t_c}{A_t} = \frac{377.1}{145} = 2.60$$

$$D_2 = D_0 \cdot W_1 \cdot W_2 \cdot W_3$$

$$D_2 = 1000$$

Los valores de  $D_0$ ,  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ , se obtuvieron en tablas.

Se comprueba si la  $t_w$  es la correcta:

$$Q = A_2 \cdot h_c \cdot (T_{\text{vapor}} - T_w)$$

$$692000 = 190 \times 1000 \cdot (115.35 - t_w)$$

$$t_w = 115.15^\circ\text{C}$$

Para los cálculos se supuso una temperatura de  $115^\circ\text{C}$

y todo el valor obtenido de  $t_w$  está más correcta.

Se calcula de la longitud del conducto:

$$A_4 = t^2 \cdot 0.785 \cdot W_4 \cdot W$$

$$490 = 0.2416 \times 1 \times 1 \times 60 \times 1$$

$$1 = 2.03 \text{ m} = 838.2 \text{ mm.}$$

$$\text{Aproximación} = 838.2 \text{ mm.}$$

Desde las cálculas anteriores, para elevar la temperatura del aire de  $15.6^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$  por medio de un combiador de calor, a un valor de  $6 \text{ kg}^{\circ}\text{m}^2$ , se necesitará un área de  $838.2 \text{ mm}$  de largo, con  $10 \text{ metros}$  de  $1'$  de diámetro y presión  $13 \text{ a } 15 \text{ kg}$ .

CAPITULO IV  
*Estudio Económico*

Para nuestro estudio económico tomaremos las siguientes bases:

a).- La planta operará por un espacio de seis meses al año, esta situación se debe a que el cultivo de ajo y su venta tienen un ciclo máximo de seis meses, -- después del cual el precio se eleva considerablemente -- dada su escasez en el mercado.

b).- Los precios del ajo sufren fluctuaciones en -- mercado nacional por lo cual la planta comprará el ajo necesario para seis meses de operación, en la mayoría de los casos se hacen adelantos a los agricultores como garantía para obtener mejores precios en la época de co secha.

c).- Esta planta será complementaria de una de artículos alimenticios no teniendo por lo tanto gastos de administración, únicamente un contador administrador el cual estará bajo las órdenes de la gerencia.

## A ) ESTIMACION DEL CAPITAL DE INVERSION:

- Base 1) Producto.  
2) Capacidad.

I.- CAPITAL FIJO

## a) Terrenos:

Las necesidades de la Planta son de  
3,000 m<sup>2</sup>, con un valor de \$5.00 el -  
m<sup>2</sup>, considerándose éstos fuera de -  
la ciudad.....\$ 15,000.00

## b) Edificios:

La superficie construida constará-  
de 550 m<sup>2</sup>, los cuales se han calculado en un valor de \$ 300.00 m<sup>2</sup>..... 165,000.00

## c) Maquinaria:

- 1) Ventilador Axial AL750 marca ---  
"EVISA", con motor de 7.5 HP..... 7,590.00
- 2) Desgranadora marca "RAMSOMES" --  
con un motor de 1 1/2 HP..... 5,750.00
- 3) Separador Rotatorio de Cáscara -  
con ventilador, y acondicionado con  
dos motores eléctricos de 1 1/2 HP.  
y 2 HP..... 14,280.00
- 4) Lavador Rotatorio con motor de  
3 HP..... 13,200.00
- 5) Molino de Martillos con motor de  
10 HP., marca "WISTIREN"..... 9,450.00
- 6).- Cernedor Vibratorio marca "KAN  
DNAGIL, con motor de 3 HP..... 12,300.00
- 7) Sistema de Carros. Está constituido  
de 140 bandejas de madera de 1.50xl.20  
mts. y 10 carros transportadores de --  
hierro..... 15,000.00

10) Cuatro tolvas con capacidad de agua congelada cada una, 3 con valvulas de 1 m <sup>3</sup> y una de 1 m <sup>3</sup> de lámina de hierro de 1.1 mm de 1/8").	\$ 6,800.00
11) Balanza Pesadora marca "BEEMEL" de la capacidad de 50 Kg.	1,200.00
12) Bomba Sinfín (tipo sanitaria) de 1/2" x 3/4" con sistema de rodillos y base.	14,800.00
13) Cambiador de Calor.	3,200.00
14) Sistema de Control Taylor.	3,100.00
15) Transformador de corriente marca "ASEA".	10,000.00

COSTO DE INSTALACION .

Mano de Obra.....	25,000.00
Supervisión.....	10,000.00
d).- Imprevistos.....	20,000.00
<b>TOTAL.....</b>	<b>\$ 53,670.00</b>



II.- CAPITAL DEL TRABAJO

## a) Materia Prima:

Se cuenta con un almacenaje de  
 (372.5) toneladas, con un va --  
 lor de 3800.00 tonelada.....\$ 298,000.00

## b) Materia Prima en Proceso:

Este es de 2,500 Kgms..... 2,000.00

## c) Producto Terminado:

(P/1 mes) 22,750 Kgms. con un -  
 valor de \$ 4.13 Kgms..... 93,957.50

## d) Efectivo:

(1 mes de salarios y servicios)..... 15,300.00

T O T A L .....\$ 409,257.50

I + II = CAPITAL TOTAL DE INVERSION .....\$ 762,927.50

NOTA: Es necesario comprar la producción de ajo -  
 en la época de cosecha para garantizar un -  
 precio razonable; que se ha indicado en ---  
 \$ 800.00 tonelada.

B) ESTIMACION DE COSTOSI.- COSTOS DIRECTOS.

## A) Materias Primas

Para 6 meses de Operación 450 Ton..... \$ 350,000.00

## b) Mano de Obra:

La Planta cuenta con catorce operadores los cuales reciben un sueldo de \$ 450.00 al mes, (seis meses y medio)..... 40,950.00

c) Combustible y Electricidad..... 28,700.00

d) Mantenimiento: ( 12 MESES )..... 36,000.00

TOTAL..... \$ 465,650.00

II.- COSTOS INDIRECTOS.

## a) Supervisión: ( Para doce meses )

Una persona con un sueldo anual de..... 60,000.00

## b) Administración:

Un Ayudante o Contador: (para - doce meses)..... 18,000.00

## AMORTIZACION DE MAQUINARIA

EN UN AÑO ( 10% )..... 18,567.00

I + II = - COSTO TOTAL DE PRODUCCION = ..... \$ 562,137.00

COSTO TOTAL DE PRODUCCION = Costo por Unidad  
Capacidad

562,137.00 = 3 4.15 pesos / Kg de harina de ajo  
135,000

## C.- Estimación de Ingresos.-

Precio de Venta: 37.00 Kg.

Capacidad: 135,000 Kg/Año.

I) Ventas Netas.....	\$ 945,000.00
II) Costo Producción.....	562,137.00
III) Utilidad Bruta.....	<u>382,683.00</u>
IV) Gastos de Venta.....	

Se envasa en botes de lámina  
de 35 Kgs. con un precio c/u  
de ( \$ 6.00 ) se usarán ---

5500 botes.....\$ 33,600.00

Impuestos 3% Ingresos Mer-

cantiles..... 28,290.00

TOTAL: 61,890.00

Lado que en este tipo de --  
planta se considera nueva -  
industria, está exenta de  
impuestos por diez años...

III = IV + V = Utilidad Neta... \$ 320,893.00

= 382,683 = 61,890 =

VI = % rentabilidad =  $\frac{\text{utilidad} \times 100}{\text{Inversión Total}}$ =  $\frac{\$ 320,893.00 \times 100}{\$ 762,227.50} = 42.07 \%$ 

RENTABILIDAD.

*CAPITULO V*  
*Conclusiones*

CONCLUSIONES.

- 1) Para llevar a cabo la construcción de una planta secadora de ajo, con una capacidad de 135 toneladas anuales, hace falta una inversión total de \$ 752,927.50.
- 2) Este tipo de planta puede ser adicional a una de productos alimenticios enlatados.
- 3) Por lo visto en el estudio económico, la recuperación de la inversión se lleva a cabo en un espacio corto de tiempo.

CAPITULO VI

*Bibliografia.*

## BIBLIOGRAFIA.

Pierce E. David.

Chemical engineering for production supervision

McGraw Hill Book Co 1950 New York

Walker H William

Principles of Chemical Engineering

McGraw Hill Book Co New York 1937

Strock Clifford

Engineering Data Book

The Industrial Press New York 1948

John H Perry

Chemical Engineers Handbook

McGraw Hill Book Co New York 1937

Handbook of Chemistry and Physics

Chemical Rubber Publishing Co

37th Edition 1956.

Stoeber Herman Julius

Transmisión de calor y sus aplicaciones

Enciclopedia Universal Ilustrada