

## Fundamentos de la Deshidratación de Frutas.

### Características de un desecador de aire caliente, tipo tubular con circulación metódica

---

Ing. Agr. PEDRO MENENDEZ LEES

Ing. ABEL FERNANDEZ

---

En un trabajo anterior hemos hecho referencia, y demostrado, las ventajas que ofrece la industria de la desecación de frutas en el Uruguay, que constituye una solución ventajosa, entre otras, de la fruticultura de las zonas alejadas de los puertos de embarque o de los centros de consumo. (1)

El 1er. Congreso Nacional de Horticultura y Fruticultura del Uruguay, realizado en Abril de 1933, aprobó las conclusiones del referido trabajo, que son las siguientes:

1.º Los Poderes Públicos deben facilitar la formación de montes frutales de variedades adaptables a la desecación.

2.º Deben concederse créditos especiales para la instalación de montes frutales, amortizables en cuatro años, en tres cuotas de 20 % y la final de 40 %.

3.º Para estimular estas plantaciones, deben exonerarse de toda contribución e impuesto durante diez años.

4.º Los viveros Oficiales deben distribuir a precios de costo, plantas selectas de las variedades recomendadas y con garantía de identidad.

Hemos podido constatar con satisfacción el interés creciente en el país por la desecación de frutas y son numerosas las consultas que con frecuencia recibimos sobre métodos y procedi-

mientos de industrialización, lo que nos ha inducido a publicar el presente trabajo, a fin de divulgar los fundamentos técnicos de la deshidratación y las normas generales que presiden la construcción de un deshidratador.

Dadas las modalidades del clima nacional no es posible realizar totalmente el desecado al aire ambiente, como se ha venido efectuando hasta hace algunos años casi exclusivamente en algunas regiones productoras del mundo, especialmente en California, donde las precipitaciones son nulas o escasas durante la época de maduración de la fruta. No obstante, en California se ha dado un impulso extraordinario a la desecación artificial, en virtud de los serios perjuicios que aún ocasionaban las escasas presentaciones desfavorable del clima para la desecación de la enorme masa de fruta que se produce anualmente en dicha zona.

Los datos meteorológicos que subsiguen caracterizan las condiciones que ofrece el clima del Uruguay, durante los meses de Enero a Abril, que abarcan el período de madurez para la mayoría de las frutas aptas para el desecado, datos que ponen en evidencia concluyentemente que nuestras condiciones son en general desfavorables para el desecado natural integral. (2)

## TEMPERATURA A LA INTEMPERIE

Período 1901-21 (Observatorio del Prado)

Meses	Máxima	Mínima	Excursión
Enero .....	48°0	4°	44°0
Febrero ...	47°8	3°6	44°2
Marzo .....	46°7	2°4	44°3
Abril .....	40°2	0°9	39°3

## HUMEDAD RELATIVA

Período 1901-20 (Observatorio del Prado)

Meses	%
Enero .....	68,5
Febrero .....	70,9
Marzo .....	73,5
Abril .....	77,0

### VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO

Período 1901 - 15 (Observatorio del Prado)

Meses	mts./seg.
Enero .....	3,5
Febrero ....	3,7
Marzo .....	3,2
Abril .....	3,5

### HORAS DE SOL EFECTIVAS (1)

Año 1932, 1933 y 1934 (Est. Experimental del Riego)

Meses	Posibles			Habidas			Diferencia		
	1932 - 33	33 - 34	34	1932 - 33	33 - 34	34	1932 - 33	33 - 34	34
Enero .....	437	438	438	349	220	286	88	218	152
Febrero ...	386	372	372	257	228	246	129	144	126
Marzo ....	379	379	379	262	208	173	117	171	206
Abril .....	332	334	334	122	219	169	210	115	165

### EVAPORACION (PICHE) A LA SOMBRA

Período 1901 - 20 (Observatorio del Prado)

Meses	Milímetros
Enero .....	151,8
Febrero ...	126,9
Marzo ....	112,7
Abril .....	87,8

### TOTALES MEDIOS MENSUALES DE LLUVIA

Período 1901 - 20 (Observatorio del Prado)

Meses	Milímetros	Días con Lluvia
Enero .....	70,8	6,6
Febrero ....	71,7	6,4
Marzo .....	81,5	6,4
Abril .....	117,9	7,9

(1) Observaciones con un heliofanografo CAMPBELL, de 0,10 centímetros.

De acuerdo con los datos meteorológicos que anteceden, no es posible confiar en nuestro clima para efectuar integralmente la desecación de la fruta, sobre todo en escala de alguna consideración. A lo sumo se podrá desecar al ambiente cuando las condiciones son favorables, pero deberá contarse también con el recurso de secadores que permitan completar artificialmente el proceso, en los casos en que sea necesario.

---

Según J. S. CALDWELL no son sensibles las diferencias de calidad entre la fruta secada al sol (dried fruit) y la fruta bien desecada artificialmente (evaporated, dehydrated or desiccated fruit) y es posible desecar mediante ambos métodos cualquier fruta, de modo que lo que determina la adopción de uno u otro método de desecación, son las condiciones climáticas que prevalecen durante el período en que debe desarrollarse la desecación. (3)

CRUESS y CHRISTIE refieren que todas las frutas, con excepción de las manzanas, se pueden secar al sol en California. Hace alrededor de unos 40 años, en los comienzos de la industria del desecado en California, la mayor parte de la fruta se desecaba artificialmente. Pero la mejora paulatina en el proceso del desecado al sol, puso pronto en el mercado productos de calidad superior a los deshidratados, lo que motivó la supremacía de la desecación natural, a tal punto que las ciruelas y uvas desecadas al sol llegaron a desplazar por completo la fruta evaporada artificialmente.

Pero ya hace unos 20 años que los sistemas de desecación artificial han mejorado notablemente, y se admite actualmente que la fruta correctamente deshidratada puede ser de calidad igual y aún llegar a ser superior que la desecada al sol, y que la deshidratación posee las siguientes ventajas sobre el desecado natural:

- 1.º La fruta deshidratada (artificial) una vez cocida da un producto que más se asemeja a la fruta fresca en cuanto al color y sabor.
- 2.º La fruta deshidratada se obtiene en mejores condiciones de higiene.
- 3.º La deshidratación permite un mejor control de la calidad y del rendimiento.

4.º Se requiere un espacio más reducido para el desecado y menor número de bandejas.

5.º La deshidratación permite combinar la desecación y el envasado, en una misma planta.

La gran utilidad de los desecadores artificiales se ha puesto en evidencia en ocasión de lluvias intempestivas durante el proceso de la desecación al sol, habiendo permitido evitar pérdidas y perjuicios de gran consideración.

También se ha demostrado en forma concluyente la utilidad de los desecadores, aún en las zonas aptas para la desecación al sol, en virtud de que casi siempre, aún en años normales, puede haber insuficiencia de insolación, lo que afecta sensiblemente la calidad del producto. (4)

---

Técnicamente, en la deshidratación de frutas se trata de separar un líquido, agua, de una sustancia sólida. Esta separación debe efectuarse transformando el líquido en vapor. Si fuera posible calentar la fruta a una temperatura algo superior a 100º C, el desecado se efectuaría con gran rapidez y cualquiera que fuera el estado higrométrico del aire, porque a presión atmosférica el líquido no puede subsistir en ese estado apenas se sobrepasen los 100º C. Pero ello no es posible por que el producto resultante entonces no tendría, como alimento, las condiciones requeridas.

Para el desecado de frutas, además de ciertos tratamientos particulares para cada especie, es necesario aplicar siempre temperaturas inferiores a 100º.

La aplicación del aire caliente al desecado de frutas, o sustancias análogas, utiliza dos aspectos favorables:

1.º Calentamiento del líquido que acompaña higroscópicamente la fruta o sustancia, con lo cual la presión o tensión de los vapores que emanan del líquido, aumenta.

2.º Pérdida de la humedad relativa del aire, lo que origina una disminución de la tensión del vapor contenido en el mismo, pronunciándose así la diferencia de tensiones entre el vapor a la temperatura del líquido en la sustancia, y el vapor del aire.

El calor utilizado en un desecado de esta especie se invierte casi totalmente en vaporizar el líquido (**calor latente de vaporización**). Se utiliza en cambio muy poco calor en el calentamiento de la sustancia (**calor sensible**).

Un ejemplo de lo contrario, es decir, de intervención preponderante del calor sensible, se tendrá en la refrigeración de esmaltes vítreos, por medio de túneles de circulación de aire fresco, y un ejemplo en que intervienen sensiblemente ambos calores, es en el caso de acondicionamiento del aire para el confort, donde hay que extraer el calor sensible que emana de las personas y el calor latente de vaporización de la transpiración de las mismas.

El estudio de un desecador de frutas, o de sustancias análogas, a las cuales hay que extraer total o parcialmente el agua que las acompaña está basado en principios de termodinámica del vapor de agua y de la mezcla aire-vapor de agua.

Trataremos de dar aquí, por medio de un ejemplo particular, una idea somera de estos principios aplicados.

Supongamos aire totalmente seco, es decir, que no contenga ningún vapor de agua, a presión atmosférica (760 mm. columna de mercurio) y temperatura 20° C. Supongamos, también, que la sustancia a desecar, conteniendo el agua a extraer, esté en este ambiente a la misma temperatura de 20° C.

Sabido es que para una mezcla de un gas y un vapor, la presión acompaña, está basado en principios de termodinámica del vapor dentro del mismo volumen.

En el caso anterior, tendremos entonces:

Presión del vapor en el aire ...	0 m m C. M.
Presión del aire .....	760 " " " "
	-----
Presión de la mezcla .....	760 m m C. M.

La presión del vapor que corresponde a la temperatura del líquido (20° C.) es 17,4 m m C. M. (columna de mercurio). La diferencia entre esta presión, y la del vapor del aire, en las condiciones que consideramos (totalmente seco), es de:

$$17,4 - 0 = 17,4 \text{ m m C. M.}$$

Esta diferencia provoca una vaporización del líquido que acompaña la fruta o sustancia (deseccación) rápida al principio y más lenta después, a medida que se va humedeciendo el aire.

La vaporización cesará cuando el vapor del aire adquiere una tensión igual a la que corresponde a la tensión en el líquido.

En el caso que consideramos, cuando el vapor en el aire adquiere una presión de 17,4 m m C. M., tendremos:

Presión del vapor en el aire .....	17,4 m m C. M.
Presión del aire .....	742,6 " " " "
	<hr/>
Presión ambiente (de la mezcla) ..	760,0 m m C. M.

El aire se encontrará entonces saturado y la vaporización del agua de la sustancia cesará totalmente, es decir, que no habrá entonces desecación.

Por otra parte, la vaporización en las proximidades del equilibrio de presiones (cuando el aire está muy húmedo) es muy lenta, y es dificultada por los agentes atmosféricos, resultando entonces que prácticamente no es posible el desecado, sino cuando el aire contiene muy poca humedad.

Cuando el aire está totalmente seco su humedad relativa es 0 %; y cuando está totalmente saturado, su humedad relativa es 100 %.

A la temperatura y presión que estamos considerando (20° C. y 760 m m C. M.) 1 m<sup>3</sup> de aire saturado contiene 0,171 kg. de vapor.

Si conservando la presión atmosférica constante, aumentamos la temperatura del aire, el peso de vapor que contiene 1 m<sup>3</sup> de aire saturado, aumenta; y si la disminuimos (la temperatura), disminuye el peso de vapor en el aire saturado.

Las tensiones del vapor correspondiente al aire saturado varían también, aumentando o disminuyendo, cuando la temperatura aumenta o disminuye, respectivamente.

Damos a título de ejemplo ilustrativo los siguientes valores relativos a 1 m<sup>3</sup> de aire a 760 m m C. M. para el caso de saturación.

Temperaturas °C.	Contenido de vapor Kg.	Presión del vapor m m C. M.
0	0,0049	4,6
20	0,0171	17,4
50	0,0823	92,0
100	0,5884	760,0

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, podemos deducir ahora algunos principios que tienen aplicación al estudio de los secadores por medio del aire caliente:

1.º El contacto de aire no saturado, con agua, o con una sustancia que la contenga higroscópicamente, provoca una vaporización de esta agua.

2.º Esta vaporización es tanto más intensa, cuanto mayor sea la diferencia entre las tensiones del vapor a la temperatura del líquido y del vapor en el aire.

3.º Para una determinada temperatura, las diferencias de tensión aumentan cuando las humedades relativas disminuyen.

4.º Las tensiones del vapor en el líquido crecen rápidamente con la temperatura, de manera que las diferencias de tensiones entre el vapor que corresponde a la temperatura del líquido y el vapor del aire, son más pronunciadas para altas que para bajas temperaturas, en igualdad de condiciones de humedad relativa.

5.º Las tensiones del vapor contenido en el aire varían en relación directa de los pesos del vapor en el mismo.

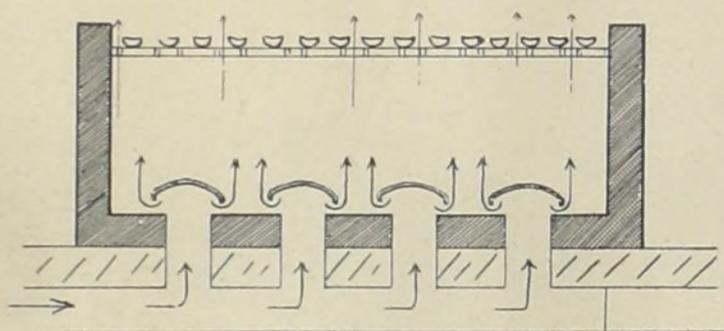
Desde el punto de vista de la rapidez del secado se comprueba entonces, que conviene disponer de aire lo más seco posible y lo más caliente que la naturaleza del producto a obtener lo permita.

Disponiendo de aire no saturado, el desecado es siempre posible, cualquiera que sea la temperatura y la humedad relativa, pero prácticamente hay un límite de tiempo, por encima del cual las materias orgánicas sufrirán descomposiciones o transformaciones que originarán un producto de mala calidad.

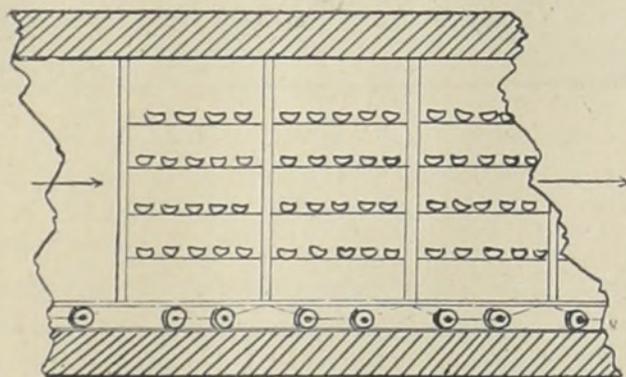
He aquí, por qué el desecado al aire ambiente sólo es posible en países de climas calientes y secos tales como el Sur de España, Grecia, Turquía, California, etc.

Nuestro país, en cambio, como ya lo hemos comprobado con los datos anteriormente expuestos, no tiene un clima adecuado para el desecado de frutas al aire libre, sobre todo por exceso de humedad ambiente. Se requiere, pues, recurrir al desecado artificial por medio del aire caliente.

La impulsión del aire puede efectuarse en el sentido vertical (I) o en el sentido horizontal (II).



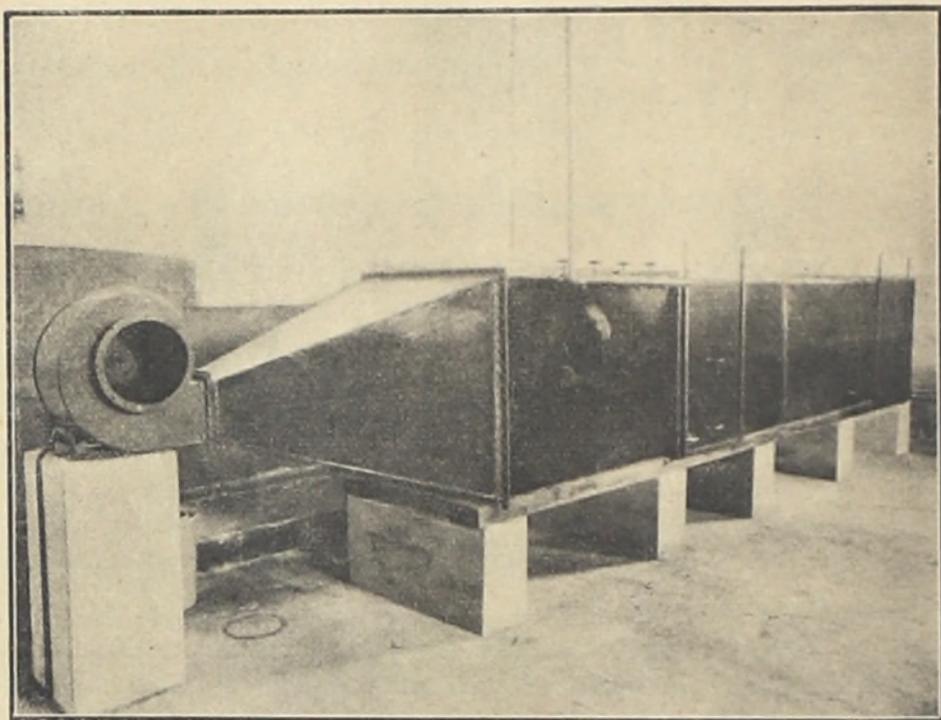
I



II

El tipo (I) reparte mejor el aire produciendo un desecado más uniforme que el tipo (II), pero su capacidad es menor, por lo cual, se usa más comúnmente el último.

Para los laboratorios de la Cátedra de Industrias Agrícolas de la Facultad de Agronomía, hemos construido un desecador de aire caliente, tipo tubular (II) de contra corriente o circulación metódica, destinado a ensayos de desecado de frutas, legumbres, productos agrícolas de alimentación animal, etc.



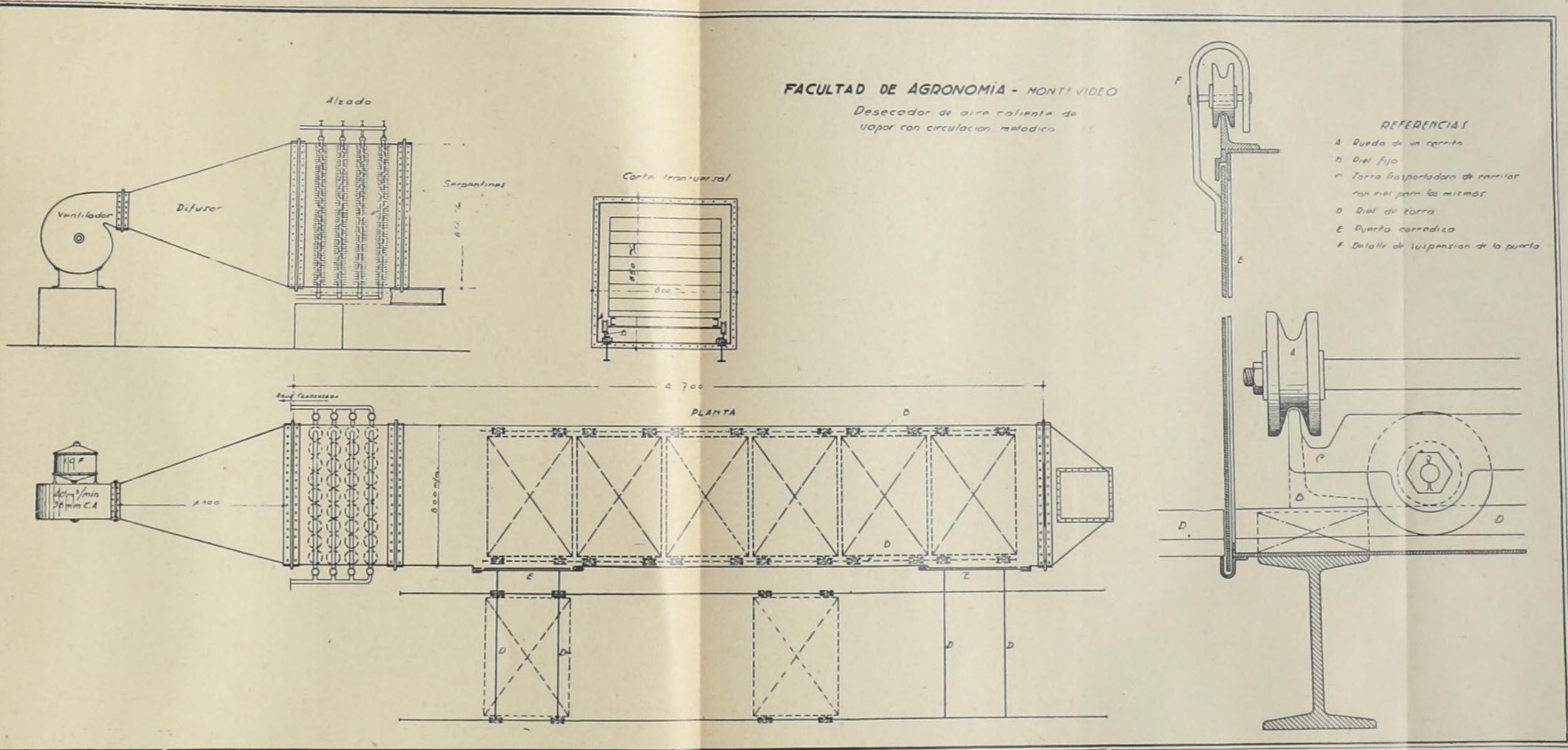
Desecador de aire caliente, tipo tubular de contracorriente o circulación metódica, instalado en el Laboratorio de Industrias Agrícolas de la Facultad de Agronomía

La circulación metódica, además de la ventaja del buen aprovechamiento del calor, permite obtener un mejor producto. Con ella, las frutas se colocan ante todo en contacto con el aire a una temperatura moderada, y este aire está cargado de una gran cantidad de humedad. A medida que las frutas avanzan en el aparato encuentran aire cada vez más caliente y más seco. Las frutas en el momento de su introducción en el aparato, encuentran así una atmósfera caliente y húmeda que conserva a su epidermis la propiedad de permitir la salida de la humedad interior.

A medida que la fruta pierde humedad, avanza, y encuentra entonces el aire cada vez más seco y más caliente, hasta el momento en que está completamente desecada y sale del aparato.

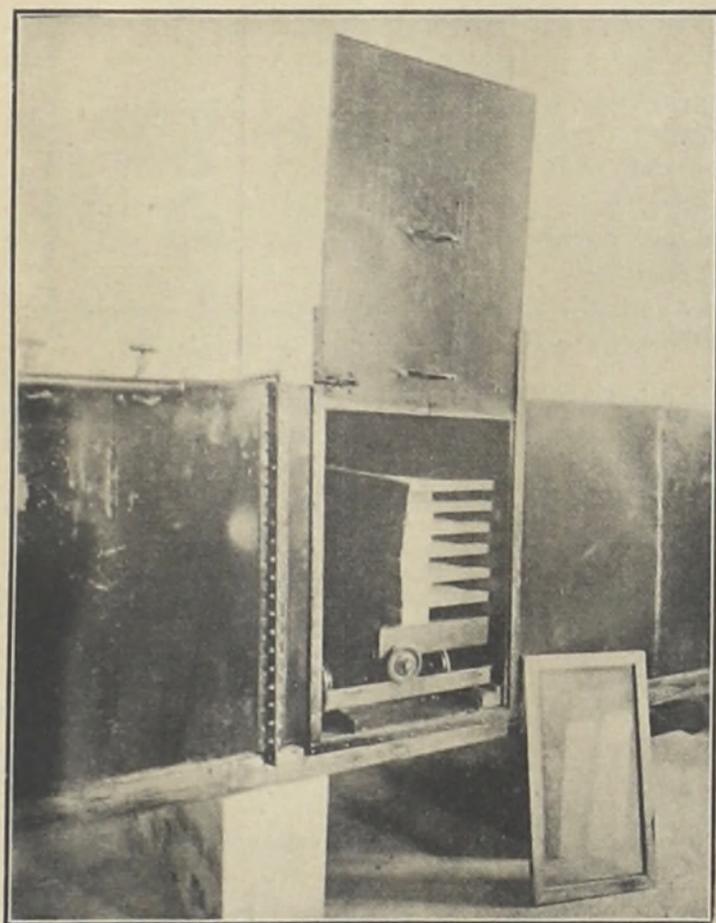
FACULTAD DE AGRONOMIA - MONTAVIDEO

Desecador de aire caliente de vapor con circulación metódica



- REFERENCIAS
- A Rueda de un carrito
  - B Dial fijo
  - C Carro transportador de carril con riel para los mismos
  - D Dial de carro
  - E Carro corredizo
  - F Detalle de suspensión de la puerta

Si se operase de otra manera, las frutas se encontrarían inmediatamente en contacto con aire muy seco y muy caliente, y se formaría por lo tanto en su superficie, como acontece en el desecado a horno, una costra firme y resistente, que impediría la evaporación ulterior del agua. Esta agua no pudiendo escapar por los poros cerrados, haría saltar la piel; la pulpa se esponjaría, el aroma se perdería y además la fruta resultaría sin color.



La puerta de descarga abierta, lo que permite apreciar la disposición de las bandejas

Por otra parte, la rapidez de la desecación en estos desecadores, favorece la calidad de las frutas, conservándose mejor sus cualidades.

Los datos que sirvieron de base para el cálculo del desecador de la Facultad de Agronomía son los siguientes:

Fruta a desecar: 140 kg. en 8 horas.  
 Contenido en agua de la fruta: 85 %.  
 Agua a extraer: 70 %.  
 Capacidad horaria del desecado:

$$\frac{140 \times 70}{8 \times 100} = 12 \text{ Kg. de agua}$$

Temperatura ambiente: 25° C.  
 Temperatura de desecación: 50° - 100° C.  
 Calor específico de la fruta: 0,9.  
 Presión del vapor en el calentador: 6 Kgs./cm<sup>2</sup>/abs.  
 Temperatura correspondiente a esta presión, del vapor: 158° C.

Se admite para los cálculos que siguen que el aire está saturado tanto a la entrada como a la salida del desecador.

La temperatura del aire puede hallarse por tanteos, admitiendo un peso para el aire de circulación, y estableciendo una igualdad entre el calor requerido para vaporizar 12 Kg. de agua y el calor sensible que pierde el aire para pasar de la temperatura 50° - 100° a la temperatura de salida x.

Suponiendo, por ejemplo, que se requieran 3000 Kg. de aire por hora, tendremos:

$$12 \times 610 = 3.000 (50 - X) \times 0,237$$

de donde  $X = \simeq 40^\circ$ .

Admitiendo una pérdida de 5°, para contemplar la irradiación, tendremos:

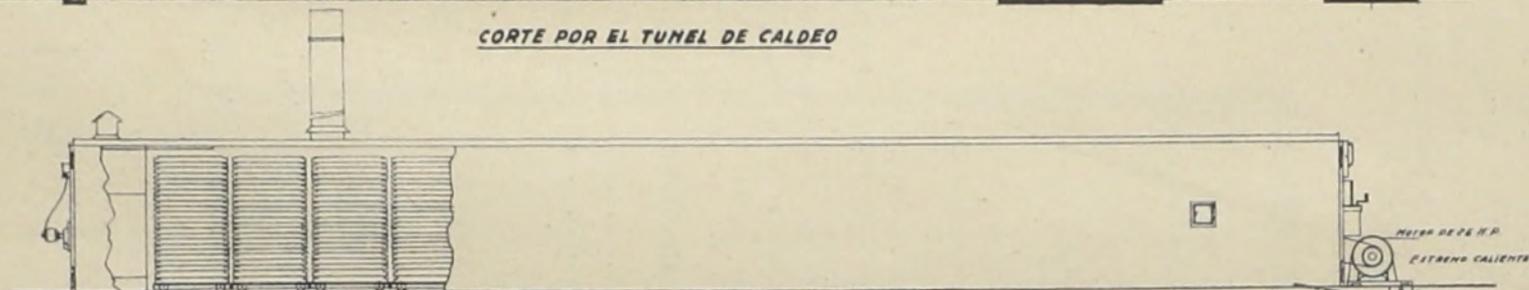
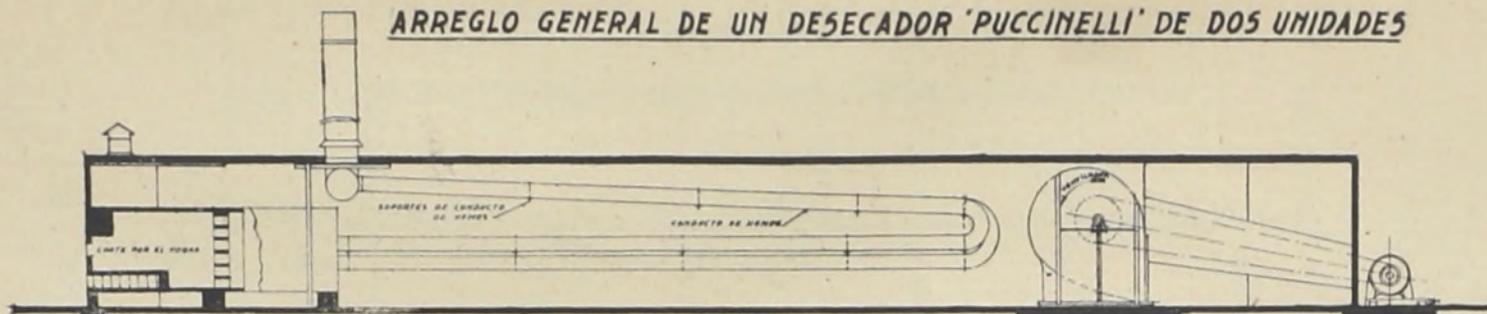
Temperatura de salida del aire: 35° C.

Estamos ahora en condiciones de calcular el:

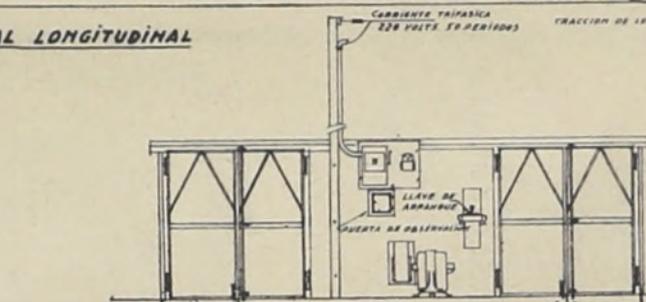
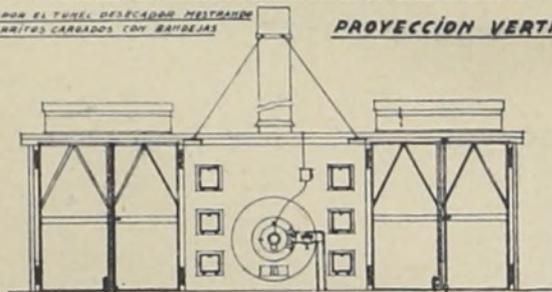
**Peso del aire de circulación:** Este valor se determina por los siguientes cálculos:

Kgs. de vapor por Kg. aire saturado a 35°	0,03628
Kgs. de vapor por Kg. aire saturado a 25°	0,01985
	0,01637
Kgs. de vapor que extrae 1 Kg. de aire . . . .	0,01637

## ARREGLO GENERAL DE UN DESECADOR 'PUCCINELLI' DE DOS UNIDADES



CORTE POR EL TUNEL DESECADOR MUESTRANDO  
LOS CARROS CARGADOS CON BANDEJAS



ESPECIFICACIONES	
LONGITUD	41 PEE.
ANCHO	21 "
TAMANO DE LAS BANDEJAS	3' x 3'
CANTIDAD DE BANDEJAS	40
VENTILADOR "RAY"	CAP. 15 GAL. POR H. AIRE POR MINUTO - 4800 PIES CUB.
CANTIDAD DE BANDEJAS	2000
EQUIPADO CON	2 VENTILADORES
WATERMAN	DE MOTOR DE 25 H.P.
CONSTRUIDO CON PAREDES Y TECTO DE LADRILLOS NUBES; PUERTAS, MANGOS Y SOPORTES DEL TECTO DE ACERO ESTRUCTURAL.	

PLANO REDIDO POR:  
PUCCINELLI BENVENUTTI & C.  
LOS BATOS CAL. 1924.

ESCALA = 1/4" = 1' = 1/24"

En el caso de circulación metódica se supone un rendimiento de  $2/3$  y en el caso de corrientes del mismo sentido,  $1/3$ . Aunque nuestro desecador es de circulación metódica nosotros hemos tomado el rendimiento de  $1/3$  para ponernos en condiciones de mayor seguridad, dado que el destino del secador la requiere.

El aire será:

$$\frac{12}{1/3 \times 0.01637} = \sim 2200 \text{ Kgs.}$$

o aproximadamente: :

$$2200 \times \frac{273 \times 25}{273} \times \frac{1}{1.29} = 1870 \text{ M}^3/\text{hora}$$

o sea  $31\text{m}^3/\text{min.}$

El **ventilador** tiene que vencer las resistencias de pasaje al través del calentador, que son relativamente elevadas.

Consideramos necesario un ventilador capaz de producir, para el volumen de aire antes requerido, una presión igual o superior a 25 m m de columna de agua.

**Calor requerido en el calentador.** Se compone de los siguientes valores:

1) Calor empleado en llevar la temperatura de la sustancia de  $25^\circ$  a  $50^\circ$ , o sea

$$\frac{140 \times 0.9 \times (50-25)}{8} = \sim 394 \text{ cal.}$$

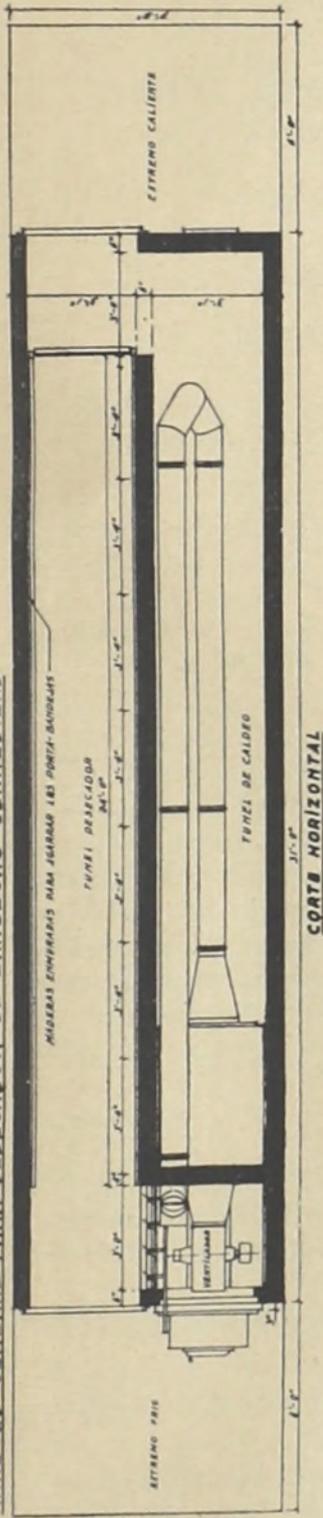
2) Calor empleado en calentar el aire de  $25^\circ$  a  $35^\circ$ , o sea

$$2200 \times (35-25) \times 0.237 = 5214 \text{ cal.}$$

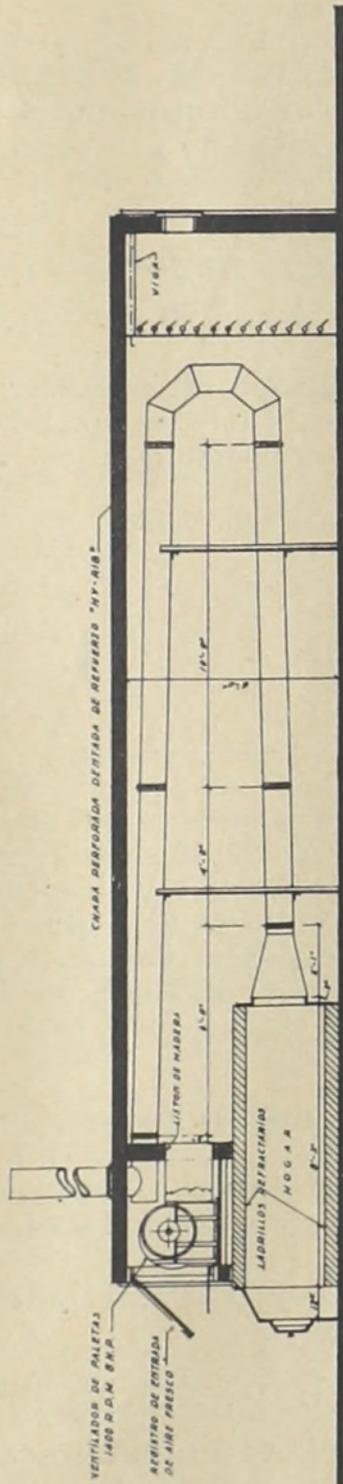
3) Calor perdido por irradiación. Admitimos paredes aisladas, puede tomarse 2 calorías por  $\text{m}^2$  y por  $1^\circ \text{C.}$  de pérdida. Se tendrá entonces:

$$15 \times 2 \times \left( \frac{(50 + 32)}{2} - 25 \right) = 480 \text{ cal.}$$

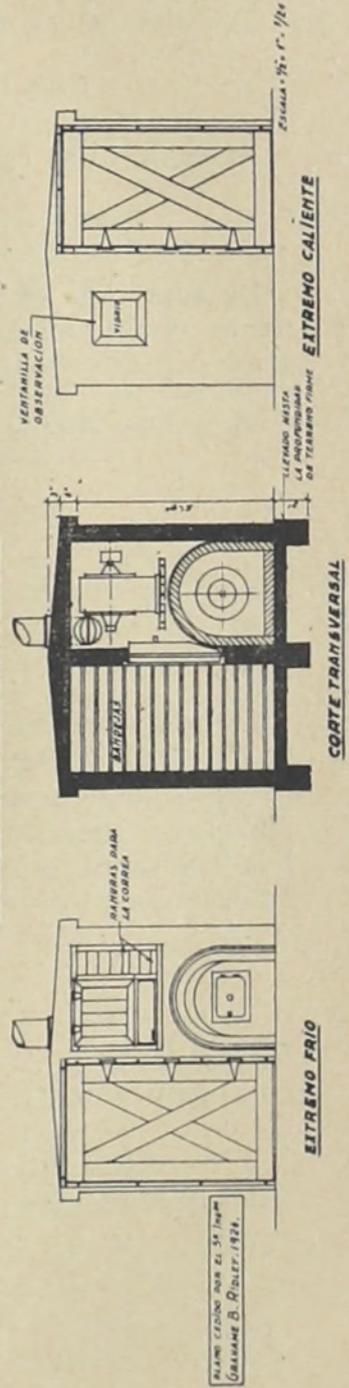
**ARREGLO GENERAL PARA DESECADOR DE BANDEJAS CORREDIZAS**



**CORTE HORIZONTAL**



**CORTE VERTICAL DEL TUNEL DE CALDEO**



4) Calor invertido en la vaporización del agua

$$12 [606,5 + 0,305 (35-25)] = 7644 \text{ cal.}$$

5) Calor debido al sobre calentamiento del vapor, o sea

$$0,475 \times 0,01673 (35-25) \times 2200 = 172 \text{ cal.}$$

El calor total es:

$$394 + 5214 + 480 + 7644 + 172 = 13904 \text{ cal.}$$

La superficie de irradiación del desecador se determina admitiendo una transmisión de 12 calorías por m<sup>2</sup> de superficie y por grado de diferencia de temperatura.

Se tendrá entonces para este valor:

$$X = \frac{13004}{12 \times \left( 138 - \frac{25 + 50}{2} \right)} = \sim 11,5 \text{ m}^2$$

Incluimos en este trabajo un plano del secador construido para la Facultad de Agronomía con los detalles constructivos y referencias, que permiten fácilmente comprenderlo, lo mismo que dos planos que nos fueron cedidos, personalmente, con toda amabilidad, durante nuestra estada en California, por los Sres. Puccinelli, de Los Gatos e Ing. G. B. Ridley de San Francisco.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) PEDRO MENENDEZ LEES. — Desecación de Frutas. Revista de la Facultad de Agronomía. Montevideo. N.º 8. Enero de 1933. Pág.
- (2) LUIS MORANDI. — Apuntes para un Curso de Meteorología. Montevideo. 1927.
- (3) JOSEPH S. CALDWELL. — Evaporation of Fruits. United States Dep. of Agriculture. Dep. Bull. N.º 1141.
- (4) W. V. CRUESS and A. W. CHRISTIE. — Dehydration of Fruits. Agr. Exp. Station. Berkeley. Bull. N.º 330.