



Secado

Prof. Ing. Juan Carlos Martínez Schulz

PROYECTO 14 INV 001

“ESTUDIO DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE NUECES DE MACADAMIA, CON CALIDAD DE EXPORTACIÓN.”

MACPAR

Macadamia
Paraguaya S.A.

“Este proyecto es financiado por el CONACYT a través del Programa PROCIENCIA con recursos del Fondo para la Excelencia e investigación – FEEI del FONACIDE”

Primeras experiencias de secado

Para realizar los primeros ensayos de secado se construyó un secadero de bandejas. En el mismo se instaló una bandeja perforada. Para la impulsión del aire fue utilizado un ventilador centrífugo y para el calentamiento, una resistencia eléctrica. Se determinó el caudal mediante un medidor de Venturi, al cual se conectó un medidor de caída de presión. La temperatura fue medida mediante un termopar conectado a un termostato y un lector digital. Para el secado fue utilizado una combinación de flujo tangencial y transversal del aire.

Las determinaciones de secado se realizaron utilizando una combinación de tres caudales (58, 72, y 92 kg/h) y tres temperaturas (33, 47 y 58 °C)

Luego de cada ensayo de secado se determinó la humedad de la NIS y de la almendra. Luego se procedió a la extracción del aceite para determinar el índice de acidez

Resultados obtenidos en un secadero de bandejas

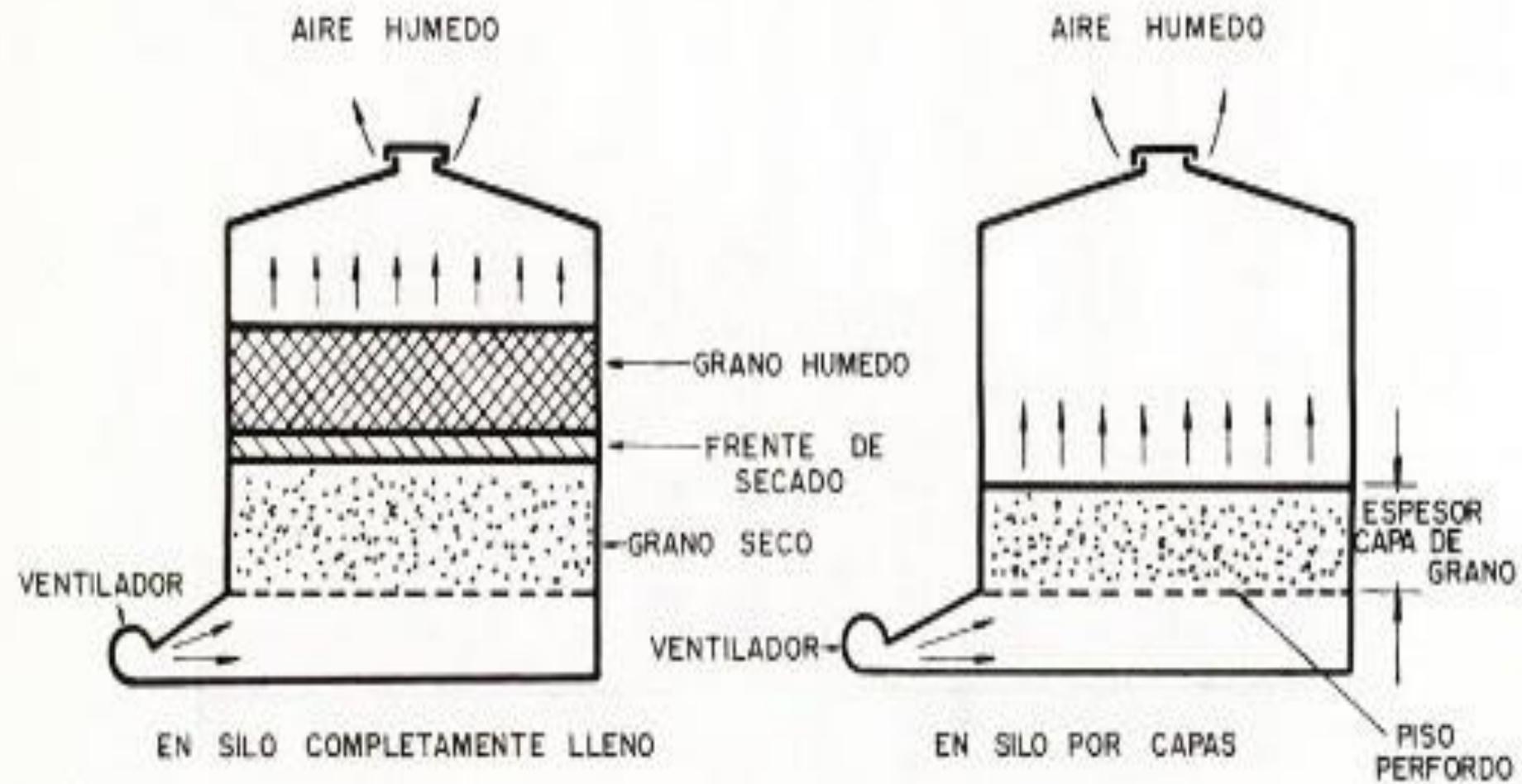
Parámetros	Secado a 33°C			Secado a 47°C			Secado a 58°C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Caudal másico de aire (kg/h)	57,9	72,4	92,2	57,9	72,4	92,2	57,9	72,4	92,2
Humedad NIS (%)	9,24	9,62	9,87	6,46	7,04	7,13	4,98	5,52	5,38
Humedad almendra (%)	0,981	0,921	1,81	0,607	0,708	0,75	0,425	0,589	0,541
Índice de acidez (mgKOH/g)	0,598	0,635	0,613	0,899	0,744	0,854	1,09	1,28	1,35

Resultados obtenidos en el secadero de bandejas

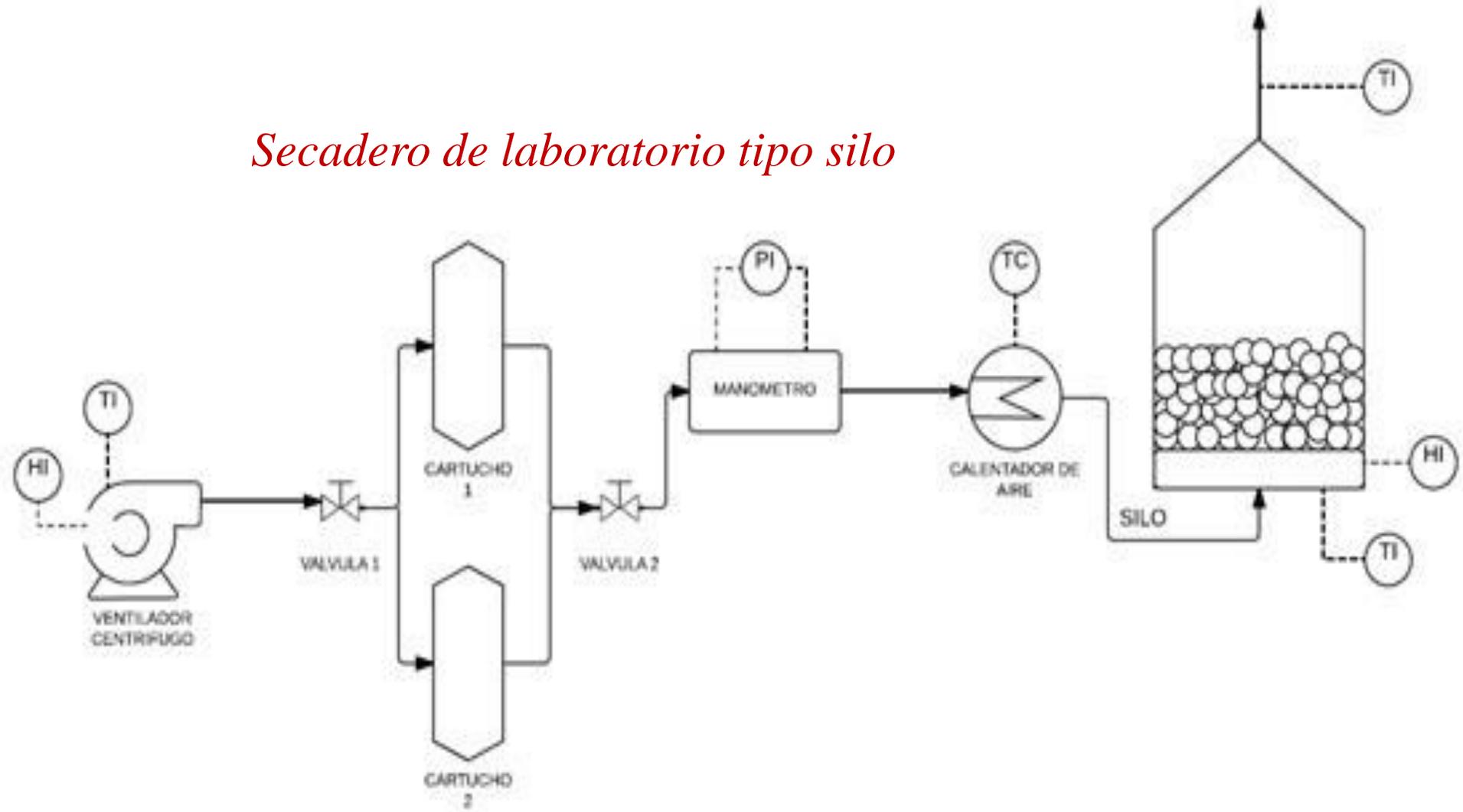
- ✓ *La humedad inicial de la NIS de macadamia estuvo entre 10 – 12 % y la almendra entre 1,98 - 2,28%.*
- ✓ *Con una temperatura de secado de 58°C se logro obtener un producto con una humedad final de hasta 0,425 %, sin embargo, los niveles de índice de acidez sobrepasaron el valor límite ($\leq 1\text{mg KOH/g}$) deseado.*
- ✓ *Con 6 horas de secado en las condiciones del sistema, utilizado a 33°C se logró obtener un producto (NIS) con humedad para separar la corteza y con humedad óptima ($\leq 1,5\%$) de la almendra, sin detrimento de la calidad de la misma, en función de la rancidez hidrolítica.*

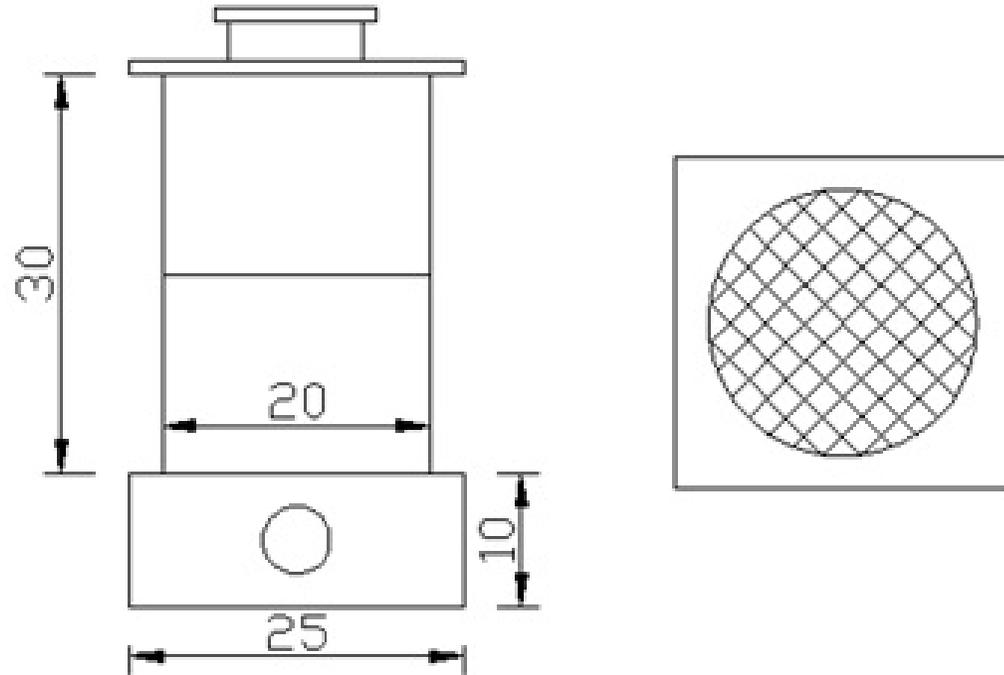
Secador tipo silo

- *Los secadores de silo están diseñados para secar el material almacenado en el silo.*
- *En este tipo de secador, las nueces están sostenidas sobre una malla metálica, de modo que el aire precalentado circule en forma transversal a través del lecho*
- *Una de las dificultades más importantes en la utilización de este tipo de secador es la no uniformidad del contenido de humedad, propia del producto terminado que se extrae de diferentes puntos del secador*



Secadero de laboratorio tipo silo





Caudal de aire: 0,932 a 1,042 m³/min (0,5 a 0,55 m/s)
Temperatura: 38 °C para secado hasta humedad intermedia (8 a 10 %).
Rapidez promedio : 0.93 Kg agua/kg de masa húmeda x h
Temperatura : 45 y 50 °C para humedad es inferiores, hasta 1,5 %





*Para secado hasta humedad intermedia (8 %).
Caudal de aire: 0,932 m³/min (0,5 m/s)
Temperatura: 38 °C
Rapidez promedio de 0.93 h (Tiempo: 14 horas)
Para secado desde humedad intermedia hasta 1,5 %
Temperatura :65 y 50 °C
Caudal de 1,64 a 2 m³/min (velocidad
Rapidez a 65 °C y 2 m³/min: 0,42 Kg agua/kg de masa húmeda.h (Tiempo: 16 horas).
Indice de peróxido y acidez < 0,30*

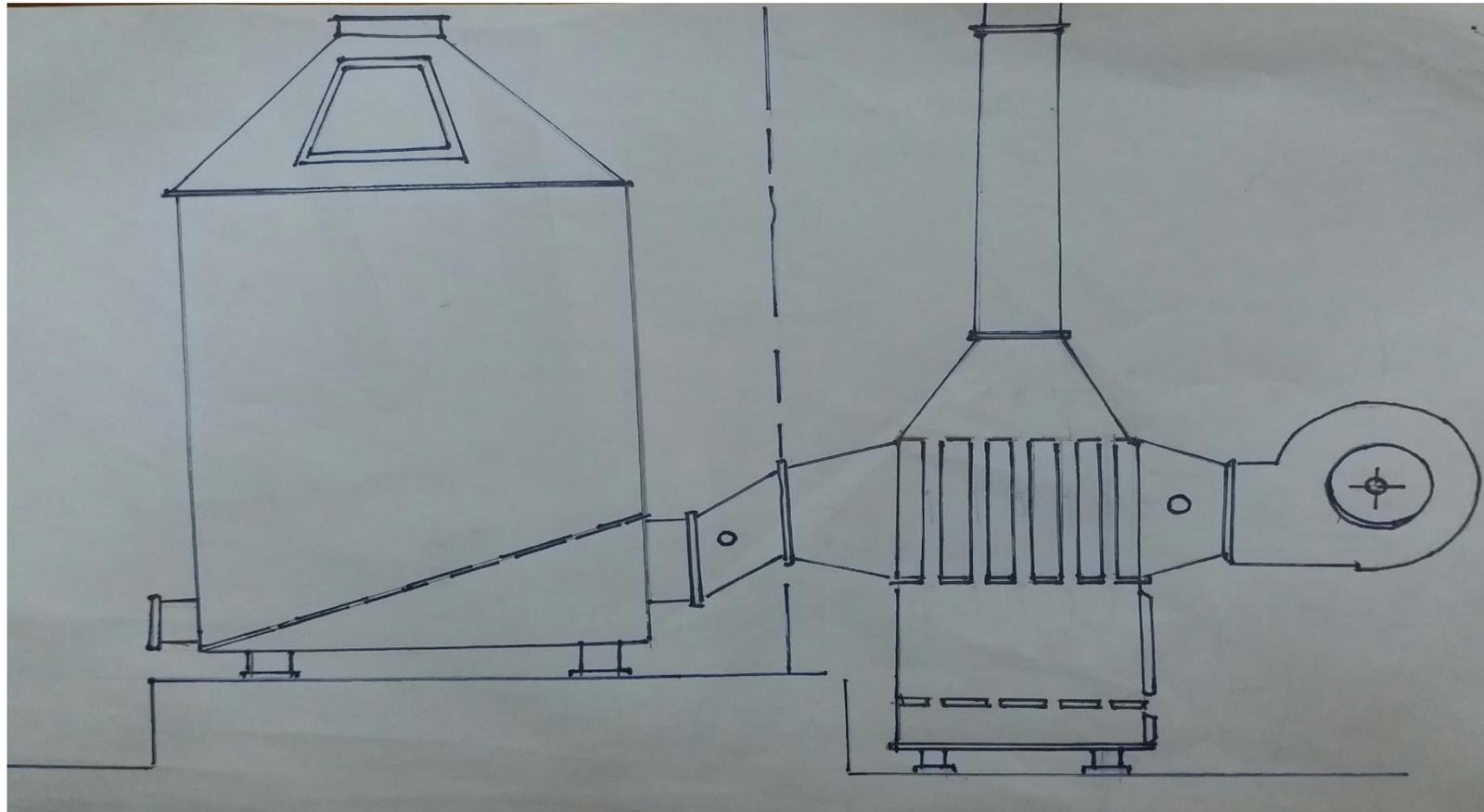


SECADERO CON VENTILADOR, AIRE A TEMPERATURA AMBIENTE



Equipos y materiales disponibles

Esquema del secadero de silo



Descripción del equipo

- *El equipo de secado está constituido por el silo y el sistema de calentamiento del aire*
- *Para calentar el aire se dispone de un horno de combustión, sobre el cual está instalado un intercambiador de calor del tipo coraza y tubos.*
- *Para la impulsión del aire a través del intercambiador de calor se utiliza un ventilador centrífugo*

Funcionamiento

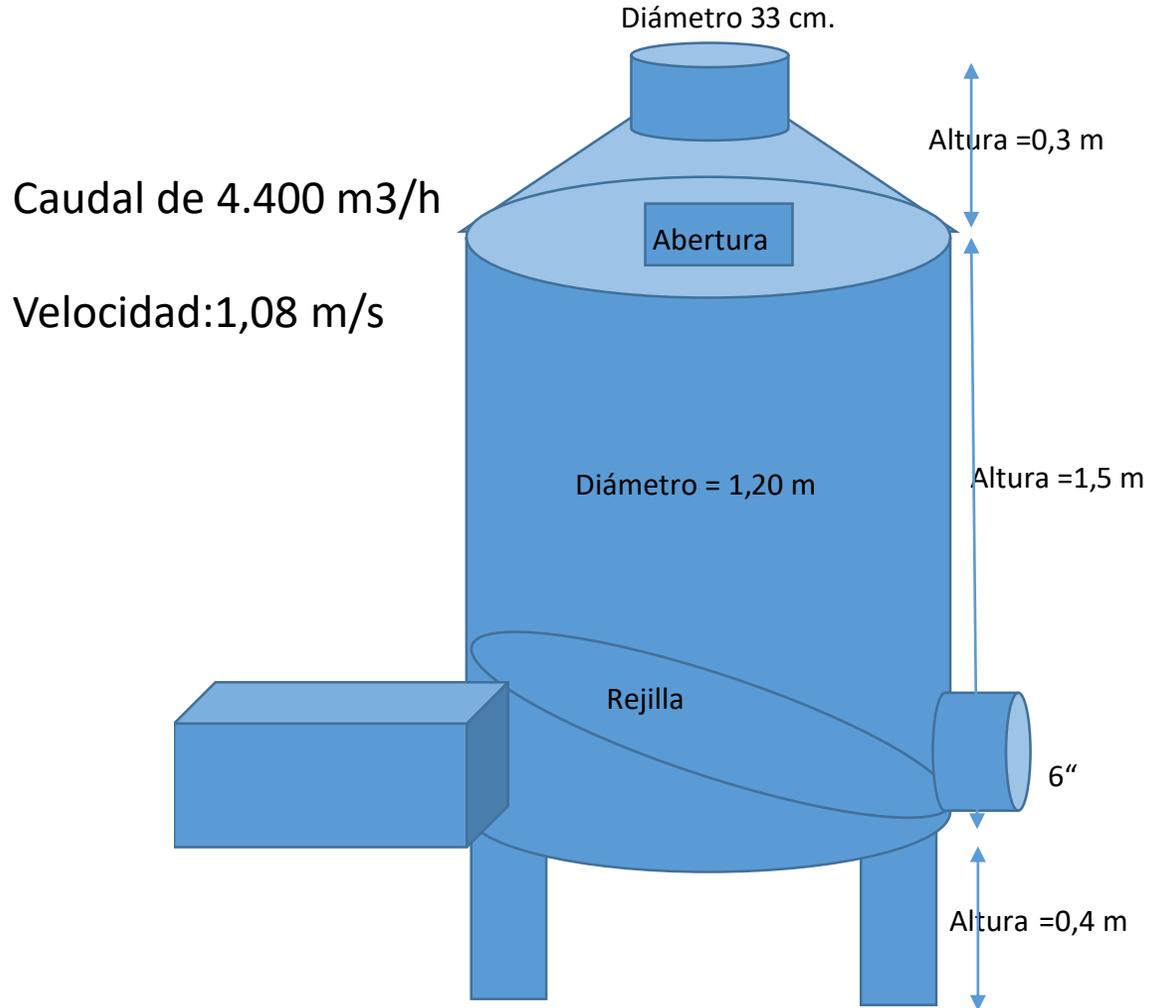
- *Para el secado, las nueces se depositan en el silo, donde son sostenidas por una malla metálica ubicada en el fondo del mismo.*
- *En el horno se quema la corteza de las nueces, de modo que los gases de combustión circulen por el interior de los tubos del intercambiador de calor*
- *Por fuera de los tubos circula el aire impulsado por el ventilador, y luego de salir del intercambiador ingresa en el silo.*
- *El aire atraviesa el lecho de las nueces y sale por la parte superior*

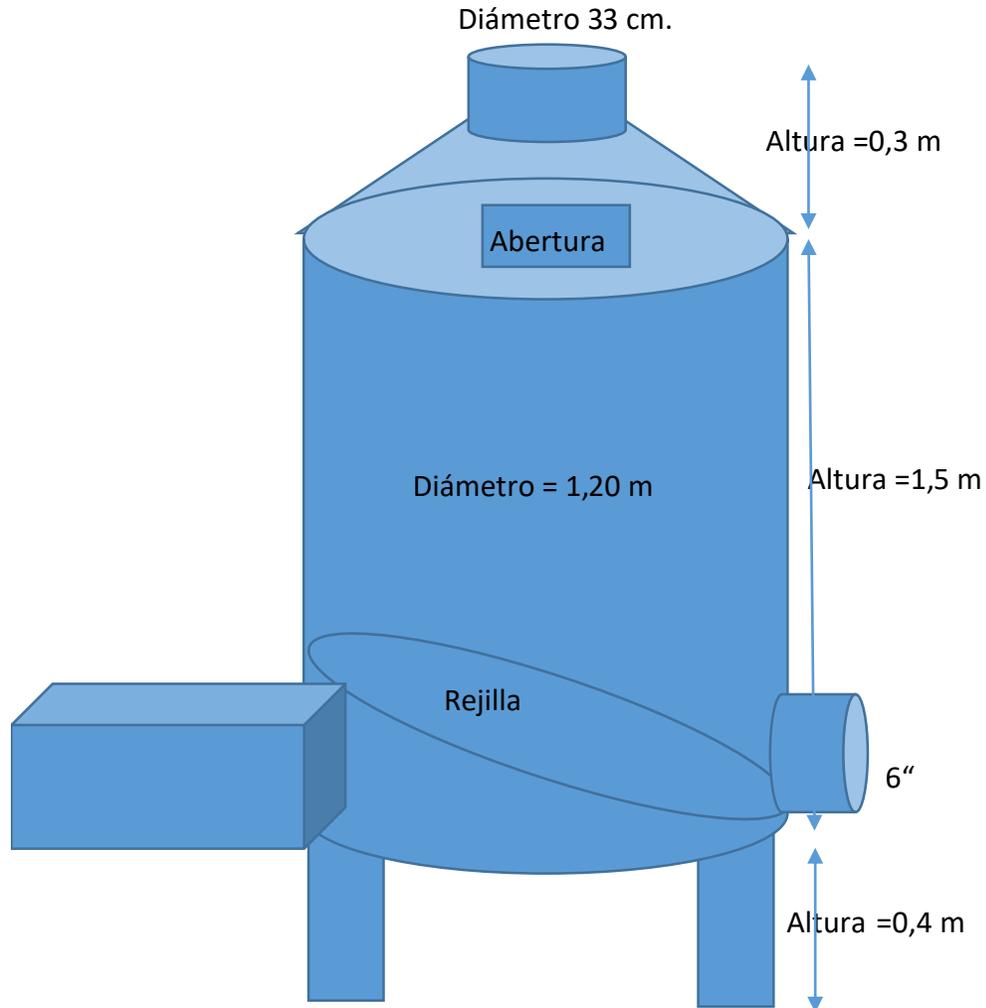
Partes del equipo de secado

Silo secador

El silo está constituido por un cuerpo cilíndrico de fondo plano y en la parte superior tiene forma de tronco de cono. Una malla metálica inclinada, que sirve de soporte a las nueces, se encuentra en la parte inferior del cilindro. El aire caliente ingresa a través de un conducto por debajo de dicha malla

En la parte superior, en la sección cónica, se dispone de una abertura que permite introducir las nueces frescas. Una vez terminado el secado, las nueces son extraídas del silo a través de un conducto cilíndrico, ubicado en la parte más baja del silo





Dimensiones del silo

- El silo está fabricado de chapa de acero al carbono de 3 mm de espesor. La capacidad del mismo es de entre 800 y 1.000 kg por carga aproximadamente*
- El cuerpo cilíndrico tiene un diámetro de 1,20 m y una altura de 1,50 m. La abertura de descarga tiene 0,15 m de diámetro*
- En la parte superior se encuentra la tapa en forma de cono de 0,30 m de altura. En el mismo se encuentra la abertura de carga, en forma de trapecio, de 0,30 m de lado, 0,52 m de base mayor y 0,32 m de base menor. El conducto de salida del aire húmedo tiene 0,15 m de altura y 0,33 m de diámetro*
- El aire ingresa al silo por un conducto de sección cuadrada de 0,54 m*

Horno de combustión

- *Esta construido en chapa de acero al carbono de 3 mm de espesor, revestido internamente con ladrillos refractarios. Sus dimensiones son 0,65 m de altura y 0,60 m de lado. Posee una parrilla de hierro fundido encima del cual se quema la corteza de la nuez*
- *En la parte inferior se encuentra el cenicero de donde se retira la ceniza y en la parte superior se encuentran los tubos del intercambiador de calor, por cuyo interior circulan los gases de combustión, antes de ser extraídos por la chimenea*
- *El horno posee una puerta por donde se introduce el combustible y otra por donde se extrae la ceniza*

S
I
S
T
E
M
A

D
E

C
A
L
E
F
A
C
C
I
O
N



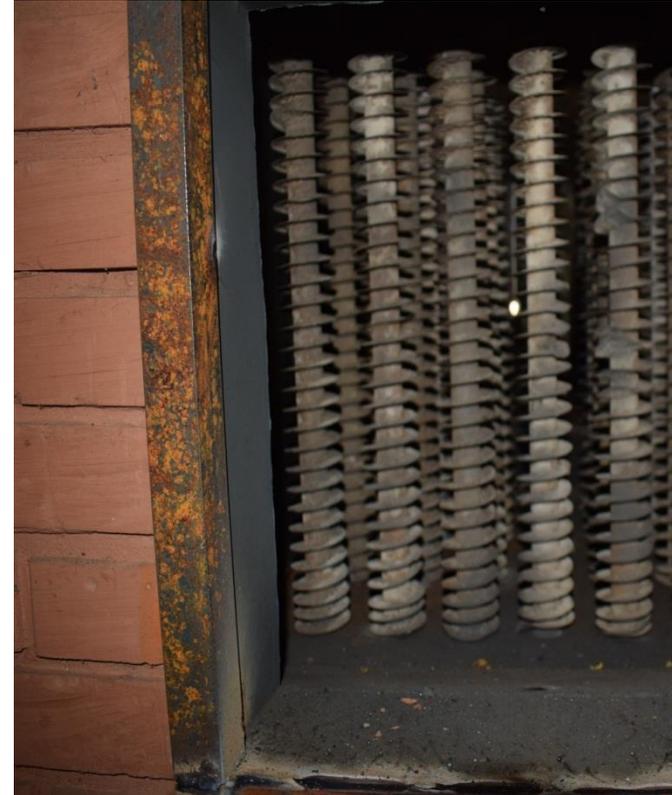




Para mantener 40°C, se utiliza 20 kg de carozo de macadamia cada 15 min.



07 07 2017



TUBOS ALETADOS

Caudal del ventilador: 4400 m³/s
Velocidad de 14,5 m/s



