

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN EQUIPO MIXTO DE
TAMIZADO Y SECADO PARA LA SEPARACION DE ESPORAS DE
HONGOS DEL AMARANTO Y SU USO COMO BIOPLAGUICIDA”



Tesis de grado previa a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

MARIANA EULALIA ROSERO ALVAREZ
LUCRECIA JANETH OLIVAREZ YACHIMBA

Riobamba – Ecuador
2010

Agradecimiento.

A nuestro Dios Todopoderoso, hacedor de todo bien, que nos colmo de salud y sabiduría, para llegar a culminar con felicidad esta anhelada meta.

Expresamos nuestra gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que nos ha permitido formarnos íntegramente para ser entes útiles a la sociedad en la cual nos desenvolvemos y gracias a la guía oportuna de catedráticos responsables, hemos culminado nuestras caras aspiraciones.

A nuestros Padres por ser quienes con su esfuerzo y gran Amor han permitido que nosotros terminemos una etapa más en nuestras vidas y con la posibilidad de seguir guiando y apoyando en cada uno de nuestros sueños.

Al Ing. Mario Villacrés, Ing. José Usiña e Ing. Rigoberto Mancheno, por ser los encaminadores de este trabajo de investigación por las bases impuestas y el apoyo brindado.

Al Laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Recursos Naturales por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad de poder colaborar en el engrandecimiento de la Facultad.

Dedicatoria

A quienes me brindaron su incondicional apoyo y me impulsaron a seguir en el infinito camino de la superación.

A mis padres José y María, por la felicidad de tenerlos a mis queridos hermanos ejemplo de hermandad y amistad; en especial a Luís y Yolanda, a mis sobrinos a quienes los amo tanto en especial Abigail, a mis Abuelitos en el cielo, porque segura estoy de vuestro regocijo, a mis cuñados y a una persona incondicional que me apoyo desde el inicio de mi carrera P.C.

Lucrecia Janeth.

Dedico el proyecto a mi mami Amelia quien con su perenne cariño, paciencia, comprensión y su apoyo incondicional siempre está en todas mis decisiones y gracias a la cual culmino una de mis anheladas metas, a Moisés mi padre, a todos mis hermanos en especial a Carmen, Isabel y Sonia por su apoyo y consejos, a Rosario mi tía, y a todas las personas que de una u otra manera me han apoyado siempre.

Mariana Rosero

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Edmundo Caluña
DECANO FAC. CIENCIAS

Ing. Mario Villacrés
DIRECTOR ESC. ING. QUIM.

Ing. Mario Villacrés
DIRECTOR DE TESIS

Ing. José Usiña
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Rigoberto Mancheno
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Sr. Carlos Rodríguez
DIRECTOR CENTRO DOCUMENT.

NOTA DEL INFORME

Nosotras Mariana Eulalia
Rosero Álvarez y Lucrecia
Janeth Olivarez Yachimba
somos responsables de las
ideas, doctrinas y resultados
expuestos en esta Tesis y el
patrimonio intelectual le
pertenece a la Escuela
Superior Politécnica de
Chimborazo.

INDICE DE ABREVIATURA

$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
Ph	Potencial de hidrogeno
HEP	Hongos Entomopatógenos
rpm	Revoluciones por minuto
$\Delta\theta$	Fracción másica
Θ_n	Fracción acumulativa
D_p	Diámetro de las partículas
$\Delta\theta_n$	Fracción másica de una muestra n
D_{pn}	Diámetro de la partícula de una muestra n
B	Constante
K	Constante
A_w	Área específica para Partículas Finas
D_{pn}	Tamiz donde terminan finos
$D_{p(n-1)}$	Tamiz donde empiezan finos
N_w	Número de partículas para los finos
B	Producto bruto
A	Acumulado
R	Retenidos
D_i	Diámetro medio de las partículas retenidas entre dos tamices consecutivos
I_i	Media aritmética de la abertura de malla
W	Velocidad másica de evaporación (kg/seg)

K_G	Coeficiente de difusión (s/m)
A	Área de la interfase (m^2)
P_s	Presión del vapor de agua, (n/m^2)
P_w	Presión parcial vapor de agua en la corriente de aire (n/m^2)
ΔT	Diferencia de temperatura entre el aire y el agua.
h	Coeficiente de transmisión de calor desde el aire a la superficie mojada ($w/m^2 k$).
G	Velocidad másica de flujo de aire, ($kg/seg.m^2$).
C	Flujos paralelos a la superficie del sólido.
Λ	Calor latente de vaporización (j/kg)
W	Humedad final (kg agua/kg sólido)
w_e	Humedad de equilibrio
w_c	Humedad crítica
w_1	Humedad inicial
$w-w_e$	Humedad libre.
t_c	Periodo de velocidad constante
A	Área de la superficie expuesta (m^2).
Rc	Velocidad de secado por unidad de área en este periodo (kg agua/kg sólido $m^2 s$).
f	Humedad libre.
fc	Humedad libre en las condiciones críticas.

m	Proporción entre la humedad y la velocidad de secado por unidad de área (1/m ² s).
X _{eq}	Humedad de equilibrio
P _v	Presión parcial del vapor sobre el material
I	Corriente en amperios
B	Campo magnético
F	Fuerza en newton
B	Campo magnético en teslas
A	Área de las caras de los polos en m ²
μ ₀	Permeabilidad del espacio libre.
N	Número de vueltas del cable en torno al electroimán
L	Longitud del circuito magnético.
Θ	Tiempo de secado (min.)
P ₁	Peso de la muestra 1 (g.)
P ₂	Peso de la muestra 2 (g.)
P ₃	Peso de la muestra 3 (g.)
PSH	Peso del sólido húmedo
PSS	Peso del sólido seco
B	Muestra inicial
A	Acumulado
R	Retenido
Kg	kilogramos
P	Potencia (kw)
m	Masa (kg)

C_p	Calor específico (J/kg.k)
ΔT	Incremento de temperatura de trabajo ($^{\circ}\text{C}$ o K)
t	Tiempo (s)
q	Calor transferido por radiación (J)
A	Área de transferencia de calor (m^2)
σ	Constante de Estefan-Bolthzman ($6.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)
ε	Emisividades (0.04 para acero brillante, superficies paralelas)
M	Masa considerada del equipo más la materia orgánica, los cuales serán sometidos a vibración.
K	Constante de resorte.
β	Sistema no tenga sobre amortiguación.
x	Desplazamiento máximo de vibración.
A	Amplitud máxima.
%	Porcentaje

INDICE DE CONTENIDO

PORTADA

Agradecimiento

Dedicatoria

INDICE DE ABREVIATURA.....

RESUMEN..... ¡Error! Marcador no definido.

SUMARY ¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN..... ¡Error! Marcador no definido.

ANTECEDENTES ¡Error! Marcador no definido.

JUSTIFICACIÓN ¡Error! Marcador no definido.

OBJETIVOS:..... ¡Error! Marcador no definido.

General: ¡Error! Marcador no definido.

Específicos: ¡Error! Marcador no definido.

CAPITULO I. ¡Error! Marcador no definido.

1. MARCO TEORICO. ¡Error! Marcador no definido.

1.1 HONGOS ENTOMOPATÓGENOS..... ¡Error! Marcador no definido.

**1.1.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS HONGOS
ENTOMOPATÓGENOS (HEP)..** ¡Error! Marcador no definido.

1.1.1.1 Ventajas de los HEP..... ¡Error! Marcador no definido.

1.1.1.2 Desventajas de los hongos Entomopatógenos;Error! Marcador

no definido.

1.2 HONGOS DE GÉNERO Trichoderma. ¡Error! Marcador no definido.

1.3 HONGOS DE GÉNERO Beauveria Bassiana.....¡Error! Marcador no definido.

1.4 HONGOS DE GÉNERO Metarhizium Anisopliae.....¡Error! Marcador no definido.

1.5 AMARANTO..... ¡Error! Marcador no definido.

1.6 TAMIZADO ¡Error! Marcador no definido.

1.6.1 EQUIPOS INDUSTRIALES PARA EL TAMIZADO ... ¡Error!

Marcador no definido.

1.6.1.1. Rastrillos.¡Error! Marcador no definido.

1.6.1.2. Tamices fijos.¡Error! Marcador no definido.

1.6.1.3. Tamices vibratorios.¡Error! Marcador no definido.

1.6.1.4. Tamices oscilantes.....¡Error! Marcador no definido.

1.6.1.5. Tamices de vaivén.¡Error! Marcador no definido.

1.6.1.6. Tamiz rotatorio (Tromel).¡Error! Marcador no definido.

1.6.1.7. Devanaderas o cedazos giratorios.¡Error! Marcador no definido.

1.7.2 SERIE DE TAMICES TYLER..... ¡Error! Marcador no definido.

1.7.3 FRACCIÓN MÁSCA Y ACUMULATIVA.¡Error! Marcador no definido.

1.7.4 ANALISIS GRANULOMÈTRICO.¡Error! Marcador no definido.

1.7.4.1 Porcentaje de Cernido¡Error! Marcador no definido.

1.7.4.2 Porcentaje de Retenido¡Error! Marcador no definido.

1.7.4.2 Diámetro medio.¡Error! Marcador no definido.

1.7.5 DIAGRAMAS GRANULOMÉTRICOS.¡Error! Marcador no definido.

1.7.5.1 Diagrama Distributivo o Secuencial.¡Error! Marcador no definido.

1.7.5.2 Diagrama Acumulado.¡Error! Marcador no definido.

1.8 SECADO DE SÓLIDOS.	¡Error! Marcador no definido.
1.8.1 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SECADO.	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.1.1 Humedad de un sólido.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.1.2 Humedad de equilibrio.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.1.3 Humedad libre.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.1.4 Humedad ligada.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.1.5 Humedad desligada.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.1.6 Sólido húmedo.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.1.7 Sólido higroscópico.</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.8.9 EQUIPOS INDUSTRIALES DE SECADO.	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.9.1 Secaderos de bandejas.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.9.2 Secaderos de túnel.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.9.3 Secadero de cinta transportadora perforada.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.9.4 Secaderos de tornillo sinfín.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>1.8.9.5 Secaderos rotatorios.</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.8.10 CURVA DE SECADO.	¡Error! Marcador no definido.
1.9 VIBRACIONES POR DESBALANCEO.	¡Error! Marcador no definido.
1.9.1 Tipos de Vibración	¡Error! Marcador no definido.

1.9.1.1 Vibración de vida al desbalanceo. .¡Error! Marcador no definido.

1.9.2 FUERZA SOBRE LOS MATERIALES

FERROMAGNÉTICOS.....¡Error! Marcador no definido.

1.9.3 VIBRACIONES MECÁNICAS..... ¡Error! Marcador no definido.

1.9.4 RESISTENCIAS ELÉCTRICAS TIPO CARTUCHO..... ¡Error!

Marcador no definido.

1.10 Cálculo del espesor del material..... ¡Error! Marcador no definido.

1.11 Análisis de Costos..... ¡Error! Marcador no definido.

1.11.1 Costos fijos..... ¡Error! Marcador no definido.

1.11.2 Costos de operación. ¡Error! Marcador no definido.

1.11.3 Costo total. ¡Error! Marcador no definido.

CAPITULO II..... ¡Error! Marcador no definido.

2. PARTE EXPERIMENTAL. ¡Error! Marcador no definido.

2.1 MUESTREO..... ¡Error! Marcador no definido.

2.2 METODOLOGIA..... ¡Error! Marcador no definido.

2.2.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS..... ¡Error! Marcador no definido.

2.2.2.1. Métodos..... ¡Error! Marcador no definido.

2.2.2.2. Técnicas. ¡Error! Marcador no definido.

2.3.1 DIAGNÓSTICO..... ¡Error! Marcador no definido.

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS. ¡Error! Marcador no definido.

3.1. CÁLCULOS..... ¡Error! Marcador no definido.

3.1.1 Cálculo del espesor del material a usar.¡Error! Marcador no

definido.

3.1.2 CÁLCULO DE LAS RESISTENCIAS ELÉCTRICAS.... ¡Error!

Marcador no definido.

3.1.2.2 Cálculo de Transferencia de calor por radiación. ¡Error!

Marcador no definido.

3.1.3 CÁLCULO DEL SISTEMA VIBRADOR PARA TAMIZAJE. ¡Error!

Marcador no definido.

3.2 RESULTADOS. ¡Error! Marcador no definido.

3.3 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO. ¡Error! Marcador no definido.

3.3.1 Montaje del Equipo Mixto de Tamizado y Secado. ¡Error!

Marcador no definido.

3.5.1.1 Máquinas y equipos utilizados...... ¡Error! Marcador no definido.

3.3.1.2 Montaje y ensamblaje del equipo. . ¡Error! Marcador no definido.

3.3.1.3 Instalaciones Eléctricas. ¡Error! Marcador no definido.

3.3.2 Manual de Operación del Equipo Mixto de Tamizado y secado. ¡Error!

Marcador no definido.

3.4 ESPECIFICACION DE MATERIALES Y SISTEMAS DE CONTROL.

¡Error! Marcador no definido.

3.4.1 Sistemas de Calentamiento..... ¡Error! Marcador no definido.

3.4.2 Sistemas de tamizaje. ¡Error! Marcador no definido.

3.4.3 Sistema de recolección. ¡Error! Marcador no definido.

3.4.4 Sistema de control. ¡Error! Marcador no definido.

3.5 REQUERIMIENTO PRESUPUESTARIO..... ¡Error! Marcador no definido.

3.5.1 Análisis de Costos..... ¡Error! Marcador no definido.

3.5.1.1 Recursos materiales ¡Error! Marcador no definido.

3.5.1.2 Recursos Humanos. ¡Error! Marcador no definido.

3.5.1.3 Costos fijos ¡Error! Marcador no definido.

3.6.1.4 Costos de operación..... ¡Error! Marcador no definido.

3.5.1.5 Costo total ¡Error! Marcador no definido.

3.5.1.6 Depreciación del equipo de tamizado ¡Error! Marcador no definido.

4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL EQUIPO.

¡Error! Marcador no definido.

4.1.1 PRUEBAS DE TAMIZADO¡Error! Marcador no definido.

4.1.2 CALCULOS Y RESULTADOS.¡Error! Marcador no definido.

**4.1.2.1 Cálculo % de rechazo, % rechazo acumulado y % cernido
acumulado.**¡Error! Marcador no definido.

4.1.3 Determinación de la Humedad del sólido seco¡Error! Marcador no definido.

4.1.3.2 Cálculo de % Humedad:¡Error! Marcador no definido.

5.1 CONCLUSIONES.

5.2 RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía general

Bibliografía Específica

Bibliografía Internet

ANEXOS

INDIECE DE FIGURAS

- Fig. 1.1.1.1-1 Larva de gusano blanco (*Hylamorphia elegans*) parasitada por *Metarhizium anisopliae*.....** ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.1.1.2-1 Larva de chape (*Caliroa cerasi*) parasitado por *Beauveria bassiana*.** ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.3-1 Características microculturales de *Beauveria bassiana*.** ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.4-1 Características microculturales de *Metarhizium anisopliae*.** ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.5.1-1 Planta de amaranto** ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.6-1 Tamiz tipo Vaivén** ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.6.1.2-1 Tamices Fijos** ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.6.1.3-1 Tamices Vibratorios**..... ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.6.1.5-1 Tamices de Vaivén**..... ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.7.2-1 Serie de Tamices Tayler**..... ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.7.4-1 Tamices Acoplados en Cascada** ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.7.5.1-1 Diagrama Distributivo o Secuencial** ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.7.5.2-1 Diagrama Acumulado**..... ¡Error! Marcador no definido.
- Fig. 1.8.1.7-1. Tipos de humedades**..... ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 1.8.9.1-1 Secaderos de bandejas¡Error! Marcador no definido.

Fig. 1.8.10-1 Curva de secado.....¡Error! Marcador no definido.

Fig. 1.9.4-1 Resistencias Eléctricas ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 3.1.3-1 Esquema de la base. ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 3.1.3-2 Soporte de tamiz..... ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 3.1.3.1-1 movimiento forzado ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.1-1 Relación Tiempo- Peso de la bandeja de recolección.
..... ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.1-2 Relación Tiempo- Peso de la bandeja de recolección. ¡Error!
Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1- 1 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=1min
..... ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-2 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=2min.
..... ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-3 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=3 min.
..... ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-4 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=4 min.
..... ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-5 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=5 min.
..... ¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-6 Diagrama granulométrico velocidad final; t=1min. ¡Error!
Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-7 Diagrama granulométrico velocidad final; t=2min .;Error!

Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-8 Diagrama granulométrico velocidad final; t=3min .;Error!

Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-9 Diagrama granulométrico velocidad final; t=4min .;Error!

Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-10 Diagrama granulométrico velocidad final; t=5min;Error!

Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-3 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=3 min.

.....¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-4 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=4 min.

.....¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-5 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=5 min.

.....¡Error! Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-6 Diagrama granulométrico velocidad final; t=1min.¡Error!

Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-7 Diagrama granulométrico velocidad final; t=2min .¡Error!

Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-8 Diagrama granulométrico velocidad final; t=3min .¡Error!

Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-9 Diagrama granulométrico velocidad final; t=4min .¡Error!

Marcador no definido.

Fig. 4.1.2.1-10 Diagrama granulométrico velocidad final; t=5min¡Error!

Marcador no definido.

INDIECE DE TABLAS

Tabla 2.2.2.2-1 Datos Experimentales de Determinación de H ¡Error!

Marcador no definido.

Tabla 2.2.2.2-2 Datos Experimentales de Determinación de H. ¡Error!

Marcador no definido.

TABLA 3.1.1.1-1 Variables de proceso ¡Error! Marcador no definido.

TABLA 3.5.1.1-1 Recursos materiales ¡Error! Marcador no definido.

TABLA 3.5.1.2-1 Recursos Humanos ¡Error! Marcador no definido.

TABLA 3.5.1.6-1 Depreciación del equipo de tamizado ¡Error! Marcador

no definido.

Tabla 4.1.1-1 Datos experimentales de tamizado. ¡Error! Marcador no

definido.

Tabla 4.1.1-2 Datos promedio de tamizado en los 5 tiempos ¡Error!

Marcador no definido.

Tabla 4.1.1-3 Datos promedio de tamizado en los 5 tiempos ¡Error!

Marcador no definido.

Tabla 4.1.2-1 Datos adicionales de tamizado. ¡Error! Marcador no

definido.

Tabla 4.1.2.1-1 Resultados de Tamizado $v = \text{inicial}$; $t = 1 \text{ min. ¡Error!$

Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-2 Resultados promedios de tamizado; Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-3 Diagrama Granulométrico..; Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-6 Resultados de Tamizado $v = \text{inicial}$; $t = 2\text{min.}$; Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-7 Resultados promedios de tamizado; Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-8 Diagrama Granulométrico..; Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-9.....; Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-10 Resultados promedios de tamizado;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-11 Diagrama Granulométrico;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-12 Resultados de Tamizado $v = \text{inicial}$; $t = 4 \text{ min.}$...;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-13 Resultados promedios de tamizado;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-14 Diagrama Granulométrico;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-15 Resultados de Tamizado $v = \text{inicial}$; $t = 5 \text{ min.}$...;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-16 Resultados promedios de tamizado;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-17 Diagrama Granulométrico;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-18 Resultados de Tamizado $v = \text{final}$; $t = 1 \text{ min.}$;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-19 Resultados promedios $\%CA$ y $\%RA$;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-20 Diagrama Granulométrico;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-21 Resultados de Tamizado v = final; t = 2 min.....;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-22 Resultados promedios %CA y %RA;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-23 Diagrama Granulométrico;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-24 Resultados de Tamizado v = final; t =3 min.....;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-25 Resultados promedios %CA y %RA;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-26 Diagrama Granulométrico;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-27 Resultados de Tamizado v = final; t = 4 min.....;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-28 Resultados promedios de tamizado;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-29 Diagrama Granulométrico;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-30 Resultados de Tamizado v = final; t = 5 min.....;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-31 Resultados promedios de tamizado;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.2.1-32 Diagrama Granulométrico;Error! Marcador no definido.

Tabla 4.1.3-1 Registro de datos obtenidos en la determinación de Humedad en sólido seco.....;Error! Marcador no definido.

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue diseñar y construir un Equipo Mixto de Tamizado y Secado para la Separación de Esporas de Hongos del Amaranto y su uso como Bioplaguicidas que se realizó en el Departamento de Ciencias Biológicas de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH para lograr mayor eficiencia en su producción.

En el diseño del equipo primero se efectuó la simulación de estos procesos en laboratorio para observar datos experimentales e identificar variables de los mismos, luego se procedió a ejecutar cálculos de ingeniería para su dimensionamiento.

Tomando esto como referencia seleccionamos los principales elementos del equipo como es: un electroimán ubicado en la parte inferior central del equipo, que sirve para controlar la vibración; para el proceso de secado se utilizó resistencias eléctricas de cartucho, ubicado en la parte superior; para determinar el tamaño de la partícula usamos tamices con Mesh de 30, 40 y 60; todos los elementos mencionados están automatizados por medio de controles. El equipo tiene una dimensión de 40cm. de ancho por 50 cm.de alto y además está construido de acero AISI 304 para evitar la corrosión y contaminación de las esporas de hongos.

Fue sometido a pruebas de funcionamiento en los procesos de tamizado y secado, obteniendo el 0.90% de concentración de esporas, comprobándose que el equipo es eficiente y de gran ayuda para la separación de esporas de hongos.

Recomendándose dar mantenimiento preventivo al equipo para su correcto funcionamiento.

SUMMARY

This investigation work deals with designing and constructing a Mixed Equipment of Sieving and drying for the spore separation of Amaranth Fungi and its use as Bio-pesticide carried out at the Biological Sciences Department of the Natural Resources Faculty of the ESPOCH to attain a major production efficiency. In the equipment design, first, the simulation of these processes at the lab was carried out to observe experimental data and identify their variables. Then the engineering calculations were executed for measuring.

With this reference, the main equipment elements such as an electromagnet located at the central lower part of the equipment which serves to control vibration in the sieving process were selected. For the drying process the cartridge electric resistances located at the upper part were used to attain a uniform temperature distribution; for determining the particle size sieving with light of 30, 40 y 60 mesh was used. The equipment has automatic controllers which serve to synchronize processes. Their measurements were: 40cm wide x 50cm high and it is made up of steel AISI 304 to avoid corrosion and spore contamination of fungi.

It was subjected to functioning testing in the sieving and drying processes, resulting in 0.90% spore concentration, showing that the equipment preventive maintenance for its correct functioning.

INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de plaguicidas provoca efectos negativos en el suelo, el agua y el ambiente. Además ha contribuido a aumentar los problemas de plagas debido al desarrollo de resistencia y a la destrucción de los enemigos naturales.

Muchos plaguicidas también afectan la salud de las personas. Para reducir estos efectos se procura la implementación de sistemas agrícolas sostenibles, basados en el conocimiento de las relaciones entre los cultivos, el ambiente y los organismos presentes en el campo. Una de las alternativas es el uso de organismos entomopatógenos, los cuales tienen la capacidad de reducir las poblaciones de plagas.

Existen varios tipos de organismos entomopatógenos, tales como virus, hongos, bacterias y nematodos. Actualmente, se han identificado y estudiado diversas especies de hongos que afectan plagas de cultivos de importancia económica; muchos de ellos son utilizados exitosamente en programas de control biológico. Algunos de estos entomopatógenos son reproducidos masivamente y se venden comercialmente. Entre los hongos de mayor importancia en la agricultura tenemos el *Trichoderma*, *Beauveria*, *Metarhizium* los cuales poseen extrema importancia en el control de ectoparásitos.

Estos tipos de hongos no están en estado puro, sino que siempre se los encuentra mezclado con diversos sustratos (amaranto, arroz) del cual se los obtiene, por tanto la separación de las esporas de hongos libres de sustrato se lo realiza mediante un proceso

de tamizado y secado con recirculación de aire para obtener mayor porcentaje de producto.

Tomando en cuenta estos factores es preciso elaborar una investigación para implementar un proceso de producción de esporas de hongos a nivel de laboratorio ya que en la actualidad el laboratorio de Ciencias Biológicas no cuenta con la maquinaria necesaria para este propósito, por tanto no se puede satisfacer el mercado.

El diseño de un equipo Mixto de Tamizado y Secado que cuente con los sistemas de controles apropiados permitirá satisfacer los requerimientos de capacidad y proporcionar producto con gran porcentaje de pureza desarrollando así un microorganismo eficiente y de calidad.

Para la ejecución de este proyecto se llevo a cabo un estudio de campo en el cual se logro determinar las condiciones actuales en las que se encuentra los diferentes tipos de esporas de hongos, las cuales permitieron encontrar los parámetros que debieron implementarse para satisfacer las necesidades de producción y de mercado.

El diseño y construcción de un equipo Mixto de Tamizado y Secado ayudó a poner en práctica conocimientos adquiridos en las aulas, como es la importancia que tiene la instalación de un sistema de control en función de variables como la temperatura; de la elección de materiales con características específicas para obtener el resultado deseado y el cálculo de análisis granulométrico para este tipo de producto.

ANTECEDENTES

La agricultura por su propia naturaleza es anti ecológica y en parte con el uso y abuso de agroquímicos (incluidos los antibióticos) dirigidos contra plagas y enfermedades, se han originado profundas modificaciones biológicas. Esto se ha adjudicado a la toxicidad y/o amplio espectro de estos productos lo que ha contribuido a una disminución de la biodiversidad y por tanto a una pobre regulación de las poblaciones macro y microbianas. Además, el interés creciente sobre la salud humana, que ha conllevado a fuertes restricciones sobre el uso de plaguicidas químicos, ha hecho necesario implementar estrategias más saludables, insertados en los sistemas de producción orgánica y sistemas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) donde el uso del control biológico, con los bioplaguicidas microbianos incluidos, viene a ofrecer una solución viable.

Actualmente en la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo y, específicamente en la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se encuentra ubicado el Departamento de Ciencias Biológicas encargado de la investigación y producción de microorganismos para el control biológico en la agricultura, constituyéndose de este modo en un pionero en el mercado ecuatoriano. A base de mucho trabajo, esfuerzo y dedicación ha ido ganando importancia en los últimos años debido a la calidad y al servicio que presta a los clientes. Esto se ha logrado gracias a la colaboración del personal que trabaja en el mismo.

El Departamento empezó a funcionar el año 2002, actualmente cuenta con personal formado por: un director, un coordinador de laboratorio, dos investigadores

microbiológicos, y dos tesistas, los cuales trabajan en el horario de 7h30 am a 16h00 pm de lunes a viernes.

Las actividades que tienen lugar en este departamento son entre otras; docencia dado que se realizan prácticas de laboratorio, investigación microbiológica, producción de microorganismos benéficos para las plantas, asesoramiento y capacitación a personas de otras universidades nacionales e internacionales sobre microbiología de suelos, aguas, y obtención de *Actinomicetes*.

Tiene una producción mensual de 30 kg de microorganismos para control de plagas y enfermedades de cultivos como: papa, tomate, fríjol, fresa, mora, flores, tomate de árbol, pino, banano, maíz, entre otras.

No existen estudios previos en relación a equipos de Tamizado y Secado, por tanto es necesaria la construcción de un separador de esporas de hongos que cumpla con los requerimientos de producción requeridos, convirtiéndose así en una alternativa más económica frente a una posible compra del equipo, debido a la creciente demanda de microorganismos para control biológico.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad prevalecen los productos a base de microorganismos o metabolitos de estos, que tienen las ventajas, en contraposición con muchos químicos, de una mayor seguridad al hombre, vertebrados e invertebrados y mayor especificidad por lo que su impacto es menor sobre la biodiversidad.

Su baja residualidad y en general una menor probabilidad de desarrollo de resistencia por parte del organismo debido a su complejo modo de acción los hacen muy atractivos y usados para sustituir los insecticidas que son los más controvertidos debido a los indeseables efectos ambientales que ocasionan sobre la fauna silvestre, estos insecticidas químicos han sido prohibidos, o son estrictamente controlados en la mayoría de los países; además con efectos toxicológicos en el hombre, y aunque esenciales para la agricultura moderna, el abuso de estos productos puede ser nocivo para las plantas, los cultivos y el suelo.

Por tanto, los productos a base de hongos van tomando un lugar importante en la agricultura por el desarrollo de resistencia a las condiciones del medio, y por la capacidad de sintetizar toxinas que son utilizadas en el ciclo de las relaciones patógeno-hospedero.

También el uso de hongos entomopatógenos ha revolucionado el control de enfermedades de naturaleza fúngica en plantas, y se está investigando activamente en el efecto contra otros patógenos, debido a la capacidad de estos hongos de estimular el crecimiento de las plantas y activar los mecanismos de defensa locales y sistémicos, lo

que hace posible su uso a una escala mucho más amplia. En este caso también se está investigando en el desarrollo de plantas transgénicas con la incorporación de genes de estos hongos para lograr resistencia de amplio espectro contra patógenos. Sin embargo, su impacto en los agros ecosistemas es muy bajo y son fáciles de registrar.

Debido la creciente demanda de este producto en el Laboratorio de Ciencias Biológicas se ha visto obligado a optimizar el proceso de producción, ya que actualmente no cuenta con la capacidad y tecnología necesaria para atender el mercado; razón por la cual se ha propuesto el Diseño y Construcción de un Equipo mixto de Tamizado y Secado para la Separación de Esporas de Hongos (*Trichoderma*, *Beauveria*, *Metarhizium*) del Amaranto y su uso como Bioplaguicida, para satisfacer los requerimientos de capacidad y proporcionar una recolección eficiente y con menos pérdidas.

OBJETIVOS:

General:

- Realizar el diseño y construcción de un Equipo mixto de Tamizado y Secado para la Separación de Esporas de Hongos (*Trichoderma*, *Beauveria*, *Metarhizium*) del Amaranto para su uso como Bioplaguicidas.

Específicos:

- Identificar las variables del proceso (humedad, temperatura, granulometría, tiempo) presentes en el diseño del equipo separador de esporas.
- Realizar cálculos de ingeniería para la construcción del equipo separador de esporas de hongos
- Dimensionar un equipo de separación para la obtención de Esporas de Hongos.
- Construir el equipo de separación para la obtención de Esporas de Hongos.

CAPITULO I.

MARCO TEORICO

CAPITULO I.

1. MARCO TEORICO.

HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

“Son organismos heterótrofos (falta de fotosíntesis), que poseen células quitinizadas, normalmente no móviles.

El inicio de la infección se realiza por germinación de las esporas del hongo sobre el tegumento del individuo plaga. La dispersión de las esporas se realiza por contaminación ambiental a través del viento, la lluvia e incluso individuos enfermos al entrar en contacto con otros sanos.

Normalmente son especies específicas o de amplio espectro de hospedantes (insectos y ácaros). El hongo sale del insecto enfermo a través de las aperturas (boca, ano, orificios de unión de los tegumentos y artejos) y en el exterior forma sus estructuras fructíferas y las esporas.

Los individuos enfermos no se alimentan, presentan debilidad y desorientación y cambian de color, presentando manchas oscuras sobre el tegumento, que se corresponden con las esporas germinadas del hongo.

Normalmente, los hongos, son entopatógenos de acción lenta. Algunos atacan a gran cantidad de especies distintas de insectos. Pero estos productos dependen generalmente de las condiciones ambientales de temperatura (25° C) y de elevada humedad relativa para que su desarrollo y acción patógena sea la adecuada. Se suelen comercializar en preparados a base de esporas que deben estar en agua unas 24 horas antes de su aplicación.

Comercialmente destacan los siguientes hongos entomopatógenos:

- *Beauveria bassiana*: Coleópteros.
- *Verticillium lecanii*: Áfidos, moscas blancas y tisanópteros.
- *Metarrhizium anisopliae*: Homópteros, en general”¹

1.1.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS (HEP).

1.1.1.1 Ventajas de los HEP

- **“Especificidad:** parasitan sólo una especie o un grupo de especies muy relacionadas, sin afectar especies que no son plaga ni a los enemigos naturales.

¹ **Hongos entomopatógenos**

<http://www.monografias.com/trabajos905/aislamientos-hongos-entomopatogenos/aislamientos-hongos-entomopatogenos.shtml>



Fig. 1.1.1.1-1 Larva de gusano blanco (*Hylamorpha elegans*) parasitada por *Metarhizium anisopliae*.

- **Persistencia:** si el entomopatógeno encuentra las condiciones adecuadas para parasitar a su hospedero, se reproduce y renueva en forma continua, haciendo innecesarias nuevas aplicaciones.
- **Compatibilidad:** se puede aplicar mezclas de HEP o bien, combinaciones de entomopatógenos con dosis subletales de insecticidas para lograr efectos superiores a los logrados con aplicaciones por separado de cada producto.
- **Inocuidad ambiental:** no contaminan el medioambiente ni afectan al hombre y otros animales superiores.

1.1.1.2 Desventajas de los hongos Entomopatógenos

- **Factores ambientales:** son sensibles a temperaturas extremas, desecación y luz ultravioleta. Estas limitantes están siendo contrarrestadas mediante el uso de aditivos (protectores solares, aceites, anti desecantes).



Fig. 1.1.1.2-1 Larva de chape (*Caliroa cerasi*) parasitado por *Beauveria bassiana*.

- **Almacenamiento:** requieren de condiciones de almacenamiento más exigentes que las moléculas inorgánicas. En años recientes, se ha reportado períodos de almacenamiento de 7 años, conservando su viabilidad y capacidad infectiva.
- **Menor velocidad de acción:** en general, los biopesticidas no matan instantáneamente. Alcanzan buenos niveles de control entre una y tres semanas, después de la aplicación, dependiendo de la plaga y del ambiente Sin embargo, el insecto deja de alimentarse mucho antes de morir, disminuyendo el daño.

1.2 HONGOS DE GÉNERO *Trichoderma*.

“El género *Trichoderma* está compuesto por hongos que se encuentran presentes en forma natural, en casi todos los suelos y habitad del planeta. Es un Deutoromiceto perteneciente al grupo de los Hifomicetos, y se caracteriza porque se desarrolla rápidamente y emite gran cantidad de esporas verdes. Es un hongo que frecuentemente se encuentra sobre madera y tejidos vegetales en descomposición.

Es un organismo dominante en los suelos, debido a su naturaleza agresiva y su capacidad metabólica para competir con la abundante micro flora circundante.

Los hongos de género *Trichoderma* producen diversas enzimas hidrolíticas y moléculas con actividad antibiótica que les permiten controlar biológicamente la actividad de los parásitos de plantas.”²

1.3 HONGOS DE GÉNERO *Beauveria Bassiana*.

“Es un hongo que crece de forma natural, se localiza en el suelo, aunque se puede reproducir o cultivar en el laboratorio ya que es un hongo saprófito facultativo. Pertenece al orden deuteromiceto, la reproducción es asexual por conidios, presenta un micelio de color blanco cremoso producto a las esporas. Las larvas infectadas se tornan de color blanco o gris. La *Beauveria* es utilizada como bioinsecticida en algunos países.

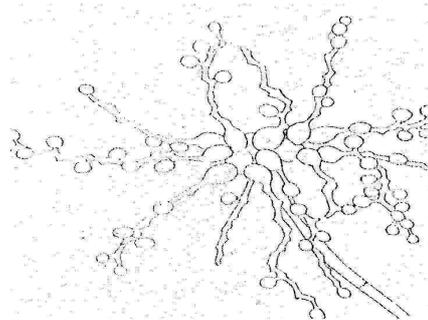


Fig. 1.3-1 Características microculturales de *Beauveria bassiana*.

² Hongo de género *Trichoderma*

[http://www.monografias.com/trabajos15/hongo *Trichoderma*.html](http://www.monografias.com/trabajos15/hongo%20Trichoderma.html)

Tiene una lista extensa de hospederos que incluye a moscas blancas, áfidos, saltamontes, termitas, escarabajos, gorgojos, chinches, hormigas y mariposas. Incluso se ha encontrado infectando los pulmones de roedores silvestres y en los orificios nasales del ser humano. Desafortunadamente, enemigos naturales como las mariquitas también son susceptibles.

El hongo *Beauveria*, es uno de los patógenos más importantes que afectan insectos, ha sido recuperado de muchos insectos del orden Coleóptera, Lepidóptera y Homóptera y probablemente ataca a todos los artrópodos”.³

1.4 HONGOS DE GÉNERO *Metarhizium Anisopliae*.

“El *Metarhizium anisopliae* es un hongo natural que podría ser una opción no química para los apicultores que buscan maneras de controlar el ácaro.

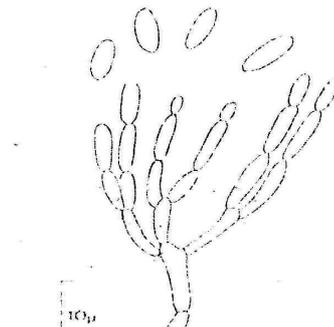


Fig. 1.4-1 Características microculturales de *Metarhizium anisopliae*.

³ Hongo de Género *Beauveria Bassiana*

<http://es.wikipedia.org/wiki/beauveria.%C3%B3n>

El *Metarhizium anisopliae*, antes conocido como *Entomophthora anisopliae*, es un hongo que crece naturalmente en los suelos en todo el mundo y es causa de diversas enfermedades en los insectos que actúan como un parásito, que por lo tanto pertenece a los hongos entomopatógenos.

En la actualidad está siendo utilizado como un insecticida biológico para el control de una serie de plagas como saltamontes, las termitas, trips, etc. y su utilización en el control de los mosquitos que transmiten el paludismo el cual está bajo investigación”.⁴

1.5 AMARANTO.

“En las épocas precolombinas, hace más de 500 años, una semilla conocida como Huautli, actualmente amaranto o alegría, era uno de los alimentos básicos en América, casi tan importante como el maíz y el frijol.



Fig. 1.5.1-1 Planta de amaranto

La diseminación de este alimento altamente nutritivo en la agricultura mundial tuvo que esperar a su "descubrimiento" por la ciencia del siglo XX. Hoy en día el cultivo de amaranto está tomando un gran auge, ya que se están redescubriendo sus grandes

⁴ **Bioplaguicidas**

<http://es.wikipedia.org/wiki/bioplaguicidas>

propiedades. Aparte de producirse en países tradicionales como México, Perú o Bolivia ya hay otros que se han puesto manos a la obra como China, Estados Unidos o la India. El Lejano Oriente es donde más ha sido utilizado.

El amaranto tiene grano; el cual una vez limpio y seco puede ser guardado durante muchos años. Este grano, forma parte del grupo de cereales; con características nutricionales muy valiosas, tiene un alto contenido de proteína mayor que el de otros cereales como el maíz y el trigo; es rico en hidratos de carbono; contiene poca grasa y es rico en fósforo, calcio, potasio y magnesio.

1.6 TAMIZADO

“Es un proceso intermitente que se aplica casi exclusivamente para fines de pruebas. Se realiza haciendo pasar al producto sobre una superficie provista de orificios del tamaño deseado.

El equipo puede estar formado por barras fijas o en movimiento, por placas metálicas perforadas, o por tejidos de hilos metálicos. Consiste en la separación de una mezcla de partículas de diferentes tamaños en dos o más fracciones, cada una de las cuales estará formulado por partículas de tamaño más uniforme que la mezcla original.



Fig. 1.6-1 Tamiz tipo Vaivén

El tamizado en seco se aplica a materias que contienen poca humedad natural o que fueron desecadas previamente. El tamizado en húmedo se efectúa con adición de agua al material en tratamiento, con el fin de que el líquido arrastre a través del tamiz a las partículas más finas.

Las propiedades físicas y químicas de los sólidos varían en función de su distribución granulométrica. Por esta razón, para poder efectuar controles de calidad en polvos y granulados, es imprescindible conocer la distribución por tamaño de las partículas en los mismos. Sólo si la distribución granulométrica se mantiene igual, puede garantizarse una calidad constante del producto.

En la industria en general, se utilizan un sin número de sustancias sólidas como materia prima en muchos procesos, y en algunos el producto es sólido. Por ejemplo, en la industria de producción de cal, la materia prima es la piedra caliza, la cual es de muy grandes proporciones y es necesario tenerla en formas más pequeñas, de modo que sea más fácil el manejo de la misma.

Por esta razón, resulta necesaria la utilización de equipos que provean partículas pequeñas de sólidos, a partir de unas más grandes”.⁵

⁵ **Tamizado**

<http://nelsoncobba.blogspot.com/2008/04/tamizado.html>

1.6.1 EQUIPOS INDUSTRIALES PARA EL TAMIZADO

1.6.1.1. *Rastrillos.*

“Se utiliza mucho para tamizado de grandes tamaños, en especial los superiores a 2,5 cm. Están contruidos simplemente por un grupo de barras paralelas, separadas en sus extremos mediante espaciadores. Las barras pueden estar dispuestas horizontalmente o hallarse inclinadas en sentido longitudinal, de 20° a 50° sexagesimales sobre la horizontal, según la naturaleza del material a tratar.

1.6.1.2. *Tamices fijos.*

Se construyen con placas metálicas perforadas, así como también con tejidos metálicos que suelen disponerse en ángulo hasta de 60° sexagesimales con la horizontal.

Estos tamices se usan en las operaciones intermitentes de pequeña escala, tales como el cribado de la arena, grava o carbón, para lo cual se proyecta el material sobre el tamiz. Cuando hay que tratar un elevado tonelaje, las cribas fijas se reemplazan por las vibratorias.



Fig. 1.6.1.2-1 Tamices Fijos

1.6.1.3. Tamices vibratorios.

Se utilizan para grandes capacidades. El movimiento vibratorio se le comunica al tamiz por medio de levas, con una excéntrica y un volante desequilibrado, o mediante un electroimán. El tamiz puede poseer una sola superficie tamizante o llevar dos o tres tamices en serie.



Fig. 1.6.1.3-1 Tamices Vibratorios

1.6.1.4. Tamices oscilantes.

Se caracterizan por una velocidad relativamente pequeña (300 a 400 oscilaciones por minuto) en un plano esencialmente paralelo al del tamiz. La criba lleva un tamiz que se mueve en un vaivén mediante una excéntrica y otro mecanismo enlazado al único soporte del tamiz, que suele ser una barra vertical que sostiene a la caja del mismo.

Constituye el tipo más barato de tamiz que ofrecen los constructores, y se aplica para trabajos intermitentes o discontinuos.

1.6.1.5. Tamices de vaivén.

Se propulsan mediante una excéntrica montada en el lado de la alimentación. El movimiento varía desde el giratorio de casi 50 mm de diámetro, en el extremo de alimentación, hasta 1 de vaivén en el extremo o de descarga. Estos tamices suelen tener una inclinación de unos 5° sexagesimales, dando al tamiz un movimiento perpendicular a las del tamizado, de casi 2,5 mm. Bajo la superficie activa del tamiz y mediante las bolas de caucho localizadas en determinadas zonas se consigue además, otra vibración.

Este equipo está muy generalizado se usa mucho para el tamizado de productos químicos secos hasta el tamaño correspondiente a casi 30 mallas.



Fig. 1.6.1.5-1 Tamices de Vaivén

1.6.1.6. Tamiz rotatorio (Tromel).

Está formado por un tamiz de forma cilíndrica o tronco – cónica, que gira sobre su eje. Pueden disponerse varios tambores en serie, de modo que el tamizado del primero pase luego al segundo y de éste al tercero, etc. Generalmente la mejor velocidad de trabajo es de 0,33 a 0,45 veces la crítica.

1.6.1.7. Devanaderas o cedazos giratorios.

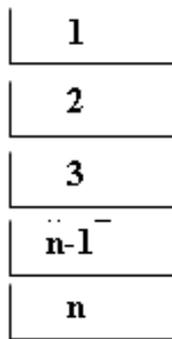
Consisten en tamices de velocidades algo elevadas. Se utilizan tanto en la industria harinera, como en las que manejan otros casos de materiales ligeros, secos y no abrasivos.

1.7.2 SERIE DE TAMICES TYLER.

Esta es una serie de tamices estandarizados usados para la medición del tamaño y distribución de las partículas en un rango muy amplio de tamaño. Las aberturas son

cuadradas y se identifican por un número que indica la cantidad de aberturas por pulgada cuadrada.

Una serie de tamices patrón muy conocidas es la serie de **Tamices Tyler**. Esta serie se basa en la abertura del tamiz 200, establecida en 0,0074cm y enuncia que "el área de la abertura del tamiz superior es exactamente el doble del área de la abertura del tamiz inmediato inferior. Matemáticamente nos queda:



$$D_{20n-1} = \sqrt{2D_{20n}}$$

Fig. 1.7.2-1 Serie de Tamices Tayler

Una forma de expresar los tamices es, por ejemplo, 20/28 que indica que los sólidos pasan por el tamiz número 20 y se retienen en el tamiz 28. En el mismo orden de ideas, si solo se nombra el tamiz con un número es decir, 28 solo significa que los sólidos se retienen en ese tamiz.

1.7.3 FRACCIÓN MÁSCICA Y ACUMULATIVA.

La fracción másica y acumulativa son dos términos necesarios para poder definir y realizar los diferentes cálculos que se deben hacer en un análisis por tamizado

(granulométrico) de partículas. La fracción másica se denota como $\Delta\theta$, representa la relación entre la cantidad de muestra en un tamiz y la cantidad total de la muestra; su fórmula es:

$$\Delta\theta_n = \frac{\text{masa del tamiz } n}{\text{masa total}}$$

Ecu. 1.7.3-1

La fracción acumulativa nos es más que la suma de las fracciones másicas por lo que:

$$\theta_n = \Delta\theta_n + \theta_{n-1}$$

Ecu. 1.7.3-2

1.7.4 ANALISIS GRANULOMÈTRICO.

De los distintos métodos existentes para realizar el análisis granulométrico, quizá el más utilizado sea la tamización con tamices acoplados en cascada. Para realizarlo se coloca un juego de tamices en cascada, es decir, ordenados de arriba abajo por orden decreciente de luz o abertura de malla. El producto a analizar se añade sobre el primer tamiz, es decir aquel de abertura de malla mayor y se somete el conjunto a un movimiento vibratorio.

El producto a analizar o producto bruto, B, queda distribuido en diferentes fracciones según el tamaño de partícula denominándose:

- **RETENIDO:** Producto que queda sobre el tamiz.

- **CERNIDO:** Producto que atraviesa el tamiz.

En una tamización en cascada el cernido de un tamiz constituye la alimentación del siguiente, por tanto se obtienen tantos retenidos como tamices constituyan la cascada y un solo cernido, constituido por el producto que atraviesa las mallas del último tamiz o tamiz de abertura de malla más pequeña.

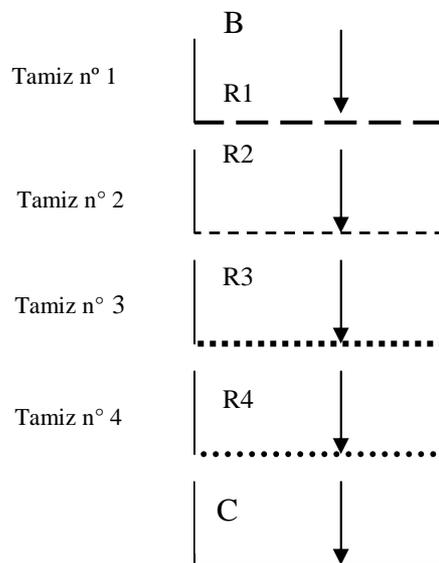


Fig. 1.7.4-1 Tamices Acoplados en Cascada

Teóricamente se debe cumplir que $B = A + R$, siendo **B** la cantidad a analizar o producto bruto, **A** el cernido o acumulado y **R** la suma de todos los rechazos o retenidos del peso total de la muestra.

Conociendo los datos de cada una de las fracciones retenidas en los diferentes tamices se pueden establecer una serie de índices de gran interés en análisis granulométrico por tamización:

1.7.4.1 Porcentaje de Cernido

Es el producto que atraviesa el tamiz, y se define como la diferencia entre 100 y % de retenido acumulado:

$$\% \text{ Cernido} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

Ecu. 1.7.4.1-1

1.7.4.2 Porcentaje de Retenido

Del peso total de la muestra

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

Ecu. 1.7.4.1-2

Siendo $\% \text{ Cernido} + \% \text{ Acumulado} = 100$

1.7.4.2 Diámetro medio.

De las partículas retenidas entre dos tamices consecutivos, se expresa como la media aritmética de la abertura de malla (I_i) de las mismas:

$$D_2 = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

$$D_2 = \frac{I_2 + I_3}{2}$$

Ecu. 1.7.4.2-1

1.7.5 DIAGRAMAS GRANULOMÉTRICOS.

Es frecuente expresar los resultados del análisis granulométrico representándolos gráficamente. Los más utilizados son el Distributivo o Secuencial y el Acumulado.

1.7.5.1 Diagrama Distributivo o Secuencial.

Se obtienen representando en un eje de coordenadas los porcentajes que quedan retenidos en cada tamiz, frente a los diámetros medios.

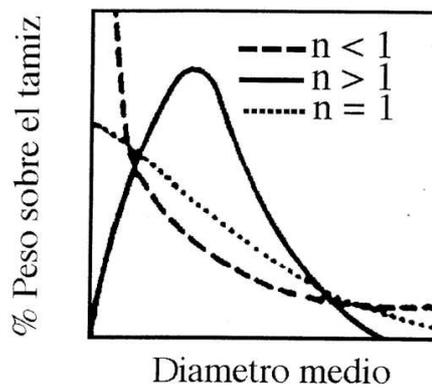


Fig. 1.7.5.1-1 Diagrama Distributivo o Secuencial

1.7.5.2 Diagrama Acumulado.

Pueden referirse a rechazos o a cernidos y se obtienen representando los porcentajes acumulados frente al diámetro medio de las partículas.

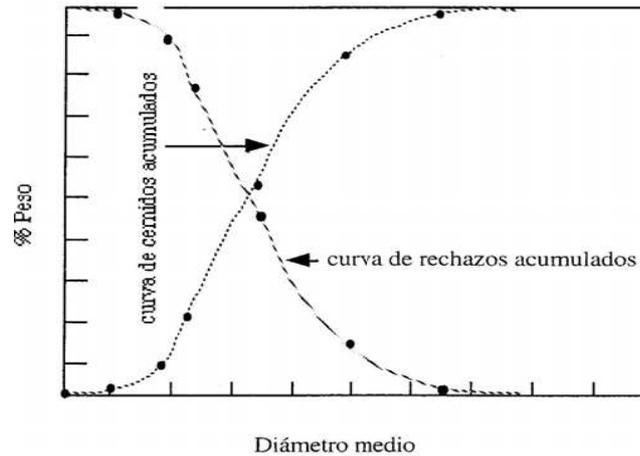


Fig. 1.7.5.2-1 Diagrama Acumulado

1.8 SECADO DE SÓLIDOS.

El secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones y con frecuencia, el producto que se extrae de un secador para empaquetado.

La dificultad de los medios mecánicos surge cuando los productos finales y gran número de productos intermedios deben cumplir especificaciones rigurosas en cuanto a la humedad final.

La operación de secado es una operación de transferencia de masa de contacto gas-sólido, donde la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, en base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa. Cuando estas dos

presiones se igualan, se dice que el sólido y el gas están en equilibrio y el proceso de secado cesa.

El mecanismo del proceso de secado depende considerablemente de la forma de enlace de la humedad con el material: cuanto más sólido es dicho enlace, tanto más difícil transcurre el secado. Durante el secado el enlace de la humedad con el material se altera.

Las formas de enlace de la humedad con el material se clasifican en: químico, físico-químico y físico- mecánico.

1.8.1 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SECADO.

El contenido de humedad de una materia suele expresarse como porcentaje en peso respecto al material seco. Un sólido expuesto al aire a una determinada humedad y temperatura pierde o gana agua hasta alcanzar unas condiciones de equilibrio; el grado de humedad, en el equilibrio, depende de las características del material.

1.8.1.1 Humedad de un sólido.

Es el peso de agua que acompaña a la unidad de peso de sólido seco.

1.8.1.2 Humedad de equilibrio.

Es la humedad alcanzada por un sólido en equilibrio con una masa de aire a una determinada temperatura y humedad. También, es el límite de humedad que puede alcanzar un sólido en contacto con una masa de aire. Si la humedad del sólido es mayor que la humedad de equilibrio, el sólido se seca; si es menor, el sólido capta agua hasta la humedad de equilibrio.

1.8.1.3 Humedad libre.

Es el exceso de humedad de un sólido, respecto a la humedad de equilibrio, en contacto con una determinada masa de aire. Es la humedad que puede perder un sólido después de un contacto prolongado con el aire.

1.8.1.4 Humedad ligada.

Es la humedad de equilibrio de un sólido en contacto con una masa de aire de humedad relativa del 100 %. También, la humedad mínima necesaria para que el sólido deje de comportarse como higroscópico.

1.8.1.5 Humedad desligada.

Es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad ligada, ó la humedad libre del sólido en contacto con aire saturado. El sólido se comporta como sólido húmedo.

1.8.1.6 Sólido húmedo.

Es aquel cuya presión de vapor del agua contenida en él es igual a la del agua pura a la misma temperatura. El sólido húmedo es totalmente inerte para el agua que le acompaña.

1.8.1.7 Sólido higroscópico.

El agua tiene una presión de vapor menor que la del agua pura a la misma temperatura; el cuerpo higroscópico modifica la tensión de vapor del agua que está ocluida en sus poros o entre las partículas del mismo.

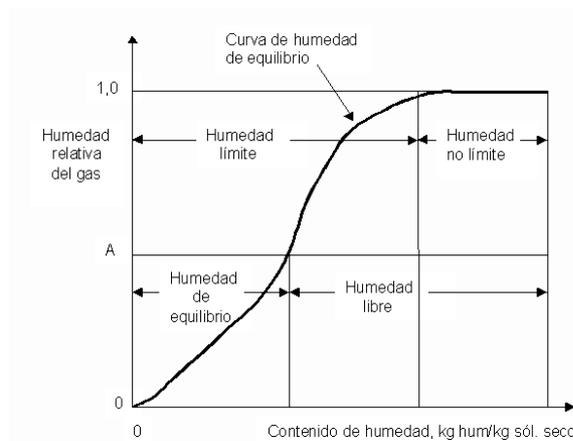


Fig. 1.8.1.7-1. Tipos de humedades

1.8.3 ECUACION QUE DEFINE EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA.

Contenido de humedad, base seca: x

$$\frac{\text{kg material}}{\text{Kg sólido seco}} + 100$$

Ecu. 1.8.3-1

1.8.9 EQUIPOS INDUSTRIALES DE SECADO.

Los equipos industriales de secado se pueden diferenciar teniendo en cuenta aspectos de funcionamiento o características del material como:

- Temperatura y presión en el secadero.
- Método de calefacción.
- Medio por el que es transportado el material a través del secadero.
- Dispositivos para mejorar el secado.
- Método de conseguir la circulación del aire.
- Forma de sostener el material húmedo.

A continuación se describen algunos de los modelos de secadero industriales más importantes.

1.8.9.1 Secaderos de bandejas.

Es un secadero que se emplean para secar material granular, su funcionamiento es discontinuo y permiten calefacción directa (aire que circula sobre el material) y calefacción indirecta (bandejas calentadas).

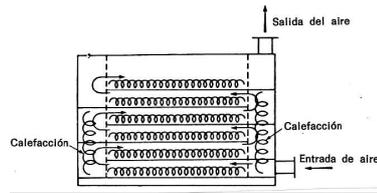


Fig. 1.8.9.1-1 Secaderos de bandejas

1.8.9.2 Secaderos de túnel.

Consiste en una serie de bandejas o carretillas que se desplazan lentamente a través de un largo túnel, el secado se produce por una corriente de aire caliente. El funcionamiento es continuo y con calefacción directa.

1.8.9.3 Secadero de cinta transportadora perforada.

El funcionamiento es continuo y con circulación transversal del aire. El material se dispone en capas de 3 - 15 cm de espesor, se transporta en cintas metálicas perforadas, a través de la cámara de secado.

1.8.9.4 Secaderos de tornillo sinfín.

Es un secadero continuo de calefacción indirecta. Consiste en un transportador horizontal de tornillo sinfín, montado dentro de una carcasa cilíndrica encamisada, que permite una calefacción indirecta.

1.8.9.5 Secaderos rotatorios.

Son secaderos continuos y con una elevada producción (2-25 Tm/m²h). Tienen calefacción directa y con sistema de agitación continua de los sólidos. Se emplea para el secado de productos granulados como sal, azúcar y sales inorgánicas en general.

1.8.10 CURVA DE SECADO.

Con los datos obtenidos durante la prueba de secado o sea de la variación de la humedad con el tiempo, puede hacerse un gráfico de contenido de humedad en función del tiempo. Este será útil para la determinación directa del tiempo necesario en el secado discontinuo de grandes partidas bajo las mismas condiciones de secado.

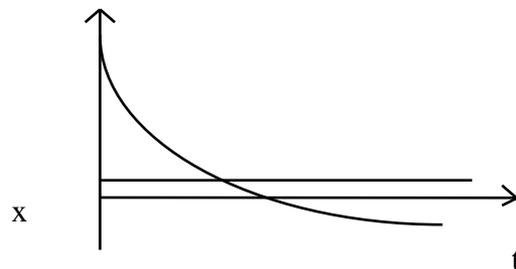


Fig. 1.8.10-1 Curva de secado

1.9 VIBRACIONES POR DESBALANCEO.

1.9.1 Tipos de Vibración

La razón principal para analizar y diagnosticar el estado de una maquina es determinar las medidas necesarias para corregir las condiciones de vibración – reducir el nivel de

las fuerza vibratorias no deseadas y no necesarias. De manera que al estudiar los datos, el interés principal deberá ser la identificación de las actitudes predominantes de la vibración, la determinación de las causas y la corrección del problema que ellos representan.

1.9.1.1 Vibración de vida al desbalanceo.

El desbalanceo de la maquina es una de las causas más comunes de la vibración. En muchos casos, los datos arrojados por un estado de desbalanceo inicial.

1. La frecuencia de vibración se manifiesta en 1x las rpm de la velocidad de giro del eje – rotor desbalanceo
2. La amplitud es proporcional a la cantidad del desbalanceo
3. La amplitud de la vibración es normalmente mayor en el sentido de medición radial horizontal o vertical (en las maquinas con ejes horizontales)
4. El análisis de fase indica lecturas de fases estables
5. La fase se desplazara 90 grados si se desplaza el captador 90 grados

NOTA: El desbalanceo de un rotor en voladizo o saliente es decir montado directamente en la punta de los ejes, a menudo tiene como resultado una gran amplitud de la vibración en sentido axial, al mismo tiempo que en sentido radial.

1.9.2 FUERZA SOBRE LOS MATERIALES FERROMAGNÉTICOS.

Calcular la fuerza sobre materiales ferros magnéticos es, en general, bastante complejo.

Esto se debe a las líneas de campo de contorno y a las complejas geometrías. Puede simularse usando análisis de elementos finitos. Sin embargo, es posible estimar la fuerza máxima bajo condiciones específicas.

Si el campo magnético está confinado dentro de un material de alta permeabilidad, como es el caso de ciertas aleaciones de acero, la fuerza máxima viene dada por:

$$F = \frac{B^2 A}{2\mu_0}$$

Ecu. 1.9.2-1

Donde:

F = fuerza en newton.

B = campo magnético en teslas

A = área de las caras de los polos en m².

μ_0 = es la permeabilidad del espacio libre.

En el caso del espacio libre (aire), $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$ siendo la fuerza por unidad de área (presión):

$P = 398 \text{ kPa}$, para $B = 1 \text{ tesla}$

$P = 1592 \text{ kPa}$, para $B = 2 \text{ teslas}$

En un circuito magnético cerrado:

$$B = \frac{\mu NI}{L}$$

Ecu. 1.9.2-2

Donde:

N es el número de vueltas del cable en torno al electroimán;

I es la corriente en amperios;

L es la longitud del circuito magnético.

Sustituyendo, se obtiene:

$$F = \frac{\mu N^2 I^2 A}{2L^2}$$

Ecu. 1.9.3-3

Por su fuerza se usan para levantar contenedores de más de 25 Toneladas más el peso de la carga y vehículos. La mayoría de los materiales ferro magnéticos se saturan sobre 1 a 2 teslas.

1.9.3 VIBRACIONES MECÁNICAS.

Una *vibración mecánica* se produce cuando un sistema mecánico que posee masa y elasticidad está sometido a movimientos alternativos en un tiempo definido. Los términos más importantes relacionados con vibración son:

- El período es el tiempo en que se produce una vibración.
- Un ciclo es cada repetición de cada movimiento (oscilación) completa durante un intervalo de tiempo igual al período.
- La frecuencia es el número de ciclos por unidad de tiempo.
- Las vibraciones libres ocurren en un sistema cuando sobre éste actúan fuerzas externas.
- La frecuencia natural es la frecuencia de un sistema cuando es sometido a vibraciones libres.
- Resonancia es el fenómeno que ocurre cuando la frecuencia de la vibración forzada coincide con la frecuencia natural del sistema.

Matemáticamente se definen principalmente tres tipos de modelos para el estudio de vibraciones:

- Movimiento armónico simple.
- Movimiento vibratorio amortiguado.
- Movimiento vibratorio forzado.

1.9.4 RESISTENCIAS ELÉCTRICAS TIPO CARTUCHO.

Son resistencias de forma cilíndrica, cuyas conexiones salen por un extremo y su función principal es el calentamiento de bloques metálicos. Se distinguen dos tipos de cartuchos, los de alta carga y los de baja carga:



Fig. 1.9.4-1 Resistencias Eléctricas

- Cartuchos de alta carga: Estos elementos de calefacción permiten la aplicación de altas temperaturas, de hasta 750°, en espacios pequeños así como su utilización en condiciones adversas de trabajo.
- Cartuchos de baja carga: al contrario que los de alta carga, estos cartuchos alcanzan una temperatura aproximada de 300° y no permiten vibraciones, golpes constantes o temperaturas constantes de trabajo.

1.10 Cálculo del espesor del material.

“Para determinar el espesor del material se considera “la ley de Hooke la cual enuncia que para un material cuya curva tensión-deformación es similar a la del Anexo II resulta evidente que la relación entre la tensión- deformación es lineal para los valores relativamente bajos de la deformación. Esta relación lineal entre el alargamiento y la fuerza axial que lo produce (pues cada una de estas cantidades difiere solo en una constante de la deformación y la tensión, respectivamente) es conocida como ley de Hooke”.

La tensión de trabajo del acero AISI 304 se calcula en función de:

$$T_t = \frac{P_o r}{e}$$

Ec: 1.10-1

Donde:

T_t = Tensión de trabajo

P_o = Presión (kgf / cm^2).

e = espesor (cm)

La máxima deformación que soporta el acero en condiciones de esterilización se determina mediante la tensión última del acero que se encuentra en tablas y la tensión de trabajo; así:

$$\varepsilon = \frac{T_{\max}}{T_t}$$

Ec: 1.10-2

Uno de los requisitos para asegurar que el material tolera las condiciones de presión es que la $T_{\max} \gg T_t$.⁶

1.11 Análisis de Costos.

⁶ NASH A WILLIAM., Resistencia de materiales. Mc Graw-Hill, México, 1896, pp: 3-4.

Para conocer los costos involucrados en el diseño y construcción de un fermentador se requiere realizar un estudio de costos el cual considera tanto los gastos fijos como variables que han intervenido; para ello se requiere establecer:

a) Recursos Humanos; en donde se detalla la mano de obra requerida para la construcción del equipo fermentador.

b) Recursos materiales; todos aquellos elementos involucrados en la construcción física del equipo.

1.11.1 Costos fijos.

El costo fijo hasta el mes de julio del 2008 esta dado por:

$$C_f = C_m + C_H$$

Ecu. 1.11.1

Donde:

C_f = Costo Fijo

C_m = Costo de recursos materiales

C_H = Costo de recursos humanos

1.11.2 Costos de operación.

Relacionados con el funcionamiento en si del equipo, considera otros parámetros de operación como mantenimiento y arranque del equipo.

$$C_p = C_e + C_u + C_m$$

Ecu. 1.11.2

Donde:

C_p = Costo de operacionabilidad.

C_e = Costo de arranque del equipo.

C_u = Costo de funcionamiento.

C_m = Costo del mantenimiento.

1.11.3 Costo total.

El costo esta dado por la sumatoria entre los costos fijos y los costos de operacionabilidad.

$$C_T = C_f + C_p$$

Ec: 1.11.3-1

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL.

En la actualidad no se utiliza ningún proceso para la separación de esporas de hongos a nivel de laboratorio es por eso que resulta necesario la construcción de un equipo que permita cumplir con los requerimientos de producción y capacidad.

2.1 MUESTREO.

Se realiza un muestro aleatorio del amaranto que contiene las esporas de género *trichoderma* con el fin de determinar el tipo de esferas de las esporas mediante el uso de tamices de diferente diámetro, además con el muestreo logramos obtener resultados analíticos fiables que serán de gran ayuda en el proceso investigativo.

2.2 METODOLOGIA.

2.2.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS.

2.2.2.1. Métodos.

El estudio de este proyecto de investigación tiene un carácter explicativo y experimental de tal forma que permita responder los distintos fenómenos a analizarse durante el

proceso de extracción para la obtención de esporas de hongos del sustrato del cual lo contiene.

El método a utilizarse es una guía de procedimientos, producto de la reflexión, que provee pautas lógicas generales para desarrollar y coordinar operaciones destinadas a la consecución de objetivos intelectuales o materiales del modo más eficaz posible.

Entre los métodos a utilizarse se tiene:

Inductivos: Involucran aquellos procedimientos que van de lo simple a lo compuesto, es decir, de las partes al todo, se caracterizan porque tienen una síntesis. Y consiste en: recopilar varios datos como humedad, temperatura y tiempo para emplearlos en el diseño de un separador de esporas que permita la separación de las esporas libre del sustrato del cual lo contiene, yendo así de lo particular a lo general, de los hechos individuales a las generalizaciones.

Deductivos: Están basados en la descomposición del todo en sus partes va de lo general a lo particular y se caracteriza porque contiene un análisis. Parte de generalizaciones ya establecidas, de reglas, leyes o principios para resolver problemas particulares o efectuar demostraciones con algunos ejemplos, así en nuestro caso es el proceso de tamizado el cual permite la separación de las esporas de hongos.

Experimental. El método experimental ha sido uno de los que más resultados han dado. Aplica la observación de fenómenos, que en un primer momento es sensorial. Con el pensamiento abstracto se elaboran las hipótesis y se diseña el experimento con el fin de

reproducir el objeto de estudio, controlando el fenómeno para probar la validez de las hipótesis.

- **Observación Científica.**- es el propio de las ciencias descriptivas. Es la observación de una parte limitada del universo o población que constituye la muestra. Anotación de lo observable, posterior ordenamiento, tabulación y selección de los datos obtenidos, para quedarse con los más representativos.
- **Método de la Medición.**- A partir del cual surge todo el complejo empírico-estadístico. Mostrándonos de esta manera la relación entre el tiempo y la velocidad del proceso de tamizado así la eficiencia de nuestro separados de esporas.

2.2.2.2. Técnicas.

La técnica utilizada para la determinación de la humedad está estipulada en el laboratorio de ciencias Biológicas y la de Tamizado está de acuerdo a la técnica usada en el laboratorio de Operaciones Unitarias I.

SECADO

- **Procedimiento:**
 - Tarar tres capsulas de porcelana durante una hora a una temperatura de 105°C.
 - Pesar las capsulas taradas.

- Colocar en las capsulas muestras de amaranto que contiene esporas de hongo *Trichoderma* y pesar.
- Encender la estufa y colocar las muestras durante 1 hora.
- Mantener la temperatura en un rango de 100 a 105 °C.
- Pesar las muestras secas

Tabla 2.2.2.2-1

Datos Experimentales de Determinación de Humedad

Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
Θ (min.)	P1 (g.)	Θ (min.)	P2 (g.)	Θ (min.)	P3 (g.)
0	80.95	0	87.52	0	86.51
60	80.12	60	86.70	60	85.68

Donde:

Θ = Tiempo de secado (min.)

P1= Peso de la muestra 1 (g.)

P2= Peso de la muestra 2 (g.)

P3= Peso de la muestra 3 (g.)

- **CÁLCULOS Y RESULTADOS.**

Cálculos Específicos.

- Cálculo de humedad en base seca:

$$\text{humedad} = gr_{\text{sutratoentra}} - gr_{\text{sutratoede}}$$

$$\text{humedad} = 80.95 - 80.12 = 0.83g$$

$$\text{humedad} = 87.52 - 86.70 = 0.82g$$

$$\text{humedad} = 86.51 - 85.68 = 0.83g$$

- Cálculo de % de humedad

$$\% \text{humedad} = \frac{g_{\text{entra}} - g_{\text{sale}}}{g_{\text{entra}}} * 100$$

$$\% \text{humedad} = \frac{80.95 - 80.12}{80.95} * 100 = 1.025\%$$

$$\% \text{humedad} = \frac{87.52 - 86.70}{87.52} * 100 = 0.94\%$$

$$\% \text{humedad} = \frac{86.51 - 85.68}{86.51} * 100 = 0.96\%$$

- **Resultados:**

Tabla 2.2.2.2-2

Datos Experimentales de Determinación de Humedad.

	humedad (g)	% humedad
M1	0.83	1.03
M2	0.82	0.94
M3	0.83	0.96

TAMIZADO.

- **Objetivo del tamizado.**

Separar las esporas del sustrato de amaranto para obtener esporas de trichoderma puras y de partículas uniformes.

- **Operación de Tamizado.**

Al vibrar las partículas caen a través de ellas hasta alcanzar un tamiz en el que las aberturas son demasiado pequeñas para que pase las partículas de amaranto y de este modo se proceda a separar las esporas, en cualquier malla se expresa como longitud media apropiada entre las aberturas del tamiz anterior y el que retiene a la partícula.

El proceso de tamizado se realizo de manera manual utilizando tamices con luz de malla de 425 y 300, el tiempo de vibración continua durante un tiempo de 5 minutos, se retira los tamices y el material retenido en cada uno de éstos se recolecta y pesa.

- **Equipo utilizado**

- Tamiz vaivén (sacudido de forma manual). Los tamices son básicamente unas mallas de aberturas cuadradas, que se encuentran estandarizadas por la Norma Técnica.
- Tamices de 425 y 300 de luz de malla
- Balanza. Una balanza técnica con la diferencia entre las masas del molde lleno y vacío.

- **Procedimiento**

- Pesamos el sustrato que contiene esporas de hongo *trichoderma* y amaranto.
- Se limpia y ubica las mallas a utilizar dependiendo el producto a obtener siendo malla gruesa o fina.
- Realizar el tamizaje de manera manual durante 5 minutos.
- Se determina la cantidad de retenido sobre el tamiz (%R), y cernido acumulado (%C).
- Determinar el rendimiento del tamiz.

- **Cálculos.**

- *Cálculo de porcentaje de Rechazo*

$$\% R = \frac{\text{peso del material retenido acumulado}}{\text{peso total de la muestra}} * 100$$

$$\% R = \frac{R}{B} * 100$$

$$\% R = \frac{23.21}{23.40} * 100 = 99.19\%$$

- *Cálculo de porcentaje de Cernido*

$$\% C = 100 - \% \text{ Retenidos}$$

$$\% C = 100 - 99.19$$

$$\% C = 0.81$$

Donde:

B = muestra inicial

C = cernido

R = retenido

2.3.1 DIAGNÓSTICO.

El proceso utilizado para simular el funcionamiento del equipo es a nivel artesanal ya que se usaron en el caso de tamizado dos tamices tipo vaivén de luz de malla de 425 y 300 con la vibración manual y una balanza; para el secado utilizamos una estufa, capsulas de porcelana y una balanza, cual no asegura las mejores condiciones de tamizado de las esporas de hongos volviéndose así necesario la ejecución de un equipo que permita cumplir con los requerimientos de producción y capacidad. El tiempo de tamizado y secado es de aproximadamente 5 minutos y con una producción de 1 kilogramo de esporas de *trichoderma* libre de sustrato para luego proceder a empacar y venderlo.

CAPITULO III

CALCULOS Y RESULTADOS

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS.

3.1. CÁLCULOS.

3.1.1 Cálculo del espesor del material a usar.

La tensión de trabajo del acero AISI 304 se calcula en función de la ecuación

$$T_t = \frac{P_o r}{e}$$

Donde:

T_t = Tensión de trabajo

P_o = Presión inicial

r = radio

e = espesor

Reemplazando datos tenemos:

$$T_t = \frac{(1,04 \text{ Kg} / \text{cm}^2)(14 \text{ cm})}{0,1 \text{ cm}} = 145,6 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

La máxima deformación que soporta el acero en condiciones de esterilización se determina mediante la ecuación

$$\varepsilon = \frac{T_{\max}}{T_t}$$

Donde:

T_{\max} = Tensión máxima

T_t = Tensión de trabajo

ε = Máxima deformación

Siendo la tensión máxima para el acero AISI 304 9088 kgf/cm²; por tanto

$$\varepsilon = \frac{9088 \text{kgf} / \text{cm}^2}{145,6 \text{kgf} / \text{cm}^2} = 62,62$$

Dado que la $T_{\max} \gg T_t$ el material tolera las condiciones de operación.

3.1.2 CÁLCULO DE LAS RESISTENCIAS ELÉCTRICAS.

La función de las resistencias de cartucho es eliminar el exceso de humedad de los cultivos que van a ser tamizados, esto con el fin de facilitarlos. Las temperaturas entre las que va a trabajar el equipo son 15°C a 35 °C. La masa a calentarse es de 500g. El tiempo estimado de calentamiento 3 minutos, a la espera de optimizar estos datos en la etapa de pruebas.

El calor específico es un factor importante a conocer, de tablas se han tomado los siguientes datos:

- $C_p = 0.55 \text{ Kcal/kg.}^\circ\text{C}$ para arroz con un 15% de humedad
- $C_p = 0.67 \text{ Kcal/kg.}^\circ\text{C}$ para trigo y otras gramíneas con un 15% de humedad

El valor usado como referencia para el cálculo será el de $0.67 \text{ Kcal/kg.}^\circ\text{C}$, equivalente a 2805.156 J/kg.K .

3.1.2.1 Cálculo de la potencia.

Así entonces la potencia eléctrica puede obtenerse por la fórmula:

$$P = \frac{mC_p \Delta T}{t}$$

Ecu. 3.1.2.1-1

Donde:

P = potencia (kW)

m = masa (kg)

C_p = calor específico (J/kg.K)

ΔT = incremento de temperatura de trabajo ($^\circ\text{C}$ o K)

t = tiempo (s)

Remplazando datos se llega a obtener:

$$P = \frac{0.75\text{kg} \times 2805.156 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 20^\circ\text{C}}{300\text{s}} = 140\text{W}$$

Ecu. 3.1.2.1-2

3.1.2.2 Cálculo de Transferencia de calor por radiación.

Debido a que no se alcanzan temperaturas elevadas no se requiere aislamiento térmico. Sin embargo se debería considerar el efecto de la radiación desde las resistencias hacia las paredes, esto puede incidir en la eficiencia del secado. Aplicando transferencia de calor por radiación:

$$\frac{q}{A} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

Ecu. 3.1.2.2-1

Donde:

q = calor transferido por radiación (J)

A = área de transferencia de calor (m^2)

σ = constante de Estefan-Bolthzman ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

ε = emisividades (0.04 para acero brillante, superficies paralelas)

Se puede asumir que los alrededores de las resistencias se pueden comportar como superficies planas.

$$\frac{q}{A} = \frac{5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4} (308^4 - 288^4) \text{K}^4}{\frac{1}{0.04} + \frac{1}{0.04} - 1} = 2.45 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Ecu. 3.1.2.2-2

Para un área lateral del recipiente de 0.022 m^2 . El calor expedido por radiación es 0.054 W . Como se puede notar el calor de radiación es mínimo.

Comercialmente existen resistencias de 100 W, por lo que se adopta instalar 2 resistencias de 100 W a 120 V.

3.1.3 CÁLCULO DEL SISTEMA VIBRADOR PARA TAMIZAJE.

Para iniciar con el diseño del sistema tamizador se consideran las medidas de la base y de un soporte para el tamiz.

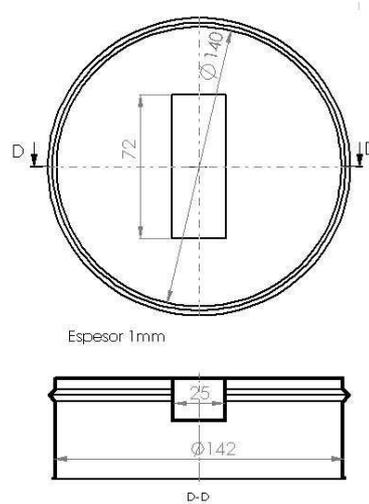


Fig. 3.1.3-1 Esquema de la base.

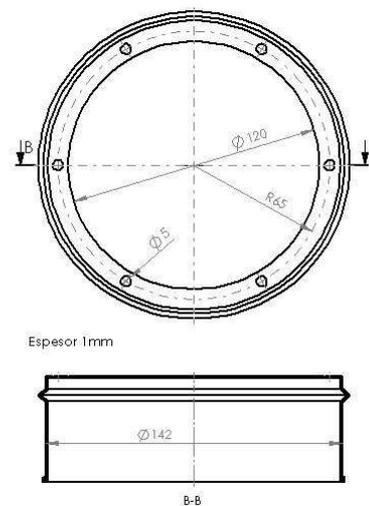


Fig. 3.1.3-2 Soporte de tamiz

3.1.3.1 *Calculo del movimiento Forzado.*

Se plantea un modelo matemático de movimiento vibratorio forzado. La fuerza externa será aquella producida por el electroimán, esta función será representada como una función de impulso unitario o una función delta de Dirac, pues son las que se acostumbra usar para ocasionar un movimiento súbito. Esto es cierto en el instante cuando se produce el “tirón” producto de la fuerza de atracción del imán sobre la base. Sin embargo la función que perfectamente se puede usar como modelo para el funcionamiento continuo sería una función senoidal. Considérese la ecuación:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\beta^2}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = \frac{f(t)}{m}$$

Ecu. 3.1.3.1-1

Donde los parámetros más importantes se detallan:

$m = 2$ kg: Masa considerada del equipo más la materia orgánica, los cuales serán sometidos a vibración.

$k = 3920$ N/m: Para determinar esta constante se debe considerar una amplitud máxima de oscilación, un valor adecuado resulta ser 5 mm. Bajo este criterio dividiendo el peso para la elongación máxima se obtiene el valor de la constante de resorte.

$\beta = 1$: Inicialmente, para permitir que el sistema no tenga sobre amortiguación.

$x = 5 \text{ mm}$: Desplazamiento máximo de vibración.

Obteniendo los valores para la simulación:

$$2\lambda = \frac{1 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{2\text{kg}} = 0.5 \frac{1}{\text{s}}$$

$$\omega^2 = \frac{3920 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{2\text{kg}} = 1960 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$f(t) = \delta_a(t - t_0) = \begin{cases} A, & t_0 - a < t - t_0 < t_0 + a \\ 0, & t \leq t_0 - a \end{cases}$$

$$F(t) = \delta_a(t - t_0) = \begin{cases} \frac{A}{m}, & t_0 - a < t - t_0 < t_0 + a \\ 0, & t \leq t_0 - a \end{cases} = \begin{cases} 0.025, & t_0 - a < t - t_0 < t_0 + a \\ 0, & t \leq t_0 - a \end{cases}$$

Donde A es la amplitud máxima.

Remplazando valores

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\lambda \frac{dx}{dt} + \omega^2 x = F(t)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 0.5\frac{dx}{dt} + 1960x = F(t)$$

Para solucionar este problema se hace uso de MATLAB, teniendo así:

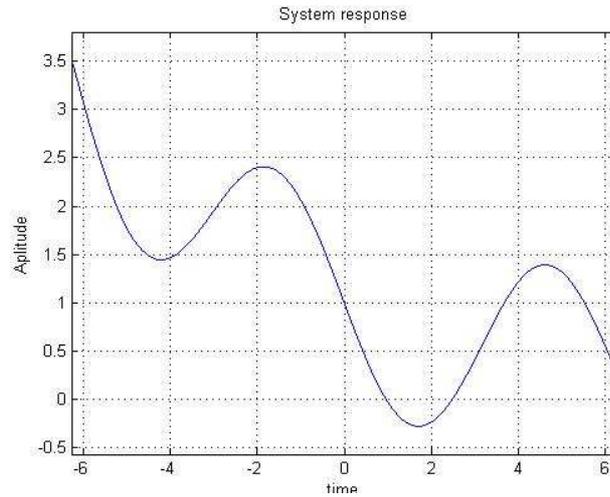


Fig. 3.1.3.1-1 movimiento forzado

Se puede garantizar que los valores de constantes elegidos son los adecuados. Se observa que el sistema nunca oscilará arriba de los 5mm propuestos como amplitud máxima. Sin embargo el sistema tiende a estabilizarse en mucho tiempo, sin embargo estos valores podrían corregirse para con ayuda del control electrónico.

3.2 RESULTADOS.

Descripción	Variable	Indicador
ESPESOR DEL MATERIAL A USAR		
Tensión de trabajo	145,6	kgf/cm ²
Máxima deformación	62,62	
RESISTENCIAS ELÉCTRICAS		
Calculo de la potencia	140	W
Calculo de Transferencia de calor por radiación	2.54	W/m ²
Área lateral del recipiente	0.022	m ²
calor expedido por radiación	0.054	W
SISTEMA VIBRADOR PARA TAMIZAJE		
Desplazamiento de vibración	5	mm
Pulsos de vibración	20 -500	μs

3.3 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO.

Una vez realizados los cálculos se procede a la construcción del equipo mixto de tamizado y secado, además se realizan las respectivas pruebas para asegurar las condiciones óptimas para la obtención de esporas de hongos libre de sustrato. Este

equipo debido a sus características puede ser utilizado para la optimización de otro equipo de características similares que hay en el Laboratorio.

Se resuelve construir un equipo mixto de tamizado y secado para la separación de esporas de hongos con una alimentación aproximada de 500 g en un tiempo de 5 minutos, debido a los requerimientos del Laboratorio del Departamento de Ciencias Biológicas.

3.3.1 Montaje del Equipo Mixto de Tamizado y Secado.

3.5.1.1 Máquinas y equipos utilizados.

En la construcción y tratamiento de los materiales necesarios para el ensamblaje del Equipo Mixto de Tamizado y Secado se utilizaron herramientas manuales como:

Entre las herramientas eléctricas utilizamos:

- Tijera corta mallas.
- Desarmador estrella.
- Flexómetro.
- Desarmador plano
- Taladro.
- Esmeril.
- Amoladora.
- Soldadora eléctrica.

- Torno.
- Equipo de seguridad.
- Gafas.
- Guantes.
- Orejeras
- Mascarillas para soldar.

3.3.1.2 Montaje y ensamblaje del equipo.

El ensamblado del equipo fue realizado mediante una secuencia; empleando acero AISI 304 de 1.0 mm para la bancada y acero AISI 304 de 0.8mm para los tamices; se uso este material considerando las características particulares de cada uno:

- Cortar el acero inoxidable AISI 304 de 0.8 y 1.0 mm con la cortadora de plasma y darle la forma usando la dobladora de rodillos.
- Armar la bancada soldando la base con los lados de la misma.
- Realizar un agujero para poder colocar el tablero de control y el botón de encendido del equipo, además hacer uno agujeros en los lados de la bancada para colocar el ventilador.
- Cortar las mallas de acero inoxidable para dar la forma del tamiz.
- Armar la torre de tamices en donde se colocará el producto a analizar, incorporando las mallas cortadas con las láminas de acero que están dadas la forma circular, y asegurarlos bien con tornillos.
- La torre de tamices es desarmable para facilitar su desmontaje y esterilización.

- Armar la tapa usando el mismo tipo de material que se uso en los tamices, además realizar en la tapa unos agujeros para colocar las resistencias, mismas que son las encargadas de controlar la temperatura de 30 C, colocar en los extremos de la torre de tamices y sobre la bancada unas varillas de acero que sirven para sujetar la tapa.

3.3.1.3 Instalaciones Eléctricas.

Las instalaciones eléctricas de equipo mixto de tamizado y secado costa de:

- Una fuente de alimentación de diodos rectificadores.
- Una etapa de control compuesta por un micro controlador pic interface de frecuencia moc y el priac.
- Una pantalla para visualizar la función del microprocesador.
- Pulsador para faces de diferentes funciones.
- Etapa control de pulsador para regular la velocidad de control de corriente alterna (potenciómetro).
- Micro controlador en el cual se encuentra todo el programa es el cerebro de la maquina.

3.3.2 Manual de Operación del Equipo Mixto de Tamizado y secado.

1. La conexión.

Conectar a 110 voltios

2. Encendido Operativo

- Armar la torre de tamices comenzando desde la vendeja de recolección y luego ubicar los tamices en forma ascendente de luz o abertura de malla, 30, 40, 60, mesh respectivamente.
- Colocar la torre de tamices en la base del equipo
- Colocar la tapa Asegurar con la placa de acero las tuercas para evitar que la torre de tamices no se desarme
- Encender el equipo
- Encender la temperatura
- Resetear (comprobación de proceso)
- Elegir el tiempo de vibración (3, 4, 5 minutos)
- Regular la velocidad (inicial y final)
- Esperar que el proceso de tamizado termine
- Resetear (comprobación de proceso)
- Apagar

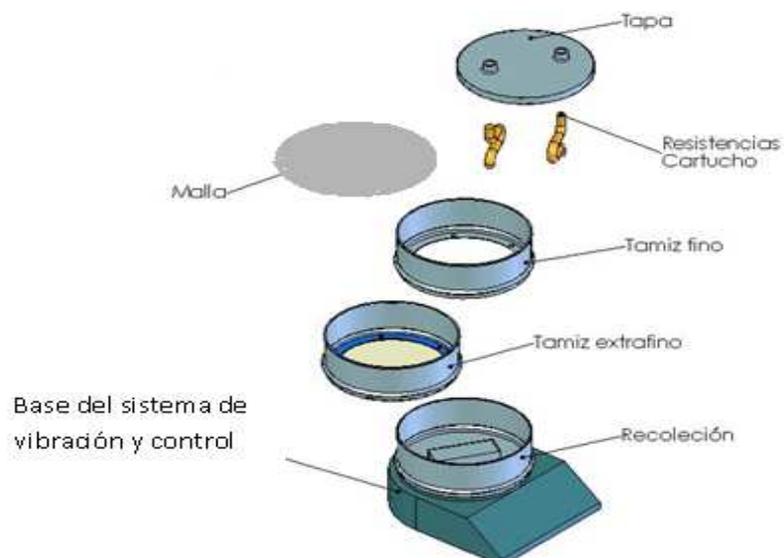
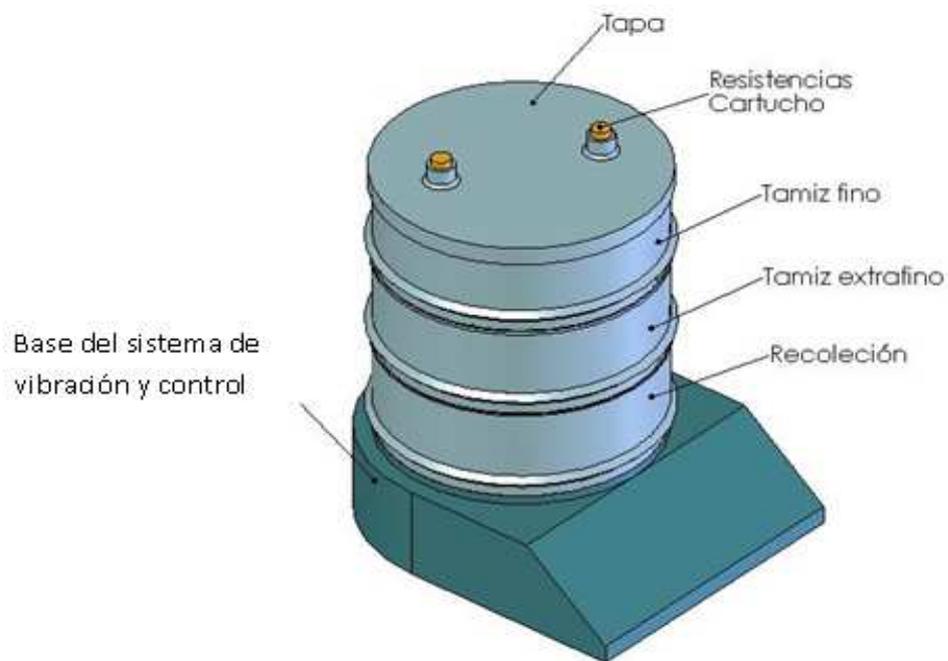
Mantenimiento

- No manipular la pantalla de cristal con las mano
- Evitar que entre polvo a la parte de la programación eléctrica de la maquina ya que los pins son sensibles
- Dependiendo de la frecuencia con la que se utilice el equipo deberán ser cambiadas las mallas.

TABLA 3.1.1.1-1

Variables de proceso

VARIABLE	INDICADOR	INDICES
Temperatura de calentamiento	C	15-35
Pulsos de vibración	μs	20 -500



3.4 ESPECIFICACION DE MATERIALES Y SISTEMAS DE CONTROL.

El equipo para recolección de hongos se halla dividido en sistemas, siendo los principales:

Sistema de calentamiento.

Sistema de Tamizaje.

Sistema de recolección.

Sistema de control.

3.4.1 Sistemas de Calentamiento.

La opción más idónea es la de resistencias eléctricas debido a su fácil adquisición, montaje y costo. El tipo de resistencias a emplearse serán las de cartucho con revestimiento anticontaminante, estas pueden alcanzar altas temperaturas y además poseen una distribución uniforme de temperatura.

3.4.2 Sistemas de tamizaje.

El proceso de tamizaje por vibración constituye la columna vertebral de este equipo, por tanto su complejidad de diseño también aumenta. Es así que se debe tener el cuidado de elegir el método adecuado de vibración.

La alternativa más apta en este caso es la electromagnética, la que puede ser usada en infinidad de trabajos de tamizaje desde grandes hasta los más pequeños.

Las ventajas principales de este tipo de vibración son: silenciosa, poco consumo de energía, muy fiables y prácticamente no requieren mantenimiento debido a que las partes móviles son escasas.

El inconveniente principal es la construcción misma pues desde el proceso de cálculo se requieren de modelos matemáticos complejos para establecer una adecuada solución.

3.4.3 Sistema de recolección.

Este sistema se lo realizará netamente manual porque la máquina es de reducida capacidad y no se justifica automatizar esta fase.

3.4.4 Sistema de control.

El control es la parte encargada de sincronizar los sistemas, y hacer que estos converjan hacia la terminación del proceso. Debe ser de fácil adquisición en el mercado, fácil implantación y en lo posible económico.

Para el equipo de extracción se hará uso de un sistema con micro controlador, el cual tiene significativas prestaciones en las condiciones de funcionamiento ya conocidas.

3.5 REQUERIMIENTO PRESUPUESTARIO.

3.5.1 Análisis de Costos.

3.5.1.1 Recursos materiales

TABLA 3.5.1.1-1
Recursos materiales

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unit.	Totales (\$)
CONTROL				
PIC16F877A	1	componente	10	10
Dsd18b20	2	componente	6	12
Regulador 7805	1	componente	0,75	0,75
LCD 4x20 backlight azul	1	componente	25	25
Zócalo 20x2	1	componente	1	1
Potenciómetro 10k	1	componente	1	1
Conectores DB9 macho	1	componente	1,5	1,5
Conectores DB9 hembra	1	componente	1,5	1,5
Transformador 120/12 V 1ª	1	componente	10	10
Puente rectificador 3ª	1	componente	3	3
Capacitor 2200 uF 35V	2	componente	1	2
Capacitor 104	2	componente	0,4	0,8
Capacitor 103	2	componente	0,4	0,8
Resistencia D38*5 110V 80W	2	componente	55	110
Conductores 8 hilos	2	Metro	0,65	1,3
Placa baquelita fuente	1	componente	10	10
Placa baquelita control	1	componente	30	30
Interruptor	1	componente	0,8	0,8
Cable gemelo #14	1	Metro	0,8	0,8
Spaguetti	0,5	Metro	1,2	0,6
Pulsadores	5	componente	1,5	7,5
Triac BT136	2	componente	2	4
MOC 3020	2	componente	1,8	3,6
Leds alto brillo	4	componente	0,5	2
Conector 3 fases	1	componente	1,5	1,5
Accesorios		Varios	31,40	31,40
SUBTOTAL				272,85
Ejes y bocines		Varios	35	35
Recipientes		Varios	20	20
Mallas acero inoxidable	2	Metros	28	56
MDF 10L		componente	10	10
Electroimán	1	componente	80	80
Maquinado		Varios	80	80
Programa Microcontrolador	1	programa	100	100
Asesoramiento Técnico		Horas	90	90
SUBTOTAL				481
Estructura equipo (Función del tamaño, solo mesa)	1	componente	40	40
Caja de control	1	componente	20	20
Imprevistos 15%				122,08
SUBTOTAL				814
TOTAL A PAGAR				935,93

3.5.1.2 Recursos Humanos.

TABLA 3.5.1.2-1

Recursos Humanos

Trabajo	Costo (\$)
Mano de obra	300
Transporte	60
Dirección Técnica	90
Total	450

3.5.1.3 Costos fijos

El costo fijo hasta el mes de septiembre del 2009 esta dado por la siguiente ecuación:

$$C_f = C_m + C_H$$

$$C_f = 935.93 + 450$$

$$C_f = 1385.93$$

A este valor adicionamos un 10 % en caso de imprevistos, quedando:

$$C_f = 1385.93 + 138.6$$

$$C_f = 1524.53$$

3.6.1.4 Costos de operación.

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$C_p = C_e + C_u + C_m$$

$$C_p = 7.25 + 6.98 + 10$$

$$C_p = 24.23$$

Adicionando el 10 % de imprevistos el costo total de operación del equipo es de \$26.65

3.5.1.5 Costo total

El costo esta dado por la ecuación

$$C_t = C_f + C_p$$

$$C_t = 1524.53 + 26.65$$

$$C_t = \$ 1551.18$$

3.5.1.6 Depreciación del equipo de tamizado

Según el reglamento moderno el tiempo de vida útil de un equipo es de 10 años ya que este con el paso del tiempo disminuye sus cualidades; debido a esto se ha asumido un valor residual de 90 dólares.

TABLA 3.5.1.6-1

Depreciación del equipo de tamizado

Años	Depreciación anual	Depreciación acumulada	Valor residual
2009			1551.18
2010	146.12	146.12	1405.06
2011	146.12	292.24	1258.94
2012	146.12	438.36	1112.82
2013	146.12	584.48	966.7
2014	146.12	730.60	820.58
2015	146.12	876.72	674.46
2016	146.12	1022.84	528.34
2017	146.12	1168.96	382.22
2018	146.12	1315.08	236.10
2019	146.12	1461.20	90.00

CAPITULO IV.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL EQUIPO.

Se ejecutan pruebas de tamizado para poder determinar la eficiencia de los tamices, estas pruebas se realizan utilizando tamices acoplados en cascada. Para realizarlo se coloca un juego de tamices ordenados de arriba abajo por orden decreciente de luz o abertura de malla. El producto a analizar se añade sobre el primer tamiz, es decir aquel de abertura de malla mayor y se somete el conjunto a un movimiento vibratorio. El producto analizado queda distribuido en diferentes fracciones según el tamaño de partícula.

Ya que la tamización se realizó en cascada determinamos que el cernido de un tamiz constituye la alimentación del siguiente, por tanto se obtienen tantos rechazos como tamices constituyan la cascada y un solo cernido, constituido por el producto que atraviesa las mallas del último tamiz.

Las condiciones en las que se llevaron a cabo los ensayos fueron: $T_{\text{interna}} = 30 \text{ C}$, $T_{\text{externa}} = 36 \text{ C}$, cantidad de producto bruto a analizar = 500 g y la velocidad de tamización es variable del tiempo.

4.1.1 PRUEBAS DE TAMIZADO

Tabla 4.1.1-1
Datos experimentales de tamizado.

P= 500g	V= Inicial (rpm.)			t = 1min.
N	P =1	P =2	P =3	
1	275.3678	275.3679	275.3678	
2	217.9149	217.9147	217.9148	
3	5.3837	5.3836	5.3835	
BR	1.3211	1.3210	1.321	

P= 500g	V= Inicial (rpm.)			t = 2min.
N	P =1	P =2	P =3	
1	271.6478	271.6423	271.6425	
2	221.0512	221.0513	221.0510	
3	5.9376	5.9372	5.9375	
BR	1.3496	1.3497	1.3497	

P= 500g	V= Inicial (rpm.)			t = 3min.
N	P =1	P =2	P =3	
1	304.429	303.455	300.253	
2	175.987	177.496	180.381	
3	16.625	16.140	16.356	
BR	2.955	2.899	3.000	

P= 500g	V= Inicial (rpm.)			t =4 min.
N	P =1	P =2	P =3	
1	325.334	325.838	325.375	
2	153.511	153.002	153.472	
3	17.264	17.280	17.005	
BR	3.889	3.878	4.146	

P= 500g		V= Inicial (rpm.)		t =5min.	
N	P =1		P =2		P =3
1	314,667		314,242		314,076
2	163,947		163,976		163,758
3	17,020		17,302		17,684
BR	4,364		4,478		4,480

Tabla 4.1.1-2

Datos promedio de tamizado en los 5 tiempos

P=500g		V= Inicial (rpm.)			
N	t =1	t =2	t =3	t =4	t =5
1	275,3678	271.6442	302,712	325.515	314,328
2	217,9148	221.0512	177,955	153.328	163,894
3	5,836	5.9374	16,374	17.183	17,335
BR	1,3210	1.3497	2,951	3.971	4,441

Tiempo (min.)	Peso (g)
1	1,321
2	1,3497
3	2,951
4	3,971
5	4,441

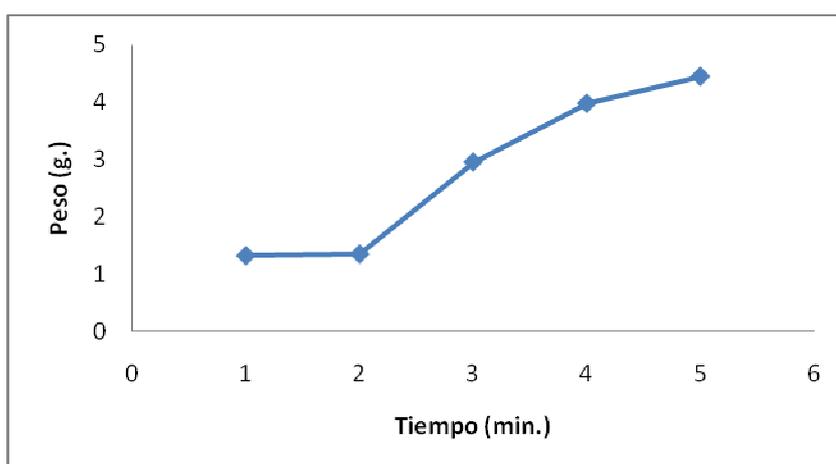


Fig. 4.1.1-1 Relación Tiempo- Peso de la bandeja de recolección.

P= 500g		V= final (rpm.)		t = 1min.	
N	P =1	P =2	P =3		
1	210,6982	210,6980	210,6980		
2	281,6950	281,6952	281,6950		
3	6,1965	6,963	6,1962		
BR	1,3976	1,3973	1,3974		

P= 500g		V=final (rpm.)		t = 2min.	
N	P =1	P =2	P =3		
1	210.6970	210.6972	210.6970		
2	281.6115	281.6117	281.6116		
3	6.2711	6.2712	6.2712		
BR	1.4021	1.4020	1.4021		

P= 500g		V= final (rpm.)		t = 3min.	
N	P =1	P =2	P =3		
1	301.729	302.118	301.291		
2	178.940	178.599	178.754		
3	16.345	16.291	16.721		
BR	2.984	2.990	3.320		

P= 500g		V= final (rpm.)		t = 4 min.	
N	P =1	P =2	P =3		
1	325.449	325.568	325.990		
2	153.499	153.520	152.456		
3	17.158	17.034	17.385		
BR	3.888	3.876	4.167		

P= 500g		V= final (rpm.)		t = 5 min.	
N	P =1	P =2	P =3		
1	314.550	314.126	314.303		
2	163.430	163.914	163.737		
3	17.531	17.479	17.478		
BR	4.482	4.479	4.480		

Tabla 4.1.1-3

Datos promedio de tamizado en los 5 tiempos

P=500g		V= final (rpm.)			
N	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
1	210.6981	210.6971	301,713	325,669	314,326
2	281.6951	281.6116	178,764	153,158	163,694
3	6.1963	6.2712	16,452	17,192	17,496
BR	1.3974	1.4021	3,098	3,977	4,480

TIEMPO (min)	PESO (g)
1	1,3974
2	1,4021
3	3,098
4	3,977
5	4,480

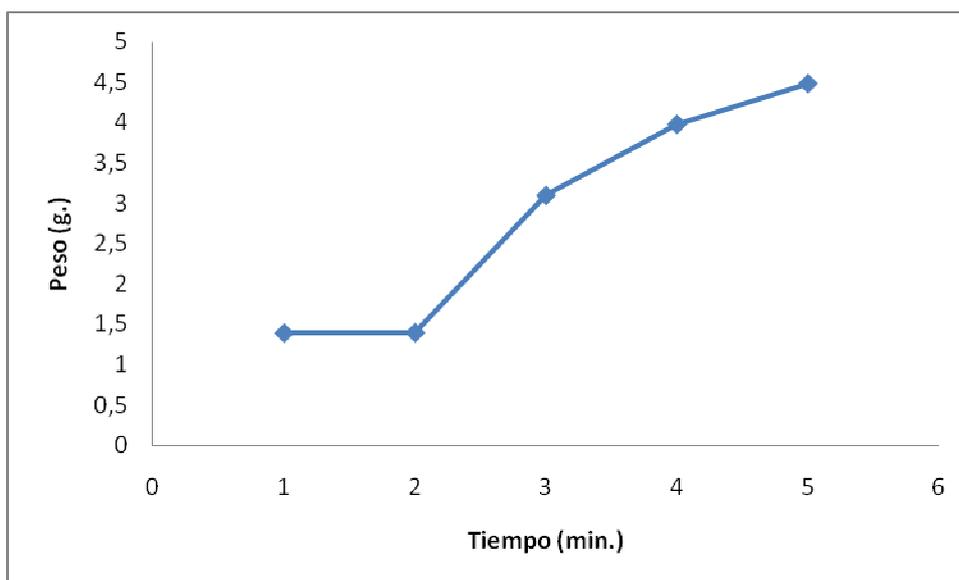


Fig. 4.1.1-2 Relación Tiempo- Peso de la bandeja de recolección.

Donde:

N = numero de tamices

P = peso de producto cernido (g)

t = tiempo (min.)

V= Velocidad (rpm / min.)

4.1.2 CALCULOS Y RESULTADOS.

Tabla 4.1.2-1
Datos adicionales de tamizado.

N	Mesh
1	60
2	40
3	30

4.1.2.1 Cálculo % de rechazo, % rechazo acumulado y % cernido acumulado.

$$\%R = \frac{\text{Peso de material retenido en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

$$\%R = \frac{275.3678}{500} * 100 = 55.073$$

$$\%R = \frac{217.9149}{500} * 100 = 43.583$$

$$\%R = \frac{5.3837}{500} * 100 = 1.076$$

Cálculo de porcentaje rechazo acumulado

$$\%R_{A1} = \%R_{A_{n-1}} + \%R$$

$$\%R_{A1} = 0 + 55.073$$

$$\%R_{A1} = 55.073$$

$$\%R_{A2} = 55.073 + 43.583$$

$$\%R_{A2} = 98.656$$

$$\%R_{A3} = 98.656 + 1.076$$

$$\%R_{A3} = 99.732$$

Cálculo porcentaje cernido acumulado

$$\%C_A = 100 - \%R_A$$

$$\%C_{A1} = 100 - 55.073$$

$$\%C_{A1} = 44.923$$

$$\%C_{A2} = 100 - 98.656$$

$$\%C_{A2} = 1.344$$

$$\%C_{A3} = 100 - 99.732$$

$$\%C_{A3} = 0.268$$

Tabla 4.1.2.1-1
Resultados de Tamizado v = inicial; t = 1 min.

P = 500g t = 1min V = Inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	275,3678	55,07	55,07	44,93
2	217,9149	43,58	98,65	1,35
3	5,3837	1,08	99,73	0,27

P = 500g. t= 1min. V= inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	275,3679	55,07	55,07	44,93
2	217,9147	43,58	98,65	1,35
3	5,3836	1,08	99,73	0,27

P = 500g. t= 1min. V= inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	275,3678	55,07	55,07	44,93
2	217,9148	43,58	98,65	1,35
3	5,3835	1,08	99,73	0,27

Tabla 4.1.2.1-2
Resultados promedios de tamizado

N	$\bar{x} \%R$	$\bar{x} \%R_A$	$\bar{x} \%C_A$
1	55.07	55.07	44.93
2	43.58	98.65	1.35
3	1.09	99.73	0.27

Tabla 4.1.2.1-3

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\bar{x} \%R_A$
60	55.07
40	98.65
30	99.73

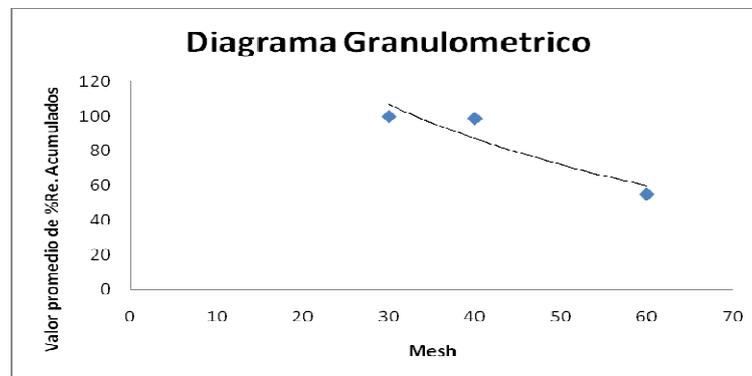


Fig. 4.1.2.1- 1 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=1min

Tabla 4.1.2.1-6

Resultados de Tamizado v = inicial; t = 2min.

P = 500g t = 2min V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	271,6478	54,33	54,33	45,67
2	221,0512	44,21	98,54	1,46
3	5.9376	1,19	99,73	0,27

P = 500g t = 2min V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	271,6423	54,33	54,33	45.68
2	221,0513	44,21	98,54	1,47
3	5.9372	1,19	99,73	0,27

P = 500g t = 2min V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	271,6425	54,33	54,33	45,68
2	221,0510	44,21	98,54	1,47
3	5.9375	1,19	99.73	0,27

Tabla 4.1.2.1-7

Resultados promedios de tamizado

N	$\bar{x} \%R$	$\bar{x} \%R_A$	$\bar{x} \%C_A$
1	54.33	54.33	45.67
2	44.21	98.54	1.46
3	1.19	99.73	0.27

Tabla 4.1.2.1-8

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\bar{x} \%R_A$
60	54.32
40	98.54
30	99.73

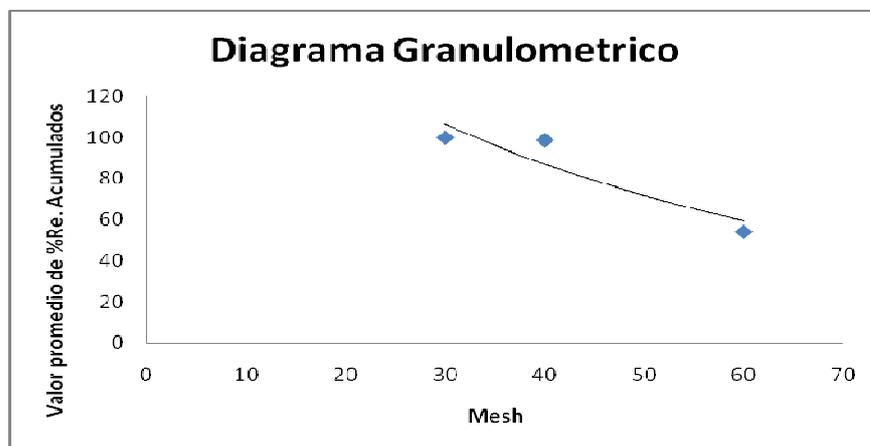


Fig. 4.1.2.1-2 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=2min.

Tabla 4.1.2.1-9

Resultados de Tamizado v = inicial; t = 3 min.

P = 500g				
t = 3min				
V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	304.429	60.89	60.89	39.11
2	175.987	35.19	96.08	3.92
3	16.625	3.33	99.41	0.59

P = 500g				
t = 3min				
V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	303.455	60.69	60.69	39.31
2	177.496	35.50	96.19	3.81
3	16.140	3.23	99.42	0.58

P = 500g				
t = 3min				
V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	300.253	60.05	60.05	39.95
2	180.381	36.08	96.13	3.87
3	16.356	3.27	99.40	0.60

Tabla 4.1.2.1-10

Resultados promedios de tamizado

N	$\bar{x} \%R$	$\bar{x} \%R_A$	$\bar{x} \%C_A$
1	60.54	60.54	39.46
2	35.59	96.13	3.86
3	3.27	99.41	0.59

Tabla 4.1.2.1-11

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\bar{x} \%R_A$
60	60.54
40	96.13
30	99.41

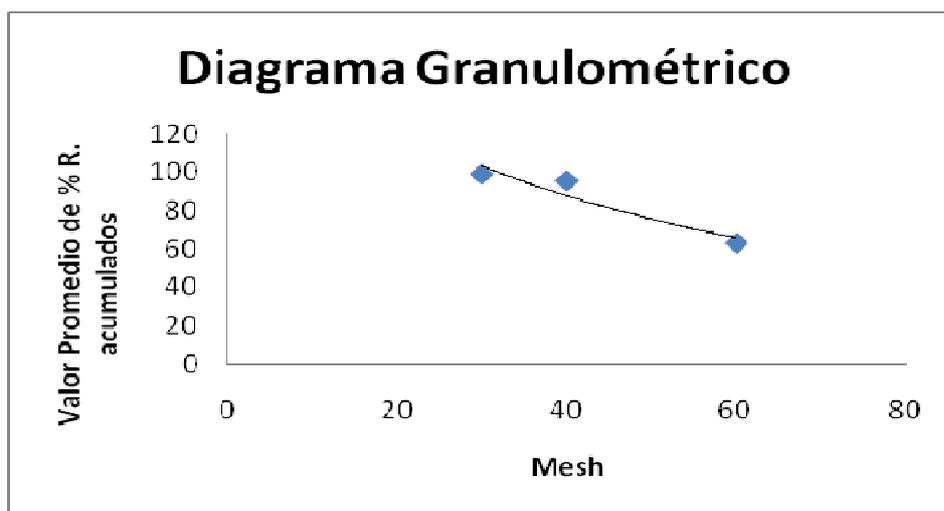


Fig. 4.1.2.1-3 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=3 min.

Tabla 4.1.2.1-12

Resultados de Tamizado v = inicial; t = 4 min.

P = 500g				
t = 4min				
V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	325.334	65.07	65.07	34.93
2	153.511	30.70	95.77	4.23
3	17.264	3.45	99.22	0.78

P = 500g				
t = 4min				
V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	325.838	65.17	65.17	34.83
2	153.002	30.60	95.77	4.23
3	17.280	3.46	99.23	0.77

P = 500g				
t = 4min				
V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	325.375	65.07	65.07	34.93
2	153.472	30.69	95.76	4.24
3	17.005	3.40	99.16	0.84

Tabla 4.1.2.1-13

Resultados promedios de tamizado

N	$\bar{x} \%R$	$\bar{x} \%R_A$	$\bar{x} \%C_A$
1	65.10	65.10	34.89
2	30.66	95.77	4.23
3	3.44	99.20	0.79

Tabla 4.1.2.1-14

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\bar{x} \%R_A$
60	65.10
40	95.77
30	99.20

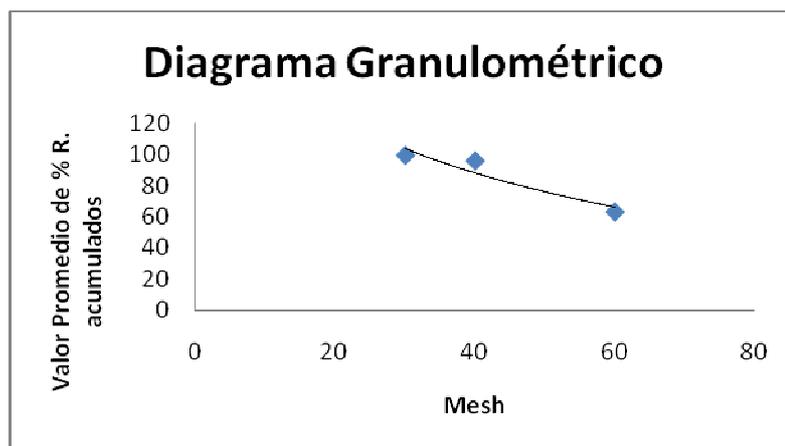


Fig. 4.1.2.1-4 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=4 min.

Tabla 4.1.2.1-15

Resultados de Tamizado v = inicial; t = 5 min.

P = 500g				
t = 5min				
V = inicial (rpm)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	314,667	62.93	62.93	37.07
2	163,947	32.79	95.72	4.28
3	17,020	3.40	99.12	0.88

P = 500g				
t = 5min				
V = inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	314,242	62.85	62.85	37.15
2	163,976	32.79	95.64	4.36
3	17,302	3.46	99.10	0.90

P = 500g				
t = 5min				
V= inicial (rpm.)				
N	P	%R	%R_A	%C_A
1	314,076	62.81	62.85	37.15
2	163,758	32.75	95.60	4.40
3	17,684	3.54	99.14	0.86

Tabla 4.1.2.1-16

Resultados promedios de tamizado

N	$\bar{x} \%R$	$\bar{x} \%R_A$	$\bar{x} \%C_A$
1	62.86	62.86	37.12
2	32.78	95.65	4.35
3	3.47	99.12	0.88

Tabla 4.1.2.1-17

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\bar{x} \%R_A$
60	62,86
40	95,65
30	99,12

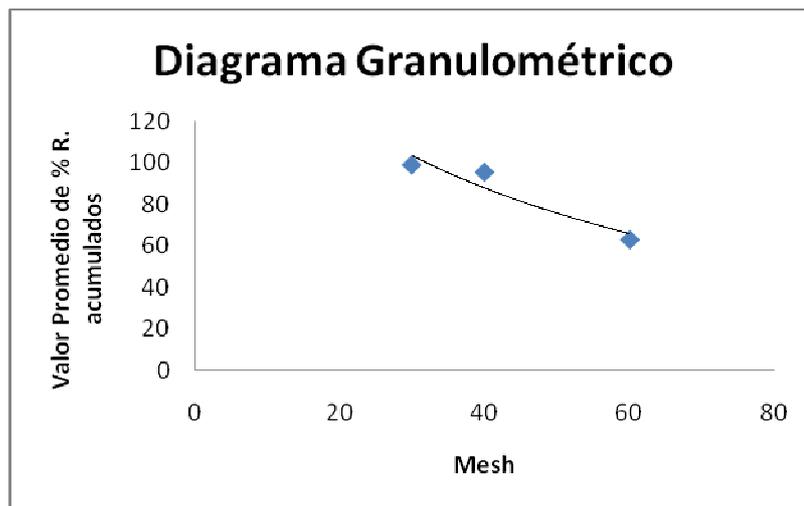


Fig. 4.1.2.1-5 Diagrama granulométrico velocidad inicial; t=5 min.

Tabla 4.1.2.1-18

Resultados de Tamizado v = final; t = 1 min.

P = 500 g				
		t = 1min	V= final (rpm.)	
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	210.6982	42.14	42.14	57.86
2	281.6950	56.34	98.48	1.52
3	6.1965	1.24	99.72	0.28

P = 500 g				
		t = 1min	V=final (rpm.)	
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	210.6980	42.14	42.14	57.86
2	281.6952	56.34	98.48	1.52
3	6.1963	1.24	99.72	0.28

P = 500g				
		t =1min	V=final (rpm.)	
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	210.6980	42.14	42.14	57.86
2	281.6950	56.34	98.48	1.52
3	6.1962	1.24	99.72	0.28

Tabla 4.1.2.1-19

Resultados promedios $\overline{\%CA}$ y $\overline{\%RA}$

N	$\overline{\%R}$	$\overline{\%R_A}$	$\overline{\%C_A}$
1	42.14	42.14	57.86
2	56.34	98.48	1.52
3	1.24	99.72	0.28

Tabla 4.1.2.1-20

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\overline{\%R_A}$
60	42.14
40	98.48
30	99.72

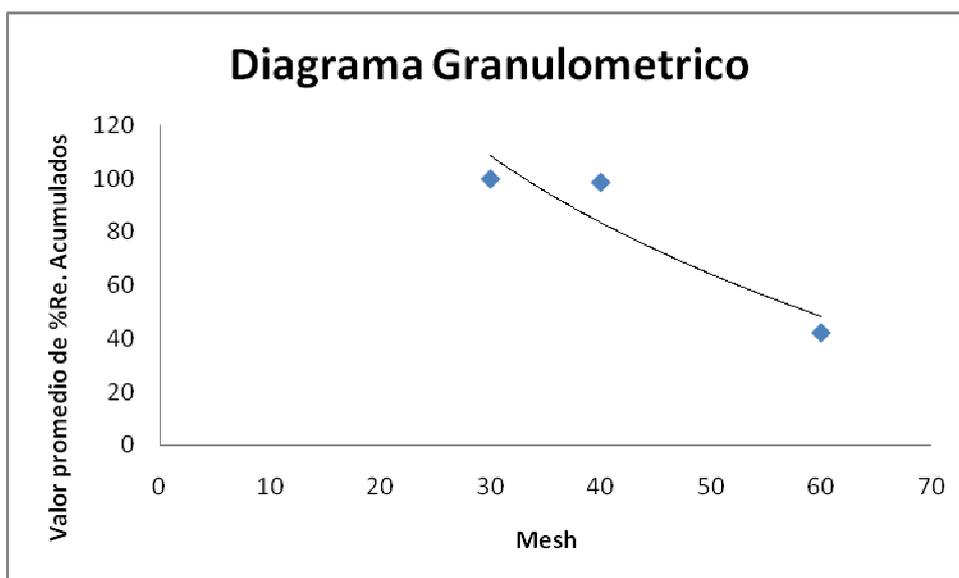


Fig. 4.1.2.1-6 Diagrama granulométrico velocidad final; t=1min.

Tabla 4.1.2.1-21

Resultados de Tamizado v = final; t = 2 min.

P = 500g				
t = 2min				
V=final (rpm.)				
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	210.6970	42.14	42.14	57.86
2	281.6115	56.32	98.46	1.54
3	6.2711	1.25	99.71	0.29

P = 500g				
t = 2min				
V=final (rpm.)				
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	210.6972	42.14	42.14	57.86
2	281.6117	56.32	98.46	1.54
3	6.2712	1.25	99.71	0.29

P = 500g				
t = 2min				
V=final (rpm.)				
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	210.6970	42.14	42.14	57.86
2	281.6116	56.32	98.46	1.54
3	6.2712	1.25	99.71	0.29

Tabla 4.1.2.1-22

Resultados promedios $\overline{\%CA}$ y $\overline{\%RA}$

N	$\overline{\%R}$	$\overline{\%R_A}$	$\overline{\%C_A}$
1	42.14	42.14	57.86
2	56.32	98.46	1.54
3	1.25	99.71	0.29

Tabla 4.1.2.1-23

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\overline{\%R_A}$
60	42.14
40	98.46
30	99.71

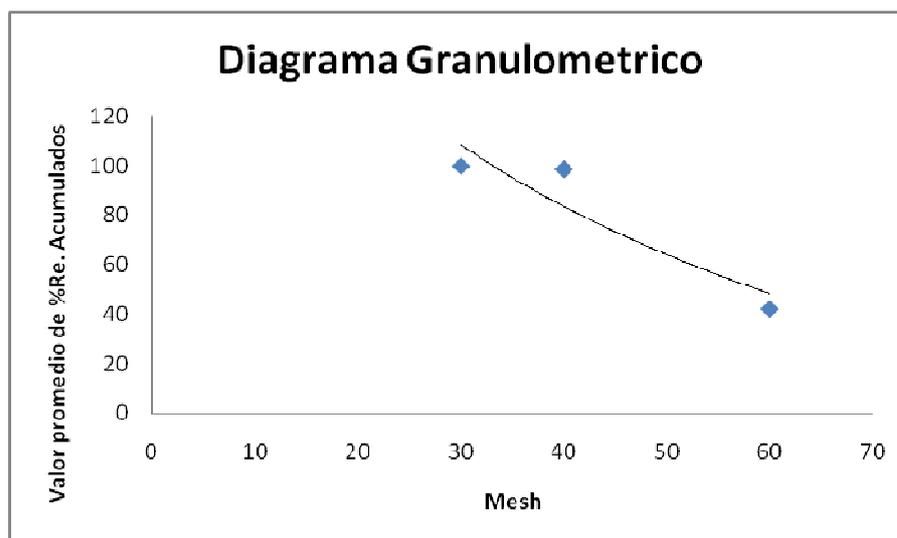


Fig. 4.1.2.1-7 Diagrama granulométrico velocidad final; t=2min

Tabla 4.1.2.1-24

Resultados de Tamizado v = final; t = 3 min.

P = 500g				
t = 3min				
V=final (rpm.)				
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	301.729	60.35	60.35	39.65
2	178.940	35.79	96.14	0.86
3	16.345	3.27	99.41	0.59

P = 500g				
t = 3min				
V=final (rpm.)				
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	302.118	60.42	60.42	39.58
2	178.599	35.72	96.14	3.86
3	16.291	3.26	99.40	0.60

P = 500g				
t = 2min				
V=final (rpm.)				
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	301.291	60.26	60.26	39.74
2	178.754	35.75	96.01	3.99
3	16.721	3.34	99.35	0.65

Tabla 4.1.2.1-25

Resultados promedios $\% \overline{CA}$ y $\% \overline{RA}$

N	$\overline{\%R}$	$\overline{\%R}_A$	$\overline{\%C}_A$
1	60.34	60.34	39.66
2	35.75	96.10	3.90
3	3.29	99.39	0.61

Tabla 4.1.2.1-26

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\overline{\%R}_A$
60	60.34
40	96.10
30	99.39

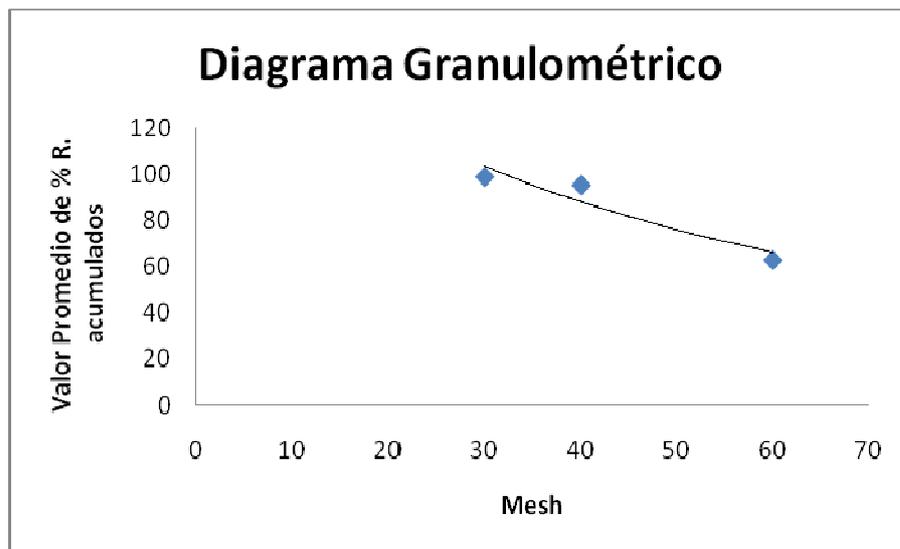


Fig. 4.1.2.1-8 Diagrama granulométrico velocidad final; t=3min

Tabla 4.1.2.1-27

Resultados de Tamizado v = final; t = 4 min.

P = 500g				
t = 4min				
V=final (rpm.)				
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	325.449	65.09	65.09	34.91
2	153.499	30.70	95.79	4.21
3	17.158	3.43	99.22	0.78

P = 500g				
t = 4min				
V=final (rpm.)				
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	325.568	65.11	65.11	34.89
2	153.520	30.70	95.81	4.19
3	17.034	3.41	99.22	0.78

P = 500g				
t = 4min				
V=final (rpm.)				
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A
1	325.990	65.20	65.20	34.80
2	152.456	30.49	95.69	4.31
3	17.385	3.48	99.17	0.83

Tabla 4.1.2.1-28

Resultados promedios de tamizado

N	$\bar{x} \%R$	$\bar{x} \%R_A$	$\bar{x} \%C_A$
1	65.13	65.13	34.87
2	30.63	95.76	4.24
3	3.44	99.20	0.80

Tabla 4.1.2.1-29

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\bar{x} \%R_A$
60	65.13
40	95.76
30	99.20

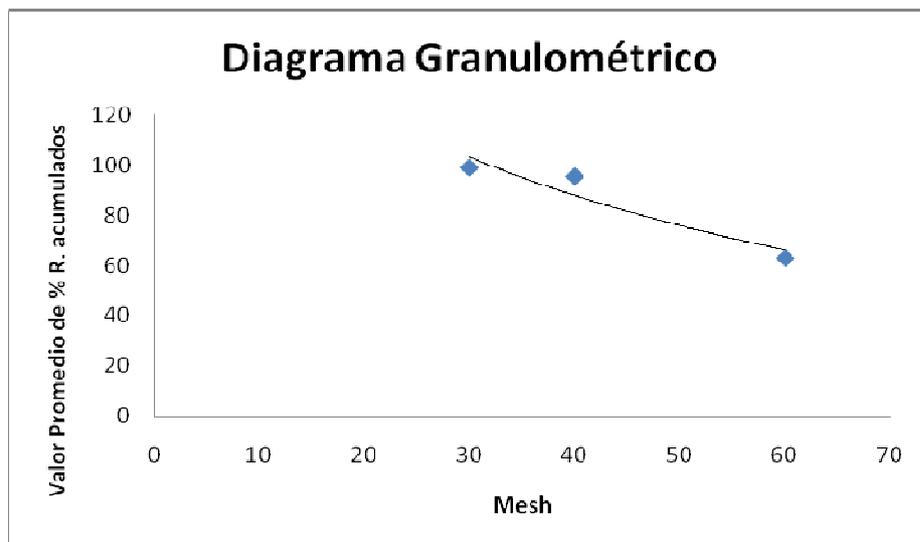


Fig. 4.1.2.1-9 Diagrama granulométrico velocidad final; t=4min

Tabla 4.1.2.1-30

Resultados de Tamizado v = final; t = 5 min.

P = 500g					
		t =5min	V=final (rpm.)		
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A	
1	314.550	62.91	62.91	37.09	
2	163.430	32.69	95.60	4.40	
3	17.531	3.51	99.11	0.89	

P = 500g					
		t = 5min	V=final (rpm.)		
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A	
1	314.126	62.82	62.82	37.18	
2	163.914	32.78	95.60	4.40	
3	17.479	3.49	99.09	0.91	

P = 500g					
		t = 5min	V=final (rpm.)		
N	peso (g)	%R	%R_A	%C_A	
1	314.303	62.86	62.86	37.14	
2	163.737	32.75	95.61	4.39	
3	17.478	3.49	99.10	0.90	

Tabla 4.1.2.1-31

Resultados promedios de tamizado

N	$\bar{x} \%R$	$\bar{x} \%R_A$	$\bar{x} \%C_A$
1	62.86	62.86	37.14
2	32.74	95.60	4.40
3	3,50	99.10	0.90

Tabla 4.1.2.1-32

Diagrama Granulométrico

Mesh	$\bar{x} \%R_A$
60	62.86
40	95.60
30	99.10

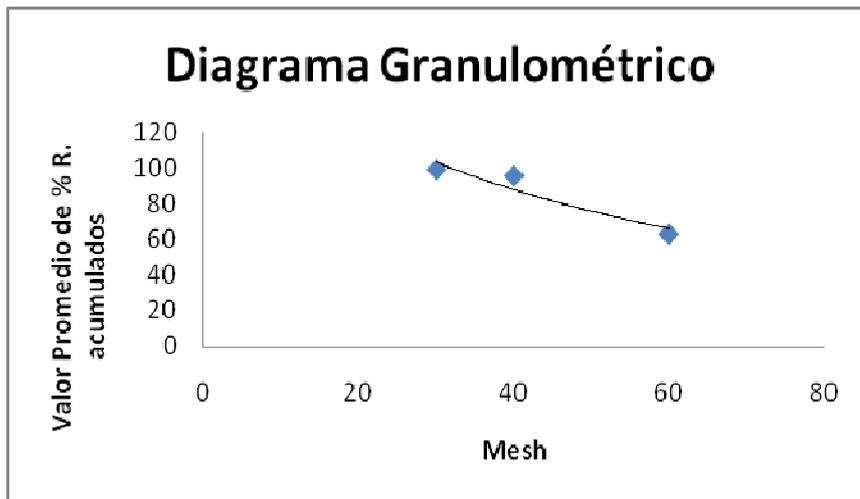


Fig. 4.1.2.1-10 Diagrama granulométrico velocidad final; t=5min

4.1.3 Determinación de la Humedad del sólido seco

Tabla 4.1.3-1

Registro de datos obtenidos en la determinación de Humedad en sólido seco.

Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Θ (min.)	P1 (g.)	Θ (min.)	P2 (g.)	Θ (min.)	P3 (g.)	Θ (min.)	P4 (g.)	Θ (min.)	P5 (g.)
0	500	0	500	0	500	0	500	0	500
1	499.998	2	499.998	3	499.992	4	499.987	5	499.986

Donde:

Θ = Tiempo de secado (min.)

Pn-1= Peso de la muestra (g.)

4.1.3.1 Cálculo humedad

$$\text{humedad} = g_{\text{sustrato}}_{\text{entra}} - g_{\text{sustrato}}_{\text{sale}}$$

$$\text{humedad} = 500 - 499.998 = 0.002g$$

$$\text{humedad} = 500 - 499.998 = 0.002g$$

$$\text{humedad} = 500 - 499.992 = 0.008g$$

$$\text{humedad} = 500 - 499.987 = 0.013g$$

$$\text{humedad} = 500 - 499.986 = 0.014g$$

4.1.3.2 Cálculo de % Humedad:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{gsustrato_{entra} - gsustrato_{sale}}{gsustrato_{entra}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{500 - 499.998}{500} * 100 = 0.0004$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{500 - 499.998}{500} * 100 = 0.0004$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{500 - 499.992}{500} * 100 = 0.0016$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{500 - 499.987}{500} * 100 = 0.0026$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{500 - 499.986}{500} * 100 = 0.0028$$

Tabla 4.1.3.2-1

Resultados de determinación de Humedad en sólido seco

	%humedad	humedad (g)
M1	0,0004	0.002
M2	0,0004	0.002
M3	0,0016	0.008
M4	0,0026	0.013
M5	0,0028	0.014

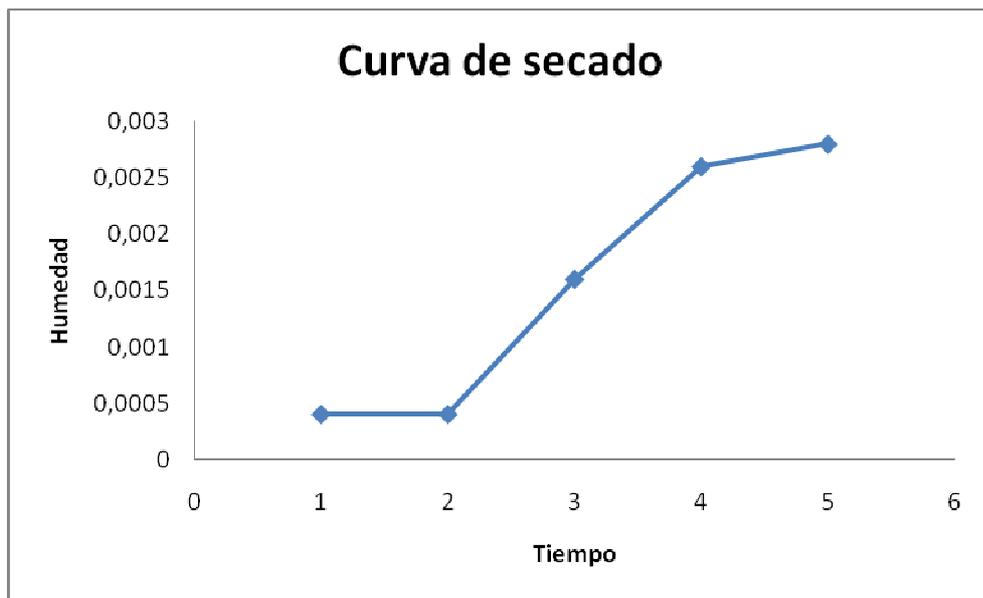


Fig. 4.1.3-1 Curva de secado

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- Las condiciones optimas para la separación de esporas de hongos es, temperatura de 30C, las mallas utilizadas es de 30, 40, 60mm de ancho de malla, tiempo de 5 minutos.
- El material utilizado para la construcción del equipo es el acero inoxidable AISI 304 de espesor 1mm debido a que cumple con las condiciones de esterilización.
- Al comparar las pruebas de laboratorio realizadas en el equipo mixto de tamizado y secado y en el proceso artesanal, se comprobó que se obtiene mayor cantidad de esporas (de 3.86g a 4.48 g en cinco minutos) en el equipo.
- Mediante la construcción del equipo mixto logramos separar las esporas de amaranto, obteniendo la cantidad de 4.48g, estas no son totalmente puras debido a la presencia de almidón que contiene el arrozillo.
- El dimensionamiento del equipo es de 40cm de ancho por 50cm de largo con la cual se realizaron los respetivos cálculos tomado en cuenta la producción de 30Kg al mes con lo que se determino la carga del equipo que es de 500g.

5.2 RECOMENDACIONES

- Encender primero la temperatura para que esta se regule a los 30 C como temperatura interna.
- Revisar periódicamente el tablero de control para verificar su correcto funcionamiento.
- Esterilizar bien los tamices después de cada proceso para evitar contaminación.
- Ajustar bien las tuercas de la tapa para evitar pérdidas de las esporas.
- No manipular el tablero de control durante el proceso, si éste está operando correctamente.
- Para asegurar un correcto ensamblaje del equipo se debe verificar fugas antes del arranque del mismo.
- Prender el tablero de control exclusivamente cuando el equipo mixto de tamizado y secado este completamente armado.
- Confirmar que las instalaciones eléctricas estén en correcto funcionamiento.
- Asegurarse que los enchufes corresponden a 110 V para evitar que el sistema de control se queme.
- Colocar la muestra dentro de los tamices de forma rápida para evitar en lo posible perdidas y contaminación.
- Recoger el producto obtenido en fundas totalmente estériles para evitar contaminación de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía general

1. KRAMM, KR. Termite pathogens: transfer of the *Metarhizium anisopliae* between *Reticulitermes* sp. termites. *J Inverteb Pathol* 1982; 40: 1-6.
2. WARREN, L. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, Sexta Edición: McGraw – Hill 1980, Tomo II.
3. McCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, Sexta Edición, México, Editorial Mc Graw – Hill, 2002.
4. PERRY, J. H. "Chemical Engineering Handbook. 6^{ta} Edición. Mc Graw Hill, New York, 2003.
5. TREYBAL, R. C. " Operaciones con transferencia de masa". Sexta Edición, Cap. XII.
6. LUJAN, M. (1988). Importancia del hongo *Metarhizium anisopliae*, *beauberia*, *trichoderma* como insecticida microbiológico en el control de plagas nocivas. Boletín de reseñas. Protección de plantas, Cuarta Edición, Madrid, Editorial Limusa, 1998.
7. BRITO H., Texto Básico de Operaciones Unitarias I, Segunda Edición, Copywrite 2006.
8. MCCABE, W; SMITH J. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, Cuarta Edición: Editorial McGraw-Hill. 1998
9. TREYBAL R. C. " Operaciones con transferencia de masa". Cap. XII. Cuarta Edición, 2005.

10. BARNETT, H. Illustrated Genera of Imperfect. Fungi. MacMillan Publ. Co, New York. 1995.
11. FARIAS, A. Flutuação populacional de *Aleurothrixus aepimem* mandioca, em Sao Miguel das Matas, Bahia. Revista Brasileira de Mandioca (Brasil), 2^{da} Edition , 1994.
12. JONES, K.A. Tecnology of formulation and application. In H.D. Burges (ed) Formulation of microbial biopesticides. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Holanda, 1998.
13. ESPITIA, R.E. Revancha: variedad mejorada de amaranto para los valles altos de México. 1991.
14. MONTEROS, J.C., C. INIAP-Alegria, Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra Ecuatoriana. INIAP.Boletín Divulgativo N°245, Ecuador 1995.
15. Mc CABA, WARREN L, SMITH, C. y HARRIOT, Operaciones Unitarias en la Ingeniería Química. Sexta Edición, McGraw-Hill Interamericana Editores (2002).
16. WENZEL, L. Principios de Operaciones Unitarias. 6ta edición, CECSA (1997).
17. PERRY, C. Manual del Ingeniero Químico. Ed Mc Graw Hill.
18. GEANKOPLIS, C. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Tercera Edición. Compañía Editorial Continental (CECSA) (2005).

Bibliografía Específica.

1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile.
2. Carballo, M. (1998) Formulación de hongos entomopatógenos. Rev. Manejo integrado de Plagas 47: 1-4
3. Singh, Paul. Introducción a la Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia.
4. Mc Cabe, Warren L, Smith, Julian C. y Harriot, Peter. Operaciones Unitarias en la Ingeniería Química. Sexta Edición, McGraw-Hill Interamericana Editores (2002).
5. Geankoplis, Christie J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Tercera Edición. Compañía Editorial Continental (CECSA) (2005).
6. Coulson J. M. and Richardson J. F. with Backhurst J. R. and Harker J. H. Chemical Engineering Volume 1 Fifth Edition Particle Technology and Separation Processes. Butterworth-Heinemann (2002).
7. Walas Stanley M. Chemical Process Equipment: Selection and Design. Butterworth-Heinemann. (1990).
8. Foust Alan S. y Wenzel Leonard A. Principios de Operaciones Unitarias. 6ta edición, CECSA (1997).
9. Perry - Chilton. Manual del Ingeniero Químico. Ed Mc Graw Hill
10. Foust Alan S. y Wenzel Leonard A. Principios de Operaciones Unitarias. 6ta edición, CECSA (1997).

Bibliografía Internet

1. Hongos entomopatógenos

<http://www.monografias.com/trabajos905/aislamientos-hongos-entomopatogenos/aislamientos-hongos-entomopatogenos.shtml>

2. Forma de acción de los hongos entomopatógenos

<http://www.Monografias.com/trabajos17/formulacion-de-hongos/formulacion-de-hongos.shtml>.

3. Esporas de hongos

<http://www.esporas.com.ar/trabajos/bovif16.htm>

4. Hongo de Género *Trichoderma*

[http://www.monografias.com/trabajos15/hongo *Trichoderma*.html](http://www.monografias.com/trabajos15/hongo <i>Trichoderma</i>.html)

5. Hongo de Género *Beauveria Bassiana*

<http://es.wikipedia.org/wiki/beauveria.%C3%B3n>

6. Hongo de género *Metharizium Anisopliae*

http://www.methariziumanisopliae.com.mx/articulos.php?id_sec=45&id_art=1340

7. Bioplagueisidas

<http://es.wikipedia.org/wiki/bioplagueisidas>

8. Amaranto

<http://www.amaranta.com.mx/elamaranto/secAmaranto.html>

9. Tamizado

<http://nelsoncobba.blogspot.com/2008/04/tamizado.html>

10. Equipos Industriales de Tamizado

<http://www.monografias.com/trabajos62/equipodetamizado.shtml>

11. Vibraciones Mecánicas

<http://www.vibracionpordesbalanceo.com.ar/trabajos/bovif16.htm>.

ANEXOS

ANEXOS I

MATERIALES UTILIZADOS EN EL ENSAMBLAJE DEL EQUIPO



ANEXO II
ENSAMBLAJE DEL EQUIPO



ANEXO III

PRUEBAS DE PROCESO DE TAMIZADO



ANEXO IV

PRUEBAS DE PROCESO DE SECADO

