

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de Bodega de Almacenamiento de Café Arábigo para una  
Industria Ecuatoriana”

**TESIS DE GRADO**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERA DE ALIMENTOS**

Presentada por:

Julissa Elizabeth Moreta Zambrano

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2008

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de una o otra forma colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente a la Ingeniera Fabiola Cornejo Z. Directora de Tesis, por su incondicional e invaluable ayuda. Y a mi familia; en especial a mi madre por apoyarme para concluir mi carrera universitaria

# DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

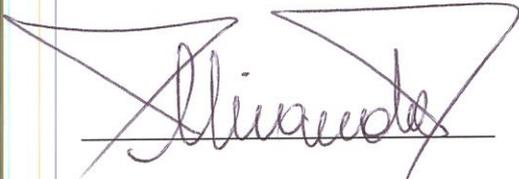
A MIS HERMANOS

A MI ESPOSO

A MI HIJO

A MIS AMIGOS

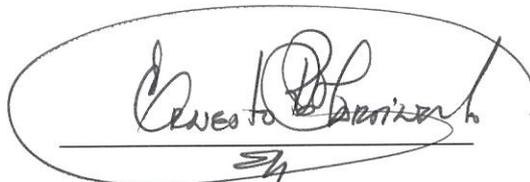
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Luis Miranda S.  
DELEGADO POR EL  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Fabiola Cornejo Z.  
DIRECTORA DE TESIS



Ing. Ernesto Martínez L.  
VOCAL



CIB-ESPOL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



---

Julissa Elizabeth Moreta Zambrano

## RESUMEN

En la industria ecuatoriana del café, la falta de tecnificación o de información sobre el correcto almacenaje de la materia prima; genera un fuerte impacto en la productividad y calidad del producto final. Unos de los factores que más inciden en el deterioro del grano verde y podría significar un riesgo para la salud del consumidor, es la presencia de Ocratoxina A (OTA) producida por el *Aspergillus Ochraceus* y *Penicillium Verrucosum*. Dentro de las variedades de granos de café más expuesta a una contaminación rápida y violenta, es el arábigo.

El objetivo principal de la presente investigación es el diseño de dos sistemas de almacenamiento que permitan mantener las condiciones ambientales óptimas en la bodega de una industria productora de café. Para lograr este objetivo, primero se consideró los principales parámetros que tenían mayor influencia en el desarrollo de la ocratoxina A en el almacenamiento de grano; mediante estudios investigativos realizados por otras instituciones. Entre estos parámetros se acentuaban la actividad de agua del producto y las condiciones ambientales críticas como son las temperaturas y humedades relativas que se presentaban dentro de la bodega.

Para este estudio se creó una cámara cerrada con temperaturas constantes de 20°C y 30°C; sometiendo al grano a la adsorción de agua, entregada por las diferentes sales que tenían actividades de agua conocidas. Luego se realizó el análisis respectivo de OTA a las muestras para verificar la producción de esta toxina. Mediante isotermas de adsorción se compara el crecimiento de OTA, actividad de agua del producto y contenido de humedad en base seca del producto.

Se estudiaron las condiciones climáticas en una bodega situada en la ciudad de Guayaquil durante un año, con la finalidad de determinar los meses en los cuales existe un crecimiento de Ocratoxina A; en las variaciones de temperaturas y humedades en una bodega.

Seguidamente se definió las condiciones físicas adecuadas para la conservación del grano verde de café; para el propuso el diseño de dos tipos de sistemas de almacenamiento mediante la combinación de ventiladores centrífugo, los cuales tienen como función la extracción de aire dentro de la bodega; mientras que los ventiladores axiales suministran aire a la bodega. La otra propuesta es un sistema de almacenamiento mediante acondicionadores de aire evaporativos; los cuales realizan las dos funciones de extracción y suministro de aire de la bodega en un solo sistema, mediante la utilización de agua. Se analizaron económicamente las propuestas; los cuales tuvieron resultados similares con respecto al costo de equipos e

instalaciones. Aunque un sistema de ventilación fue descartado, debido a que no cumplía con las respectivas de estabilización de humedad relativa y temperatura en un almacenamiento de grano.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICO.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1 Café Arábigo.....	3
1.1.1 Producción .....	3
1.1.2 Características del café arábigo ecuatoriano .....	5
1.1.3 Tratamiento post cosecha de café arábigo.....	6
1.1.4 Problemas del café .....	13
1.2 Desarrollo de Ocratoxina A (OTA).....	15
1.2.1 Definición de OTA .....	16

1.2.2 Efectos de la OTA .....	17
1.2.3 Parámetros permisibles de OTA .....	18
1.2.4 Determinación de OTA .....	20

## CAPÍTULO 2

### 2. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES IDEALES PARA

ALMACENAMIENTO DE GRANO.....	21
2.1 Condiciones actuales de almacenamiento.....	21
2.2 Factores que influyen en el crecimiento de la OTA .....	24
2.3 Análisis de producción de OTA en diferentes épocas del año.....	38
2.4 Mediciones de temperaturas, humedades relativas del ambiente y humedades del grano en una bodega de almacenamiento.....	39

## CAPÍTULO 3

### 3. DISEÑO DE UNA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE CAFÉ

ARÁBIGO.....	43
3.1 Dimensiones de una bodega de almacenamiento.....	43
3.2 Características físicas de una bodega de almacenamiento.....	43
3.3 Propuestas de sistemas de almacenamiento adecuado para el grano.....	48

3.3.1 Sistema de almacenamiento mediante ventiladores centrífugos y axiales .....	48
3.3.2 Sistema de almacenamiento mediante acondicionadores de aire evaporativos .....	61
3.4 Costos de las propuestas de sistemas de almacenamiento .....	71

#### CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
--	----

#### APÉNDICE

#### BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

ND	No detectable
$a_w$	Actividad de agua
$\mu\text{g}$	microgramo
kg	kilogramo
ng	nanogramo
g	gramos
ppb	partes por billón
OTA	Ocratoxina A
gH <sub>2</sub> O/gss	Gramos de agua/gramos de sólidos solubles
MCDB	Contenido de humedad del producto en base seca
MC	Contenido de humedad del producto
W <sub>i</sub>	Peso inicial del producto.
W <sub>e</sub>	Peso final o de equilibrio del producto
m	metros
V <sub>b</sub>	Volumen de la bodega
l	Largo de bodega
w	Ancho de bodega
h	Altura de bodega
R	Renovaciones de aire
cc	Pies cúbicos

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
Figura 1.1	Principales Zonas Cafeteras del Ecuador.....	2
Figura 1.2	Fases del Beneficio por la Vía Seca.....	7
Figura 1.3	Fases del Beneficio por Vía Húmeda.....	8
Figura 1.4	Defectos del Grano de Café.....	12
Figura 1.5	Estructura Química de OTA.....	15
Figura 2.1	Forma de Almacenamiento de Grano de Café.....	21
Figura 2.2	Pales para Almacenar Café.....	22
Figura 2.3	Isotermas de Adsorción de Café Verde a 20°C...	30
Figura 2.4	Isotermas de Adsorción de Café Verde a 30°C...	30
Figura 2.5	Pruebas de crecimiento de OTA.....	32
Figura 2.6	Comparación de $A_w$ vs Crecimiento de OTA a 20°C.....	33
Figura 2.7	Comparación de $A_w$ vs Crecimiento de OTA a 30°C.....	34
Figura 3.1	Dimensiones de la Bodega.....	42
Figura 3.2	Forma de Estibación de los Sacos en los Palet.....	44
Figura 3.3	Distancias entre Ruma y Ruma, Techo y Pared.....	45
Figura 3.4	Ventilador Centrífugo Modelo GB.....	47
Figura 3.5	Ventilador Axial.....	48
Figura 3.6	Prueba de Suministro de Aire con Sensores de Humedad y Temperatura.....	51
Figura 3.7	Detalle Esquemático de un Sistema Evaporativo.....	60
Figura 3.8	Detalle del Proceso en la Tabla Psicrométrica....	61
Figura 3.9	Componentes en el Equipo.....	63
Figura 3.10	Funcionamiento del Sistema.....	64
Figura 3.11	Formas de Instalaciones.....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Clasificación del Café Arábigo Ecuatoriano.....	5
Tabla 2 Límites Reglamentarios para Ocratoxina A en diversos países.....	17
Tabla 3 Valores de Ocratoxina A en materiales.....	24
Tabla 4 Rangos de Crecimiento y Producción de OTA.....	27
Tabla 5 Crecimiento de OTA a 20°C .....	32
Tabla 6 Crecimiento de OTA a 30°C.....	34
Tabla 7 Ventajas y Desventajas semejantes de los Ventiladores Centrífugos y Axiales.....	49
Tabla 8 Características Técnicas de los Equipos.....	68

## ÍNDICE DE GRAFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 2.1 Relación de la temperatura vs crecimiento de OTA.....	35
Gráfico 2.2 Crecimiento de OTA en diferentes meses de los años 2006-2007.....	36
Gráfico 2.3 Humedades Relativas y Temperaturas de Bodega.....	38
Gráfico 2.4 Humedades del Grano Verde en Bodega.....	40
Gráfico 3.1 Café Arábigo Fresco .....	52
Gráfico 3.2 Café Arábigo Viejo .....	53

## INTRODUCCION

Café se cultiva en casi todo el país, la producción comercial se concentra en algunas regiones. Las debilidades en la cadena agroindustrial representan un factor de riesgo para la contaminación por hongos toxigénicos y la producción de OTA (ocratoxina A); los cuales atentan la salud humana, por ser una toxina nefrotóxica que produce cáncer renal.

La OTA es una sustancia química producida por el desarrollo de ciertos hongos, se produce cuando están presentes hongos como: *Aspergillus ochraceus* y *Penicillium verrucosum* en condiciones ideales como humedad relativa, temperatura y actividad de agua en el grano, se desarrollan provocando la producción de esta micotoxina durante tiempo suficiente para que se acumule en el producto. Debido a esto, surge la necesidad de diseñar un sistema de almacenamiento para el correcto acondicionamiento del grano, a fin de asegurar la calidad física y organoléptica evitando el deterioro violento del mismo.

Las industrias ecuatorianas no disponen de un adecuado almacenamiento de la materia prima, sin considerar que el control de las condiciones ambientales juega un papel importante; ya que se encuentra estrechamente relacionado con el rápido o lento deterioro del grano, por lo que es necesario controlar temperaturas y humedades ambientales para no alterar su

composición química y dar lugar a un incremento de la micotoxina por pésimas condiciones de almacenamiento en una bodega, considerando que la variedad de grano arábigo es muy sensible y siempre está propenso a un deterioro drástico.

# **CAPITULO 1**

## **1. GENERALIDADES**

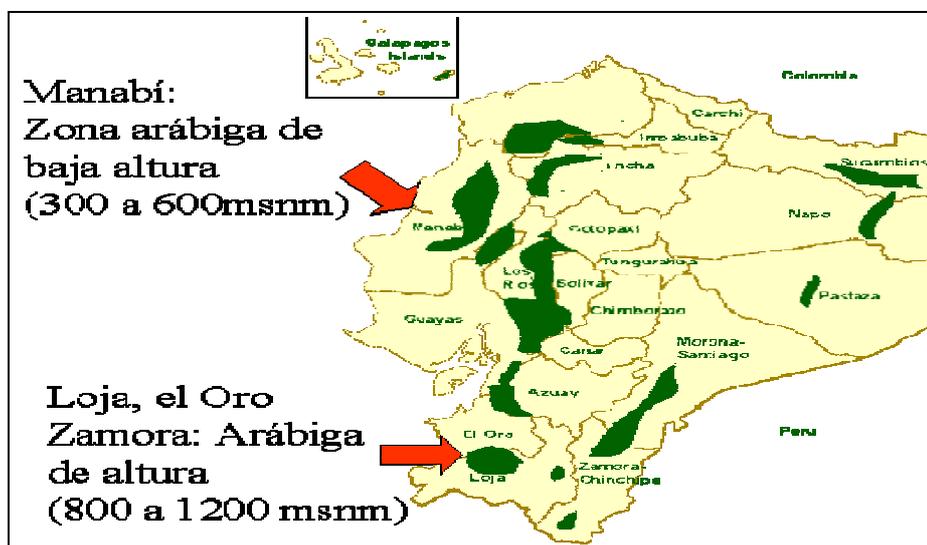
### **1.1. Café Arábigo**

La variedad de café arábigo se cultiva en regiones situadas entre 500 y 2000 metros de altitud. Representa el 70% de la producción mundial y su contenido de cafeína es del 1 al 2% del grano. Es la variedad más apreciada. (19)

#### **1.1.1. Producción**

El Ecuador es conocido mundialmente como el productor tradicional de café arábigo lavado y natural. La época de

cosecha de los cafés arábigos en el Ecuador varía según la zona de cultivo, como se muestra en la figura 1.1. En la provincia de Zamora Chinchipe, la época de cosecha comprende de Abril a Agosto; en Manabí y las otras zonas de producción de cafés arábigos, se ubica entre Junio y Agosto. Las épocas de cosecha pueden variar, en cada zona de cultivo, en función del inicio de las lluvias, que inciden directamente en la floración y fructificación de los cafetales. El tiempo que transcurre desde la floración a la maduración de los frutos es de 210 a 240 días.(19)



**FIGURA 1.1. PRINCIPALES ZONAS CAFETERAS DEL ECUADOR**

La producción de café en el Ecuador ha ido disminuyendo paulatinamente a partir de 1997, (Apéndice A). Es así como durante los últimos años el volumen producido es inferior a un millón de sacos de 60 KG, por lo que su aporte a la producción mundial de café ha ido en descenso, contribuyendo en la actualidad en no más del 1%. Uno de los problemas fundamentales es el bajo rendimiento, estimado entre 5 a 6 qq/ha al año. Esto se debe en gran parte, a la falta de capacitación y transferencia de tecnología, a la no disponibilidad de créditos, la ausencia de organización y el fortalecimiento gremial, entre otros factores. En alrededor del 90%, la superficie de cultivo es manejada bajo el sistema tradicional. (19)

Actualmente, este cultivo se encuentra ubicado a nivel nacional. Según los datos del último Censo Agropecuario existen 151,900 hectáreas de cultivo de café solo y 168,764 hectáreas de cultivo de café asociado. (19)

#### **1.1.2. Características del café arábigo ecuatoriano.**

En la tabla 1 se muestra la clasificación del café arábigo según sus características físicas y organolépticas.

### **1.1.3. Tratamiento post cosecha de café arábigo**

El tratamiento post cosecha, que se da al grano para la obtención de café verde, se realiza en una etapa llamada beneficio, un factor determinante de la calidad de taza (7). A partir de los medios disponibles para controlar el beneficio, el periodo de postcosecha se caracteriza por dos fases distintas, unidas por una fase de transición. En la primera fase, de gran humedad, iniciada con la cosecha, el producto está en un estado inestable y sólo se puede controlar la descomposición promoviendo la formación de microorganismos contrarios, limitando el oxígeno y el tiempo de permanencia en este estado. En la última etapa, la de menor humedad, iniciada en la última parte del secado y prolongada durante el tostado, el producto está en condiciones estables y se controla evitando que el café se humedezca de nuevo.(7)

TABLA 1

## CLASIFICACIÓN DEL CAFÉ ARÁBIGO ECUATORIANO

CLASIFICACION	CALIDAD DE TAZA	ESTADO FITOSANIT	NÚMERO DE DEFECTOS	GRANULOMETRIA	HUMEDAD
<b>GRADO 1:</b> SPECIALTY GRADE	-Alta acidez  -Buen cuerpo	-Libre de insectos  -Libre de hongos	Máximo de 10 defectos secundarios en 300g	-95,0 % arriba de malla 15  -Máximo 5,0 % abajo de malla 15	11 a 12,5 %
<b>GRADO 2:</b> PREMIUM GRADE	-Limpia  -Libre de sabores	-Libre de insectos  -Libre de hongos	Máximo de 15 defectos secundarios en 300g	-85 % arriba de malla 18  -0,0 % abajo de malla 15	11 a 12,5 %
<b>GRADO 3:</b> EXCHANGE GRADE	-Libre de defectos	-Libre de insectos  -Libre de hongos	Máximo de 23 defectos secundarios en 300g	-95,0 % arriba de malla 15  -Máximo 5,0 % abajo de malla 14	11 a 12,5 %
<b>GRADO 4:</b> CAFÉ ARABIGO NATURAL	-Media baja acidez	-Libre de insectos  -Libre de hongos	Máximo de 45 defectos en 300g	-95,0 % arriba de malla 15  -Máximo 5,0 % abajo de malla 14	11 a 12,5 %

La fase de transición es la menos estable y la más difícil de prever. En este período, algunos microbios hidrofílicos, cuya inocuidad es conocida, son sustituidos por otros mesofílicos, capaces de producir

OTA. Cabe señalar que muchos organismos inocuos pueden deteriorar la calidad del café. Muchas veces no es posible secar el café con rapidez cuando la cosecha coincide con una temporada lluviosa o hay una gran humedad ambiental, por lo cual es necesario tomar medidas para incrementar todo lo posible el secado cuando las condiciones son desfavorables.

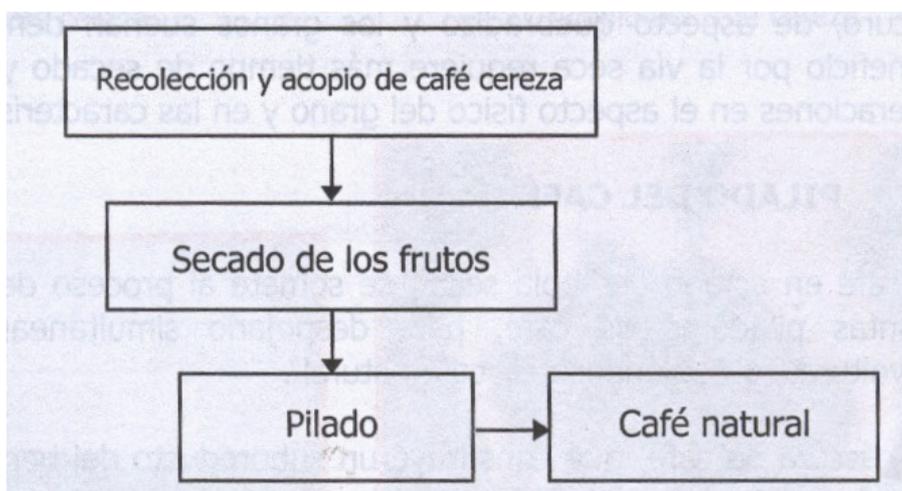
Después del secado, en un momento determinado ya no se pueden producir microorganismos porque el producto tiene poca humedad; evitando la descomposición del café(10).

Los métodos de beneficio que se emplean actualmente son por la vía seca y por la vía húmeda. (7).

### **Beneficio por la Vía Seca**

El tratamiento que se da al café cereza, consiste en deshidratarlo por medios naturales o artificiales, hasta un nivel en que puede ser llevado a la piladora para la eliminación física de las envolturas del almendro. En la Figura 1.2, se muestra las fases del beneficio del café por a vía seca. (Apéndice B). (7).

Si este tratamiento no se lleva bien a cabo, el daño físico puede propiciar la contaminación de moho en el grano interno y el riesgo asociado de contaminación por OTA, además de pérdida de calidad.

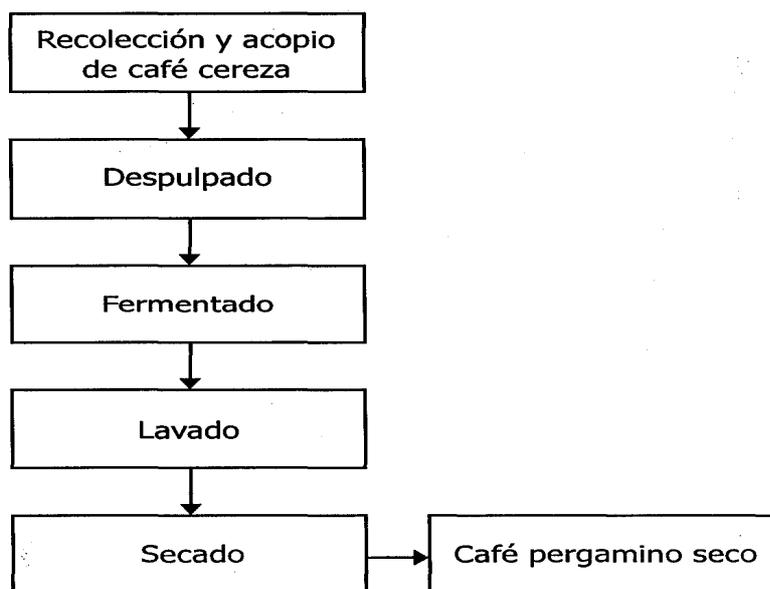


**FIGURA 1.2 FASES DEL BENEFICIO POR LA VÍA SECA**

### **Beneficio por la Vía Húmeda**

El beneficio por la vía húmeda es el procedimiento por el cual se obtiene el café pergamino seco, a partir de las cerezas maduras; las cuales se asocian a un mayor riesgo de contaminación; debido a los defectos que poseen en comparación con los granos sanos producidos en el mismo lote. La descomposición del pergamino se combate mediante fermentación, para limitar la presencia de oxígeno y promover la producción de microorganismos competitivos durante la degradación del mucílago, a fin de poder lavar el grano y secarlo. (10)

Todas estas operaciones (Apéndice C) deben efectuarse de la manera correcta para que no se desarrolle una contaminación por presencia de OTA. En la Figura 1.3, se muestra las fases del beneficio del café por a vía húmedo. (7,10)



**FIGURA 1.3 FASES DEL BENEFICIO POR VIA HUMEDA**

En el tratamiento de postcosecha los dos métodos de beneficio mencionados en los párrafos anteriores, tienen en común la etapa de secado de café; con el objetivo de eliminar el agua de la semilla en la forma más eficaz, a fin de estabilizar el producto y conservar su calidad.

En el período de secado (nivel de humedad/días) se pueden distinguir tres momentos: un período inicial de desfase, un período de cambio máximo y una fase de desaceleración. El café en cereza tiene un período de desfase de uno a tres días, en el cual el nivel de humedad cambia poco en comparación con el período de desfase, de un día o menos, en el secado del pergamino. Los hongos que producen la OTA están en desventaja competitiva en estas condiciones de humedad.(10)

La siguiente fase es lineal y su pendiente depende primero que nada de las condiciones de secado, y en segundo lugar de la tecnología del patio de secado. La cereza y el pergamino, en condiciones idénticas, se secan a la misma velocidad máxima. Éste es el período más favorable para que prosperen los hongos productores de OTA.

Conforme se va secando el café, el agua que queda está herméticamente contenida en la semilla y disminuye la velocidad del secado, con lo cual se produce un período de secado muy lento. Cuando hay estos niveles de humedad pueden producirse algunos hongos, pero no los que producen la Ocratoxina A.(10).

Para que se produzca la OTA tienen que darse condiciones favorables al desarrollo de uno o más de los hongos capaces de producir esta toxina, durante un período suficiente.

La condición esencial es la presencia de agua, humedad excesiva (nivel de agua alrededor de 0,95), donde prosperan los hongos hidrofílicos de rápido crecimiento, así como las levaduras, estos organismos prosperan y reprimen a los hongos que producen la OTA; en condiciones demasiado secas (nivel de agua inferior a 0,80) los hongos que producen la OTA no pueden producir la toxina; en condiciones todavía más secas (nivel de agua inferior a 0,78 o 0,76), no pueden desarrollarse. En el patio de secado el objetivo es reducir al mínimo el período que el café pasa en el margen de humedad propicio para el desarrollo de los hongos productores de OTA. Se ha demostrado que es posible lograr cinco días o menos en este margen, con buenos resultados para evitar la acumulación de OTA.(10)

Cabe indicar que si el café después de haber pasado por el proceso de secado se humedece de nuevo las consecuencias pueden ser más graves que cuando el secado es lento. Si los granos contienen un nivel de contaminación, éste puede aumentar en biomasa durante el período de secado, de modo que a mayor biomasa el micelio está en

condiciones de crecer aceleradamente y producir OTA, si las condiciones de desarrollo son propicias.(10)

#### **1.1.4. Problemas del café**

Los principales problemas del grano verde se da en la etapa de recolección y beneficio; incluyendo los daños que ocasionan los insectos vivos y/o muertos, hongos, contaminantes y material extraño (piedras y palos). Esto afecta la calidad física del café, ya que ésta se determina por los diferentes defectos en el color y forma del grano. (3)

En la figura 1.4 se muestran los principales defectos físicos de los granos entre los que se considera el color, la apariencia, la madurez; así como la presencia de materias extrañas como palos y piedras. (3).

Todos estos defectos en los granos afectan considerablemente las características organolépticas del grano verde como el olor y el color.

## Olor

El café verde deberá tener su olor característico, libre de olores extraños o de cualquier tipo de contaminación. Los olores del café se clasificarán en: fresco/típico, viejo, terroso, mohoso, fermento y otros. (3)



**FIGURA 1.4 DEFECTOS DEL GRANO DE CAFE**

### **Color**

El café verde de la especie arábica deberá tener una coloración uniforme. La coloración se clasificará en: verde, gris, azulado, ligeramente pálido, pálido, pálido amarillento y otros. (3)

#### **1.2. Desarrollo de Ocratoxina A (OTA)**

La ocratoxina A se desarrolla por la formación de metabolitos secundarios, producidos por mohos, que crecen en materiales vegetales deteriorando a los mismos. La humedad tiene una gran influencia sobre el desarrollo de los mohos, pero más que la humedad del sustrato es la disponibilidad de agua (actividad de agua  $a_w$ ) el parámetro más importante.

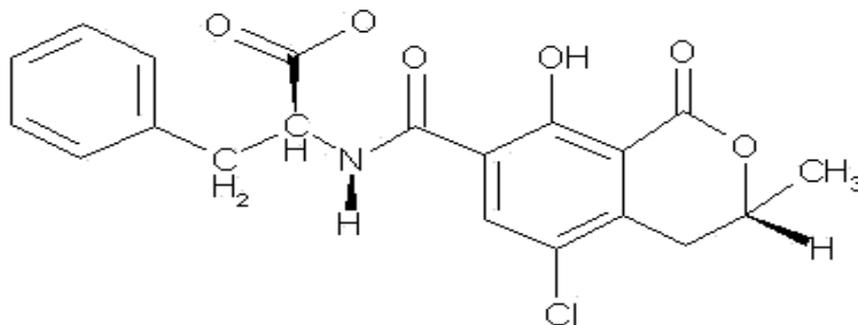
Las modificaciones químicas producidas en los alimentos por los mohos se traducen en alteraciones del valor nutritivo o de sus características organolépticas. (2).

### 1.2.1. Definición de OTA

#### ¿Qué es la OTA?

La ocratoxina A (OTA;  $C_{20}H_{18}ClNO_6$ ) es una micotoxina producida exclusivamente por dos géneros de hongos: *Penicillium* y *Aspergillus*. Se ha confirmado que dos especies de *Penicillium* (*P. verrucosum* y *P. nordicum*) en climas templados producen OTA. También se ha informado que algunos miembros del grupo *Aspergillus ochraceus* en los trópicos producen OTA, así como algunos tipos aislados de *A. niger*, *A. carbonarius* y *A. terreus*. (15)

La OTA es el más importante y frecuente de un grupo de compuestos estructuralmente relacionados entre sí. La ocratoxina A consiste de un grupo de dihidroisocumarina unida por el grupo 7-carboxilo a una molécula de L-β-fenilalanina mediante un enlace amida. En la figura 1.5 se muestra la estructura química de la OTA ((R)-N-((5-cloro-3,4-dihidro-8-hidroxi-3-metil-1-oxo-1H-2-benzopirano-7il)carbonil)-l-fenilalanina). (17)



**FIGURA 1.5 ESTRUCTURA QUIMICA DE OTA**

### 1.2.2. Efectos de la OTA

#### Humanos

La ocratoxina A es una nefrotoxina conocida, carcinógena, teratógena y posiblemente también genotóxica. Se sabe desde hace mucho tiempo que la OTA es una fuerte nefrotoxina y carcinógeno renal. Es una fuerte toxina que afecta principalmente los riñones, en los cuales puede producir lesiones agudas y crónicas.(15)

#### Cosechas

Entre los principales efectos de la OTA en la cosechas podemos citar la pérdida en la producción, mercados restringidos, incremento en los costos de producción y incremento a los costos post-cosecha. (15).

### 1.2.3. Parámetros permisibles de OTA

El Comité de Expertos sobre Aditivos y Contaminantes de Alimentos de la FAO/OMS establece una ingesta semanal tolerable máxima de 0.1 microgramos por kilogramo de peso corporal (JECFA, 2001). Además, las autoridades sanitarias de diversos países han establecido límites máximos de contaminación en grano verde de café descritos en la tabla 2. Estos límites son incluidos en la legislación, mientras que otros son normas de aplicación, instrucciones aduaneras o lineamiento de inspección. Según la Comisión Europea, esta micotoxina, presente en la naturaleza, puede contaminar los productos agrícolas antes o después de la cosecha y aunque establecimiento del límite de OTA en el grano se encuentra en estudio, la Comisión Europea controla este parámetro en el producto final (1)

Ecuador no posee ninguna legislación en límites de ocratoxina A; pero por ser un país exportador de café debe asegurar que el producto cumpla con las restricciones para seguir participando con éxito en estos mercados. Y una de las maneras es el control de la materia prima en cantidades de OTA permisibles, reflejando mejores condiciones sanitarias a

nivel nacional, mediante buenas prácticas de almacenamiento de grano de café.

**TABLA 2**

**LÍMITES REGLAMENTARIOS PARA OCRATOXINA A EN DIVERSOS PAÍSES**

<b>PAISES</b>	<b>CAFÉ VERDE (PPB)</b>
Unión Europea (general)	ND
Países con regulaciones	
Alemania	ND
República Checa	10
Países Bajos	
España	8
Finlandia	5
Italia	8
Grecia	20
Hungría	15
Portugal	8
Suiza	5

\*ND: No detecta

Fuente: [www.coffee-ota.org](http://www.coffee-ota.org)

#### 1.2.4. Determinación de OTA

El método cuantitativo utilizado en este estudio para la detección de Ocratoxina A en el grano de café, es el OchraTest. Este es uno de los métodos más recomendados; ya que es rápido, exacto, fácil, seguro, no es afectado por el calor y económico.

Su principio está basado en medir los niveles de ocratoxina A; la cual consiste en preparar muestras; mezclándolas con una solución de extracción, homogeneizándolas y filtrándolas. El extracto se aplica después a la columna de Ochra Test; la cual contiene anticuerpos específicos para la Ocratoxina A. En esta fase la ocratoxina se liga a los anticuerpos de la columna. La columna se lava entonces con agua para librar a la columna de inmunoafinidad de impurezas. Después, pasando y eluyendo una solución a través de la columna, la ocratoxina es removida de los anticuerpos. Esta solución eluida puede ser medida en un fluorómetro. En el apéndice D podemos observar con claridad el desarrollo del método. Los reactivos que se utilizan en este método son: buffer de lavado PBS/Tween —20 al 2 %, solución metanol: Bicarbonato de sodio al 1% y solución de Elusión OchraTest.(13, 20)

# **CAPÍTULO 2**

## **2. DETERMINACION DE LAS CONDICIONES IDEALES PARA ALMACENAMIENTO DE GRANO**

### **2.1 Condiciones Actuales de almacenamiento del café**

En la ciudad de Guayaquil existen varias industrias productoras de los más exquisitos cafés. Estas industrias poseen sus propias bodegas de almacenamiento de grano, pero lamentablemente, hay deficiencias en algunas de estas bodegas de almacenamiento que podrían causar un deterioro en la calidad del grano de café.

Por ejemplo, no hay una debida ventilación en las bodegas, lo que podría ocasionar que los sacos que se encuentren cerca del techo tiendan a secarse los granos, y los que se encuentran en la parte baja se rehumezcan, captando la humedad relativa del ambiente

También algunos sacos en los que se encuentran almacenados los granos no son del material recomendado; como los sacos de nylon no son adecuados ya que no permiten que los granos intercambien humedad con el aire externo. Por lo tanto, se recomienda que se almacene en sacos de yute ya que permite la transmisión de vapor agua hacia el exterior.

Por otro lado, hay aberturas en las paredes; por donde los insectos, pájaros y roedores tienen libre acceso. Los insectos y los ácaros (artrópodos) pueden también contribuir notablemente al deterioro biológico de los cereales, debido a los daños físicos y a la pérdida de nutrientes que ocasiona su actividad, y también a causa de su interacción compleja con mohos y micotoxinas.

La actividad metabólica de los insectos y ácaros genera un aumento del contenido de humedad y la temperatura de los granos de café infestados. Los artrópodos actúan también como portadores de las esporas de los mohos y éstos pueden utilizar los residuos fecales de los artrópodos como fuente de alimento. Por otra parte, los mohos pueden proporcionar alimento a los insectos y ácaros pero, en algunos casos, pueden también actuar como patógenos.(5)

No hay instrumento de medición para controlar la humedad relativa y temperaturas del ambiente; este es un factor importante, porque podemos controlar las condiciones a la que esta expuesto el grano de café.

No hay el debido control con respecto a la altura de la estiba y el espacio entre la pared y los sacos. Y no deben mezclarse las calidades de granos.

Estas deficiencias en las bodegas de almacenamiento; puede ocasionar que se creen las condiciones ideales para el crecimiento fúngico; siendo unas de las principales deficiencias la temperatura y la humedad relativa del ambiente. En las siguientes figuras 2.1 y 2.2 podemos observar una bodega de almacenamiento.



**FIGURA 2.1 FORMA DE ALMACENAMIENTO DE GRANO DE CAFÉ**



**FIGURA 2.2 PALETS PARA ALMACENAR CAFÉ**

El control del almacenamiento es muy importante para la prevención del crecimiento de OTA y el deterioro de la calidad del grano. Prevalciendo las condiciones climáticas de humedades, temperaturas ambientales y contenido acuoso del grano verde de café.

## **2.2 Factores que influyen en el crecimiento de la OTA**

Existen diferentes factores que intervienen en el desarrollo de esta micotoxina; algunos de estos son los intrínsecos, es decir dependen exclusivamente de la cepa fúngica y de su base genética. Por otro lado, existen una serie de factores extrínsecos que afectan el comportamiento de la cepa y hacen que la invasión fúngica, la infección y la elaboración de micotoxinas en el grano de café dependan en gran medida de ellos. Entre los factores extrínsecos tenemos:(2, 6, 15)

- Los insectos y los ácaros: Facilitan la colonización fúngica e influyen en el contenido de las micotoxinas. Tienen la capacidad de dañar y destruir el café almacenado, estos están siempre presentes pero generalmente requieren las condiciones físicas apropiadas para crecer, reproducirse y alimentarse en estos productos almacenados. Para el café verde, hay una plaga de insectos en particular, que causa mayor daño es el gorgojo del grano del café (*Araecerus fasciculatus*) . Aparte de pérdida de la calidad directa del grano, debido a elevada actividad de los insectos, existe el riesgo del aumento de la humedad en el área del almacenamiento provocando el crecimiento de producción de la micotoxina.(6,15).
- Los daños físicos: Se pueden generar en el grano de café, también actúan como productores de micotoxina. Podemos observar en la tabla 4 valores de OTA en materiales que producen un crecimiento de esta micotoxina.

**TABLA 3**  
**VALORES DE OCRATOXINA A EN MATERIALES**

<b>MATERIAL</b>	<b>OCRATOXINA A</b>  <b>µg/kg=ng/g=ppb</b>
Cerezas	400-600
Pergamino mohoso	45-65
Basura	27
Costra de ductos	13
Granos en transportador	12
Café de primera	0-1

Fuente: Analab, ANACAFÉ

- El pH: En el grano es bajo, por el cual es un factor que puede influir en el crecimiento del hongo y la producción de micotoxina; Sin embargo, su efecto no parece ser muy limitante.(2,15).
- Las condiciones ambientales: Ejercen una importante influencia en el crecimiento fúngico así como la producción de la micotoxina; tanto en el campo como en los productos recolectados y almacenados. Entre las condiciones ambientales tenemos: (15)

- ✓ **La humedad relativa** del ambiente en un almacenamiento juega un papel importante ya que el grano esta propenso a intercambio de aire y a la captura de agua. El cual se relaciona con actividad de agua del grano; produciendo levaduras y bacterias que provocan pudrición y destrucción de los granos.
  
- ✓ **La temperatura** es una de las variables con un papel más significativo en el control de desarrollo microbiano y producción de la toxina. Este factor tiene una considerable influencia en los requerimientos de agua por parte del hongo. La tasa de crecimiento de los mohos será menor cuanto menor sea la temperatura y la cantidad de agua disponible. Esto se debe a que un cambio de temperatura incide directamente en la Aw. Si se eleva la temperatura hay menor actividad de agua produciendo una mayor disposición de agua para el crecimiento microbiano.
  
- **La composición del café**: Se encuentra muy ligada en la producción de esta micotoxina. Así, sus características físicas y químicas, la disponibilidad de agua (AW) y oxígeno, el contenido en azúcares, las fuentes de carbono, proteínas o aminoácidos o las trazas de minerales presentes influyen significativamente el crecimiento de OTA.(15). El factor de mayor influencia es AW.

- ✓ **Actividad Acuosa (AW)** del grano verde de café, los mohos utilizan el vapor de agua en el espacio intergranular del café verde, cuya concentración está determinada por el equilibrio entre el agua libre del interior del grano (el contenido de humedad del grano) y el agua de la fase de vapor adyacente a la partícula granular. La concentración de agua intergranular se puede expresar en términos de humedad relativa de equilibrio (HRE, en porcentaje) o de actividad de agua ( $a_w$ ). Esta última se define como la relación entre la presión del vapor de agua en el grano y la del agua pura a la misma temperatura y presión, mientras que la HRE equivale a la actividad de agua expresada como porcentaje. (5)

Las actividades acuosas necesarias para la proliferación de mohos suelen estar comprendidas en el intervalo de 0,70 a 0,99, siendo mayor la actividad de agua y la propensión a la proliferación de mohos cuanto mayor es la temperatura.(5) En la tabla 4 se observa las actividades de agua y temperaturas ideales para el crecimiento del moho *Aspergillus Ocraceus* y *Penicillium Verricusum*

**TABLA 4**  
**RANGOS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE OTA**

ESPECIE	Aw		TEMPERATURA (°C)	
	Crecimiento	OTA	Crecimiento	OTA
Penicillium verrucosum	≥ 0,80	≥ 0,83-0,86	0-31	4-31 >5
Aspergillus ochraceus	≥ 0,77 ≥ 0,80	≥ 0,83-0,87 ≥ 0,90	8-37	10-37

Según estudios realizados (Mirna L. Suarez-Quiroz, Oscar Gonzalez-Rios, Michel Barel, Bernard Guyot, Sabine Schorr-Galindo, Joseph P. Guirau,\* Instituto Tecnológico de Veracruz, Av. M. A. de Quevedo 2779, 91860 Veracruz, Ver. México CIRAD-CP TA80/16 34398 Montpellier Cedex, France. Unite Mixte de Recherche (UM2-ENSAM-INRA 1212), Universite Montpellier, Eugene Bataillon 34095 Montpellier Cedex, France. Received 22 January 2004; received in revised form 23 March 2004; accepted 25 March 2004), reportaron que las actividades de agua para granos secos son de 0.95, 0.99, 0.90 con temperaturas entre 25°C y 30°C, 20°C y 35°C, influyen en el crecimiento de OTA. Y para un grano humedecido obtuvieron resultados diferentes AW mínimo 0.80 y el óptimo de 0.95 con la interacción de temperaturas optimas de 25°C y 30C. En conclusión se indica las condiciones de crecimiento de A. ochraceus que produce

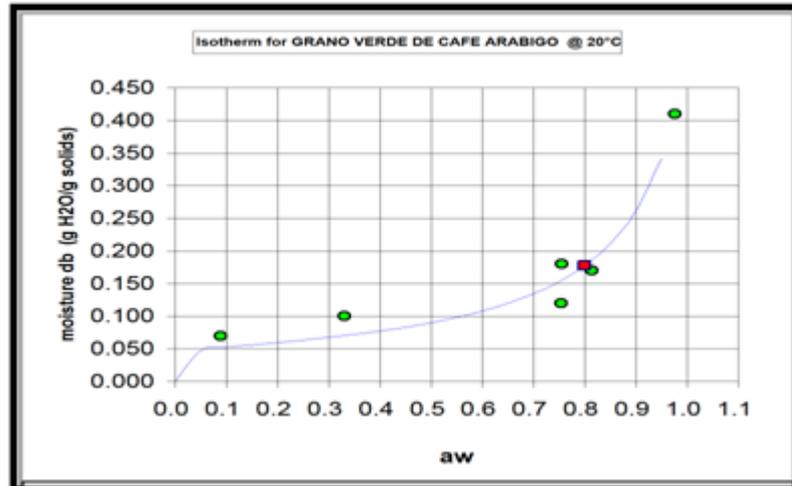
OTA en el grano de café a una temperatura de 25°C con una AW de 0.8, 0.87 y 0.95 (16)

En este estudio (Hector Palacios-Cabrera, Marta H. Taniwaki\*, Hilary C. Menezes, Beatriz T. Iamanaka, Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Av. Brasil, 2880, P.O. Box139, CEP 13073-001, Campinas-SP, Brazil Facultad de Engenharia de Alimentos (FEA), Unicamp, Campinas-SP, Brazil Received 26 May 2003; received in revised form 18 August 2003; accepted 19 August 2003), sometieron al grano a isothermas de adsorción con el objetivo de verificar la captación de agua del grano a temperaturas constantes. Los resultados obtenidos en este estudio señalaron que a una temperatura de 25°C, se obtuvo una actividad de agua del grano de 0.78; 0.84 y 0.88 con un ERH(Equilibrio de Humedad Relativa) de 80%, 87% y 95% respectivamente; con estos resultados se mide la cantidad de OTA, en un periodo de 60 días ; registrándose el crecimiento fúngico y producción de OTA bajo en una AW entre 0.78 y 0.80; mientras que a una AW 0.84 se presenta alta producción de OTA. (17)

Los resultados experimentales del estudio realizado (E. Pardo, A.J. Ramos, V. Sanchis, S. Marín\* Food Technology Department, University of Lleida, Rovira Roure 191, 25198 Lleida, Spain Received 16 December 2003; received in revised form 16 April 2004; accepted 5

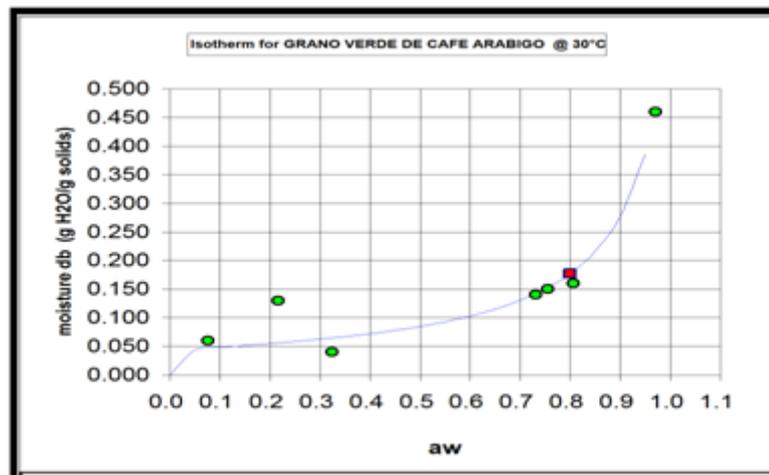
May 2004); sobre la relación actividad de agua vs. temperatura, indican que los óptimos niveles de AW para el crecimiento de OTA se encontraban entre 0.95-0.99 a 20° y 30°C; y aunque no hubo un crecimiento significativo a 10°C se consideró que su AW ideal a esta temperatura era 0.95.(18)

En el presente trabajo se quiso demostrar el efecto de la actividad del agua en el crecimiento de OTA. Las isotermas de adsorción del grano de café verde fueron elaboradas experimentalmente por el método isopiéstico (12) y ajustadas por medio del modelo matemático de GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer). Se determina monocapa de BET (Brunauer-Emmet-Teller), la cual da una explicación de la estabilidad del grano del café a temperaturas de 20°C y 30°C como se muestran en las figuras 2.4 y 2.5. Las isotermas fueron graficadas utilizando el programa WATER ANALYSER SERIES, Versión 97.4, En las figuras se pueden observar que se obtuvieron isotermas de tipo II, de forma sigmoidea o tipo S.



**FIGURA 2.3 ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE CAFÉ VERDE A LOS 20°C**

<b>MODELO BET</b>	<b>MONOCAPA: 0.0678gH<sub>2</sub>O/gsólidos</b>
-----------------------	---



**FIGURA 2.4 ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE CAFÉ VERDE A LOS 30°C**

<b>MODELO BET</b>	<b>MONOCAPA: 0.0265gH<sub>2</sub>O/gsólidos</b>
-----------------------	---

En el análisis del comportamiento de las isothermas de adsorción; podemos notar la tendencia a disminuir el contenido de humedad de la monocapa al aumentar la temperatura. Este fenómeno demuestra el efecto de la temperatura en la actividad de agua. Al bajar la monocapa se reduce la estabilidad del grano, esto puede deberse a la menor disponibilidad de los sitios activos o enlaces de hidrógenos en el alimento para la unión con el agua. Se debe considerar que el valor de la monocapa se encuentra relacionado con la estabilidad del producto, es decir que si mayor es el valor de la monocapa, mayor es la estabilidad del alimento, precisando que la temperatura es un factor influyente en el almacenamiento del grano de café en las bodegas.

Para confirmar este análisis se almacenaron bolsas de café envasadas en yute a diferentes condiciones de almacenamiento (figura 2.5). Las condiciones de almacenamiento en un recipiente cerrado con sales que poseen distintas actividades de agua (0,43; 0.76; 0.72 y 0.83).



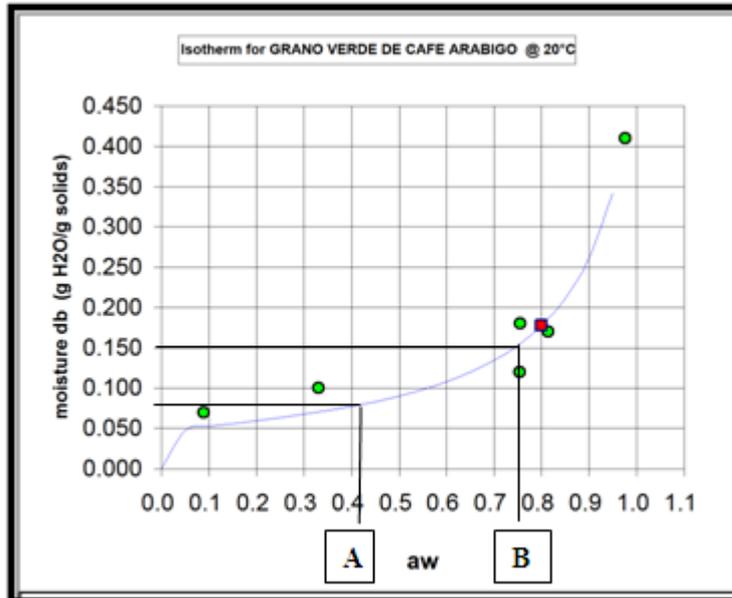
**FIGURA 2.5 PRUEBAS DE CRECIMIENTO DE OTA**

Los resultados se muestran en las tablas 5 y 6 y como se mencionó anteriormente el aumento de temperatura produce un ligero crecimiento de OTA. En las figuras 2.7 y 2. 8 podemos ver la comparación de AW vs crecimiento de OTA a 20°C y 30°C respectivamente.

**TABLA 5**

**CRECIMIENTO DE OTA A 20°C**

OTA (PPB) INICIAL DEL GRANO	MUESTRAS	20°C	
		AW	OTA (PPB)
0.77	A	0.4315	1.5
	B	0.7646	1.6

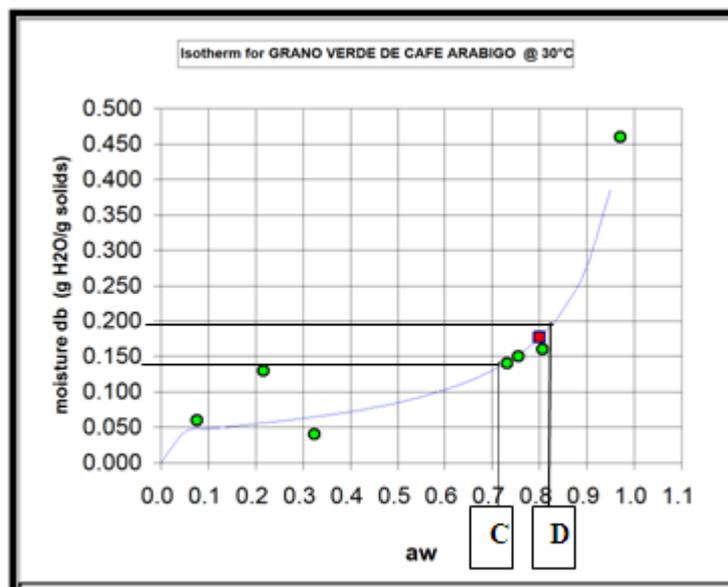


**FIGURA 2.6 COMPARACIÓN DE AW vs CRECIMIENTO DE OTA a 20°C**

En la figura 2.6 podemos observar que a la temperatura constante de 20°C, la muestra A con una actividad de agua de 0.43 o 43% de humedad relativa y contenido de humedad de 0.057gH<sub>2</sub>O/gss; con respecto a la muestra B con actividad de agua 0.76 o 76% humedad relativa y contenido de agua de 0.15 gH<sub>2</sub>O/gss; poseen una diferencia de 0.1ppb lo que se interpreta que al existir un incremento de humedad, el crecimiento de ocratoxina A se ha incrementado en 6,6% el grano verde, a esta condición de temperatura puede mantenerse sin que sufra una contaminación agresiva de OTA.

**TABLA 6**  
**CRECIMIENTO DE OTA A 30°C**

OTA (PPB) INICIAL DEL GRANO	MUESTRAS	30°C	
		AW	OTA (PPB)
0.77	C	0.7206	1.9
	D	0.8362	2.9

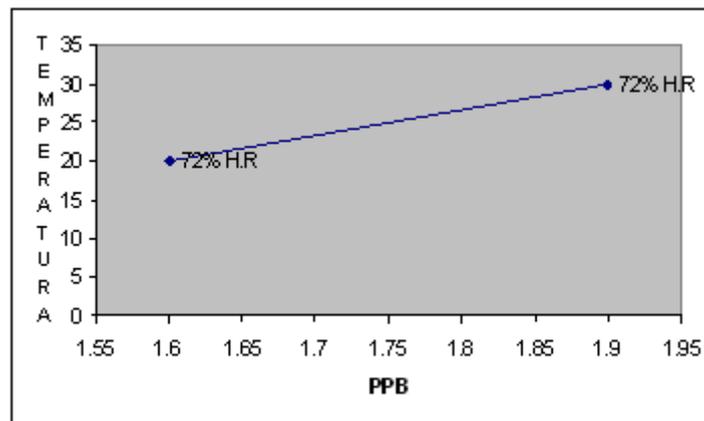


**FIGURA 2.7 COMPARACIÓN DE AW VS CRECIMIENTO DE OTA a 30°C**

Sin embargo en el caso de una la temperatura constante de 30°C, la muestra C con una actividad de agua de 0.72 o humedad relativa de 72% y contenido de humedad de 0.14gH<sub>2</sub>O/gss; con respecto a la muestra D con actividad de agua 0.84 o 84% humedad relativa y contenido de agua de 0.19 gH<sub>2</sub>O/gss; podemos observar que existe

una variación significativamente en el crecimiento de ocratoxina A, ya que la diferencia que existe entre las dos muestras es de 1ppb; lo que se interpreta que al existir un incremento de humedad relativa, el crecimiento de ocratoxina A se ha incrementado en 52% en el grano verde, notando claramente el alto riesgo de la variación de humedades sufriendo una contaminación agresiva de OTA.

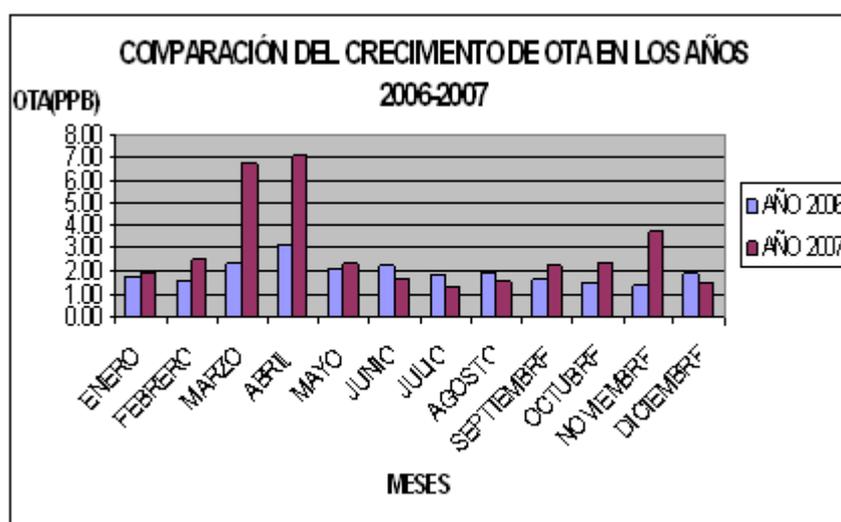
En la grafica 2.1 se puede observar que un aumento de 10°C de temperatura y Humedad relativa del 72%, produce un incremento del 18% de OTA; por esta razón los parámetros temperatura y humedades relativas deben ser estrictamente controladas.



**GRAFICO 2.1 RELACIÓN DE TEMPERATURA VS  
CRECIMIENTO DE OTA**

### 2.3 Análisis de producción de OTA en diferentes épocas del año

El estudio de esta tesis esta basada en la comparación datos del 2006 y 2007; con el objeto de definir los meses que tienen mayor producción de OTA. En el gráfico 2.2, podemos verificar que los meses de marzo y abril (2006 y 2007), tiene la cantidad más elevada de producción de OTA. Unas de las posibles causas son las elevadas temperaturas y humedades relativas provocadas por la estación climática, el invierno en nuestro país. Ocasionando aumentos en actividades de agua del grano y por ende mayor disponibilidad de agua para el crecimiento.



**GRAFICO 2.2 CRECIMIENTO DE OTA EN DIFERENTES MESES DE LOS AÑOS 2006-2007**

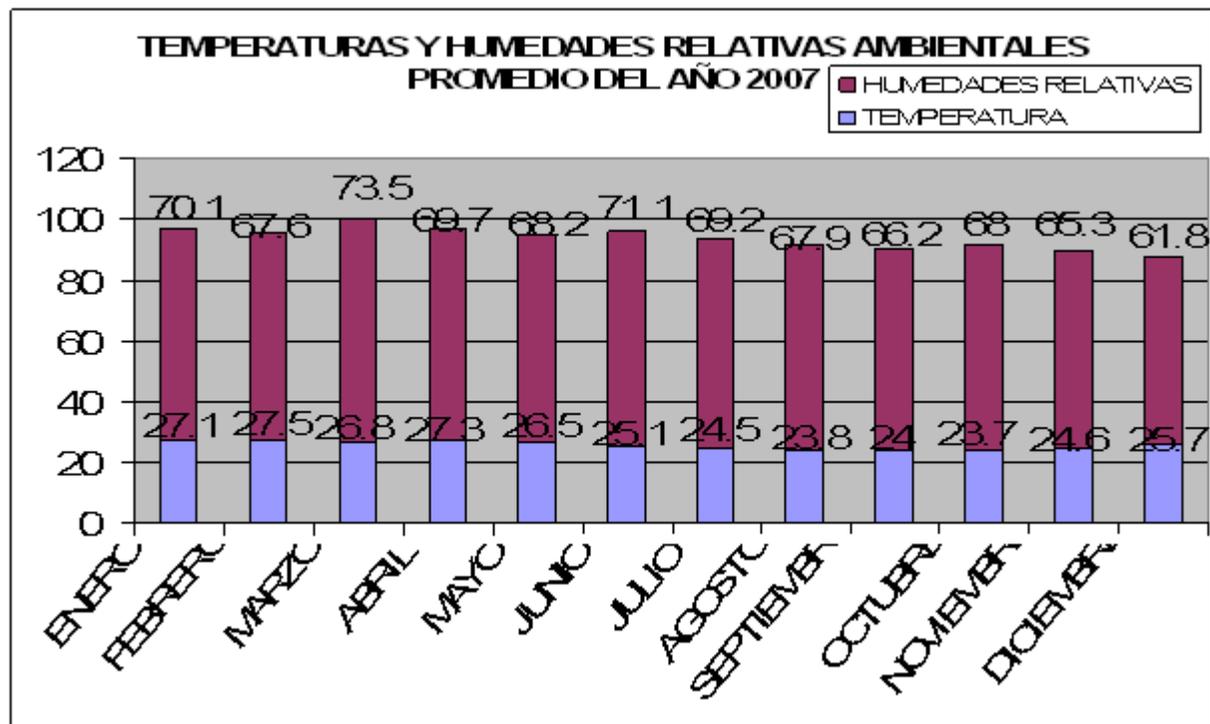
Este análisis demuestra que la bodega debe poseer un sistema adicional de ventilación en esos meses

## **2.4 Mediciones de temperaturas, humedades relativas del ambiente y humedades del grano en una bodega de almacenamiento**

### **Temperaturas y Humedades dentro de la Bodega**

Se determinó las temperaturas y humedades relativas dentro de una bodega de almacenamiento de grano verde; mediante el uso de registradores de temperatura y humedad relativa. La gráfica 2.3, muestra las condiciones de almacenamiento, considerando el promedio de humedades y temperaturas en el año 2007, en el cual se realizó esta tesis.

Mediante el gráfico 2.3 se precisa los meses de condiciones ambientales mas elevada, y comparando con el gráfico que registra los meses con crecimiento de OTA; podemos observar la estricta relación que existente en el efecto de la temperatura y la producción de OTA. El mes de abril es un ejemplo claro en este estudio.

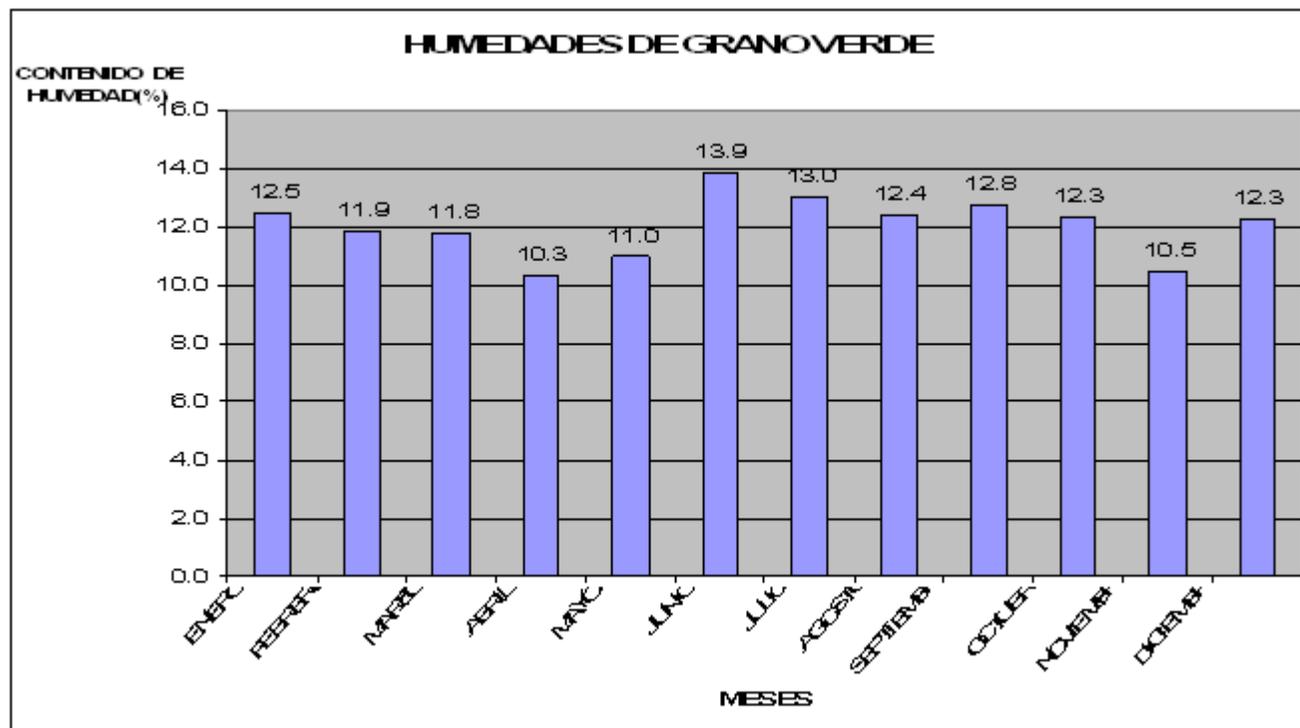


**GRAFICO2.3 HUMEDADES RELATIVAS Y TEMPERATURA DE BODEGA**

### **Humedades del Grano Verde de la Bodega**

En el gráfico 2.4 podemos observar los promedios de las humedades en base seca del grano de café durante el año 2007. Es importante notar que al comparar las humedades con el crecimiento de OTA; este no posee una estrecha relación con la humedad. Como se mencionó anteriormente que la humedad no representa un parámetro de estabilidad, por lo contrario es importante analizar el efecto de humedad relativa del medio en la actividad de agua y por consiguiente en el crecimiento de OTA.

Se podría evitar estas variaciones drásticas mediante un apropiado sistema de almacenamiento que será propuesto en el capítulo 3; considerando todos los estudios realizados de temperaturas que tienen una influencia en el crecimiento de OTA.



**GRAFICO 2.4 HUMEDADES DEL GRANO VERDE EN BODEGA**

# **CAPÍTULO 3**

## **3. DISEÑO DE UNA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE CAFÉ ARÁBIGO**

### **3.1. Dimensiones de una bodega de almacenamiento**

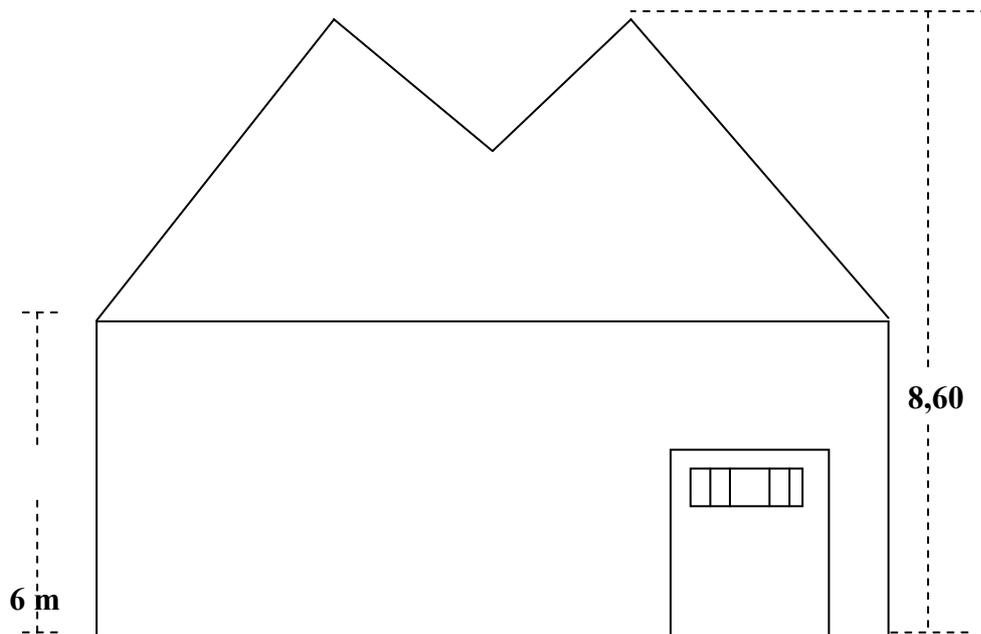
Esta tesis fue basada mediante el estudio de la bodega 3 de almacenamiento del grano verde de la industria ELCAFE; la cual esta construida de paredes y piso de cemento, una puerta de metal y techo de zin., como podemos observar en la figura 3.1; la cual tiene las siguientes dimensiones:

### **3.2. Características físicas de una bodega de almacenamiento**

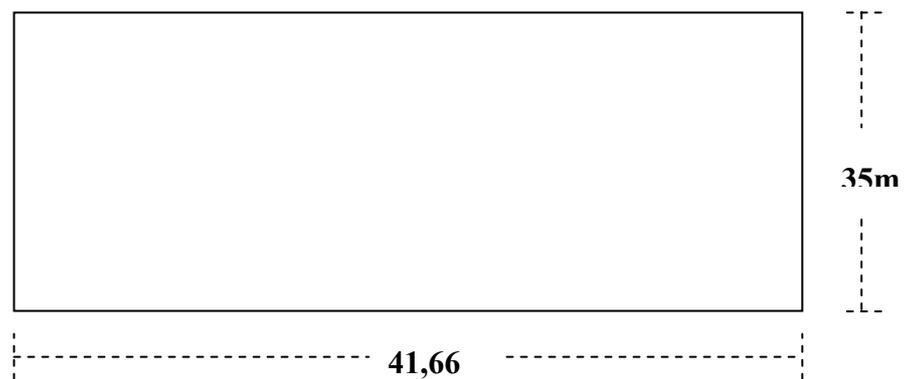
Un almacenamiento seguro involucra mantener la calidad y la cantidad del grano. Esto significa protegerlo de los rigores del clima, de los hongos y otros microorganismos, de la humedad, de las

temperaturas altas y destructivas, de los insectos, de los malos olores, y de la contaminación.

**Dimensiones de Altura del Piso a la Pared y del Centro de la Punta del Techo.**



**Dimensiones del Piso:**



**FIGURA 3.1 DIMENSIONES DE LA BODEGA**

## **Requerimientos para el Diseño de la Bodega**

Entre los requerimientos físicos y ambientales de las bodegas para evitar el crecimiento de OTA podemos nombrar las siguientes características:

### **Características Físicas:**

- Techos altos y una amplia circulación del aire
- Piso de cemento con barrera de protección contra la humedad, no debe sufrir inundaciones ni siquiera cuando llueve mucho, para evitar el rehumedecimiento del grano.
- Garantizar que el techo y las ventanas estén sellados e impidan el ingreso del agua, para evitar que grano se moje el grano
- Canalizar todo suministro de agua alrededor de la zona de almacenamiento para que eventuales problemas de plomería no humedezcan el café.
- La bodega debe estar limpia o libre de contaminación (por ejemplo evitar residuos de gasolina, jabón e insecticidas) porque el grano absorbe cualquier mal olor. Sin embargo la fumigación con insecticida debe usarse solamente como último recurso cuando el número de plagas sean extremas.

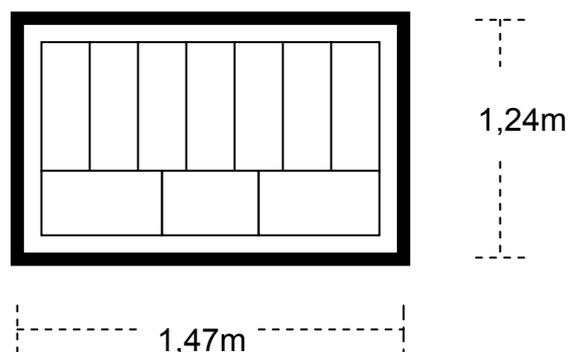
**Características Ambientales:**

- El grano no debe estar expuesto a la luz directa del sol ni debe situarse donde pudiera haber calefacción local capaz de producir variaciones de temperatura y propiciar el paso de humedad.
- Mantener temperaturas ambientes en un rango de 20-30°C y las humedades relativas en rangos de 60-75%.

**Forma de estibar café.**

Los granos deben ser almacenados en sacos de yute; no se deben apilar junto a los muros, sino disponerse en forma tal que el aire pueda circular libremente y también conviene colocarlos en plataformas para evitar que estén en contacto directo con el suelo.

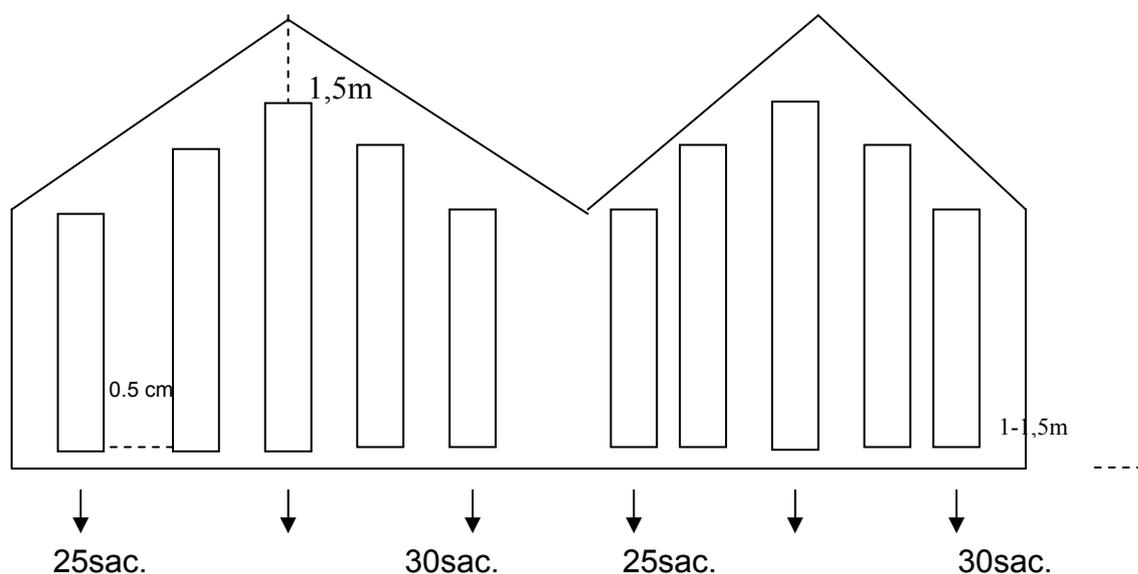
Es importante utilizar palets para evitar la humedad del piso y que esto afecte el grano almacenado. La forma en que se estiba los sacos de grano verde ver en figura 3.2



**FIGURA 3.2 FORMA DE ESTIBACIÓN DE LOS SACOS EN LOS PALET**

Para un mejor almacenamiento de la materia prima en la bodega es necesario cumplir con las distancias definidas, estas son condiciones reales de una bodega de almacenamiento. La separación entre las rumas de sacos de café y la pared de la bodega es de 1 ó 1,50 m; entre rumas su separación es de 50 centímetros y con respecto al techo la separación es de 1,5m. El número de sacos en la ruma es entre 25 y 30 sacos de acuerdo a la forma de la bodega, como se observa en la figura 3.3 las distancias respectivas entre las rumas con respecto al techo y paredes.

Debe proporcionarse una buena ventilación entre estibas de la bodega, ya que esto ayuda a mantener las condiciones propicias de un buen almacenamiento.



**FIGURA 3.3 DISTANCIAS ENTRE RUMA Y RUMA, TECHO Y PARED**

### **3.3 Propuestas de sistemas de almacenamiento adecuado para el grano**

#### **3.3.1. Sistema de almacenamiento mediante ventiladores centrífugos y axiales**

##### **Funcionamiento de ventiladores centrífugos y axiales**

- Ventiladores Centrífugos (Extracción)

Los ventiladores centrífugos en sus diferentes tipos tienen una aplicación muy limitada en sistemas de ventilación, a pesar de ser eficientes para vencer relativamente altas resistencias friccionales. Las razones que avalan este hecho son de orden práctico, ya que estos ventiladores requieren para su instalación de un mayor espacio físico y de bases más firmes. Su uso es más generalizado en aquellos sistemas de ventilación locales, donde se emplean filtros contra polvo, cuya resistencia al paso de una corriente de aire depende de su climatación y varía con el tiempo de uso. En estos tipos de sistema las curvas de operación características de los ventiladores centrífugos se adaptan mejor a la exigencia del incremento paulatino de caída de presión estática y con un menor nivel de ruido. (8, 14)

Muchos modelos de ventiladores centrífugos son diseñados con motores ya instalados y fuera de la corriente del aire para ventilar aire con alta temperatura y contaminación. Podemos observar en la figura 3.4 un modelo de ventiladores centrífugos (GB)



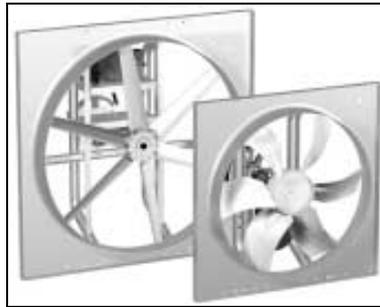
**FIGURA 3.4 VENTILADOR CENTRIFUGO MODELO GB**

- **Ventiladores Axiales (Suministro)**

Los ventiladores axiales son aquellos en los cuales el flujo de aire sigue la dirección del eje del mismo. Se suelen llamar helicoidales, pues el flujo a la salida tiene una trayectoria con esa forma. En líneas generales son aptos para mover grandes caudales a bajas presiones. Con velocidades periféricas medianamente altas son en general ruidosas.

Los ventiladores axiales están compuestos básicamente de un rotor con dos o más paletas. Se instalan en pared sin

ningún conducto. Como podemos observar un modelo ventilador axial, en la figura 3.5. (8,14)



**FIGURA 3.5 VENTILADOR AXIAL**

### **Ventajas y Desventajas de los Ventiladores Centrífugos y**

#### **Axiales**

En este sistema de almacenamiento podemos enunciar algunas ventajas y desventajas de los dos tipos de ventiladores como vemos en la siguiente tabla 7, ventajas y desventajas semejantes de los ventiladores centrífugos y axiales.

TABLA 7

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS SEMEJANTES DE LOS  
VENTILADORES CENTRIFUGOS Y AXIALES**

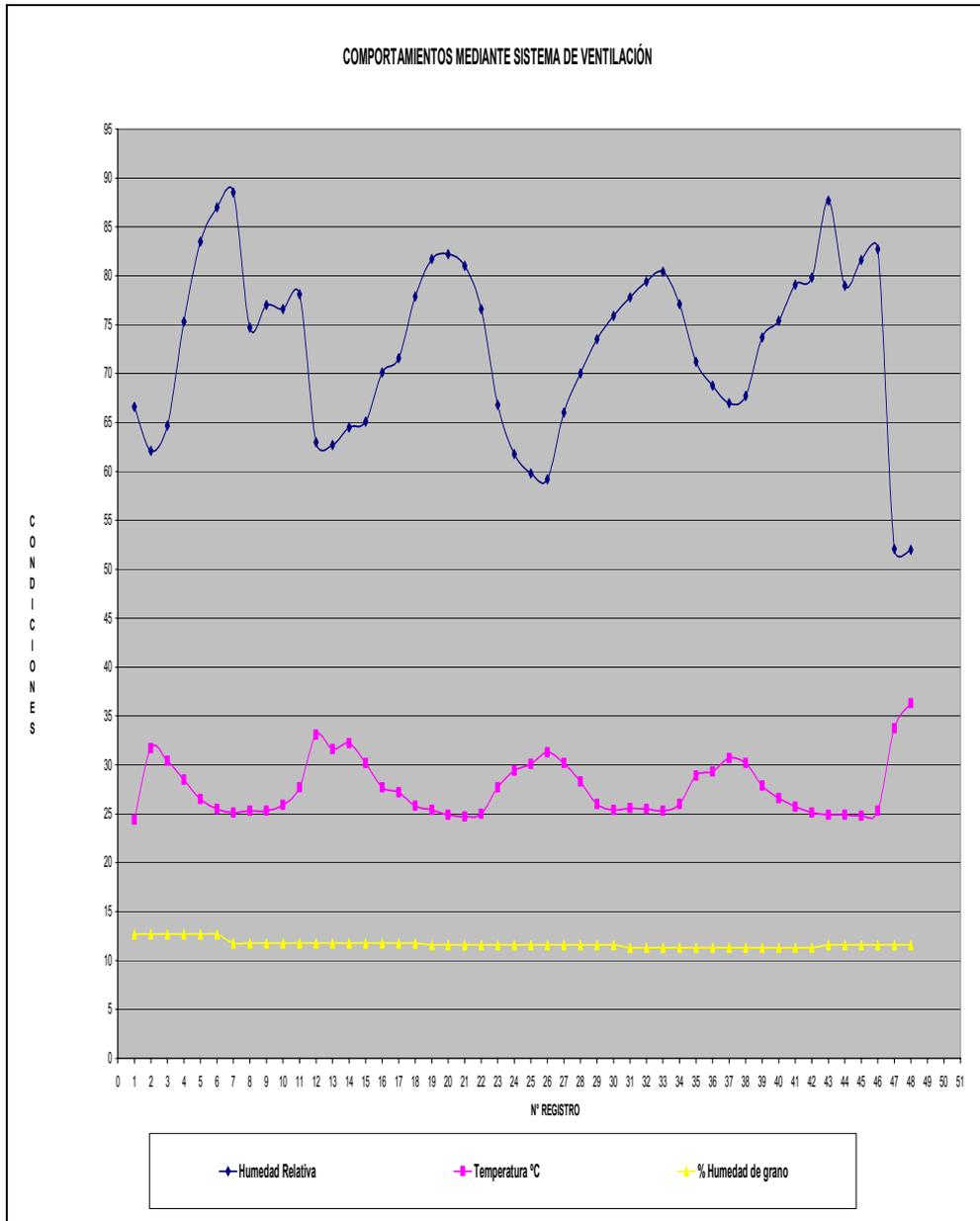
<b>VENTAJAS / DESVENTAJAS</b>	<b>CENTRIFUGOS</b>	<b>AXIALES</b>
<u>Ventajas:</u>		
Confort térmico en el interior del ambiente	*	*
Reposición de los niveles de oxígeno.	*	*
Extracción del calor, polución.	*	*
Eficientes para vencer relativamente altas resistencias friccionales.	*	
Mayor preservación de la materia prima y de los productos perecederos	*	*
Aumento de la vida útil de los equipamientos	*	*
No produce ruido	*	
<u>Desventajas:</u>		
No reduce ni estabiliza la humedad relativa, ni la temperatura de la bodega. (Ver explicación en prueba realizada en la parte inferior del cuadro)	*	*
Requieren para su instalación de un mayor espacio físico y de bases más firmes	*	
Producen ruido		*

Se realizó una prueba en un recipiente colocando granos viejos y granos frescos; los cuales se les suministró aire mediante un ventilador como se observa en la figura 3.6 Con el objetivo de verificar si la ventilación era suficiente para crear condiciones ambientales moderadas que permitan una estabilidad en el almacenamiento de los granos.

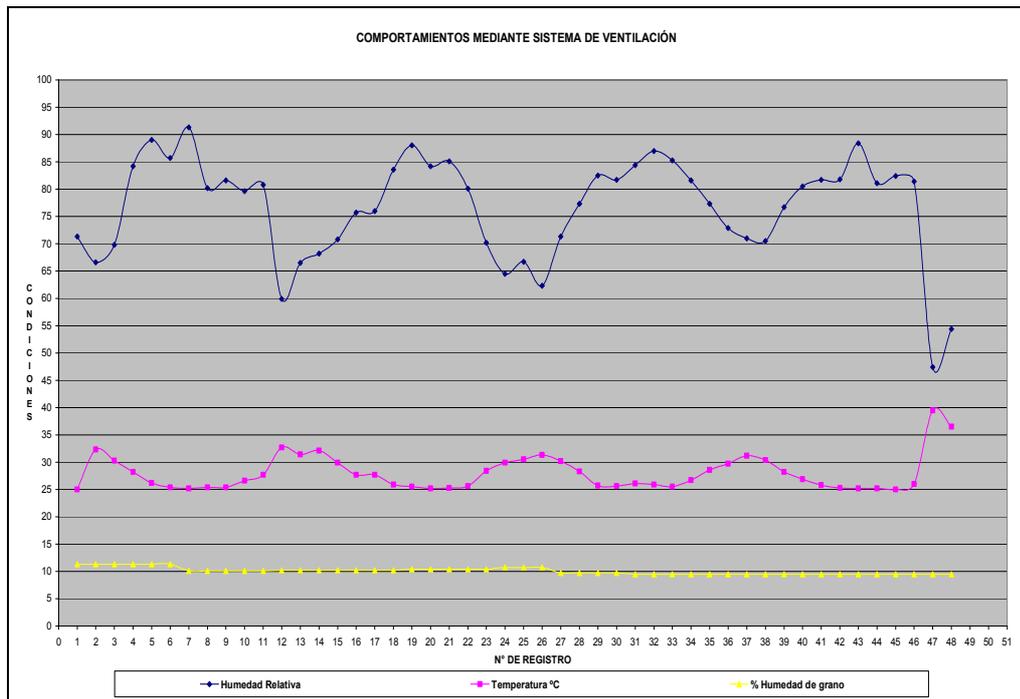
Los resultados de esta prueba se pueden observar en el gráfico 3.1 en café arábigo fresco y grafico 3.2 en café arábigo viejo; donde se constata los cambios drásticos de temperaturas y humedades relativas dentro de la cámara creada, mediante sensores que fueron programados durante cinco días por un software que registraba datos cada dos horas como podemos ver en apéndice E.



**FIGURA 3.6 PRUEBA DE SUMINISTRO DE AIRE CON SENSORES DE HUMEDAD Y TEMPERATURA**



**GRÁFICO 3.1 CAFÉ ARÁBIGO FRESCO**



**GRÁFICO 3.2 CAFÉ ARÁBIGO VIEJO**

### **Instalaciones de los ventiladores**

Los modelos de ventiladores son diseñados para ser instalados en tres sitios: en el techo, en una pared lateral o en un ducto. Los elementos básicos del ventilador no cambiaran aun sin importar el sitio donde se monte el ventilador. Solamente cambia el armazón para dar acceso a una instalación mucho más fácil.

Determinando el mejor sitio para un ventilador depende de las características físicas del edificio y del flujo del aire deseado. Supervisando la estructura del edificio y visualizando como el aire

debe de circular, el lugar para situar el ventilador se hace mucho más evidente.

### **Diseño y equipamiento**

Para el diseño de este sistema de bodega de almacenamiento es necesario determinar 4 elementos:

1. El modelo del ventilador centrífugo y axial.
2. CFM (Pies Cúbicos por Minuto)
3. Presión Estática (Pe)
4. Limitación de la Intensidad (sones)

### **Selección del Modelo de Ventilador Centrífugo Axial**

Los modelos de ventiladores centrífugos y axiales se seleccionan según la aplicación que se requiere.

En este estudio de tesis se requiere ventiladores para mejorar condiciones ambientales; para aquello se ha propuesto la combinación de dos tipos de ventiladores, los ventiladores axiales con la finalidad de suministrar aire exterior a la bodega, mientras que los ventiladores centrífugos extraen el aire de la bodega al exterior, logrando la renovación del aire.

La información que le suministrará al fabricante es el número de CFM que se requieren en la bodega, la forma gráfica de la bodega con sus respectivas dimensiones, y la aplicación considerando que la presencia de personal no es constante, ya que de esto depende también la selección para el control de niveles de ruido.

Una vez enviada la propuesta se verifica si cumple con los requerimientos solicitados.

### **Determinación de los CFM**

Los CFM deben ser calculados mediante la siguiente fórmula:

$$CFM = \frac{V_b}{R}$$

Donde:

$V_b$  = Volumen de la bodega (pies cúbicos)

$$V_b = l * w * h$$

Donde:

$l$  = Largo de bodega (pies)

$w$  = Ancho de bodega (pies)

$h$  = Altura de bodega (pies)

Se estima una altura promedio por la forma irregular del techo.

R= Renovaciones de aire (min/cambio)

Para establecer los rangos especificados para la ventilación adecuada en áreas correspondiente; depende del clima, si son climas cálidos y más fuertes que otras áreas normales se debe seleccionar el rango bajo (3) y si son climas moderados con tratamiento ligero se debe seleccionar el número más alto(10). Tomando como referencia la tabla utilizada de GREENHECK Building Value in Air que la podemos ver en el apéndice F.(8)

Datos:

l= 41.66m (136.6448pies)

w= 35m (114.8pies)

h= 2.60 m (8.528 pies)

$$V_b = l * w * h$$

**$V_b = 3,791.06 \text{ m}^3 (133,777.2269 \text{ pies}^3)$**

R= 3 min/cambio

Entonces;

$$CFM = \frac{V_b}{R}$$

**$CFM = 44,592.40897 \frac{\text{pies}^3}{\text{min}}$**

### **Determinación de una Presión Estática**

Los requisitos para la presión estática son significativos afectando la cantidad de aire de relleno proporcionado en un área. Si el aire de relleno o suministro es insuficiente, aumentará la presión estática y reducirá la cantidad de aire a extraer. (8)

Se estima una caída presión para los ventiladores centrífugos de 0.5"SP y para los ventiladores axiales 0.2"SP, esta información es analizada y proporcionada por el fabricante.

### **Determinación de la Intensidad (SONES)**

El ruido generado por un ventilador debe ser considerado. El nivel de la presión de ruido es expresado en sone.

Para el cálculo de la intensidad, podemos referirnos a las tablas 1 y 2 en el apéndice G; las cuales nos muestran los límites de intensidad permitidos en ciertos lugares para determinar el valor adecuado de sones para la aplicación deseada. Los ventiladores seleccionados por el fabricante deben cumplir con estos límites como indica la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.(11).

**Ventilador Centrifugo (extracción)**

El fabricante propone 8 ventiladores centrifugos, modelo GB-161-10 con sus respectivos accesorios; como podemos ver en apéndice H las hojas técnicas del modelo y accesorios seleccionados de los ventiladores; los cuales cumplen con lo requerido, con una propuesta económica considerable.

**Tipo:** Centrifugo

**Marca:** Greenheck

**Modelo:** GB161-10

**Material:** Aluminio

**Accesorios:** Damper

**Ventilador Axial (suministro)**

La selección del fabricante son 10 ventiladores axiales, modelo SS2-16-423-A3 con sus respectivos accesorios, como podemos ver en el apéndice I el modelo y los accesorios seleccionados de los ventiladores; los cuales cumplen con lo requerido, con una propuesta económica considerable. El plano de la bodega de almacenamiento podremos observarlo en el apéndice J

**Tipo:** Axial

**Marca:** Greenheck

**Modelo:**GB SS2-16-423-A3

**Material:** Aluminio

**Accesorios:** Damper, Osha Motor Side Guard, Roof Curb

### **3.3.2 Sistema de almacenamiento mediante acondicionadores de aire evaporativos**

#### **Funcionamiento del Sistema de Acondicionamiento de Aire Evaporativos**

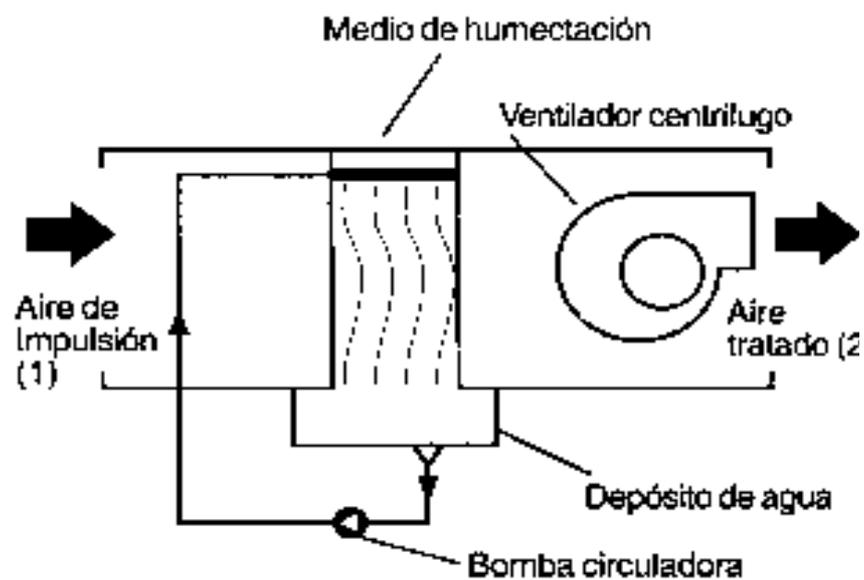
El enfriamiento evaporativo es un proceso de transferencia de masa de agua en una corriente de aire por contacto directo, en la que se obtiene el enfriamiento sensible del aire por evaporación del agua. El método es análogo al de un aparato de humectación y al de una torre de enfriamiento y la diferencia es el objetivo final, que es humectar el aire en el humectador y enfriar el agua en la torre, mientras que en este caso es la de enfriar el aire. (9)

El contacto entre los dos fluidos aire y agua puede tener lugar sobre una superficie de gran extensión con el propósito de aumentar el contacto íntimo entre ellas. El proceso de transferencia de calor es adiabática, de modo que se mantiene prácticamente constante la entalpía del aire o lo que es casi lo mismo, su temperatura de bulbo húmedo.(9)

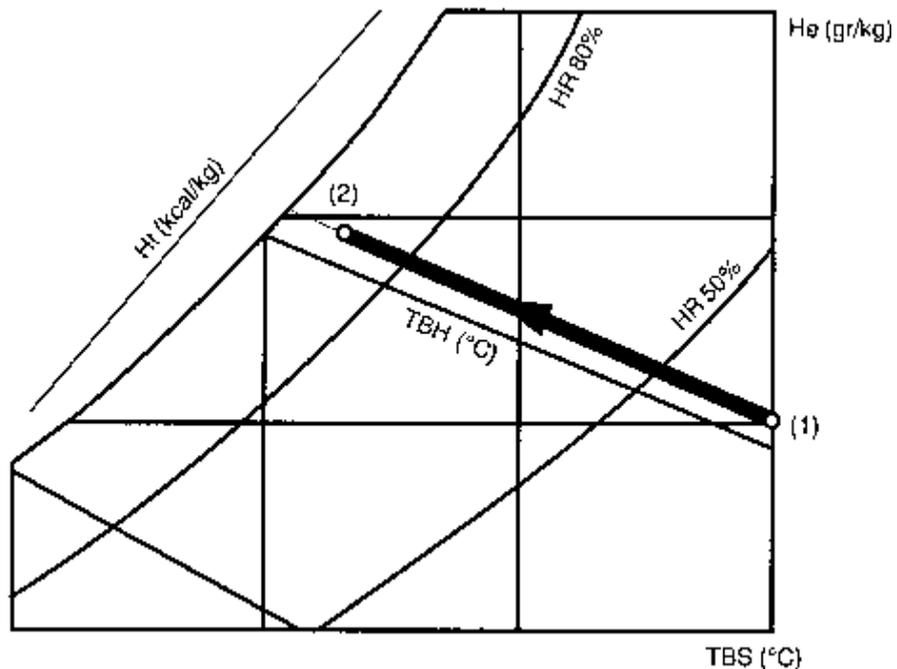
En la figura 3.7, se explica mediante un detalle esquemático de un sistema evaporativo; donde el agua se evapora en contacto directo con el aire de suministro, produciendo su enfriamiento y aumentando

su contenido de humedad en un proceso de cambio adiabático de calor. El aire suministra el calor al agua produciendo su evaporación, de modo que su temperatura de bulbo seco baja y se incrementa la humedad.(9)

De esa manera, el calor intercambiado desde el aire iguala a la cantidad de calor absorbida por la evaporación del agua y el agua se recircula por el aparato, su temperatura se aproxima a la de bulbo húmedo del aire del proceso, tal como se indica en la figura 3.8.



**FIGURA 3.7 DETALLE ESQUEMÁTICO DE UN SISTEMA EVAPORATIVO**



**FIGURA 3.8 DETALLE DEL PROCESO EN LA TABLA PSICROMÉTRICA**

Básicamente están compuestos por un elemento de humectación, un ventilador centrífugo y en los sistemas de atomización es necesario disponer de una bomba de circulación con sus correspondientes tuberías y toberas y la característica del medio de humectación de los enfriadores evaporativos fibras de madera aglomerada con el necesario tratamiento químico para incrementar la humectación y prevenir el crecimiento de los microorganismos, los que son montados en marcos de metal o plásticos removibles o de medio rígido conformados por un enjambre de placas corrugadas hechas normalmente de plástico.(9, 14).

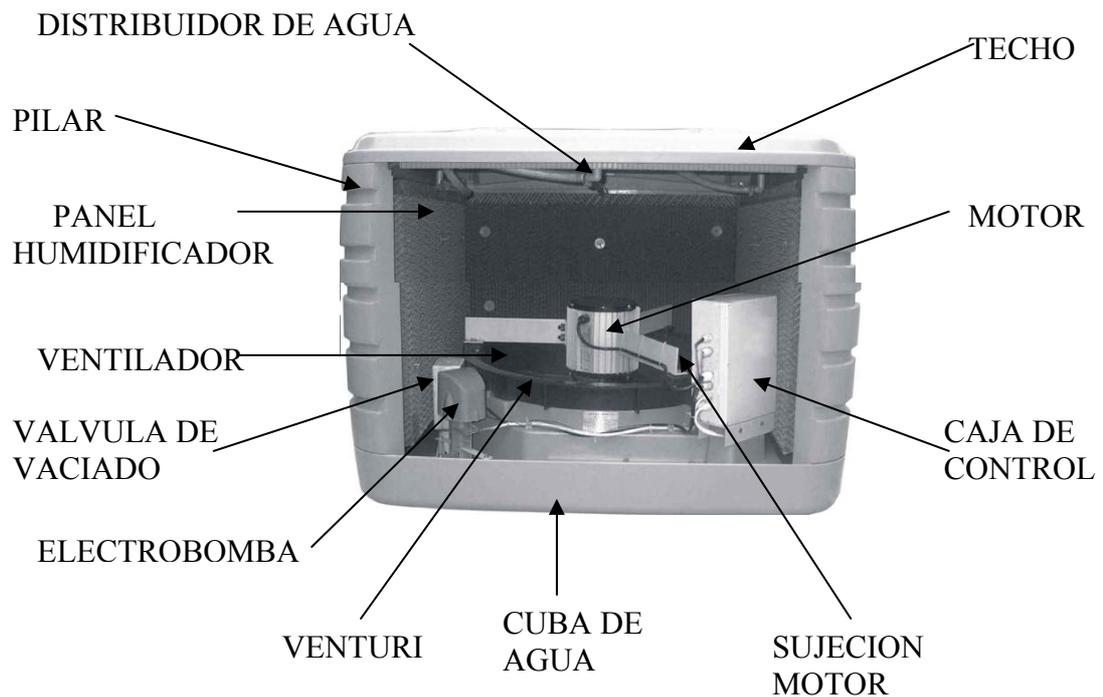
Sus principales componentes son:

- Motor
- Interruptor del nivel del nivel de agua
- Distribución de agua anti-atascos
- Control Alámbrico
- Ventilador
- Válvula de vaciado
- Válvula de paso de agua.
- Electrobomba

Como podemos ver en la figura 3.9 los componentes en el equipo y ver las características de cada elemento en el apéndice K (9)

Para realizar el enfriamiento evaporativo de una instalación de aire acondicionado es necesario que se den en el clima exterior dos requisitos:

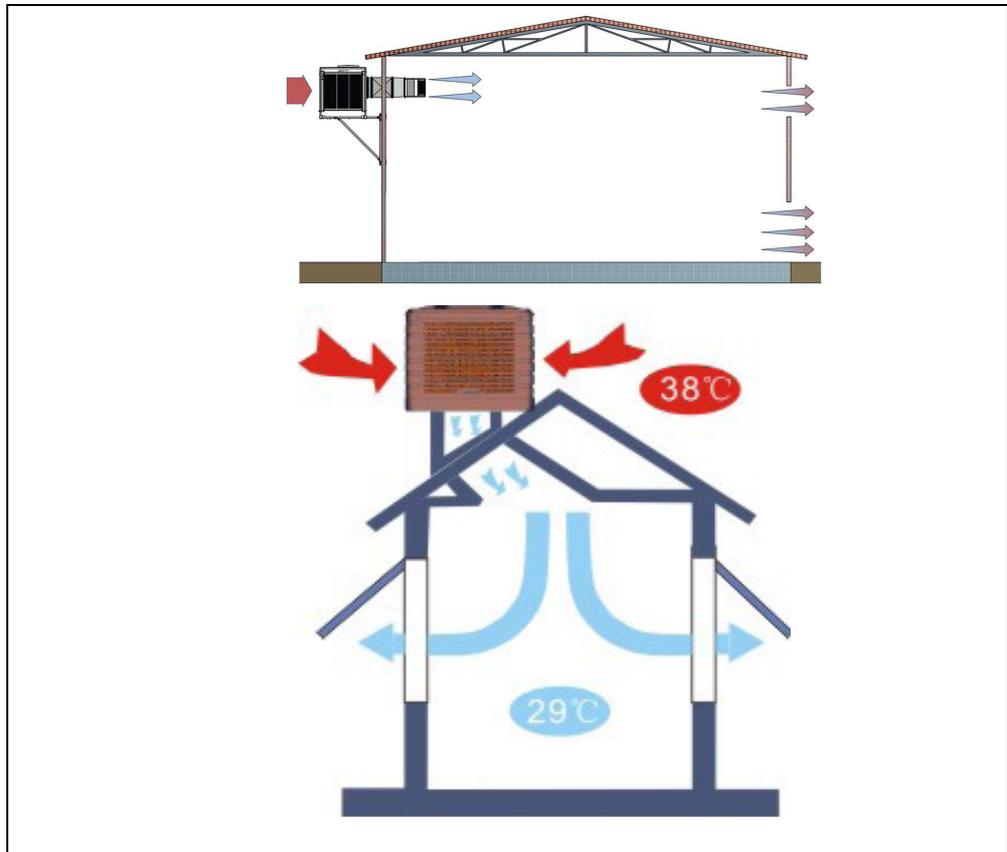
- Elevadas temperatura exteriores de bulbo seco
- Temperatura de bulbo húmedo relativamente baja



**FIGURA 3.9 COMPONENTES EN EL EQUIPO**

En general para temperaturas exteriores mayores de  $35^{\circ}\text{C}$  y temperaturas de bulbo húmedo menores de  $24^{\circ}\text{C}$ , de modo que son de aplicación en climas exteriores cálidos y secos.

Como se había mencionado, los sistemas evaporativos directos aunque pueden relativamente disminuir la temperatura del ambiente algunos grados y ventilar, agregan vapor de agua a los ambientes. Su aplicación entonces puede ser para locales industriales, criaderos, grandes espacios de circulación, donde el efecto de humedad no constituya un inconveniente.(9, 14). Como podemos observar figura 3.10 el funcionamiento del sistema.



**FIGURA 3.10 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

**Ventajas y eficiencia del sistema evaporativo:**

- Muy bajo consumo eléctrico.
- Reducido consumo de agua, al circular ésta en circuito cerrado.
- Proporciona aire fresco al 100% sin impurezas.

- Bajo nivel sonoro.
- Control de la velocidad a voluntad.
- Amortización a corto plazo.
- Sencillo mantenimiento
- Mantiene siempre una presión positiva en el espacio a acondicionar, esto ayuda a evitar el ingreso de polvo e insectos (moscas, mosquitos, libélulas, etc).
- Este sistema, tienen certificación del gobierno español, de la no afectación por legionela (se encuentra en el agua).
- Evita los malos olores, provocado por la concentración de humedad en ciertas zonas del espacio.
- Mantiene la humedad de relativa en 65- 70% y baja la temperatura hasta 26° C.

### **Eficiencia del sistema**

El descenso de temperatura en el recinto a refrigerar depende de la cantidad de agua pueda absorber el aire en función de:

- Humedad relativa del aire.
- Eficacia del panel adiabático (en factor de la turbulencia, humedad y velocidad del aire).
- Evaporabilidad del agua (en función de su temperatura y dureza), y la capacidad de ventilación de las bodegas.

### **Instalaciones de los enfriadores de aire evaporativo**

Dependiendo de las condiciones físicas de la bodega se puede elegir la forma de instalación mas adecuada. Las formas de instalación de los equipos los podemos observar en las siguientes figuras 3.11



**FIGURA 3.11 FORMAS DE INSTALACIONES**

### **Diseño y equipamiento**

Para el diseño de almacenamiento, mediante acondicionadores de aire evaporativos; fue necesario proporcionar los requerimientos al fabricante; los cuales fueron las dimensiones de la bodega, materiales

de construcción y las condiciones requeridas para el almacenamiento adecuado.

Los cálculos de selección son propios de los fabricantes, de los cuales no hay acceso. El fabricante propone 8 unidades evaporativas MPT 18, con las siguientes características técnicas que se observa en la tabla 8. El plano de la bodega de almacenamiento podremos observarlo en el apéndice K.

**TABLA 8**  
**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS**

Carcasa	1100 x 1100 x 950 mm. Polipropileno reforzado de 4 mm.
Boca de salida	632 x 632 mm.
Capacidad de agua	40 litros.
Peso en vacío	70 kg.
Peso con agua	110 kg.
<b>Ventilador</b>	
Potencia	1,1 kW
Tipo	Axial (6 aspas)
Tensión	220V – Monofásico
Presión	120 Pa
Temperatura motor	40 – 50 °C
Protección motor	IP – 55
Intensidad nominal	5,6 A
r.p.m.	1.400
<b>Bomba</b>	
Caudal	27 l/h
Tensión	220V – Monofásica
Vaciado	Automático
Intensidad nominal	0,023 A
<b>Modelo</b> <i>Roof Cooler MPT18</i>	
Caudal	18.000 m <sup>3</sup> /h
Color	Beis
Filtro Celulosa	5090 – 100
Sistema control alámbrico	LCD
Consumo agua	15 – 20 l/h
Sensor agua	1 interruptor nivel
Nivel ruido	< 73 dB

Fuente Manual roof cooler MPT18. Acondicionador Evaporativo, 2007

### **3.4 Costos de las propuestas de sistemas de almacenamiento**

#### **Ventiladores centrífugos y axiales**

Se realizó una propuesta económica; incluyendo el costo de equipo, los costos de instalaciones mecánicas, eléctricas como se muestra en el apéndice L. No se realiza una justificación económica debido a que este sistema no cumple con la estabilización ambiental para el almacenamiento del grano, y por lo tanto no reducirá la pérdida del producto por afectaciones en el bodegaje.

#### **Acondicionadores de aire evaporativos**

Se realizó una propuesta económica; incluyendo el costo de equipo, los costos de instalaciones mecánicas, eléctricas y una justificación económica; como se muestra en apéndice M; en la cual su análisis económico muestra claramente que el proyecto justifica la inversión que se realizara por la compra de los equipos acondicionadores de aire evaporativos. Ver grafico de flujo de caja en el apéndice N.

Los análisis económicos de los proyectos fueron rentables; ya que justifican la inversión de la compra de los equipos.

En esta tesis se propone el segundo sistema de almacenamiento mediante acondicionadores de aire evaporativos; debido a que estos equipos logran la estabilidad de humedades y temperaturas

ambientales dentro de la bodega, proporcionando un buen almacenamiento del grano de café; con el fin de conservando sus condiciones sensoriales y evitando el crecimiento de ocratoxina A.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Existe una gran incidencia en el crecimiento de ocratoxina A del 52% a una temperatura de 30°C y humedades relativas de 72% y 84%. Se debe alcanzar una estabilidad de temperatura y humedad relativa; debido a que fue comprobado que a una humedad relativa estable pero con variación de temperatura, crecimiento de ocratoxina A incidente en un 18.70%.
2. La simulación de ventilación dentro de un recipiente demuestra que representa una desventaja al sistema de acondicionamiento de ventiladores centrífugos y axiales ya que no otorga mayor estabilidad de humedades relativas y temperaturas.

3. Al analizar la inversión del sistema evaporativo se tiene que el proyecto es atractivo desde el punto de vista financiero a tener un retorno de inversión de 1,1 años y una tasa de retorno del 87%. Adicionalmente que el producto conserva condiciones físicas y organoléptica deseadas.

### **RECOMENDACIONES:**

1. El grano de café arábigo debe ser manipulado cuidadosamente durante el tratamiento de postcosecha; pues de esta forma podemos evitar una masiva contaminación por OTA en las diferentes fases de la etapa de beneficio.
2. Los defectos en el grano dan una pauta de una posible contaminación de OTA y un severo deterioro en la calidad física y organoléptica del grano.
3. La cantidad de OTA en el café debe ser controlada en el almacenamiento físico de la materia prima, no debe rehumedecerse el grano y controlar la infesta de plagas e insectos que puedan ocasionar el crecimiento fúngico, Un excesivo consumo de café que contengan altos contenidos de OTA puede afectar en la salud humana provocando cáncer renal.

## APÉNDICE A

### SUPERFICIE, PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE CAFÉ

Período: 1991-2005			
Años	Superficie cosech.	Producción	Rendimiento
	has.	tm	Tm/ha
1991	403,870	138,578	0.34
1992	400,460	137,671	0.34
1993	396,770	137,003	0.35
1994	399,880	186,797	0.47
1995	384,010	148,204	0.39
1996	397,283	190,720	0.48
1997	348,119	87,350	0.25
1998	389,782	48,190	0.12
1999	350,000	80,000	0.23
2000	300,000	70,000	0.23
2001	280,000	70,000	0.25
2002	232,000	55,000	0.24
2003	221,528	50,000	0.23
2004	221,829	44,000	0.20
2005	221,639	43,128	0.19

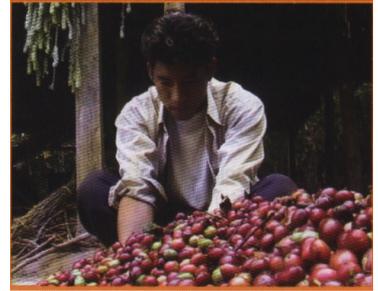
**Fuente: 1991-1995/SEAN; 1996-1999 Proyecciones MAG-DIA; 2000 INEC-SEAN-MAG 2001- 05 COFENAC**

## APÉNDICE B

### PROCESO DE BENEFICIO POR LA VÍA SECA.



Cosecha de café cereza



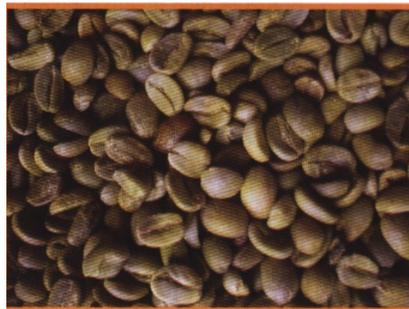
Acopio del café cereza



Secado del café cereza



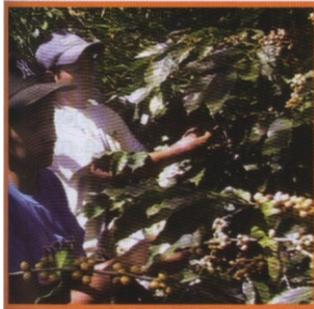
Café bola seca



Café natural

## APÉNDICE C

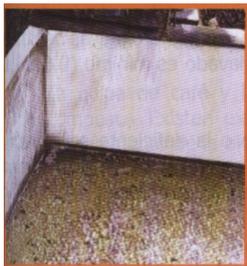
### PROCESO DE BENEFICIO DEL CAFÉ POR LA VÍA HÚMEDA



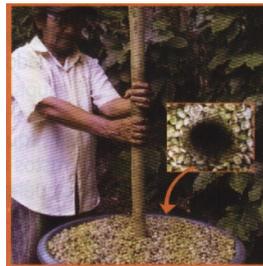
Cosecha del café



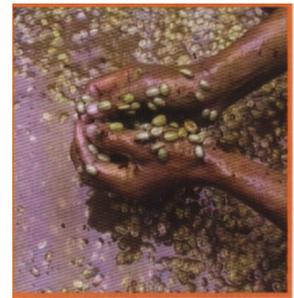
Despulpado del café



Fermentación del café



Evaluación del punto  
óptimo de fermentación



Lavado del café



Secado del café



Control de humedad

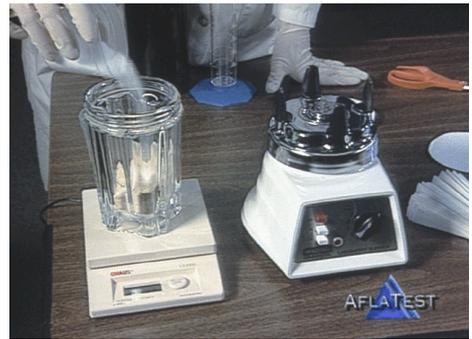


Café Pergamino

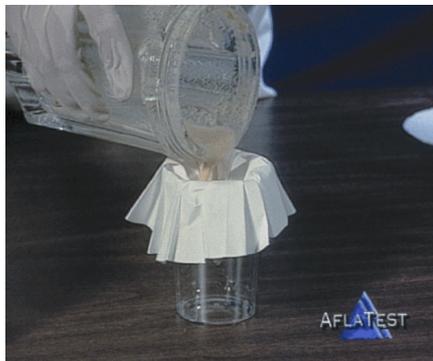
## APÉNDICE D

### PROCEDIMIENTO DE ANALISIS DE OTA

#### 1. Preparación de la muestra



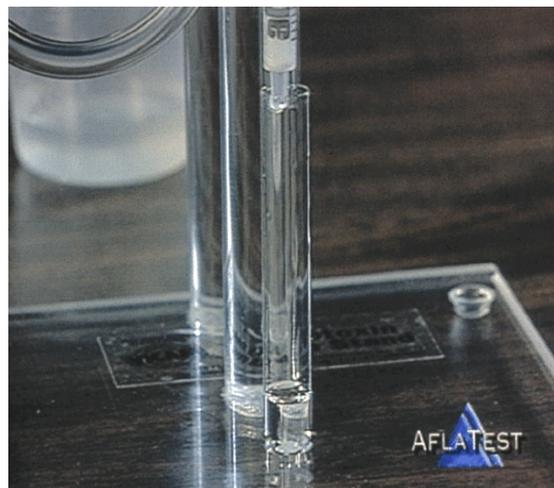
#### 2. Pasos de filtración



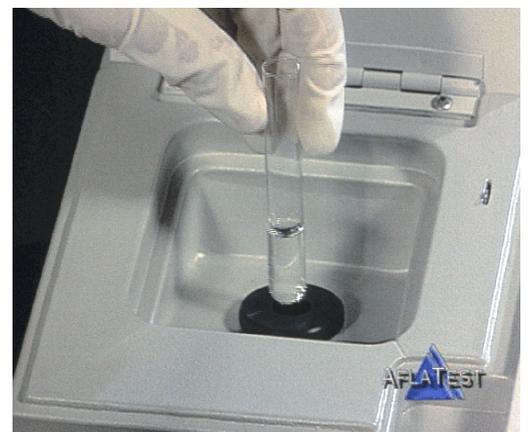
### 3. Paso de la muestra y lavado de la columna



### 4. Captura del anticuerpo a la micotoxina



### 5. Lectura en el fluorómetro



## APÉNDICE E

DATOS DE SOFTWARE				MEDICIONES
DIAS	Nº Registro	Humedad Relativa	Temperatura °C	% Humedad de grano
18.07.08	1	66.6	24.4	12.7
18.07.08	2	62.1	31.7	12.7
18.07.08	3	64.7	30.4	12.7
18.07.08	4	75.3	28.5	12.7
18.07.08	5	83.5	26.5	12.7
18.07.08	6	87	25.5	12.7
19.07.08	7	88.5	25.1	11.8
19.07.08	8	74.7	25.3	11.8
19.07.08	9	77	25.3	11.8
19.07.08	10	76.6	25.9	11.8
19.07.08	11	78.1	27.7	11.8
19.07.08	12	63	33.1	11.8
19.07.08	13	62.7	31.6	11.8
19.07.08	14	64.5	32.2	11.8
19.07.08	15	65.1	30.2	11.8
19.07.08	16	70.1	27.7	11.8
19.07.08	17	71.6	27.2	11.8
19.07.08	18	77.9	25.8	11.8
20.07.08	19	81.7	25.4	11.6
20.07.09	20	82.2	24.9	11.6
20.07.10	21	81	24.7	11.6
20.07.11	22	76.6	25	11.6
20.07.12	23	66.8	27.7	11.6
20.07.13	24	61.8	29.4	11.6
20.07.14	25	59.8	30.1	11.6
20.07.15	26	59.2	31.3	11.6
20.07.16	27	66	30.2	11.6
20.07.17	28	70	28.3	11.6
20.07.18	29	73.5	26	11.6
20.07.19	30	75.9	25.4	11.6
21.07.08	31	77.8	25.6	11.3
21.07.08	32	79.4	25.5	11.3
21.07.08	33	80.4	25.3	11.3
21.07.08	34	77.1	26	11.3
21.07.08	35	71.2	28.9	11.3
21.07.08	36	68.8	29.3	11.3
21.07.08	37	67	30.7	11.3
21.07.08	38	67.7	30.2	11.3
21.07.08	39	73.7	27.9	11.3
21.07.08	40	75.4	26.6	11.3
21.07.08	41	79.1	25.7	11.3
21.07.08	42	79.8	25.1	11.3
22.07.08	43	87.7	24.9	11.6

22.07.08	44	79	24.9	11.6
22.07.08	45	81.6	24.8	11.6
22.07.08	46	82.7	25.3	11.6
22.07.08	47	52.1	33.7	11.6
22.07.08	48	52	36.3	11.6

## APÉNDICE F

### CAMBIOS SUGERIDOS DE AIRE PARA VENTILACIÓN APROPIADA

<u>Area</u>	<u>Min./Cambio</u>	<u>Area</u>	<u>Min./Cambio</u>	<u>Area</u>	<u>Min./Cambio</u>
Pasillo	3-10	Salón de Baile	3-7	Tienda de Maquinaria	3-6
Atico	2-4	Comedor	4-8	Fabrica de Papel	3-8
Auditorio	3-10	Tintorería	2-5	Oficina	2-8
Panadería	2-3	Cuarto de Maquinas	1-3	Empacadora	2-5
Bar	2-4	Fabrica	2-7	Cabina de Proyección	1-2
Establo	12-18	Fundición	1-5	Cuarto de Recreación	2-8
Cuarto de Calefacción	1-3	Taller	2-10	Residencia	2-6
Club de Boliche	3-7	Cuarto de Generadores	2-5	Restaurante	5-10
Cafetería	3-5	Gimnasio	3-8	Cuarto de Baño	5-7
Iglesia	4-10	Cocina	1-5	Tienda	3-7
Salón de Clases	4-6	Laboratorio	2-5	Salón de Espera	1-5
Salón para Clubes	3-7	Lavandería	2-4	Almacén	3-10

**FUENTE: MANUAL DE GREENHECK Building Value in Air**

## APÉNDICE G

### LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO

**TABLA No 1**  
**NIVELES MAXIMOS DE RUIDO PERMISIBLES SEGÚN EL USO DE SUELO**

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS Eq dB(A)	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona residencial	50	40
Zona residencial mixta	55	45
Zona comercial	60	50
Zona comercial mixta	65	55
Zona industrial	70	65

**FUENTE:** Libro VI Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Registro Oficial del 31 de marzo del 2003

**Tabla No 2**  
**LIMITES PERMISIBLES PARA RUIDO CONTINUO INTERNO**

NIVEL DE PRESIÓN SONORA dB(A)	TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN Horas
75	32
80	16
85	8
90	4
95	2
100	1
105	0,5
110	0,25
115	0,125

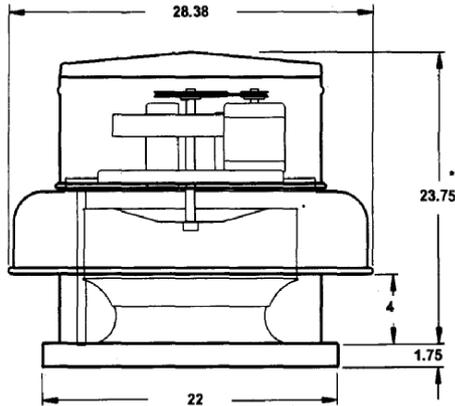
**FUENTE:** Registro Oficial # 560 del 12 noviembre de 1990.

## APÉNDICE H

### Fan

## MARK: VENTILADOR EXTRACCION GB CENTRIFUGO

### Belt Drive Centrifugal Roof Exhaust Fan



#### CONSTRUCTION FEATURES

- Aluminum housing • Backward inclined aluminum wheel • Curb cap with prepunched mounting holes • Motor and drives isolated on shock mounts • Birdscreen • Ball bearing motors • Adjustable motor pulley • Adjustable motor plate • Fan shaft mounted in ball bearing pillow blocks • Bearings meet or exceed temperature rating of fan • Static resistant belts • Corrosion resistant...

#### SELECTED OPTIONS & ACCESSORIES

- Switch - Nema-1, Toggle, Junction Box Mounted and Wired
- Curb GPI-22-G24
- Damper WD-100-PB-16x16, Gravity Operated
- Aluminum Rub Ring

\* Maybe greater depending on motor.

NOTES: All dimensions shown are in units of inches  
Fan weight is without accessories

#### DIMENSIONS

Approx. Fan Weight (lb)	Recommended Roof/Wall Opening (in)	Optional Damper (in)
90	18.5 x 18.5	16 x 16

#### PERFORMANCE (Elevation ft = 0, Airstream Temperature °F = 70)

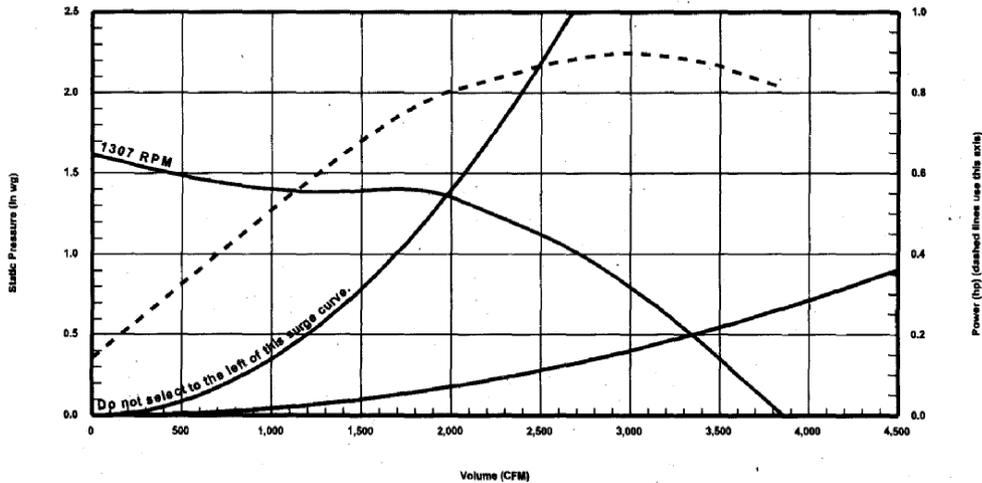
Qty	Model	Volume (CFM)	SP (in wg)	FRPM	Operating Power (hp)	Motor Information					
						Size (hp)	V/C/P	Encl.	Motor RPM:	Windings	FLA (A)
8	GB-161-10	3,344	0.5	1,307	0.88	1	115/60/1	ODP	1725	1	16.0

#### SOUND

Inlet Sound Power by Octave Band								Lwa	dBA	Sones
62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
78	80	86	76	72	70	66	60	80	69	17.4

FLA - Based on tables 150 or 148 of National Electrical Code 2002.

Lwa - A weighted sound power level, based on ANSI S1.4.  
dBA - A weighted sound pressure level, based on 11.5 dB attenuation per octave band at 5.0 ft. Sones calculated using AMCA 301 at 5.0 ft.



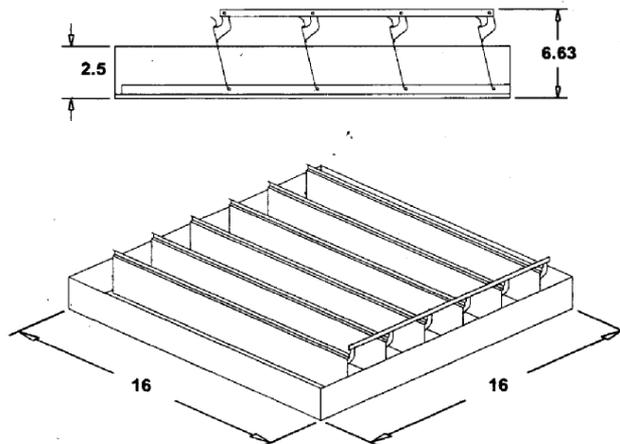
## ACCESORIOS DE LOS VENTILADORES CENTRÍFUGOS

### **WD-100** Horizontal Mount Exhaust Damper STANDARD CONSTRUCTION FEATURES

Horizontal mount exhaust damper (air flow up) is constructed of 18 ga. galvanized steel with pre-punched mounting holes.  
• Damper blades are 0.025 in roll formed aluminum with vinyl seals on the closing edge, and spring assisted for ease of opening • Steel axles are 0.188 in diameter zinc plated mounted in acetal bushings • Synthetic axle bearings

#### Accessory Configuration

Blade Action	Parallel
Actuator Type	Gravity



NOTES: All dimensions shown are in units of inches  
Width and height furnished approximately 0.125 in undersize.

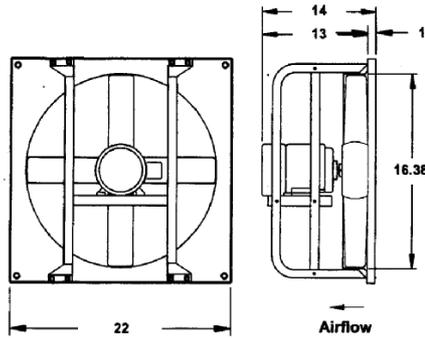
## APENDICE I

Fan

MARK: VENTILADOR DE SUMINISTRO AXIAL

### SS2

Sidewall Direct Drive Supply Fan



#### CONSTRUCTION FEATURES

- Galvanized steel fan panel • Die formed, galvanized steel drive frame assembly
- Welded and painted steel propeller • Ball bearing motors • Corrosion resistant...

#### SELECTED OPTIONS & ACCESSORIES

- Damper WD-220-PB-18x18, 24 VAC, Int Mnt.
- Motor Side Guard

NOTES: All dimensions shown are in units of inches  
Fan weight is without accessories

#### DIMENSIONS

Approx. Fan Weight (lb)	Recommended Roof/Wall Opening (in)	Optional Damper (in)
40	18.5 x 18.5	18 x 18

#### PERFORMANCE (Elevation ft = 0, Airstream Temperature °F = 70)

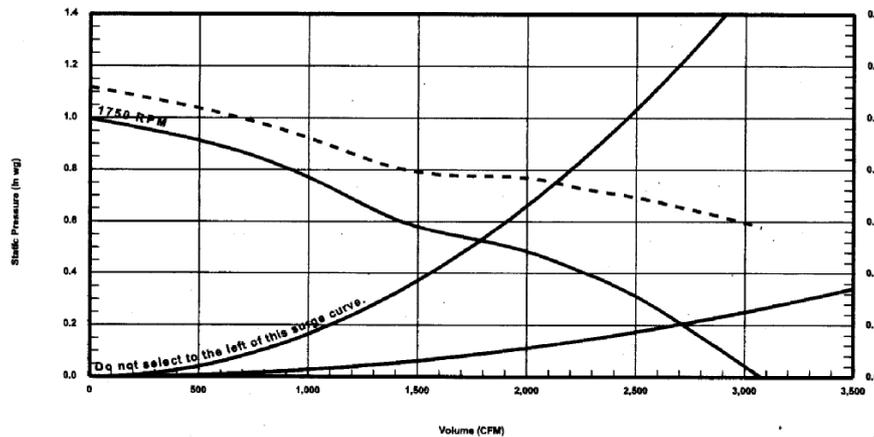
Qty	Model	Volume (CFM)	SP (in wg)	FRPM	Operating Power (hp)	Motor Information					
						Size (hp)	V/C/P	Encl:	Motor RPM:	Windings	FLA (A)
10	SS2-16-423-A3	2,719	0.2	1,750	0.33	1/3	115/60/1	ODP	1750	1	7.2

#### SOUND

Inlet Sound Power by Octave Band								Lwa	dBA	Sones
62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
74	89	79	78	76	72	69	69	81	70	19.6

FLA - Based on tables 150 or 148 of National Electrical Code 2002.

LWA - A weighted sound power level, based on ANSI S1.4.  
dBA - A weighted sound pressure level, based on 11.5 dB attenuation per octave band at 5.0 ft. Sones calculated using AMCA 301 at 5.0 ft.



## ACCESORIOS DE LOS VENTILADORES AXIALES

# WD-220 Vertical Mount Intake Damper

### STANDARD CONSTRUCTION FEATURES

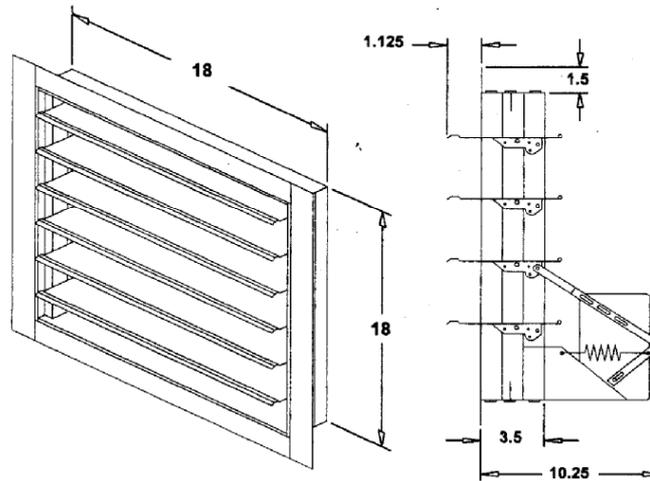
An electrically motorized backdraft damper that opens when energized and spring returns closed when de-energized. The WD-220 is designed for vertical mounting to prevent undesirable reverse air flow when installed with roof or sidewall supply (intake) fans.

- Galvanized frame with a flange opposite the motor side of damper
- Steel axle material
- Synthetic axle bearings
- Maximum temperature of 180 degrees F.

Electric motor pack is shipped separately and requires installation in the field.

### Accessory Configuration

Blade Action	Parallel
Actuator Type	24 VAC

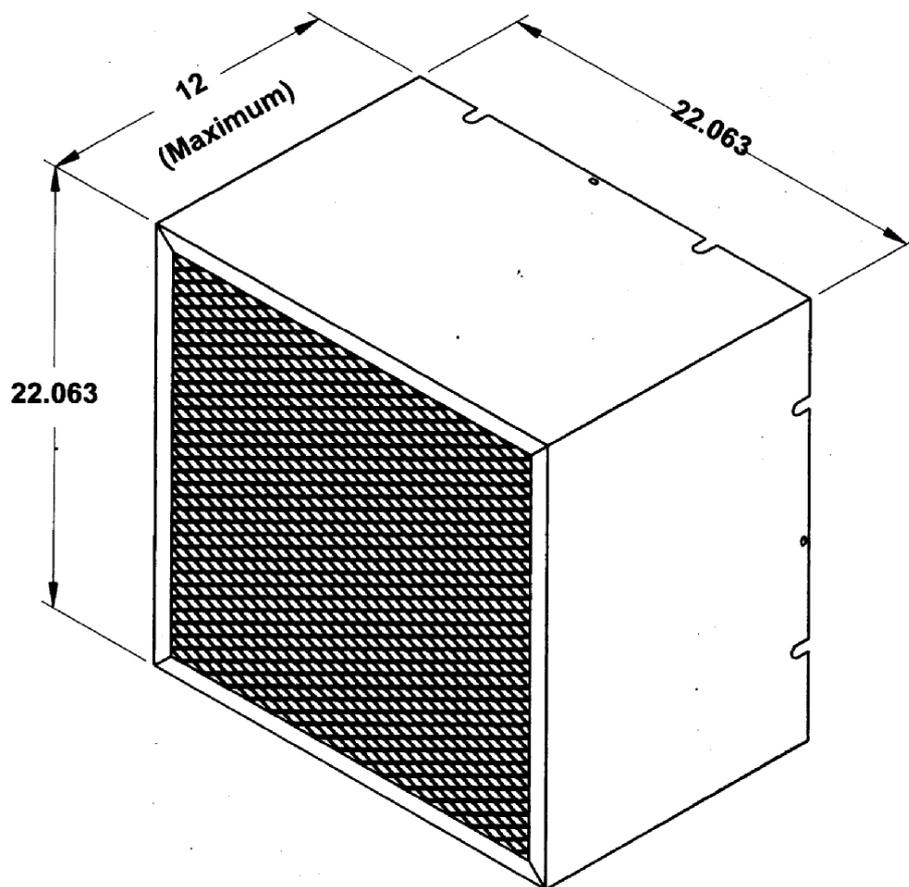


NOTES: All dimensions shown are in units of inches  
Width and height furnished approximately 0.125 in undersize.

# OSHA MSG OSHA Motor Side Guard

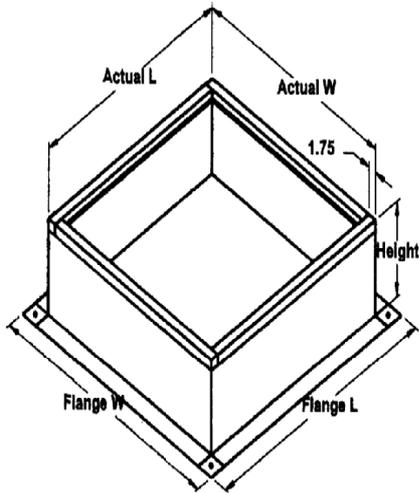
## STANDARD CONSTRUCTION FEATURES

- Protective guards of expanded metal screen in structural steel frames are available to completely enclose the motor and drive side of the fan
- Guards are coated with Perma-Tector, a thermal setting polyester urethane.



NOTES: All dimensions shown are in units of inches

**Accessory**



NOTES: All dimensions shown are in units of inches

# GPI Roof Curb

## STANDARD CONSTRUCTION FEATURES

- Welded Aluminum (0.064 in) or galvanized (18 ga) construction
- Straight sided
- 2 in roof mounting flange
- 1 in 3# density insulation
- Wood nailer.

Roof Opening - The Maximum roof opening dimension should not be greater than the "Actual" top outside dimension minus 2 in. With dampers, the Minimum roof opening dimension should be at least 2.5 in more than the damper dimension.

**NOTES:**

\* The Roof Opening Dimension may NOT be the Structural Opening Dimension.

\* Maximum single piece shipping length is 76".

\* Security Bars are optional and must be specified. They are 0.5 in steel, and will be placed 6 in on center. These bars are welded to the frame, and the frame is welded to the curb. To prevent corrosion, they are coated with Greenheck's high performance Permator coating. Security Bars are in lieu of damper and damper tray.

Mark	Qty.	Cap W x L	Actual W x L	Flange W x L	Height	Damper Tray W x L
VE	8	22 x 22	20.5 x 20.5	24.5 x 24.5	24	

## APÉNDICE J

### PRINCIPALES COMPONENTES DE UN ENFRIADOR DE AIRE EVAPORATIVO

#### **Motor**

- Alta eficiencia, bajo nivel de ruido, gran potencia.
- Protección completa contra sobrecargas de corriente y voltaje.
- Alta Fiabilidad.

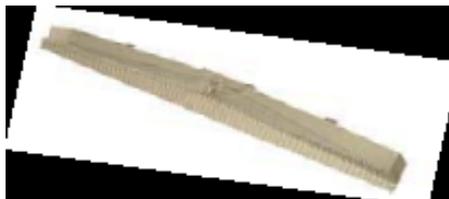


#### **Interruptor de nivel de agua**

- Control del nivel de agua.
- Precisión en la comprobación del nivel.
- Dispositivo para prevenir daños a la electrobomba por ausencia de agua.

#### **Distribución de agua anti-atascos**

- Su diseño único asegura una completa humidificación del panel.
- Flujo de agua regular y continuo.
- Maximiza el enfriamiento.



### **Control Alámbrico**

- Controla la potencia del suministro eléctrico y sus componentes, llevando a cabo las instrucciones centralizadas del sistema MCU.
- Amplia pantalla de visualización LCD que simplifica las operaciones.
- Sistema MCU de control multi-función con temporizador "On/Off".



### **Ventilador**

- Hecho de 6 aspas de plástico fibroso de alta rigidez.
- Cada pieza se puede ajustar en el ángulo preferido.
- Gran caudal de aire.



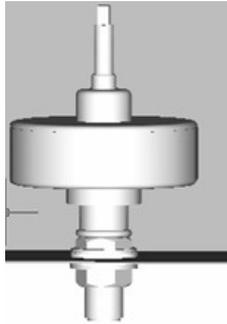
### **Válvula de vaciado**

- Drenaje del agua automático cada 8 horas o manual.
- Previene contra la aparición de algas.
- Mantiene el equipo libre de impurezas
- Función de limpieza y secado.



### **Válvula de paso de agua**

- Nuevo y elegante diseño.
- Pequeña boya de gran fiabilidad.



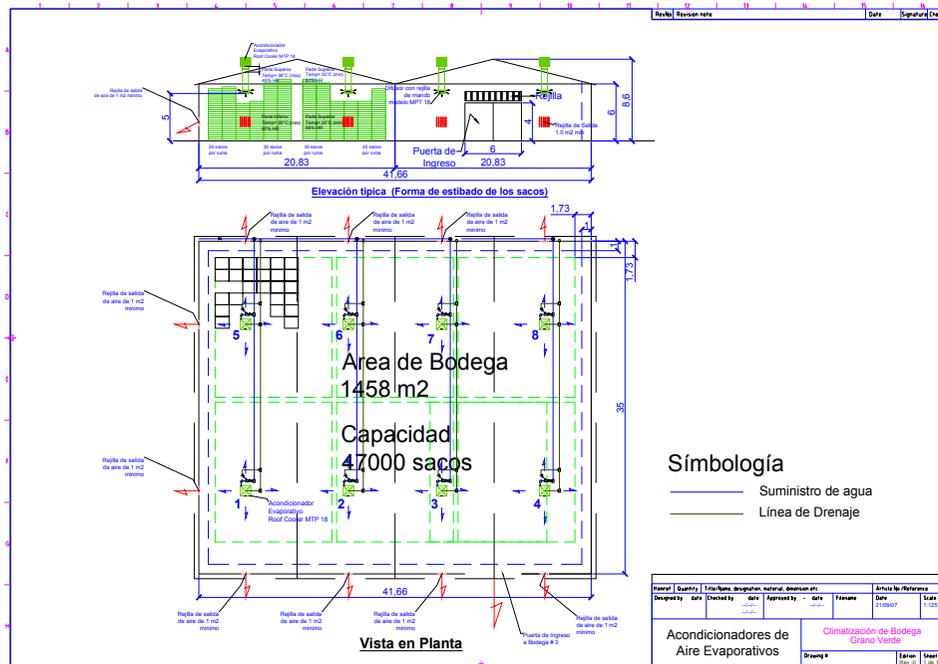
### **Electrobomba**

- Fabricación de gran calidad.
- Potencia, durabilidad, bajo nivel de ruido.
- Rendimiento excepcional en extremas condiciones.



## APÉNDICE K

# PLANO DE BODEGA APLICANDO EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE ACONDICIONADORES DE AIRE EVAPORATIVOS



## APENDICE L

### ANALISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE VENTILADORES

#### CENTRIFUGOS Y AXIALES

EQUIPOS	Cant	Valor Unitar	Valor Total (USD)	Presupuesto (USD)
Extractor tipo hongo de techo 3344 cfm @ 0.5"SP; 115/60/1	8	\$ 421.52	\$ 3,372.16	
Damper gravitacional 16x16" para extractor tipo hongo WD-100-PB	8	\$93.50	\$ 748.00	
Roof curb para extractor tipo hongo	8	\$ 198.00	\$ 1,584.00	
Ventilador de suministro tipo axial de pared 2719 cfm @ 0.2"SP; 115/60/1	10	\$412.94	\$ 4,129.40	
Damper para ventilador axial 18"x18" GREENHECK WD-220-PB	10	\$104.50	\$1,045.00	
<b>SUBTOTAL FOB MIAMI</b>			<b>\$ 10,878.56</b>	
<b>Flete</b>		35%	\$ 3,807.50	
<b>Seguro</b>		0.8%	\$ 87.03	
<b>SUBTOTAL GUAYAQUIL</b>				<b>\$14,773.08</b>
IVA 12%		12%	\$ 1,772.77	
<b>TOTAL C &amp; F</b>				<b>\$16,545.85</b>

<b>INSTALACIÓN</b>	USD	
OBRAS CIVILES (no son necesarias)		
<b>OBRAS MECÁNICAS</b>		<b>\$2,160.00</b>
Extractor tipo hongo + accesorios	\$960.00	
Ventilador de suministr tipo axial	\$1,200.00	
<b>OBRAS ELECTRICAS</b>		<b>\$2,480.00</b>
Materiales montaje eléctrico (estimado)	\$1,780.00	
Mano de obra Eléctrica (estimado)	\$700.00	
IVA 12%	12%	556.8
<b>SUB TOTAL INSTALACIÓN</b>		<b>\$5,196.80</b>
<b>TOTAL EQUIPO E INSTALACION</b>	USD	<b>\$21,742.65</b>

## APENDICE M

### ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE ACONDICIONADORES DE AIRE EVAPORATIVOS

				Tipo de cambio	1.42
EQUIPOS	Cant	Valor Unitar	Valor Total (Euros)	Presupuesto (USD)	
Acondicionador Evaporativo MTP-18 (18000 m3/hr)	8	1,150.00 €	9,200.00 €		
Difusores con rejillas MTP-18	8	175.00 €	1,400.00 €		
Conducto galvanizado MTP-18	8	48.00 €	384.00 €		
Bancada Telescopica tubular	8	240.00 €	1,920.00 €		
Jaulas de madera protectoras	8	50.00 €	400.00 €		
Total Ex-Work			13,304.00 €		\$18,891.68
Transporte Córdova - Guayaquil + Gastos FOB			2,538.00 €		\$3,603.96
Seguro de flete			84.00 €		\$119.28
<b>SUB-TOTAL EQUIPOS FOB</b>			<b>15,926.00 €</b>		<b>\$22,614.92</b>
Proceso de Internación Aranceles + Impuestos (estimado)		6%	955.56 €		\$1,356.90
<b>TOTAL C &amp; F</b>			<b>16,881.56 €</b>		<b>\$23,971.82</b>
<b>ASISTENCIA TÉCNICA PARA INSTALACIÓN (un técnico de la casa MONFRI S.L.</b>					
Estimado 2 días para puesta en marcha de los equipos	2	320.00 €	640.00 €		\$908.80
Gastos de Viaje, Vuelo Alojamiento. (por confirmar estimado)	1	700.00 €	700.00 €		\$994.00
<b>SUB-TOTAL ASISTENCIA TÉCNICA (PUESTA EN MARCHA)</b>					<b>\$1,902.80</b>

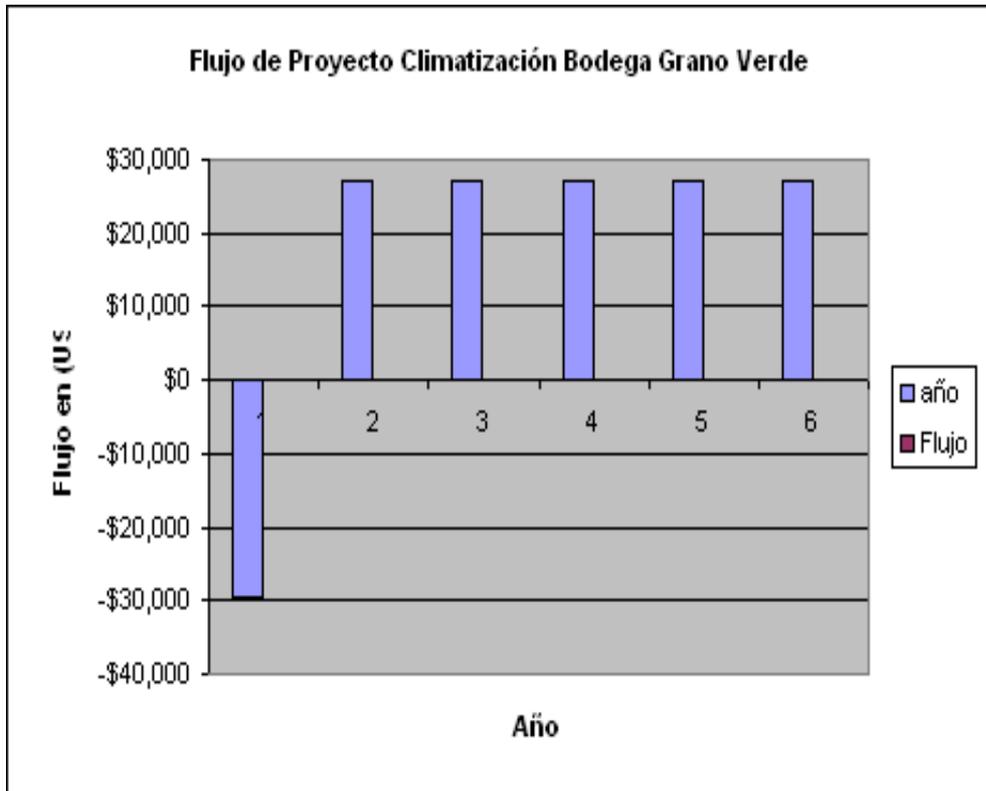
<b>INSTALACIÓN</b>	USD	
OBRAS CIVILES (no son necesarias)		
<b>OBRAS MECÁNICAS</b>		<b>\$3,193.00</b>
Materiales montaje mecánico (estimado)	\$2,185.00	
Mano de obra Mecánica (estimado)	\$1,008.00	
<b>OBRAS ELECTRICAS</b>		<b>\$2,480.00</b>
Materiales montaje eléctrico (estimado)	\$1,780.00	
Mano de obra Eléctrica (estimado)	\$700.00	
OBRAS ELECTRÓNICAS		0
<b>SUB TOTAL INSTALACIÓN</b>		<b>\$5,673.00</b>
<b>TOTAL EQUIPO E INSTALACION</b>	USD	<b>\$29,644.82</b>
<b>JUSTIFICACION ECONÓMICA</b>		
<b>Pérdidas por merma</b>		
Número de meses de estudio	meses	7
Promedio mensual de faltante en quintales	qq	31.75
Costo del Quintal en dolares	USD/qq	\$75.00
Pérdida mensual por faltante	USD/mes	\$2,381.25
Pérdida anual por faltante en Dolares	USD/año	<b>\$28,575.00</b>
<b>Costo operativo del acondicionador evaporativo (por energía eléctrica) (10 hra de operación)</b>		
Consumo anual de energía eléctrica de 8 unidades ROOF COOLER MTP-18	Kw-hr/año	29040
Costo de la energía eléctrica (para grandes consumidores)	USD/Kw-hr	\$0.045
Costo anual de energía eléctrica	USD/año	<b>\$1,306.80</b>
<b>Costo del consumo de agua del Evaporativo (10 hra de operación)</b>		
Consumo anual de agua en la evaporación de las 8 unidades ROOF COOLER MTP-18	m3/año	712
Costo del agua potable	USD/m3	\$0.30
Costo anual del consumo de agua	USD/año	<b>\$213.60</b>
<b>AHORROS POR LA INVERSION</b>	USD/AÑO	<b>\$27,055</b>
<b>REPAGO DE LA INVERSIÓN</b>	AÑOS	<b>1.1</b>
<b>TIR</b>	%	<b>87%</b>
<b>VAN</b>	USD/AÑO	<b>\$55,470.02</b>

ELABORADO:JulissaMoreta

**APENDICE N**

**FLUJO DE CAJA DEL ANALISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE ACONDICIONADORES DE AIRE EVAPORATIVOS**

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo	-\$29,645	27,055	27,055	27,055	27,055	27,055



Tasa de referencia	14%
TIR	87%
VAN	\$55,470.02

ELABORADO: Julissa Moreta

# APÉNDICE

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.** A. CASP Y J. ABRIL, Procesos de Conservación de Alimentos, Segunda Edición, Colección de Tecnología de Alimentos.
- 2.** Boletín Europeo de Derecho Alimentario - Número 42 (Noviembre de 2005).
- 3.** COFENAC, SICA, INIAP, Informe Técnico de estudio de los residualidad de agroquímicos y otros contaminantes en el café verde en las principales zonas cafeteras del Ecuador. Manta, abril del 2005.
- 4.** COFENAC, GTZ., Norma Técnica Ecuatoriana para café verde de la especie arábigo. Mayo del 2004, Manta
- 5.** FAO. Estudio de Alimentación y Nutrición 73. Manual sobre la aplicación de sistemas de análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de las micotoxinas.
- 6.** LUIS DUICELA, WILLIAM CHILÁN, COFENAC, ULTRAMAR (ELCAFE), PROMSA, Boletín Técnico: Post Cosecha y Calidad del Café Arábigo.. Primera Edición. IMPREGCOL C.L

7. LUIS DUICELA, RUBÉN CORRAL, JORGE GUAMAN. COFENAC, SICA Buenas Prácticas Agrícolas en la Caficultora Ecuatoriana. Primera Edición. Marzo 2005. IMPREGCOL C.L
8. Manual de greenheck. Building Value in Air, 2006
9. MONFRI, manual roof cooler MPT18. Acondicionador Evaporativo, 2007
10. Proyecto OIC/FAO/FCPB titulado "Mejora de la calidad del café mediante la prevención de la formación de moho"; 13 de abril 2006
11. Registro Oficial del 31 de marzo del 2003 y Registro Oficial # 560 del 12 noviembre de 1990. Libro VI Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.
12. THEODORE P. LABUZA, Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. Departmente of Food Science and Nutrition University of Minnesota, St. Paul, 1984.

13. VICAM, Manual de Instrucciones Ochratoxina Test, 313 Pleasant Street, Watertown, MA 02472 U.S.A. January 29, 2001
14. [www.2006\\_1.aciem.org/bancoconocimiento/a/ahorroenergeticoaireaco nd/Ahorroaire%20condicionado.pdf](http://www.2006_1.aciem.org/bancoconocimiento/a/ahorroenergeticoaireaco nd/Ahorroaire%20condicionado.pdf)
15. [www.2006\\_2.coffee-ota.org/4\\_5\\_storage.asp](http://www.2006_2.coffee-ota.org/4_5_storage.asp)
16. [www.2006\\_3.elsevier.nl/locate/jnlabr/yfmic](http://www.2006_3.elsevier.nl/locate/jnlabr/yfmic). EFFECT OF CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL FACTORS ON ASPERGILLUS OCHRACEUS GROWTH AND TOXIGENESIS IN GREEN COFFEE. Mirna L. Suarez-Quiroza, Oscar Gonzalez-Riosa, Michel Barelb, Bernard Guyotb, Sabine Schorr-Galindo<sup>c</sup>, Joseph P. Guiraud<sup>c,\*</sup>
17. [www.2006\\_4.elsevier.com/locate/foodcont](http://www.2006_4.elsevier.com/locate/foodcont). THE PRODUCTION OF OCHRATOXIN A BY ASPERGILLUS OCHRACEUS IN RAW COFFEE AT DIFFERENT EQUILIBRIUM RELATIVE HUMIDITY AND UNDER ALTERNATING TEMPERATURES. Hector Palacios-Cabrera<sup>a</sup>, Marta H. Taniwaki<sup>a,\*</sup>, Hilary C. Menezes<sup>b</sup>, Beatriz T. Iamanaka
18. [www.2006\\_5.elsevier.com/locate/jnlabr/yfmic](http://www.2006_5.elsevier.com/locate/jnlabr/yfmic). MODELLING OF EFFECTS OF WATER ACTIVITY AND TEMPERATURE ON GERMINATION AND GROWTH OF OCHRATOXIGENIC ISOLATES OF ASPERGILLUS OCHRACEUS ON A GREEN COFFEE-BASED MEDIUM. E. Pardo, A.J. Ramos, V. Sanchis, S. Marin<sup>\*</sup>
19. [www.2006\\_6.sica.gov.ec/cadenas/cafe/docs/zonascafet.htm](http://www.2006_6.sica.gov.ec/cadenas/cafe/docs/zonascafet.htm)
20. [www.2006\\_7.vicam.com/pdf/tp\\_cci\\_sept2002\\_spanish.pdf](http://www.2006_7.vicam.com/pdf/tp_cci_sept2002_spanish.pdf)