



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE
HARINA TIPO “PLUMAS CON SANGRE” EN FÁBRICA DE HARINAS**

Pedro Pablo Gatica Escobar

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, enero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE
HARINA TIPO “PLUMAS CON SANGRE” EN FÁBRICA DE HARINAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PEDRO PABLO GATICA ESCOBAR

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE HARINA TIPO "PLUMAS CON SANGRE" EN FÁBRICA DE HARINAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha noviembre de 2011.



Pedro Pablo Gatica Escobar

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 23 de octubre de 2012.
REF.EPS.DOC.1403.10.12.

Ingeniera
Sigrid Alitza Calderón de León De de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Calderón de León De de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Pedro Pablo Gatica Escobar**, Carné No. **200714717** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE HARINA TIPO "PLUMAS CON SANGRE" EN FÁBRICA DE HARINAS"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 23 de octubre de 2012.
REF.EPS.D.877.10.12

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

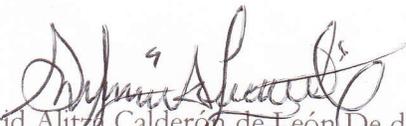
Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE HARINA TIPO "PLUMAS CON SANGRE" EN FÁBRICA DE HARINAS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Pedro Pablo Gatica Escobar** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

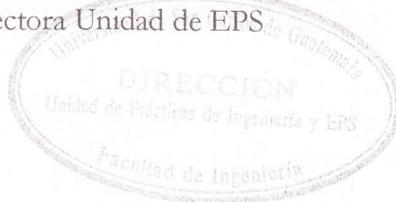
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigríd Alitzá Calderón de León De de León
Directora Unidad de EPS

SACdLDdL/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

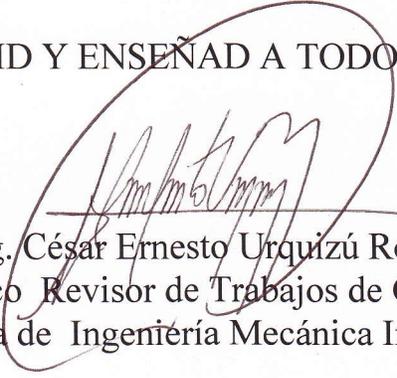


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.226.012

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE HARINA TIPO “PLUMAS CON SANGRE” EN FÁBRICA DE HARINAS**, presentado por el estudiante universitario **Pedro Pablo Gatica Escobar**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2012.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

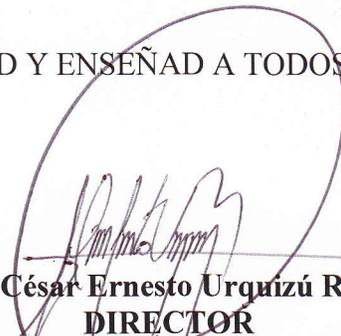


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.001.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE HARINA TIPO “PLUMAS CON SANGRE” EN FÁBRICA DE HARINAS**, presentado por el estudiante universitario **Pedro Pablo Gatica Escobar**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



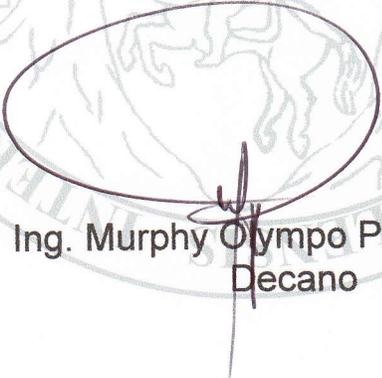
Guatemala, enero de 2013.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE HARINA TIPO "PLUMAS CON SANGRE" EN FÁBRICA DE HARINAS**, presentado por el estudiante universitario: **Pedro Pablo Gatica Escobar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 14 de enero de 2013

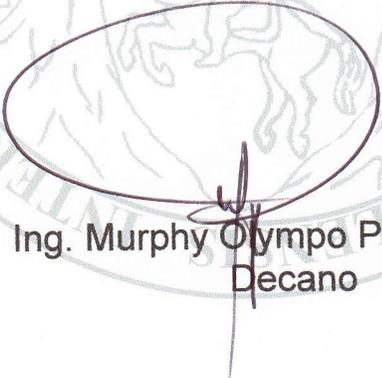


/cc



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE HARINA TIPO "PLUMAS CON SANGRE" EN FÁBRICA DE HARINAS**, presentado por el estudiante universitario: **Pedro Pablo Gatica Escobar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 14 de enero de 2013



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme sabiduría, salud y su guía para alcanzar todos los logros que he obtenido; por cada una de sus bendiciones en mi vida, a ÉL sea la honra y la gloria
- Mis padres** Carlos Alfredo e Ingrid Annabella, por amarme y darme su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por sus consejos, regaños y darme los valores para llegar a ser la persona que soy, los amo.
- Mis hermanas** Yin y Sarai, por su amor, apoyo, comprensión y todos esos momentos que hemos compartido que me han hecho muy feliz y son inolvidables. Las amo.
- Mis familiares y amigos** Por su cariño, apoyo y amor en todos los momentos que hemos compartido.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida y salud para alcanzar una meta más.
Ingenieros asesores	Por su tiempo, apoyo, guía y conocimientos transmitidos para la realización de este proyecto.
Facultad de Ingeniería	Por abrirme sus puertas para poder desarrollarme profesionalmente, brindándome las herramientas para crecer y buscar siempre más allá.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitir que me desarrollara académicamente para alcanzar el sueño de ser ingeniero

2.1.3.	Descripción de equipo que interviene en el secado actual	19
2.1.3.1.	Proceso de mantenimiento de la maquinaria actual	23
2.1.4.	Plano de la fábrica sin sistema de secado	26
2.2.	Propuesta de un sistema de secado de harina	27
2.2.1.	Función que cumple el sistema de secado de harina en la empresa.....	29
2.2.2.	Construcción de un sistema de secado de harina...	30
2.3.	Descripción del sistema de secado de harina	37
2.3.1.	Descripción de los equipos necesarios del sistema de secado de harina.....	40
2.4.	Planos del sistema de secado de harina.....	49
2.5.	Montaje e instalación de la propuesta.....	55
2.5.1.	Determinación adecuada para la instalación.....	56
2.6.	Descripción del mantenimiento del sistema de secado de harina	59
2.6.1.	Materiales y herramientas necesarias para el mantenimiento.....	63
2.6.2.	Frecuencia de mantenimiento para un funcionamiento óptimo	63
2.7.	Deshidratación mediante el sistema de secado de harinas	65
2.7.1.	Tiempo estimado de secado de harina con el sistema de secado	66
2.8.	Estimación del costo del secador.....	67
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. AHORRO ENERGÉTICO EN LA OFICINA DE PRODUCCIÓN	73
3.1.	Consecuencias ambientales del consumo energético	73

3.2.	Análisis del consumo energético en la oficina de producción...	74
3.3.	Situación actual de la oficina de producción.....	75
3.3.1.	Consumo mensual promedio de la oficina de producción	76
3.3.2.	Horas promedio de consumo energético en la oficina de producción.....	78
3.4.	Plan de ahorro energético propuesto	82
3.4.1.	Aparatos eléctricos	83
3.4.2.	Luminarias	84
3.4.3.	Rotulación de oficina	86
4.	FASE DE DOCENCIA. CAPACITACIÓN AL PERSONAL SOBRE SISTEMAS DE SECADO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	89
4.1.	Capacitación sobre el sistema de secado de harina	91
4.1.1.	Información sobre sistemas de secado	91
4.1.2.	Diagrama de funcionamiento del sistema de secado	92
4.1.3.	Operación del sistema de secado.....	93
4.2.	Información sobre el mantenimiento del sistema de secado....	96
4.2.1.	Hojas de control.....	97
4.3.	Medidas de seguridad	100
4.3.1.	Descripción del equipo de protección que debe utilizar el personal.....	100
4.3.1.1.	Protección necesaria para realizar el mantenimiento	105
4.3.1.2.	Protección que necesita el personal que transita por el área	106

CONCLUSIONES..... 109
RECOMENDACIONES 111
BIBLIOGRAFÍA..... 113
ANEXO 117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de Fábrica de Harinas	3
2.	Organigrama Fábrica de Harinas	5
3.	Lluvia de ideas.....	9
4.	Diagrama Ishikawa	10
5.	Diagrama de proceso de secado de harina tipo pluma sangre.....	12
6.	Control de parámetros de producción.....	14
7.	Manómetro durante el proceso de secado	15
8.	Motor y caja reductora del cocinador	20
9.	Paletas y eje central de un cocinador	21
10.	Caldera de vapor	22
11.	Engranajes de una caja reductora de un cocinador	24
12.	Limpieza de paletas, eje central y cocinador	25
13.	Mantenimiento de caldera de vapor.....	27
14.	Plano de la fábrica sin sistema de secado.....	28
15.	Fórmulas para dimensionamiento de un ciclón	33
16.	Dimensiones del ciclón para el sistema de secado	35
17.	Pantalla principal del programa	39
18.	Resultado de dimensiones de tubería de vapor	39
19.	Cuerpos de aluminio para el sistema de secado	41
20.	Motor para el sistema de secado.....	43
21.	Caja reductora para el sistema de secado	44
22.	Paletas agitadoras y eje central.....	45
23.	Separador sólido gaseoso (ciclón).....	46

24.	Chumacera.....	47
25.	<i>Esproket</i> No.140.....	47
26.	Dimensiones de cadenas de transmisión de rodillos.....	48
27.	Planta y vista lateral del sistema de secado.....	50
28.	Vista frontal	51
29.	Plano de ubicación del sistema de secado dentro del proceso.....	52
30.	Plano de vapor y retorno de condensado.....	53
31.	Plano instalación de succión de gases.....	54
32.	Introducción de datos para cálculo de tubería de condensado	58
33.	Resultado para tubería de condensado	58
34.	Costra de harina formada en un cocinador	61
35.	Lavado de las paletas, eje central y cuerpo del cocinador con agua carbonatada	62
36.	Oficina de producción.....	75
37.	Rótulos de la oficina de producción.....	88
38.	Diagrama de funcionamiento del sistema de secado	92
39.	Diagrama de bloques de funcionamiento del sistema de secado.....	93
40.	Equipo de protección personal	100
41.	Casco de protección.....	101
42.	Botas de protección de pies	102
43.	Lentes de protección industrial.....	102
44.	Protectores auditivos	103
45.	Protección de manos.....	104
46.	Protección respiratoria	105

TABLAS

I.	Cuantificación de secado de harina.....	19
II.	Especificaciones técnicas motor 20 hp.....	42
III.	Especificaciones técnicas caja reductora	43
IV.	Materiales y herramientas para el mantenimiento	64
V.	Frecuencia de mantenimiento	65
VI.	Recolección de datos del sistema de secado.....	66
VII.	Presupuesto para construir el sistema de secado	67
VIII.	Presupuesto para construir el sistema de secado	70
IX.	Aparatos eléctricos oficina de producción	76
X.	Cuantificación de aparatos eléctricos de oficina de producción	77
XI.	Intensidad y potencia eléctrica según placas	77
XII.	Potencia eléctrica de los aparatos eléctricos.....	79
XIII.	Consumo total de los aparatos eléctricos	82
XIV.	Rótulos propuestos.....	86
XV.	Ahorro en el consumo energético.....	87
XVI.	Programación de capacitación	90
XVII.	Control de mantenimiento semanal	97
XVIII.	Control de mantenimiento mensual	98
XIX.	Control de mantenimiento anual.....	99

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
<i>btu</i>	<i>British thermal unit</i>
hp	Caballo de fuerza
°C	Grados centígrados
°	Grados
Hz	Hertz
kg_{vapor}/h	Kilogramos de vapor por hora
kg/m³	Kilogramos por metro cubico
km	Kilómetro
kWh	Kilowatt hora
kW	Kilowatt
lb/h	Libra por hora

lb_{vapor}/h	Libra de vapor por hora
lb-in	Libra por pulgada
lb	Libra
m	Metros
'	Pies
%	Porcentaje
psi	<i>Pounds per square inch</i> (libra por pulgada cuadrada)
”	Pulgada
Q	Quetzales
rpm	Revoluciones por minuto
V	Voltio

GLOSARIO

Aceite	Sinónimo de lubricante en estado líquido.
<i>Bach</i>	Cantidad de materia prima para hacer una cocinada.
Bobina	Componente de un circuito eléctrico formado por un alambre aislado que se arrolla en forma de hélice con un paso igual al diámetro del alambre.
Caja reductora	Sirve para accionar toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.
Caldera	La combinación de equipos para producir o recuperar calor, junto con aparatos para transferir el calor disponible a un fluido (según código ASME).
Cañuela	Revestimiento refractario de calor, que se instala en las tuberías de vapor.
Capacitar	Hacer a alguien apto, habilitarlo para algo.
Cédula	Corresponde al espesor de la pared de la tubería.

Chumacera	Un tipo de cojinete deslizante teniendo movimiento, ya sea oscilatorio o rotatorio en conjunto con el muñón con el que opera.
Codo	Accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas.
Cojinete	Pieza o conjunto de piezas en que se apoya y gira el eje de un mecanismo.
Deshidratat	Privar a un cuerpo o a un organismo del agua que contiene; perder parte del agua que entra en su composición.
Equipo	Es el elemento que constituye el todo o parte de una máquina o instalación que, por sus características, tiene datos, historial y programas de reparación propios.
<i>Fueloil No.6</i>	Fracción del petróleo natural, obtenida por refinación y destilación, que se utiliza como combustible.
Góndolas	Transporte utilizado para transportar plumas hacia la planta de rendimiento.
Graneleras	Transporte utilizado para transportar vísceras hacia la planta de rendimiento.

Humedad	Cualidad de húmedo. Agua que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire.
Lubricación	Engrasar piezas metálicas de un mecanismo para disminuir su rozamiento.
Manómetros	Instrumento que mide la presión.
Mantenimiento	Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.
Mantenimiento preventivo	Tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar averías en el mismo.
Máquina	Artificio o conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía, transformarla y restituirla en otra más adecuada o para producir un efecto determinado.
Motor eléctrico	Es una máquina eléctrica con partes móviles, cuya función es transformar energía eléctrica de la red en energía mecánica para el accionamiento de distintos elementos.
Operación	Procedimiento que tiene un fin.

Perno de anclaje	Perno cuya función es unir la maquinaria con la cimentación.
Producción	Conjunto de elementos necesarios para transformar insumos con métodos, y convertirlos a bienes o servicios.
Ratio	Índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y de salida en un reductor.
Retenedor	Juntas de estanqueidad para ejes rotativos y evitar que entre suciedad a los cojinetes o evitar la salida de aceite.
Rodamiento	Elemento antifricción que contiene elementos rodantes en la forma de bolas o rodillos, un soporte o guía en la que una flecha o eje es posicionado, con respecto a las otras partes de un mecanismo.
Sistema de secado	Equipo mediante el cual se elimina un porcentaje del contenido de humedad de la harina.
Subproducto	En cualquier operación, producto que en ella se obtiene además del principal. Suele ser de menor valor que éste.
Tee	Accesorios usados para ramificar el corrido de la fuente principal de tubería hasta otra extensión, ya sea directamente al lado (90°) o a un ángulo.

Termómetro	Instrumento para medir la temperatura de un fluido o ambiente.
Tolva	Caja en forma de tronco de pirámide o de cono invertido y abierta por abajo, dentro de la cual se echan granos u otros cuerpos para que caigan poco a poco entre las piezas del mecanismo destinado a triturarlos, molerlos, limpiarlos, clasificarlos o para facilitar su descarga.
Trampa de vapor	Válvula automática que permite el paso del condensado, impide el paso del vapor y remueve el aire y otros gases no condensables del sistema de vapor.
Vapor	Agua en estado gaseoso.

RESUMEN

Fábrica de Harinas es una planta en la que se aprovechan los subproductos generados por las plantas de beneficio, éstos se utilizan para la producción de harinas, los cuales son el ingrediente principal para la fabricación de alimento para animales, asimismo, ayudando a no contaminar el medio ambiente pues no se depositan en ríos o se entierran sino que se les aprovecha al máximo para la elaboración de alimentos de animales.

El diagnóstico determinó que el proceso de secado se realiza dentro de un sistema, el cual su función principal es el de cocción y no el de secado, debido a esto existe un atraso en la producción pues en lugar de cocer otro *bach* de materia prima continua con el proceso de secado que es mucho más grande que el tiempo de cocción.

Se propone la construcción de un sistema de secado de harina el cual cumplirá el proceso de deshidratación de harina tipo plumas con sangre, aportando al proceso con un equipo específico. La construcción del sistema de secado se realiza aprovechando piezas existentes de maquinaria que no se utilizan y se aprovecharán en este sistema. Se elaborarán los planos para conocer la ubicación del sistema de secado dentro de la planta de rendimiento así como la posición de las instalaciones.

Por último, se describen recomendaciones de uso energético para disminuir el consumo del mismo en la oficina de producción, también se detalla el equipo de protección necesario para realizar el mantenimiento y operación del sistema de secado y de cómo se debe realizar el mantenimiento para el correcto desempeño del sistema de secado de harina tipo plumas con sangre.

OBJETIVOS

General

Proponer un sistema de secado de harina tipo plumas con sangre, beneficiando el proceso de secado de harina, otorgando un sistema específico para este proceso; ayudando a reducir el uso de la maquinaria que está diseñada para la cocción de materia prima.

Específicos

1. Plantear la construcción de un sistema de secado de harina, aprovechando los recursos disponibles de la planta de rendimiento, mejorando el proceso de secado, identificando las instalaciones óptimas que se requieren para que realicen un correcto funcionamiento.
2. Proyectar la ubicación del sistema de secado de harina por medio de la elaboración de planos, así como de las instalaciones que necesita para contar con los detalles necesarios para su montaje.
3. Demostrar que el costo de la construcción del sistema de secado de harina es menor al costo de adquisición de un sistema nuevo.
4. Realizar la propuesta de ahorro energético para la oficina de producción, para concientizar al personal sobre el consumo energético y así disminuir el consumo en ésta.

5. Capacitar a los supervisores sobre sistemas de secado, su funcionamiento y mantenimiento que éste requiera para que brinde un correcto funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

Es de conocimiento a nivel mundial, el incremento de la contaminación ambiental en los últimos años, asimismo, la contaminación que provocan los subproductos animales al no ser manejados apropiadamente. Estos productos, tales como tejido del puerco, pollo, hueso, sebo y mantecas, causan grandes daños al planeta, y a quienes habitan en él; Además ocasionan contaminación en las zonas urbanas y rurales. Las plantas de rendimiento transforman en productos útiles todo este material recolectado, como el caso de la harina, con la transformación de estos subproductos se evita que estos se depositen en ríos o sean enterrados.

Durante el servicio profesional se determinó que el problema que existe en la planta de rendimiento es el proceso de secado de harina tipo plumas con sangre, el cual se realiza dentro de un equipo que está diseñado para cocción y no para deshidratación de harina, lo que ocasiona el alto tiempo de secado dentro del cocinador y el retraso en la carga de un nuevo *bach* para producir harina. Con la propuesta de construcción de un sistema de secado de harina tipo plumas con sangre se dotará al proceso productivo con un sistema específico para el secado, aprovechando el uso de los cocinadores porque se realizará el proceso de cocción y de secado a la vez, lo cual no se podía realizar con anterioridad.

La demanda de consumo energético cada vez es mayor, lo que ocasiona una elevada producción de energía y asimismo, los gases tipo invernadero, una de las maneras de mitigar esto es reduciendo el consumo energético. Por lo que en la fase de producción más limpia se realizó un análisis de consumo energético en la oficina de producción para poder realizar recomendaciones para mejorar la forma descontrolada que usan de los equipos electrónicos, educando a los supervisores de producción y reduciendo el consumo energético en la oficina de producción y beneficiando al medio ambiente.

En la fase de capacitación se le transmite la información al personal de mantenimiento y a los supervisores de producción sobre sistemas de secado, su correcta operación, el mantenimiento que debe tener para que tenga un funcionamiento óptimo y el equipo de protección indicado para realizar el mantenimiento o la operación del sistema de secado, con el fin de que estén informados acerca de cada uno de los aspectos anteriores y realicen de una mejor manera su trabajo y la conservación del el sistema de secado de harina.

El proyecto de la propuesta de un sistema de secado en el proceso de harina tipo plumas con sangre se basa en eliminar el uso de los cocinadores debido al alto tiempo de secado dentro de éstos, que es de seis a ocho horas extra dentro de un cocinado y que dentro del sistema de secado se realizará en cuatro horas y treinta y cinco minutos, reduciendo el tiempo de uso de los cocinadores y pudiendo realizar el proceso de cocción y de secado simultáneamente

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Historia y antecedentes de la industria

Fábrica de Harinas se adquiere en la década de los sesenta, con un cocinador y una caldera de 100 hp para producir vapor para la cocción, la planta se encontraba en condiciones desfavorables y de poca tecnología, siendo su producción máxima de 1500 lb/h, de materia prima, en su momento era una empresa con un proceso manual excepto por el cocinador, todo el producto se trasladaba en toneles sobre camiones con y sin cubierta.

Luego de ampliar la capacidad de producción con más maquinaria, se dio un gran avance y mejora, al implementar en fábrica un proceso de transporte más adecuado y fácil de trasladar por medio de graneleras, góndolas y camiones con tolva incorporada. Éste ha sido un proceso de cambio continuo para manejar la fábrica de una forma mecánica y desde ese entonces se ha incrementado la producción de materia prima a la fecha.

En el transcurso del tiempo la fábrica ha superado varias dificultades en cuanto al manejo del subproducto por las condiciones en que se trasladan por el hecho de que es un producto perecedero con una vida de anaquel de aproximadamente 24 horas, el cual después de este tiempo, provoca olores fuertes y desagradables (para algunos), emanación de plagas (moscas, larvas, roedores, etc.), hasta llegar a un punto que la materia prima, ya no es recomendable para producir harina.

Todo esto es fácil que se salga de control, el cual es uno de los retos que se ha logrado vencer y cambiar el concepto, hasta alcanzar ser una planta industrial, porque en el pasado este proceso se conocía como un proceso sucio, desagradable y sin deseo de conocerlo. El procesamiento de los subproductos da como resultado harina, la que se aprovecha como ingrediente principal para alimento de animales tanto porcino, avícola y de mascotas; esta harina es trasladada hacia una empresa hermana que se dedica a realizar alimentos para animales.

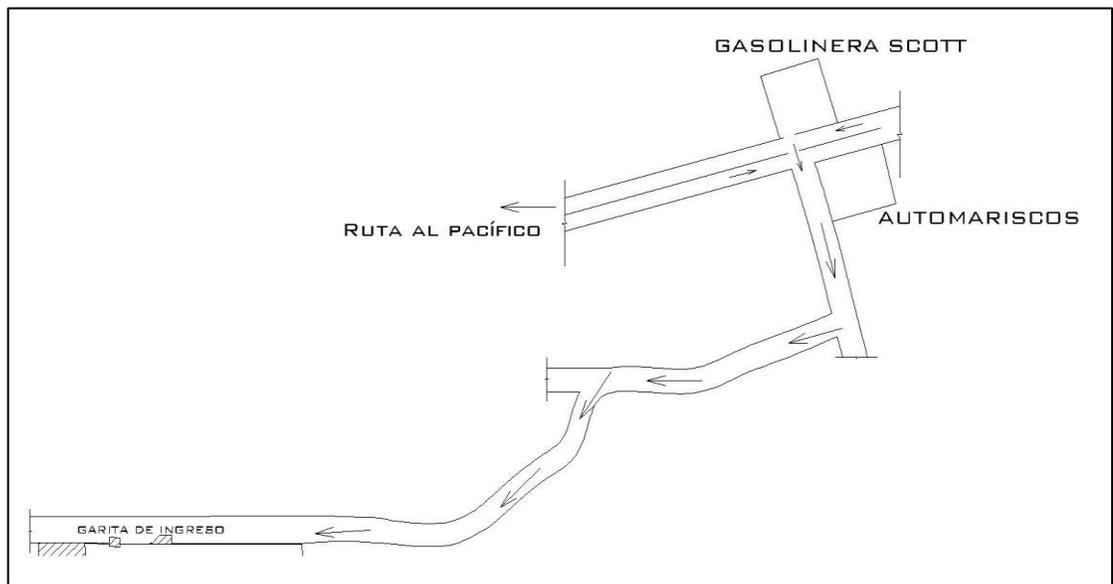
1.2. Ubicación

La empresa está ubicada en una zona industrial en el km 34,5 carretera al Pacífico, Palín, Escuintla (ver figura 1). A pesar de ser una zona industrial la Municipalidad de Palín ha autorizado colonias residenciales a los alrededores de la planta, por ese motivo han surgido pequeñas discusiones encontradas de las empresas existentes en el lugar, como los olores provenientes del proceso.

En cuanto a la localización de la empresa, ésta cumple con los factores más importantes que deben tomarse en cuenta para una localización industrial, los cuales son región y comunidad.

La primera de las más importantes, como se dijo anteriormente, es que está ubicada en una zona industrial, situada dentro del rango aceptable en cuanto a distancias de procedencia de la materia prima y el cliente del producto terminado, uno de los recursos más fuertes es el agua, la cual es abundante, el resto de recurso para producción, incluyendo la mano de obra son accesibles.

Figura 1. **Mapa de ubicación de Fábrica de Harinas**



Fuente: elaboración propia.

La fábrica está ubicada en un punto estratégico, pues se encuentra localizada a la orilla del río Michatoya, tiene sus ventajas y desventajas; una de las desventajas es por las inclemencias del clima, que han afectado las instalaciones y esto mismo ha provocado hacer trabajos de contingencia para estar preparados ante una situación similar. Las únicas plantas que existen en Guatemala son tres, dos de las cuales se ubican una cerca de la otra y la tercera se encuentra en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.

En cuanto al tema de la ubicación geográfica de este tipo de plantas, los materiales, mercado, medios de transporte, combustibles, energía eléctrica, región industrial y agua pertenecientes al factor región son aceptables, porque todos son accesibles, pero los medios de transporte están bien distribuidos en relación a la ubicación de los generadores de MP.

Por el factor comunidad como la mano de obra, actitud de la comunidad, condiciones y nivel de vida, bancos, hospitales y protección policíaca (aunque es bastante deficiente porque no existe seguridad que brinden a la comunidad a sus pobladores, absorbiendo gastos de seguridad teniendo sus propios medios de protección, como guardias), están en un rango aceptable.

1.3. Actividad a la que se dedica la empresa en la actualidad

En la empresa analizada se procesa, principalmente descartes de pollo, incubación y cerdo tales como: vísceras, plumas, recortes, tráquea, menudos, sangre, grasa animal, entre otros y los desechos del cerdo, excepto el pelo.

Ha sido una empresa que ha invertido trabajo en ella para ser una planta recicladora de productos avícolas y porcinos para evitar contaminar el medio ambiente como enterrar el producto, depositarlo en rellenos sanitarios y derramar los líquidos en los ríos, entre otros. Se ha convertido en una empresa rentable al producir harinas que se utilizan como un ingrediente del concentrado para alimentar a las aves.

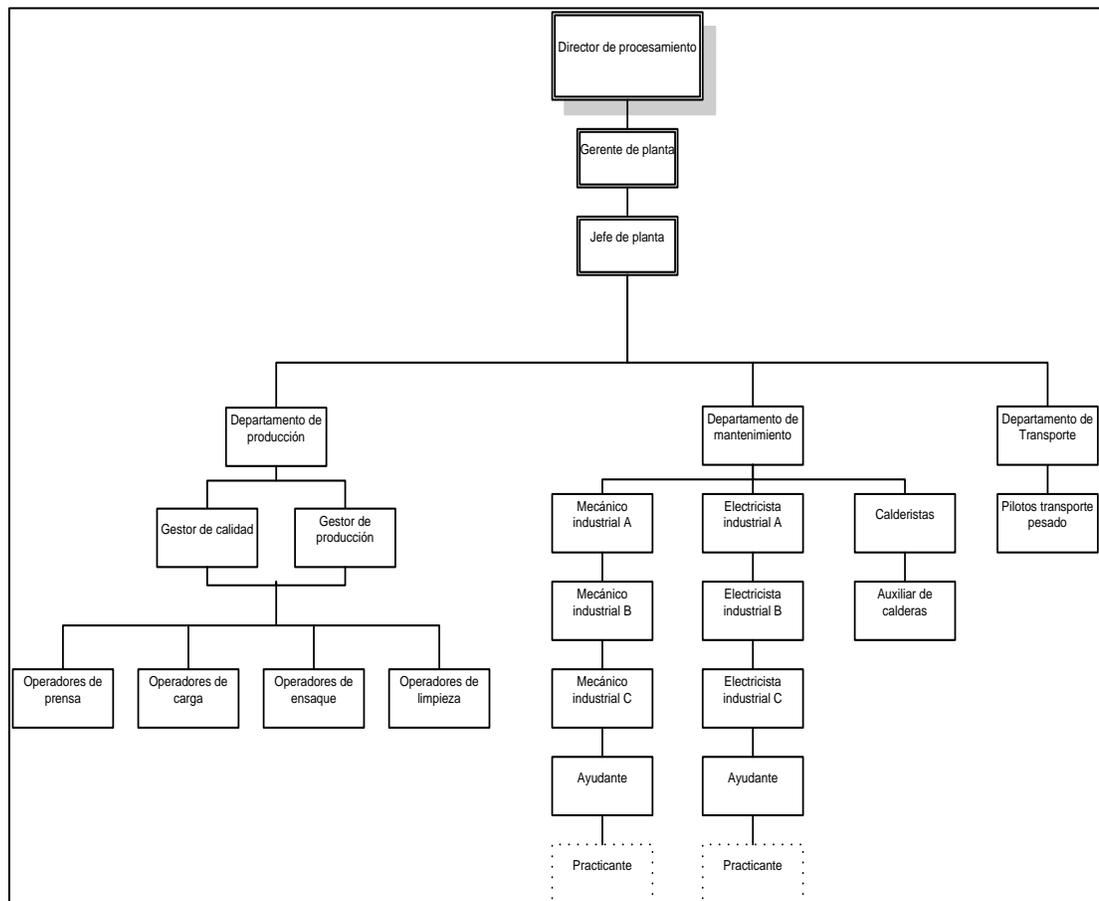
1.4. Estructura organizacional de la empresa

La estructura organizacional es la forma en que se dividen, agrupan y coordinan las actividades según las relaciones entre gerentes y los empleados, la estructura organizacional muestra como esta dividido el trabajo. La planta de rendimiento está conformada por una estructura organizacional funcional porque agrupa a personas con una posición similar dentro de la organización utilizando recursos y habilidades del mismo estilo; divide el trabajo según las funciones que se realizan, cada función es realizada por personas que poseen las habilidades y conocimientos específicos para cada área.

1.4.1. Organigrama

El organigrama de la Fábrica de Harinas es de tipo vertical, ya que los puestos subordinados se representan por cuadros en un nivel inferior, siendo las posiciones de más autoridad las ubicadas en lugares más elevados. La clase de organigrama es por departamentación por funciones, porque se definen las funciones según el tipo de actividad que se efectúa, como producción, mantenimiento y transportes.

Figura 2. Organigrama Fábrica de Harinas



Fuente: Fábrica de Harinas.

1.4.2. Visión y misión

Visión

“Ampliar en Centroamérica nuestro liderazgo de participación de mercado y rentabilidad; con productos, procesos y capital humano de clase mundial; expandiendo nuestra presencia a nuevos mercados donde existan oportunidades estratégicas”.

Misión

“Ser líderes en proveer e innovar soluciones alimentarias cárnicas y de alimentos para animales que generen valor para sus accionistas, consumidores, clientes, proveedores, colaboradores y la comunidad; de manera creativa, responsable y sustentable”.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA EL PROCESO DE HARINA TIPO PLUMAS CON SANGRE EN FÁBRICA DE HARINAS

2.1. Diagnóstico de la situación actual

La mejor manera de identificar problemas es a través de la participación de todos los miembros del equipo de trabajo del área en que se labora y lograr que todos los colaboradores vayan enunciando sus sugerencias. Los conceptos que expresen los participantes se anotan con el fin de formar una lluvia de ideas de lo que causa el problema principal.

Con la participación de los colaboradores que intervienen en el proceso de producción se pudo llegar a determinar que el problema principal es el proceso de secado de harina tipo plumas con sangre, este proceso es el que afecta la producción debido a su alto tiempo que éste representa dentro de un cocinador.

También se determinó que la harina que presenta exceso de humedad continúa su proceso de deshidratación dentro de un cocinador el cual está diseñado para la cocción de harina, el tiempo que se utiliza para la deshidratación varía debido a que muchas veces la humedad se debe a la materia prima, pues algunas presentan exceso de agua desde la planta de procesamiento.

El proceso de deshidratación, conjuntamente con el de cocinado, constituyen el mayor costo de producción debido a que estas operaciones son las que utilizan el vapor que se genera en la planta, la deshidratación representa el mayor consumo de vapor porque puede ser de 180 a 480 minutos, mientras que el cocinado se lleva a cabo de 60 a 120 minutos, el tiempo total dentro del cocinador lo estipula la humedad que se desea en la harina, puesto que depende de los requisitos del cliente, ésta debe contar con 8% a 10% de humedad.

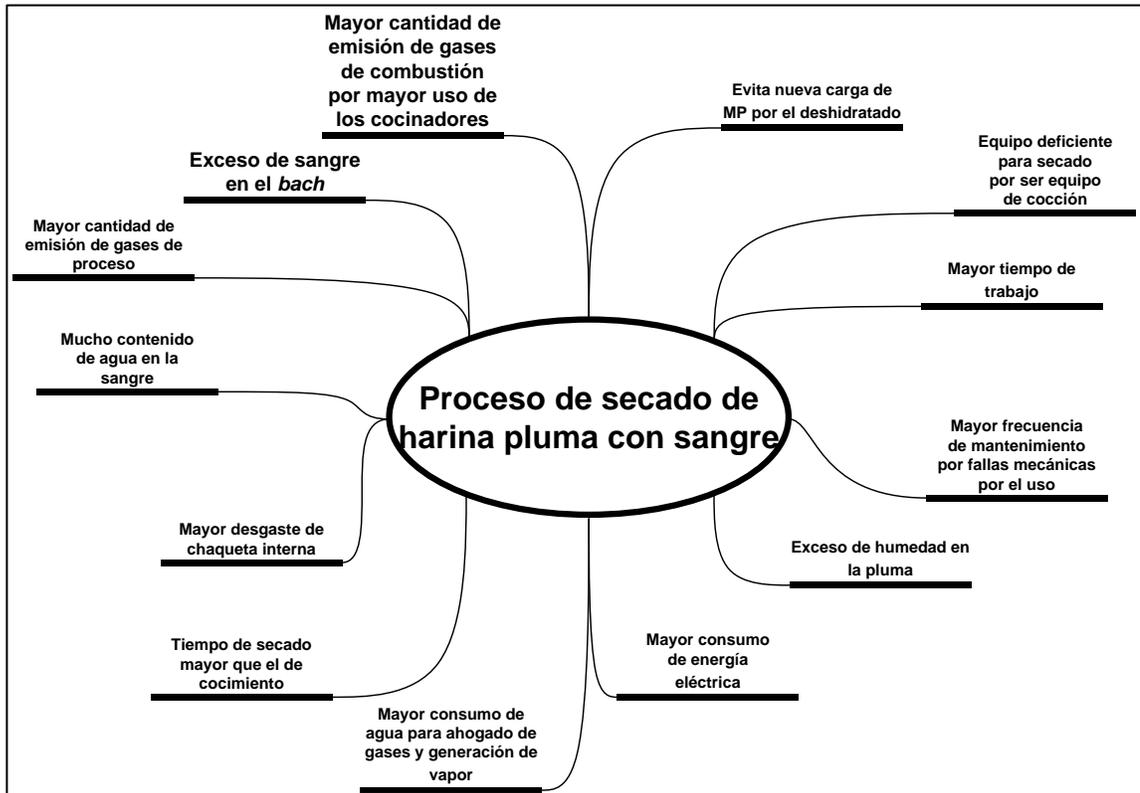
Con un sistema de secado de harinas se pretende eliminar o mejorar el uso de los cocinadores como deshidratadores reduciendo y aprovechando el consumo de vapor y el uso de los equipos.

2.1.1. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa ayuda a graficar las causas del problema que se estudia y analiza. Es llamado espina de pescado por la forma en que se van colocando cada una de las causas o razones que originan un problema. Tiene la ventaja que permite visualizar de una manera muy rápida y clara, la relación que tiene cada una de las causas con las demás razones que inciden en el origen del problema.

Con los colaboradores se enumeraron causas que ocasionan el retraso en el proceso de secado de harina tipo plumas con sangre con las que se realizó una lluvia de ideas.

Figura 3. Lluvia de ideas



Fuente: elaboración propia.

Luego se procedió a realizar el diagrama de Ishikawa ordenando cada una de las causas en la lluvia de ideas, con la que se separó según los aspectos de las 6M: materia prima, mano de obra, medio ambiente, maquinaria, medición y métodos de trabajo.

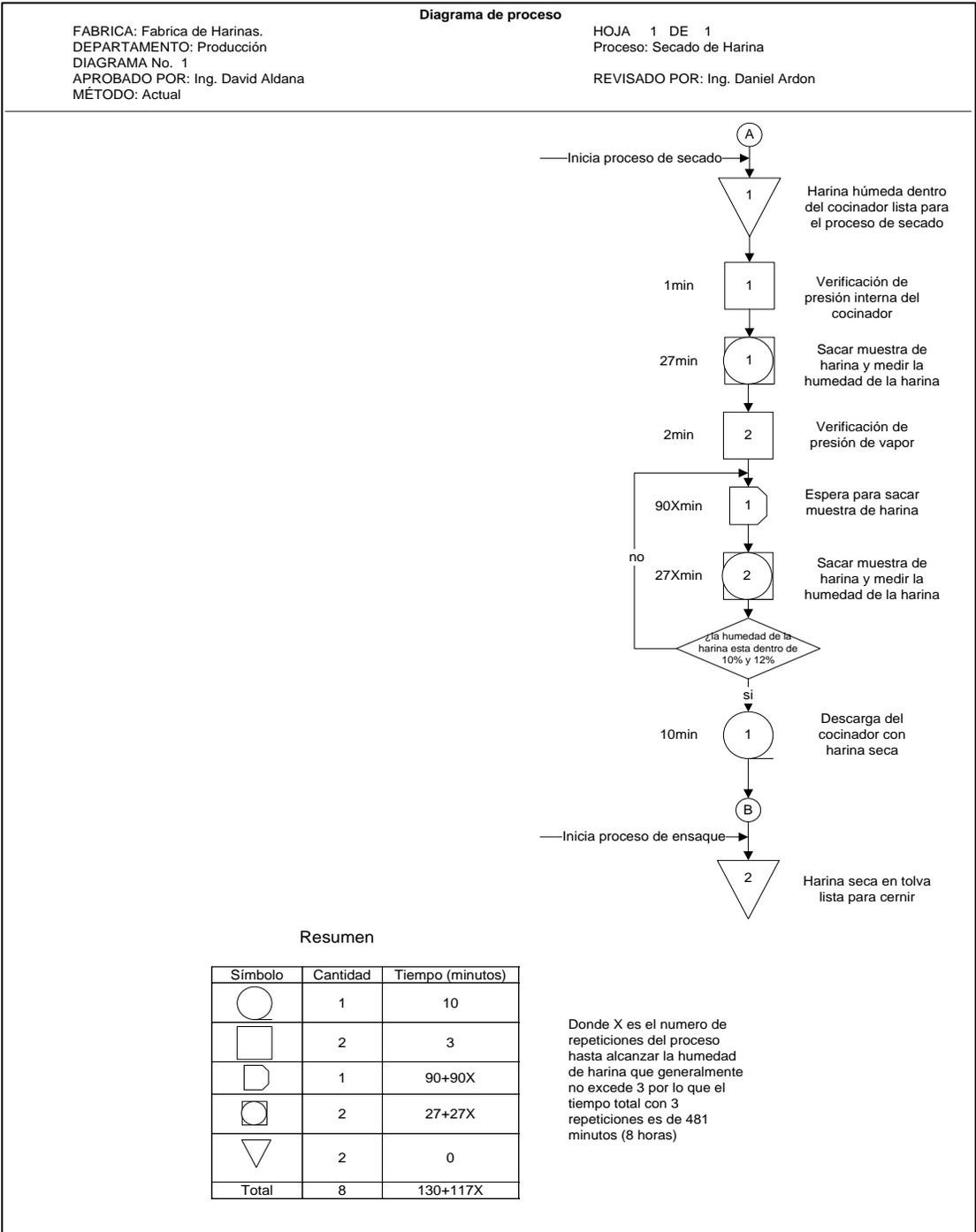
Con el diagrama de Ishikawa se observa que el efecto que se obtiene es el uso del cocinador para el proceso de secado, el cual su función no es secar, sino como su nombre lo indica su función es el de cocción, la causa raíz es maquinaria, ya que no se cuenta con una maquinaria específica para el proceso de secado, lo que ocasiona el problema del alto tiempo del proceso de secado de harina que se realiza dentro del cocinador.

2.1.2. Descripción del proceso de secado actual

El proceso de secado de harina (figura 5), comienza después de terminadas cuatro horas de cocimiento dentro del cocinador, se procede a verificar la humedad de la harina, dependiendo de ésta después de las cuatro horas así será el tiempo que se tardará para llegar a la humedad requerida, luego de dos horas de secado se procede a sacar otra muestra de harina para medir la humedad de ésta, si el contenido de humedad no es aceptable se continúa el proceso de secado, dependiendo de la humedad de la muestra anterior se prosigue a sacar otra muestra, ya sea una o dos horas después y así se repite el procedimiento hasta alcanzar una humedad que esté dentro del rango establecido por el cliente.

Por lo regular, pasadas ocho horas dentro del cocinador en deshidratación, se obtiene la humedad deseada. Este proceso es el que consume mayor tiempo dentro del cocinador, que como su nombre lo indica sirve para cocinar, en este caso pluma y sangre que se convierten en harina, cuando la humedad ya es la indicada se procede a descargar el cocinador ya descargado y comienza el proceso para una harina nueva.

Figura 5. Diagrama de proceso de secado de harina tipo pluma sangre



Fuente: elaboración propia.

Uno de los problemas que hay en el proceso de secado es que se utiliza un cocinador para éste, y no es su función deshidratar sino que cocinar la materia prima, lo que ocasiona que sea más frecuente el mantenimiento y limpieza de éste, así como el atraso de la carga de un nuevo *bach* para el cocimiento del mismo y el mayor consumo energético que conlleva el uso de un cocinador.

2.1.2.1. Tiempo de secado actual

El proceso de secado inicia después de cuatro horas de cocción dentro del cocinador con el que la harina contiene un alto grado de humedad aún. El tiempo promedio de secado de harina tipo plumas con sangre es aproximadamente de siete horas con cincuenta y siete minutos, estas horas extra dentro del cocinador consume un tiempo valioso pues con este tiempo extra utilizado para secado de harina se pudo haber aprovechado para hacer dos cocinadas más de harina en un cocinador.

Para saber el tiempo que la harina está dentro del cocinador se lleva un control (figura 6), donde se anota la hora de carga y la descarga, ya con esto se conoce cuánto tiempo estuvo dentro del cocinador, a esto se le resta cuatro horas que es el tiempo que se tarda la cocción y el resultado son las horas que dura el secado de harina dentro del cocinador.

Figura 7. **Manómetro durante el proceso de secado**



Fuente: Fábrica de Harinas.

- Cuantificación del secado de harina
 - Requerimiento de vapor para el secado

1 *bach* = 9 000 libras

Tiempo de cocción: 240 minutos (4 horas)

Tiempo de secado: 460 minutos (8 horas)

Total dentro de un cocinador 720 minutos (12 horas)

- Rubros para el secado

Para generación del vapor se necesitan:

- Combustible
- Energía eléctrica
- Mano de obra

Combustible

Por requerimiento de un cocinador marca Anco con capacidad de 9 000 libras de producto fresco se requiere 98 hp caballos caldereables de potencia para el suministro de vapor

$$1 \text{ hp} = 15,64 \frac{\text{kg}_{\text{vapor}}}{\text{h}} \text{ (dato estandar en calderas)}$$

Por lo tanto para 98 hp

$$98 \text{ hp} * 15,64 = 1\,532,72 \frac{\text{kg}_{\text{vapor}}}{\text{h}} * \frac{2,205 \text{ lb}_{\text{vapor}}}{1 \text{ kg}_{\text{vapor}}} = 3\,379,65 \frac{\text{lb}_{\text{vapor}}}{\text{h}}$$

En las 8 horas

$$3\,379,65 \frac{\text{lb}_{\text{vapor}}}{\text{h}} * 8 \text{ h} = 27\,037,2 \text{ lb}_{\text{vapor}}$$

Para el secado, el requerimiento de vapor baja al 55% debido a que el producto ya ha alcanzado su máxima temperatura.

Vapor requerido por el bach:

$$27\,037,2 * 0,55 = 14\,870,46 \text{ lb}_{\text{vapor}}$$

Requerimiento de combustible para obtener el vapor saturado

Por requerimiento del fabricante de la caldera marca Cleaver Brooks en una caldera para producir 32,062 libras de vapor se requiere 41 946,67 en combustible *fueloil No. 6 btu* (datos de la marca de la caldera)

Entonces el requerimiento en *btu*

$$14\,870,46 \text{ lb}_{\text{vapor}} * \frac{41\,946,67 \text{ btu}}{32,062 \text{ lb}_{\text{vapor}}} = 19\,455\,002,13 \text{ btu}$$

1 galón de fueloil No. 6 tiene 140 548 *btu*

$$19\,455\,002,13 \text{ btu} * \frac{1 \text{ gal}_{\text{fueloil No. 6}}}{140\,548 \text{ btu}} = 138,42 \text{ gal}_{\text{fueloil No.6}}$$

Para obtener los 19 455 002,13 *btu*, se requiere 138,42 galones de *fueloil No. 6*. (En el requerimiento de *btu*, está contemplada la eficiencia de la caldera)

Costo galón *fueloil No. 6*.: Q. 22,60 (febrero 2012)

Costo de vapor: 138,42 * Q. 22,60 = Q. 3 128,29

Energía eléctrica

- En la caldera

3 hp en motores para generar los 98 hp vapor

3 hp = 2,24 kW x 8 horas = 17,92 kWh

Datos: 8 horas

- Motor del cocinador

60 hp = 44,74 kW x 8 horas = 357,92 kWh

- Total de electricidad

17,92 kWh + 357,92 kWh = 375,84 kWh

Costo kWh = Q. 1,41/ kWh (febrero 2012)

Costo electricidad para secado = 375,84 kWh * Q. 1,41/ kWh = Q. 529,94

Mano de obra

1 calderista 6 cocinadores

1/6 del sueldo se asigna

Sueldo calderista = Q. 3 500,00

Costo mano de obra = Q. 3 500,00/6 = Q. 583,33

Tabla I. **Cuantificación de secado de harina**

Rubro	Costo Q
Combustible	3 128,29
Energía eléctrica	529,94
Mano de obra	583,33
Total	Q 4 241,56

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Descripción de equipo que interviene en el secado actual

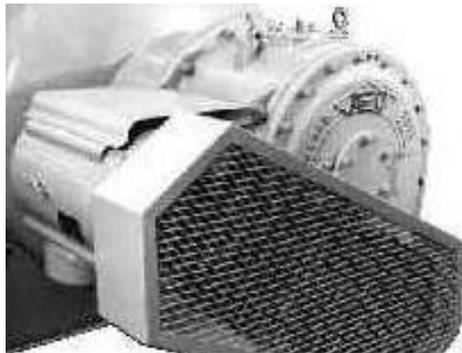
El equipo que interviene en el proceso de secado de harina, es un equipo antiguo el cual se encuentra en condiciones regulares puesto que ha trabajado durante muchos años y el desgaste que tiene es notorio.

Los equipos que intervienen en el proceso de secado de harina son los siguientes:

- **Cocinador:** es la máquina más importante para el proceso de producción y de secado, se cuenta con dos cocinadores para harina tipo plumas con sangre. El cocinador consta de tres partes importantes: un motor, una caja reductora, y el eje central con sus paletas agitadoras, el cocinador mide 20' de largo y 6' de diámetro y una chaqueta o cámara de vapor a 100 psi y consta de 24 paletas agitadoras, éste alcanza una temperatura interior de 125 °C y una presión interior máxima de 30 psi.

- **Motor:** un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica. Se cuenta con un motor eléctrico trifásico que funciona con 440 V, es un motor tipo jaula de ardilla, de 1 750 rpm y de 60 hp.
- **Caja reductora:** es un mecanismo que cuenta con un grupo de engranajes con el que se consigue reducir la velocidad para obtener una velocidad necesaria para el proceso productivo, es una caja reductora 25:1 que significa que por cada 25 revoluciones de entrada sale 1 revolución.

Figura 8. **Motor y caja reductora del cocinador**



Fuente: SCOTT, Harris. Rainsflo sealing systems. <http://www.rainsflo.com/cooker1.jpg>.

Consulta: 15 de enero de 2012.

- **Eje central:** es sólido, atraviesa transversalmente el cocinador, en éste van sostenidas las paletas y va anclado a la caja reductora la cual hace girar al eje, tiene un largo de 21' 6" y con un diámetro mayor de 6", tiene tres ranuras de 1" de ancho a 120° una respecto a la otra.

- Paletas: su función es agitar la materia prima dentro del cocinador, van colocadas a 120° respecto a la que le antecede, son de 2' de alto, 2" de grosor y 7" de ancho.

Figura 9. **Paletas y eje central de un cocinador**



Fuente: *Alloy Hardfacing & Engineering Co., Inc.*

http://j.b5z.net/i/u/2143818/i/05_bckr_Parts_Shfts_and_Paddles_for_web.jpg.

Consulta: 18 de enero de 2012.

- Caldera de vapor: es una máquina de ingeniería diseñada para generar vapor (ver figura 10), el cual es indispensable para llevar a cabo el proceso productivo, ya que por medio de ésta se produce la transferencia de calor hacia los cocinadores y por el cual se realiza el proceso de cocción y posteriormente se realiza el secado, sin esta transferencia de calor no es posible realizar la cocción ni el secado.

Se cuenta con dos calderas de vapor pirotubulares, en este tipo, el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente atravesado por tubos, por los cuales circulan gases a alta temperatura, producto de un proceso de combustión. El agua se evapora al contacto con los tubos calientes productos a la circulación de los gases de escape.

Una de ellas es de reciente adquisición, por lo que el estado de ésta es bueno y su mantenimiento es menor, porque es más reciente el equipo, la otra es una caldera antigua y el estado en que se encuentra es regular y su mantenimiento requiere más reparaciones por el mismo estado en el que se encuentra.

Figura 10. **Caldera de vapor**



Fuente: http://safe-img01.olx.com.mx/ui/8/88/62/1279736600_106298662_3-VENTA-Y-FABRICACION-DE-CALDERAS-DE-2-HP-A-800-HP-BARATAS-MANEJAMOS-TODAS-LAS-MARCAS-Otras-ventas-1279736600.jpg. Consulta: enero de 2012.

2.1.3.1. Proceso de mantenimiento de la maquinaria actual

Mantenimiento es una serie de trabajos que hay que ejecutar a una máquina, para conservarla y dé el servicio para el que fue diseñada y su frecuencia de mantenimiento se debe al mismo estado en que se encuentra el equipo, en la actualidad se trata de llevar un mantenimiento preventivo, porque se programa el mantenimiento a la maquinaria con el fin de prevenir las fallas, pero no se cuenta con un control estricto pues no se tienen los formatos necesarios para su documentación, sólo están las anotaciones del supervisor del mantenimiento y el historial de programación que éste lleva, con estas anotaciones se programa el mantenimiento conforme la experiencia que tiene el supervisor, en conjunto con la de los ingenieros de la planta.

- **Cocinador:** cada semana se le realiza una limpieza interior a la chaqueta donde tiene contacto con el producto que se cocina, el cual consta de raspar con una espátula el excedente de harina que está dentro del cocinador porque al tener una capa gruesa de harina acumulada es como si se tuviera una aislante de calor, la cual no permitiría llevar de una buena forma la transferencia de calor y esto castigaría el proceso aumentando aún más los tiempos de uso de esta maquinaria, una vez al mes se lavan los cocinadores con agua carbonatada para aumentar la eficiencia en la limpieza.
- **Motor:** el mantenimiento de éste se realiza una vez por año, en el cual se le cambian cojinetes y se barnizan las bobinas, se pinta el exterior del motor y se revisan las puntas de los cables donde se conectan para hacer el circuito eléctrico.

- Caja reductora: a ésta se le realiza cambio de aceite cada 6 meses de trabajo y se le cambia una camisa dentada donde acopla el eje del cocinador por lo menos una vez al año, se revisan los dientes de los engranajes que van dentro de la caja reductora que no estén quebrados o ya muy desgastados por su antigüedad, si ya están muy desgastados o quebrados se cambia el engrane.

Figura 11. **Engranes de una caja reductora de un cocinador**



Fuente: Anco eaglin. http://www.ancoeaglin.com/images/body_images/spare_parts.jpg.

Consulta: 14 de febrero de 2012.

- Eje central: cada semana, junto con la limpieza interna del cocinador se realiza una limpieza al eje, estos se encuentran en condiciones regulares puesto que han trabajado por lo menos la mitad de su tiempo de vida que es cerca de 5 años, cumplidos estos años existe la probabilidad de que se quiebre por la fatiga que existe en éste.

- Paletas: cada semana, conjuntamente con la limpieza interna del cocinador y eje central se raspan con una espátula para quitar el exceso de harina en éstas y en las juntas donde van unidas con el eje se les quita la harina que se acumula en estas juntas y en los espacios donde van los tornillos los cuales hacen la junta, se golpean las paletas con una martillo para asegurarse de que no estén flojas, cada dos años se le cambian tornillos a las paletas, con la lavada mensual interna del cocinador con agua carbonatada así puede quitar de mejor forma la harina que se acumula en las juntas y revisar de mejor manera la tornillería de las paletas.

El estado de las paletas es igual que el del eje, pues se cambian simultáneamente con el eje, por lo que han trabajado alrededor de la mitad de su tiempo de vida.

Figura 12. **Limpieza de paletas, eje central y cocinador**



Fuente: Fábrica de Harinas.

- Caldera de vapor: el mantenimiento de esta maquinaria se realiza cada 6 meses, el primer semestre es una limpieza general de la cámara de combustión, lo que incluye limpieza de los tubos de la caldera y cono central, revisión de cámara de agua; que se basa en la revisión y limpieza exterior de tubos para saber si están siendo afectados por la corrosión, o en el peor de los casos, una fuga, cambio de empacadura de la caldera incluyendo el de los registros tipo tortuga, revisión del refractario.

En el segundo mantenimiento semestral o anual se realiza lo mismo que en el primero con la diferencia que se le agrega el cambio de manómetros, cambio de válvulas de seguridad, revisión de electroválvulas, cambio de cheques; una vez realizado cada uno de los mantenimientos se realiza una prueba hidrostática para revisar si queda con alguna fuga, luego se llena con agua de nuevo y se le aplica su químico correspondiente, se revisa si está bien graduada la combustión de las calderas, sino se realiza una graduación de combustión para contar con una eficiencia de combustión óptima.

El mantenimiento de las calderas (ver figura 13), lo realiza el personal subcontratado de una empresa especializada en hacer mantenimiento a calderas de vapor, porque tienen personal especializado y lo ejecutan en menor tiempo, permitiendo que no haya atrasos en la producción

2.1.4. Plano de la fábrica sin sistema de secado

Es un esquema donde se representa el proceso de producción actual, en el que se encuentra distribuida la maquinaria sin el sistema de secado de harina (ver figura 14), donde el proceso de secado se lleva a cabo en el cocinador.

Figura 13. **Mantenimiento de caldera de vapor**



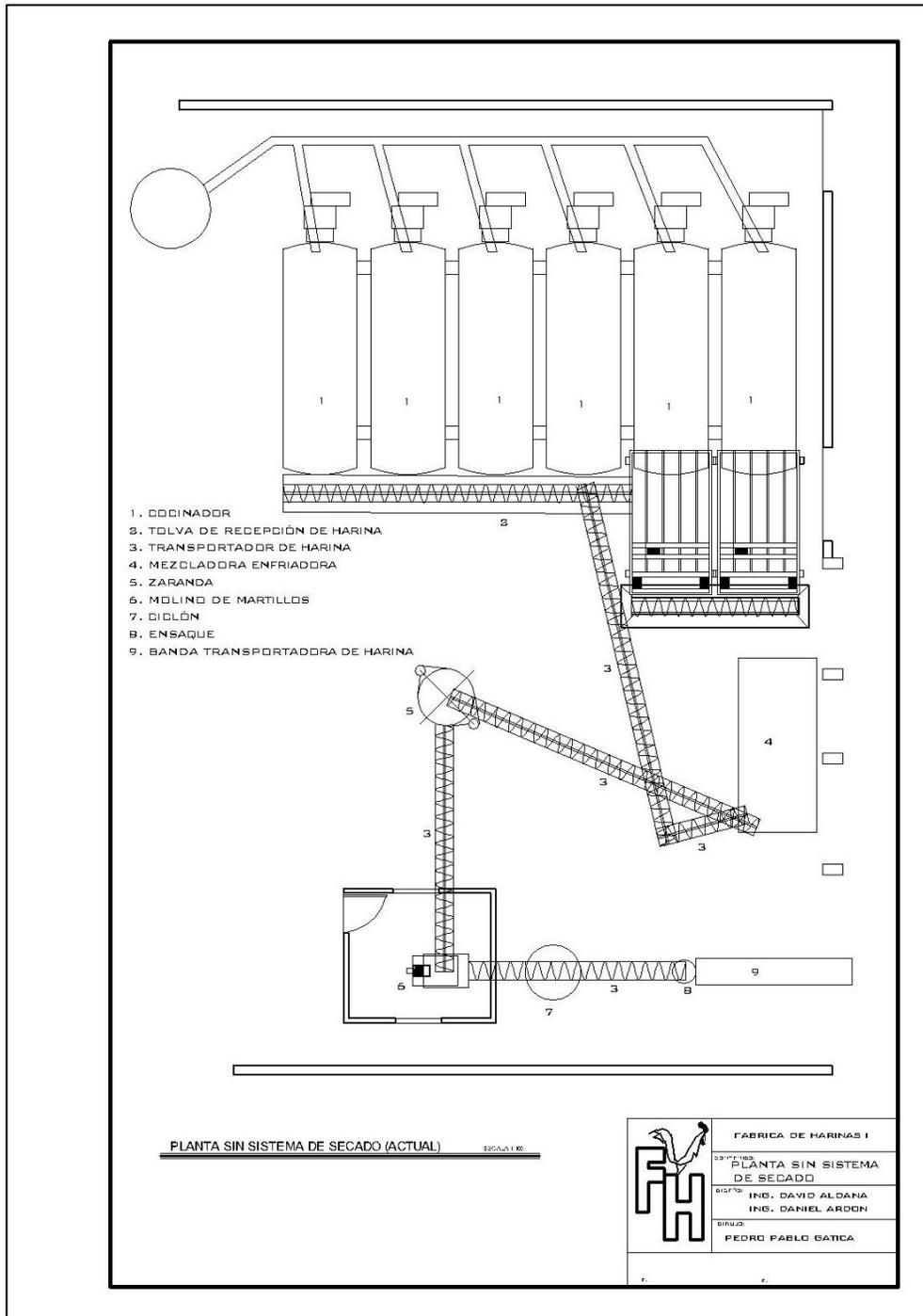
Fuente: Fábrica de Harinas.

2.2. Propuesta de un sistema de secado de harina

Un sistema de secado se refiere, generalmente, a un equipo donde se realiza la separación de un líquido de un sólido, por evaporación. En general, el término de secado, usualmente infiere la eliminación de relativamente pequeñas cantidades de agua de un sólido o material casi sólido. En la mayor parte de los casos, el secado implica la eliminación del agua a temperaturas menores de su punto de ebullición.

La propuesta de un sistema de secado de harina surge por el alto tiempo de secado que éste conlleva dentro de un cocinador, la idea de construcción de un sistema de secado de harina surge al observar equipos que no se están utilizando en empresas hermanas y en la misma planta de rendimiento.

Figura 14. Plano de la fábrica sin sistema de secado



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Una de las principales partes del equipo se observó en una empresa hermana que no estaba en uso y que ya no se iba a utilizar, son unos cuerpos de aluminio que eran parte de un equipo de esta empresa, éstos se encuentran en buenas condiciones. En la planta de rendimiento existe un eje dañado de un cocinador que con una reparación estará listo para utilizarse, el largo del eje es bueno para los cuerpos de aluminio, la condición del eje es regular puesto que ya tiene cierto desgaste debido al uso, las paletas que tenía el eje también se utilizarán, las cuales están en estado regular puesto que trabajaron conjuntamente con el eje. También hay una campana para extracción de gases y una tolva de recepción de harina que se utilizaba en otro equipo que se le dio de baja.

El sistema de secado sería utilizado en el proceso de deshidratación de harina tipo plumas con sangre que es un sólido granular la cual será sometida a una transferencia de calor, con lo que se espera la evaporación del agua hasta un porcentaje de humedad deseado y requerido por el consumidor.

2.2.1. Función que cumple el sistema de secado de harina en la empresa

La propuesta de un sistema de secado de harinas en la planta de rendimiento cumplirá el proceso de deshidratación de harina tipo plumas con sangre. El sistema de secado permitirá avanzar con el proceso productivo, pues cuando se está secando un *bach* de harina se estará cociendo el otro y la producción podrá avanzar de mejor manera, ya que el deshidratado se realizará en una máquina específica para este proceso.

Después de cuatro horas de cocción de harina tipo plumas con sangre, ésta se trasladará al sistema de secado de harina para empezar el proceso de deshidratación de la harina tipo plumas con sangre, cuando esté terminando el proceso de secado estará finalizando el proceso de cocción del cocinador por los que se descargará la harina seca y comenzará el proceso de deshidratación de harina nuevamente, siendo un proceso casi continuo.

2.2.2. Construcción de un sistema de secado de harina

El secado es una operación compleja que involucra transferencia simultánea de masa y calor, el principio para la propuesta de un sistema de secado de harina se basa en un secador rotatorio porque este secador se usa, generalmente, para producción de alto tonelaje por su capacidad de manejar productos de considerable variación en tamaño y composición. Se emplea en secar una amplia gama de materiales granulares, en este caso harina tipo plumas con sangre.

Esta opción se mezcla con la opción de calor por convección y rotación del eje en el sistema de secado en lugar del cuerpo como un cocinador, y constará de una cámara de agua con un serpentín que conduce vapor, el serpentín le transmite calor al agua contenida dentro de la chaqueta y el agua transmite calor al cuerpo de aluminio y éste a la harina que se está deshidratando.

La necesidad de construcción de un sistema de secado de harina surge debido al problema que existe en el proceso de secado, porque se utilizan los cocinadores para el proceso de secado lo que provoca atraso en la producción, y su función principal es cocinar no deshidratar, la inversión inicial para comprar un sistema de secado con marca de renombre es muy elevado.

Con la construcción de un sistema de secado de harina se puede ahorrar, pues se aprovecharán y se acondicionarán piezas existentes de maquinaria que no se utilizan y se provecharían en el sistema de secado de harina. Como los cuerpos de aluminio que una empresa hermana ya no está utilizando y los tienen almacenados, se le solicitó estos cuerpos de aluminio para aprovecharlos en el sistema de secado.

El aluminio posee una combinación de propiedades que lo hacen útil en ingeniería mecánica tal como su densidad ($2,700 \text{ kg/m}^3$) y su alta resistencia a la corrosión lo cual beneficia el proceso de secado pues la harina posee humedad y los gases que se forman son altamente corrosivos, además es buen conductor del calor.

La construcción del sistema de secado de harina consta de tres fases:

- Preliminar
- Preensamble
- Ensamble

Preliminar

Esta fase comienza con el traslado de los cuerpos de aluminio de la empresa hermana hacia la planta de rendimiento, ya en la planta de rendimiento se lavan los cuerpos de aluminio para que estén listos y trabajarlos. El eje de cocinador dañado que se va a utilizar para el sistema de secado hay que arreglarle uno de los extremos, por lo que se subcontratará a una empresa para que realice el trabajo. Las paletas que se utilizarán, se les dará una limpieza para que estén listas para el ensamble.

La campana para extracción de gases y polvillo fino se le realiza una limpieza, para cuando haya que modificarla en el preensamble, esté ya disponible y no existan retrasos para empezar a trabajarla. Las vigas para cargar el sistema de secado y para la fabricación de los bancos se preparan para empezar a realizar la estructura. La tolva de recepción de harina seca que se utilizará también se prepara limpiándola y dándole el mantenimiento que ésta requiera para que esté disponible al momento que se requiera.

Para la extracción de gases se necesita de un equipo adicional llamado ciclón, es un separador de gaseoso-sólido, el gas cargado de polvo penetra tangencialmente a una cámara cilíndrica o cónica, en uno o más puntos, y sale a través de una abertura central. En virtud de la inercia, las partículas de polvo tienden a desplazarse hacia la pared exterior del separador, resbalando hasta llegar a una zona de almacenamiento. El ciclón es utilizado para separar tanto sólidos como líquidos presentes en los gases. Para calcular las dimensiones del ciclón se utiliza una fórmula en la cual, conociendo el diámetro se calculan las otras dimensiones (figura 15).

Para definir el diámetro del ciclón se hace conforme a las dimensiones de la lámina que se utiliza para su fabricación para aprovecharla en su totalidad, la medida de la lámina que se utilizará es de 1,22*2,44 m, para el rolado el ancho máximo que admite la maquinaria es de 1,22 m por lo que el perímetro de la circunferencia del ciclón es de 2,44 m, con este dato ya se puede definir el diámetro de la circunferencia del sistema de secado. La fórmula para calcular el perímetro es:

$$P = d \cdot \pi$$

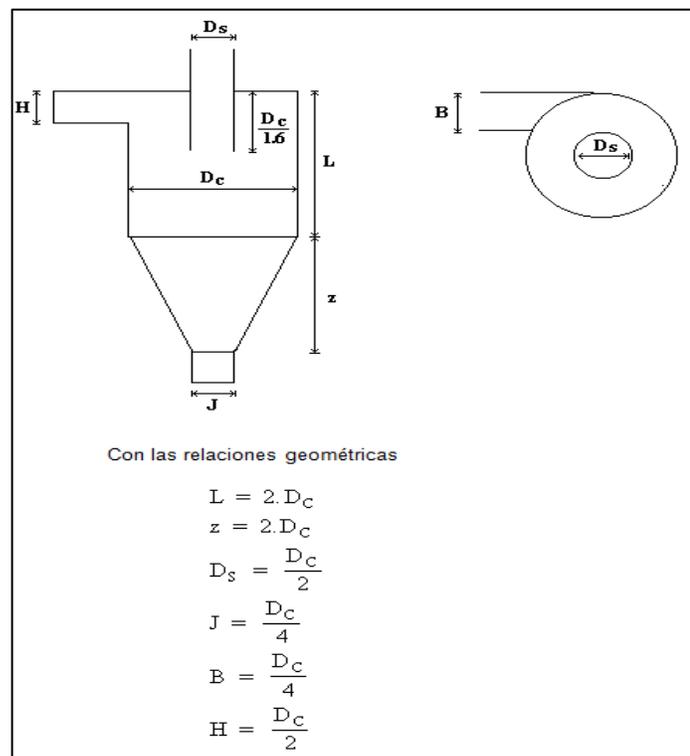
Donde:

P = perímetro de la circunferencia

d = diámetro de la circunferencia

Π = constante matemática pi

Figura 15. **Fórmulas para dimensionamiento de un ciclón**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/ciclon-disenio/ciclon-disenio.shtml>. Consulta: 05 de marzo de 2012.

Por lo que el diámetro de la circunferencia es de:

$$2,44 \text{ m} = d \cdot \pi$$

$$d = \frac{2,44 \text{ m}}{\pi} = 0,776 \text{ m} = D_c$$

Por lo tanto las dimensiones del ciclón son las siguientes:

$$L = 2D_c = 2 * 0,776 \text{ m} = 1,55 \text{ m}$$

$$Z = 2D_c = 2 * 0,776 \text{ m} = 1,55 \text{ m}$$

$$D_s = \frac{D_c}{2} = \frac{0,776 \text{ m}}{2} = 0,39 \text{ m}$$

$$J = \frac{D_c}{4} = \frac{0,776 \text{ m}}{4} = 0,19 \text{ m}$$

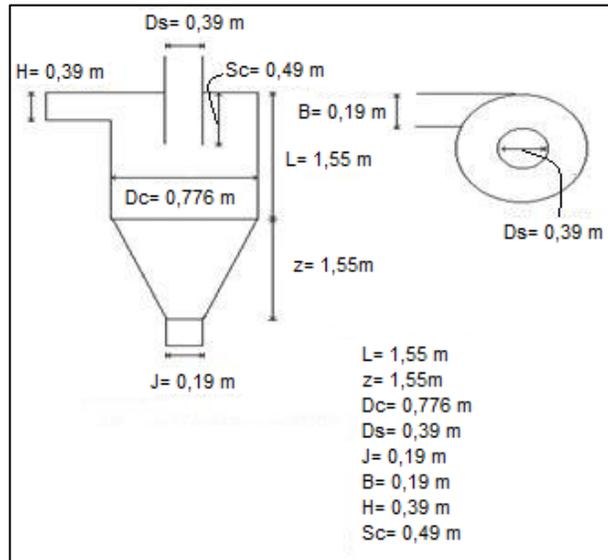
$$B = \frac{D_c}{4} = \frac{0,776 \text{ m}}{4} = 0,19 \text{ m}$$

$$H = \frac{D_c}{2} = \frac{0,776 \text{ m}}{2} = 0,39 \text{ m}$$

$$S_c = \frac{D_c}{1,6} = \frac{0,776 \text{ m}}{1,6} = 0,49 \text{ m}$$

Con las dimensiones del ciclón ya calculadas, se procede a su fabricación, para lo cual se subcontrata a una empresa a la que se le brinda un dibujo con las medidas del ciclón. Se fabricará con una lámina de 1/16" de grosor, se escogió este grosor, ya que existen otros ciclones en la planta de rendimiento de marca de renombre y están contruidos con lámina de este grosor.

Figura 16. Dimensiones del ciclón para el sistema de secado



Fuente: elaboración propia.

Preensamble

El preensamble del sistema de secado de harinas inicia en la construcción del serpentín, es un tubo frecuentemente en espiral, es un equipo intercambiador de calor el cual va en medio de dos cuerpos de aluminio, la fabricación del serpentín está a cargo de una empresa subcontratada, luego de la construcción del serpentín se unen los cuerpos de aluminio quedando el serpentín en medio de éstos, la función del serpentín es mantener la temperatura del condensado que circulará en medio de estos cuerpos de aluminio.

La unión de los cuerpos de aluminio está a cargo de la misma empresa que construirá el serpentín, contara con unas tapaderas planas en cada extremo a la cuales se le harán un agujero donde pasará el eje, contará con dos registros en que en uno de ellos entre condensado y en el otro saldrá, ya que sólo estará de paso para aprovechar el calor que éste posee, en la parte más baja del cuerpo de aluminio tendrá un registro para poder vaciar el condensado existente dentro de la chaqueta para poder realizar mantenimiento a la chaqueta, contará con un termómetro con rango de 0 °C a 150 °C para verificar la temperatura del condensado y un manómetro con rango de 0 a 50 psi para conocer la presión de vapor que tiene el serpentín.

En esta fase se da inicio a la construcción de la estructura que cargará el sistema de secado de harina conjuntamente con la tolva de recepción de harina seca y los bancos que llevarán las chumaceras y éstas a su vez, el eje, ésta se realizará con vigas tipo C y lámina de $\frac{1}{4}$ que hay en existencia en la planta de rendimiento y se aprovecharán en la estructura de carga del sistema de secado y el eje del mismo.

Se fabricará un calentador de aire el que será armado por el personal de mantenimiento. Éste consta de una resistencia de una de las calderas que se logró rescatar con una reparación, se cubrirá con un tubo de 8" de diámetro y de 39" de largo. Constará de una turbina de $\frac{1}{2}$ hp y de 3 500 rpm. La turbina se adapta a un extremo del tubo de 8" y en el otro extremo se deja una salida de 2" para la salida del aire caliente.

Ensamble

En esta fase se le coloca el eje al sistema de secado igual que las tapaderas que van en cada extremo, serán unidas por medio de tornillos para que sean desmontables y poder realizar cualquier mantenimiento que necesite el sistema de secado, también se le colocan las paletas al eje y se termina la construcción de los bancos donde van soportadas las chumaceras, el motor y caja reductora.

La campana para la extracción de gases y polvillo fino del sistema de secado se modifica en esta fase de ensamble, cuando los cuerpos de aluminio ya están unidos y con las tapaderas y el eje puesto para ajustarla al largo total, con la campana del largo del sistema de secado, a la campana se le hacen dos agujeros más para la succión gases y polvillo, se modificará la altura de la campana de succión.

Se le colocan las patas al ciclón y a la tolva de recepción de harina, se termina la construcción de la estructura que cargará el sistema de secado. Se le coloca el termómetro y manómetro al sistema de secado, se coloca la tubería de aire caliente y se construye el calentador de aire.

2.3. Descripción del sistema de secado de harina

El sistema de secado de harina consta de tres cuerpos de aluminio, tienen un radio de 0,73 m y un largo de 4,26 m los cuales se unen de manera que formen una cámara con 3,5 cm de separación entre sí, en la cual va circular condensado caliente y también va un serpentín cuya función es mantener la temperatura del condensado, para que se realice una transferencia de calor para secar la harina.

El serpentín es un ramal de vapor, éstos toman vapor del ramal principal y lo llevan a la unidad principal que será calentada con vapor, en este caso el sistema de secado. El dimensionamiento del tubo que se utiliza para el serpentín se realiza por medio de un programa que la empresa que realiza análisis a las calderas recomienda y con éste se dimensionan todas las tuberías que conducen vapor en la planta de rendimiento. Este programa funciona con base en los parámetros de operación de la caldera y equipo y ayudan a seleccionar de manera más rápida y eficiente la tubería. Para comenzar con el cálculo se muestra en la figura 17 la pantalla principal del programa.

El programa solicita los datos de presión de vapor, ésta es la presión de paro de la caldera que en la planta de rendimiento es de 100 psig, el rango de flujo de vapor que consume el equipo que es de 60 lb/h, la máxima pérdida de presión admisible por recomendación de la empresa que realiza análisis a las calderas debe ser de 14,7 psi y por último, la longitud de la tubería, en la cual se utilizará un tubo y medio tubos para la fabricación del serpentín y un tubo y medio del ramal de presión al equipo por lo que la longitud total es de 59,06 pies(18 m), en el recorrido hacia el sistema de secado se colocarán tres codos y una válvula de flujo para cerrar o abrir el flujo de vapor, estos datos se ingresan al programa como se describe en la figura 18.

El resultado del programa (figura 18), es que la tubería que se instale para conducción de vapor tenga un diámetro interno de 0,492" y el diámetro próximo de tubería que venden es de 1/2" por lo que el serpentín, la tubería y los accesorios de vapor hacia el sistema de secado se construirá con una tubería de cédula 40 de diámetro de 1/2".

Figura 17. Pantalla principal del programa

Introducir Datos:		Unidad: Imperial
Grado de Tubería	ANSI Sch40	
Presión de Vapor*	0.0	psig
Temperatura del Vapor	212.0	F
Rango de Flujo del Vapor*	0.0	lb/h
Máxima Pérdida de Presión Permissible*	0.0	psi
Longitud de la Tubería*	0.00	ft
Válvulas de Flujo Cerradas (ej. Globo) (Cant)	0	
Válvulas de Flujo Instaladas (ej. Comp) (Cant)	0	
Válvulas Check (Cant)	0	
Codos (Cant)	0	
Rugosidad Interna de la Tubería	0.002	in

*Campos requeridos

Fuente: Fábrica de Harinas.

Figura 18. Resultado de dimensiones de tubería de vapor

Introducir Datos:		Unidad: Imperial
Grado de Tubería	ANSI Sch40	
Presión de Vapor*	100.0	psig
Temperatura del Vapor	(337.9)	F
Rango de Flujo del Vapor*	60.0	lb/h
Máxima Pérdida de Presión Permissible*	14.7	psi
Longitud de la Tubería*	59.06	ft
Válvulas de Flujo Cerradas (ej. Globo) (Cant)	0	
Válvulas de Flujo Instaladas (ej. Comp) (Cant)	1	
Válvulas Check (Cant)	0	
Codos (Cant)	3	
Rugosidad Interna de la Tubería	0.002	in

*Campos requeridos

Resultado:

Tamaño de la Tubería NPS3/8

Información Relacionada:

Diámetro Interno de Tubería 0.492 in

Fuente: Fábrica de Harinas.

El sistema de secado constará de un eje rotatorio mezclando el principio de funcionamiento de un sistema de secado rotatorio con un cocinador, en el que el secador rotatorio gira todo el cuerpo agitando la harina y en el cocinador gira el eje con las paletas agitando la harina, el sistema de secado propuesto girará el eje con las paletas agitando la harina.

Contará con un flujo de aire caliente dentro del sistema de secado ayudando a la deshidratación, el flujo de aire caliente tiende a retirar la humedad de los objetos dando sensación de sequedad precisamente porque es capaz de contener más vapor de agua disuelto.

Con el sistema para extracción de gases se evita condensación dentro del sistema de secado, la presencia de condensado causaría que se humedeciera de nuevo el producto aumentando el tiempo de uso del sistema de secado. La campana para extracción de gases es de 4,26 m de largo y 0,45 m de alto.

2.3.1. Descripción de los equipos necesarios del sistema de secado de harina

Los equipos necesarios para el sistema de secado de harina son los siguientes:

- Secador de harina: es un cuerpo de aluminio adaptado que era parte de otra maquinaria, la cual no se estaba utilizando y debido a las propiedades del aluminio se aprovechará, porque se realizará un proceso de deshidratado y el aluminio es un buen conductor de calor.

El cuerpo de aluminio es de 0,73 m de radio y de 4,26 m de largo. Consta de una chaqueta que se llenará con condensado que sale de los cocinadores aprovechando el calor que éste tiene, dentro de la chaqueta llevará un serpentín con el que se pretende mantener o aumentar el calor del condensado para lograr una buena transferencia hacia el cuerpo de aluminio, éste no es para altas presiones, ya que lo más que se utilizará es 10 psi, se elaborará con tubo de ½” de cédula 40.

Figura 19. **Cuerpos de aluminio para el sistema de secado**



Fuente: Fábrica de Harinas.

- Motor: para seleccionado se toma en cuenta el nivel del voltaje que utiliza la planta de rendimiento el cual es de 440 V. El voltaje hace que la potencia del motor al momento de realizar su trabajo sea la correcta, la frecuencia se considera especialmente para poder obtener un valor correcto en la velocidad del motor. La frecuencia en Guatemala es de 60 Hz.

Para seleccionar el motor, se tomaron en cuenta los factores anteriores, por lo que el motor será de 440 V trifásico, de 60 Hz y para calcular el caballaje del motor se hizo de la siguiente manera: un cocinador usa un motor de 60 hp para 9 000 lb de mp, después de cuatro horas de cocimiento con una humedad aproximada de 40% son 3 000 lb de harina tipo plumas con sangre, por lo que se hizo la siguiente relación:

$$\begin{array}{rcl} 9\ 000\ \text{lb} & - & 60\ \text{hp} \\ 3\ 000\ \text{lb} & - & ?\ \text{hp} \end{array}$$

$$\frac{3\ 000\ \text{lb} * 60\ \text{hp}}{9\ 000\ \text{lb}} = 20\ \text{hp}$$

Se comprará un motor de 20 hp es un motor tipo jaula de ardilla trifásico que funciona con 440 V y que brinda 1 750 rpm con 60 Hz.

Tabla II. **Especificaciones técnicas motor 20 hp**

hp	20
rpm	1 750
Amp	25
Voltaje	440
Frecuencia	60 Hz

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Motor para el sistema de secado**



Fuente: <http://www.continenteferretero.com/assets/images/SIE0038.gif>. Consulta: 13 de marzo de 2012.

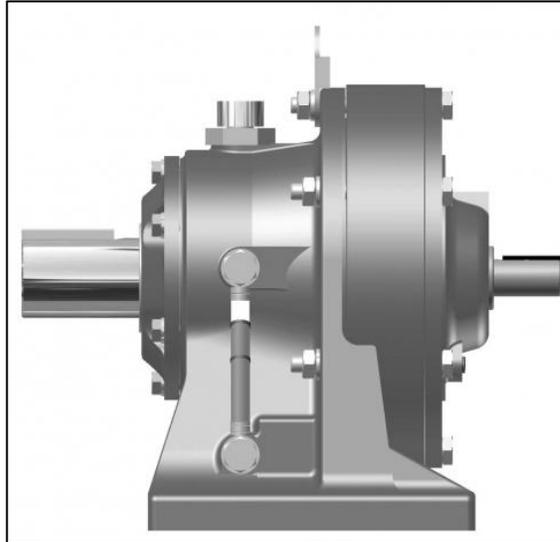
- Caja reductora: para seleccionar la caja reductora se toma en cuenta que sea capaz de soportar el caballaje del motor, sólo el motor es incapaz de brindarle movimiento al sistema de secado, la caja reductora se encarga de aumentar la potencia que brinda el motor aparte de reducir la velocidad, es una caja reductora 25:1 lo que quiere decir, que por cada veinticinco rpm ésta proporcionará una rpm, el torque máximo que ésta brinda es de 32 000 lb-in con 1 750 rpm máximas de entrada.

Tabla III. **Especificaciones técnicas caja reductora**

Par de torsión	32 000 lb-in
hp motor	10 - 50
rpm	25
Ratio	25:1
Frec	60 Hz

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Caja reductora para el sistema de secado**



Fuente: Sumitomo homepage. <http://www.smcyclo.com/uploads/product/photos/gallery/file-54.jpg>. Consulta: 13 de marzo de 2012.

- Eje central: es el que aporta el movimiento de rotación en el sistema de secado, es un eje modificado de un cocinador el cual lleva unas paletas, el eje es de un largo de $164,3/4$ " , el diámetro del eje donde están sujetas las paletas es de 6" con un largo total de 120" cuenta con 3 cuñeros colocados a 120° cada uno, pues cada paleta va colocada a 120° una respecto a la otra.

El cuñero es de 1" de ancho por 120" de largo. El eje tiene dos partes de diámetro $5,1/4$ " que sirve de tope para las chumaceras uno con 10" de largo y el otro extremo con $16,3/4$ " de largo, también posee un diámetro de $3,15/16$ " en los dos extremos uno de 6" de largo y el otro con 12" en cada tiene una chumacera y uno de los extremos tiene un cuñero de $1" \times 6$ " en el cual se sujeta el esproket de 48 dientes.

- Paletas agitadoras: son las que reciben directamente el movimiento de rotación del eje, éstas van abrazadas a él y su función es mantener en constante agitación al producto dentro del sistema de secado, lo que permite a la harina poder secarse de forma más rápida, son de 26,1/2" de alto y el ancho de la paleta es de 9,1/4", cada paleta lleva una cuña de 1"*6" para que mantenga su posición en el eje, están sujetas por una abrazadera con cuatro tornillos completos de 1"*7".

Figura 22. **Paletas agitadoras y eje central**



Fuente: archivo empresa analizada.

- Ciclón: es un separador sólido-gaseoso, en el cual el gas cargado de polvo penetra tangencialmente a una cámara cilíndrica y sale a través de una abertura central, se utilizan para eliminar tanto sólidos como líquidos presentes en los gases. Las dimensiones del ciclón (figura 16), se le proporcionaron a la empresa subcontratada encargada de la fabricación del mismo.

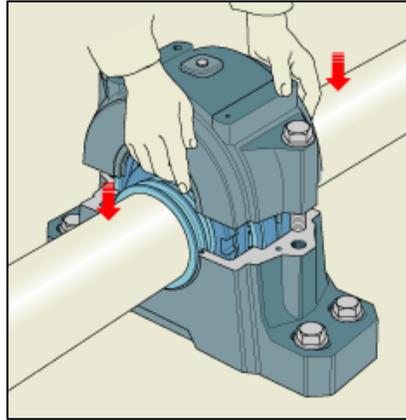
Figura 23. **Separador sólido gaseoso (ciclón)**



Fuente: Fábrica de Harinas.

- Chumaceras: pieza de metal con un alojamiento en el que descansa y gira el eje del sistema de secado (figura 24), se componen de un rodamiento rígido de bolas. La superficie exterior del rodamiento y la superficie interna de la chumacera tienen forma esférica, lo que permite compensar un cierto grado de desalineación.
- *Esprokets*: rueda perfilada con dientes (figura 24), el nombre *esproket*, generalmente se da a cualquier rueda dentada en una transmisión y lleva sobre éste una cadena. Se usarán dos *esprokets* uno de 48 dientes y otro de 17 dientes. El *esproket* de 48 dientes No. 140, se rescató de la planta de rendimiento puesto que estaba sin utilizarse, por lo que utiliza una cadena No. 140 con un paso de $1\frac{3}{4}$ "

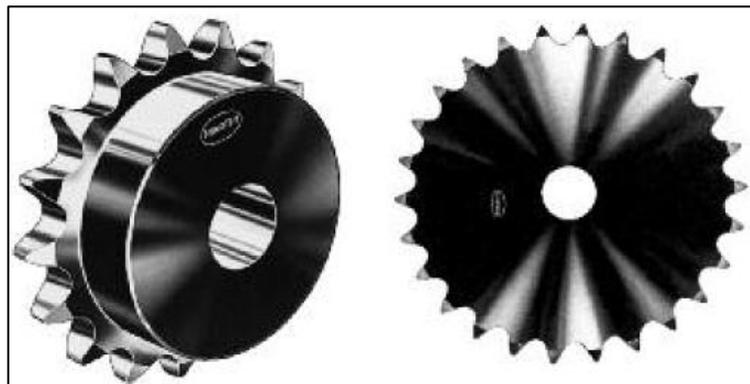
Figura 24. **Chumacera**



Fuente: SKF group - bearings and units lubrication solutions mechatronics seals services condition monitoring linear motion. http://www.skf.com/images/cat/images/2/074_0509.gif.

Consulta: 25 de marzo de 2012.

Figura 25. **Esproket No.140**



Fuente: <http://www.martinsprocket.com/2001/SecEa.pdf#E102>. Consulta: 13 de abril de 2012.

- Cadena: elemento de máquinas que transmite potencia por medio de fuerzas extensibles. Sirven para transmitir potencias entre ejes que giran en el mismo plano a una relación constante. La cadena acopla con los *esproket*, uno de ellos es el que transmite movimiento a la cadena y está al otro *esproket* haciendo girar el sistema.

Se usará una cadena de rodillo, éstas proporcionan un método accesible y eficiente para transmitir potencia entre ejes paralelos, a la separación entre ejes de los rodillos se llama paso, la cadena que se utilizará es la No. 140, porque los *esproket* son del mismo número, por lo que el paso de la cadena es $1\frac{3}{4}$ ".

Figura 26. **Dimensiones de cadenas de transmisión de rodillos**

Cadena núm.	Paso, <i>p</i> , pulgada	Rodillo		Diámetro del pasador, <i>d</i> , pulgada	Espesor de la placa eslabón, <i>a</i> , pulgada	Resistencia última Strength mínima, lb**
		Diámetro H, pulgada	Ancho E, pulgada			
140	1-3/4	1	1	0.500	0.219	38,280
160	2	1-1/8	1-1/4	0.562	0.250	50,000
180	2-1/4	1-13/32	1-13/32	0.687	0.2811	63,280
200	2-1/2	1-9/16	1-1/2	0.781	0.312	78,125
240	3	1-7/8	1-7/8	0.937	0.375	112,500

Fuente: M.F. Spotts, T.E. Shoup. Elementos de máquinas. p. 355.

- Calentador de aire: es un sistema modificado que consta de dos partes, la primera es una resistencia eléctrica que anteriormente se utilizaba para precalentamiento del *fueloil* No. 6, en una de las calderas se le colocó una funda de tubo que encierra la resistencia creando una cámara para que pase el aire y calentarlo. El tubo tiene un diámetro de 8", (tubo rescatado de la planta de rendimiento que sobró de otra instalación) y 39" de largo.

La segunda parte es una turbina la cual le proporciona aire a la cámara que contiene la resistencia y que durante su recorrido se calienta, ya caliente entra en contacto con la harina que se está deshidratando. Es una turbina de ½ hp de 3 500 rpm, ésta era parte de un equipo que ya no se utiliza en la planta de rendimiento, por lo que se aprovecha en el sistema de secado.

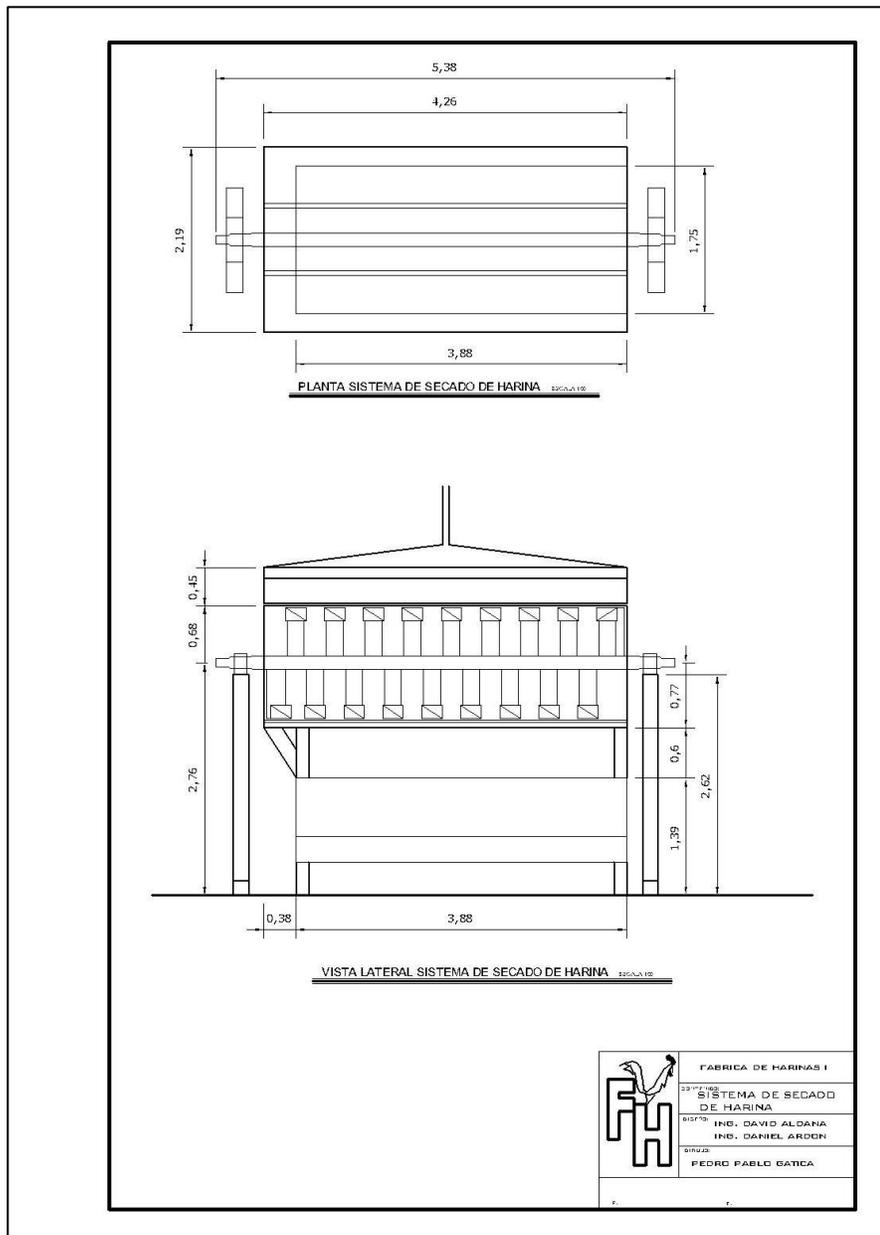
2.4. Planos del sistema de secado de harina

Se dibujan para dar una representación de la forma y disposición real del sistema de secado de harina

- Sistema de secado
 - Planta: tiene la finalidad de proporcionar la información de largo y ancho del sistema de secado (figura 27).
 - Vista frontal y lateral: tienen la finalidad de proporcionar la información de alturas del sistema de secado (figura 27 y 28).
- Ubicación del sistema de secado dentro del proceso: representa la ubicación del sistema de secado dentro del proceso de producción, aprovechando el espacio disponible, seleccionando el más adecuado que permita realizar una fácil conexión con las instalaciones del mismo (figura 29).
- Plano de instalación de vapor y retorno de condensado: representa la ubicación de tubería de vapor y de retorno de condensado necesaria para proveer al sistema de secado (figura 30).

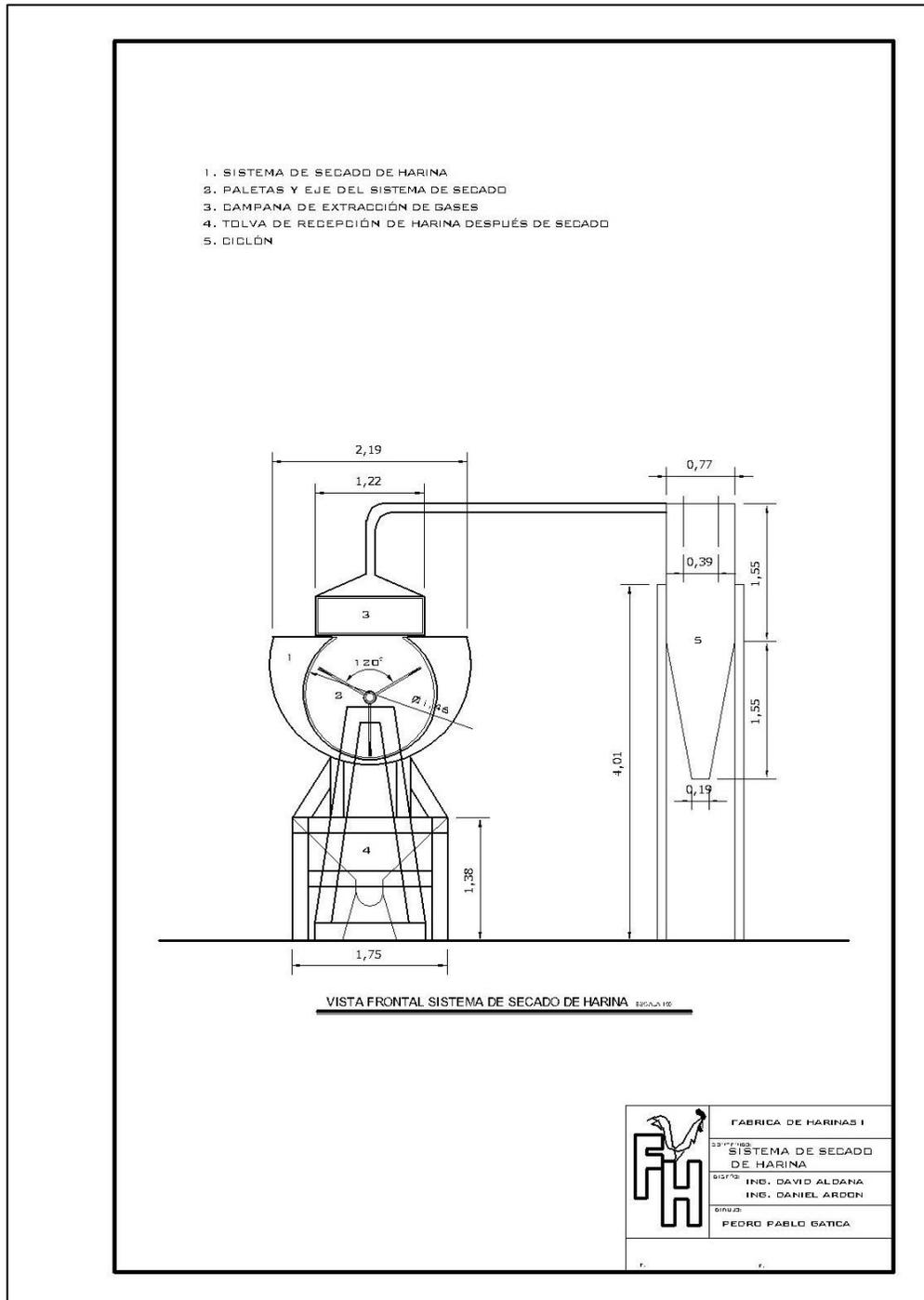
- Plano de instalación de succión de gases: representa la ubicación de tubería succión de gases necesaria para el sistema de secado (figura 31).

Figura 27. **Planta y vista lateral del sistema de secado**



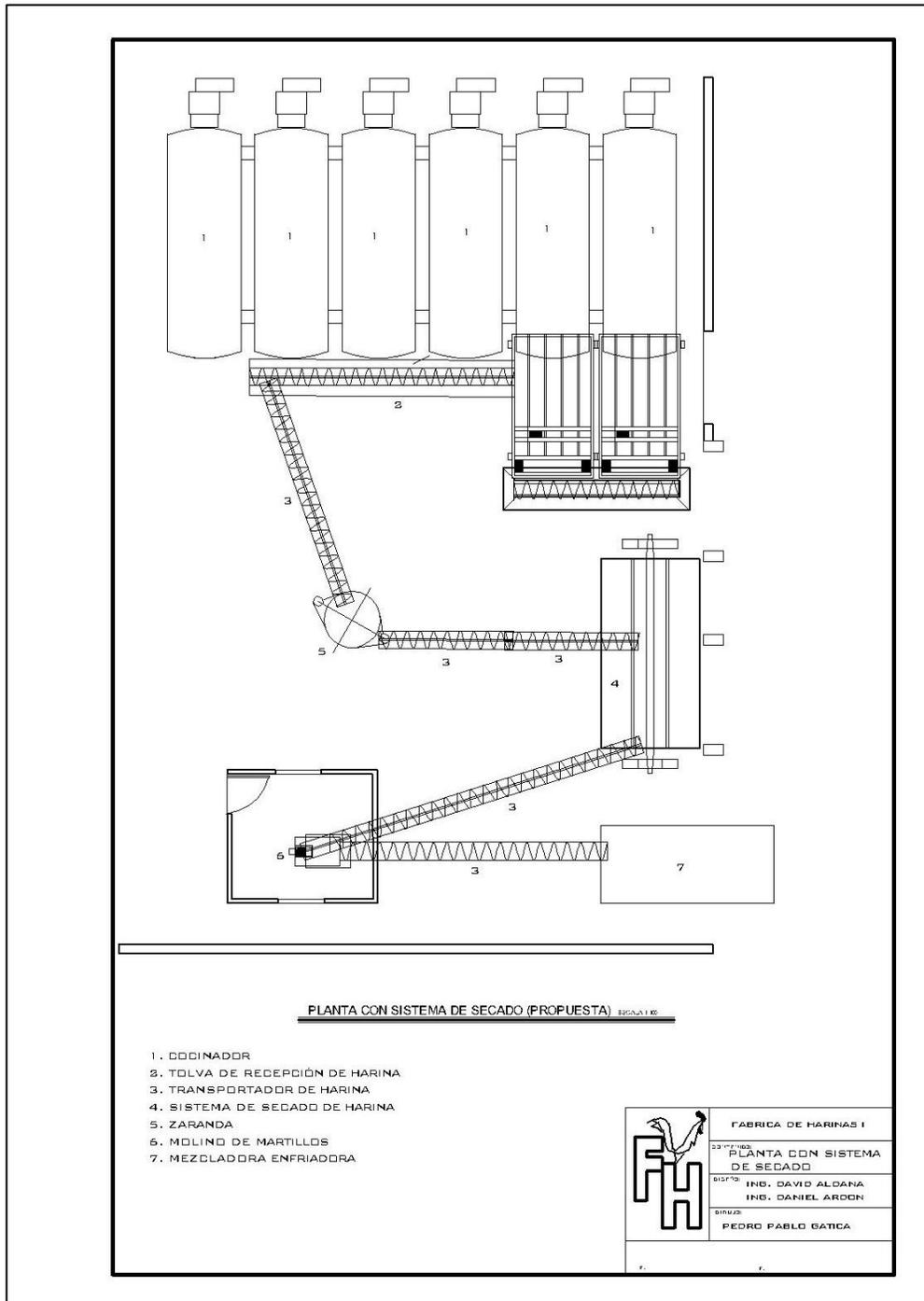
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 28. Vista frontal



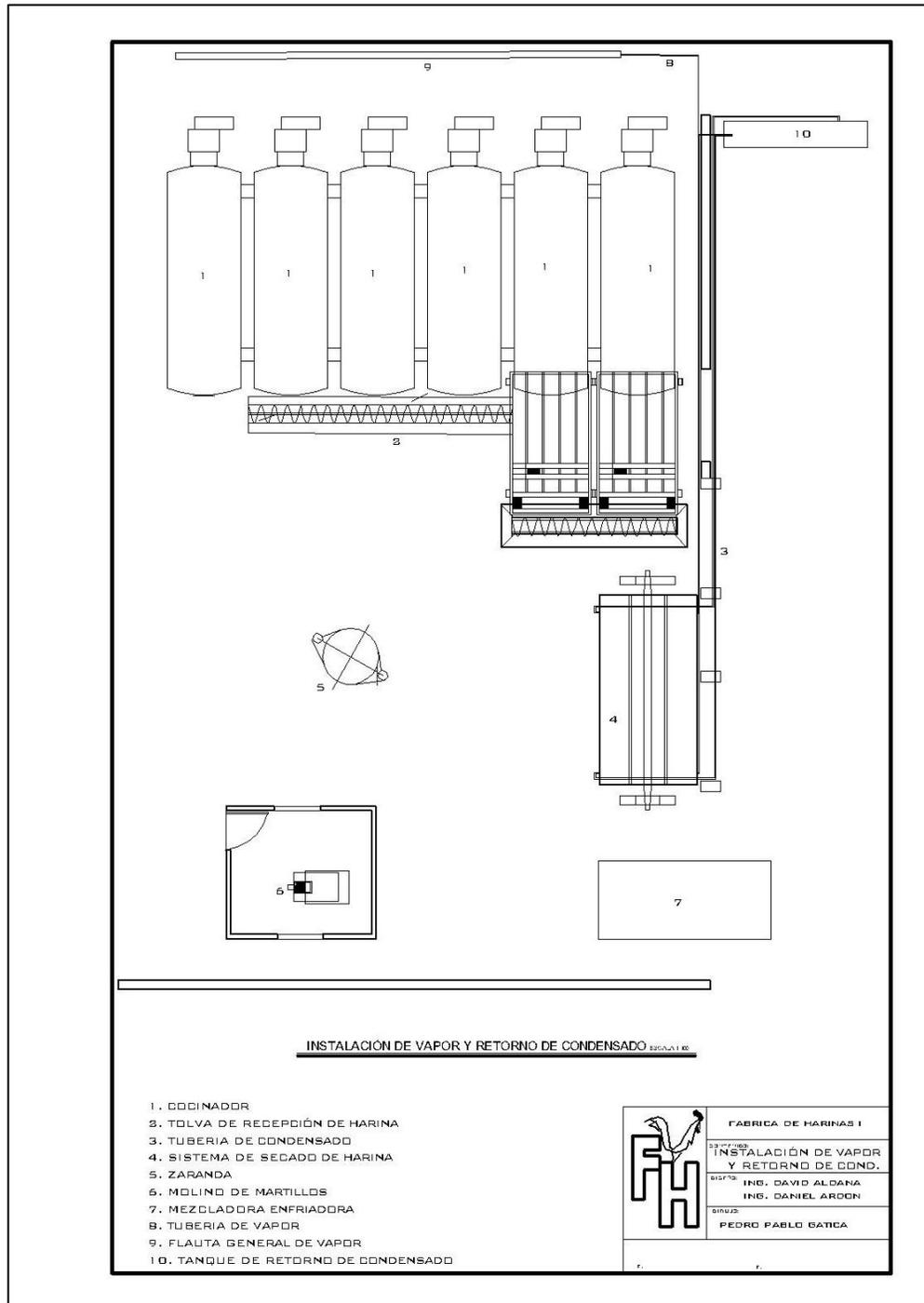
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 29. Plano de ubicación del sistema de secado dentro del proceso



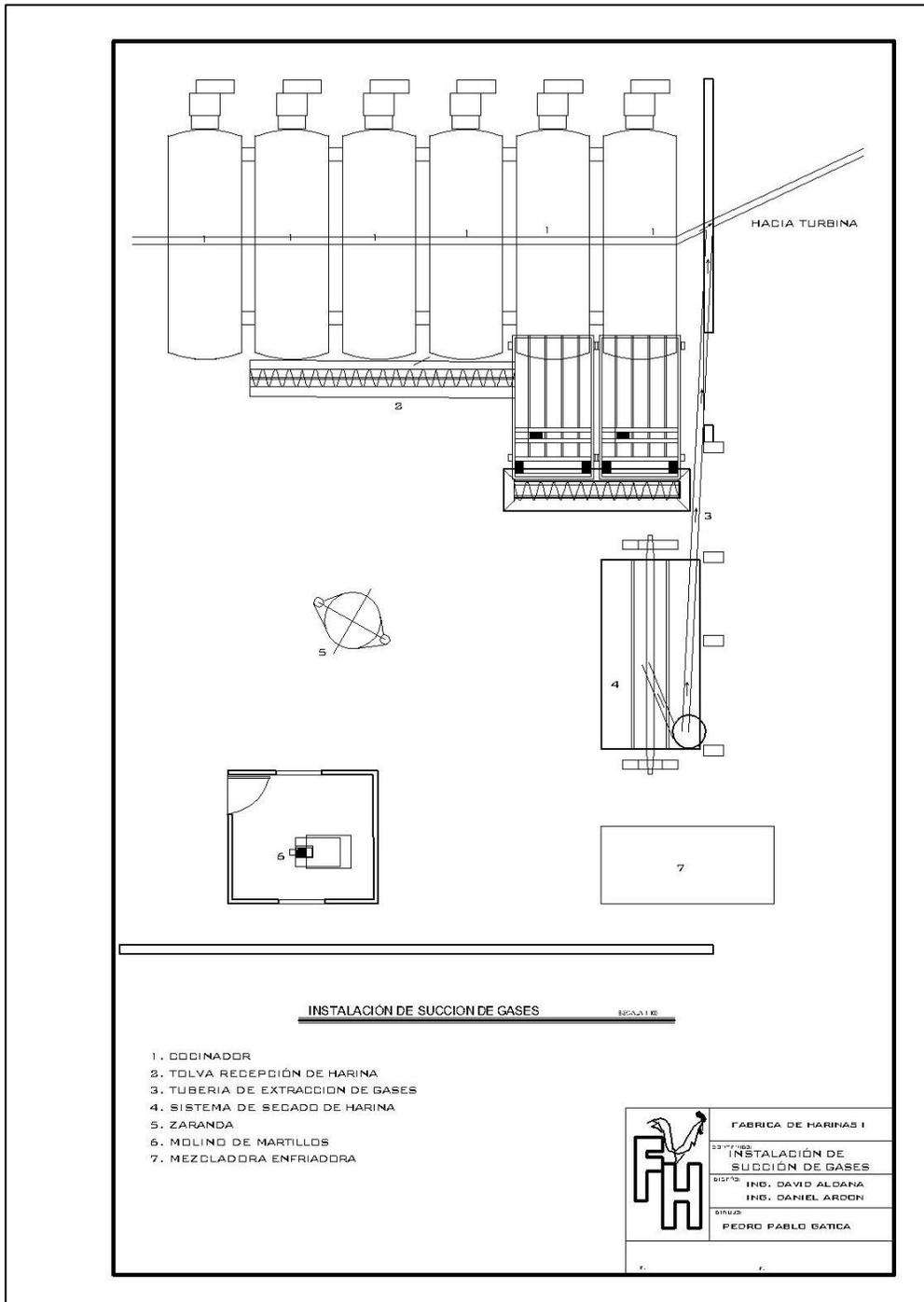
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 30. Plano de vapor y retorno de condensado



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 31. Plano instalación de succión de gases



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.5. Montaje e instalación de la propuesta

Montaje es la instalación de máquinas o equipos, no es más que fijar en un determinado lugar las máquinas o equipos que son necesarios para la producción o servicio que la empresa tiene como fin último.

Una vez establecido el lugar que tendrá el sistema de secado de harina, el sistema estará montado sobre una estructura metálica, el montaje del sistema de secado de harina que consistirá en el montaje de este sistema, se tendrá que tomar en cuenta la correcta posición de los equipos unos respecto de los otros.

- Proceso de preparación: concluida la fase de ensamble (página 37) y con la ubicación de planos lista, se comienza a preparar el equipo para el montaje del sistema de secado. Las bases que soportarán las chumaceras cuentan con dos agujeros de $\frac{3}{4}$ " de diámetro porque éste es el que traen para el anclaje, se le coloca a cada agujero un tornillo de $\frac{3}{4}$ " de diámetro por cinco de largo. La base del motor cuenta con un diámetro de agujero para tornillo de anclaje de $\frac{5}{8}$ ", por lo que se colocan tornillos de $\frac{5}{8}$ " de diámetro por $2\frac{1}{2}$ " de largo. La caja reductora cuenta con agujeros de $\frac{1}{4}$ ", por lo que se le colocan tornillos de $\frac{1}{4}$ " de diámetro por $2\frac{1}{2}$ ".

Las bases que soportan las chumaceras y el motor van ancladas al piso por medio de pernos de anclaje gilty. Se le colocarán pernos de anclaje gilty de $\frac{3}{4}$ " de diámetro por 5" de largo los cuales van fundidos, se utilizan estos pernos pues se rescataron de la planta de rendimiento ya que hay en existencia al menos la mitad de los que se necesitan para el anclaje.

La tolva de recepción de harina seca, también se sujetará con el mismo tipo de pernos.

- Montaje: luego de anclar las bases al piso y colocar la tolva en su lugar se procede a colocar la estructura para cargar el sistema de secado de harina, una parte de ésta va sujeta en la tolva. Luego de colocar la mayoría de la estructura se coloca el sistema de secado de harina en su lugar correspondiente. Después de esto se coloca el motor y la caja reductora en su lugar, se le coloca el *esproket* al eje y a la caja reductora, luego se le pone la cadena. Se le coloca al motor y a la caja reductora su polea correspondiente y su faja.

Para el montaje hay que dejar todos los equipos bien sujetos al piso, que exista un buen acceso a vapor, a conexión eléctrica, y que sean legibles los diferentes instrumentos de medición que contará el sistema de secado de harina (manómetro, termómetro).

2.5.1. Determinación adecuada para la instalación

- Materiales para tubería de vapor y condensado

Para toda la tubería de vapor y de condensado se usarán tubos de hierro y acero por ser los más comunes en el medio, la selección de éstos dependerán de las condiciones de trabajo tales como presión de trabajo y temperatura (figuras 18 y 32).

Los materiales de los tubos, como el de los accesorios, por ser el más común en Guatemala, será de tubo de hierro negro de cédula sin costura, para evitar aberturas por la presión de vapor se utiliza tubo de cédula 40 por no ser alta presión se escoge éste por seguridad, porque un tubo de proceso no es especial para conducción de vapor y temperaturas como un tubo de cédula. Los accesorios que se utilizarán, también, serán de hierro negro de cédula 40, se utilizan todos de cédula para que no existan fugas de vapor ni de condensado.

- Instalación de la tubería para vapor y condensado

Las tuberías (figuras 18 y 33), deben ser instaladas de manera que las líneas horizontales tengan una inclinación de 1 pulgada por 20 pies (2,54 cm por 6 m). Todas las líneas deben estar soportadas a intervalos no mayores de 8 pies (2,3 m), se debe instalar un sistema de trapeo al final de la línea y por cada 80 pies (25 m), también se debe instalar una trampa por cada equipo que use vapor y colocarla en la parte más baja para que el condensado llegue a ellas por gravedad, en las tomas de condensado debe instalarse una tee y hacerse de la parte de debajo de la tubería.

Todas las tuberías que conduzcan vapor deben contar con aislamiento para evitar pérdidas de energía.

La tubería que llevará condensado al sistema de secado de harina para utilizarlo en la cámara se calculó por medio del programa que recomienda la empresa que realiza análisis a las calderas y que se usa en la planta de rendimiento para, calcular las tuberías que transportan vapor y condensado.

Se introducen los datos que pide el programa, como la presión de condensado que es la presión de vapor y se convierte en condensado el cual es de 100 psig, carga de condensado que son las libras de vapor hora que consume éste es de 3 381 lb/h porque esto requiere un cocinador y es lo que se produce por hora; presión de recuperación es la presión de salida del sistema de secado que es máximo 20 psig, la pérdida de presión permisible es la que recomienda la empresa que analiza las calderas.

Figura 32. **Introducción de datos para cálculo de tubería de condensado**

Introducir Datos:		Unidad: Imperial
Grado de Tubería	ANSI Sch40	
Presión del Condensado*	100.0	psig
Carga de Condensado*	3381.0	lb/h
Presión de la Línea de Recuperación	20.0	psig
Máxima Pérdida de Presión Permisible*	14.7	psi
Longitud de la Tubería*	24.00	m
Válvulas de Flujo Cerradas (ej. Globo) (Cant)	0	
Válvulas de Flujo Instaladas (ej. Comp) (Cant)	1	
Válvulas Check (Cant)	1	
Codos (Cant)	4	
Rugosidad Interna de la Tubería	0.002	in

*Campos requeridos

Fuente: Fábrica de Harinas.

Figura 33. **Resultado para tubería de condensado**

Resultado:	
Tamaño de la Tubería	NPS1 1/2
Información Relacionada:	
Diámetro Interno de Tubería	1.610 in
Velocidad	47.88 mile/h
Caída de Presión	10.4 psi
Numero de Reynolds	65565
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	115.49 ft

Fuente: Fábrica de Harinas.

El resultado dice que se use una tubería de 1,61" de diámetro, por lo que se utilizará una tubería de 2" que es el diámetro más próximo que hay en el mercado.

- Instalación de accesorios de vapor y condensado

Los accesorios para el vapor y condensado se deben instalar según las recomendaciones de fabricantes de cada uno de los accesorios para contar con una mayor seguridad, eligiendo los accesorios según las necesidades de aplicación en el sistema.

- Instalación eléctrica

El suministro de energía, voltaje y fases deben coincidir con la placa de datos del motor a utilizar en el sistema de secado, el alambrado debe ser de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Los elementos de mando y los elementos de potencia (por ejemplo, contactores) es posible elegir el montaje de un puesto de mando central o dentro de un armario de mando para un buen manejo y control de los equipos, se recomienda que el puesto de mando esté lo más cerca posible de los equipos.

2.6. Descripción del mantenimiento del sistema de secado de harina

Como se mencionó anteriormente, el mantenimiento es una serie de trabajos que se le realizan a un equipo con fin de conservarlo para que brinde el servicio para el que fue diseñado.

Se tratará de llevar un mantenimiento preventivo en la planta de rendimiento, éste es un mantenimiento programado que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, en este mantenimiento se detectan las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno, gracias a las inspecciones que se realizan a la maquinaria.

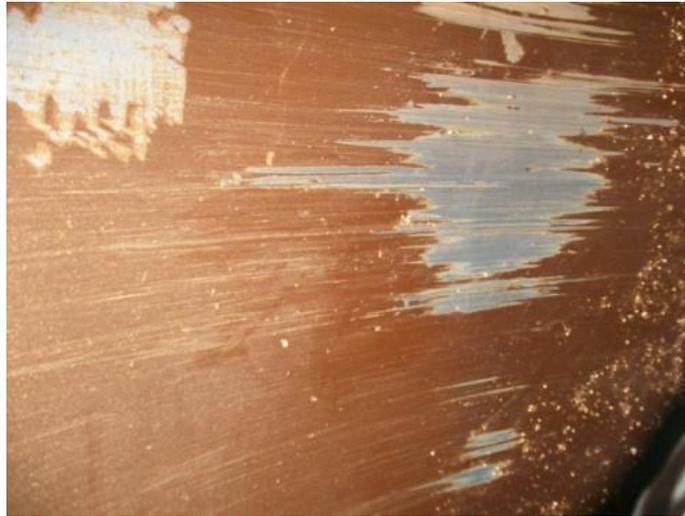
Por esta razón se tratará que el sistema de secado cuente con un mantenimiento preventivo debido a que contará con una limpieza semanal, inspecciones constantes, su respectiva lubricación y los ajustes necesarios. Con ayuda de los siguientes formatos se podrá llevar el control del mantenimiento, y a la vez es una programación, ya que semanalmente se tendrá que realizar el mantenimiento tal como se realiza en un cocinador, y el personal ya lo realiza como una rutina de trabajo y ahora llevarán un control con los formatos propuestos en las tablas XVI, XVII y XVIII.

El mantenimiento necesario para los equipos del sistema de secado de harina son los siguientes:

- Secador de harina: por su constante uso, por ser el la parte con contacto directo con la harina tipo plumas con sangre se deberá realizar una limpieza semanal para evitar la formación de una costra de harina.

La formación de ésta provocaría una deficiencia en la transferencia de calor, pues la costra sería como un aislante que obstruye el paso del calor hacia la harina, también se recomienda lavar una vez al mes con una mezcla de agua carbonatada para desprender de mejor forma la costra que se puede acumular durante el mes.

Figura 34. **Costra de harina formada en un cocinador**



Fuente: Fábrica de Harinas.

- **Motor:** el mantenimiento del motor se lleva acabo cada año, lo que se realiza en este mantenimiento anual es cambio de cojinetes, rebarnizado del embobinado y revisión de las puntas del embobinado y el pintado de la carcasa del motor.
- **Caja reductora:** el mantenimiento de esta caja es mínimo, porque conlleva el cambio de aceite cada seis meses y después de aproximadamente de tres años de trabajo se procede abrirla y realizarle una limpieza completa y chequeo de cada uno de los engranes.
- **Eje central:** éste al igual que el cuerpo del secador, se le realiza una limpieza semanal retirando el exceso de harina que pueda tener acumulado y una limpieza mensual con una mezcla de agua carbonatada, para poder realizar una mejor limpieza al eje.

- Paletas agitadoras: el mantenimiento de éstas consiste en una limpieza semanal para evitar y retirar el exceso de costra que éstas puedan tener por el constante contacto con la harina y su limpieza mensual con una mezcla de agua carbonatada para obtener una mejor limpieza.

Figura 35. **Lavado de las paletas, eje central y cuerpo del cocinador con agua carbonatada**



Fuente: Fábrica de Harinas.

- Ciclón: su mantenimiento consta de una limpieza semanal para retirar y así evitar el acumulamiento de harina dentro de éste.
- Chumaceras: el mantenimiento consiste en aplicarle grasa cada quince días y limpieza del alojamiento cada año. El cambio del rodamiento se deberá realizar por seguridad cada dos años pues el uso del sistema de secado es alto.

- *Esprokets*: el mantenimiento consiste en engrasar los dientes del *esproket* cada quince días, cuando los dientes se desgastan o la masa se raja hay que cambiar completamente el *esproket*.
- Cadena: el mantenimiento de la cadena consiste en engrasarla cada quince días, cuando la cadena se desgasta y ya queda floja o se revienta hay que cambiarla para una transmisión óptima.
- Calentador de aire: se le dará mantenimiento al motor del ventilador y cada año se realizará su cambio de cojinetes y revisión del embobinado, también se rebarnizará el embobinado para que esté en óptimas condiciones, el mantenimiento de la resistencia consistirá en limpieza de la misma, en caso de fallo no tiene reparación hay que cambiarla por una nueva.

2.6.1. Materiales y herramientas necesarias para el mantenimiento

Los materiales y herramientas necesarias para el mantenimiento del sistema de secado de harina se describen en la tabla IV.

2.6.2. Frecuencia de mantenimiento para un funcionamiento óptimo

La frecuencia de mantenimiento necesario para un óptimo funcionamiento del sistema de secado de harina y que sea preventivo y evitar paros inesperados por falta de mantenimiento se describe en la tabla V.

Tabla IV. **Materiales y herramientas para el mantenimiento**

Mantto Equipo	Limpieza semanal	Lavado mensual	Cambio de aceite semestral	Cambio de cojinetes y/o retenedores anual	Rebarnizado anual	Chequeo Puntas de embobinado anual	Limpieza anual
Secadora de harina	Espátula, escoba, bombilla, extensión	Mezcla de químicos, agua	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Motor	Brocha	No aplica	No aplica	Cojinetes según placa del motor, llave hexagonal, llaves combinadas, martillo, una punta, grasa	Barniz, brocha	Cinta de aislar	Pintura de color deseado para pintarlo, espátula, removedor de pintura, brocha
Caja reductora	Brocha	No aplica	Aceite según recomendación del fabricante, llave hexagonal	Retenedores según recomendación del fabricante	No aplica	No aplica	Cambio de aceite según recomendación del fabricante, llave hexagonal, limpieza de engranes
Eje central	Espátula, Escoba, Bombilla, Extensión	Mezcla de químicos, Agua	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Paletas agitadoras	Espátula, Escoba, Bombilla, Extensión	Mezcla de químicos, Agua	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Ciclón con turbina	Barilla, escoba, sacos	No aplica	No aplica	Cojinetes según placa del motor, llave hexagonal, llaves combinadas, martillo, una punta, grasa, desarmador	Barniz, brocha	cinta de aislar	Pintura de color deseado para pintarlo, espátula, removedor de pintura, brocha
Chumaceras	Brocha, grasa	No aplica	No aplica	Cambio de retenedores según el fabricante	No aplica	No aplica	Brocha, Grasa
Esproket	Grasa	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Grasa
Cadena	Grasa	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Grasa
Calentador de aire	Brocha	No aplica	No aplica	Cojinetes según placa del motor, llave hexagonal, llaves combinadas, martillo, una punta, grasa, desarmador	Barniz, brocha	Cinta de aislar	Pintura de color deseado para pintarlo, espátula, removedor de pintura, brocha

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Frecuencia de mantenimiento**

Equipo \ Mantto	Limpieza semanal	Lavado mensual	Cambio de aceite semestral	Cambio de cojinetes y/o retenedores anual	Rebarnizado anual	Chequeo Puntas de embobinado anual	Limpieza anual
Secadora de harina	x	x	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Motor	x	No aplica	No aplica	x	x	x	x
Caja reductora	x	No aplica	x	x	No aplica	No aplica	x
Eje central	x	x	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Paletas agitadoras	x	x	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Ciclón con turbina	x	No aplica	No aplica	x	x	x	x
Chumaceras	x	No aplica	No aplica	x	No aplica	No aplica	x
Esproket	x	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	x
Cadena	x	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	x
Calentador de aire	x	No aplica	No aplica	x	x	x	x

Fuente: elaboración propia.

2.7. **Deshidratación mediante el sistema de secado de harinas**

El término de secado se refiere a la eliminación de relativamente pequeñas cantidades de agua de un sólido o de algún material casi sólido, el secado implica la eliminación de agua a temperaturas menores de su punto de ebullición, en el secado se elimina la humedad por circulación de aire u otros gases sobre el material a secar, se mejora el secado al adicionar calor por medio de radiación para mejorar la eficiencia de secado

2.7.1. Tiempo estimado de secado de harina con el sistema de secado

Para determinar el tiempo promedio de secado de harina con el sistema de secado se tendrá que monitorear de forma constante las primeras veces que se utilice el sistema de secado con el fin de recopilar datos que ayuden a la determinación del tiempo de secado dentro del sistema, el control de los datos se podrá llevar en el formato de la tabla VI, además de ayudar a sacar el tiempo promedio de secado permitirá llevar el control de humedad inicial y final, temperatura, presión.

Tabla VI. **Recolección de datos del sistema de secado**

Datos iniciales						Datos finales		
Fecha de prueba	No de prueba	Hora de carga del sistema de secado	Humedad inicial %	Temperatura en secadora °C	Presión de vapor PSI	Hora de descarga del sistema de secado	Tiempo de secado (horas)	Humedad final %
14/02	1	10:00	39,9	65	10	14:00	04:00	9,54
14/02	2	18:00	44,78	66	10	00:00	06:00	10,33
15/02	3	10:00	42,5	65	10	15:00	05:00	11,2
15/02	4	18:00	45,5	65	10	01:00	07:00	11,7
16/02	5	10:00	38,11	65	10	14:00	04:00	10,5
16/02	6	18:00	44,14	70	10	00:00	06:00	10,08
17/02	7	10:00	45,31	80	10	18:00	08:00	11,95
17/02	8	19:00	38,9	66	10	23:00	04:00	10,81
18/02	9	10:00	37	70	10	13:00	03:00	10,76
18/02	10	18:00	31,35	69	10	20:40	02:40	8,83
19/02	11	10:00	37,18	69	10	14:00	04:00	9,58
19/02	12	18:00	35,42	67	10	21:30	03:30	10,81
20/02	13	10:00	39,42	65	10	13:00	03:00	11,74
20/02	14	18:00	40,2	75	10	22:00	04:00	10,87
				Tiempo promedio de secado del sistema			04:35	

Fuente: elaboración propia.

Para obtener el tiempo de secado, la hora de carga se le resta la hora de descarga lo que da como resultado el tiempo de secado del sistema, para obtener el tiempo promedio de secado se suma la columna de tiempo de secado y se divide dentro del número de pruebas realizadas y el resultado de esto será el tiempo promedio de secado del sistema. El tiempo promedio de secado del sistema es de 04:35 horas, el tiempo que necesitaba en el cocinador era aproximado de 07:57 horas por lo que se reducirá el tiempo de secado en 03:27 horas.

2.8. Estimación del costo del secador

La opción A de compra de un sistema de secado nuevo, la inversión inicial es de aproximadamente Q. 640 000,00 y la opción B tiene un costo de Q. 500 000,00, el costo de la construcción de un sistema de secado comprando algunos materiales (con precio de febrero de 2012), aprovechando los recursos existentes en la planta de rendimiento y de algunas empresas hermanas se detalla a continuación:

Tabla VII. Presupuesto para construir el sistema de secado

Cant.	Descripción	Precio unitario	Precio total	Total
	Materiales			
3	Cuerpo de aluminio rescatado	Q. 1 000,00	Q. 3 000,00	Q. 23 268,25
15	Electrodo p/aluminio de 1/8	Q. 148,05	Q. 2 220,75	
30	Tornillos completos para unión de cuerpos de aluminio de 1/2* 1.1/2"	Q. 12,50	Q. 375,00	
5	Pernos de anclaje gilty de 3/4*5	Q. 72,35	Q. 361,75	
1	Termómetro de 50ºf a 250ºf	Q. 854,45	Q. 854,45	
1	Manómetro 0 - 100psi	Q. 196,45	Q. 196,45	
1	Trampa de vapor termostática de 1/2"	Q. 1 940,50	Q. 1 940,50	
1	Filtro de vapor de 3/4" en y	Q. 196,80	Q. 196,80	
1	Universal de 1/2" c40	Q. 38,30	Q. 38,30	
1	Codo de 1/2" c40	Q. 6,00	Q. 6,00	

Continuación de la tabla VII.

2	Reducidor de 1" a 1/2"	Q. 8,30	Q. 16,60	
2	Reducidor de 1/2 a 3/4"	Q. 6,25	Q. 12,50	
2	Reducidor de 1/2 a 1"	Q. 8,30	Q. 16,60	
2	Niples de 1/2*2"	Q. 20,55	Q. 41,10	
8	Tubos c40 hn de 1" para línea de vapor	Q. 211,00	Q. 1 688,00	
5	Tubos c40 hn de 1" para retorno de condensado	Q. 211,00	Q. 1 055,00	
12	Codos hn 1" a 90º c40	Q. 32,00	Q. 384,00	
5	Tubos para entrada de condensado HN de 2" c40	Q. 485,00	Q. 2 425,00	
3	Válvulas de 1" HN c40	Q. 204,00	Q. 612,00	
4	Uniones universales de HN c40 de 1"	Q. 16,05	Q. 64,20	
1	Válvula reguladora 20psi a 150psi	Q. 1 944,65	Q. 1 944,65	
8	Codos HN 2" a 90º c40	Q. 45,00	Q. 360,00	
2	Válvulas de 2" HN c40	Q. 535,00	Q. 1 070,00	
3	Uniones universales de HN c40 de 2"	Q. 60,00	Q. 180,00	
30	Cañuela de 1"	Q. 53,50	Q. 1 605,00	
15	Cañuela de 2"	Q. 80,00	Q. 1 200,00	
1	Aislante de fibra de vidrio (colcha)	Q. 1 403,60	Q. 1 403,60	
1	Tolva de recepción de harina			Q. 21 782,50
5	Lámina HN de 1/4" 4*8' lisas	Q. 1 273,00	Q. 6 365,00	
1	Tubo de 3" HN c80 sin costura	Q. 1 208,00	Q. 1 208,00	
1	Láminas de 1/4"*4*8 lisas HN (para discos)	Q. 1 393,00	Q. 2 786,00	
3	Láminas de 1/4"*4*8 canal transp	Q. 90,50	Q. 271,50	
6	Tornillos de 3/4*5 completos	Q. 13,50	Q. 81,00	
1	Tubo p/patas tolva 4" galvanizado	YA EN EXISTENCIA	Q. -	
15	Tornillos de 1/2* 1 1/2	Q. 3,50	Q. 52,50	
1	Caja reductora	YA EN EXISTENCIA	Q. -	
1	Motor 5hp	Q. 4 800,00	Q. 4 800,00	
2	Chumaceras de pared d3" f215 300/d1	Q. 574,00	Q. 1 148,00	
2	2 ejes	Q. 2 050,00	Q. 4 100,00	
1	Guardamotor de 4-6 amperios	Q. 372,00	Q. 372,00	
1	Contactador 3rt1023 o 24	Q. 136,00	Q. 136,00	
25 m	Metros de cable tsj de 4*12	Q. 18,50	Q. 462,50	
1	Serpentín para vapor	Q. -	Q. -	Q. 457,75
2	Tubo de 1/2 HN c40	Q. 133,50	Q. 267,00	
7	Electrodo 6011	Q. 14,75	Q. 103,25	
7	Electrodo 6013	Q. 12,50	Q. 87,50	

Continuación de la tabla VII.

1	Motor de 20hp	Q. 28 000,00	Q. 28 000,00	Q. 30 282,14
2	Polea de 7"	Q. 1 116,07	Q. 2 232,14	
5	Tornillos completos de para anclaje con base de 5/8*2.1/2 hg	Q. 10,00	Q. 50,00	
1	Caja reductora de 32000lb-in	Q. 20 083,00	Q. 20 083,00	Q. 27 688,00
5	Tornillos completos para anclaje 1/4 hg	Q. 71,00	Q. 355,00	
1	<i>Esproket</i> de 48 dientes paso 140	Q. 2 678,57	Q. 2 678,57	
1	<i>Esproket</i> de 14 dientes paso 140	Q. 1 071,43	Q. 1 071,43	
1	Cadena paso 140 (10 pies)	Q. 3 500,00	Q. 3 500,00	
1	Eje central de reparado de un cocinador		Q. -	Q. -
15	Paletas de cocinador rescatadas		Q. -	Q. 11 653,50
15	Cuñas para paletas	Q. 352,70	Q. 5 290,50	
60	Tornillos para paletas completos 1*7" HN grado 8	Q. 106,05	Q. 6 363,00	
1	Ciclón separador gaseoso		Q. -	Q. 13,618,00
3	Lámina inox de 4*8*1/16	Q. 1 800,00	Q. 5 400,00	
8	Electrodo 6011	Q. 14,75	Q. 118,00	
8	Electrodo 6013	Q. 12,50	Q. 100,00	
1	Turbina para ciclón	Q. 2 500,00	Q. 2 500,00	
1	Exclusa para ciclón	Q. 5 500,00	Q. 5 500,00	
1	Ventilador tipo dragón		Q. -	Q. 2 365,75
1	Tubo de para cámara de calentamiento de aire de 8" rescatado		Q. -	
1	Resistencia eléctrica rescatada	Q. 600,00	Q. 600,00	
2	Tubos hg de 2" para conducción de aire caliente	Q. 620,20	Q. 1 240,40	
5	Codos de 2" a 90º hg	Q. 26,15	Q. 130,75	
1	Tee de 2" hg	Q. 45,80	Q. 45,80	
2	Tapones de 2" hg	Q. 32,40	Q. 64,80	
4	Tornillos de 1*5"	Q. 71,00	Q. 284,00	
2	Chumaceras de banco	Q. 7 986,40	Q. 15 972,80	Q. 15 972,80
2	Bases para chumaceras, motor y caja reductora		Q. -	Q. 8 099,25
1	Lámina de 4*8*1/2"	Q. 1 984,00	Q. 1 984,00	
1	Lámina de 4*8*1/4"	Q. 1 273,00	Q. 1 273,00	
2	Vigas tipo c de 2*4"	Q. 598,50	Q. 1 197,00	
2	Vigas tipo c de 2*6"	Q. 1 280,00	Q. 2 560,00	
15	Pernos de anclaje gilty de 3/4*5	Q. 72,35	Q. 1 085,25	

Continuación de la tabla VII.

1	Campana para extracción de gases rescatada		Q. -	Q. 3 350,00
2	Láminas de inox de 4*8*1/16"	Q. 1 675,00	Q. 3 350,00	
-	Accesorios varios	-	-	Q. 3 963,45
	Total materiales			Q. 162 501,39
	Mano de obra			
1	Armado de cuerpo de aluminio incluyendo fabricación de serpentín e instalación del mismo con su conexión de entrada de vapor y toma para retorno de condensado con su termómetro y trampa de vapor y filtro	Q. 8 500,00	Q. 8 500,00	Q. 8 500,00
1	Modificación de ciclón para secadora incluyendo sus tomas de succión de gases hacia el ciclón e instalación y modificación de campana para extracción de gases	Q. 6 500,00	Q. 6 500,00	Q. 6 500,00
1	Fabricación de banco para motor, chumaceras y caja reductora e instalación de eje central y armado de paletas, fabricación e instalación de registro para descarga de harina en el cuerpo de aluminio , fabricación de registro para carga de harina en campana de extracción de gases, fabricación e instalación de sistema para calentamiento de aire, instalación de motor y caja reductora y sistema de transmisión completo	Q. 4 500,00	Q. 4 500,00	Q. 4 500,00
	Total mano de obra	Q. -	Q. -	Q. 19 500,00
	Total	Q. -	Q. -	Q. 182 001,39

Fuente: elaboración propia.

Con el costo de construcción del sistema de secado detallado con anterioridad se determinó que la inversión inicial es de Q. 182 001,39, se compara la inversión inicial de cada una de las opciones

Tabla VIII. Presupuesto para construir el sistema de secado

Opción A	Opción B	Construcción del sistema
Q. 640 000,00	Q. 500 000,00	Q, 182 001,39

Fuente: elaboración propia.

Con la tabla de comparación de costos de las tres opciones se determina que las dos mejores opciones son la B y la construcción, el ahorro que se obtiene entre la construcción de un sistema de secado de harina y la opción B es de Q. 317 023,61, por lo que la mejor opción es la construcción del sistema de secado y aprovechar todos los recursos disponibles descritos en el presupuesto.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. AHORRO ENERGÉTICO EN LA OFICINA DE PRODUCCIÓN

3.1. Consecuencias ambientales del consumo energético

La producción y el uso de la energía suponen la principal causa, junto con el transporte, de las emisiones de gases de efecto invernadero, gases responsables del cambio climático.

Por ello, una de las formas de actuar para limitar e impedir sus gravísimas consecuencias ambientales, sociales y económicas, relacionadas con el aumento de temperatura, subida del nivel del mar y disminución de precipitaciones, entre otras, consiste en reducir el consumo energético.

En la actualidad, el incremento de la demanda y consumo de energía y las dificultades que existen para satisfacer esta demanda con las fuentes de energía disponibles, están prefigurando un escenario de crisis energética global.

Además, la insuficiencia de recursos propios de combustibles fósiles en el país conlleva una gran dependencia energética de otros países y una gran vulnerabilidad del sistema energético.

Según sea su origen térmica (carbón, *gas-oil*), hidroeléctrica la producción de energía eléctrica tiene otros importantes impactos ambientales; los productos químicos que se emiten, principalmente en las centrales térmicas de carbón y derivados del petróleo, son transportados por el viento y depositados por las lluvias a miles de kilómetros de distancia de su origen, provocando «la lluvia ácida», causante del deterioro y la destrucción de bosques, lagos y otros ecosistemas.

3.2. Análisis del consumo energético en la oficina de producción

La oficina de producción (figura 36), es el área designada para que los supervisores lleven a cabo los reportes de la producción, así como el control de calidad de las harinas ésta tiene una división en la que en una lado es para control de calidad donde se realizan algunas pruebas de harina y se verifica la humedad de la harina, la otra división es para controles de producción tales como reportes, asignación de turnos de trabajo y otros controles propios de producción. Esto conlleva a tener un consumo energético constante pues las 24 horas hay producción.

El consumo energético de la oficina de producción se puede considerar desordenado porque muchas veces se puede escuchar un radio y no hay ninguna persona dentro de la oficina, la computadora siempre encendida sin dejarla en suspensión el tiempo que no la están utilizando, las lámparas encendidas, el aire acondicionado funcionando sin personal dentro de la oficina, todo esto ocasiona que se desperdicie energía eléctrica puesto que están en funcionamiento innecesario durante cierto tiempo, esto provoca un consumo desordenado de energía en la oficina de producción, castigando el gasto en el consumo eléctrico y afectando el medio ambiente.

Figura 36. **Oficina de producción**



Fuente: Fábrica de Harinas.

3.3. Situación actual de la oficina de producción

En la oficina de producción los aparatos eléctricos, en su mayoría funcionan las 24 horas, teniendo un desorden en el consumo de energía eléctrica pues no se preocupan por los aparatos que están encendidos, la mitad de las luminarias y computadoras pasan encendidas todo el día, la máquina para medir humedad también está encendida las 24 horas, porque con ésta se miden constantemente las humedades de la harina.

En la actualidad, no se regula el uso de estos aparatos, por lo que se ha generado desorden en el consumo energético.

Los aparatos que usan energía eléctrica en la oficina de producción son los que se muestran en la tabla IX.

Tabla IX. **Aparatos eléctricos oficina de producción**

Computadora de escritorio con accesorios completos	Báscula
Tubos fluorescentes de iluminación	Aire acondicionado
Ups de protección de equipos eléctricos	Teléfono de planta
Máquina de medir humedad	Radio

Fuente: elaboración propia.

El uso constante de estos aparatos eléctricos causa indiferencia en el modo de usarlos pues no se interesan si se quedan apagados o encendidos lo que produce desorden en el uso de éstos, pareciendo que no se le está dando un mal consumo de la energía eléctrica.

3.3.1. Consumo mensual promedio de la oficina de producción

Se cuantificó la cantidad de aparatos eléctricos y luminarias (tabla X), que se encuentran en la oficina de producción y calidad para determinar la cantidad de kW que consumen éstos.

Según las placas de información que tienen cada uno de los aparatos eléctricos, se toma la información de intensidad eléctrica o de potencia eléctrica que posee cada uno (tabla XI). Para conocer el consumo mensual, hay que saber las horas de uso de los equipos.

Tabla X. **Cuantificación de aparatos eléctricos de oficina de producción**

Computadora de escritorio con accesorios completos	Báscula
Ocho tubos fluorescentes de iluminación	Aire acondicionado
Dos ups de protección de equipos eléctricos	Teléfono de planta
Máquina de medir humedad	Radio

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Intensidad y potencia eléctrica según placas**

Aparatos eléctricos	Amperios	Watt
Computadora de escritorio con accesorios completos	4,8	-
Ocho tubos fluorescentes de iluminación	-	40 c/u
Dos ups de protección de equipos eléctricos	12 c/u	-
Máquina de medir humedad	4	-

Continuación de tabla XI.

Báscula	-	3
Aire acondicionado	8,5	-
Teléfono de planta	0,2	-
Radio	-	4

Fuente: elaboración propia.

Como se conoce el valor del voltaje que utiliza cada uno de estos aparatos eléctricos que es de 120 V, es la comúnmente utilizada por los aparatos eléctricos, se obtendrá la potencia eléctrica multiplicando la intensidad eléctrica por el voltaje:

$$P = 120 \text{ V} * 4,8 \text{ A} = 576 \text{ W}$$

El consumo mensual total de la oficina de producción (tabla XII), es la suma de las potencias eléctricas de cada uno de los aparatos eléctricos que se encuentran dentro de la oficina multiplicado por treinta días $3\ 155,7 * 30 = 94\ 671$ W

3.3.2. Horas promedio de consumo energético en la oficina de producción

La determinación de horas promedio que utilizan los aparatos electrónicos se realizó con el apoyo de los supervisores de producción, porque ellos realizan turnos nocturnos y proporcionaron datos acerca de su uso durante la noche.

Tabla XII. **Potencia eléctrica de los aparatos eléctricos**

Aparatos eléctricos	Amperios	Voltaje	W
Computadora de escritorio con accesorios completos	4,8	120	576
Ocho tubos fluorescentes de iluminación	-	120	40 c/u= 320
Dos ups de protección de equipos eléctricos	-	120	600 c/u = 1 200
Máquina de medir humedad	-	120	0,7
Báscula	-	120	3
Aire acondicionado	8,5	120	1 020
Teléfono de planta	0,2	120	24
Radio	0,1	120	12
Total por día		120	3 155,7
Total mensual			94 671

Fuente: elaboración propia.

- Computadora de escritorio con accesorios completos

El uso de la computadora comienza a las 07:00 am hora en que da inicio la jornada laboral y en la cual se revisan correos electrónicos así como reportes de producción, la hora del almuerzo se queda encendida la computadora sin dejarla en suspensión y con el monitor encendido, después de la hora de almuerzo se continúa con el uso de ésta, hasta terminar la jornada y al concluir esta jornada inmediatamente comienza la jornada nocturna en la que continúa encendida la máquina casi todo el turno se podría decir que la computadora permanece encendida 20 horas del día.

- Ocho tubos fluorescentes de iluminación

Hay 4 tubos fluorescentes en ambas divisiones en una división se mantienen encendidas las tubos aproximadamente 18 horas y en la otra mitad sólo una jornada, se podría decir que trabajan 13 horas los 4 tubos que están en la otra división.

- Dos ups de protección de equipos eléctricos

Estos equipos, por ser de protección eléctrica para otros equipos, están encendidos las 24 horas del día.

- Máquina de medir humedad

Esta máquina por ser necesaria para conocer humedades de harinas, también trabaja las 24 horas del día, aunque la deberían de apagar cuando se ha terminado de realizar una toma de humedad.

- Báscula

Ésta se utiliza aproximadamente, treinta minutos al día, pues se realizan pesos y se desconecta para guardarla.

- Aire acondicionado

Se emplea por lo regular, cinco horas diarias, porque se utiliza en las horas de más calor del día para que la oficina esté fresca.

- Teléfono de planta

Teléfono que está conectado las 24 horas a la energía eléctrica, porque es un teléfono que necesita de carga para poder funcionar, ya que es teléfono de planta.

- Radio

La radio trabaja un promedio de 17 horas, pues se mantiene encendido durante todo el turno nocturno, y durante el día durante toda la mañana, y en la tarde, por lo regular en las últimas horas del turno.

El consumo total de watts de cada uno de los equipos se multiplica por las horas de uso para saber el consumo de watts por día en la oficina de producción (tabla XIII), y así poder tener el costo en energía eléctrica de esta oficina.

Para conocer el costo mensual del consumo energético de la oficina de producción se multiplican el total de kWh mensual por el costo de un kWh el cual es Q. 1,41kWh (febrero 2012), por lo tanto el costo mensual es de:

$$1\ 559,35 \text{ kWh} * \frac{\text{Q. } 1,41}{\text{kWh}} = \text{Q. } 2\ 198,68$$

Tabla XIII. **Consumo total de los aparatos eléctricos**

Consumo energético de aparatos eléctricos en la oficina de producción			
Aparatos eléctricos	W	Horas promedio de uso	Total en kWh
Computadora de escritorio con accesorios completos	576	20	11,52
Ocho tubos fluorescentes de iluminación	320	18	5,76
Dos ups de protección de equipos eléctricos	1 200	24	28,8
Máquina de medir humedad	0,7	24	0,0168
Báscula	3	0,5	0,0015
Aire acondicionado	1 020	5	5,1
Teléfono de planta	24	24	0,576
Radio	12	17	0,204
Total por día	3 155,7	-	51,9783
Total mensual	94 671	-	1 559,35

Fuente: elaboración propia.

3.4. Plan de ahorro energético propuesto

Un cambio de comportamiento de los empleados puede reducir mucho el consumo energético, con un coste mínimo o incluso nulo.

En ocasiones, lo más complicado puede ser lograr acuerdos entre las personas que utilizan espacios comunes, por ejemplo, a la hora de seleccionar los niveles de temperatura o de iluminación más adecuados.

3.4.1. Aparatos eléctricos

Los aparatos eléctricos, debe saberse que siempre es mejor encenderlos únicamente cuando sean necesarios, y apagarlos cuando no se vayan a utilizar. Dejarlos en suspensión por la noche o algunas horas durante el almuerzo provoca un desperdicio energético considerable.

- Recomendaciones para el uso del aire acondicionado
 - Repartir correctamente el frío evitando corrientes de aire de diferente temperatura.
 - Utilizar aire exterior para climatizar durante la noche.
 - Instalar toldos o persianas exteriores para evitar la insolación directa.
 - Instalar o cambiar de lugar el condensador (unidad exterior de los aparatos de aire acondicionado) a un sitio más fresco y mejor ventilado, donde no incida el sol. Si está en un tejado, es conveniente cubrirlo con un sistema de ensombreamiento.
 - Los colores claros en techos y paredes exteriores reflejan el sol y por tanto evitan el calentamiento de los espacios interiores.
 - El mantenimiento adecuado y la limpieza de los sistemas de aire acondicionado prolongan la vida útil del aparato y fomentan el ahorro de energía.

- Recomendaciones para el uso de la computadora, báscula, máquina para medir humedad, radio
 - Apagar la computadora, báscula, radio y máquina para medir humedad cuando no se trabaje en períodos superiores a una hora, y el radio dejarlo apagado el fin de semana.
 - Comprar ordenadores, cuyos componentes sean reciclables. Al sustituir un ordenador antiguo por otro nuevo, es recomendable aprovechar algunas de las piezas del antiguo, como el monitor o el teclado.
 - Usar cartuchos de tinta recargables y reciclar como residuo peligroso los cartuchos de tóner de fotocopiadoras e impresoras.
 - El papel es el mayor residuo, tanto en volumen como en peso, generado por las oficinas, reciclando papel se ahorra energía.

3.4.2. Luminarias

En los sectores de la industria y los servicios, la iluminación corresponde a más del 5% del consumo de energía. En las oficinas y en el comercio la relación es aún mayor. Es necesaria una verificación de la eficiencia de la iluminación en las instalaciones, ya que en casi todos los casos existe un potencial de optimización. Para lograrlo hay que vigilar los siguientes puntos:

- Evitar el uso innecesario de la iluminación.
- Utilizar luz natural siempre que sea posible, asegurando que no produzcan deslumbramientos en el trabajo.
- Uso de tecnología eficiente de baja demanda de electricidad para producir el mismo nivel de iluminación. Pueden sustituirse los tubos fluorescentes tradicionales por otros de alto rendimiento. Se obtiene un 10% más de flujo luminoso con menor consumo y mayor vida.
- Sustituir las bombillas incandescentes por lámparas de bajo consumo: para un mismo nivel de iluminación, ya que ahorran hasta un 80% de energía y duran ocho veces más.
- Utilizar detectores de presencia o temporizadores, para que las luces se enciendan y apaguen automáticamente.
- Una limpieza de lámparas y luminarias programada dos veces al año, implica una reducción del 20% de la energía consumida.
- Instalación con bajo costo de mantenimiento.
- Iluminación suficiente y uniforme que garantice total libertad a la hora de querer realizar cualquier trabajo dentro de la oficina de producción.

3.4.3. Rotulación de oficina

Si se siguen todas las recomendaciones que se describen con anterioridad y las instrucciones de los rótulos que se colocaron en la oficina de producción (tabla XIV), y las horas de utilización de los equipos se reducen, se tendría un ahorro energético en la oficina de producción, el ahorro se muestra en la tabla XV

El costo mensual del consumo energético aplicando las recomendaciones para que exista un ahorro de energía es el siguiente:

$$1\ 045,98\ \text{kWh} * \frac{Q. 1,41}{\text{kWh}} = Q1\ 474,83$$

Tabla XIV. **Rótulos propuestos**

Aparatos eléctricos	Rótulo propuesto
Computadora de escritorio con accesorios completos	Si va a salir de la oficina por más de 15 minutos deje en suspensión el equipo y apague el monitor. Si ya terminó su jornada de trabajo apague el equipo.
Ocho tubos fluorescentes de iluminación	Utilice la iluminación sólo si es necesario. Si utilizó la iluminación al salir de la oficina déjela apagada.
Dos ups de protección de equipos eléctricos	Al apagar la computadora apagar el ups y al encender la computadora encender de nuevo el ups.
Máquina de medir humedad	Al terminar de medir humedad apagar la máquina
Báscula	No aplica

Continuación de la tabla XIV

Aire acondicionado	Utilizarlo si es posible después de las 10:30 a una temperatura no menor de 22°C. NO UTILIZAR DURANTE LA NOCHE. Si va a salir de la oficina apáguelo. Cuando lo esté utilizando cerrar puertas y ventanas para evitar corrientes de aire a diferente temperatura
Teléfono de planta	No aplica
Radio	Al salir de la oficina, dejar apagado el radio

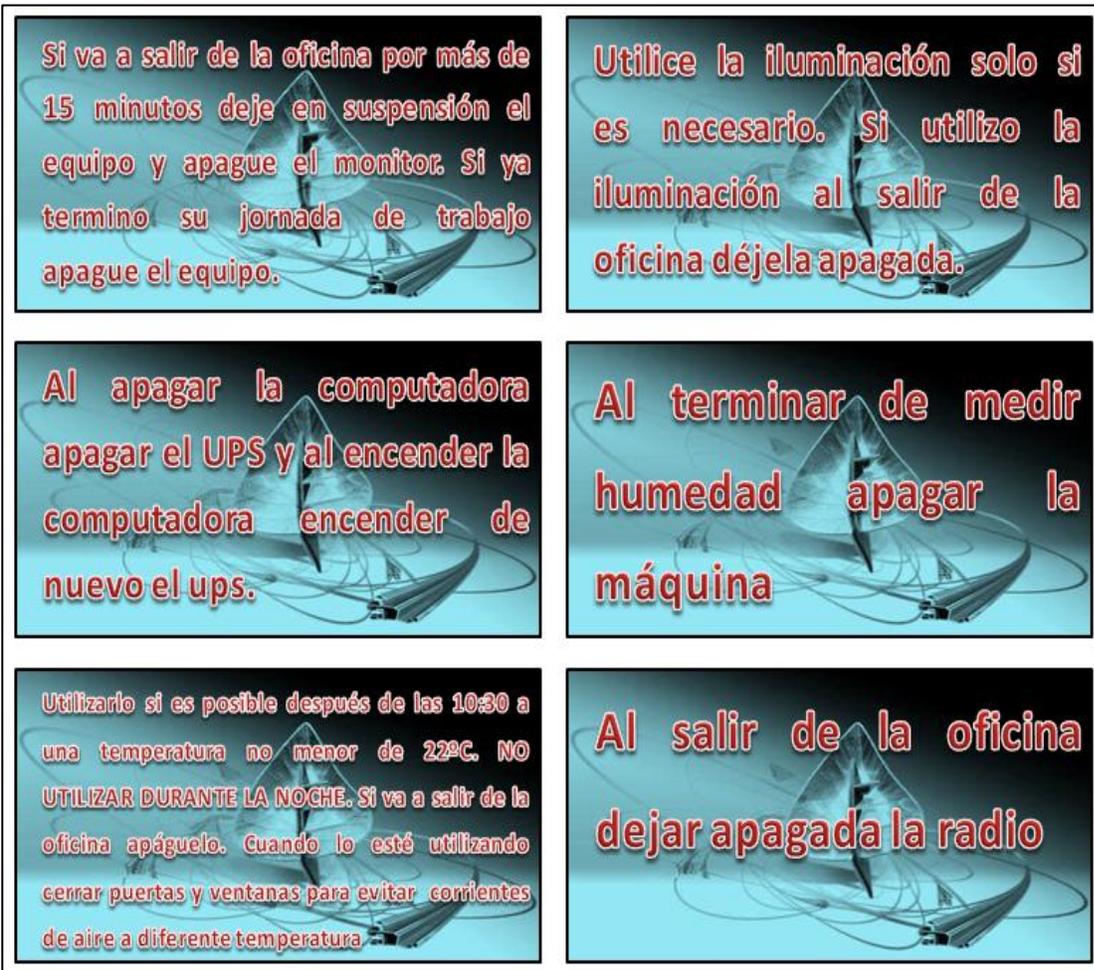
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Ahorro en el consumo energético**

Ahorro energético de aparatos eléctricos en la oficina de producción			
Aparatos eléctricos	W	Horas promedio de uso	Total en kWh
Computadora de escritorio con accesorios completos	576	15	8,64
Ocho tubos fluorescentes de iluminación	320	14	4,48
Dos ups de protección de equipos eléctricos	1 200	15	18
Máquina de medir humedad	0,7	18	0,0126
Bascula	3	0,5	0,0015
Aire acondicionado	1 020	3	3,06
Teléfono de planta	24	24	0,576
Radio	12	8	0,096
Total por día	3 155,7	-	34,8661
Total mensual	94 671	-	1 045,98

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Rótulos de la oficina de producción**



Fuente: elaboración propia.

El costo mensual de consumo energético en la oficina de producción sin aplicar las recomendaciones es de Q. 2 198,68 y cuando se aplican las recomendaciones de manera correcta se tiene un consumo mensual de Q. 1 474,83 por lo que se tiene un ahorro mensual de Q. 723,85, en un semestre se ahorrarían Q. 4 343,1, se tendría un beneficio económico en la empresa así como en el medio ambiente pues se reduciría el consumo energético en la oficina de producción.

4. FASE DE DOCENCIA. CAPACITACIÓN AL PERSONAL SOBRE SISTEMAS DE SECADO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Capacitación es un proceso de enseñanza-aprendizaje con el fin de mejorar el desempeño en las labores habituales de los colaboradores de la planta. En este caso la capacitación hacia los colaboradores de la planta de rendimiento será acerca del tema de secado y su mantenimiento.

Tratará acerca de lo que es un sistema de secado, del funcionamiento y operación del mismo y de los equipos de protección personal con el que deben de contar los colaboradores cuando practiquen el mantenimiento y/o la operación del sistema de secado de harina, así como de concientización del consumo energético. Se recopiló información sobre equipo de protección personal y sobre sistemas de secado, también se dan instrucciones básicas para la operación del sistema de secado de harina.

Dentro de la programación de capacitación se proponen unos temas de los cuales se tendrán que abordar los supervisores y/o el médico de la planta de rendimiento con el fin de complementar el conocimiento de los colaboradores acerca de la operación de la maquinaria del proceso de cocción, del mantenimiento que ésta necesita y el equipo de protección que se requiere para su operación y mantenimiento.

Tendrá una duración aproximada de 2 horas cada tema, en la que se divide por meses y temas propuestos, y dirigida al personal de mantenimiento y a los supervisores de producción, acerca del sistema cocción y de secado de harina su operación, mantenimiento y medidas de seguridad, las capacitaciones que se darán se describe en la tabla XV, los temas que están sin negrita son los que tienen que abordar los supervisores y/o el médico de la planta de rendimiento.

Tabla XVI. **Programación de capacitación**

Tema \ Personal	Mantenimiento	Producción
Proceso de cocinado de harina tipo plumas con sangre, operación y mantenimiento	junio	noviembre
Equipo de medición de presión y temperatura, y mediciones de humedad	julio	noviembre
Equipo de protección industrial para la operación y mantenimiento en el proceso de cocinado	septiembre	septiembre
Sistema de secado de harina tipo plumas con sangre	febrero	mayo
Operación del sistema de secado de harina tipo plumas con sangre	febrero	mayo
Mantenimiento del sistema de secado harina tipo plumas con sangre	marzo	agosto
Equipo de protección para la operación del sistema de secado de harina tipo plumas con sangre	marzo	agosto
Equipo de protección para el mantenimiento del sistema de secado de harina tipo plumas con sangre	abril	octubre
Concientización sobre las consecuencias ambientales del consumo energético	abril	octubre

Fuente: elaboración propia.

En la capacitación de los temas que están en negrita se presentó el contenido y se orientó en relación a los elementos técnicos con la experiencia de los participantes, se les hizo preguntas para poner en evidencia la experiencia de ellos y así se relacionó con los contenidos técnicos, llevando a los participantes a sacar las conclusiones de la capacitación, siendo ésta la evaluación de la misma; obteniendo buenos resultados puesto que cada uno pudo sentirse confiado. Con respecto a los aspectos técnicos, no se sintieron presionados al contestar y aprendiendo más aspectos que les dejó la capacitación.

4.1. Capacitación sobre el sistema de secado de harina

El término de secado se refiere a la eliminación de agua, el secado implica la eliminación del agua a temperaturas menores del punto de ebullición del agua. En el secado interviene una circulación de aire sobre el material a secar, con el objetivo de que transporte el vapor de agua.

4.1.1. Información sobre sistemas de secado

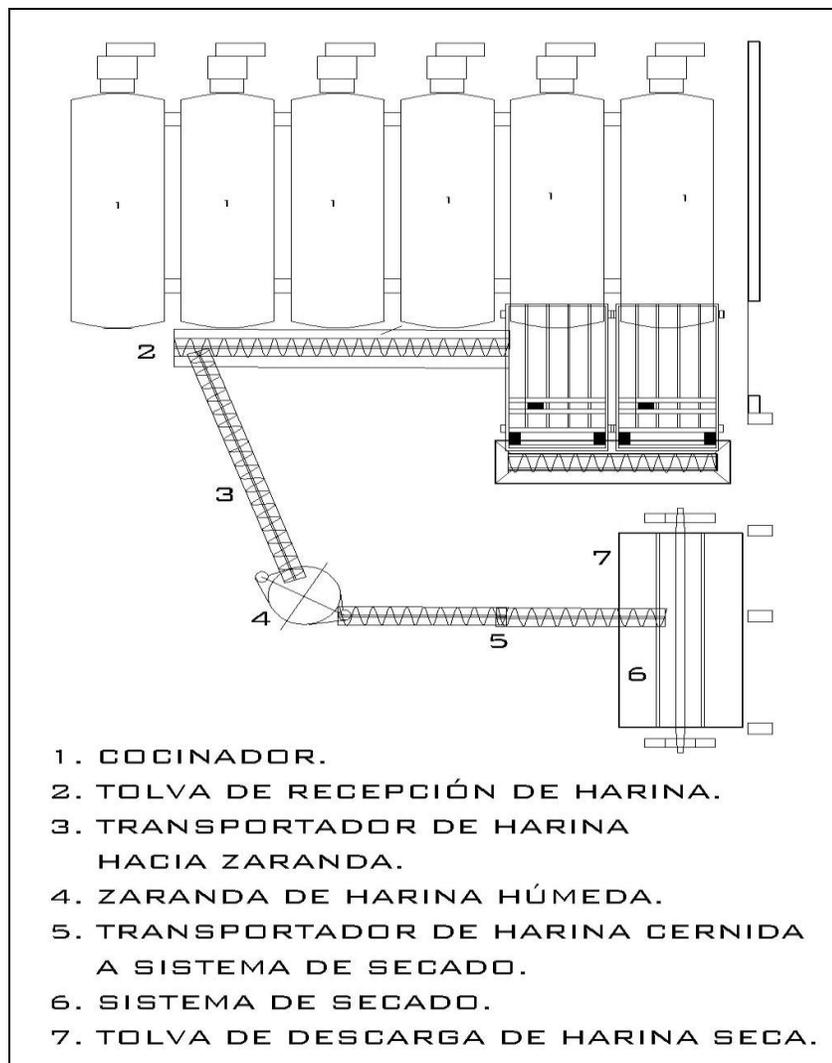
Los secadores de calor directo son más aplicables a materiales de formas granular, (en este caso harina tipo plumas con sangre) que no son sensibles al calor y tampoco son afectados por el contacto directo con gases.

Este equipo puede describirse como un largo cilindro con eje rotatorio, montado sobre dos chumaceras y que rota lentamente. Se alimenta con el material húmedo mediante un transportador el cual recibe el material desde la tolva de descarga de los cocinadores. Mientras el eje rota, las paletas elevan el material húmedo a través del cuerpo del secador y se exponen a aire caliente provenientes de un calentador de aire.

4.1.2. Diagrama de funcionamiento del sistema de secado

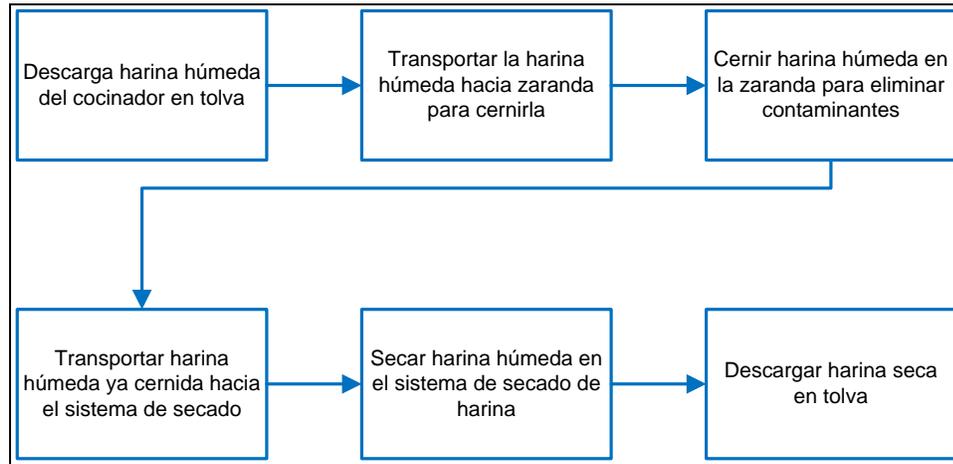
Brinda la representación de los pasos que se realizan para cargar el sistema de secado con harina húmeda, e inicie el funcionamiento de este hasta que se realiza la descarga de harina seca.

Figura 38. Diagrama de funcionamiento del sistema de secado



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 39. **Diagrama de bloques de funcionamiento del sistema de secado**



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. **Operación del sistema de secado**

Para el uso correcto del sistema de secado de harina, se describen los pasos que se deben seguir para la operación del sistema de secado, con el fin de cualquiera de los operadores pueda utilizarlos para aprender cómo se debe de operar el sistema de secado de harina.

El proceso de secado de harina inicia luego de terminar cuatro horas de cocimiento dentro de un cocinador y se descarga la harina tipo plumas con sangre en la tolva después de cocimiento, se procederá a cernir la harina para que no vaya ningún contaminante al sistema de secado, luego de cernir la harina se procede a cargar el sistema de secado de harina, al terminar el tiempo de secado se procederá a descargar la harina en la tolva de descarga, finalizando así el proceso de secado de harina e iniciando de nuevo el proceso de secado de harina.

Los operadores son responsables de:

- Descarga del cocinador después de cuatro horas de cocimiento
- Cernido de harina
- Carga del sistema de secado
 - Encendido del sistema de secado
- Descarga del sistema de secado
 - Apagado del sistema de secado

El procedimiento de arranque del sistema de secado de harina es:

- Descargar harina en tolva después de cocimiento: después de que hayan transcurrido cuatro horas de cocimiento se procede a descargar el contenido del cocinador en proceso dentro de la tolva de recepción de harina después de cocinado.
- Verificar que el sistema de secado no esté cargado: antes de pasar la carga que se encuentra en la tolva de harina después de cocinado, se verifica que esté vacío el sistema de secado y listo por completo para utilizarse.
- Verificar que esté cerrada la compuerta de descarga del sistema de secado completamente.

- Abrir válvula de alimentación de vapor y condensado: asegurarse que estén abiertas las válvulas de alimentación de vapor y la del condensado para que empiece a calentarse el sistema de secado.
- Cernir harina antes de carga del sistema de secado: para evitar dañar el cuerpo del sistema de secado de harina se pasa la carga de harina que está en la tolva después de cocinado a la zaranda para eliminar cualquier contaminante existente en la harina.
- Encender turbina del ciclón: se procede a encender la turbina desde el tablero de mandos, para succionar polvillo fino y gases que se forma dentro del sistema de secado.
- Encendido del sistema de secado: al mismo tiempo que empieza a cernirse la harina se procede a encender el sistema de secado de harina desde el tablero de mandos, para que la carga se distribuya de manera uniforme dentro del sistema de secado.
- Carga del sistema: ya arrancado el sistema de secado y cernida la harina se empieza a cargar el sistema, cuando esté lleno el sistema se para la zaranda se deja en funcionamiento del sistema de secado hasta que la harina llegue a la humedad deseada.

El procedimiento de apagado del sistema de secado de harina es:

Una vez cargada la última producción de harina en el sistema de secado, se inicia el procedimiento para apagar el sistema de secado de harina.

- Descarga del sistema de secado: cuando la harina alcanza la humedad deseada se procede a abrir la compuerta de descarga del sistema de secado la cual se descarga en la tolva de recepción de harina.
- Cierre de válvulas de vapor y condensado: mientras se descarga la harina del sistema de secado se procede a cerrar las válvulas de alimentación de vapor y condensado, pues no es necesario seguir calentando el sistema de secado.
- Apagado de turbina de ciclón: al finalizar la descarga de harina del sistema de secado se apaga la turbina del ciclón desde el tablero de mandos, porque no se generarán más gases dentro del sistema de secado y ya no habrá polvillo fino.
- Apagado del sistema de secado: cuando ya no haya harina dentro del sistema de secado, se apaga el sistema de secado desde el tablero de mandos pues se finalizó el proceso de secado.

4.2. Información sobre el mantenimiento del sistema de secado

Tomando como base las tablas IV y V, se explicó al supervisor los materiales y herramientas necesarias para la realización del mantenimiento así como la frecuencia en que se deben de realizar cada uno de ellos.

4.2.1. Hojas de control

El formato para el control de mantenimiento semanal (tabla XVII), mensual (tabla XVIII) y anual (tabla XIX), éste a la vez es un formato de mantenimiento preventivo porque indica la fecha del próximo mantenimiento y se puede hacer la observación si el siguiente mantenimiento es el semanal, mensual o anual.

Tabla XVII. **Control de mantenimiento semanal**

Control semanal							
No	Descripción del mantenimiento a aplicar	Responsable asignado	Estado B M R	Fecha de mantenimiento	Conformidad con el mantenimiento (si/no)	Fecha de próximo mantenimiento	Observaciones
1	Limpieza de secadora de harina						
2	Revisión de manómetro, termómetro						
3	Limpieza de motor						
4	Limpieza y verificación de nivel de aceite de caja reductora						
5	Verificación de poleas, fajas						
6	Limpieza eje central						
7	Limpieza paletas agitadoras						
9	Limpieza ciclón con turbina						
10	Inspección de tubería de succión						
11	Limpieza chumaceras						
12	Engrasado esproket						
13	Engrasado cadena						
14	Limpieza calentador de aire						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Control de mantenimiento mensual

Control mensual							
No	Descripción del mantenimiento a aplicar	Responsable asignado	Estado B M R	Fecha de mantenimiento	Conformidad con el mantenimiento (si/no)	Fecha de próximo mantenimiento	Observaciones
1	Limpieza con químicos la secadora de harina						
2	Cambio de aceite caja reductora						
3	Lavado con químicos del eje central						
4	Lavado con químicos de paletas agitadoras						
5	Lavado con químicos e inspección de tornillería						
6	Ciclón con turbina						
7	Limpieza de tubería de succión						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Control de mantenimiento anual

Control anual							
No	Descripción del mantenimiento a aplicar	Responsable asignado	Estado B M R	Fecha de mantenimiento	Conformidad con el mantenimiento (si/no)	Fecha de próximo mantenimiento	Observaciones
1	Revisión del cuerpo de secadora de harina						
2	Revisión de manómetro, termómetro						
3	Motor						
4	Pitado del motor						
5	Cambio de cojinetes						
6	Embobinado						
7	Rebarnizado						
8	Limpieza y verificación de aceite de caja reductora						
9	Revisión del estado de paletas agitadoras						
10	Pintado de cición						
11	Turbina cición con turbina						
12	Cambio de cojinetes						
13	Embobinado						
14	Rebarnizado						
15	Inspección de tubería de succión						
16	Revisión de rodamientos de chumaceras						
17	Revisión del estado cadena						
18	Calentador de aire						
19	Pintado del calentador de aire						
20	Limpieza de cámara de aire						
21	Limpieza de resistencia						
22	Cambio de cojinetes del ventilador						
23	Embobinado del ventilador						
24	Rebarnizado del ventilador						

Fuente: elaboración propia.

4.3. Medidas de seguridad

Son aquellas que se toman para minimizar el riesgo de que ocurra un accidente, como el uso de equipo de protección personal que son equipos, dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

4.3.1. Descripción del equipo de protección que debe utilizar el personal

Está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo de lesiones o enfermedades serias que puedan resultar del contacto con peligros químicos, radiológicos, físicos, eléctricos, mecánicos u otros. Además de caretas, gafas de seguridad, cascos y zapatos de seguridad, el equipo de protección personal incluye una variedad de dispositivos y ropa tales como gafas protectoras, overoles, guantes, chalecos, tapones para oídos y equipo respiratorio.

Figura 40. **Equipo de protección personal**



Fuente: http://www.paritarios.cl/images/esp_epp_ico.jpg. Consulta: 20 de abril de 2012.

- Protección a la cabeza

Los cascos pueden proteger a los empleados de impactos al cráneo, de heridas profundas y de choques eléctricos como los que causan los objetos que se caen o flotan en el aire, los objetos fijos o el contacto con conductores de electricidad.

Asimismo, se recomienda que los trabajadores cubran y protejan el cabello largo con el fin de evitar que se agarre en piezas de maquinaria como las correas y las cadenas.

Figura 41. **Casco de protección**



Fuente: <http://www.pibajio.com/document/2FEDA5E0-A2AA-A9D3-B5F2-3F8BBD0169B0.jpg>.

Consulta: 20 de abril de 2012.

- Protección de pies y piernas

Los equipos de protección de pies como los zapatos de seguridad (figura 42), pueden ayudar a evitar lesiones y proteger a los trabajadores de objetos que se caen o que ruedan, de objetos afilados, de superficies mojadas o resbalosas, de metales fundidos, de superficies calientes y de peligros eléctricos.

Figura 42. **Botas de protección de pies**



Fuente: http://www.calzadodeseguridad.co.cc/calzado-552DSC_0306.JPG. Consulta: 20 de abril de 2012.

- Protección de ojos y cara

Las gafas de seguridad, protectores laterales y las caretas pueden ayudar a proteger a los trabajadores de ser impactados por fragmentos, las astillas de gran tamaño, las chispas calientes, la radiación óptica, las salpicaduras de metales fundidos, así como los objetos, las partículas, la arena, la suciedad, los vapores, el polvo y los resplandores.

Figura 43. **Lentes de protección industrial**



Fuente: http://americansafety.com.mx/sites/default/files/imagecache/product_full/2jyr_1380g_lentes_zargento.jpg. Consulta: 20 de abril de 2012.

- Protección de pérdida auditiva

Utilizar tapones para oídos u orejeras puede ayudar a proteger los oídos. La exposición a altos niveles de ruido puede causar pérdidas o discapacidades auditivas irreversibles así como estrés físico o psicológico.

Los tapones para oídos de algodón encerado o de lana de fibra de vidrio son fáciles de ajustar correctamente. Tapones de oídos moldeados o preformados deben ser adecuados a los trabajadores que van a utilizarlos por un profesional. Limpiar los tapones con regularidad y reemplazar los que no se puedan limpiar.

Figura 44. **Protectores auditivos**



Fuente: <http://www.cubreocasysseguridad.mex.tl/imagesnew/5/0/2/5/8/PAudi.jpg>. Consulta: 20 de abril de 2012.

- Protección de manos

Los trabajadores expuestos a sustancias nocivas mediante absorción por la piel, a laceraciones o cortes profundos, abrasiones serias, quemaduras químicas, quemaduras térmicas y extremos de temperatura nocivos deben proteger sus manos.

Figura 45. **Protección de manos**



Fuente: http://insumosparaempresas.cl/images/categories/33208_large.jpg. Consulta: 20 de abril de 2012.

- Protección respiratoria

Los trabajadores deben utilizar equipo respiratorio para protegerse contra los efectos nocivos a la salud causados al respirar aire contaminado por polvos, brumas, vapores, gases, humos, salpicaduras o emanaciones perjudiciales. Generalmente, el equipo respiratorio tapa la nariz y la boca, o la cara o cabeza entera y ayuda a evitar lesiones o enfermedades. No obstante, un ajuste adecuado es esencial para que sea eficaz el equipo respiratorio.

Figura 46. **Protección respiratoria**



Fuente: <http://www.girsan.com.ve/imagenes/foto7.jpg>. Consulta: 20 de abril de 2012.

4.3.1.1. Protección necesaria para realizar el mantenimiento

Para realizar el mantenimiento al sistema de secado de harina es necesario contar con el siguiente equipo de protección personal:

- Para la cabeza
- De pies y piernas
- De ojos y cara
- De pérdida auditiva
- De manos
- Respiratoria

Con el uso del equipo de protección personal, cuando se realiza el mantenimiento del sistema de secado de harina no se garantiza que no exista ningún accidente, el uso del equipo de protección sólo ayuda a reducir los daños que pueda sufrir un colaborador al realizarlo.

4.3.1.2. Protección que necesita el personal que transita por el área

El personal que sólo transita por el área y no va a efectuar ningún trabajo de mantenimiento u operación del equipo o se encuentra de visita dentro de la planta de rendimiento debe contar con el siguiente equipo de protección personal:

- Para la cabeza
- De pies y piernas
- De ojos

Recomendaciones sobre el consumo energético a los supervisores de la oficina de producción:

Los aparatos eléctricos, se debe saber que siempre es mejor encenderlos únicamente cuando sean necesarios, y apagarlos cuando no se vayan a utilizar. Dejarlos en suspensión por la noche o algunas horas durante el almuerzo provoca un desperdicio energético considerable.

- Recomendaciones para el uso del aire acondicionado
 - Evitar tener la puerta abierta durante el uso del aire acondicionado.
 - Durante la noche utilizar el aire exterior para climatizar.
 - Los colores claros en techos y paredes exteriores reflejan el sol y por tanto evitan el calentamiento de los espacios interiores.

- El mantenimiento adecuado y la limpieza de los sistemas de aire acondicionado prolongan la vida útil del aparato y fomentan el ahorro de energía.
- Recomendaciones para el uso de la computadora, báscula, máquina para medir humedad, radio
 - Apagar la computadora, báscula, radio y máquina para medir humedad cuando no se trabaje en períodos superiores a una hora, y el radio dejarlo apagado el fin de semana.
 - Usar cartuchos de tinta recargables y reciclar como residuo peligroso los cartuchos de tóner de fotocopiadoras e impresoras.
 - El papel es el mayor residuo, tanto en volumen como en peso, generado por las oficinas. Reciclando papel se ahorra energía.
- Luminarias
 - Evitar el uso innecesario de la iluminación.
 - Utilizar luz natural siempre que sea posible, asegurando que no produzcan deslumbramientos en el trabajo.
 - Sustituir las bombillas incandescentes por lámparas de bajo consumo: para un mismo nivel de iluminación, ya que ahorran hasta un 80% de energía y duran ocho veces más.

- Utilizar detectores de presencia o temporizadores, para que las luces se enciendan y apaguen automáticamente.
- Una limpieza de lámparas y luminarias programada dos veces al año, implica una reducción del 20% de la energía consumida.
- Iluminación suficiente y uniforme que garantice total libertad a la hora de querer realizar cualquier trabajo dentro de la oficina de producción.

CONCLUSIONES

1. Con la construcción de la propuesta de un sistema de secado de harina se aprovechará cada uno de los recursos disponibles para la construcción del sistema, permitiendo la introducción de la propuesta dentro del proceso, dotando con una máquina específica para éste, contando con las instalaciones necesarias para el funcionamiento, determinadas por medio de un programa recomendado por la empresa de análisis de calderas y se utilizarán los accesorios recomendados por el fabricante, para que el sistema de secado de harina brinde un funcionamiento óptimo.
2. Los planos del sistema de secado de harina brindan una perspectiva del espacio que ocupará el sistema dentro de la fábrica y por donde pasarán cada una de las instalaciones necesarias, para el funcionamiento del sistema de secado.
3. Con el costo de construcción del sistema de secado de harina tipo pluma con sangre se obtuvo un ahorro significativo en la inversión inicial, para poder introducir el sistema de secado dentro del proceso.
4. Con las recomendaciones propuestas para bajar el consumo energético al personal de la oficina de producción, se logrará concientizar a supervisores de producción y ayudará a que los supervisores sean responsables en la utilización de cada uno de los aparatos eléctricos de la oficina de producción logrando disminuir el consumo energético de la misma.

5. Con la capacitación sobre el sistema de secado de harina los supervisores contarán con conocimiento sobre sistemas de secado y les proporcionará una mejor perspectiva sobre la función que realizan, asimismo, del mantenimiento que requiere el sistema de secado para un funcionamiento óptimo.

RECOMENDACIONES

1. El personal que asigne el jefe de planta para la fabricación del sistema de secado debe ser con experiencia y responsable al realizar el ensamble y montaje de cada una de las piezas e instalaciones que requiera el sistema.
2. Para el uso adecuado del sistema de secado el supervisor de producción debe informar a los operadores del sistema de secado, para que éste conozca sobre el sistema y evitar un manejo inadecuado del equipo y/o daño en su estructura.
3. El supervisor de mantenimiento debe cumplir con las rutinas de mantenimiento establecidas para que el sistema de secado de harina se mantenga en óptimas condiciones.
4. El operador del sistema de secado debe verificar de forma constante que el sistema de secado se mantenga alimentado de condensado y vapor, para realizar una buena transferencia de calor y así realizar un buen proceso de secado.
5. Es necesaria la concientización de los supervisores de producción sobre las consecuencias ambientales del consumo energético, para que apliquen de mejor manera las recomendaciones de ahorro energético.

BIBLIOGRAFÍA

1. FIGUEROA FUENTES, Mynor Roderico. *Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 75 p.
2. GEANKOPLIS, Christie J. *Secado de materiales de proceso* en: procesos de transporte y operaciones unitarias. 3a ed. México: Compañía Editorial Continental, S.A de C.V., 1998. p. 579-649. ISBN 9682613167.
3. GIRÓN ARÉVALO, Francisco Alejandro. *Montaje para el tratamiento térmico fitosanitario de embalajes de madera*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 94 p.
4. GIRÓN LEZANA, Sergio Guillermo. *Análisis y guía de montaje de centrífugas batch y continuas en Ingenio La Unión, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 182 p.
5. MARIANA. Ahorro de energía en la oficina (en línea). Actualizada: 29 agosto 2008. Disponible en: <http://www.ecologismo.com/2008/08/29/ahorro-de-energia-en-la-oficina/>. [Consulta: 29 de enero de 2012].

6. NAVARRO VELÁSQUEZ, Pablo César. *Implementación de un separador de sólidos de subproductos avícolas en una planta de rendimiento para avícola Villalobos*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 89 p.
7. Problema ambiental del consumo de energía (en línea). Disponible en: <http://www.istas.net/ecoinformas08/web/index.asp?idpagina=790>. [consulta: 12 de enero de 2012].
8. RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, Diego Fernando. *Planificación del montaje de una máquina enderezadora de tubería y análisis de riesgos industriales, en la planta TUBAC, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 130 p.
9. SEQUÉN GÓMEZ, Edy Giovanni. *Fabricación, montaje e instalación de una caldera pirotubular tipo vertical de vapor húmedo de 40 hp, en la empresa servicios industriales, mecánicos y eléctricos, SEIME*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 142 p.
10. Spotts, M.F. *Elementos de máquinas*. SHOUP, T.E. (prol); de la Cera, José (trad.). 7a ed. México: Prentice-Hall, 1999, 856 p. ISBN: 970-17-0252-2.
11. TREYBAL, Robert E. Secado en: *operaciones de transferencia de masa*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1988. p. 723-791. ISBN 9686046348.

12. TUQUER HERNÁNDEZ, Wiston. *Montaje de equipo de refrigeración mecánico por compresión de amoniaco con una capacidad de 33 toneladas de refrigeración utilizando para absorber calor de la solución que se usa en la elaboración de bebidas gaseosas de la empresa TROPIC, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 140 p.

ANEXO

Ejemplo de cálculo de tiempo de secado, presión y temperatura en el proceso de secado actual

HARINA DE PLUMA SANGRE VÍSCERAS		PÁRAMETROS DE PRODUCCIÓN					Promedios	
Hora	Cocinada	Presión de Vapor (psi)	Promedio presión de vapor (psi)	Hora de carga	Hora de descarga	Tiempo de cocinado (h)	total tiempo dentro del cocinador	Presión psi
06:00	1	100	96,42857	6:00	18:07:00	12:07	11:56:45 a.m.	97,536
08:00	1	95						
10:00	1	85						
12:00	1	100						
14:00	1	100						
16:00	1	95						
18:07	1	100						
05:50	2	100	98	5:55	18:00:00	12:05		
08:00	2	100						
10:00	2	95						
12:00	2	99						
14:00	2	97						
16:00	2	95						
18:00	2	100						
18:30	3	100	97,14286	18:15	6:00:00	11:45		
20:00	3	95						
22:00	3	99						
00:00	3	93						
02:00	3	100						
04:00	3	99						
05:40	3	94						
18:30	4	95	98,57143	18:30	6:20:00	11:50		
20:00	4	100						
22:00	4	100						
00:00	4	95						
02:00	4	100						
04:00	4	100						
05:40	4	100						

Fuente: Fábrica de Harinas.

