



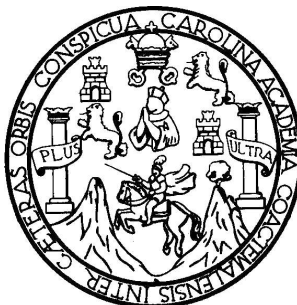
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO SIMI-AUTOMATIZADO DE
CAFÉ, PARA GENERAR UN PROCESO PRODUCTIVO Y EFICIENTE, EN LA
COOPERATIVA ACATENANGO, ACATENANGO, CHIMALTENANGO**

Mario Ricardo Alarcón Meléndez
Asesorado por el Ing. José Manuel Prado Abularach

Guatemala, octubre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO SIMI-AUTOMATIZADO DE
CAFÉ, PARA GENERAR UN PROCESO PRODUCTIVO Y EFICIENTE, EN LA
COOPERATIVA ACATENANGO, ACATENANGO, CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
POR

MARIO RICARDO ALARCÓN MELÉNDEZ
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL PRADO ABULARACH
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

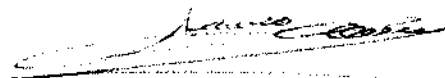
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Leonel Estudardo Godínez Alquijay
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alex Olivares Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Molina Zaldaña
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo 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 SIMI-AUTOMATIZADO DE CAFÉ, PARA GENERAR UN PROCESO PRODUCTIVO Y EFICIENTE, EN LA COOPERATIVA ACATENANGO, ACATENANGO, CHIMALTENANGO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha marzo de 2009.



Mario Ricardo Alarcón Meléndez.

Guatemala 21 de Septiembre de 2009

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

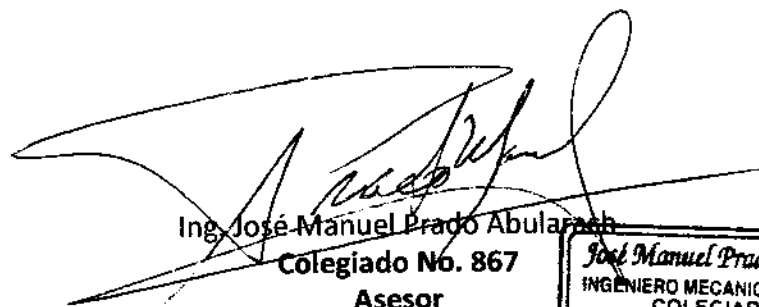
Ingeniero Gómez:

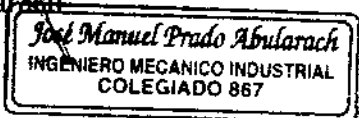
Atentamente me dirijo a usted para someter a su consideración el trabajo de graduación PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO SEMI-AUTOMATIZADO DE CAFÉ, PARA GENERAR UN PROCESO PRODUCTIVO Y EFICIENTE EN LA COOPERATIVA ACATENANGO; ACATENANGO, CHIMALTENANGO. elaborado por el estudiante Mario Ricardo Alarcón Meléndez con número de carné 2004 - 12564.

He asesorado y revisado el trabajo y considero que llena satisfactoriamente los requisitos, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente, me suscribo.

Atentamente ,


Ing. José Manuel Prado Abularach
Colegiado No. 867
Asesor

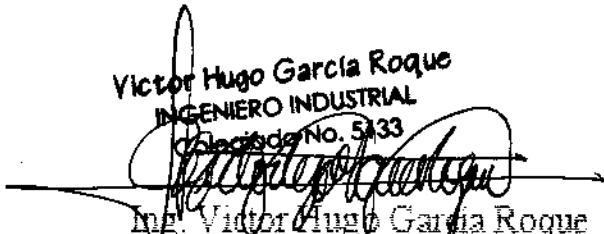




Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO SIMI-AUTOMATIZADO DE CAFÉ, PARA GENERAR UN PROCESO PRODUCTIVO Y EFICIENTE EN LA COOPERATIVA ACATENANGO; ACATENANGO, CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario Mario Ricardo Alarcón Meléndez, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Victor Hugo Garcia Roque
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 5133


Ing. Victor Hugo Garcia Roque
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, Febrero de 2010.

/agrm



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 SIMI-AUTOMATIZADO DE CAFÉ, PARA GENERAR UN PROCESO PRODUCTIVO Y EFICIENTE, EN LA COOPERATIVA ACATENANGO, ACATENANGO, CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Mario Ricardo Alarcón Meléndez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



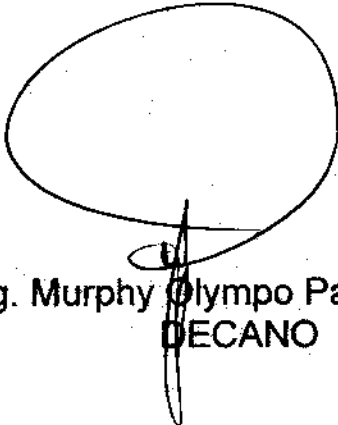
Guatemala, octubre de 2010.

/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 SIMI-AUTOMATIZADO DE CAFÉ, PARA GENERAR UN PROCESO PRODUCTIVO Y EFICIENTE, EN LA COOPERATIVA ACATENANGO, ACATENANGO, CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Mario Ricardo Alarcón Meléndez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, Octubre de 2010



ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por concederme la vida y la oportunidad de concluir una etapa más de mi carrera profesional.
- MIS PADRES** Mario René Alarcón Aguilar y Erika Meléndez de Alarcón.
Por todo el apoyo, consejos, paciencia, dedicación y amor que me han brindado y que me han permitido lograr lo que me he propuesto y estar donde estoy.
- MIS HERMANAS** Por el apoyo incondicional y amor que me han brindado, son las mejores.
- MI NOVIA** Por todo ese cariño y apoyo que tanto necesitaba en la etapa final de mi carrera.
- MIS COMPAÑEROS** Por los buenos momentos, la compañía y el apoyo brindado.
- MI ASESOR** Por el apoyo, tiempo y buenos consejos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. El café	1
1.1.1. Historia del café en Guatemala	1
1.1.2. Mercado del café en Guatemala	4
1.1.3. Regiones cafetaleras	7
1.1.3.1. Antigua Coffee	8
1.1.3.2. Traditional Atitlán	8
1.1.3.3. Rainforest Cobán	9
1.1.3.4. Fraijanes Plateau	10
1.1.3.5. Highland Huehe	10
1.1.3.6. New Oriente	11

1.1.3.7. Volcanic San Marcos	12
1.1.3.8. Acatenango Valley	12
1.2. Cooperativa Acatenango	13
1.2.1. Origen de la Cooperativa	13
1.2.2. Misión	15
1.2.3. Visión	15
1.2.4. Valores	15
1.2.5. Mercado	16
1.2.6. Necesidades	17
2. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE BENEFIADO HÚMEDO	
2.1. Recepción de café maduro	19
2.2. Extracción de pulpa	22
2.2.1. Tipo de extracción de pulpa	22
2.2.2. Clasificación del grano despulpado	24
2.3. Eliminación del mucílago	25
2.3.1. Fermentación	26
2.3.2. Lavado	27
2.4. Secado del grano	31
2.4.1. Hornos	33

2.4.1.1.	Desventajas de utilización de hornos	33
2.4.1.2.	Como afecta la calidad del grano	34
2.4.1.3.	Mano de obra	35
2.4.1.4.	Riesgos laborales de la utilización de hornos	36
2.4.2.	Patios	37
2.4.2.1.	Dimensionamiento de patios	38
2.4.2.2.	Tiempos de secado	39
2.4.2.3.	Mano de obra	39
2.4.2.4.	Desventajas de la utilización de patios	39
2.5.	Almacenamiento	40
2.6.	Diagramas de procesos actuales	42
2.6.1.	Diagrama de Operaciones	42
2.6.2.	Digrama de Flujo	47
2.6.3.	Diagrama de Recorrido	53
2.7.	Responsabilidad de la cooperativa con la sociedad	54
2.7.1.	Tratamiento de aguas de lavado del grano maduro	54
2.7.2.	Fabricación de fertilizante a base de pulpa de café	55
2.7.3.	Puesto de salud para las comunidades impactadas	56
2.7.4.	Secretaria para asociados analfabetas	57

3. SISTEMA DE SECADO SEMI-AUTOMATIZADO DE CAFÉ

3.1.Aspectos técnicos	59
3.1.1. Calderas	63
3.1.1.1. Calderas piro- tubulares	63
3.1.1.1.1. Funcionamiento dentro del sistema	65
3.1.1.1.2. Tratamiento de agua	66
3.1.1.1.3. Combustible utilizado	70
3.1.1.1.3.1. Costo del combustible	71
3.1.2. Ventiladores	71
3.1.2.1. Tipos de ventiladores	72
3.1.2.2. Capacidad	72
3.1.2.3. Consumo energético	73
3.1.3. Intercambiadores de calor	73
3.1.4. Guardiolas	75
3.1.4.1. Funcionamiento	75
3.1.4.2. Capacidad	75
3.1.4.3. Consumo energético	76
3.1.5. Transporte	77
3.1.5.1. Bandas transportadoras aéreas	77
3.1.5.2. Elevadores	78

3.1.5.3. Distribuidores	81
3.1.5.4. Consumo energético	81
3.1.6. Seguridad industrial	82
3.1.6.1. Caminamientos	84
3.1.6.2. Escaleras de acceso	85
3.1.6.3. Equipo de protección personal	87
3.1.7. Diagramas de Procesos	89
3.1.7.1. Diagrama de Operaciones	89
3.1.7.2. Diagrama de Flujo	90
3.1.7.3. Diagrama de Recorrido	91
3.2. Aspectos Administrativos	92
3.2.1. Mano de obra	92
3.2.2. Capacitación de los operadores	94
3.3. Aspectos económicos	94
3.3.1. Inversión inicial	95
3.3.1.1. Sistema térmico	95
3.3.1.2. Sistema de secado	96
3.3.1.3. Sistema de transporte	97
3.3.1.4. Obra civil	98
3.3.1.5. Instalación de maquinaria y fabricación de	

accesorios	99
3.3.2. Costos de operación	101
3.3.3. Valor Presente Neto	106
3.3.4. Beneficio/Costo	105
3.3.5. Comparación económica con el equipo actual	106
3.3.5.1. Sistema propuesto	107
3.3.5.2. Sistema actual	107
3.3.6. Beneficios económicos	109
3.4. Aspectos de Financiamiento	111
3.4.1. Forma de pago	111
3.4.1.1. Financiamiento bancario	111
3.4.1.2. Autofinanciado	112
3.4.2. Tiempo de recuperación de la inversión	113
3.5. Responsabilidad de la Cooperativa con la sociedad	114
3.5.1. Posibilidad de contratación para los trabajadores que serán sustituidos por el nuevo sistema	114
4. INSTALACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO	115
4.1. Construcción de fosas	115
4.2. Cimentación	116
4.3. Tiempos de entrega del equipo	118

4.4. Montaje de la estructura	119
4.4.1. Caldera	119
4.4.2. Ventiladores	120
4.4.3. Intercambiadores de calor	121
4.4.4. Guardiolas	122
4.4.5. Bombas	123
4.4.6. Bandas transportadoras	124
4.4.7. Elevadores	125
4.4.8. Suministro de energía	127
5. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE SECADO MECÁNICO	129
	130
5.1. Mantenimiento diario	130
5.1.1. Lubricación	130
5.1.1.1. Engranés	131
5.1.1.2. Chumaceras	133
5.2. Mantenimiento periódico	134
5.2.1. Motores	134
5.2.1.1. Mantenimiento post-cosecha	134
5.2.1.2. Mantenimiento cosecha	135

5.2.2. Fajas	136
5.2.3. Cadenas	137
5.2.4. Cojinetes	137
5.2.5. Caldera	137
5.2.5.1. Mantenimiento periódico post-cosecha	138
5.2.5.2. Mantenimiento periódico cosecha	139
5.2.6. Ventiladores	139
5.3. Repuestos	140
5.4. Tratamiento de agua de alimentación de caldera	140
5.4.1. Análisis periódicos	142
5.4.2. Acciones correctivas	
CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES	145
BIBLIOGRAFÍA	147
ANEXOS	149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Participación por país	6
2. Perfil de Taza Antigua	8
3. Perfil de Taza Atitlán	9
4. Perfil de Taza Cobán	9
5. Perfil de Taza Fraijanes	10
6. Perfil de Taza Huehuetenango	11
7. Perfil de Taza Nuevo Oriente	11
8. Perfil de Taza San Marcos	12
9. Perfil de Taza Acatenango	13
10. Recibo de café maduro.	20
11. Sifón clasificador de flujo continuo	21
12. Pulpero tipo pecho de hierro	22
13. Tornillo sin fin de extracción de pulpa	23
14. Decantador de agua de despulpado	24
15. Criba clasificadora	25
16. (a) Pilas de fermentación (b) Punto de fermento	27
17. (a) Fermentador lavado (b) Correteo auxiliar (c) Desmucilaginizadora de flujo ascendente (d) Correteo principal	28
18. Bomba de lavado	30

19. (a) Trampas para clasificación por densidad (b) Silo de acopio de café lavado (c) Filtro del decantador de lavado	31
20. Horno tipo domo	33
21. Hornos dañados por altas temperaturas	35
22. Patios de secado	37
23. Llenado de sacos de café pergamino antes de embarque	41
24. Planta de tratamiento de aguas residuales	54
25. Lombricompost	56
26. Diagrama del sistema de secado propuesto	61
27. Caldera pirotubular marca ENGEMAN	65
28. Ventilador centrífugo	73
29. Radiadores conectados al sistema térmico	74
30. Secadora tipo guardiola	76
31. Banda transportadora de carga	78
32. Elevadores de carga y descarga	79
33. Elevador con cangilones de plástico	80
34. Distribuidores de bandas transportadoras	81
35. Caminamiento de acceso a segundo nivel	85
36. Escaleras de acceso	86
37. Mascarilla reforzada	87
38. Lentes de protección	88

39. Proyección de Salarios	92
40. Corte transversal de fosa de descarga	116
41. Cimiento para soporte de estructura	117
42. Cimiento para instalación de caldera	120
43. Estructura metálica para soporte de ventilador e intercambiador de calor	121
44. Estructura metálica para instalación de chumaceras de secadoras	123
45. Bombas de recirculación	124
46. Instalación de panel de control banda distribuidora	125
47. Anclaje y acople de elevadores de carga y descarga	126
48. Panel central con arrancadores y flip on central	127
49. Sistema de transmisión por medio de engranes de guardiola	131
50. Sistema de lubricación diaria de chumaceras	132
51. Sistema de lubricación diaria de secadoras	133
52. Faja desgastada	136
53. Cepillo para limpieza de tubos de caldera	138

TABLAS

I. Dimensionamiento de patios	38
II. Capacidad del equipo instalado	62
III. Maquinaria de transporte	82
IV. Proyección de salarios	93
V. Proyección del precio de la energía eléctrica	95
VI. Resumen de costos	101
VII. Costos variables de operación	101
VIII. Costos fijos de operación	103
IX. Resumen de costos	106
X. Proyección de costos del sistema propuesto	107
XI. Proyección de costos sistema actual	108
XII. Ahorros que genera el sistema propuesto	109
XIII. Total de ingresos con el sistema propuesto	110
XIV. Total de egresos con el sistema propuesto	111
XV. Beneficio costo	111

LISTA DE ABREVIATURAS

FEDECOCAGUA	Federación de Cooperativas Cafetaleras de Guatemala
ANACAFE	Asociación Nacional del Café
FLO	Fair Trade Labelling Organization
AGA	Asociación General de Agricultores
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
RPM	Revoluciones por minuto
CIF	Cost Insurance and Freight
FOB	Free on Board
EXW	Ex Works
CAUE	Costo Anual Unitario Equivalente

GLOSARIO

Beneficiado húmedo

El beneficiado húmedo es un proceso para transformar los frutos del cafeto de su estado uva a café pergamino.

Éste se desarrolla en dos fases; la primera es la húmeda o despulpe, y la segunda es el secado que termina con la obtención de café pergamino seco para su almacenamiento.

Café pergamino

Café Pergamino se le llama al producto final del beneficiado húmedo. Se le llama así debido a que en este proceso el café aún conserva una capa protectora parecida al papel llamada “pergamino”.

Café oro

Café oro se le llama al producto final del beneficiado seco. Se llama así cuando se le retira la última capa protectora al grano (pergamino).

Pulpa

La pulpa es la capa externa que recubre al café, ésta representa aproximadamente un 40% del peso del fruto.

Lombricompost

Es un abono obtenido del excremento de las lombrices alimentadas con desechos orgánicos (restos vegetales, residuos de cosecha, estiércol vacuno, cama de aves, etc.) sobre los que actúa y trabaja la lombriz roja californiana.

Mucílago

El mucílago es una sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol. También es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina, utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad.

Guardiola

Secadora de café rotativa desarrollada por José Guardiola, en la Finca Chocolá, Guatemala y patentada en 1882.

Consta esencialmente de un tambor cilíndrico montado sobre un eje hueco por donde circula el aire caliente.

Desmucilagadora

Alternativa mecánica para la remoción del mucilago del café.

CIF

Es un término icoterms que se utiliza en las operaciones de comercio internacional, sobre todo cuando se utilizan medios de transporte marítimos. Cuando un artículo se tasa CIF significa que el precio de venta incluye el coste de la mercancía, el del transporte, así como el seguro marítimo.

FOB

El vendedor debe cargar la mercancía en el barco determinado por el comprador; costes y riesgos se dividen en el rail del barco. El vendedor debe ocuparse de los trámites de exportación. Sólo es aplicable para transporte marítimo.

EXW

El vendedor hace la mercancía disponible en sus instalaciones y las entrega en sus instalaciones. El coste del flete corre por responsabilidad del comprador desde las instalaciones del vendedor hasta el destino final.

Diferencial

Precio pagado sobre el precio de la bolsa de Nueva York, como premio a la calidad del café que se comercia internacionalmente.

RESUMEN

El Café guatemalteco es reconocido internacionalmente por ser uno de los mejores cafés del mundo. Esto lo hemos logrado gracias a nuestros suelos volcánicos, microclimas y alturas a las que se cultiva el grano. Gracias a esta calidad hemos logrado diferenciar nuestro producto y hemos obtenido un diferencial sobre el precio que se fija por café en la bolsa de Nueva York. Este precio va ligado a exigencias mayores, y no cualquier defecto del mismo es motivo de castigo al precio.

Acatenango es una de las regiones productoras de café más importantes de Guatemala, esto debido al café de gran calidad que produce. En dicho municipio se encuentra ubicada la Cooperativa Integral Agrícola Acatenango, la cual es la responsable de procesar gran parte del café de esta región. Esta cooperativa presentaba problemas con la calidad de su producto, por lo que se hizo necesario hacer un análisis de los procesos que se utilizaban y con base en esto proponer la implementación de una solución que ayudará a los mismos a mantener la calidad de su producto .

El resultado del análisis mostró que existían problemas a lo largo del proceso, pero que no eran significativos. El único proceso que afectaba severamente la calidad del grano era el secado. La capacidad de secado de la cooperativa era completamente insuficiente, y además la maquinaria con la que este proceso era realizado mecánicamente era obsoleto.

En vista de eso, se procedió a realizar la propuesta de un sistema de secado semiautomatizado, el cual mejoraría la productividad de la cooperativa, reduciendo sus costos y manteniendo la calidad de su producto final.

OBJETIVOS

General:

Proponer la implementación de un sistema de secado semi automatizado durante el beneficiado húmedo de café, en Cooperativa Acatenango.

Específicos:

1. Eliminar el cuello de botella que se produce durante el proceso de secado de café.
2. Garantizar la calidad del grano con base a un secado correcto.
3. Eliminar los costos extras que provoca el deterioro de la maquinaria que actualmente se utiliza para secar el grano.
4. Disminuir los riesgos por accidentes que actualmente enfrentan los trabajadores.
5. Poseer una capacidad extra instalada para una futura expansión.
6. Eliminar los costos que provoca el desecho del grano por fallas de la maquinaria con la que se procesa.
7. Disminuir los costos de mano de obra, debido a la semi-automatización del proceso de secado.

INTRODUCCIÓN

El café es una de las bebidas más populares y con mayor aumento de demanda por todo el mundo. Su agradable aroma, la intensidad de su cuerpo y su acidez hacen de él una bebida disfrutada por muchos alrededor del planeta. La popularidad de esta bebida ha causado una revolución y se ha ido expandiendo, comenzando entre la población adulta hasta llegar a los más jóvenes. En la actualidad podemos ver cafeterías repletas de adolescentes, jóvenes y adultos, teniendo pláticas de negocios o simplemente charlando y pasándola bien.

Existen muchísimas variedades de café, la mayor parte del tiempo las variedades se clasifican por país de origen o región, ya que las diferentes condiciones que cada país posee le dan sus características especiales y únicas. Una de las condiciones más importantes en las plantaciones de café es la altura de la siembra, la cual determina el grado de acidez y de aroma que el grano tendrá. Este factor fue decisivo durante la década de los noventa, debido a que en este período se dio una crisis en el mercado del café, dejando fuera del mercado todo aquel café que su calidad fuera inferior a los altos estándares requeridos por el mercado internacional. Desde entonces, los cafetaleros guatemaltecos que sobrevivieron a la crisis deben de tomar muy en cuenta todos los aspectos de calidad en sus cultivos, los cuales van desde los productos con los que se abonan las plantaciones, hasta por los procesos y manejo del mismo.

Cooperativa Acatenango es una cooperativa dedicada a la captación y procesamiento del café de la región. Está ubicada en el municipio de Acatenango, departamento de Chimaltenango. Se constituyó el 22 de marzo de 1967, con 27 asociados fundadores. La sede es el centro de acopio, cuenta con un beneficio húmedo tipo tecnificado, en el cual se procesa únicamente el café

de los asociados. La producción anual promedio es de 22,000 quintales de café pergamino seco de primera con una conversión de cuatro punto sesenta quintales de maduro por uno de pergamino.

El proceso consiste básicamente en recibir y despulpar el grano (retirar la cáscara); luego lavarlo para eliminar la capa protectora del grano, mucílago; y por último secar el grano para que pueda ser tostado y molido.

El propósito de este estudio es hacer una propuesta para la implementación de un sistema de secado semi-automatizado, el cual dé como resultado un proceso eficaz, con un producto final de alta calidad y seguro para las personas que laboran dentro del beneficio.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. El café

Café se denomina a la bebida que se obtiene por infusión a partir de los frutos y semillas del cafeto (*Coffea*), que contiene una sustancia estimulante llamada cafeína.

El cultivo del café está muy extendido en numerosos países tropicales, en especial Brasil, que concentra poco más de un tercio de la producción mundial. El café es uno de los principales productos de origen agrícola comercializados en los mercados internacionales, y a menudo supone una gran contribución a las exportaciones de las regiones productoras.

El cafeto es probablemente originario de la provincia de Kala, en Etiopía, pero la cuestión no está resuelta completamente. La leyenda dice que un pastor de Abisinia (actual Etiopía), llamado Kaldi, observó el efecto tonificante de unos pequeños frutos rojos de arbusto en las cabras que lo habían consumido en los montes, efecto comprobado por él mismo al renovarse sus energías.

Parece que las tribus africanas, que sabían del café desde la Antigüedad, molían sus granos y elaboraban una pasta utilizada para alimentar a los animales y aumentar las fuerzas de los guerreros. Su cultivo se extendió en primer lugar en la vecina Arabia, llevado probablemente por prisioneros de guerra, donde se popularizó aprovechando la prohibición del alcohol por el Islam. Yemen fue un centro de cultivo importante, desde donde se propagó al resto del mundo árabe.

1.1.1. Historia del café en Guatemala

Los padres jesuitas reciben el crédito de haber introducido el cafeto a Guatemala por el año 1760, quienes lo trajeron como planta ornamental para sus jardines de Antigua Guatemala. De allí se propagó a otros lugares como la hacienda del Soyate, Jutiapa, de don Miguel Álvarez de las Asturias. El primer registro de cafeto en plantación data de 1800, como un cultivo en las orillas de la ciudad de Guatemala, sembrado por don Juan Rubio y Gemir, esposo de doña Inés Álvarez de las Asturias.

En noviembre de 1803, por Real Orden se impulsa el cultivo del cafeto al otorgar exoneración de Alcabala, diezmos y cualquier impuesto, durante 10 años, al cacao, café, azúcar y algodón. Estos acuerdos se ratifican y amplían en 1805 y 1807.

En 1835, se da un paso trascendental para el fomento del café, en el decreto de octubre 1 que dice: “Se darán doscientos pesos al primer agricultor que coseche cien quintales de café, cien al segundo, cien al tercero y cien al cuarto”. Esta ley logró que un buen número de finqueros en diferentes zonas del país se dedicaran al cultivo del cafeto.

El Consulado de Comercio de 1839, el Consulado de Guatemala en 1845, la Sociedad Económica de Amigos del Estado de Guatemala en 1847 y la Comisión de Fomento del Cultivo del café dieron a este un significativo impulso. El 4 de mayo de 1853 el gobierno decreta “Un premio de 25 pesos por cada mil árboles de cafeto que se planten y estén en estado de cosecha y 2 pesos por cada quintal que se exporte por 10 años”.

A partir de 1860, surgen las fincas grandes dedicadas al cultivo del cafeto en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Suchitepéquez, Retalhuleu, Escuintla, Alta Verapaz, Jutiapa y Quetzaltenango, donde cobra particular renombre el café de Costa Cuca. En 1865, el café de Guatemala se hace representar en la exhibición Internacional de París. En 1871, el cultivo del cafeto era ya un negocio lucrativo; se constituyó en el renglón principal de la economía de la nación y paso a ocupar el primer lugar entre los productos de exportación.

La apertura del Ferrocarril Interoceánico de Guatemala, el 19 de enero de 1908, dio un gran impacto al comercio del café. El 6 de diciembre de 1928, se crea la Asociación General de Agricultores de Oriente (ACOGUA) y ésta principia a trabajar con la Gremial de Caficultores de la Asociación General de Agricultores (AGA) y poco después, con la Asociación de Caficultores de Occidente. El 4 de noviembre de 1960, fue creada la Asociación Nacional de Café (ANACAFE) y empieza a funcionar el 1 de diciembre.

El cultivo del cafeto en Guatemala constituyó un reto, ya que su introducción, establecimiento y fomento trajeron aparejada una lucha por dominar la selva, al abrir nuevas fronteras para la agricultura, principalmente en las estribaciones de montañas, volcanes y en los barrancos de Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango. Lo que el hombre de campo guatemalteco aprendió con el café al introducirlo a nuevas regiones, cultivarlo con éxito, procesarlo y más tarde exportarlo, llegó a constituir una escuela, cuyos conocimientos sirvieron de base para la introducción y establecimiento de otros cultivos.

Los avances tecnológicos, incorporados a la agricultura y la ganadería de Guatemala, han venido a modernizar y mejorar todas estas explotaciones, pero el guatemalteco debe recordar con gratitud, con orgullo, la escuela que sentó el café, la hermosa y valiente saga que escribió su historia.

1.1.2. Mercado del café de Guatemala

A principios de la presente década al caer el Convenio Internacional del Café y el sistema de cuotas se presentó un vertiginoso crecimiento de los mercados alternativos de café. Los cafés no tradicionales empezaron a ganar terreno, especialmente en Estados Unidos y Europa, donde se estima que en los últimos tres años el mercado mundial de estos tipos ha crecido en un 300%; dando origen de esta forma al mercado de cafés “ecológicos” o “amigables con la naturaleza”. Ese dinamismo puede explicarse por varias razones, entre las más importantes pueden citarse:

- a. Segmentación de los mercados
- b. Cambio de los gustos y preferencias de los consumidores que son cada vez más exigentes.
- c. Publicidad mucho más agresiva.
- d. Mayor demanda de productos clasificados como “ecológicos”.
- e. Regulaciones más exigentes a las compañías encargadas de otorgar los sellos verdes lo que garantiza una mejor calidad de los cafés “especiales”.

Después de 2001 y la entrada de Vietnam al mercado, hubo una tremenda caída de precios que, hoy en día, se ha solventado con el aumento de la calidad. Se han establecido certificaciones especiales para los mejores granos, así como subastas y la llamada “Taza de excelencia”, por el que se premia al mejor café del país. Desde hace algún tiempo, los caficultores guatemaltecos también están integrados en el comercio justo, siempre que se cumplan una serie de requisitos, y cuya particularidad más llamativa es la eliminación de intermediarios y, por tanto, el aumento de las ganancias para los productores. Los mercados justos se desarrollaron en los años 80 y consisten en arreglos de mercado que proponen un precio más justo al productor que el que recibirían normalmente. A través de la eliminación de los intermediarios, sobrepagos pagados por los consumidores finales o ambos y establecimiento de un precio

mínimo se garantiza una mejor retribución al pequeño productor y se apoya la inversión social en el café. Generalmente sus programas son asistidos con desarrollos organizacionales y financiamiento a pequeños grupos. El Registro Internacional del Mercado Justo manejado por FLO (Fair Trade Labelling Organizations) incluye actualmente unas 50 organizaciones guatemaltecas que producen unas 7,000 toneladas de café (unos 155,000 quintales de café), de los cuales cerca del 29% se maneja a través del Mercado Justo para un total aproximado de 2,000 toneladas (cerca de 44,000 quintales de café, ASDI, 1998). Esta cantidad de café representa cerca del 1% del café producido en Guatemala.

En el mercado actual también existen los llamados cafés orgánicos, estos se exportan en grano a los Estados Unidos y Europa, y se caracterizan por no usar agroquímicos, tener control biológico de plagas y el uso de sombra. Generalmente se refiere a café que es cultivado en tierras en su mayoría libre de aditivos comerciales durante un periodo de al menos tres años y procesado y tostado en plantas industriales que no presenten residuos químicos.

Los procedimientos empleados son en general similares aún cuando hay divergencias en algunos aspectos técnicos de la cadena de producción a ser certificada. Esta hace que para el productor sea necesario establecer una serie de procedimientos en el manejo de su finca o cafetal. La información más reciente sobre producción de café orgánico en el país que se desarrolla a partir de una muestra de productores, indica que existen unos 10 grupos certificados de café orgánico, de los cuales la gran mayoría son productores privados y algunos grupos asociativos y cooperativos. Un trabajo realizado por la Agencia Sueca de Cooperación ASDI en 1998, estima la producción orgánica de café en Guatemala en un rango de entre 45,000-55,000 quintales de café oro que representan entre 2,000 - 2,500 toneladas de café colocados en el mercado mundial orgánico. Esto representa cerca del 1% del café guatemalteco.

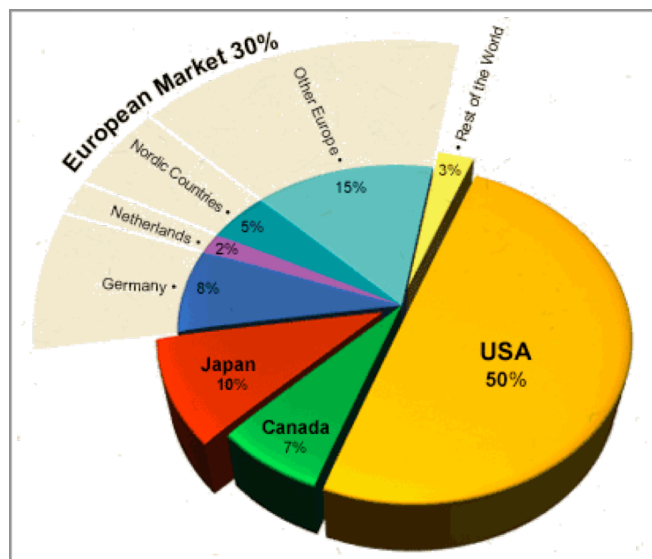
Existen otro tipo de certificaciones basadas en la trazabilidad y calidad del

producto que se entrega, este es el caso de UTZ Certified. Las fincas y cooperativas donde se produce este café utilizan la certificación que les brinda UTZ CERTIFIED para probar que ellos cultivan su café profesionalmente, cuidando de sus comunidades y del medio ambiente

UTZ CERTIFIED da fuerza a los productores transfiriéndoles conocimiento sobre buenas prácticas agrícolas y el mercado global del café. La certificación también hace que los productores se posicionen más fuertemente en el mercado ya que los compradores específicamente demandan café certificado.

Según los registros de ANACAFE, Europa compra el 30% de la producción, una cifra nada despreciable para un país que espera ventas por alrededor de US\$700 millones y una cosecha de 5 millones de quintales. El gremio de productores no parece estar conforme con esta participación y esta dispuesto a seguir explorando mercados que estén decididos a pagar la calidad.

Figura 1 Participación por país



Se han puesto los ojos en países que prometen como Taiwán, China y Rusia, naciones que no necesariamente tienen una tradición de beber café pero poco a poco están descubriendo la bebida a través de la popularidad de cadenas como la estadounidense Starbucks.

Para concluir, vale la pena mencionar que los cambios hechos en la producción de café no han pasado por identificar variedades de mayor valor; poco a poco los productores han descubierto que las certificaciones (como Rainforest Alliance, Utz café, C.A.F.E Practice) y el buen manejo ambiental de las plantaciones y beneficiado también es una mina de oro.

1.1.3. Regiones cafetaleras

Hace unos años, la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) identificó las 8 regiones donde se produce el mejor café del país. La tarea permitió conocer, detalladamente, las cualidades de la taza de cada área, las cuales se cobijaron en la marca “Guatemalan Coffees”. El trabajo se asemeja a identificar las regiones donde se cosecha el buen vino, una estrategia que ayudó a Guatemala a soportar de mejor forma el impacto generado por la crisis de precios del 2001.

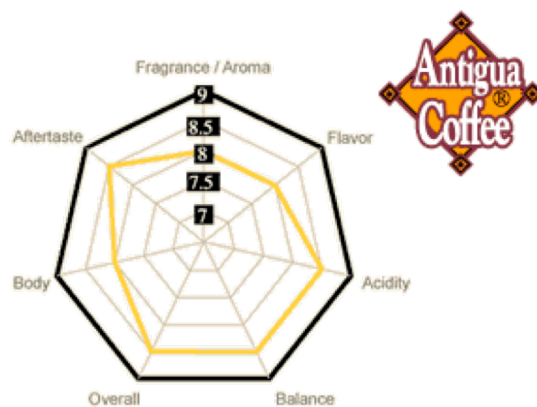
Cada una de las ocho regiones cafetaleras de Guatemala posee una personalidad única, forjada por una combinación de elementos naturales y humanos distintivos. Los microclimas variados, suelos volcánicos, patrones de lluvia y elevadas alturas hacen de Guatemala una tierra predestinada para el cultivo de café de calidad. El café no se cultiva de forma aislada; es un hilo entretejido en el contexto cultural y natural de cada región.

Uno de los últimos descubrimientos es Acatenango, una región cercana a Antigua Guatemala, que ahora es clasificada como Gran Reserva. A continuación se presentan las características de las 8 regiones cafetaleras de Guatemala.

1.1.3.1. Antigua Coffee

Suelo volcánico rico en minerales, poca humedad, mucho sol y noches frías caracterizan esta región. Cercada por los volcanes Acatenango y Fuego, ocasionalmente recibe de éste una nueva capa de ceniza rica en minerales. La piedra pómez del terreno retiene la humedad compensando la baja precipitación pluvial. En Antigua, la sombra es particularmente densa, pues ayuda a proteger los cafetos de las ocasionales heladas que sufre la región. Su perfil de taza es elegante, bien balanceado con un exquisito aroma y sabor particular.

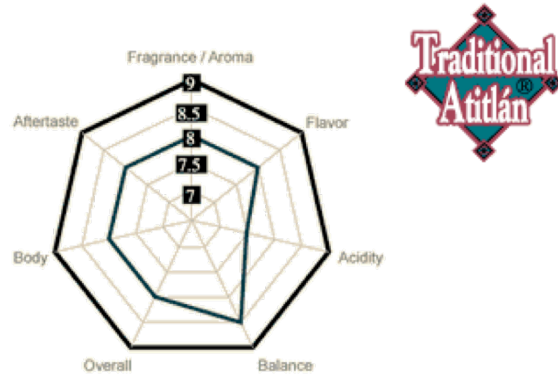
Figura 2 Perfil de taza Antigua



1.1.3.2. Traditional Atitlán

De las cinco regiones volcánicas de Guatemala, el suelo de Atitlán es el más rico en materia orgánica. El 90% de este café se cultiva a lo largo de las faldas de los espectaculares volcanes que rodea el lago de Atitlán. Los vientos diarios (llamados “Xocomil”) agitan las aguas del lago y son una influencia importante para el microclima de la región, la cual también refleja la tradición artesanal de sus productores en las técnicas de cultivo y procesamiento del grano. Su perfil de taza es deliciosamente aromático con pronunciada acidez cítrica y mucho cuerpo.

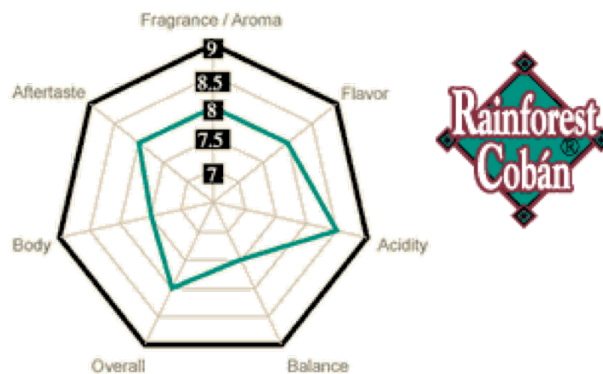
Figura 3 Perfil de taza Atitlán



1.1.3.3. Rainforest Cobán

Cobán es nublado, lluvioso y frío todo el año. La mayor parte de Rainforest Cobán se cultiva en las onduladas montañas que caracterizan la región bajo la influencia tropical de la Cuenca del Atlántico. Cobán tiene dos estaciones lluviosas: lluviosa y más lluviosa. Su famoso “chipi chipi” frecuentemente cobre la región con un fino rocío que cae de la densa cubierta nubosa. Su perfil de taza nos entrega notas afrutadas muy particulares, un cuerpo fino y bien balanceado con un aroma agradable.

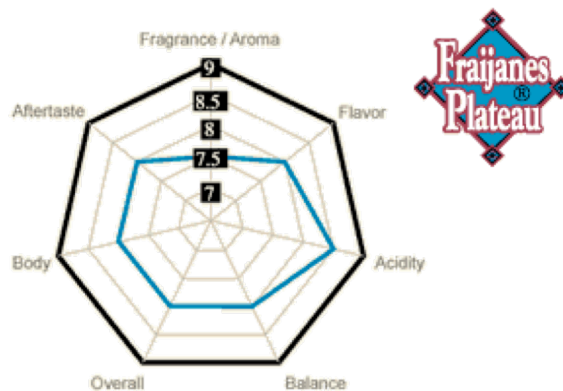
Figura 4 Perfil de taza Cobán



1.1.3.4. Fraijanes Plateau

Suelo volcánico con piedra pómez, abundante lluvia, humedad variable y un extenso rango de temperaturas caracterizan la región de Fraijanes. El Volcán de Pacaya deposita esporádicamente una fina capa de ceniza, reforzando el suelo con minerales. Aunque las nubes, la niebla y un denso rocío son comunes por las mañanas, se evaporan tan rápido que permiten que todo el café “Fraijanes Plateau” sea secado al sol. Su perfil de taza presenta una acidez pronunciada y persistente, aromático y con un cuerpo bien definido.

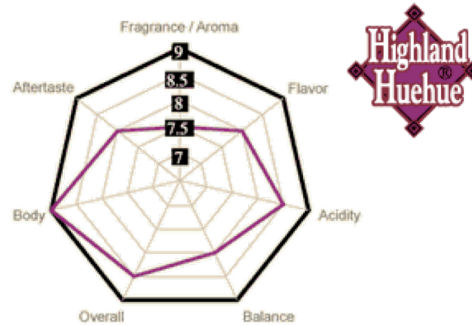
Figura 5 Perfil de taza Fraijanes



1.1.3.5. Highland Huehue

Región productora más alta y seca de las tres regiones no volcánicas. Gracias a los vientos áridos y cálidos que penetran en las montañas y que provienen de las planicies de Tehuantepec en México, la región es protegida de las heladas, permitiendo cultivar café hasta a 6,500 pies de altura. La lejanía de Huehuetenango hace que casi todos los productores procesen su propio café. Afortunadamente, la región cuenta con infinidad de ríos y arroyos, permitiendo instalar un beneficio casi en cualquier parte. Su perfil de taza nos muestra una acidez fina e intensa, cuerpo lleno y agradables notas avinatas.

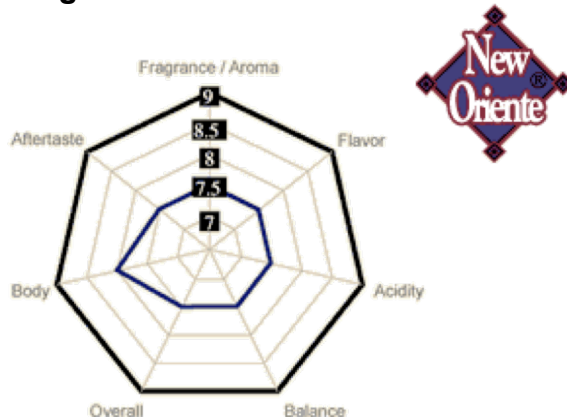
Figura 6 Perfil de taza Huehuetenango



1.1.3.6. New Oriente

Desde la década de 1950, el café en esta región ha sido cultivado, casi exclusivamente, por pequeños productores. Actualmente, cada parcela en la montaña se ha convertido en una unidad productora de café; así, lo que una vez fue una de las áreas más aisladas, se ha vuelto vibrante y creciente. La región de Oriente es lluviosa y nublada, y se encuentra localizada sobre lo que fue una cadena volcánica, haciendo que su suelo compuesto de roca metamórfica sea balanceado en minerales. Su perfil de taza es bien balanceado con mucho cuerpo y sabor achocolatado.

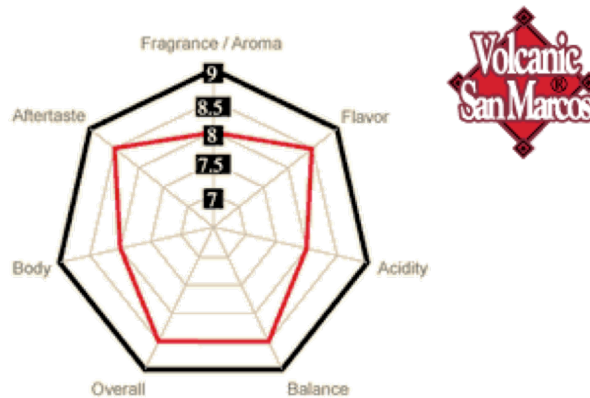
Figura 7 Perfil de taza Nuevo Oriente



1.1.3.7. Volcanic San Marcos

Esta región es la más cálida y cuenta con la mayor precipitación pluvial, alcanzando hasta 200 pulgadas. Las lluvias llegan antes que en otras regiones provocando la floración más temprana. Al igual que todas las regiones remotas de Guatemala, la mayoría de productores cuenta con su propio beneficio de café. Debido a lo impredecible de las lluvias, el grano se preseca al sol y se completa el proceso con una secadora Guardiola. Su perfil de taza nos presenta delicadas notas florales presentes en su aroma y sabor, también posee una pronunciada acidez y buen cuerpo.

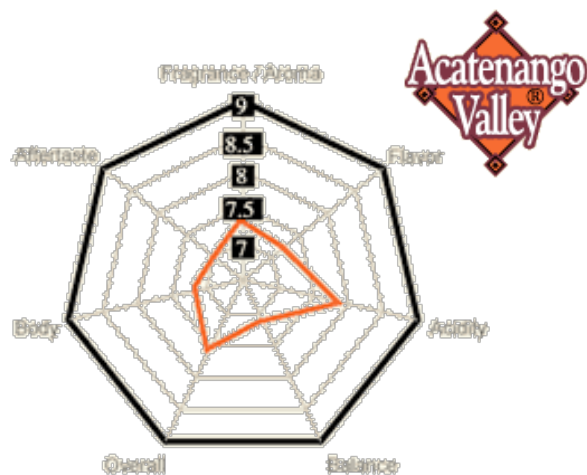
Figura 8 Perfil de taza San Marcos



1.1.3.8. Acatenango Valley

Acatenango Valley es una recién descubierta joya de los Cafés de Guatemala. Desde la década de 1880, los caficultores de la región cosechan el grano bajo sombra hasta a 6,500 pies de altura, creando un bosque artificial que es un regalo ecológico. Las constantes erupciones del vecino volcán de Fuego mantienen el suelo repleto de minerales. Los vientos del Pacífico y las marcadas estaciones climáticas permiten que el café se seque al sol y se procese siguiendo antiguas tradiciones familiares.

Figura 9 Perfil de taza de Acatenango



1.2. Cooperativa Acatenango

1.2.1 Origen de la cooperativa

Como se ha mencionado, la cooperativa inició con la ilusión de 27 caficultores en el año de 1966, que estaban cansados de observar los abusos de los intermediarios (Coyotes) y que ellos se quedarán con la mejor parte de la ganancia sin arriesgar nada. Luego en el año 1970 construyeron su beneficio húmedo y empezaron a comercializar su café en pergamino. Luego se afrontó una crisis en el año 1997, la mala administración de la cooperativa la pusieron al borde de la quiebra con una deuda de más de 4 millones de quetzales, en ese momento un grupo de asociados la intervinieron y asumieron la dirección con verdadero compromiso de sacarla adelante, negociando con las empresas exportadoras con las que estaban endeudados y logrando que FEDECOCAGUA les otorgara financiamiento para solventar sus problemas

económicos y continuó funcionando la organización. Con la caída de precios del café a nivel mundial en los años 2000 a 2004 las grandes fincas fueron abandonadas porque no eran rentables. Sin embargo “los pequeños productores” continuaron en los trabajos de mantenimiento de sus plantaciones, no dejaron de hacerlo, ya que su sistema de producción le permitió ser más sostenibles aún con los bajos precios de venta del café que se dieron en esa época. Los nuevos directivos se dieron cuenta que la única forma de salir de la crisis y ser más competitivos era producir y garantizar la calidad de su café, y exigieron a sus asociados que cuidaran la calidad del café desde el momento del corte, porque eso iba a permitirles ofrecer al mercado un producto de la mejor calidad y en ello se tenían que involucrar todos y cada uno de los asociados con responsabilidad. Se invirtió en modernizar el beneficio húmedo de la organización haciendo grandes esfuerzos económicos.

A partir del año 2004 FEDECOCAGUA con el apoyo del proyecto Chemonics/AID les asignó un técnico para asesorarlos en los procesos de certificación optándose por los sellos de Utz certified y C.A.F.E. Practices. Se hizo la propuesta inicialmente a nivel del consejo de Administración de la Cooperativa y las autoridades de FEDECOCAGUA a través del Departamento de Asistencia Técnica, manifestándose desde el principio el apoyo y el liderazgo del Presidente de la Cooperativa, Señor Florencio Vela. Seguidamente se coordinó la formación y el fortalecimiento del comité agrícola, que propició en una asamblea general de la cooperativa hacer la propuesta de trabajar en los procesos que las certificaciones requieran. En el año 2005, 70 asociados (25%) cumplieron con todas las normas de certificación UTZ y C.A.F.E. Practices. Los demás asociados se mantuvieron a la expectativa de los logros y al siguiente año (2006), se incremento el grupo certificado a 180 asociados (crecimiento de un 39%) y luego en el año 2007 se alcanza la meta de certificar al 100% de los asociados y por ende el 100% de la producción de sus 293 asociados.

Existe una confianza creciente de los asociados de la cooperativa en su organización en donde ahora se sienten más apoyados en todos los aspectos, que ha reducido sustancialmente la fuga de café hacia intermediarios locales, ha habido mejores controles tanto de los asociados para sus propios beneficios como para la cooperativa de la producción de café y con ello prever la disponibilidad del grano para realizar los contratos de exportación por medio de FEDECOCAGUA.

1.2.2. Misión

Somos una cooperativa comprometida con la comunidad y con el mejoramiento de la calidad de vida de nuestros asociados, generando mayor productividad para nuestras empresas clientes y mayor confiabilidad en nuestros procesos.

1.2.3. Visión

Nos enfocamos en las actividades de trabajo asociado y en proyectos generadores de valor, con altos niveles de competitividad en los productos y servicios que ofrecemos. Buscamos ser una empresa de la economía solidaria auto sostenible, que genere desarrollo socio-económico permitiendo el crecimiento de nuestra cooperativa para ser líderes a nivel local y nacional.

1.2.4. Valores

- a. Solidaridad: Es una de los valores humanos por excelencia, del que se espera cuando un otro significativo requiere de nuestros buenos sentimientos para salir adelante. En estos términos, la solidaridad se define como la colaboración mutua en las personas, como aquel

sentimiento que mantiene a las personas unidas en todo momento, sobretodo cuando se vivencian experiencias difíciles de las que no resulta fácil salir.

- b. Voluntad: La voluntad es la capacidad de los seres humanos que nos mueve a hacer cosas de manera intencionada, por encima de las dificultades, los contratiempos y el estado de ánimo.
- c. Calidad: El concepto actual de Calidad ha evolucionado hasta convertirse en una forma de gestión que introduce el concepto de mejora continua en cualquier organización y a todos los niveles de la misma, y que afecta a todas las personas y a todos los procesos.
- d. Responsabilidad: Se trata de uno de los valores humanos más importantes, el que nace a partir de la capacidad humana para poder optar entre diferentes opciones y actuar, haciendo uso de la libre voluntad, de la cual resulta la necesidad que asumir todas aquellas consecuencias que de estos actos se deriven.

1.2.5. Mercado

La Cooperativa Integral Agrícola Acatenango posee un beneficio húmedo, el cual lo utiliza para la transformación de café cereza (café maduro) a café pergamino. Debido a que esta Cooperativa no posee un beneficio seco para realizar una selección en su producto y exportar, se recurre a la Federación de Cooperativas Cafetaleras de Guatemala (FEDECOCAGUA) a la cual se le vende el café pergamino.

FEDECOCAGUA se encarga de la selección del café y la preparación para cumplir los requisitos que piden los países importadores de café y todos los trámites y logística que el proceso de exportación conlleva.

1.2.6. Necesidades de capacitación y mercadeo internacional

La Cooperativa Integral Agrícola Acatenango es un excelente ejemplo de desarrollo de las organizaciones de productores, ya que se han enfrentado a grandes retos a través de su existencia. Cooperativa Acatenango necesita perfeccionar algunos de los procesos que actualmente posee y debe comenzar a planificar inversiones en proyectos que le permitan al socio obtener utilidades más justas por su esfuerzo.

Cooperativa Acatenango debe comenzar un proceso de capacitación de sus dirigentes enfocado a mercados internacionales y una adecuación de sus instalaciones para cumplir con las necesidades de estos mercados. Esto se hará con el objetivo de reducir al máximo la cantidad de intermediarios que actualmente existen entre Cooperativa Acatenango e importadores de café de especialidad a nivel mundial.

2. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE BENEFICIADO HÚMEDO

El beneficiado húmedo es un proceso para transformar los frutos del cafeto de su estado cereza a café pergamino. Este proceso consiste básicamente en cinco etapas, de las cuales depende la calidad del producto final.

- a. Recepción
- b. Despulpado
- c. Fermentación
- d. Lavado
- e. Secado

2.1. Recepción de café maduro

Este proceso tiene por objeto concentrar en el período previo al despulpado, el café maduro que se recolectó a lo largo del día. La cantidad de fruto de café que se va a recibir diariamente depende de la maduración del fruto de los cafetos.

La recepción de café se realiza por peso, según el Decreto No. 883, emitido en 1951, se autoriza como medida oficial para el corte: 100 libras que equivalen a un quintal. El peso de los bultos se mide con básculas.

Cooperativa Acatenango posee dos puntos de ingreso, debido a los volúmenes de producción con los que trabajan en temporadas de máxima maduración. Por estos puntos ingresan los camiones cargados, donde el café es pesado por el encargado de este proceso en el beneficio y es vertido en la pila de recepción. El beneficio cuenta con una pila recibidora y una báscula para cada punto de ingreso.

El café que ingresa al beneficio debe cumplir los siguientes requisitos para su aceptación y posterior procesamiento.

- I. Lo ideal es que se reciba sólo fruto maduro, pero debido a que esto resulta casi imposible, se aconseja que al momento de recibir el café se tome una muestra para analizar la cantidad de granos verdes, semi-maduros, sobre maduros y brocados; si la cantidad pasa de un 5% de este tipo de fruto debe procesarse por aparte. Esto debe registrarse por cada entrega que llegue al beneficio.
- II. No deben mezclarse partidas de diferentes días de corte, porque el café retenido se fermenta y dañaría la partida fresca.
- III. Se debe procesar el café el mismo día del corte, para evitar fermentación y que la cáscara se pegue al grano.

Figura 10 Recibo de café maduro



El proceso inicia cuando el café es pesado en básculas y depositado en las pilas de recepción, estas son de tipo semi-seco, lo que significa que el proceso de acopio se hace en seco; una vez se ha terminado de recibir el café maduro y se desea empezar a despulpar se agrega agua a las pilas receptoras con el único propósito de mover la masa de café hacia el área de despulpado. El agua que ingresa para el movimiento del grano es agua recirculada proveniente del despulpado. Esta agua contiene parte del mucílago, lo cual da una disminución en el tiempo de fermentación del grano.

Previo al despulpado del grano, la masa de café ingresa a un tanque sifón de bajo volumen y flujo continuo, el cual selecciona el café por medio de su densidad. Este sistema elimina el café seco, hojas, café defectuoso, etc. Lo cual nos garantiza que se despulpará únicamente café maduro en buen estado.

Figura 11 Sifón clasificador de flujo continuo



2.2. Extracción de pulpa

El despulpado es la fase mecánica del proceso donde el fruto maduro es sometido a la eliminación de la pulpa (epicarpio). Esta operación se efectúa a través de máquinas despulpadoras que aprovechan la cualidad lubricante del mucílago del fruto, para que por presión se separe los granos de la pulpa. Al despulpar un quintal de fruto maduro se obtienen aproximadamente 60 libras de café pergamino y 40 libras de pulpa.

2.2.1. Tipo de extracción de pulpa

El despulpado se realiza por medios mecánicos con una despulpadora de tipo pecho de hierro, como lo muestra la figura 11. Una vez el café ha pasado su primera clasificación, en el tanque sifón, es dirigido por medio de un canal hacia un tornillo sin fin. Durante este transporte la masa de café pierde parte del agua recirculada que lo mueve.

Figura 12 Pulperos tipo pecho de hierro



Una vez en el tornillo sin fin, el café es distribuido a los diferentes pulperos. Los pulperos están graduados de tal manera que no dañen el grano durante el proceso, ya que estos trabajan a presión. La pulpa que queda como residuo del proceso de despulpado ingresa a otro tornillo sin fin que lleva la pulpa de esta área hacia un camión donde es recolectada.

Figura 13 Tornillo sin fin de extracción de pulpa



El agua recuperada durante este proceso es recolectada en el decantador y bombeada posteriormente hacia las pilas de recepción para mover la masa de café restante, como lo muestra la figura 13. Este proceso tiene un doble propósito, permitir un ahorro considerable en el agua que se utiliza en el beneficio durante el proceso de despulpado de café y por otro lado acelerar el proceso de fermentación del café en el siguiente proceso.

Figura 14 Decantador de agua de despulpado



2.2.2. Clasificación del grano despulpado

Ya que se ha retirado toda la pulpa al café, éste es conducido hacia una criba clasificadora. Esta máquina consiste en un cilindro que gira sobre su eje horizontal y que esta formada por anillos de polietileno con una separación de 9 milímetros. Esta máquina separa el café que aún no ha sido despulpado y la envía a un despulpador llamado despulpador repasador. Este despulpador posee una calibración más ajustada y trabaja por aparte, ya que un café de estas dimensiones es considerado café de segunda calidad.

Por otro lado, el café que ya está despulpado atraviesa con facilidad la separación de la criba clasificadora y se va hacia el fondo del tanque de donde saldrá hacia las pilas de fermento.

Figura 15 Criba clasificadora



2.3. Eliminación del mucílago

El grano de café recién despulpado está recubierto de una capa mucilaginosa (mesocarpio), que es del 15.5 al 22% del peso del fruto maduro con relación al contenido de humedad. El mucílago es una estructura rica en azúcares que cubre el endospermo de la semilla y mide aproximadamente 0.4 milímetros de espesor.

El contenido de humedad del fruto maduro dependerá del régimen de lluvias en los días anteriores a la recolección. Esto es importante debido a que cuanto mayor sea la hidratación, mayor será el contenido de mucílago que afecta los rendimientos de café maduro a oro.

Los objetivos principales para la eliminación del mucílago son los siguientes:

- I. Facilitar el secamiento del café en pergamino, debido a la naturaleza coloidal del mucílago, el cual retiene tenazmente el agua retrasando de manera significativa el secado del mismo.
- II. Evitar el deterioro de la calidad del café, el cual puede ocurrir como consecuencia de una fermentación indeseable.
- III. Evitar que los granos recubiertos con partículas de mucílago se adhieran entre sí, y con esto provoquen problemas mecánicos.

En la agroindustria del café se conocen dos sistemas de procesamiento: Por vía seca y por vía húmeda. Actualmente este proceso es realizado en el beneficio por vía húmeda, por el método de fermentación natural o bioquímico, el cual consta de dos fases principales que se describirán a continuación.

2.3.1. Fermentación

La fermentación natural es una de las etapas más importantes y delicadas del proceso, esta consiste en la degradación del mucílago a una sustancia soluble. Como el mucílago es un material gelatinoso insoluble en el agua, es necesario solubilizarlo para convertirlo en un material de fácil remoción en el lavado. Este proceso se efectúa en pilas de fermento. Actualmente el beneficio posee 14 pilas de fermento, con una capacidad de 12 metros cúbicos en promedio por cada una. El café es introducido en estas pilas donde reposa 12 horas, desde este momento es monitoreado cada media hora hasta que alcanza un punto llamado “punto de fermento”.

Una prueba que se realiza para saber si el café tiene el “punto de fermento” es introducir un palo redondo y grueso entre la masa del café hasta tocar el fondo del tanque, si al sacar el palo el orificio permanece en la masa de

café, quiere decir que éste está listo para ser lavado. Otra prueba es sacar un poco de café y ponerlo en un recipiente con agua, luego se frota con las manos; si le da un sonido a cascajo o se siente áspero al tacto, quiere decir que ya tiene una fermentación completa y está listo para ser lavado.

2.3.2. Lavado

Pasadas las 12 horas de fermentación, el mucílago puede ser removido con agua, ya que se encuentra en un estado hidrosoluble. La eliminación de mucílago del grano es esencial para la conservación de su calidad, ya que un grano limpio no fermentará posteriormente, dando como resultado un excelente sabor en la taza.

Cuando el café cumple con sus horas estipuladas de fermentación, es inspeccionado por un trabajador, el cual decide si ya esta en punto con una sencilla prueba, la cual consiste en introducir un objeto en la masa de café en fermentación y si este no recupera su forma inicial es un indicio que el café está listo para lavarse. Es importante mencionar que la experiencia de los trabajadores juega un papel importante en la detección del punto de fermento.

Figura 16 (a) Pilas de fermentación (b) Punto de fermento.



(a)



(b)

Si el trabajador considera que el café está en su punto, abrirá una válvula para que ingrese agua al tanque de fermento. El agua que ingresa en el tanque es exclusivamente una forma de transportar el café y no representa parte del proceso de fermentación. Una vez hay suficiente agua se abre una compuerta, por la cual el café es guiado por canales metálicos hacia el primer correteo. El primer correteo, es un recorrido por un canal de concreto de aproximadamente 16 metros con una pendiente del 5%, el cual reúne el café de las diferentes pilas de fermento y lo guía hacia una bomba que lo elevará. Es importante aclarar que la bomba actúa de cierta forma como lavadora, ya que el movimiento que produce limpia en cierto grado el grano. La bomba envía el café hacia unas pilas que almacenan el café mientras éste se distribuye a las tres lavadoras.

Figura 17 (a) Fermentador siendo lavado (b) Correteo auxiliar (c) Desmucilaginas de flujo ascendente (d) Correteo principal



(a)



(b)



(c)



(d)

El objetivo del tanque elevado es recolectar el café y enviarlo a un distribuidor de menor volumen y flujo continuo, el cual se encarga de llevar el café hacia las lavadoras. El distribuidor posee tres compuertas y dependiendo del volumen de café que se este lavando pueden utilizarse las tres, dos o sólo una lavadora.

El café ingresa por la parte inferior de la lavadora, la cual lo eleva por medio de un rotor cubierto de espas, también llamadas dedos, los cuales está colocados de tal forma que empujen el café hacia arriba. El agua ingresa a la lavadora por la parte de arriba de la lavadora, con el movimiento y el contra flujo el café es terminado de lavar. Por esta forma de funcionamiento se le da el nombre de desmucilagadora de flujo ascendente.

Figura18 Bomba de lavado



Una vez el café ha salido de las desmucilagadoras de Flujo Ascendente, ingresa al correteo principal, el cual tiene dos objetivos principales. El primer objetivo del correteo es clasificar el pergamino lavado, ya que este aún se encuentra con pulpa y natas. El segundo objetivo del correteo es que mediante el paleteo que se necesita para llevar el café pergamino al final del mismo, se eliminen los restos de mucílago si aún existieran.

Es importante mencionar que primero se hace la clasificación por medio de trampas, las cuales permiten el paso únicamente de los materiales de densidades bajas como lo son la pulpa y las natas. Estas trampas están colocadas a lo largo del correteo y consisten en tablillas de maderas colocadas dentro del mismo. Al final del correteo se recupera el agua por medio de un filtro y se acumulan los residuos para ser retirados. Luego se comienza a paletear

todo el pergamino hacia el final del correteo y se envía a una bomba que lo eleva a un tanque donde se almacena en espera de ser secado.

Figura 19 (a) Trampas para clasificación por densidad **(b)** Silo de acopio de café lavado **(c)** Filtro del decantador de lavado



(a)



(b)



(c)

2.4. Secado del grano

La práctica de secamiento tiene por objetivo disminuir el agua del grano de café previamente lavado y escurrido de una forma natural o mecánica, a un punto comercialmente aceptado que reúna las características para almacenarlo, venderlo o trillarlo posteriormente.

El mecanismo del secamiento del café es más complicado que el de cualquier otro grano, debido a su alto contenido de humedad (55%), por la volatilización de componentes aromáticos que ocurre si se emplean altas temperaturas, y también por el efecto que las condiciones de operación puedan causar en el aspecto y particularmente en el sabor de la bebida.

En el secado de cualquier material inicialmente muy húmedo y suponiendo que se seca en un aire con propiedades desecantes, que se mantienen constantes (humedad relativa y temperatura), ocurre primero una etapa en la cual la velocidad de desecación es independiente del contenido de humedad del material, y el agua de la superficie se evapora como si estuviera libre. A esto se le llama período de evaporación constante; sigue la desecación hasta un punto en donde la velocidad comienza a disminuir, en éste punto esta la llamada etapa crítica. Se inicia entonces, el periodo de velocidad decreciente y al terminar, el material alcanza un valor mínimo en su humedad, que se llama estabilización de humedad o humedad de equilibrio.

Por otra parte, el volumen inicial de una partida se reduce aproximadamente un 10%, cuando está seca. Aunque la cápsula de pergamino casi no se modifica, salvo las conocidas grietas en el café de altura, el grano de café en oro se encoge para dar origen a una bolsa de aire entre el pergamino y el oro.

Para la etapa inicial anteriormente descrita, el café es tirado a los patios para que cumpla la primera fase de secamiento. Una vez completada la fase de evaporación, la cual tiene una duración de 12 horas, se procede a continuar el secado en los patios si el volumen no es muy grande o a utilizar hornos y secadoras para agilizar el proceso. A continuación se describirán ambos procesos de secado con mayor amplitud.

2.4.1. Hornos

El funcionamiento básico de los hornos para el secamiento del café es el siguiente. El horno consta de tres partes principales:

- a. Hogar: lugar donde se deposita la leña para subir la temperatura.
- b. El domo: es el techo del horno y recibe directamente el fuego.
- c. Intercambiador de calor: es la parte interna del horno por el cual pasan los gases de combustión

El aire es succionado por un ventilador desde el otro lado del horno, que pasa por el intercambiador de calor que está a una alta temperatura y cede al aire parte de ésta. Una vez el aire ha elevado su temperatura y está en una mejor capacidad de absorber humedad, es enviado a las secadoras donde tiene contacto directo con el café.

Figura 20 Horno tipo domo



2.4.1.1. Desventajas de utilización de hornos

La utilización de hornos durante el proceso de secado del café pergamino se ha desarrollado durante los últimos años en la Cooperativa Acatenango. Este proceso posee algunas desventajas que hay que tomar en consideración si se pretende trabajar con un proceso productivo y eficiente. Algunas de las desventajas que presenta el trabajar con hornos el secado del grano se describen a continuación.

2.4.1.2. ¿Cómo afecta la calidad del grano?

El café guatemalteco, como se dijo en el capítulo anterior, tiene como principal ventaja competitiva ser un café de alta calidad. Por esto, la calidad del café debe conservarse desde que el café aún esta en los cafetos hasta que llega al consumidor final. El proceso de secado es crítico en la conservación de la calidad del café, por lo que se le debe dar la importancia que requiere. La utilización de los hornos durante este proceso ha generado un rompimiento en esta cadena de calidad, ya que por el alto régimen de uso las paredes donde se hace el intercambio de calor se deterioran rápidamente y sin una señal que pueda detectarse, comienzan a permitir el paso del humo de combustión hacia las Guardiolas. Esto trae como consecuencia un grano que producirá un sabor indeseable en la tasa. Si el problema no es detectado a tiempo, el café seguirá siendo secado de esta forma, ya que su aspecto físico no es afectado en absoluto y a la hora de venderlo será rotundamente rechazado por el comprador al realizarse la catación. Este problema le ha generado muchas pérdidas económicas, afectando de manera significativa las utilidades de la Cooperativa Acatenango.

Figura 21 Hornos dañados por altas temperaturas



2.4.1.3. Mano de obra

El proceso de secado de café pergamino por medio de hornos necesita 15 trabajadores para ser realizado. Esta cantidad excesiva de trabajadores crea un proceso ineficiente, ya que los costos de producción se ven afectados por los altos costos de planillas. Con los constantes cambios en la legislación guatemalteca, los salarios mínimos han sido incrementados nuevamente, este factor a elevado aun más los costos por planillas, al grado en que el costo de beneficiado ha subido considerablemente al punto de afectar directamente al socio, ya que estos costos se reflejan en una disminución en el precio por quintal que se le paga al socio.

Por otra parte, el esfuerzo que se realiza para desarrollar la actividad de secado es demasiado, y el proceso de transporte es obsoleto. Como describimos al inicio de este inciso, se debe introducir el café manualmente en los sacos, cargarlos hacia las Guardiolas subiendo una rampa y descargarlo en la tolva. El esfuerzo necesario para transportar el saco desde el piso hacia las guardiola es muy grande, ya que cada saco pesa más de 100 libras debido a que el café aún se encuentra húmedo. Este transporte realizado por los trabajadores es completamente ineficiente ya que aumenta el tiempo de transporte y a su vez afecta la condición física de los mismos.

2.4.1.4. Riesgos laborales de la utilización de hornos

Como todos los procesos a nivel industrial, el proceso de beneficiado de café, y en especial el procedimiento de secado conlleva ciertos riesgos laborales. Debido a que el proceso requiere de un transporte manual, los riesgos laborales aumentan considerablemente. La posibilidad de un lumbago es muy alta ya que los trabajadores están continuamente levantando sacos pesados desde el piso hacia sus hombros. Durante el recorrido con el saco a cuestas no podemos descartar una caída y en el peor de los casos una caída cuando el trabajador este subiendo la rampa para depositar el café en la tolva de la guardiola.

Por otro lado, la utilización de hornos es un peligro potencial, debido a que la corriente eléctrica es muy inestable en el municipio de Acatenango. La ausencia de energía eléctrica en las instalaciones paraliza toda la maquinaria excepto los hornos, ya que estos son alimentados con leña. Si se paran las máquinas no se puede llevar a cabo el intercambio de calor y en consecuencia tenemos un aumento exponencial de la temperatura en los hornos. Cuando se ha dado esta situación, los trabajadores deben retirar las brasas de los hornos,

poniendo en peligro su seguridad. En el sistema que se propone se tomarán en cuenta todos los aspectos que nos lleven a tener un proceso seguro.

2.4.2. Patios

En temporadas de baja producción de café, se utiliza este método para el secamiento de café debido a que utilizar las secadoras con hornos representaría un alto costo para la Cooperativa. Se tienen 4 patios para el secamiento de café con unas dimensiones totales de 3,284 metros cuadrados y una capacidad para secar café de 328 quintales pergamino húmedo diarios.

Para hacer el secamiento por este método se procede a extraer el café mojado del silo donde fue almacenado una vez lavado. Se coloca un saco en la salida del mismo y se abre la compuerta. Lleno el saco se traslada al patio previamente seleccionado para secar la partida correspondiente de café, que tardará un aproximado de cinco a siete días en secar dependiendo de las condiciones del clima. Para acelerar este proceso, Cooperativa Acatenango ha forrado los patios con piso de granito, el cual da un mejor tiempo de secado.

Figura 22 Patios de secado



Durante el proceso de secamiento en patios debe tenerse un constante movimiento del café, llamado comúnmente como “rayado”. Este movimiento consiste en que la persona o personas encargadas del patio den vuelta al café cada hora por medio de unos rastrillos de madera diseñados para esta función. Este proceso se realiza para que se seque de una manera uniforme y no genere moho o algún otro tipo de defecto por la humedad.

2.4.2.1. Dimensionamiento de patios.

Cooperativa Acatenango posee cuatro patios de secamiento de café con las siguientes especificaciones.

Tabla I Dimensionamiento de patios

Número de Patio	Dimensiones (m²)	Capacidad de Secado (qq)
1	1300	980
2	1120	844
3	1080	750
4	1026	710
TOTAL		3284

2.4.2.2. Tiempos de secado

Cuando hablamos de secamiento en patios y en específico del tiempo de secamiento de este tipo, es muy difícil calcular un tiempo exacto en el cual el grano estará en su punto óptimo, debido a que las condiciones climáticas que se hagan presentes durante la temporada de corte serán las que rijan el tiempo del proceso. Hay que recordar que en el tiempo de cosecha es temporada de huracanes y tormentas tropicales por lo que el tiempo de secamiento variaría con base a esto. Un aproximado del tiempo de secado podría ser un rango de cinco a siete días sin precipitación pluvial.

2.4.2.3. Mano de obra

El tema de la mano de obra en el secamiento de café por medio de secado en patios, es muy importante y representativo, ya que para realizar un secado uniforme y de calidad debemos tomar en cuenta que el café debe ser movido cada hora por medio de unos rastrillos especiales. A esta operación se le conoce como rayado y emplea básicamente ocho operadores, dos por cada patio.

2.4.2.4. Desventajas de la utilización de patios

El secado de café en patios es la forma artesanal que se ha utilizado desde siempre. Este tipo de secado brinda un excelente sabor de taza y por lo tanto una excelente calidad. El problema surge en que para secar poco volumen de café se necesita mucho espacio. Como ya se dijo antes, Cooperativa Acatenango posee cuatro patios con una capacidad de 3,284 quintales cada 7 días aproximadamente, la cual es completamente insuficiente

para los volúmenes de producción que manejan en temporadas altas. Es tan alta la demanda de secado que ni utilizando ambos procesos se logra cubrir. Se ha tenido que recurrir a secar lo que se puede en las secadoras con hornos y tirar en los patios el resto. Se ha llegado a tirar café en los patios con un grosor de hasta 45 centímetros, cuando un grosor de cinco centímetros es el recomendado. Debido a que es demasiado café en los patios comienza a crear moho y otros problemas derivados de la humedad. Una vez el café presenta estos defectos por excesiva humedad es imposible devolverle su calidad y se deberá vender como café de segunda calidad. Esto representa un margen de contribución menor para los asociados de la Cooperativa Acatenango.

2.5. Almacenamiento

Una vez el café ha llegado a su punto óptimo de secado (10% de humedad) está listo para ser almacenado. Cooperativa Acatenango tiene cierto procedimiento de almacenaje, el cual se realiza como sigue:

- a. Verificar que los sacos que se utilizarán para el almacenamiento del producto sean los idóneos y se encuentren en buen estado.
- b. Llenar los sacos sólo con café que ha sido previamente inspeccionado y se ha determinado que está en su punto óptimo (humedad al 10%).
- c. Verificar que se llenen sacos de partidas iguales. No es permitido mezclar partidas bajo ninguna circunstancia.
- d. Pesar el saco en una romana y llenar hasta que el peso sea de 100 lbs.
- f. Una vez todo el café de la partida correspondiente se ha pesado, se etiqueta y se almacena junto sobre tarimas de madera y separado

como mínimo a un metro de las paredes de la bodega y de otras estibas.

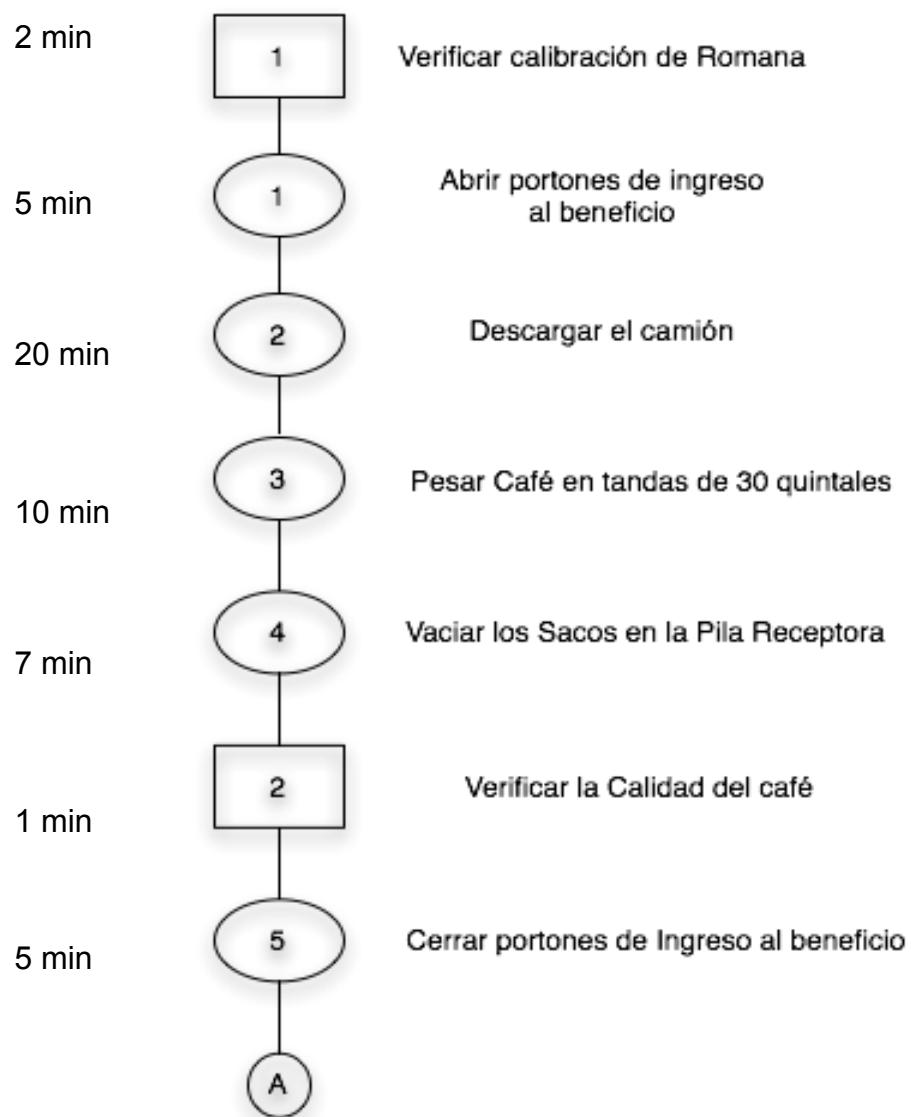
- g. Obtener una muestra al azar de cada partida (2 libras) para enviar a catación.
- h. Verificar los envíos de café a la comercializadora.
- i. Registrar cantidades y números de partidas de todo el café que sale de bodega.

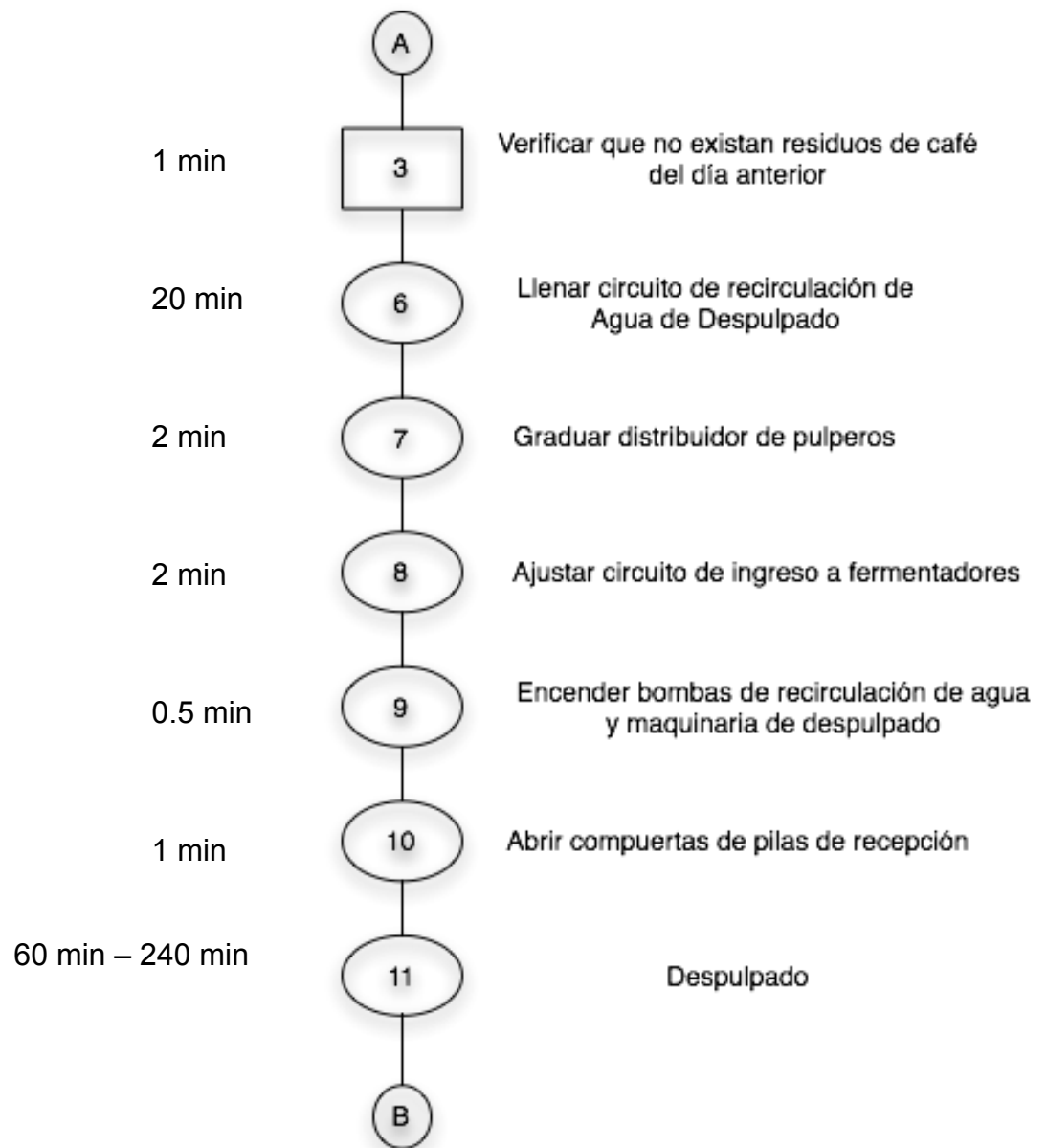
Figura 23 Llenado de sacos de café pergamino antes de embarcarlo al cliente Starbucks

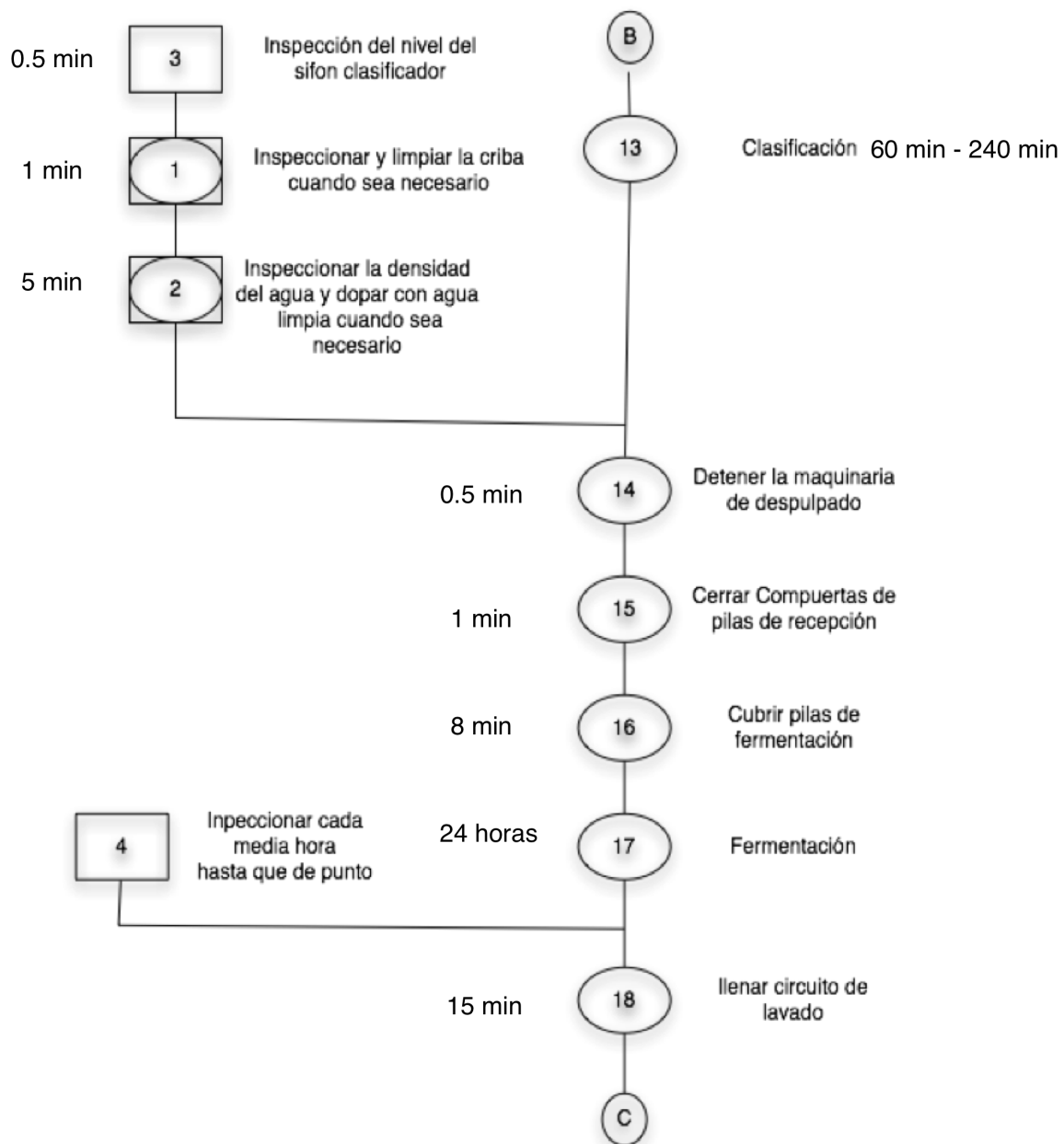


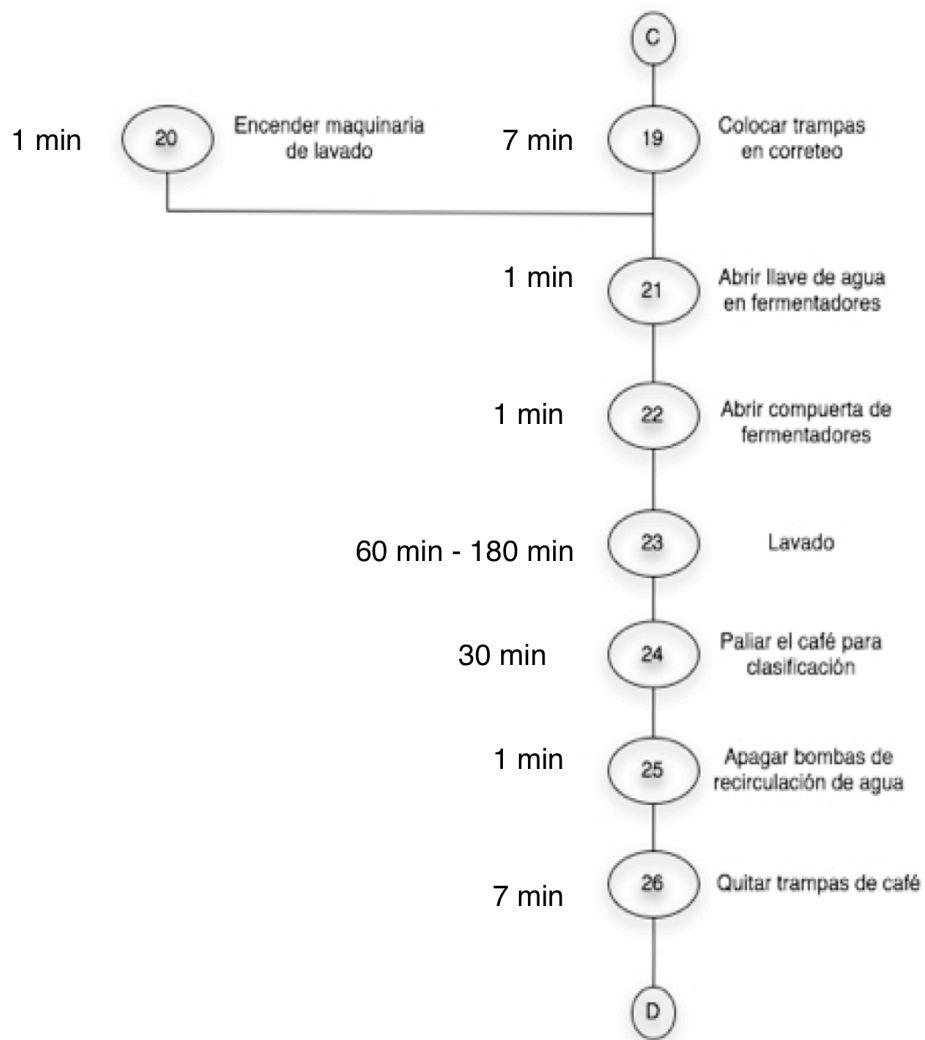
2.6. Diagramas de procesos actuales

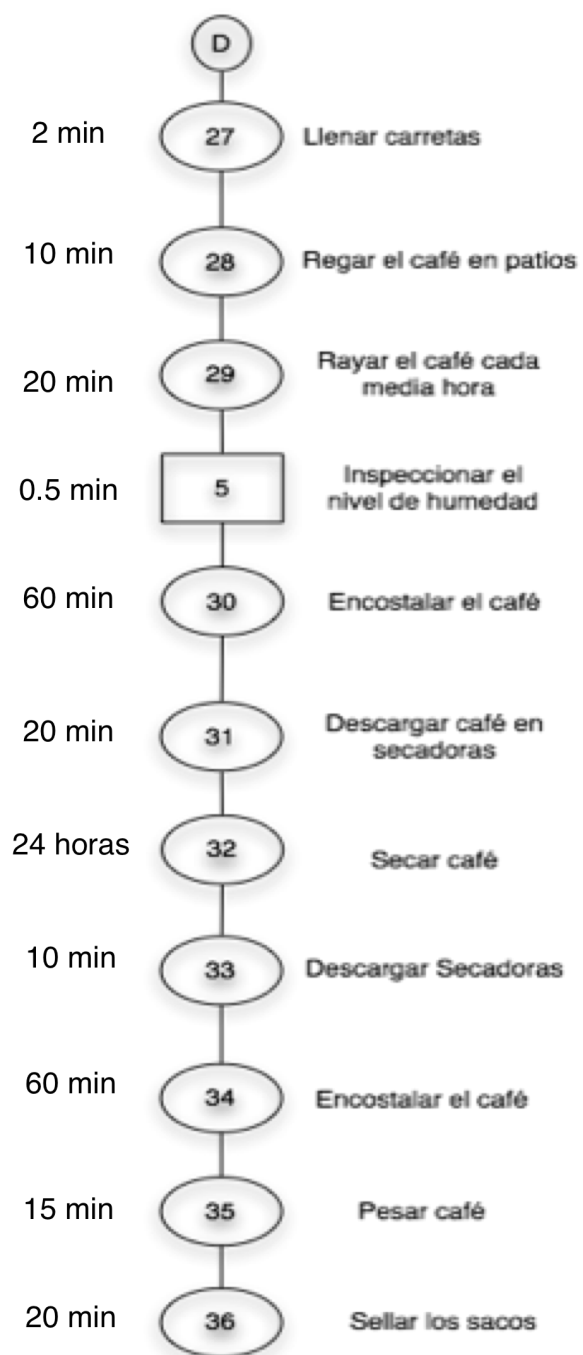
2.6.1. Diagrama de operaciones



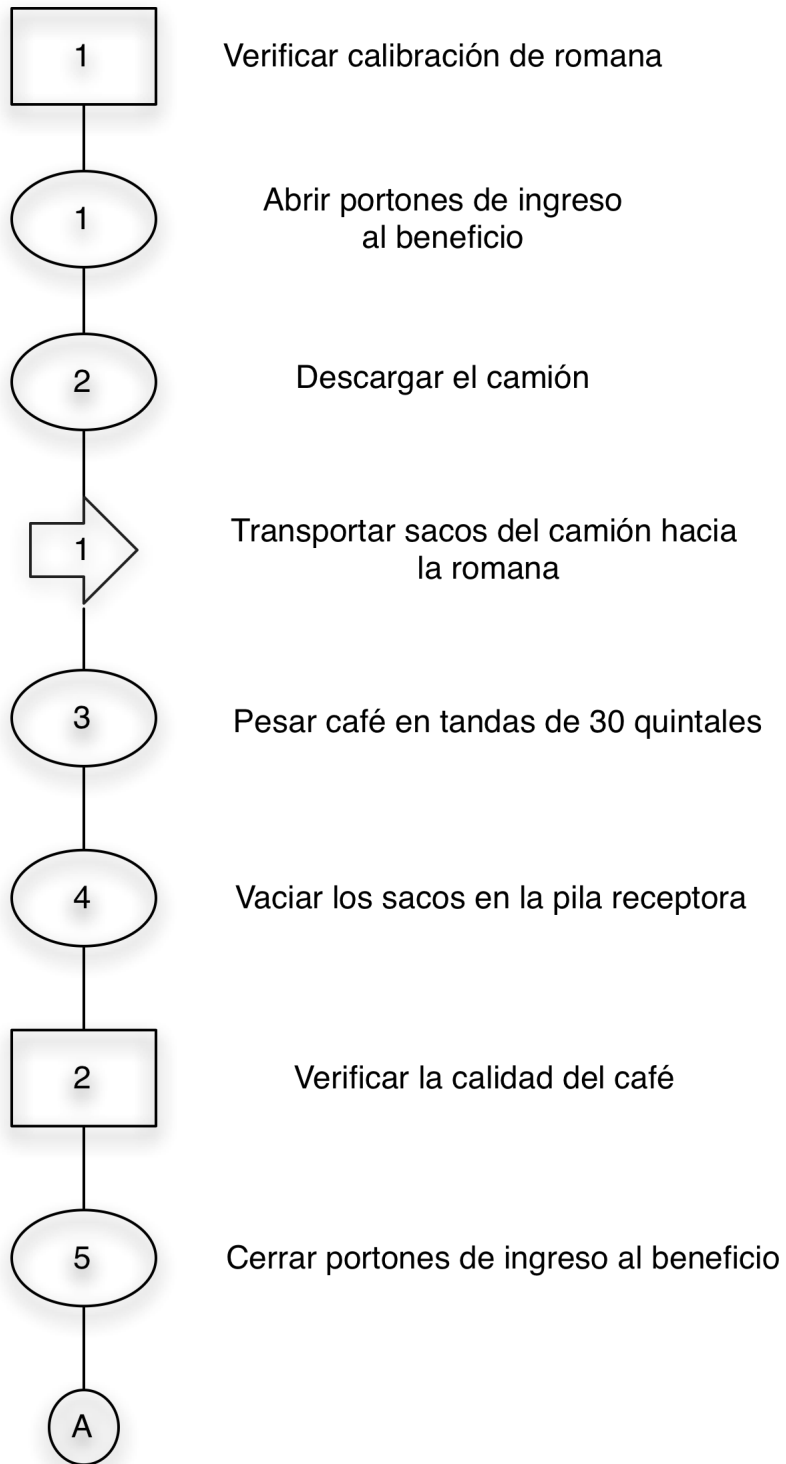


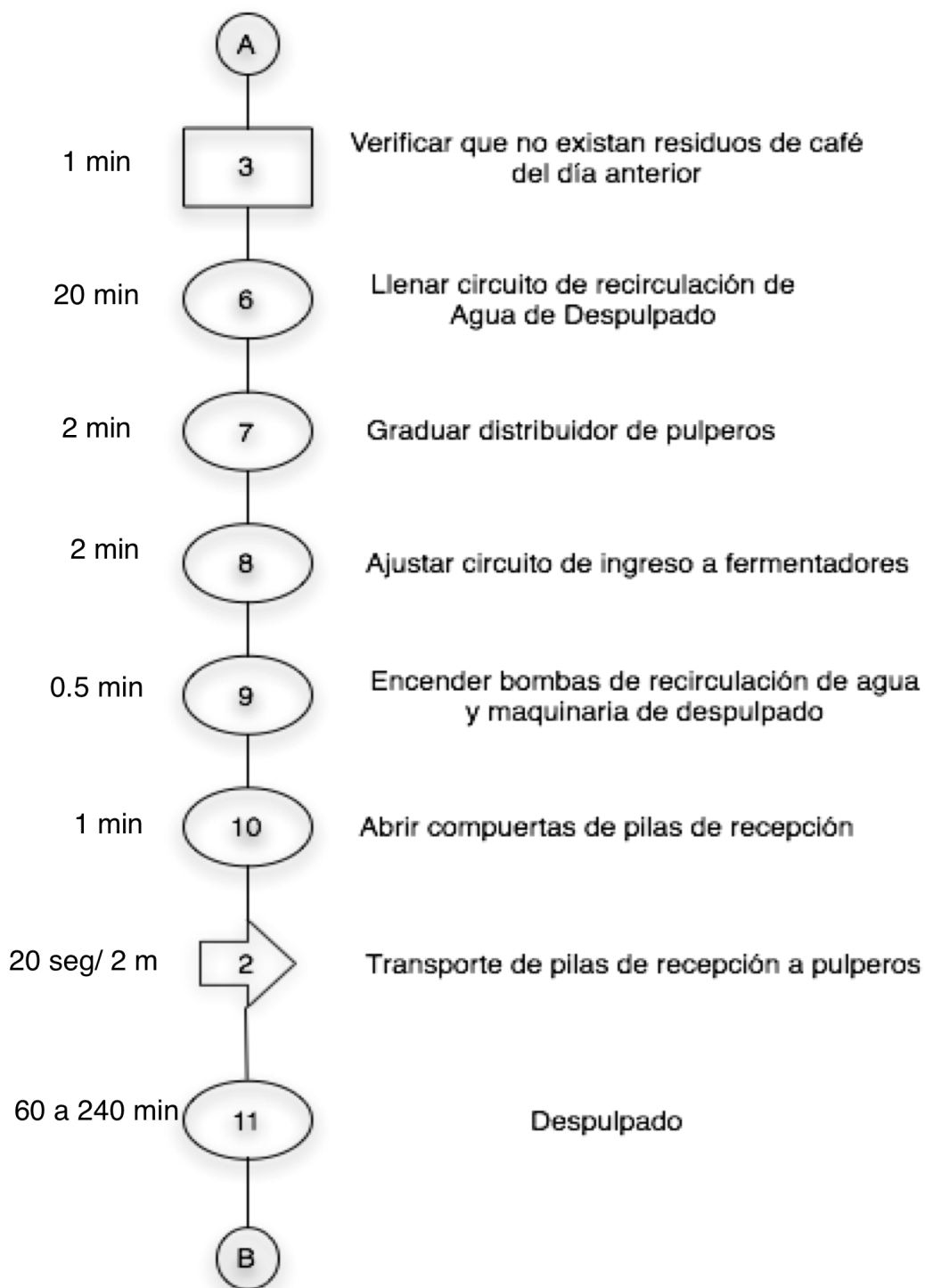


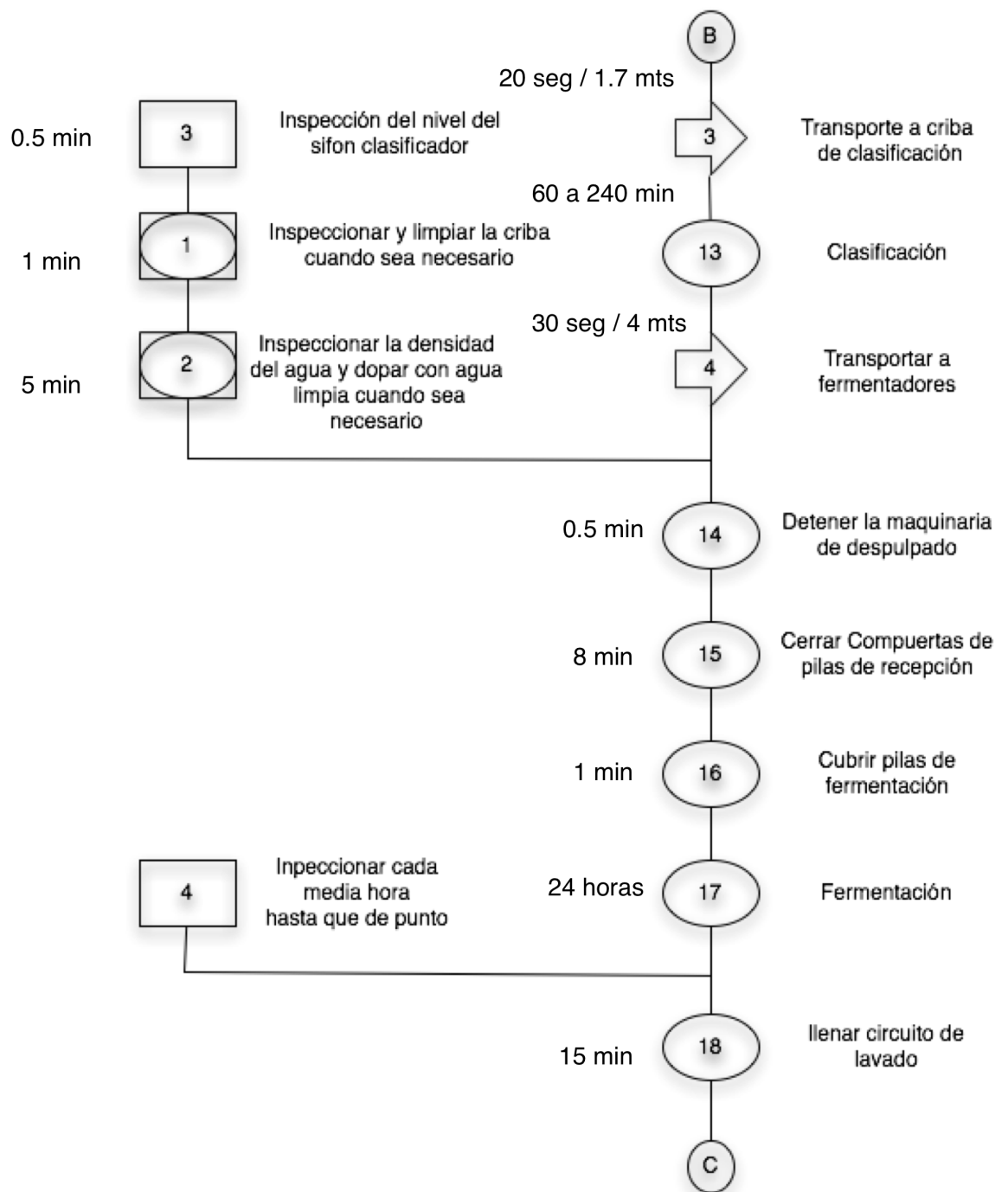


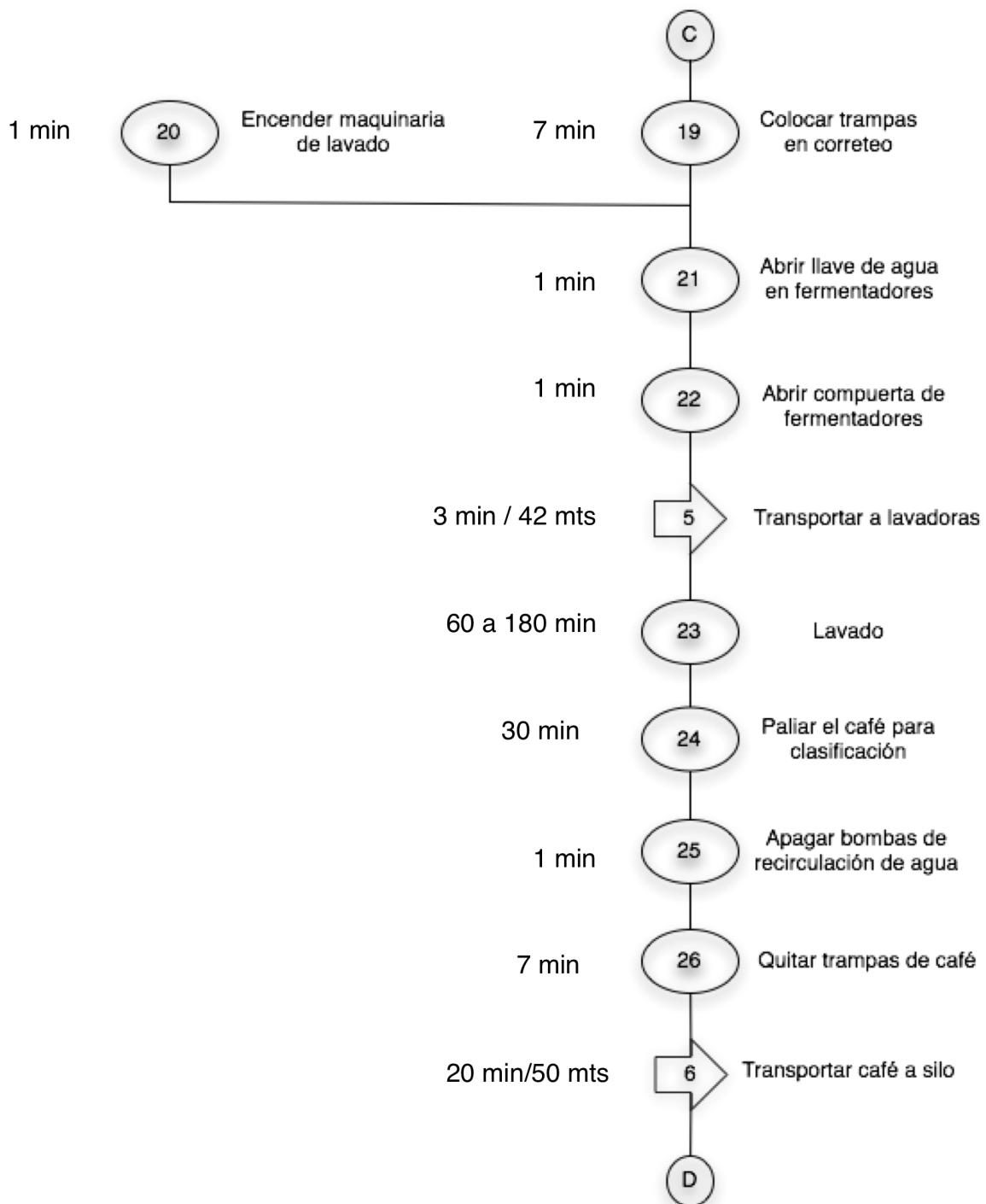


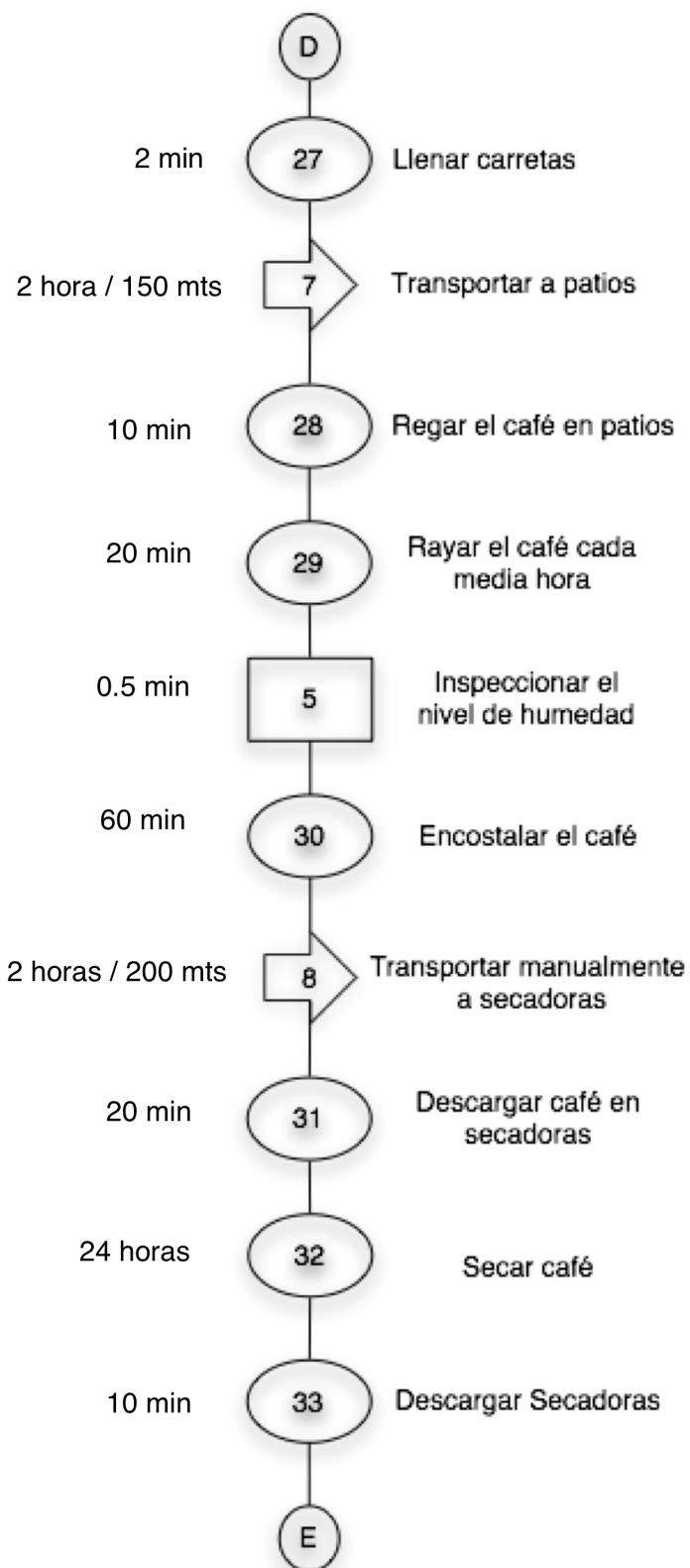
2.6.2. Diagrama de Flujo

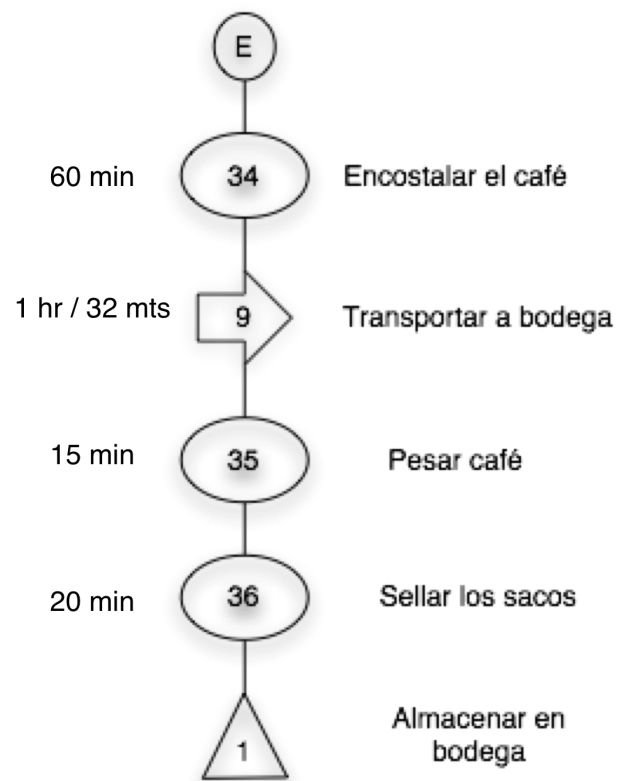




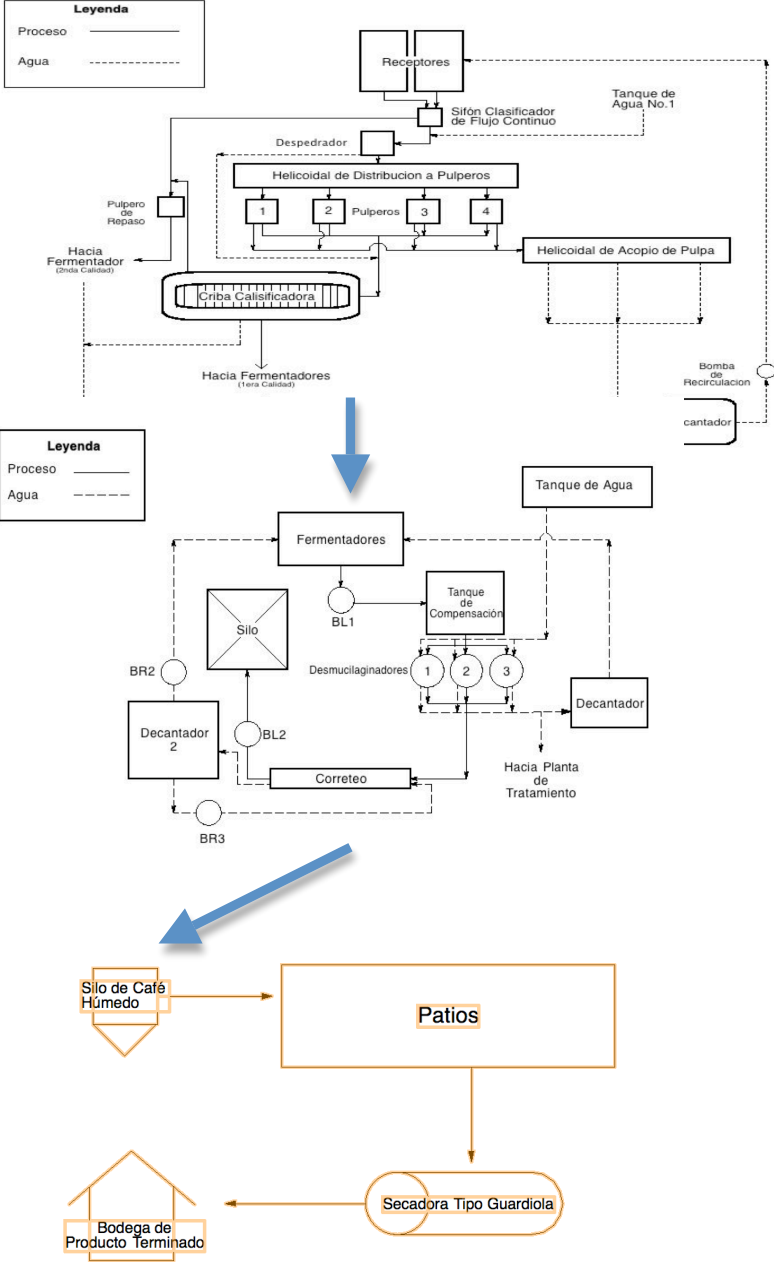








2.6.3. Diagrama de recorrido



2.7. Responsabilidad de la cooperativa con la sociedad

2.7.1. Tratamiento de aguas de lavado del grano maduro

El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en agua residual (aguamiel). Su naturaleza química está relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucílago, debido a que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con el agua limpia. Así se origina su aporte como carga orgánica, del primer y segundo lavado, con alrededor en términos de DQO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) de 43,615 mg O₂/litro, equivalente a 6 kg DQO/ quintal oro. Pero esta aguamiel cuando es sometida al procesamiento en los sistemas de la planta de tratamiento de aguas residuales, se logra separar, por un lado el agua clarificada y por el otro los lodos orgánicos; éstos son un buen aporte de materia orgánica y se pueden mezclar con la pulpa para hacer un compost o abono orgánico que se distribuye a los socios equitativamente.

Figura 24 Planta de tratamiento de aguas residuales



2.7.2. Fabricación de fertilizante a base de pulpa de café

La lombricultura es la tecnología que utiliza a la lombriz de tierra (*Eisenia Foetida*) para la transformación de subproductos orgánicos útiles como la pulpa en abonos orgánicos.

La combinación de lombrices de tierra con diferentes características surge la lombriz *Eisenia Foetida*, más conocida como Coqueta Roja. Es un pequeño organismo que por sus excelentes características ha sido usado por muchos años en la industria y empresas agropecuarias de otros países para la degradación y reciclaje de desechos orgánicos. Estos son transformados en materiales orgánicos, con buena actividad biológica y excelente valor nutricional para las plantas.

Los subproductos de cosechas de café, especialmente la pulpa, son excelentes para la preparación de humus de lombriz. La pulpa representa el 40% del peso del fruto y tiene cantidades variables de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, zinc, boro, etc.

Hay que recordar que años atrás, la pulpa era arrojada en los ríos, contaminándolos y creando una gran demanda química y bioquímica de oxígeno. Por esta razón Cooperativa posee 10 pilas de compost con lo cual procesa toda la pulpa recolectada que queda como residuo del despulpado del café maduro. Este compost es vendido a Q30.00 el quintal y todas las utilidades se utilizan para tanto para la autosostenibilidad del proceso de compost como para disminuir los costos del procesado de café.

Figura 25 Lombricompost



2.7.3. Puesto de salud para las comunidades impactadas.

Cooperativa Acatenango no solo se preocupa del bienestar de sus socios, también esta interesa del bienestar de la población a la cual pertenece, es por esto que con la ayuda de FUNCAFE, una asociación dedicada a la ayuda de pequeños y medianos productores de café, fue fundada hace 8 años en las instalaciones de la Cooperativa Acatenango un puesto de salud. El puesto de salud esta equipado y surtido con medicamentos de bajo costo y es atendido por un estudiante de EPS y una enfermera, los cuales están a disposición tanto de los trabajadores de las fincas de los asociados, como para las personas en general de Acatenango de manera gratuita.

2.7.4. Secretaria para asociados analfabetas

A partir del año 2006, se contrató en el cooperativa a una secretaria para apoyar a los asociados en la forma de llevar sus registros de actividades en el campo y mantener sus datos actualizados y además como un apoyo directo a asociados que no saben leer y escribir (el aspecto del nivel educativo es muy importante a nivel de pequeños productores, sin embargo, se ha logrado superar esta limitante apoyándose en la persona contratada específicamente, como por parte del personal del comité agrícola).

3. SISTEMA PROPUESTO DE SECADO SEMI-AUTOMATIZADO DE CAFÉ

Una vez analizados todos los procesos que se realizan en la Cooperativa Integral Agrícola Acatenango, fue evidente que todos sus procesos están bajo control excepto el secado de café. Como se vio en la capítulo anterior el proceso de secado de café esta generando pérdida de utilidades por contaminación con gases de combustión, moho por un secado ineficaz en patios y un cuello de botella en temporada de cosecha máxima. Si a estos problemas con el producto se le añade un costo excesivo por reemplazo de piezas de los hornos y un factor de inseguridad alto cada vez que se dan cortes en la energía eléctrica en el beneficio, se puede concluir que se debe implementar un sistema diferente para el secado del producto.

A continuación se presenta una propuesta para el mejoramiento del proceso de secado y todos los aspectos generales que se deben de tomar en consideración.

3.1. Aspectos técnicos

Proponer un sistema semi-automatizado en lugar de un sistema completamente automatizado surge de las desventajas que el segundo presenta. Un sistema completamente automatizado es poco flexible, lo cual no es apto para la industria del café, y en comparación con el sistema semi automatizado, el costo inicial del equipo es excesivo.

El sistema de secado semi automatizado que se propone será dividido en tres grandes grupos, los cuales estarán trabajando en forma simultánea para lograr un sistema productivo:

- a. Sistema térmico
- b. Sistema de Secado
- c. Sistema de transporte

El sistema térmico estará comprendido por una caldera pirotubular, seis intercambiadores de calor (Tipo Radiador) y tubería de acero inoxidable con su respectivo recubrimiento térmico para evitar pérdidas de calor.

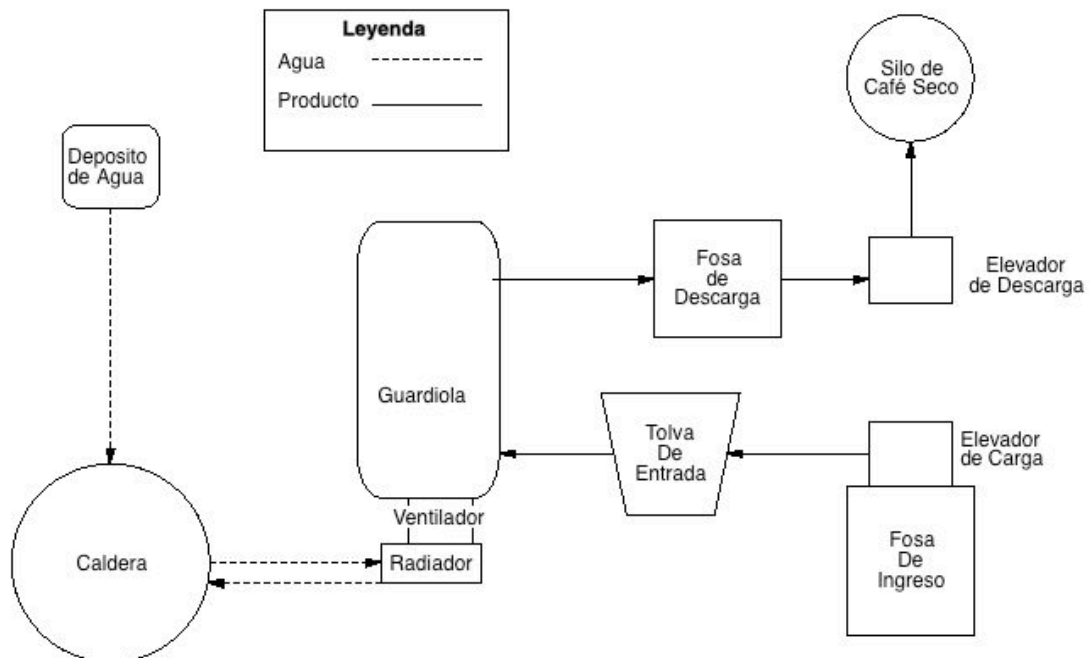
La caldera pirotubular se encargará de elevar la temperatura del agua de 20 grados Celsius hasta 80 grados Celsius, una vez sea alcanzada esta temperatura se procederá a enviar el agua caliente hacia los radiadores los cuales harán un intercambio de calor con el aire proveniente del entorno. Una vez el agua ha cedido su calor, retornará a la caldera y se repetirá el ciclo hasta que el café este completamente seco.

El sistema de secado consiste en seis guardiolas, cada una con su sistema de transmisión y ventilador centrífugo. Los ventiladores centrífugos estarán encargados de tomar el aire del entorno, el cual pasará previamente por el intercambiador, donde elevará su temperatura hasta 60 grados Celsius. Este aire será enviado a los ductos dentro de la secadora (Guardiola). Durante el recorrido se prevé una pérdida de calor de 20 grados por lo que el aire que secará el café estará a 40 grados Celsius. Aire óptimo para el secamiento del café, ya que lo que se pretende es simular la temperatura con la que se seca el grano en los patios.

El sistema de transporte está compuesto por dos elevadores, tres bandas transportadoras aéreas, una banda transportadora subterránea. Los trabajadores encargados del proceso de secado recogerán el café de los patios

y lo transportarán hacia la fosa de entrada, ubicada a nivel del suelo. Una vez se encuentre llena la fosa de entrada, el elevador de carga elevará el café hacia una banda transportadora de carga y luego a una de distribución, la cual depositará el café en la tolva de la secadora que previamente se ha planificado para el secamiento de la respectiva partida. Una vez el café este completamente seco, se descargará la guardiola, el café caerá por gravedad a la tolva de descarga, la cual actúa como embudo y envía el café a la banda transportadora subterránea de descarga. La banda de descarga entrega el café al elevador de descarga del silo, que eleva el café para ser descargado en una banda transportadora aérea que lo envía al silo de almacenamiento de café seco en la bodega. A continuación se presenta un diagrama del proceso previamente descrito para tener un panorama más claro.

Figura 26 Diagrama del sistema de secado propuesto



La capacidad instalada de maquinaria y equipo fue calculado para cubrir las necesidades de producción que poseerá la Cooperativa Acatenango hasta el año 2020. Se proyecta una producción máxima de 10,000 mil quintales maduros diarios. En la siguiente tabla se describen las capacidades de cada maquina y la cantidad de cada una calculada con base en la demanda de café y del equipo.

Tabla II Capacidad del equipo instalado

Equipo	Capacidad/Unidad	Capacidad Total	No. De Equipos
Guardiola	200 quintales de café (despulpado húmedo)	1,200 quintales de café (despulpado húmedo) para cubrir producción diaria.	6
Ventiladores	368 m ³ aire/h	2208 m ³ /h	6
Radiadores	150 kg H ₂ O/h	900 kg/h para suplir la necesidad de los ventiladores	6
Caldera	1,200 kg/h	1,200 kg/h para suplir los radiadores.	1

Una vez vistas las generalidades del sistema propuesto se procede a analizar los diferentes componentes por separado.

3.1.1. Caldera

Una caldera es una máquina térmica que está diseñada para generar vapor saturado. Éste vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado.

Las calderas son un caso particular de intercambiadores de calor, en las cuales se produce un cambio de fase. Además son recipientes a presión, por lo cual son construidas en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas. Existen básicamente dos tipos de calderas:

- a. Acuotubulares: son aquellas en las que el fluido de trabajo se desplaza a través de tubos durante su calentamiento. Son las más utilizadas en las centrales termoeléctricas, ya que permiten altas presiones a su salida y gran capacidad de generación.

- b. Pirotubulares: en este tipo el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente y es atravesado por tubos, en los cuales circula fuego y gases producto de un proceso de combustión. Para el secamiento del café optaremos por utilizar una caldera pirotubular .

3.1.1.1. Calderas pirotubulares

Estas calderas poseen las siguientes características:

- a. Generación de vapor saturado húmedo: esto debido a que no es necesario elevar la temperatura más allá de los 90°C, puesto que el café es sensible a las altas temperaturas y tiende a cristalizarse. El objetivo es que el café se seque a una temperatura lo más cercano a la temperatura en que se secaría en los patios.

- b. Dimensiones mínimas de la caldera: debido al reducido espacio que se posee en el beneficio se desea una caldera con las menores dimensiones posibles que tenga una capacidad apta para suplir la suma de las capacidades de los intercambiadores de calor.
- c. Combustibles naturales: debido al fácil acceso que se tiene a la leña, se necesita que el combustible utilizado para la generación de energía sea la misma.

Sabiendo que la caldera debe cumplir con las características anteriores dadas por el proceso y las demandas de secado se escogió la siguiente caldera:

Nombre del Fabricante: ENGEMAN ENGENHARIA E MANUNTENCAO

País del Fabricante: Brasil

Modelo de la Caldera: MIVAFI

Tipo: Caldera Piro-tubular Vertical.

Capacidad de la Caldera: 1,200 kg/h

Presión Máxima de Trabajo: 6 Kgf/cm²

Combustible: Leña

Figura 27 Caldera pirotubular marca ENGEMAN



3.1.1.1.1. Funcionamiento dentro del sistema

La caldera pirotubular se encargará de brindar la energía calorífica que necesita el agua para que por medio de un intercambiador de calor se eleve la temperatura del aire, el cual será encargado del secamiento del café.

Para su funcionamiento la caldera debe ir acompañada de una serie de instrumentos de medición, tubería y bombas que se enumerarán a continuación:

- a. Una bomba centrífuga Schneider MEAL, con un motor de 3.0 cv, trifásica para alimentación de agua hacia la caldera.
- b. Una bomba centrífuga Schneider MEAL, con motor de 5.0 cv, trifásica Para la recirculación de agua del sistema térmico.
- c. Dos válvulas de Seguridad COMODORO con un diámetro de 1.1/4”
- d. Tres válvulas globo MIPEL. Siendo una con diámetro de 2.1/2” para

entradas de bombas de circulación de vapor y dos con diámetro de 2" para la salidas de las bombas de circulación.

- e. Indicador de nivel COMODORO de diámetro 5/8" x 300mm.
- f. Manómetro de 0-250 lbs/in² con diámetro de 6".
- g. Dos termómetros de vapor de 0-200C con diámetro de 6".
- h. Panel de Control completo.
- i. 70 metros de tubo DIN 2440 con diámetro de 2.1/2" para salida de la caldera y 1.1/2" para retorno a caldera.
- j. Aislamiento para la tubería de vapor.

La caldera será alimentada con leña por un operario, este deberá de estar pendiente de la temperatura y presiones de trabajo. Cuando la caldera esté con las condiciones óptimas para trabajar se comenzará a recircular agua a 80 grados Celsius por el sistema térmico. El agua saldrá de la caldera, pasará por los radiadores (intercambiadores de calor), donde cederá su temperatura al aire que ingrese y luego retornará a la caldera para ser recalentada.

3.1.1.1.2. Tratamiento de agua

El agua es el fluido de trabajo de los sistemas de vapor y una de las sustancias naturales más abundantes; sin embargo, nunca se encuentra en estado puro, adecuado para la alimentación directa de una caldera. Por lo común en estado natural, el agua se encuentra turbia, con materias sólidas en suspensión fina. Incluso cuando está clara, el agua natural contiene soluciones de sales y ácidos que dañan con rapidez el acero y los metales a base de cobre de los sistemas de vapor.

Según los elementos que la acompañan, podríamos considerar las mismas en dos grandes grupos: "Elementos Disueltos" y "Elementos en Suspensión", esto lo constituyen los minerales finamente divididos, como las arcillas y los restos de organismos vegetales o animales; y la cantidad de sustancias suspendidas, que son mayor en aguas turbulentas que en aguas quietas y de poco movimiento.

Es importante destacar que es necesario añadir a las descritas, los residuos que las industrias lanzan a los recursos fluviales procedentes de distintos procesos de producción.

Constituyen los elementos disueltos en el agua, las sustancias orgánicas, los gases disueltos, las sales minerales y la sílice, aunque ésta también suele aparecer como elemento en suspensión en forma de finísimas partículas o coloides.

Las aguas pueden considerarse según la composición de sales minerales presentes, en:

- a. **Aguas duras:** importante presencia de compuestos de calcio y magnesio, poco solubles, principales responsables de la formación de depósitos e incrustaciones.
- b. **Aguas blandas:** su composición principal está dada por sales minerales de gran solubilidad.
- c. **Aguas neutras:** componen su formación una alta concentración de sulfatos y cloruros que no aportan al agua tendencias ácidas o alcalinas, o sea que no alteran sensiblemente el valor de pH.
- d. **Aguas alcalinas:** las forman las que tienen importantes cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio, las que proporcionan al agua reacción alcalina elevando en consecuencia el valor del pH presente.

Los gases disueltos en el agua provienen de la atmósfera, de desprendimientos gaseosos de determinados subsuelos y en algunas aguas superficiales de la respiración de organismos animales y vegetales. Los gases disueltos que suelen encontrarse son el oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico presente procede de la atmósfera arrastrado y lavado por la lluvia, de la respiración de los organismos vivientes, de la descomposición anaeróbica de los hidratos de carbono y de la disolución de los carbonatos del suelo por acción de los ácidos, también puede aparecer como descomposición de los bicarbonatos cuando se modifica el equilibrio del agua que los contenga.

El gas carbónico se disuelve en el agua, en parte en forma de gas y en parte reaccionando con el agua para dar ácido carbónico de naturaleza débil que se disocia como ión bicarbonato y ión hidrógeno, el que confiere al agua carácter ácido.

Los problemas más frecuentes presentados en calderas pueden dividirse en dos grandes grupos:

- a. **Problemas de corrosión:** Para que esta aparezca, es necesario que exista presencia de agua en forma líquida, el vapor seco con presencia de oxígeno, no es corrosivo, pero los condensados formados en un sistema de esta naturaleza son muy corrosivos. En las líneas de vapor y condensado, se produce el ataque corrosivo más intenso en las zonas donde se acumula agua condensada. La corrosión que produce el oxígeno, suele ser severa, debido a la entrada de aire al sistema, a bajo valor de pH, el bióxido de carbono abarca por sí mismo los metales del sistema y acelera la velocidad de la corrosión del oxígeno disuelto cuando se encuentra presente en el oxígeno.
- b. **Problemas de incrustación:** La formación de incrustaciones en el

interior de las calderas suelen verse con mayor frecuencia que lo estimado conveniente. El origen de las mismas está dado por las sales presentes en las aguas de aporte a los generadores de vapor, las incrustaciones formadas son inconvenientes debido a que poseen una conductividad térmica muy baja y se forman con mucha rapidez en los puntos de mayor transferencia de temperatura. Por esto, las calderas incrustadas requieren un mayor gradiente térmico entre el agua y la pared metálica que las calderas con las paredes limpias.

Otro tema importante que debe ser considerado, es la falla de los tubos ocasionados por sobrecalentamientos debido a la presencia de depósitos, lo que dada su naturaleza, aíslan el metal del agua que los rodea pudiendo así sobrevenir desgarros o rupturas en los tubos de la unidad con los perjuicios que ello ocasiona.

Las sustancias formadoras de incrustaciones son principalmente el carbonato de calcio, hidróxido de magnesio, sulfato de calcio y sílice, esto se debe a la baja solubilidad que presentan estas sales y algunas de ellas como es el caso del sulfato de calcio, decrece con el aumento de la temperatura.

De todo esto, deriva la importancia de darle un tratamiento adecuado al agua que se utilizará para la alimentación de la caldera. Se deberá analizar el agua que llega al beneficio para clasificarla como se mencionó al inicio de esta sección y de acuerdo a esto, tratar el agua para evitar daños posteriores a la caldera. Las acciones que se emplearán en el agua del beneficio serán descritas en el capítulo cinco.

3.1.1.1.3. Combustible utilizado

Los combustibles de la madera comprenden toda la biomasa leñosa (troncos, ramas, estaquillas, etc.), aserrín y otros residuos de las actividades de la tala y procesamiento, así como el carbón y otros combustibles derivados en dependencia del proceso de conversión. Las fuentes primarias de combustibles de la madera son los bosques y otras tierras no boscosas.

A pesar de que estos combustibles son a menudo considerados «no comerciables», se comercializan ampliamente y constituyen la fuente principal de ingresos de muchas personas, en áreas rurales y urbanas.

Este tipo de energía es usado por familias, industrias, instituciones y empresas comercializadoras, fundamentalmente en áreas rurales, pero también en las urbanas. Con el aumento de la población rural y las bajas probabilidades de grandes cambios por otras fuentes energéticas, el consumo de los combustibles de la madera continuará aumentando. Los efectos de su uso pueden ser positivos o negativos, a pesar de que son más amistosos con el ambiente y de mayor factibilidad económica cuando lo comparamos con otros combustibles convencionales.

Debido a la ubicación geográfica del beneficio húmedo de la Cooperativa Acatenango, tener acceso a combustibles fósiles es algo caro y complicado. Por otra parte, debido a que las fincas de café de Guatemala manejan sus plantaciones bajo árboles de sombra (Grabilea) y esta sombra debe de controlarse adecuadamente mediante la poda. El acceso que se tiene a la leña procedente de la poda de la Grabilea es de bajo costo, en comparación con otro tipo de combustible y no hay una deforestación.

Se ha descubierto que la cáscara que recubre al café oro que es el pergamino seco (subproducto) es un excelente combustible, por lo que se agrega junto con la leña para disminuir aun más los costos por combustibles.

3.1.1.1.3.1. Costo del combustible

La leña se consigue en las diferentes fincas de la región. Popularmente se maneja una medida llamada “tarea de leña”, la cual consta de una vara de alto por cuatro varas de largo. Cuando se hace la tarea, cada leño es cortado aproximadamente de 50 cms de largo. Se podría decir que una tarea de leña equivale a 1.36 metros cúbicos de leña.

Dado que la caldera tiene un consumo promedio de .8 m³/h y tarda 24 horas en secar el café completamente, el consumo por partida seria de seis tareas de leña, cada tarea de leña tiene un costo de Q. 80.00.

3.1.2. Ventiladores

Un ventilador es un dispositivo mecánico para agitar o mover aire o gas. Básicamente crea una corriente de aire moviendo unas paletas o álabes. Fue inventado en 1882 por el estadounidense Schuyler S. Wheeler.

Se utiliza para desplazar aire o gas de un lugar a otro, dentro de o entre espacios, para motivos industriales o uso residencial, para ventilación o para aumentar la circulación de aire en un espacio habitado, básicamente para refrescar. Por esta razón, es un elemento indispensable en climas cálidos.

Un ventilador también es la turbomáquina que absorbe energía mecánica y la transfiere a un gas, proporcionándole un incremento de presión no mayor de 1000 mmH₂O aproximadamente.

En energía, los ventiladores se usan principalmente para producir flujo de gases de un punto a otro; es posible que la conducción del propio gas sea lo esencial, pero también en muchos casos, el gas actúa sólo como medio de transporte de calor, humedad, etc; como en el caso del sistema propuesto de secado. El ventilador tomará aire del ambiente, el cual pasará por un intercambiador de calor tipo radiador, donde éste será acondicionado para tener

una mejor capacidad de tomar humedad del grano de café. Posteriormente el aire será evacuado de la secadora.

3.1.2.1. Tipos de ventiladores

El sistema de secado está diseñado para operar con ventiladores centrífugos debido a que los ventiladores centrífugos de álabes curvados hacia atrás tienen un rodete con los álabes inclinados en sentido contrario al de rotación. Este tipo de ventilador es el de mayor velocidad periférica y mayor rendimiento con un nivel sonoro relativamente bajo y una característica de consumo de energía del tipo "no sobrecargable". En un ventilador "no sobrecargable", el consumo máximo de energía se produce en un punto próximo al rendimiento óptimo de forma que cualquier cambio a partir de este punto debido a cambios de la resistencia del sistema resultará en un consumo de energía menor. La forma de los álabes condiciona la acumulación de materiales sobre ellas, de forma que el uso de estos ventiladores debe limitarse.

3.1.2.2. Capacidad

Marca: Pinhalense

País de fabricación: Brasil

Tipo de ventilador: Centrífugo

Capacidad del ventilador: 13,000 ft³/h

Velocidad de operación: 1800 rev/min

Figura 28 Ventilador centrífugo



3.1.2.3. Consumo energético

Los ventiladores que se utilizan para el ingreso de aire a las guardiola estarán accionados por motores eléctricos trifásicos, los cuales tendrán una potencia de cinco caballos de fuerza, lo que es equivalente a 3.7 Kw. cada hora que estos estén en funcionamiento.

3.1.3 Intercambiadores de calor

Un radiador es un intercambiador de calor, un dispositivo sin partes móviles ni llamas, destinado al aporte de calor de algún elemento o estancia. Forma parte de las instalaciones centralizadas de calefacción. Cuando el dispositivo tiene la función contraria se denomina disipador.

El nombre de radiador proviene de que al principio, cuando se inventó, se suponía que el calor se intercambiaba por radiación pero, dada la escasa superficie que presenta, solamente en pocos casos esto es cierto, cuando su temperatura superficial supera los 70°C. La mayoría del tiempo (con los sistemas normales de regulación) no se llega a esa temperatura y la mayor parte del calor se intercambia por convección.

La emisión (o disipación) de calor de un radiador, depende de la diferencia de temperaturas entre su superficie y el ambiente que lo rodea y de la cantidad de superficie en contacto con ese ambiente.

Cuando a un radiador se le añade un ventilador para acelerar su acción, se denomina *ventiloconvector*. La diferencia entre un radiador y un calefactor es que en el radiador no hay producción de energía, se limita a ser un disipador del calor que llega al radiador generalmente por una red de tuberías por las que circula agua calentada en un dispositivo productor de calor (caldera, generalmente) situado en otro lugar.

Este es el principio que utilizaremos para acondicionar el aire que será encargado de eliminar la humedad del café dentro de las secadoras.

Figura 29 Radiadores conectados al sistema térmico



3.1.4. Guardiolas

3.1.4.1. Funcionamiento

Esta es sin duda, la secadora más antigua que existe y además la más popular en Centro América. Fue desarrollada por José Guardiola en la finca Chicolá, Guatemala, y patentada en 1882. A partir de esa fecha ha sido fabricada por diferentes casas comerciales que han venido introduciendo reformas de tipo mecánico.

Las secadoras tipo guardiola consta básicamente de un tambor cilíndrico montado sobre un eje hueco por donde circula el aire caliente; de allí pasa al interior del tambor por medio de tubos radiales perforados. El tambor está dividido por tabiques longitudinales en cuatro compartimentos iguales, con ventanas para carga y descarga. En el interior del tambor se han soldado chapas con figuras y dobleces adecuados para revolver continuamente la masa que se está secando. La superficie externa del tambor está completamente perforada para darle salida al aire usado y en los tabiques perpendiculares al eje van instaladas, en forma radial, piezas triangulares encargadas de evitar que el café se mantenga indefinidamente junto a los mismos. El tambor gira a 3 R.P.M.

3.1.4.2. Capacidad.

Ya que se proyecta tener una capacidad para recibir 1,200 de quintales de café húmedo del área de lavado, se instalarán seis secadoras tipo Guardiola marca *Pinhalense* para cumplir con los requerimientos de secado del beneficio.

El tamaño del tambor es de 1.82 metros de radio y 5.35 metros de largo. Cada Guardiola tiene una capacidad efectiva de 200 quintales de café húmedo. El café recién escurrido, ya superficialmente seco, puede tener una densidad de 45 libras por pie cúbico. Mientras, a punto correcto de secamiento, está alrededor de 23 libras por pie cúbico (8.12 quintales/m³).

El volumen utilizable con relación al volumen bruto del tambor es del 70%. La versión de la marca *Pinhalense*, tiene la diferencia de que el grano se mueve en forma horizontal a lo largo de todo el cilindro a medida que este rota. Posee una estrella a lo largo del tubo de entrada de aire caliente, la que facilita el movimiento del grano en forma horizontal.

3.1.4.3. Consumo energético

Debido a que las secadoras están accionadas por un motor de 5 caballos de fuerza, lo que equivale a 3.47 kW por cada hora que se utilicen. También es importante mencionar que el motor estará conectado a una transmisión la cual reduce su velocidad a tres revoluciones por minuto, la cual es la óptima para este proceso.

Figura 30 Secadora tipo guardiola



3.1.5. Transporte

El transporte del producto de un proceso a otro es uno de los temas más importantes durante el proceso de café, ya que este es realizado por los operarios, los cuales ponen en riesgo su seguridad y salud. Por otra parte, es completamente ineficiente realizar este tipo de transporte ya que se emplea demasiado tiempo en realizarse. Es por estas razones que se propone realizar el transporte del producto mecánicamente durante todo el proceso de secado.

3.1.5.1. Bandas transportadoras

Los sistemas mecanizados aprovechan la fuerza de un motor para mover las superficies de transporte ya sean, éstas bandas o rodillos vivos. Estos sistemas permiten automatizar el manejo de materiales así como hacer más eficiente y rápido el traslado de los mismos. Permiten además establecer ritmos de trabajo en las diferentes estaciones de proceso colocadas a lo largo del transportador. Se justifican cuando la producción y/o el manejo de materiales es intensivo y se busque mayor eficiencia en las operaciones.

Las bandas transportadoras constituyen sistemas mecanizados para transporte de materiales. En su forma más elemental, consisten en una banda que recibe su tracción mediante rodillos especiales los cuales a su vez son conducidos por motorreductores. La banda es fabricada, según su aplicación, con materiales y dimensiones diferentes y sirve directa o indirectamente para transportar los materiales.

Para el proceso de secado de café pergamino húmedo se propone implementar cuatro bandas transportadoras, tres aéreas y una subterránea.

Para tener un mejor entendimiento del funcionamiento de las bandas transportadoras, ver figura 27.

La banda donde se recibe el café debe tener la característica de formar un ángulo por el centro (forma de “v”), esto con el objetivo de evitar que los granos del café se salgan de la banda y generen mermas.

Figura 31 Banda transportadora de carga



3.1.5.2. Elevadores de cangilones

Un elevador de cangilones es un mecanismo que se emplea para el acarreo o manejo de materiales a granel verticalmente (como en el caso del café). Sería el equivalente vertical de la cinta transportadora.

Los cangilones pueden ser triangulares en secciones transversales e instalados muy cercanos unos de otros con un claro muy pequeño entre cada uno, conocido como "elevador de cangilones continuo" y su principal aplicación es la del manejo de materiales difíciles de transportar a una baja velocidad.

Los primeros elevadores de cangilones fabricados utilizaban cadenas planas con cangilones metálicos espaciados a pocas pulgadas. Hoy en día en su mayoría son utilizadas bandas de hule con cangilones plásticos. Se utilizan también poleas de varios pies de diámetro tanto en el extremo superior y el inferior. La polea superior o "polea conducida" es puesta en marcha por medio de un motor eléctrico.

Figura 32 Elevadores de carga y descarga



Los elevadores que se utilizarán para tomar el café de la fosa de entrada y elevarlo a las bandas transportadoras aéreas tendrán las siguientes características:

Marca: Pinhalense

Motor: 2.23 kW

Capacidad: 120_{qq}/hr

Altura: 15 mts

Tipo: Cangilones de plástico y banda de hule.

Figura 33 Elevador con cangilones de plástico



3.1.5.3. Distribuidores

Para distribuir uniformemente el café en la tolva de entrada de la secadora tipo Guardiola, se encausará el café por medio de unos distribuidores. Estos tendrán forma de “Y” y estarán colocados uno en cada extremo de la banda aérea.

Figura 34 Distribuidores de bandas transportadoras



3.1.5.3. Consumo energético

El consumo energético de cada componente de transporte está dado por la siguiente tabla:

Tabla III Maquinaria de transporte

Máquina	Potencia (HP)
Elevador de Carga	3
Elevador de Descarga	3
Banda de Carga	3
Banda de Distribución	3
Banda de Descarga	3
Banda subterránea	3
TOTAL	24

3.1.6. Seguridad industrial

La Seguridad industrial se ocupa de proteger la salud de los trabajadores, controlando el entorno del trabajo para reducir o eliminar riesgos. Los accidentes laborales o las condiciones de trabajo poco seguras pueden provocar enfermedades y lesiones temporales o permanentes e incluso causar la muerte. También ocasionan una reducción de la eficiencia y una pérdida de productividad de cada trabajador.

El costo directo de un accidente está representado principalmente por los salarios de la persona lesionada durante el periodo de su incapacidad y su atención médica en caso de incapacidad permanente. Este costo ordinariamente es cubierto por el Seguro Social (IGSS) o con compañías aseguradoras.

Muchas empresas consideran que el accidente queda liquidado al realizar estos gastos, pero aunque son los más notorios por realizarse cerca del accidente, sólo representan una quinta parte del costo total.

Los costos indirectos de los accidentes son también llamados ocultos por lo difícil de su cuantificación; sin embargo, son los más importantes, siendo cuatro o cinco veces mayores que los costos directos.

Las consecuencias directas de los accidentes pueden ser, daños físicos al trabajador con incapacidades parciales, totales, temporales y permanentes, que le reducen sus ingresos económicos y el efecto negativo que le causa a la familia del trabajador. Además una empresa donde hay muchos accidentes de trabajo, crea climas de descontento laboral que puede dar origen a conflictos entre la empresa y los trabajadores.

El factor, casi determinante de los accidentes de trabajo, lo constituyen los actos inseguros, las condiciones inseguras, la supervisión y la educación del trabajador. Se ha determinado que todas las sub-causas que influyen pueden reducirse a tres: actitud inapropiada, no se quiere; falta de conocimiento, no se sabe; incapacidad física o mental, no se puede.

Podemos ver entonces la importancia de la seguridad industrial, tanto por el lado de la seguridad física y psicológica que se le ofrece al trabajador, como por el aumento de los costos de producción del beneficio. Ya que el proceso es semi-automatizado, la mayoría de acciones que realicen se hará con mandos a distancia y en las operaciones que deban ser manuales se tomarán las medidas respectivas, las cuales se verán a continuación.

3.1.6.1. Caminamientos

Como se menciono anteriormente, la mayoría de operaciones será realizada con mandos a distancia, por lo que la interacción entre los trabajadores y la maquinaria se verá reducida a unas cuantas operaciones de rutina y al mantenimiento al que está sujeto la maquinaria industrial.

Debido a la naturaleza del proceso productivo, es imprescindible utilizar la gravedad a nuestro favor para generar movimiento del producto y tener un ahorro considerable de energía. Es por esto que existe maquinaria que está elevada, con sus respectivos motores y accesorios.

Para garantizar la seguridad del trabajador se ha diseñado una red de caminamientos a lo largo de la maquinaria elevada, con su respectivo barandaje donde corresponde, para minimizar la posibilidad de tener un accidente laboral.

Con esto, también se facilita la locomoción de los trabajadores al realizar maniobras de operaciones o trabajos de mantenimiento de la maquinaria industrial.

Figura 35 Caminamiento de acceso a segundo nivel



3.1.6.2. Escaleras de acceso

Como se dijo en el inciso anterior, por la naturaleza del proceso debe utilizarse maquinaria elevada, por lo cual los trabajadores deben tener acceso, tanto para realizar maniobra de operaciones y rutinas de mantenimiento. Existen cuatro escaleras, dos escaleras que utilizan para subir hacia las maquinarias elevadas y dos escaleras que se utilizan para descender hacia las maquinarias subterráneas.

Todas las escaleras poseen escalones planos, esto con el objetivo de mejorar la estabilidad del pie cuando se utilicen y disminuir el riesgo de un resbalón. Otra característica importante de las escaleras es que poseen un aro de protección a lo largo de toda la escalera.

Figura 36 Escaleras de acceso



3.1.6.3 Equipo de protección personal

Las Guardiolas de café, como se dijo antes, secan por medio de aire que ingresa a una temperatura óptima a ésta. Ya que es un flujo continuo de aire el que entra a la Guardiola, debe tener un método de escape. La Guardiola está perforada a lo largo de su superficie con el fin de evacuar el aire que ya ha perdido temperatura. Cuando el café está llegando a su punto de secado, desprende parcialmente, por el movimiento de café que se da dentro de la Guardiola una cascarilla fina, la cual es evacuada por medio del aire que sale. Esta cascarilla es dañina para el sistema respiratorio de los trabajadores, por lo que utilizará mascarillas y lentes industriales para evitar problemas derivados de esto.

Figura 37 Mascarilla reforzada



Fuente: http://www.macode.es/images/mascarilla_reforzada.jpg

Por otra parte, el ingreso de la leña al hogar de la caldera se hace manual, esto trae como consecuencia heridas múltiples en las manos del operador a la hora de realizar la operación. Para esto se implementarán guantes de cuero que lo protejan del continuo roce con la madera y de las astillas que esta posee. El operador de la caldera, también está expuesto al hogar de la caldera

directamente, ya que esta se alimenta con leña, puede desprender partículas a altas temperaturas que puedan lastimar los ojos del operador. Para contrarrestar esta situación, se implementará el uso de lentes industriales para evitar que cualquier partícula ingrese a los ojos.

Para todo el equipo personal se hará firmar al trabajador de recibido y se tendrán repuestos en la bodega de insumos para reponer el equipo cuando este se encuentre desgastado por uso.

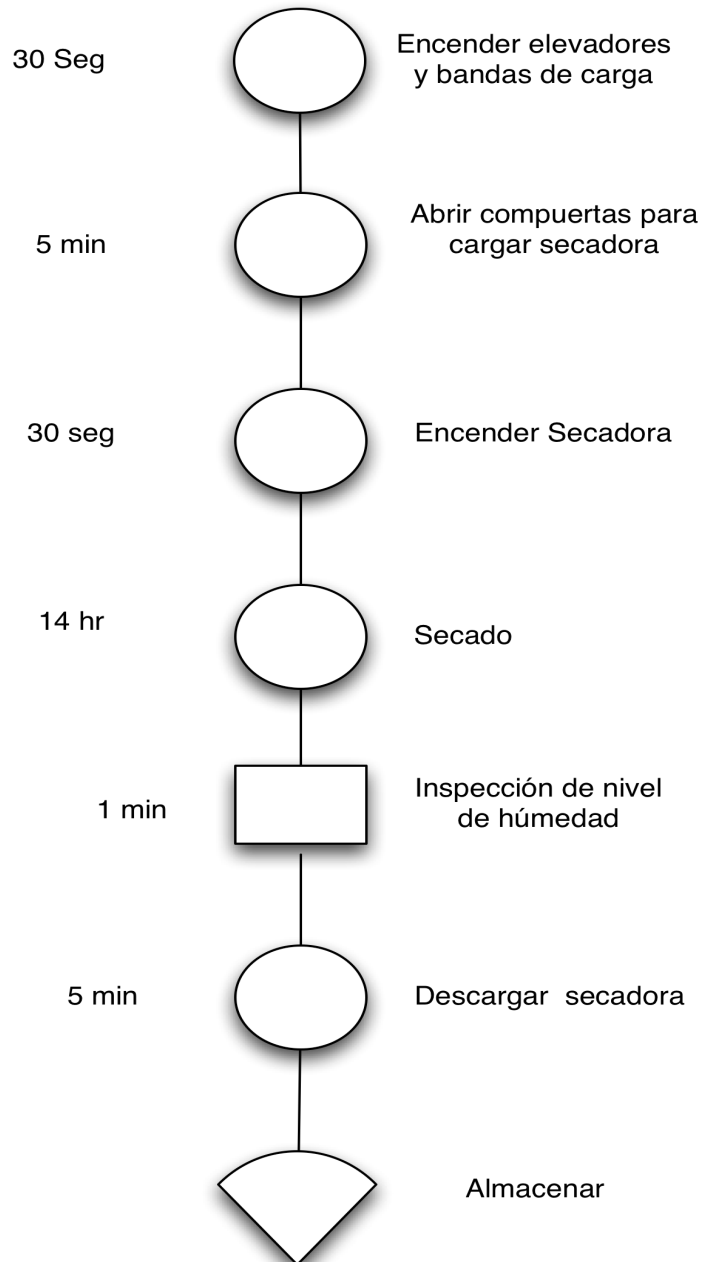
Figura 38 Lentes de protección



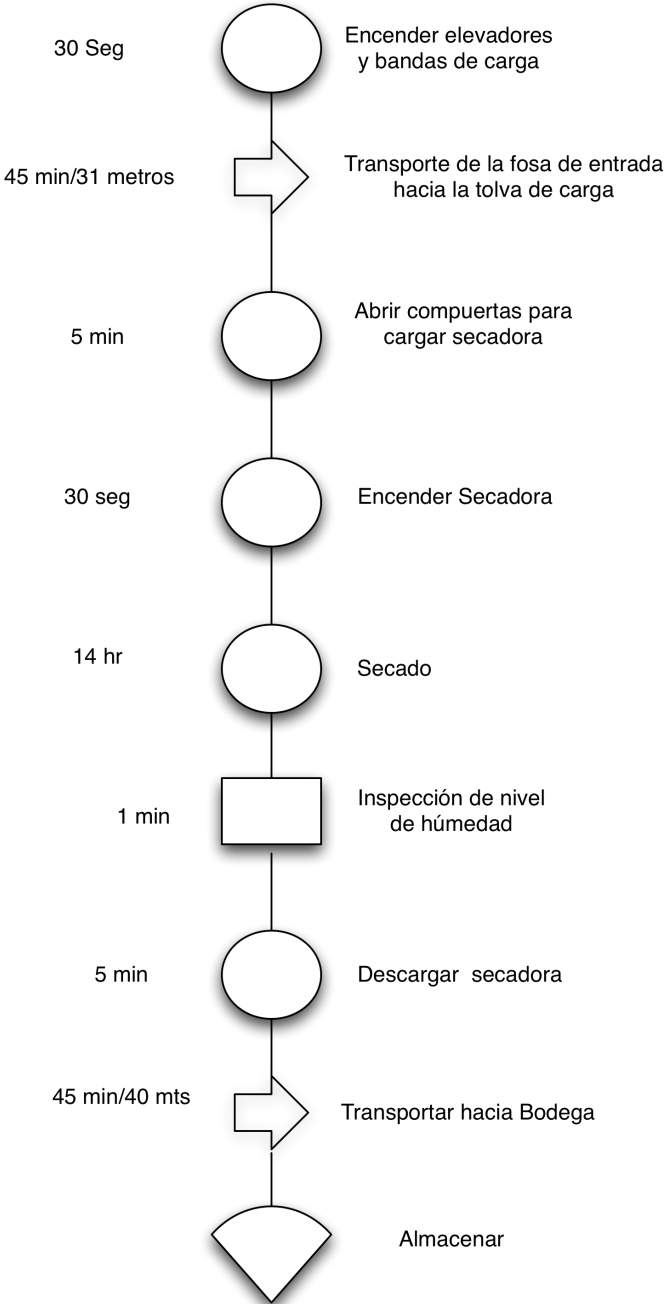
Fuente: http://www.seguridadnativa.com.ar/productos/img_gdes/anteojo_crews_storm.jpg

3.1.7. Diagramas de proceso

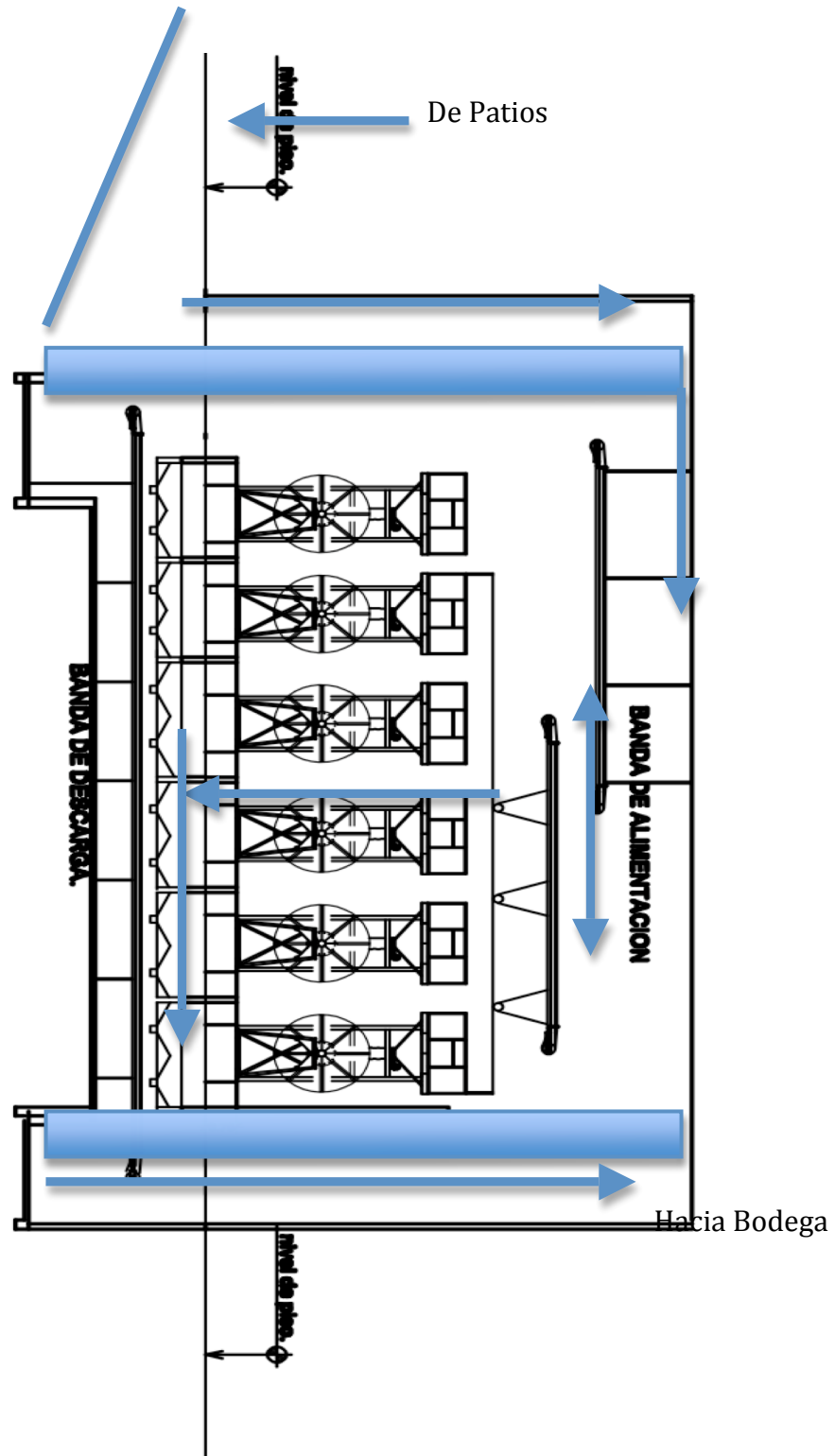
3.1.7.1. Diagrama de operaciones



3.1.7.2. Diagrama de flujos del proceso actual



3.1.7.3. Diagrama de distribución del proceso actual



3.2 Aspectos administrativos

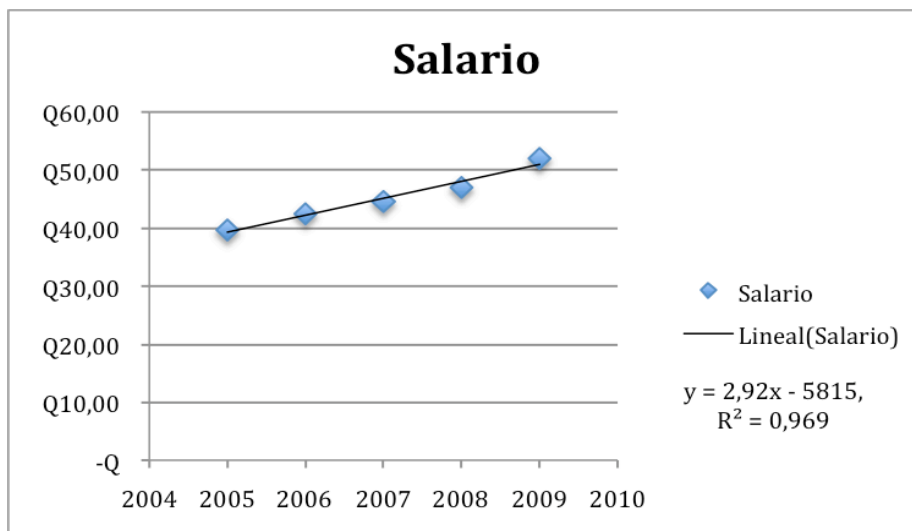
3.2.1. Mano de obra

En la contabilidad general de las empresas se entiende por mano de obra el coste total que representa el montante de trabajadores que tenga la empresa incluyendo los salarios y todo tipo de impuestos que van ligados a cada trabajador. La mano de obra es un elemento muy importante, por lo tanto su correcta administración y control determinará de forma significativa el costo final del producto o servicio.

Debido al re ajuste anual que se da en los salarios mínimos, la administración de la Cooperativa debe de pensar en invertir en tecnología para reducir notablemente sus costos de mano de obra, los cuales son un buen porcentaje del costo total de producción.

En la siguiente grafica se puede observar el movimiento de los salarios mínimos en los últimos años.

Figura 39 Proyección de salarios



Con base en estos datos históricos se puede pronosticar, con cierto grado de error, el comportamiento de los salarios en los próximos años. La tabla siguiente tiene las proyecciones basadas en los datos históricos.

Tabla IV Proyección de salarios

Año	Salario
2005	Q39.67
2006	Q42.46
2007	Q44.58
2008	Q47.00
2009	Q52.00
2010	Q54.20
2011	Q57.12
2012	Q60.04
2013	Q62.96
2014	Q65.88

Actualmente el proceso de secado de café utiliza 15 trabajadores, exclusivamente para cargar el café a las Guardiolas en un tiempo aceptable. Estos 15 trabajadores serian re ubicados en nuevos proyectos que la Cooperativa está por desarrollar a corto plazo.

3.2.2. Capacitación de los operadores

Para manejar el nuevo sistema de secado, se necesitarán únicamente dos trabajadores en ésta área, por lo que se les deberá dar una capacitación adecuada del manejo de todos los equipos que se instalarán.

También se realizarán simulaciones de secado meses antes de la cosecha, esto con el objetivo que toda la teoría que se dio a los operadores sea puesta en práctica por los mismos.

3.3 Aspectos económicos

La decisión de utilizar un sistema semi-automatizado para el secado de café depende en gran medida del costo del sistema y los beneficios económicos que se esperan. Los sistemas semi-automatizados de secado de café tienen un alto costo inicial comparado con otras alternativas de secado; sin embargo, este sistema posee una serie de ventajas sobre el sistema actualmente instalado.

Debido a estas características de los sistemas de secado semi-automatizados, el costo a largo plazo debe usarse para determinar si el sistema es factible económicamente. En el presente inciso del capítulo se muestra cómo estimar el costo inicial de un sistema de secado semi-automatizado a partir de las características del proyecto propuesto.

También se muestra un método para determinar el costo a largo plazo del sistema de secado semi-automatizado comparado con el sistema actual, tomando en cuenta gastos de reemplazos de equipo, operación, mantenimiento y combustible.

3.3.1 Inversión inicial

La inversión inicial contemplada para este proyecto es alta, por lo que tenemos que tomar en cuenta muchos factores que influirán a la hora de invertir. Para comenzar, se sabe que el café de Guatemala es cotizado cada vez más alto debido al prestigio que está alcanzando internacionalmente, esto genera que cada año se incremente el precio que se paga por un quintal de café de especialidad. Para generar un café de especialidad se debe comenzar desde la recolección del grano y el proceso del mismo. Si el café se procesa mal en cualquiera de sus etapas que vimos en los capítulos anteriores, el café pierde su calidad y no es aceptado en la comunidad internacional como café de especialidad. Es por esto que debemos de instalar maquinaria que nos procese un café de calidad, para no perder clientes en el mercado internacional por defectos producidos en nuestros cafés debido a maquinaria con tecnología obsoleta y procesos improductivos.

Por las razones planteadas anterior mente, todo el equipo utilizado para la propuesta del sistema semi-automatizado fue cotizado en la empresa Pinhalense, la cual tiene una gran trayectoria a la vanguardia en la tecnología en todo lo referente a maquinaria agrícola.

3.3.1.1. Sistema térmico

Descripción de Equipo	Costo
Caldera vertical de 2 pasos Fuego a leña Producción de 1,200 kg/h Capacidad para suplir 6 secadoras Pinhalense SER 150X	

Accesorios de caldera (válvulas, manómetros, etc.)

6 Intercambiadores de calor tipo “radiador”

Tubería de acero inoxidable

Accesorios de radiadores (válvulas de paso, termómetros, etc.)

Bomba de alimentación de agua a caldera.

Bomba de Recirculación del sistema.

Adaptadores de intercambiadores de calor a secadores.

Aislante térmico para tubería.

COSTO CIF (Puerto Santo Tomás de Castilla) \$118,496.00

Flete Cooperativa Acatenango \$679.00

COSTO TOTAL CIF (Cooperativa Acatenango) \$119,175.00

Q965,317.50

3.3.1.2. Sistema de secado

Descripción	Precio/Unidad	Precio Total
Conjunto de transmisión para secadora con sistema de transmisión constando de engranaje de 162 dientes, 19 dientes, caja reductora y freno.	\$4,175	\$25,050
Conjunto de chumacera Buje de bronce y dado de espejo delantero	\$2,300.00	\$13,800
Conjunto de dado trasero con eje y chumacera	\$1,750.00	\$10,500

Secadora rotativa SRE-150X con ventilador VC-054X y 2 motores eléctricos.	\$21,663.00	\$129,978
Precio Ex-Works		\$179,328.00
Costo adicional por manejo de Contenedores		\$1,500.00
Precio FOB Santos		\$180,828.00
Flete Marítimo		\$15,975.00
Seguro		\$801.00
CIF Puerto Santo Tomás de Castilla		\$197,604.00
Flete Cooperativa Acatenango	\$679.00	\$2,037.00
CIF Cooperativa Acatenango		\$199,641.00
		Q1,617,092.10

3.3.1.3. Sistema de transporte

Descripción	Precio/Unidad	Precio Total
Fabricación de banda transportadora de 2 bandas transportadoras de carga tipo Pinhalense, lo cual incluye: -Banda transportadora de 17.50 mts -Estructura de soporte	Q38,000.00	Q77,600.00

-Rodillos		
-Sistema de transmisión		
-Motor eléctrico		
Fabricación de 1 banda transportadora de descarga de café pergamino, lo cual incluye:		Q72,150.00
-Banda transportadora tipo Dayton		
-Largo de 18.50 mts		
-Estructura de soporte		
-Sistema de transmisión		
-Motor eléctrico		
-Tolva de entrada		
-Boca de descarga		
Elevadores con banda de hule y cangilones de plástico.	Q56,700	Q113,400
Flete de contenedor		Q5500
TOTAL		Q268,650.00

3.3.1.4. Obra Civil

Descripción	Precio Total
Movimiento de tierra	
Cimentación	

Fosas de descarga

TOTAL

Q.126,000

3.3.1.5. Instalación de Maquinaria y Fabricación de Accesorios

Descripción	Costo/Unidad	Costo Total
Instalación de 6 secadoras Rotativas, esto incluye: -Instalación y montaje de Secadoras -Bases y cilindro de transmisión	Q10,900.00	Q65,400.00
Construcción de 6 tolvas de carga de Guardiola, esto incluye: -Tolvas de carga -Bocas de descarga -Bases -Compuertas	Q29,900.00	Q179,000.00
Fabricación de caminamientos para área de secadoras y caminamientos y escaleras para elevadores, esto incluye: -Fabricación de caminamientos -Estructura de soporte -Caminamientos para revisar tolvas de carga, con lámina desplegada. Baranda de seguridad en las dos áreas. -Escalera de acceso. Base de caminamiento de		Q56,950.00

Elevadores de carga.

-Base de caminamientos de elevador de descarga.

-Escalera de acceso y baranda de seguridad

Fabricación de seis tapaderas de fosas de descarga de Guardiola, con dos tapones de registro cada una.	Q1,880.00	Q11,280.00
--	-----------	------------

Instalación de dos elevadores de carga y descarga, esto incluye:	Q2,900.00	Q5,800.00
--	-----------	-----------

-Base

-Cabezal

-Pantalones

-Faja

-Sistema de Transmisión

Instalación de bandas transportadoras. Esto incluye:	Q3,550	Q14,200.00
--	--------	------------

-Bandas transportadoras

-Sistema de transmisión

-Estructura de soporte.

Instalación de una caldera ENEGEMAN, esto incluye:		Q46,300.00
--	--	------------

-Base de baldera

-Tubería

-Radiadores

-Chimenea

TOTAL		Q378,930.00
--------------	--	--------------------

Tabla VI Resumen de costos

Descripción	Costo
Sistema térmico	Q965,317.50
Sistema de secado	Q1,617,092.10
Sistema de transporte	Q268,650.00
Obra civil	Q126,000.00
Instalación y accesorios	Q378,930.00
TOTAL	Q3,355,989.6

3.3.2. Costos de operación

Tabla VII Costos variables de operación

Maquinaria	Potencia (Kw)	Costo de la energía (Kwh)	Horas Utilizadas por Partida	Costo Total
Elevador de carga	2.2	1.05	0.75	Q1.73
Banda de carga	2.2	1.05	0.75	Q1.73
Banda de distribución	2.2	1.05	0.75	Q1.73
Secadora	3.7	1.05	14.00	Q54.39

Banda de descarga	3.7	1.05	0.75	Q2.91
Elevador de descarga	2.2	1.05	0.75	Q1.73
Banda de almacenamiento	2.2	1.05	0.75	Q1.73
Ventiladores	3.7	1.05	14	Q54.39
Bomba de alimentación de caldera	3.7	1.05	14	Q54.39
Bomba de recirculación de caldera	3.7	1.05	14	Q54.39
Caldera (Tareas de leña)	6.0	80.00	-	Q480.00
Total				Q709.14

Tabla VIII Costos fijos de operación

Costo Fijo	Costo/Unidad	Unidades	Total
cano de obra Caldera	Q.1,560	3	Q4,680.00
Mano de obra secado	Q.1,560	2	Q3,000.00
Contratación de potencia	Q.56.36	30	Q1,690.80
Total			Q9,190.80

Tabla IX Resumen de costos

Costos fijos	Q45,954.00
Costos variables	Q25,996.93
Costos Totales	Q71,950.93
Costo Unitario	Q3.27

Sabiendo la capacidad de cada secadora, se puede decir que para un total de 660 quintales de café seco se tendrá un costo de **Q3,440.60**, esto nos da un costo por quintal de café pergamino seco de **Q3.27**.

3.3.3 Valor presente neto

Para hacer una comparación económica con el equipo actual inicialmente se utiliza el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE). El objetivo es amortizar el costo inicial en anualidades y a este sumarle los costos de operación, mantenimiento, energía eléctrica, mano de obra, etc. Esto con el fin de hacer una comparación con el método actual y generar una visión más clara de los beneficios económicos del nuevo sistema.

$$C.A.U.E = I_0 * i(1+i)^n$$

Donde:

*I*₀ = Inversión inicial.

i = Interés.

n = Número de períodos.

$$C.A.U.E. = Q.2,255,989(0.165)*(1+0.165)^5$$

$$C.A.U.E. = Q663747.9$$

Una vez tenemos el costo anual equivalente se debe sumar este al costo de operación y traerlo al presente.

Costos	Factor	Valor Descontado
746,511.90Q	0.869565217	649,140.78Q
757,982.70Q	0.756143667	573,143.82Q
770,920.02Q	0.657516232	506,892.43Q
785,501.70Q	0.571753246	449,113.15Q
802,283.11Q	0.497176735	398,876.50Q
VPN		2,577,166.67Q

La Cooperativa Acatenango en conformidad con los socios que la componen, aportarán Q10 por quintal maduro entregado a la Cooperativa. Este dinero será tomado a la hora de liquidar y se debitará del precio al cual será pagado el café maduro. Esto se hará con la intención que el aporte sea en las proporciones de la participación de cada socio dentro de la Cooperativa.

3.3.4. Beneficio/Costo

Una vez calculados todos los beneficios que el nuevo sistema traerá a la Cooperativa Acatenango y teniendo calculado de la misma manera el costo que representará obtener estos beneficios, se puede utilizar la herramienta del beneficio costo, para saber si los beneficios que se obtienen son representativos y cubren la totalidad de los costos que los generaron. A continuación se presenta una tabla, la cual muestra un resumen de los beneficios obtenidos y los costos, ambos proyectados a cinco años.

Tabla XV Beneficio/Costo

Cosecha	Total de Beneficios Económicos	Total Egresos	Beneficio/Costo
2009 - 2010	Q3,370,012.00	Q746,511.90	4.5
2010 - 2011	Q3,692,985.20	Q757,982.70	4.9
2011 - 2012	Q4,051,024.20	Q770,920.02	5.3
2012 - 2013	Q4,447,681.70	Q785,501.70	5.7
2013 - 2014	Q4,887,605.88	Q802,283.11	6.1

3.3.5. Comparación económica con el equipo actual

Una vez hecho el análisis de los costos de operación e inversión inicial del sistema propuesto se hará la comparación entre ambos sistemas para identificar el sistema que posee las ventajas económicas más favorables para los cooperativistas.

Se procederá a hacer proyecciones para cada sistema con el fin de estimar con cierto grado de error las condiciones futuras y en base a esto tomar una decisión de compra.

3.3.5.1. Sistema propuesto

Como se analizó en incisos anteriores, se estima el costo de secar un quintal de café pergamino, tomando en cuenta la proyección que se hizo de los salarios y el aumento de la energía eléctrica. También se proyectó un 10% de aumento anual en la captación de café cereza en la región. Se hicieron los respectivos cálculos y se obtuvo un estimado del costo de Producción anual del sistema propuesto, el cual se muestra a continuación en la tabla X.

Tabla X Proyección de costos del sistema propuesto

Cosecha	Café Cereza (Quintales)	Café Pergamino (Quintales)	Costos Unitarios	Costo Total de Producción
<i>2008 - 2009</i>	<i>110,000</i>	<i>22,000</i>	<i>Q.3.27</i>	<i>Q.71940</i>
2009 - 2010	121,000	24,200	Q.3.42	Q.82764
2010 - 2011	133,100	26,620	Q.3.54	Q.94234.8
2011 - 2012	146,410	29,282	Q.3.66	Q.107172.12
2012 - 2013	161,051	32,210	Q.3.78	Q.121753.8
2013 - 2014	177,156	35,431	Q.3.91	Q.138535.21

3.3.5.2. Sistema actual

Los cálculos del sistema actual fueron recopilados de la cosecha pasada (2008-2009). Debido al aumento en la captación de café maduro que se estima,

se incremento la contratación de un trabajador para el secado de patios anualmente. Los costos fueron calculados con las mismas proyecciones de salarios y costos de la energía eléctrica con la que fueron calculados los costos del sistema propuesto.

Tabla XI Proyección de costos sistema actual.

Cosecha	Café Cereza (Quintales)	Café Pergamino (Quintales)	Costos Unitarios	Costo Total de Producción
<i>2008 - 2009</i>	<i>110,000</i>	<i>22,000</i>	<i>Q6.68</i>	<i>Q146,960</i>
2009 - 2010	121,000	24,200	Q7.28	Q176,176
2010 - 2011	133,100	26,620	Q8	Q212,960
2011 - 2012	146,410	29,282	Q8.76	Q256,510.32
2012 - 2013	161,051	32,210	Q9.55	Q307,605.5
2013 - 2014	177,156	35,431	Q10.39	Q368,128.09

En la siguiente tabla se pueden ver claramente los ahorros que se obtendrían anualmente si se implementara el sistema propuesto en cuestiones de Costos de Operación.

Este es solo parte de lo que el sistema propuesto ahorraría a los cooperativistas, ya que se deben tocar temas como costos de mantenimiento del equipo propuesto en comparación con el equipo actual, el mercado al que se podrá acceder una vez se logre producir un café sin defectos.

Tabla XII Ahorros que genera el sistema propuesto

Cosecha	Costo Actual	Costo Propuesto	AHORRO
2009 - 2010	Q176,176.00	Q82,764.00	Q93,412.00
2010 - 2011	Q212,960.00	Q94,234.80	Q118,725.20
2011 - 2012	Q256,510.32	Q107,172.12	Q149,338.20
2012 - 2013	Q307,605.50	Q121,753.80	Q185,851.70
2013 - 2014	Q368,128.09	Q138,535.21	Q229,592.88
TOTAL			Q776,919.98\$

3.3.6. Beneficios económicos

El ahorro que se genera en los costos de operación y mantenimiento es importante, sin embargo, no es el más significativo. Para lograr entender el verdadero beneficio económico que el sistema propuesto genera se debe entender como se vende el café a nivel internacional y como influye la calidad del mismo en los precios de venta.

Como se vio en el primer capítulo, Guatemala es uno de los productores más importantes de café de especialidad a nivel internacional, esto debido a que el café Guatemalteco posee todas las características de un excelente café (Cuerpo, Acidez, Aroma), por lo que no deben mezclarse con distintos cafés del mundo para lograr un balance entre estas características.

Que el café provenga de una sola región es algo que actualmente se ha puesto muy de moda en los mercados internacionales, ya que se puede tener una trazabilidad completa del producto, y por lo tanto, garantizar la calidad del mismo.

En el capítulo dos se vio como el café de Cooperativa Acatenango es procesado bajo los mejores estándares de calidad. El problema surge en el proceso de secado, el cual es completamente ineficiente, lo cual crea defectos en el café que son severamente castigados por los catadores de las empresas tostadoras internacionales.

Con el sistema propuesto se pretende eliminar estos defectos en el café y penetrar en mercados donde el café es pagado con un diferencial sobre el precio de la bolsa de Nueva York.

A continuación se hará el análisis sobre los beneficios que se obtienen a la hora de implementar el sistema propuesto y lograr acceder a estos mercados de café de especialidad.

Tabla XIII Total ingreso con el sistema propuesto

Cosecha	Diferencia de Costos de Operación	Diferencia de Costo de Mantenimiento *	Diferencial sobre Bolsa (US\$15/qq)	Total de Beneficios Económicos
2009 - 2010	Q93,412.00	Q300,000.00	Q2,976,600.00	Q3,370,012.00
2010 - 2011	Q118,725.20	Q300,000.00	Q3,274,260.00	Q3,692,985.20
2011 - 2012	Q149,338.20	Q300,000.00	Q3,601,686.00	Q4,051,024.20
2012 - 2013	Q185,851.70	Q300,000.00	Q3,961,830.00	Q4,447,681.70
2013 - 2014	Q229,592.88	Q300,000.00	Q4,358,013.00	Q4,887,605.88

Tabla XIV Total egresos con el sistema propuesto

Cosecha	Costo Total de Producción	CAUE	Total Egresos
2009 - 2010	Q82,764.00	Q663,747.90	Q746,511.90
2010 - 2011	Q94,234.80	Q663,747.90	Q757,982.70
2011 - 2012	Q107,172.12	Q663,747.90	Q770,920.02
2012 - 2013	Q121,753.80	Q663,747.90	Q785,501.70
2013 - 2014	Q138,535.21	Q663,747.90	Q802,283.11

3.4.1. Forma de pago

El pago del proyecto se hará por medio de dos partes: un pago obtenido de la aportación de Q10.00 por quintal vendido de 110,000 quintales de aportación de los socios de la Cooperativa y otra parte por medio de un financiamiento bancario.

3.4.1.1. Financiamiento bancario

Se entiende por financiamiento bancario a la solicitud de dinero para solventar un proyecto determinado, este se estructura en cuotas mensuales a una determinada tasa de interés.

El financiamiento necesario para el pago del proyecto está dado por el monto total del costo del proyecto que es Q3,355,989.00 menos el aporte monetario por la venta de café maduro el cual asciende a Q1,100,000.00. Por lo que el financiamiento necesario es de Q2,255,989.00.

Luego de realizar una investigación acerca de las distintas tasas de interés cobradas por las distintas entidades bancarias, se llegó a la conclusión de que, el Banco de Desarrollo Rural S.A. (BANRURAL) es el que mejor tasa de interés maneja para este tipo de financiamientos, ofreciendo una tasa promedio del 16.5% anual, capitalizable en cinco años. Es importante resaltar que se toma cinco años como periodo de capitalización no debido a la falta de ingresos proyectados para la Cooperativa, sino más bien es porque se toma en consideración que el pago del proyecto no será la única erogación monetaria que la anterior tendrá en ese tiempo.

En cuanto al aspecto procedimental para la obtención del financiamiento se tiene que, el financiamiento a utilizar es de tipo hipotecario, esto debido al monto del mismo y a la falta de un historial de relación bancaria con BANRURAL, en el que esta entidad bancaria exige una garantía como respaldo del financiamiento a otorgar. El otro tipo de financiamiento es el fiduciario pero por el monto y el no querer optar por respaldo de dos o más avales no se opta por este.

3.4.1.2. Autofinanciado

El concepto básico de autofinanciamiento radica en la capacidad de generar ingresos suficientes para financiar un determinado proyecto, cubriendo todo tipo de costos, ya sean de administración, operación, mantenimiento y a la vez generar excedentes que sirvan para otras inversiones o gastos.

El autofinanciamiento del proyecto está basado en la lograr cumplir y sobrepasar las ventas proyectadas de la Cooperativa, obteniendo con esto recursos suficientes para llevarlo a cabo.

Solo parte del monto total será autofinanciado por los socios de la Cooperativa, tomando Q10 del precio que se les dará a los asociados por quintal maduro. La totalidad del monto es imposible que sea financiada ya que le quitaría liquidez a la Cooperativa para ayudar a los más pequeños a costear la cosecha.

3.4.2. Tiempo de recuperación de la inversión

En función de un análisis económico-financiero se tiene que la inversión realizada para el desarrollo y puesta en marcha del proyecto se recuperará en un período de cinco años, tomando en cuenta también otras salidas monetarias que la Cooperativa tenga en este período.

Se pretende pagar el equipo en este plazo ya que se le debe dar mantenimiento al resto de la maquinaria (despulpado, lavado, infraestructura, etc.). Otro punto a tomar en cuenta, es que se tienen proyectos como lombricompost, el cual servirá para emplear a todos aquellos trabajadores que serán reemplazados por el nuevo sistema.

En términos generales, el proyecto se pagaría en un año, si todos los beneficios se utilizarán para costear el mismo, aunque esta opción es completamente descartada, debido a como se dijo con anterioridad, cortaría completamente la liquidez de la Cooperativa Acatenango.

3.5. Responsabilidad de la cooperativa con la sociedad

3.5.1 Posibilidad de contratación para los trabajadores que serán sustituidos por el nuevo sistema

Como parte de la implementación de este nuevo sistema, la junta directiva de la Cooperativa ha decidido celebrar una reunión con todos los asociados para tratar el tema de la contratación de las personas que será afectas por la implementación de este nuevo sistema. Se pretende encontrar entre los productores mas grandes la posibilidad de contratación para la realización de trabajos de campo en las fincas, con el objetivo de no dejar desamparados a estos trabajadores.

4. INSTALACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Una vez se han considerado todos los aspectos decisivos en la implementación de un sistema de secado semi-automatizado, sabiendo los costos iniciales, costos de operación y ventajas que este trae a todos los cooperativistas, tanto en aspectos de calidad como en aspectos económicos, podemos comenzar el análisis correspondientes a toda la logística que la implementación de este proyecto representa.

Debemos de tomar en cuenta que el periodo entre cosechas es de tan sólo seis meses y se debe de planificar de tal forma que se pueda finalizar el mantenimiento respectivo en las demás áreas del beneficio y comenzar todo el proceso de implementación, compra de equipo, transporte, obra civil y todo aquello que se necesite previo al inicio de la cosecha.

A continuación, se desarrollarán los pasos que se seguirán para llevar a cabo con éxito la implementación del proyecto.

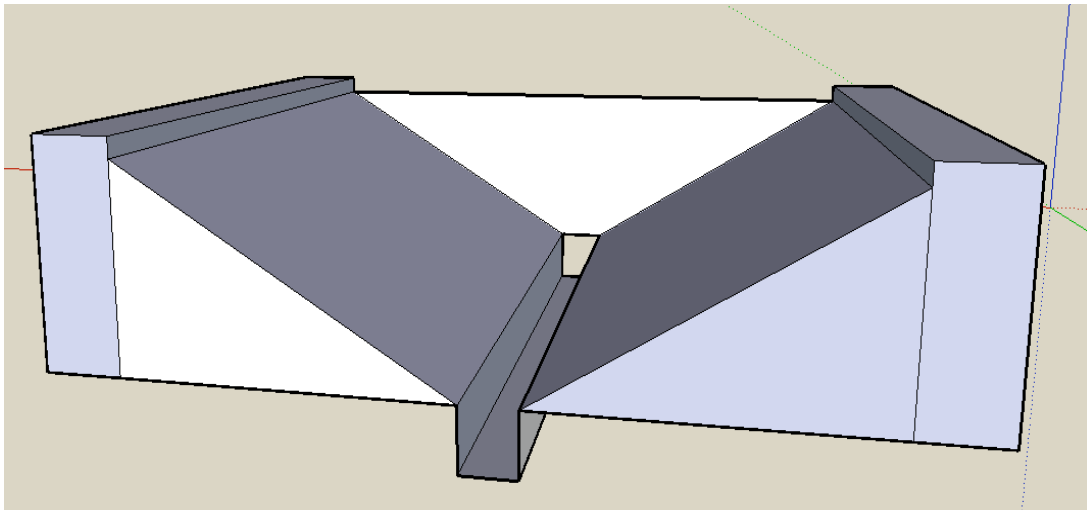
4.1 Construcción de fosas

La construcción de las fosas es uno de los retos principales del proyecto, ya que conlleva un movimiento de tierra considerable, el cual se realizará de una manera manual. Se pretende realizar de tal manera que no se deba retirar más tierra de la necesaria, esto con el objetivo de no realizar un doble trabajo sacando y luego metiendo tierra donde se requiera.

Primero se comenzará por hacer una zanja, en la que una vez fundida se tomara de base para toda la fosa. Esta zanja será la principal, ya que en ella irá instalada la banda transportadora de descarga de café seco y es el nivel más profundo de toda la obra civil.

Una vez retirada la tierra y fundida la zanja se trabajará en los muros que luego servirán como cimentación para el anclaje de toda la maquinaria (esto se verá en el inciso siguiente). Una vez construidos los muros y paredes que separa cada fosa, se procederá a realizar un desgaste a un ángulo de 45 grados. Esto se realizará con el fin de no hacer un doble movimiento de tierra y también para evitar que la tierra quede floja y se tengan problemas posteriores a la hora de hacer una fundición de las paredes de la fosa. Una vez terminada la obra civil se verá como se muestra en la figura siguiente.

Figura 40 Corte transversal de fosa de descarga



4.2 Cimentación

Los volúmenes de café que se procesan en Cooperativa Acatenango son muy grandes, por esto mismo, la capacidad de la maquinaria que se instalará tiene que poder cubrir estas necesidades. Debido a lo anterior, sabemos que el tamaño y en específico, el peso del equipo que se utilizará es considerable. Si a esto se le suma el peso del producto que se cargará a la maquinaria y las

torsiones que sufre debido a la rotación, este equipo debe ser anclado en un cimiento que este en la capacidad de soportar tanto el peso como el torque al que será expuesto a la hora de estar en operación.

Se comenzará por hacer una zanja a la periferia del área donde se colocarán las fosas, una vez hecha la extracción de tierra se fundirá la cimentación con una jaula de hierro, esto con el objetivo de soportar las cargas y torsiones a las cuales estará expuesta.

Figura 41 Cimiento para soporte de estructura



4.3 Tiempos de entrega

Todo proyecto que conlleve la compra de maquinarias, accesorios o algún tipo de insumo posee la constante “tiempo de entrega”. El tiempo de entrega es una de las variables más significativas al hacer la planificación de algún proyecto, es por esto que se deben de hacer cálculos reales sobre los tiempos en que estarán listos los insumos, maquinarias o accesorios.

En el sistema propuesto de secado mecánico semi-automatizado, el tiempo de entrega de la maquinaria es determinante, ya que el equipo que se necesita para realizar el trabajo no se vende en el país, por lo que se comprará en una de las empresas más prestigiosas a nivel mundial y líder en tecnología.

Pinhalense es una empresa especializada en tecnología agrícola, ubicada en Brasil, por lo que la maquinaria debe ser transportada por vía marítima hasta el país. La logística que esto conlleva es delegada al proveedor de la maquinaria, el cual brinda un precio CIF (Cost, Insurance and Freight) de los equipos que se necesita.

Cuando un equipo se pide a empresas internacionales hay que tomar en cuenta varios tiempos. El tiempo desde que se pide hasta que lo fabrican, el tiempo que se tardan en despachar el producto y llegar al puerto de Santos, Brasil. Los tramites aduanales para la salida de bienes del país, el tiempo de salida de barco y entrada a Guatemala. Una vez en Guatemala nuestra maquinaria debe ser descargada del barco, pasar por aduanas, pagar impuestos y ser despachada. Para finalizar, está el tiempo que el transportista interno se hará desde el puerto de Santo Tomás de Castilla hasta Acatenango.

Para todo este proceso, la empresa que provee el producto ha estimado un total de 30 días después de hecho el deposito a las cuentas de la empresa, para que el producto este en el puerto de Santo Tomás de Castilla.

Desde este punto, la empresa encargada de la instalación de la maquinaria y accesorios será la responsable. Para montar todo el equipo y dejarlo listo para trabajar la empresa ha estimado tres meses y medio. Por lo tanto, se tiene un total de cuatro meses y medio desde que se hace el depósito hasta que la maquinaria está instalada y lista para utilizarse.

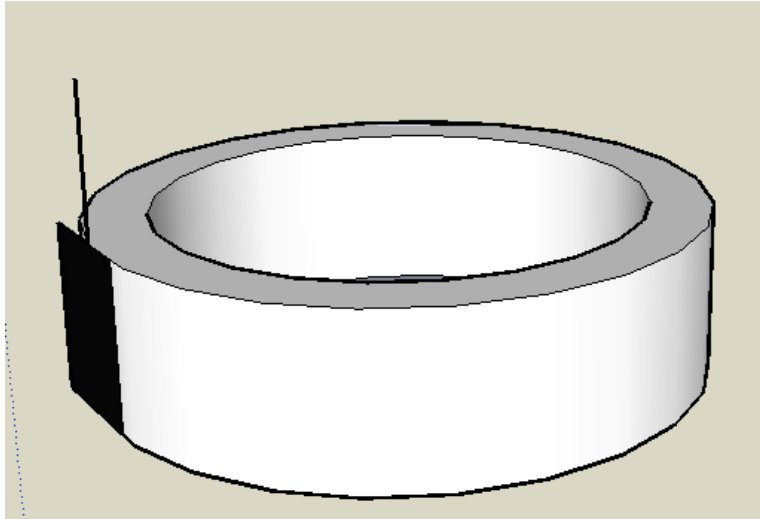
En los siguientes incisos se verificarán aspectos generales que se deberán de tomar en cuenta a la hora de instalar los diferentes equipos.

4.4. Montaje de la estructura

4.4.1. Caldera

La Caldera ENGENMAN será trasladada en un contenedor desde el puerto de Santo Tomás de Castilla hacia la Cooperativa. Una vez ahí, será descargada del contenedor por medio de un sistema de rodos que trae pre-instalados de fábrica, los cuales serán retirados una vez esté instalada. Previo al arribo de la caldera se deberá fabricar una base para la misma, la cual consistirá en una fundición hueca por dentro de diámetro semejante al de la caldera. En la parte trasera de la fundición se colocará una compuerta de doble propósito, ya que servirá para el ingreso de oxígeno al hogar de la caldera y para poder limpiar toda la ceniza que cae del hogar. El cimiento tendrá una altura de 90 centímetros. Una vez montado el equipo, se procederá a hacer las conexiones de agua, del depósito que surtirá a la caldera, para estas conexiones se utilizará PVC de ¼ de pulgada. Para finalizar, se harán todas las instalaciones eléctricas y electrónicas que sean necesarias para controlar la operación, los niveles de agua y alarmas.

Figura 42 Cimiento para instalación de caldera



4.4.2. Ventiladores

Los ventiladores Pinhalense se incluyen en la compra de la secadora tipo Guardiola, por este motivo, Pinhalense envía todos los accesorios necesarios para hacer el acople de cada ventilador en su respectiva Guardiola. Debido a que el ventilador está elevado y tiene un peso considerable que no puede ser soportado por la estructura que lo conecta en la secadora, se elabora una estructura metálica que lo suspende a la altura adecuada. Una vez el ventilador está montado sobre esta estructura, se inician las instalaciones eléctricas y electrónicas, las cuales le brindarán la energía necesaria para funcionar y la posibilidad de ser controlados desde un punto centralizado.

Figura 43 Estructura metálica para soporte de ventilador e intercambiador de calor



4.4.3. Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor serán fabricados por aparte, por la empresa que estará a cargo de la instalación de todas las maquinarias. Cada intercambiador estará acoplado a su respectivo ventilador por medio de acoples hechos específicamente para los ventiladores Pinhalense. La estructura que sostiene el ventilador se adaptará para que soporte el peso de los intercambiadores de calor. Una vez montados los intercambiadores de calor, se inicia la instalación de la tubería que conecta estos con la caldera. Cada intercambiador de calor poseerá una válvula para ingreso de agua caliente.

4.4.4. Guardiola

Las secadoras tipo Guardiola serán transportadas al igual que todo el equipo en contenedores de 40 pies. Una vez en cooperativa Acatenango, las Guardiolas deberán ser descargadas. Esto se realizará por medio del sistema de rodos que las Guardiolas traen pre-instalado. Se rodarán hasta el área de secado y se elevarán por medio de un polipasto. Con anterioridad se construyó la cimentación y se anclarán los soportes en los cuales irán instaladas las secadoras. Ya montadas las Guardiolas, se procederá a instalar la caja de transmisión, la cual será encargada de reducir la alta velocidad del motor a 3 revoluciones por minuto. Cuando todas las partes de las Guardiolas han sido montadas y las conexiones eléctricas estén listas, se prueba la secadora. En la prueba se ve si la secadora no posee algún tipo de vibración que pueda perjudicar tanto a la caja de transmisión como a la propia secadora. Esta operación la realiza un ingeniero especializado de la empresa Pinhalense. Si la Guardiola presenta algún tipo de vibración que no se pudiese ajustar, será devuelta a Brasil donde la empresa la fundirá y enviará otra sin ningún costo extra.

Figura 44 Estructura metálica para la instalación de chumaceras de secadoras



4.4.5. Bombas

La bomba utilizada para brindar el movimiento de agua caliente, la cual estará encargada de hacer el intercambio, será una bomba centrífuga de tres H.P.

Hay que tomar una consideración importante en la instalación de la bomba, ya que la caldera posee la salida de agua en la parte inferior de la misma. Debido al cimiento en el que se debe montar la caldera, la bomba también debe ir colocada sobre una bancada que le proporcione la altura adecuada a la boca de salida de la caldera y un soporte para trabajar.

Figura 45 Bombas de recirculación



4.4.6. Bandas transportadoras

Las bandas transportadoras serán fabricadas por la empresa encargada de la instalación de toda la maquinaria, estas se armarán en el momento de llegar el tiempo de su instalación. La primera banda transportadora que se colocará será la banda subterránea, luego se comenzará con la construcción de los caminamientos para tener acceso a las maquinarias elevadas y accesorios de las mismas. Una vez instalados los caminamientos se procederá a montar las bandas transportadoras aéreas en sus respectivas posiciones. La banda de distribución va montada sobre un sistema de rieles y posee un panel de control para direccionar el movimiento de la banda, ya sea hacia la derecha o izquierda. Los motores de las respectivas bandas serán anclados a la estructura de soporte de la banda y todo el cableado eléctrico se guiará por medio de tubo flexible de plástico. Otro aspecto a tomar en cuenta es que el panel de control

de la banda de distribución tiene que ir instalado en la estructura móvil del la banda ya que se debe movilizar con la misma para el accionamiento de los motores.

Figura 46 Instalación de panel de control de banda distribuidora



4.4.7. Elevadores

Los elevadores serán los últimos dos equipos en instalarse. De la fábrica los elevadores se envían en partes de 1 metro de longitud cada una. Cada parte traen sus acoplamientos y sus respectivos tornillos y tuercas. Los elevadores serán colocados juntos a la entrada de la fosa de café húmedo y salida de la banda. Tendrán su propia cimentación para ser anclados y unas escaleras para tener acceso a los motores, ya que los mismos fueron diseñados para transmitir la potencia desde la parte más alta del elevador. De fábrica poseen un tubo de metal como salida, al cual se le acoplará un accesorio para mejorar la entrada de café a las bandas y evitar con esto la caída de los granos.

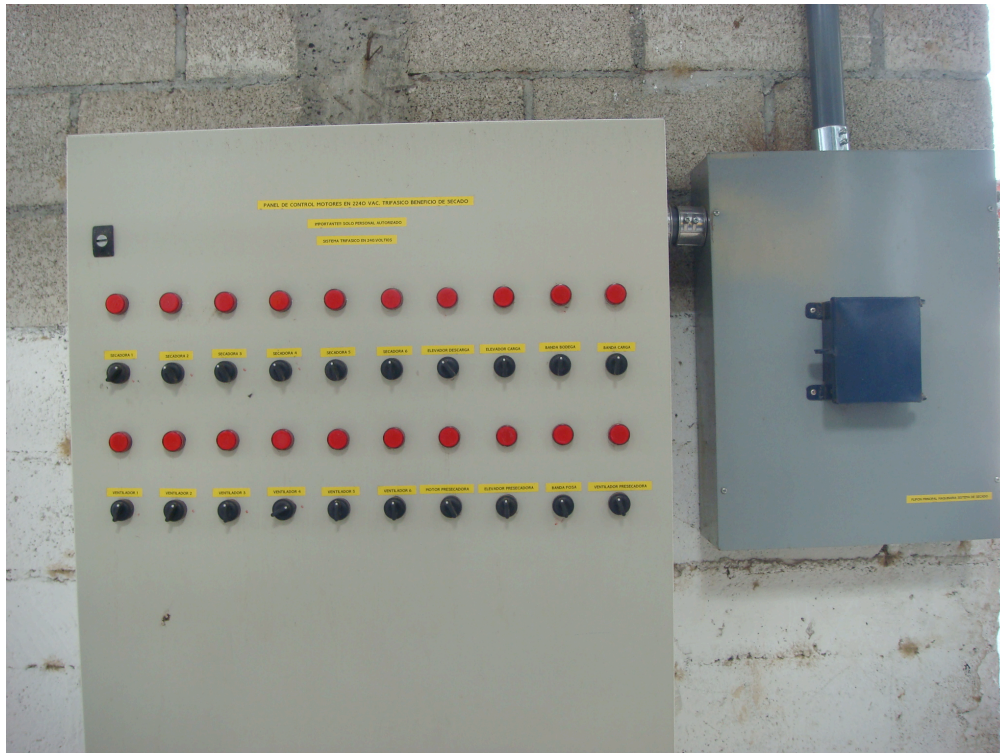
Figura 47 Anclaje y acople de elevadores de carga y descarga



4.4.8. Suministros de energía

El suministro de energía se centralizará a un flip on central, el cual se utilizará para permitir el paso o cortar la energía de toda el área de secado de café. Desde este punto se enviará corriente a cada motor responsable de brindar movimiento a la maquinaria. Para el arranque de motores se instalarán arrancadores térmicos, esto con el objetivo de que el motor no provoque un pico que demande demasiada corriente, la cual es cobrada por la empresa eléctrica. Estos arrancadores serán ubicados en el panel central del área de secado, desde donde se controlará toda la maquinaria. Otro factor importante sobre el suministro de energía es la potencia que se deberá contratar a Unión FENOSA (DEOCSA), esta se deberá de aumentar para suplir las necesidades del nuevo equipo.

Figura 48 Panel central con arrancadores y flip on central



5. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE SECADO MECÁNICO

Es una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan establecido. El propósito es prever averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costes de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.

Además se debe agregar que el mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo en mención; este tipo de mantenimiento ayuda a reducir los tiempos que pueden generarse por mantenimiento correctivo. En el caso de Cooperativa Acatenango el costo que generaría tener una falla en la caldera o en una guardiola en temporada de cosecha máxima, sería muy significativo. Es por esto que se tomarán los siguientes lineamientos básicos para disminuir al máximo las probabilidades de una de estas fallas durante operación.

5.1. Mantenimiento diario

5.1.1. Lubricación

Básicamente, un aceite lubricante debe minimizar el contacto entre las partes móviles, protegiéndolas frente al desgaste mecánico y reduciendo así las pérdidas de energía causadas por la fricción. También debe impedir que los productos residuales de la combustión formen sedimentos, corroan las piezas mecánicas o impidan su normal funcionamiento.

En el sistema propuesto para el secamiento de café que se realizó a Cooperativa Acatenango se deben lubricar diariamente los siguientes componentes.

5.1.1.1. Engranés

Todo los engranes sin importar tipos ni materiales tendrán mayores probabilidades de una larga vida útil si se les lubrica en forma adecuada. La lubricación de los engranajes es un requisito básico del diseño tan importante como la resistencia o la durabilidad superficial de los dientes de los engranajes.

Los métodos utilizados para la lubricación de los dientes de los engranajes varían con el tipo de engranaje, la velocidad (en la línea primitiva), el acabado superficial, la dureza y la combinación de materiales.

Para la lubricación de los engranes de transmisión de las secadoras rotativas tipo Guardiola, se utilizará grasa multiusos No.2 con un espesor del 4% de la altura total del diente del engranaje. La grasa será colocada con paletas, evitando no exceder las especificaciones dadas por el fabricante debido a que un exceso de grasa en los dientes de los engranes, traería como consecuencia derramamiento de grasa sobre la tolva de descarga del café pergamino seco.

Figura 49 Sistema de transmisión por medio de engranes de guardiola



5.1.1.2. Chumaceras

La chumacera es una combinación de un rodamiento radial de bolas, sello y un alojamiento de hierro colado de alto grado o de acero prensado, suministrado de varias formas.

El sistema propuesto posee chumaceras en los siguientes dispositivos:

- a. **Ventiladores:** los ventiladores poseen un par de chumaceras, las cuales soportan el eje sobre el cual gira el ventilador centrífugo. Este tipo de chumaceras poseen un dispositivo el cual se engrasa girando una perilla en el exterior de la chumacera, como lo muestra la figura 51. Este dispositivo posee grasa para 12 días y luego debe recargarse, esto se hace desatornillándolo y llenarlo hasta el borde.

Figura 50 Sistema de lubricación diaria de chumaceras



- b. **Secadora rotativa tipo guardiola:** la secadora rotativa posee una chumacera debido a que gira sobre el eje donde entra el aire de secamiento, esta chumacera posee un dispositivo similar al de los ventiladores, el cual posee una capacidad de lubricación de 25 días. El dispositivo debe girarse diariamente para darle la lubricación necesaria a la chumacera.

Figura 51 Sistema de lubricación diaria de secadoras



5.2. Mantenimiento periódico

El mantenimiento periódico se da básicamente en dos etapas, durante la cosecha y después de finalizada la misma (post-cosecha). En términos generales, durante el mantenimiento que se da durante la cosecha se basa en lubricación y limpieza. Algunos componentes no necesitan lubricación diariamente ya que hay que desmontarlos para realizar la misma. Por otra parte, el mantenimiento que se da post-cosecha se basa en desarmar todo el equipo, revisar si este no tiene averías, desgastes, vibraciones no deseadas o algún otro desperfecto que podría provocar fallas en un futuro. Para finalizar, las partes se pintan y se vuelve a ensamblar la maquinaria a espera de la siguiente cosecha.

5.2.1. Motores

5.2.1.1. Mantenimiento post-cosecha

Los motores serán desmontados y enviados con un electricista para que se encargue de la revisión de todos sus componentes eléctricos y electrónicos. Esto con el fin de que el motor se encuentre en condición de trabajar el período de cosecha sin tener fallas.

5.2.1.2. Mantenimiento cosecha

La correcta lubricación de los rodamientos de un motor eléctrico es parte fundamental de una rutina de mantenimiento preventivo que conlleva a evitar daños que en algunos casos resultan muy costosos tanto por la reparación del motor, como por la parada de producción no programada.

No obstante, la aplicación de mucho lubricante es la mayor causa de fallas tempranas en el motor. Cuando se aplica grasa en demasía, esta es forzada hacia el exterior de los alojamientos de los rodamientos y comienza a gotear hacia el interior de los devanados, lo que resulta en una falla temprana de los devanados.

La sobre lubricación también contribuye a reducir la vida útil de los rodamientos y la eficiencia del motor.

Un procedimiento recomendado para la lubricación de motores estándar es el especificado por los fabricantes de motores. Comience por limpiar los accesorios de engrase (graseras) y por remover los tapones de drenaje.

Después de adicionar grasa nueva a los rodamientos, prenda el motor por espacio de una hora antes de reinstalar los tapones.

5.2.2. Fajas

Las fajas son dispositivos utilizados para transmitir la potencia de una fuente (motor) hacia una polea. El sistema propuesto de secamiento posee fajas en la transmisión de la secadora tipo Guardiola, ventiladores, elevadores y en las bandas transportadoras.

Las fajas tienden a quemarse, desgastarse o romperse con el uso diario, por lo que se hará una inspección semanal de las fajas de cada dispositivo. En caso de que se encuentre una faja dañada, deberá reemplazarse, si el dispositivo utilizara dos fajas en una misma polea, se deberán cambiar ambas para tener una misma tensión.

Figura 52 Faja desgastada



5.2.3. Cadenas

Dentro de las transmisiones mecánicas con enlace flexible entre el elemento motriz y la máquina movida se encuentra la transmisión por cadena como una de las más utilizadas para transmitir potencia mecánica de forma eficiente, con sincronismo de velocidad angular entre los elementos vinculados y cuando existe demanda de grandes cargas en los accionamientos.

Las cadenas se utilizarán únicamente en las transmisiones de potencia de las bandas transportadoras. Estas cadenas serán inspeccionadas mensualmente y post-cosecha. Esto con el objetivo de determinar el cambio de la misma o el reemplazo previsto en la siguiente cosecha.

5.2.4. Cojinetes

Los cojinetes son dispositivos sellados y por lo tanto no se les puede dar mantenimiento preventivo. Por esto, se recomienda llevar un control sobre las horas de uso de los cojinetes y al final de la cosecha decidir si es recomendable seguir con los mismos o reemplazarlos para evitar un paro de producción, o en el peor de los casos una falla en los mismos.

5.2.5. Caldera

5.2.5.1. Mantenimiento periódico post-cosecha

- a. Realizar una limpieza (quitar gris) y cepillado en el interior de los tubos de la caldera.
- b. Eliminar el agua sucia de la caldera y volver a llenar de agua limpia el circuito tanto en caldera, radiadores y tubería para evitar la entrada de aire.
- c. Añadir el producto de tratamiento de aguas, de acuerdo con la fuerza proporcionada por la empresa responsable para el tratamiento de aguas; en caso de esto ser necesario.
- d. Conectar la bomba de circulación mensual, para impedir la precipitación del producto para el tratamiento del agua.

5.2.5.2. Mantenimiento periódico cosecha

- a. Aproximadamente dos meses antes de la cosecha, debería ser la inspección anual de la caldera con el fin de cumplir la norma NR-13.
- b. La empresa de tratamiento de agua para hacer el análisis de la caldera de agua para equilibrar la concentración del producto para el tratamiento del agua.
- c. Durante el período de funcionamiento de la caldera, los tubos de fuego debe ser cepillado cada mes, a fin de facilitar el intercambio de calor con el agua, y reducir el consumo de leña.
- d. Los vertidos de fondo se harán lento y cuidadoso.
- e. Las palancas de las válvulas de seguridad debe ser activado manualmente por lo menos dos veces a la semana, para que no se endurezcan.
- f. Los operadores de la caldera nunca deben estar ausentes.

Figura 53 Cepillo para limpieza de tubos de caldera



5.2.6. Ventiladores

Los ventiladores centrífugos como tales, no necesitan ningún tipo de mantenimiento preventivo, el mantenimiento que se les da a estos, está enfocado directamente a sus partes móviles como las chumaceras, las cuales poseen su rotación y la faja que utiliza para transmitir la potencia desde su motor hacia el ventilador. El único mantenimiento que se le realiza post-cosecha, es limpieza y pintura.

5.3 Repuestos

Implementar un sistema mecánico para un proceso conlleva la utilización de maquinarias, las cuales necesitan un mantenimiento periódico para un correcto funcionamiento. Por otra parte, existen componentes que tienden a desgastarse a una velocidad mayor que otros como lo son las fajas de transmisión de potencia. El sistema propuesto de secamiento de café utiliza fajas en cada uno de sus componentes que poseen rotación, por lo que es de suma importancia que se tengan repuestos disponibles en caso de falla o desgaste progresivo de las mismas.

Los componentes fueron diseñados para utilizar la misma medida de fajas en todo el sistema, exceptuando en la caja de transmisión de las secadoras tipo Guardiola. Esta característica permite tener un bajo inventario de repuestos

5.4. Tratamiento del agua de alimentación de caldera

5.4.1. Análisis periódicos

El agua de caldera es un punto crítico en la vida de la misma. Es por esto que se harán análisis antes de iniciar la temporada de cosecha para evitar los problemas que un agua no adecuada genera en las calderas.

Los problemas más frecuentes en lo referente a la calidad del agua y que influyen en la operación de la caldera son:

- a. **Formación de depósitos:** la incrustación es indeseable ya que al formar una capa en los tubos y demás componentes del equipo, evitan la transmisión efectiva del calor. Esto conduce a una baja eficiencia en la producción de vapor, disminuyendo la cantidad de vapor producido por unidad de calor generado, y también causa desgaste del tubo y accesorios por fatiga térmica ya que se requiere de mayor temperatura del metal en la parte expuesta a la flama, que cuando no existe incrustación y este desgaste térmico afecta también la vida útil del equipo. Los depósitos se producen por sólidos suspendidos que el agua pueda contener y principalmente por formación de depósitos de sulfatos y carbonatos de calcio y magnesio, en mezclas complejas con otros componentes como sílice, bario, etc. Para evitar la formación de incrustaciones se deben remover los sólidos coloidales y materia suspendida que el agua contenga y ablandamiento o suavización del agua cruda antes de integrarla a la caldera.

- b. **Corrosión por oxidación del metal:** los principales componentes de la caldera son metálicos. Los agentes que atacan el hierro y lo disuelven son los gases corrosivos como oxígeno y dióxido de carbono. También la acidez del agua causa corrosión por lo que el pH debe mantenerse entre 9.0 y 11.5. El control del oxígeno disuelto es uno de los puntos críticos en la operación de la caldera. Las picaduras o áreas de desgaste localizadas en ciertas partes de los tubos de la caldera ocurren por la acción corrosiva del oxígeno. En el condensador del sistema, el dióxido de carbono se suma a la acción corrosiva del oxígeno y destruyen en poco tiempo el tanque del condensador si no son removidos estos gases.
- c. **Fragilización cáustica:** si la alcalinidad a la fenolftaleína que es la que se encuentra en forma de carbonatos es muy alta, pueden presentarse problemas de fragilización del metal. Esta pérdida de elasticidad, también puede ocurrir por frecuentes shocks térmicos en la caldera, al complementar sin calentamiento previo el agua de repuesto para compensar por las pérdidas por fugas de vapor o por purgas de la caldera.
- d. **Formación de espumas:** esto ocurre cuando hay presencia de materia orgánica o de una gran cantidad de sólidos disueltos en el agua de la caldera. Para evitar la formación de espumas, se purga la caldera cuando en el agua se alcanza un cierto nivel preestablecido de sólidos disueltos. Otra acción preventiva consiste en tener un tratamiento externo del agua de alimentación para evitar la presencia de sólidos suspendidos de naturaleza orgánica, así como de grasas y aceites del equipo de proceso que puedan contaminar el agua.

5.4.2. Acciones correctivas

Un buen operador de calderas puede controlar y compensar por los efectos indeseables del agua de proceso en la caldera. La adición de productos químicos como antiespumantes, secuestrantes de metales corrosivos, neutralizadores de gases corrosivos, modificadores de alcalinidad y pH, etc. Pueden exitosamente solucionar los problemas de daños y desgaste anormal de la caldera.

Lo que ocurre, es que el operador no cuenta con un laboratorio de análisis químico de respaldo y no este capacitado adecuadamente para comprender que efectos tiene cada uno de los componentes químicos que acompañan el agua y no se implemente el tratamiento adecuado.

Si el servicio de operación y mantenimiento de la caldera es externo, puede ocurrir que el prestador del servicio da la misma formulación en sus productos para el acondicionamiento y tratamiento interno de todas las calderas independientemente del análisis y composición del agua en particular, sea esta de una fuente propia como es un pozo o de la red municipal.

El concepto de desmineralizar el agua que se alimenta a una caldera tiene la gran ventaja de poder emplear una sola formulación o adición de sustancias químicas que protejan la caldera de la acción corrosiva e incrustante del agua de proceso, independientemente de la procedencia y calidad del agua.

CONCLUSIONES

1. Con base en el análisis realizado por el presente trabajo, se concluye que el cuello de botella que se produce en el proceso de secado debido a la carga manual de café pergamino húmedo a las secadoras, se elimina completamente con la implementación de elevadores que realicen la operación de carga mecánicamente, reduciendo el tiempo de carga en un 75%.
2. El proceso propuesto de secado garantiza la calidad de grano exigida por empresas tostadoras internacionales para cafés especiales. Esto se garantiza de dos formas distintas, con un diseño de proceso adecuado y con maquinaria de alta tecnología, la cual conserva la calidad natural del café.
3. La maquinaria Pinhalense se caracteriza por poseer un diseño sencillo y bajos costos en repuestos. Si a esto se agrega un sencillo plan de mantenimiento preventivo, se logra eliminar los altos costos de mantenimiento y reemplazo de piezas del equipo actualmente instalado.
4. Debido a que todo el proceso se realiza de manera mecánica y a distancia por medio de un panel central, se logran minimizar los riesgos y accidentes laborales durante el proceso de secado de café pergamino.
5. Con la propuesta del nuevo sistema se tiene la capacidad para cubrir la meta que poseen los actuales dirigentes de la Cooperativa, la cual es de

capturar la cantidad de 10,000_{qq} de café maduro diarios para el año 2020 y con esto lograr eliminar a todos los intermediarios.

6. Debido a que la maquinaria mantiene la calidad del café de la región, la cual es altamente conocida a nivel internacional, se logrará acceder a mercados de cafés especiales con un diferencial sobre bolsa de al menos US\$15/_{qq} extras al precio que actualmente se está recibiendo.

7. El proceso propuesto reducirá en un 85% los costos por mano de obra, los cuales en conjunto con las demás mejoras logran la reducción de un 56% de los costos totales de producción durante el proceso de secado.

RECOMENDACIONES

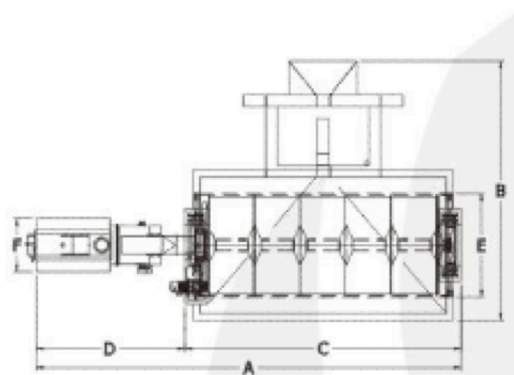
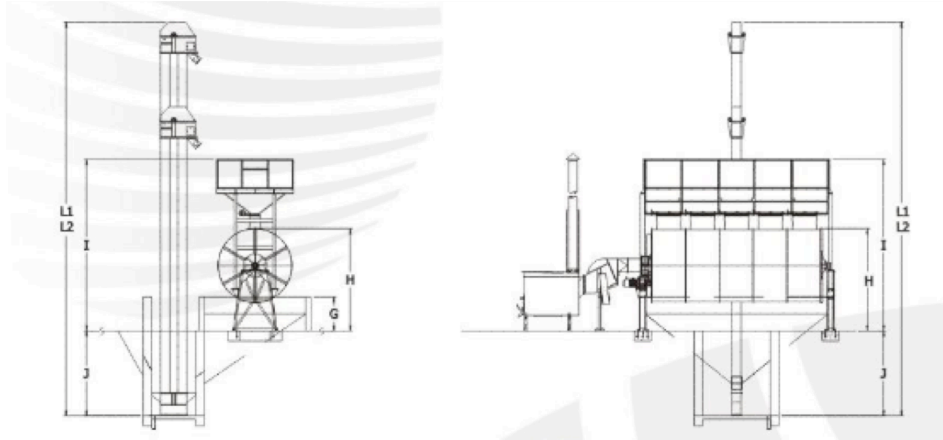
1. Ajustar de una manera adecuada la velocidad tanto de los elevadores de carga como las bandas transportadoras, esto con el objetivo de lograr evacuar eficientemente el café sin provocar un nuevo cuello de botella.
2. Implementar un control de calidad de secado de grano por medio de un medidor de humedad, con el fin de mantener las características especiales de los cafés de alta calidad que se procesan.
3. Llevar un control sobre las horas máquina para tener un correcto inventario de repuestos.
4. Que la ubicación del panel sea de fácil visualización y acceso al personal que sirva.
5. No exceder la capacidad instalada en el área de secado de café, ya que de lo contrario se podría tener muchas mermas de producción por un mal manejo.
6. Invertir en comercialización ya que el valor agregado que da este sistema de secado al producto es reconocido internacionalmente.
7. Hacer un análisis de inversión en las otras áreas de procesos, las cuales podrían brindar mejores resultados a menores costos que los actuales.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFE, Manual de beneficio del café; 25 años de progreso. Guatemala: 1985. 119pp.
2. Marco Antonio Barrios. Beneficiado húmedo del café. Revista el cafetal. (Guatemala) (Octubre-Diciembre): 13.2006.
3. ANACAFE. Hombres de café. Guatemala: 1995. 166pp.
4. ANACAFE. Manual de caficultora. Subgerencia de asuntos agrícolas. 4to módulo. Guatemala:1996.110pp.
5. ANACAFE. Conceptos básicos sobre el proceso del beneficiado húmedo del café. Guatemala: 1999. 147pp.
6. Barillas Buchhalter, Verónica. Planificación y productividad en empresas caficultoras del departamento de Santa Rosa. Tesis Licenciada en Administración de empresas. Guatemala, Universidad Francisco Marroquín, Facultad de Ciencias económicas, 1980. 111pp.
7. Barrios Orozco, Guerrero Silva. Desafíos del beneficiado húmedo en centro america. Programa de mejoramiento del café. Guatemala: 1977.
8. Caldas, F. Avances en el secado del café. San Salvador.
9. ICAFE/CAPRE-GZT. Sistema de tratamiento de aguas residuales en seis plantas beneficiadoras. Costa Rica: 1997.
10. Karassik, J. Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema. Décima Edición. México: McGraw-Hill, 1982.

ANEXOS

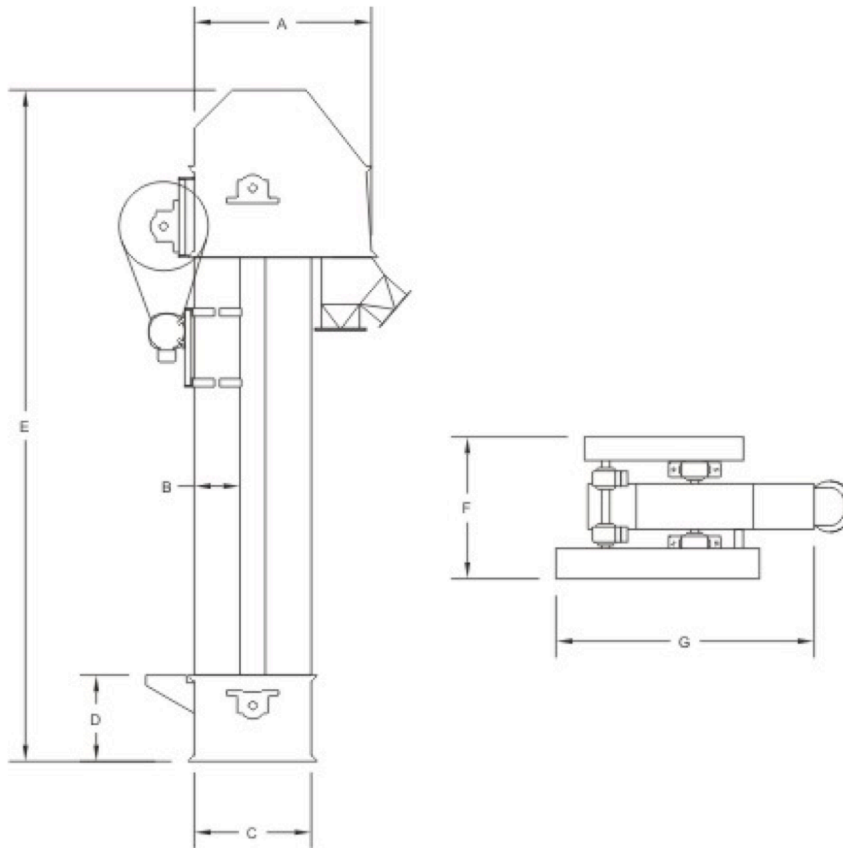
DETALLE SECADORA ROTATIVA Y VENTILADOR PINHALENSE



DIMENSÕES (m) - DIMENSIONS (m) - DIMENSIONES (m)												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L1	L2 *
SRP-100	9,30	5,50	6,06	3,25	2,30	1,20	1,00	3,00	5,06	2,50	9,10	11,10
SRP-150	9,30	5,70	6,06	3,25	2,30	1,20	1,00	3,00	5,06	2,50	9,10	11,10

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - TECHNICAL FEATURES - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS										
TIPO TYPE TIPO	CAPACIDADE CAPACITY CAPACIDAD		TAMBOR - DRUM		VENTILADOR FAN VENTILADOR		ELEVADOR ELEVATOR ELEVADOR		PESO LÍQUIDO NET WEIGHT PESO NETO	VOLUME VOLUME CUBAJE
	LITROS - LITRES	m³	MOTOR	REDUTOR* REDUCTION GEAR* REDUCTOR *	HP	RPM	TIPO-TYPE	HP	Kg	m³
			HP	MOD.						
SRP-100	10.000	10,0	5	R-67	7,5	1850	ELSS07091	2	2.900	55,65
SRP-150	15.000	15,0	5	R-67	7,5	1850	ELSS07091	2	3.050	67,15

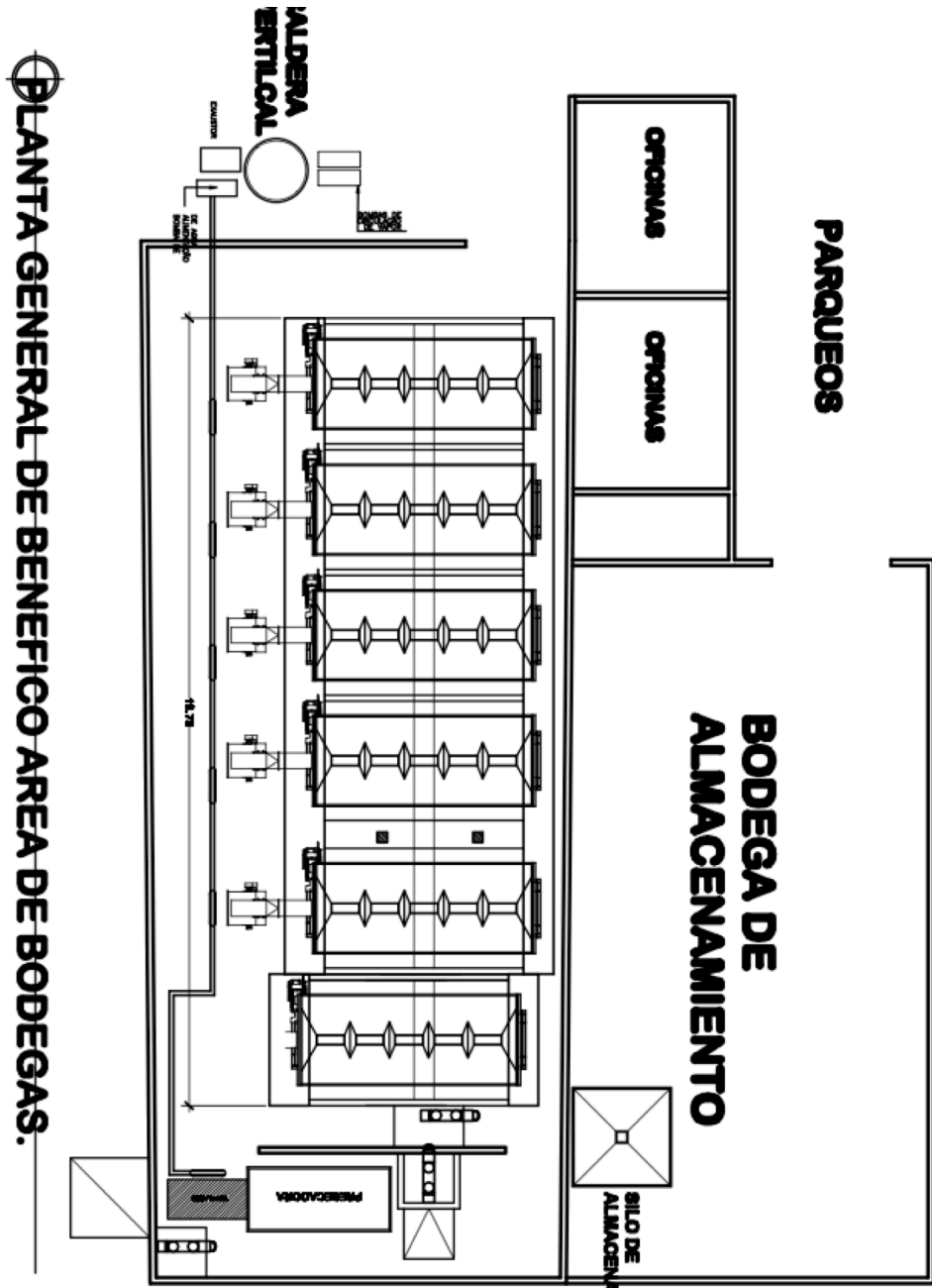
DETALLE DE ELEVADORES DE CANGILONES PINHALENSE



TIPO	DIMENSÕES (m)						
	A	B	C	D	E	F	G
ELS - 04	0,70	0,20	0,35	0,35	3,20	0,60	1,10
ELS - 05	0,80	0,25	0,60	0,60	3,40	0,60	1,25
ELS - 07	1,10	0,30	0,70	0,70	3,60	0,65	1,50
ELS - 10	1,15	0,35	0,75	0,75	3,80	0,75	1,60
ELS - 12	1,80	0,45	1,35	1,35	4,10	0,90	2,20
ELS - 15	1,80	0,50	1,35	1,35	4,10	1,00	2,20

*Si la altura necesaria fuera mayor, el metro lineal se vende por separado. Las demás dimensiones no cambian.

PLANTA GENERAL DEL SISTEMA PROPUESTO



PLANTA GENERAL DE BENEFICO AREA DE BODEGAS.

PERFIL GENERAL DEL SISTEMA PROPUESTO

